

République du Mali
Ministère de l'Équipement des
Transports et du Désenclavement
Institut Géographique du Mali (IGM)

PROJET
DE
CARTES TOPOGRAPHIQUES
NUMÉRIQUES
POUR LA ZONE METROPOLITAINE
DE BAMAKO
EN REPUBLIQUE DU MALI

RAPPORT FINAL

Décembre 2016

Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)

Asia Air Survey Co., Ltd.

EI
JR
16-146

Taux de change de devises étrangères

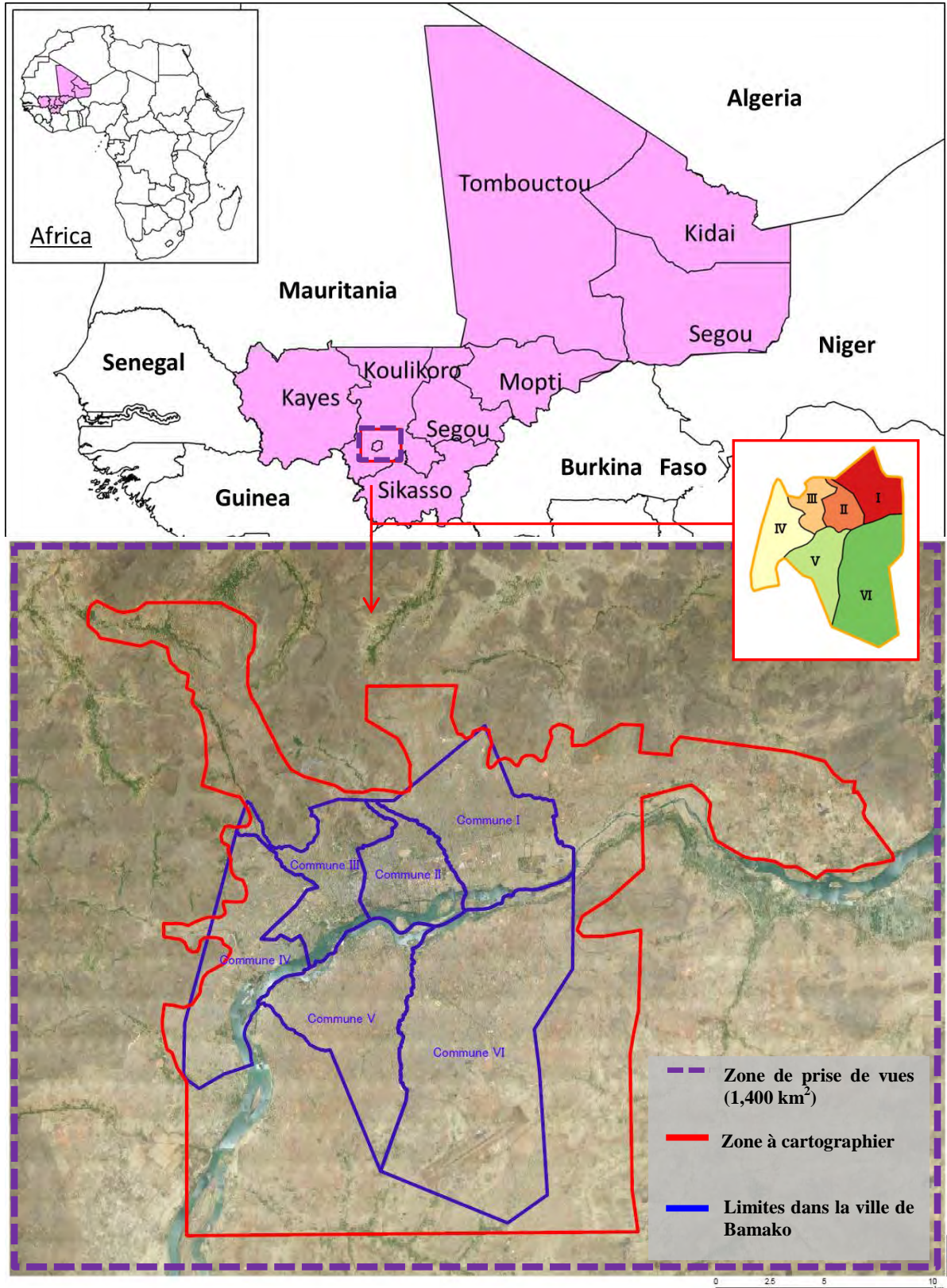
1 Euro = 115,974 JPY (TTS)

1 Euro = 655,957 FCFA

1 FCFA = 0,177 JPY

Moyenne du mois d'août 2016

Carte de la zone d'étude



(Source: Mission d'étude)

Photographies



Séminaire de lancement du Projet



Point géodésique existant B-11



Discussion sur le point d'appui



L'installation de l'antenne de GNSS



Encadrement technique de nivellement



Photo de nivellement



Discussion sur les spécifications



Avion pour photographie aérienne



Atelier d'identification du terrain



Mode d'emploi des équipements



Encadrement technique de I.T.



Photo de I.T.



Atelier de complèment



Encadrement technique de complèment



Complèment cartographique



Préparatifs atelier
(Formation des facilitateurs)



Atelier pratique SIG



Travail thématique en groupe



Présentation des résultats par équipe



Encadrement technique de mesure 3D



Encadrement d'édition numérique



Transfert des techniques de structuration SIG



Forum ouvert IGM (démonstration faite par l'IGM)



Abréviations

Sigle	Désignation
AFD	Agence française de développement
AGETIPE	Agence d'Exécution des travaux d'Intérêt Public pour l'Emploi
ANAC	Agence Nationale de l'Aviation Civile
ANASER	Agence Nationale de la Sécurité Routière
CAO	Conception assistée par ordinateur
CGIG	Centre de Gestion de l'Information Géographique
CIIG	Conseil Interministériel d'Information Géographique
CNIG	Comité National d'Information Géographique
CNPCT	Centre Nationale Production Cartographique et Topographique
CRIG	Comité Régionale d'Information Géographique
CTAC	Cellule Technique d'Appui aux Communes
DGCT	Direction Générale des Collectivités Territoriales
DGPC	Direction Générale de la Protection Civile
DNACPN	Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances
DNCT	Direction Nationale de la Cartographie et de la Topographie
DNDC	Direction Nationale des Domaines et du Cadastre
DNH	Direction Nationale de l'Hydraulique
DNPD	Direction Nationale de la Planification du Développement
DNR	Direction Nationale des Routes
DNUH	Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat
DRCT	Direction Régionale de la Cartographie et de la Topographie
DS	Déviations standard
EO	Orientation externe
EDM	Energie du Mali
GLONASS	Système russe de géo-positionnement par satellite
GNSS	Global Navigation Satellite System (système mondial de navigation par satellite)
GPS	Global Positioning System (système de localisation mondial)
GSD	Ground Sample Distance (Résolution au sol)
IGM	Institut Géographique du Mali
IGN France	Institut Géographique Nationale France
IMU	Inertial Measurement Unit (Unité de mesure inertielle)
INDS	Infrastructure Nationale des Données Spatiales
INT	Institut Nationale Topographie
ISO	International Standards Organisation (International Organization for Standardization) : Organisation internationale de normalisation
IT	Information technology (Technologies de l'information)
JICA	Japan International Cooperation Agency (Agence Japonaise de Coopération Internationale)
LGO	Leica Geo Office
MDB	Mairie du District de Bamako
MNE	Modèle Numérique de l'Élévation

MNS	Modèle Numérique de la Surface
MNT	Modèle Numérique du Terrain
OCHA	Le Bureau des Nations Unies pour la Coordination des Affaires Humanitaires au Mali
OJT	On the Job Training (Formation sur le tas)
OMATHO	Office Malien du Tourisme et l'Hôtellerie
PCS	Point de Contrôle au Sol
PDF	Portable Document Format
PNIG	Politique Nationale de l'Information Géographique
POS-EO	Position and Orientation System (Système de positionnement et d'orientation)/ External Orientation Parameter (Paramètre d'orientation externe)
RD	Procès-verbal de la Réunion
SHP	Fichier Shape
SIG/GIS	Système d'Information Géographique
SOMAGEP	Société malienne pour la gestion de l'eau potable
TIFF	Tagged Image File Format
UTM	Transverse Universelle de Mercator
WGS84	Système géodésique mondial 1984

PROJET DE CARTES TOPOGRAPHIQUES NUMERIQUES POUR LA ZONE METROPOLITAINE DE BAMAKO EN REPUBLIQUE DU MALI

Rapport final

Carte de la zone d'étude

Photographies

Abréviations

Table des Matières

1. Grandes lignes du présent projet	1
1.1 Arrière-plan.....	1
1.2 Objectifs et résultats du Projet.....	2
1.3 Homologues maliens.....	3
1.4 Description de la mise en œuvre du Projet.....	4
2. Promotion de la diffusion des informations géographiques (utilisation des données)	8
2.1 Positionnement de l'aménagement des données de base SIG	8
2.2 Capacité et système de fourniture des informations géographiques de l'IGM.....	11
2.3 Besoins d'informations de base SIG dans la zone métropolitaine de Bamako et souhaits exprimés.....	22
2.4 Mise en œuvre des activités de relations publiques (promotion de l'utilisation des données)	25
2.5 Création du site Web.....	33
2.6 Orientation future.....	35
3. Aménagement des données de base SIG (1 :5000^e)	37
3.1 Fixation des spécifications techniques.....	37
3.2 Supervision de la prise des photographies aériennes.....	41
3.3 Levé des points d'appui	44
3.4 Aérotriangulation.....	52
3.5 Création d'orthophotos	58

3.6	Restitution numérique.....	62
3.7	Identification du terrain	65
3.8	Complètement cartographique du terrain	69
3.9	Edition numérique et symbolisation de la carte.....	74
3.10	Structuration SIG	78
3.11	Contrôle de la qualité	82
4.	Programme du transfert de technologies	85
4.1	Modalités de mise en œuvre du programme	85
4.2	Degré d'atteinte des objectifs du transfert de technologies	86
4.3	Teneur d'encadrement technique.....	89
5.	Perspectives à venir et attentes futures	140

Tableaux, Figures et Photographies

Figure 1-1 Zone cible du présent projet.....	2
Figure 1-2 Opérations effectuées au Mali.....	6
Figure 1-3 Déroulement des travaux du Projet.....	7
Figure 2-1 Organigramme de l'IGM.....	12
Figure 2-2 Evolution du service technique de l'IGM	17
Figure 2-3 Résultats des nombres d'exemplaires vendus d'une carte en 2015.....	22
Figure 2-4 Une image d'exemple du WebGIS.....	34
Figure 3-1 Symboles de la carte au 1 :5.000 ^e et règles de leur application.....	38
Figure 3-2 Index des feuilles	40
Figure 3-3 Parcours et résultats de prise de vues	42
Figure 3-4 Carte de distribution des points géodésiques existants	44
Figure 3-5 Description des points d'appui.....	46
Figure 3-6 Carte d'observation des sessions.....	46
Figure 3-7 Plan de la ligne de nivellement	48
Figure 3-8 Ordre de calcul de l'élévation pour le nivellement	50
Figure 3-9 Flux de travail pour l'aérotriangulation	52
Figure 3-10 Carte d'index de la prise des photographies aériennes.....	53
Figure 3-11 Carte d'index des photographies aériennes utilisées pour l'aérotriangulation	56
Figure 3-12 Exemple de résultat POS-EO	57
Figure 3-13 Zone de création des orthophotos	59
Figure 3-14 Flux de travail pour la création d'orthophotos	59
Figure 3-15 Mosaïquage (lignes de raccord)	60
Figure 3-16 Carte de sortie montrant les résultats de la gestion de la précision (à gauche) et tableaux de gestion de la précision de surface plane et d'élévation (à droite)	61
Figure 3-17 Carte isoligne (à gauche) et orthophotocarte (à droite).....	62
Figure 3-18 Portée de la restitution numérique.....	62
Figure 3-19 Flux de travail pour la restitution numérique	63
Figure 3-20 Données obtenues lors de l'identification du terrain.....	64
Figure 3-21 Exemples d'erreurs de restitution numérique.....	65
Figure 3-22 Exploitation de la carte urbaine d'échelle 1:10.000	67
Figure 3-23 Carte de la portée de l'identification du terrain (sections découpées pour l'étude)	67
Figure 3-24 Exemples d'utilisation d'une tablette.....	68
Figure 3-25 Numérisation des résultats de l'identification du terrain.....	69
Figure 3-26 Carte de gestion des routes après localisation de la position (à gauche) et superposition avec la carte topographique (à droite).....	72
Figure 3-27 Carte des données routières.....	72
Figure 3-28 Données des rivières après extraction (grosse ligne bleue).....	73

Figure 3-29 Câbles électriques dans la ville de Bamako (tension KV)	73
Figure 3-30 Quartiers dans la zone métropolitaine de Bamako	73
Figure 3-31 Flux de travail pour l'édition numérique et la symbolisation de la carte	75
Figure 3-32 Carte et liste pour le complètement cartographique.....	76
Figure 3-33 Données de l'édition numérique pour le complètement cartographique.....	76
Figure 3-34 Données de la symbolisation de la carte	77
Figure 3-35 Exemples de carte de contrôle.....	78
Figure 3-36 Flux de travail pour la structuration des données.....	79
Figure 3-37 Données de ligne médiane de route entrées	79
Figure 3-38 Exemple d'entrée de nom de route.....	80
Figure 3-39 Image des données de base SIG	81
Figure 3-40 Image stéréo et carte topographique (GPS-8)	83
Figure 3-41 Carte d'index des levés d'inspection.....	83
Figure 4-1 Manuel de travail (un extrait).....	95
Figure 4-2 Exemples photographies aériennes difficiles à interpréter.....	97
Figure 4-3 Méthode d'inscription sur une photographie aérienne	97
Figure 4-4 Itinéraire d'étude proposé	98
Figure 4-5 Représentation des résultats d'étude de chaque équipe sur une carte	100
Figure 4-6 Manuel de travail (extrait).....	101
Figure 4-7 Test de degré de compréhension des symboles de la carte (exemple)	102
Figure 4-8 Exemple de remplissage de la liste de vérification pour les noms de bâtiment, etc.....	102
Figure 4-9 Exemple d'inscription sur la carte de complètement	103
Figure 4-10 Exemple d'inscription de noms de route, de rivière, etc. sur la carte manuscrite pour l'étude.....	104
Figure 4-11 Portée de la formation : zone urbaine plate (A : à gauche) et zone intercollinaire (B : à droite)..	108
Figure 4-12 Niveau technique des 2 stagiaires de l'IGM en matière d'aérotriangulation	110
Figure 4-13 Portée cible de la formation pour l'orthophoto	112
Figure 4-14 Image stéréoscopique à l'édition MNE.....	113
Figure 4-15 Traitement de la ligne de couture.....	114
Figure 4-16 Une image de l'orthophoto.....	116
Figure 4-17 Résultats de l'auto-évaluation de la création d'orthophotos des deux stagiaires de l'IGM	116
Figure 4-18 Superposition de la carte de restitution produite au cours des exercices pratiques avec celle standard (inférieure).....	122
Figure 4-19 Auto-évaluation du niveau technique de restitution numérique des 2 stagiaires de l'IGM.....	123
Figure 4-20 Zone de la formation à l'édition numérique.....	124
Figure 4-21 Erreur de donnée en double.....	126
Figure 4-22 Correction des erreurs de la hauteur des courbes de niveau.....	126
Figure 4-23 Données auxquelles l'ordre d'impression et de sortie n'est pas appliqué.....	127
Figure 4-24 Résultats de la formation au changement chronologique.....	128

Figure 4-25 Evaluation du niveau technique des 3 stagiaires de l'IGM pour l'édition numérique et la symbolisation de la carte.....	129
Figure 4-26 Résultats des exercices pratiques	132
Figure 4-27 Auto-évaluation des stagiaires et évaluation des experts après l'encadrement technique.....	133
Figure 4-28 Graphiques de la progression de chaque équipe d'étude (vérification sur le terrain)	136
Figure 4-29 Carte utilisée pour le contrôle de la zone cible de formation et tableau de gestion de la précision.....	139
Tableau 1-1 Description des principales activités réalisées au Mali.....	4
Tableau 2-1 Organismes principaux s'occupant des informations géographiques du Mali.....	9
Tableau 2-2 Grandes lignes de la Politique Nationale d'Information Géographique du Mali.....	10
Tableau 2-3 Détail d'effectifs de l'IGM	13
Tableau 2-4 Personnel de la Direction de la Production de l'IGM.....	14
Tableau 2-5 Equipements de levés détenus par l'IGM	15
Tableau 2-6 Equipements de photogrammétrie (levés aérospatiaux) détenus par l'IGM.....	16
Tableau 2-7 Bilan financier des 5 dernières années de l'IGM (unité : F. CFA)	17
Tableau 2-8 Situation d'aménagement des informations géographiques au Mali	18
Tableau 2-9 Liste des prix de vente des informations géographiques	20
Tableau 2-10 Aperçu des résultats des enquêtes verbales	23
Tableau 2-11 Aperçu du Séminaire de lancement	26
Tableau 2-12 Présentation de l'atelier tenu auprès des travailleurs de terrain.....	27
Tableau 2-13 Résultats de l'atelier participatif (création de carte thématique) présentés.....	28
Tableau 2-14 Résultats de l'enquête auprès des participants à l'atelier.....	28
Tableau 2-15 Présentation du Séminaire de Relations publiques (promotion de l'utilisation des données).....	30
Tableau 2-16 Présentation du forum ouvert de l'IGM.....	31
Tableau 2-17 Résultats de l'enquête réalisée auprès des participants au forum ouvert	32
Tableau 3-1 Normes de levé topographique	38
Tableau 3-2 Normes de précision appliquées dans cette étude.....	39
Tableau 3-3 Précision acceptable pour la carte topographique.....	39
Tableau 3-4 Equidistance des courbes de niveau de la carte topographique	40
Tableau 3-5 Gestion de la précision de la prise de vues	43
Tableau 3-6 Comparaison entre les coordonnées d'observation et les coordonnées existantes.....	45
Tableau 3-7 Résultats de la vérification des points de nivellement existants et valeurs d'élévation.....	47
Tableau 3-8 Résultats de la vérification des points géodésiques existants et valeurs d'élévation	48
Tableau 3-9 Ordre de calcul de l'élévation pour le nivellement.....	50
Tableau 3-10 Valeur d'élévation de chacun des points d'appui	51
Tableau 3-11 Points à contrôler dans l'inspection à la réception des différentes données	53
Tableau 3-12 Liste des numéros des photographies aériennes utilisées pour l'aérotriangulation	54
Tableau 3-13 Points à contrôler au moment de l'enregistrement des données des photographies aériennes	55

Tableau 3-14 Valeur limite de l'aérotriangulation et valeur calculée	58
Tableau 3-15 Normes de précision de position et de hauteur	61
Tableau 3-16 Normes de précision de la position, de l'élévation et des courbes de niveau	65
Tableau 3-17 Emplacements vérifiés par résultat d'étude des points ambigus.....	71
Tableau 3-18 Documents collectés	71
Tableau 3-19 Ensembles de données d'objets terrestres s'appuyant sur les règles de symbolisation de la carte au 1 :5.000°	82
Tableau 3-20 Résultats des levés d'inspection	84
Tableau 4-1 Degré d'atteinte des objectifs du programme de transfert de technologies dans les différents domaines	86
Tableau 4-2 Expériences de l'IGM en matière de nivellement.....	92
Tableau 4-3 Programme d'exécution de l'atelier pour l'identification du terrain	95
Tableau 4-4 Liste des symboles cartographiques (un extrait).....	96
Tableau 4-5 Contenu de la révision	98
Tableau 4-6 Nombre d'emplacements d'étude par équipe (unité : nbre d'emplacements).....	99
Tableau 4-7 Calendrier des ateliers tenus pour le complètement cartographique.....	101
Tableau 4-8 Principaux emplacements où des différences sont apparues	104
Tableau 4-9 Contenu de l'enquête sur la technique d'aérotriangulation	107
Tableau 4-10 Contenu de l'enquête sur les techniques de création de l'orthophotocarte.....	111
Tableau 4-11 Contenu de l'enquête sur les compétences en restitution numérique	117
Tableau 4-12 Contenu de l'enquête sur les techniques d'édition numérique, de symbolisation de la carte et de correction partielle	124
Tableau 4-13 Thèmes principaux d'encadrement technique (édition numérique, symbolisation de la carte)..	125
Tableau 4-14 Contenu du contrôle et des corrections d'erreurs	136
Photo 2-1 Scènes de l'atelier pratique	29
Photo 2-2 Scènes du Séminaire de l'utilisation des données	30
Photo 3-1 Etat des points géodésiques existants.....	45
Photo 3-2 Observations des points d'appui	47
Photo 3-3 Photographies de terrain pour l'interprétation des objets terrestres	64
Photo 3-4 Scènes de l'atelier de l'identification du terrain.....	66
Photo 3-5 Scènes de l'atelier du complètement cartographique	70
Photo 4-1 Transfert de technologie portant sur la photographie aérienne	90
Photo 4-2 Transfert de technologies portant sur la mise en place de l'antenne GNSS.....	93
Photo 4-3 Cours théoriques d'aérotriangulation (à gauche), exercice de la vision stéréoscopique, et l'utilisation de la souris 3D (à droite)	108
Photo 4-4 Encadrement technique pour la restitution numérique.....	119
Photo 4-5 Cours théoriques sur la structuration SIG et la géodatabase	131

1. Grandes lignes du présent projet

1.1 Arrière-plan

La population de Bamako, la capitale de la République du Mali (ci-dessous dénommée «le Mali»), s'accroît rapidement en raison de son développement économique. Sur la base des recensements de 1998 / 2009, la population de Bamako est passée de 1 million en 1998 à 1,8 million en 2009. L'exode rural vers la capitale a créé une prolifération de zones d'établissement non contrôlé et une extension urbaine anarchique. Dans une telle région, l'aménagement des infrastructures telles que les routes, l'alimentation en eau, en électricité et les systèmes d'assainissement a pris du retard et les hôpitaux et les écoles ne sont plus en nombre suffisant, la détérioration du cadre de vie et de la sécurité due à la formation de bidonvilles s'est accélérée, ce qui entrave la croissance économique stable du pays.

À la lumière des problèmes mentionnés dans ce qui précède, la ville de Bamako, et DNUH (Direction nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat) ont préparé un schéma directeur pour le développement urbain en 2011. Ce schéma directeur comprenait également le renforcement des infrastructures. Cependant, les cartes de base à 1:50.000 produites avec l'aide du gouvernement français en 1988 ne sont pas adaptées pour l'identification de l'état réel des infrastructures urbaines qui ont changé et évolué considérablement au fil du temps, et la planification urbaine qui remédie à la prolifération des établissements informels. Il est actuellement imminent de mettre à jour ces cartes de base. Prenant en considération les besoins de plus en plus importants de cartes à une échelle plus grande afin de mettre à jour le plan directeur du développement urbain de Bamako et de sa grande banlieue, le gouvernement malien s'est adressé au gouvernement japonais pour la création des cartes topographiques de la zone métropolitaine de Bamako à l'échelle de 1:5.000 (y compris les données de base du système d'information géographique (ci-dessous dénommée «SIG»)) ainsi que le transfert de la technologie afférente au Mali.

L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a alors envoyé une mission d'étude pour développer un plan détaillé. La mission d'étude a reconnu le besoin de cartes topographiques numériques et de transfert de technologie pour la planification urbaine de la zone métropolitaine de Bamako. La mission d'étude de la JICA et le gouvernement malien se sont mis d'accord en novembre 2011 pour signer le document d'accord (RD=procès-verbal de la Réunion) sur la mise en œuvre du présent projet réalisé dans le cadre d'une aide pour le développement de données de base SIG.

Bien que le projet ait démarré le 2 mars 2012, son exécution réelle a été interrompue par le coup d'État survenu le 21 du même mois, et la dégradation de la situation sécuritaire qui a suivi. Par la

suite, la sécurité publique s'est rétablie dans la ville de Bamako et ses environs, zone cible du présent projet, et le Projet a redémarré en février 2015 suite au retrait des mesures visant à assurer la sécurité.

1.2 Objectifs et résultats du Projet

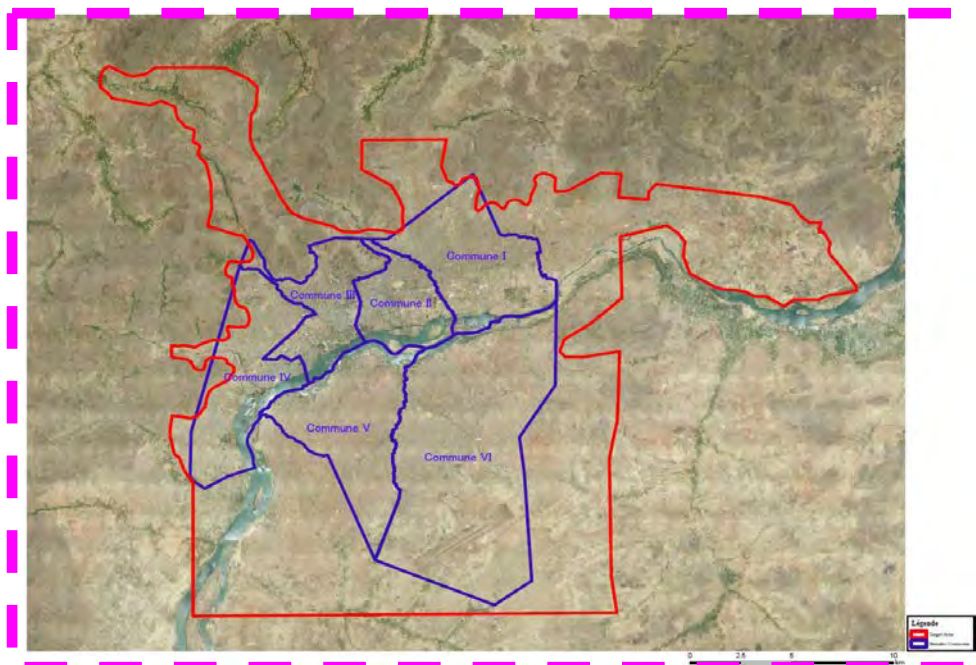
1.2.1 Objectifs du Projet

Le présent projet a pour objectif de contribuer à l'amélioration des capacités de création de données de base SIG à grande échelle au Mali par le biais du transfert de technologie visant au renforcement des capacités de la partie malienne en matière d'aménagement des données de base SIG (cartes topographiques numériques et orthophotocartes d'échelle 1 :5.000) et d'application des résultats (gestion du processus de création et de mise à jour), afin de faciliter l'établissement d'un plan de développement socio-économique efficace et durable pour la ville de Bamako et ses environs, ainsi que l'aménagement de l'infrastructure urbaine.

1.2.2 Zone cible du Projet

La Figure 1-1 ci-dessous indique la zone objet de la création des données de base SIG et des orthophotocartes qui seront aménagées dans ce Projet:

- 1) Les données numériques de base SIG seront produites à une échelle de 1:5.000 sur une étendue d'environ 520km², notamment la ville de Bamako; et
- 2) Orthophotocartes couvrant une étendue d'environ 1.400km² dans la zone métropolitaine de Bamako.



(Source: Mission d'étude)

Figure 1-1 Zone cible du présent projet

- Zone de production de la carte topographique numérique au 1:5.000 (couvrant une superficie d'environ 520km²)
- Orthophotocartes couvrant une superficie d'environ 1.400km²
- Limites de la ville de Bamako

1.2.3 Données/cartes, et documents produits par le Projet

Ce projet est réalisé sur la base du R/D (Procès-verbal de la Réunion) conclu le 17 novembre 2011, et les données ou cartes ci-dessous ont été produites en vue de réaliser les objectifs précités, via des discussions avec l'Institut Géographique du Mali (ci-après repris « l'IGM »), qui est l'organisme homologue du Mali, et le transfert de technologies sous forme de formation sur le tas (OJT).

- (1) Photographies aériennes (1.251 photos)
- (2) Orthophotocartes (env. 1.400 km²)
- (3) Données produites par les levés des points d'appui (Observation GNSS et description des points au nivellement)
- (4) Données produites par l'aérotriangulation (Ensemble de fichiers EO)
- (5) Ensemble des données de carte topographique numérique d'échelle 1 : 5.000 (520km²)
- (6) Ensemble des données de base SIG d'échelle 1 : 5.000 (520km²)
- (7) Carte topographique de type livret
- (8) Spécifications techniques/Manuels de travail
- (9) Création du WebGIS
- (10) Rapport final (Renforcement des capacités de l'IGM en matière de création et de mise à jour de la carte topographique numérique)

1.3 Homologues maliens

L'organisme homologue de ce projet est l'Institut Géographique du Mali (IGM) placé sous la tutelle du Ministère de l'Équipement, des Transports, et du Désenclavement. L'IGM est un institut technologique spécialisé en étude topographique et cartographie qui réalise des levés topographiques sur le terrain et l'élaboration de cartes topographiques sur commande d'autres ministères et agences, ainsi que divers bailleurs de fonds. Actuellement, il ne compte pas produire une nouvelle carte ou mettre à jour les cartes existantes sur ses fonds propres, mais la numérisation des cartes existantes et la création et vente de cartes thématiques répondant aux besoins des utilisateurs constituent ses sources de revenus. La structure et l'organisation de l'IGM sont décrites dans le chapitre suivant.

Dans ce projet, des personnels de 5 Services (Service de la Géodésie, Service de la Topographie, Service des Levés aérospatiaux, Service de la Cartographie, Imprimerie) de la Direction de la Production de l'IGM ont effectué leur travail en tant que principaux homologues.

1.4 Description de la mise en œuvre du Projet

1.4.1 Eléments constitutifs de l'ensemble du Projet

La durée totale du Projet est de 21 mois allant de la fin février 2015 à la fin octobre 2016, comme indiqué sur la Figure 1-3. Le Projet a été mis en œuvre en deux parties divisées : (A) Création des données de base SIG et (B) Transfert de technologies.

Ce rapport récapitule en particulier les principales activités indiquées dans le Tableau 1-1, et les opérations réalisées de février 2015 à octobre 2016 au Mali, ainsi que leurs résultats.

Tableau 1-1 Description des principales activités réalisées au Mali

Intitulé de l'activité		Période d'activité	Description détaillée
Discussion sur les spécifications (A)		Mars à mai 2015 Oct. à Nov. 2015 Mai à juin 2016 Octobre 2016	Etablissement des règles de symbolisation de la carte au 1 :5000° (Ver4.03) Etablissement des spécifications techniques pour l'établissement de la carte topographique numérique au 1 :5.000° (normes de levé topographique, informations marginales, annotations, numérotation des feuilles de la carte)
Prise de Photographies aériennes	(A)	Mars à avril 2015	Réalisation de l'appel d'offres pour choisir un prestataire spécialisé en prise de photographies Achèvement de la prise des photographies (1.251 photos) de la zone concernée (1.400km ²)
	(B)		Formation par transfert de technologies (plan de photographie, contrôle de la qualité)
Levé des points d'appui	(A)	Fév. à avril 2015	Inspection des points géodésiques existants nécessaires à la production de la carte topographique d'échelle 1 :5.000 Observations GNSS (27 points) Nivellement (env. 180 km)
	(B)		Observations GNSS par OJT (formation sur le tas) Nivellement par OJT (formation sur le tas) Encadrement pour le contrôle de la qualité des points observés
Création du site Web (A)/ (B)		Fév. à avril 2015 Avril 2016 Octobre 2016	Mise en œuvre de l'enquête des besoins, de l'enquête de l'environnement informatique Obtention de l'accord de l'IGM sur la conception de base du WebGIS, instructions données pour la maintenance du WebGIS Mise en place et opération de WebGIS
Relations publiques (promotion de l'utilisation) (A)/ (B)		Mars à mai 2015 Fév. à mars 2016 Mai 2016 Octobre 2016	Organisation du séminaire de lancement Enquêtes verbales auprès des utilisateurs potentiels Tenue d'un atelier SIG en vue de la mise en place d'une Infrastructure nationale de données spatiales (INDS) Organisation du séminaire de relations publiques (promotion de l'utilisation des données)
Identification du terrain	(A)	Oct. à déc. 2015 Février 2016	Identification du terrain par OJT (formation sur le tas)
	(B)		Organisation d'un atelier (compréhension des règles de symbolisation, des méthodologies de l'étude) Identification du terrain à l'aide des orthophotos simples
Complètement cartographique	(A)	Mars à mai 2016	Mise en œuvre du complètement cartographique à l'aide des données cartographiques manuscrites
	(B)		Tenue d'un atelier (comprendre les différences entre le complètement cartographique et l'identification du terrain, le contenu des questions)

Programme du transfert de technologies	Aérotriangulation (B)	Avril à juin 2016	Instructions pour l'aérotriangulation en utilisant les photographies aériennes prises
	Création d'orthophoto (B)		Instructions pour la création d'orthophotos à partir des résultats de l'aérotriangulation
	Restitution numérique (B)		Instructions pour la mesure des valeurs d'élévation 3D et l'interprétation correcte des objets terrestres
	Edition numérique (B)	Avril à juin 2016	Compréhension approfondie de la structure topologique et instructions pour la saisie des données
	Symbolisation (B)		Compréhension des règles de symbolisation de la carte au 1 :5.000° et instructions sur la méthode d'expression des symboles
	Structuration du SIG (B)	Avril à mai 2016	Compréhension de la structure de la base de données des informations géographiques numériques et instructions pour la création d'une géodatabase
	Contrôle de la qualité (B) et correction partielle (B)	Avril 2015 Décembre 2015 Avril à juin 2016	Compréhension de la méthode de contrôle de la qualité des photographies aériennes prises Instructions pour un meilleur contrôle de la qualité des résultats d'observation des levés des points d'appui Instructions pour un meilleur contrôle de la qualité des données acquises lors de l'identification du terrain Instructions pour un meilleur contrôle de la qualité incluant la gestion de la précision des différents processus concernant la cartographie numérique (aérotriangulation, création d'orthophotos, restitution numérique, édition numérique, symbolisation, structuration SIG), ainsi qu'instructions en vue de la compréhension de la différence entre nouvelle création et mise à jour (correction chronologique) et des concepts y afférents

1.4.2 Membres constituant la Mission d'étude

La Figure 1-2 ci-dessous présente les personnels délégués sur place pour les activités de terrain de ce Projet. Pendant la période d'activité au Mali de la mission d'étude, l'IGM a sélectionné, parmi les effectifs des services de la Direction de la Production (Service de la Géodésie, Service de la Topographie, Service des Levés aérospatiaux, Service de la Cartographie), des techniciens homologues de ce Projet. Des activités conjointes et un transfert de technologies ont été réalisés vis-à-vis de ces techniciens.

Travail Responsable	Nom	2015												2016
		Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	
Chef d'équipe / Élaboration de carte topographique numérique	Shunsuke TOMIMURA	■ 23	■ 9		■ 8						■ 20			
Chef adjoint / Discussions sur les spécifications	Nobuo SHIMIZU		■ 7	■ 6	■ 4									
Plan de relations publiques	Nobuo SHIMIZU		■ 4											
Création du site Web / Assistance pour le Plan de relations publiques	Matteo GISMONDI	■ 17	■ 18											
Levés des points de contrôle au sol (observation GPS)	Hisato SARUWATARI	■ 22	■ 22	■ 18										
Levés des points de contrôle au sol (nivellement)	Toru WATANABE	■ 22	■ 22	■ 15										
Superviseur de la photographie aérienne	Manabu KAWAGUCHI	■ 22	■ 22	■ 15										
Identification du terrain 1	Hiroto FUJITA									■ 29	■ 26			
Identification du terrain 2	Shinya ODAGAWA									■ 11	■ 26			
Gestion des équipements / Coordinateur	Tadashi ISHIBASHI	■ 14	■ 15							■ 14	■ 26			
Interprète / Traducteur	Tomoyuki OTANI	■ 22	■ 23											

Travail Responsable	Nom	2016												
		Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Chef d'équipe / Élaboration de carte topographique numérique	Shunsuke TOMIMURA		■ 23	■ 18	■ 7	■ 21				■ 25	■ 29			
Chef adjoint / Discussions sur les spécifications	Nobuo SHIMIZU					■ 4	■ 14							
Plan de relations publiques	Nobuo SHIMIZU		■ 28	■ 18						■ 18	■ 23			
Création du site Web / Assistance pour le Plan de relations publiques	Courage KAMUSOKO				■ 10	■ 27				■ 25	■ 23			
Identification du terrain 1 / Achèvement du terrain 1	Hiroto FUJITA		■ 28	■ 17										
Identification du terrain 2 / Achèvement du terrain 2	Shinya ODAGAWA				■ 10	■ 25								
Cartographie numérique / Aérotriangulation	Tsuneo TERADA				■ 10	■ 14								
Édition numérique / Symbolisation	Takashi SHIMONO				■ 10	■ 8								
Structuration du SIG	Courage KAMUSOKO				■ 28	■ 27								
Gestion des équipements / Coordinateur	Tadashi ISHIBASHI									■ 18	■ 29			
Interprète / Traducteur	Tomoyuki OTANI		■ 26	■ 30						■ 25	■ 23			

■ : Affectation par le Projet □ : Affectation à la charge de la société d'appartenance

Figure 1-2 Opérations effectuées au Mali

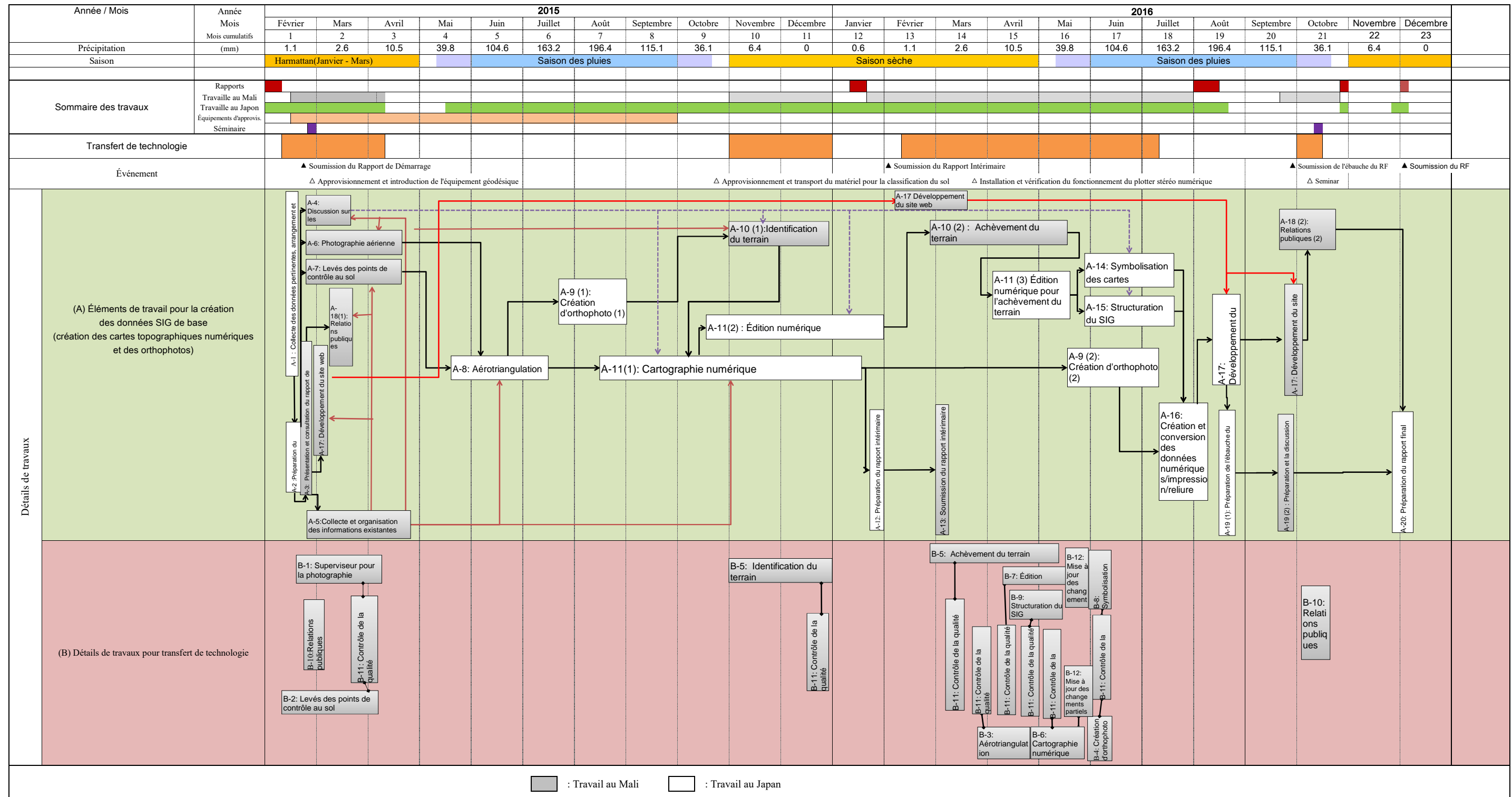


Figure 1-3 Déroulement des travaux du Projet

2. Promotion de la diffusion des informations géographiques (utilisation des données)

Les données de base SIG aménagées dans ce Projet seront partagées par les différents ministères et agences composant le Comité National d'Information Géographique (ci-après désigné le CNIG) et le Comité Régional d'Information Géographique (ci-après désigné le CRIG) mis en place au sein du Conseil Interministériel d'Information Géographique (ci-après désigné le CIIG) que l'on mentionne plus bas; les potentiels de mise à jour des données mutuellement par l'IGM et les organismes composant le CIIG, ainsi que de collaboration pour leur utilisation polyvalente existent déjà au Mali.

Pour promouvoir la diffusion des résultats de ce Projet, la mission d'étude a donc décidé de mettre l'accent sur la mise en place d'un système permettant à l'IGM, après l'achèvement du Projet, de maintenir et renouveler les données résultant du Projet pour en faire ses nouvelles informations géographiques, de partager ces informations avec les antennes régionales des autres ministères et agences, ainsi que des collectivités locales avec lesquels il collabore, et d'accumuler ainsi des connaissances et des compétences. Pour ce faire, les actions suivantes ont été entreprises pendant la période d'exécution du présent Projet, en prenant en considération la situation actuelle de la politique territoriale et spatiale du Mali.

2.1 Positionnement de l'aménagement des données de base SIG

Les informations géographiques existantes du Mali ont été établies grâce à la coopération technique française au moment de l'indépendance de la France, dans la seconde moitié des années 50 – première moitié des années 60, elles n'ont pas été établies par l'IGM (l'INCT à ce moment-là) lui-même. A une seule exception, l'IGM a élaboré lui-même des cartes thématiques en recourant aux techniques de cartographie topographique à petite échelle acquises via le programme de transfert technologique réalisé de 1998 à 2001 dans le cadre du projet JICA consistant à produire une carte topographique numérique au 1 :50.000^e du cercle de Kita (31.000 km²) à l'ouest de Bamako. Seule la carte topographique à petite échelle au 1:2.000.000^e couvrait l'ensemble du territoire malien, mais en 2016, l'Institut Géographique National (ci-après désigné l'IGN France) en collaboration avec l'IGM a établi une nouvelle carte topographique à 1 :200.000^e.

En ce qui concerne les informations géographiques couvrant la zone métropolitaine de Bamako, zone cible du Projet, il existe seulement une carte topographique à l'échelle de 1 :20.000 (4 feuilles au total) produite par l'IGN France avec la collaboration de l'INCT dans les années 1980, et une carte-guide urbain (carte thématique planimétrique sans informations de hauteur) à l'échelle de 1 :10.000 produite par l'IGM de 2005 à 2007 pour 6 communes de Bamako.

Aussi, la carte à grande échelle couvrant la ville de Bamako, qui connaît une grande extension et un grand développement urbains dus à l'afflux brutal de populations à Bamako ces dernières années, ne répercute pas les reliefs et objets terrestres etc. nouvellement développés, elle ne correspond pas à la situation actuelle de la ville. Cette carte ne peut donc pas répondre aux besoins des différents acteurs du développement, que sont les organismes liés au secteur de l'urbanisme de la métropole de Bamako, les bailleurs de fonds, ainsi que les développeurs privés.

Les informations géographiques à grande échelle sont des informations essentielles pour réaliser sans heurt le plan de développement urbain, et la gestion conjointe des données par les ministères et agences concernés permet de promouvoir l'établissement et la réalisation efficaces de divers plans de développement.

Reconnaissant l'importance de la création d'une telle base de données géographiques, le 16 décembre 2002, le gouvernement malien a promulgué le Décret portant sur la mise en place d'un Conseil interministériel et d'un Conseil national concernant la création de données géographiques et visant l'introduction active de SIG par les organismes administratifs publics qui sont les utilisateurs (N°02-565/P-PM), et a mis en place le CIIG. Le CIIG est un lieu de prise de décision politique où siègent les différents ministres, et le CNIG du gouvernement central et les CRIG des collectivités régionales, organismes subalternes du CIIG, lui servent d'organismes d'exécution. (voir le Tableau 2-1)

Tableau 2-1 Organismes principaux s'occupant des informations géographiques du Mali

Organisme	Description	Activités
Conseil Interministériel d'Information Géographique (CIIG)	Mis en place en décembre 2002 en tant que la plus haute autorité de prise de décision pour les informations géographiques, qui sont une des informations de base nationales. Présidé par le Premier Ministre, et composé de 27 ministres ; une réunion régulière annuelle de ce conseil est en principe convoquée par le président.	<ul style="list-style-type: none"> • Création et mise à jour des informations géographiques, renforcement du système organisationnel du gouvernement pour promouvoir l'utilisation accrue des informations • Création de la base de données d'informations géographiques indispensable à la mise en œuvre des projets nationaux prioritaires et établissement des modes de mise à jour • Assurance de la sécurité pour l'acquisition, la gestion, le traitement, la fourniture et l'utilisation des données géographiques et protection des données personnelles et de la propriété intellectuelle • Fixation des prix de fourniture des données géographiques et des documents connexes • Détermination des mesures pour améliorer le service administratif, améliorer et renforcer les capacités des organismes de recherche en matière de traitement/analyse des informations géographiques • Evaluation des propositions du CNIG

Comité National d'Information Géographique (CNIG)	Traite les problèmes concernant les informations géographiques afin de réaliser la politique nationale du CIIG. Se compose de membres de la classe des directeurs de l'ensemble des 36 ministères et agences, ainsi que de 5 experts. Le président est nommé par le Ministre de l'Équipement, des Transports, et du désenclavement et le Directeur général de l'IGM est en charge du Secrétariat. Le président du CNIG convoque une réunion ordinaire tous les 6 mois.	<ul style="list-style-type: none"> • Etablissement des lignes directrices concernant les informations géographiques • Réalisation rapide des décisions prises par le CIIG • Coordination et liaison avec le CIIG • Coordination entre les utilisateurs des informations géographiques • Préparation de lignes directrices pour la production d'informations géographiques • Proposition pour la normalisation des informations géographiques produites
Comité Régional d'Information Géographique (CRIG)	Un CRIG se compose principalement de 21 représentants des différentes régions et de 5 experts. Il est présidé par le Maire du district de Bamako, et le président du conseil est le représentant régional de l'IGM.	Composé de tous les organismes utilisateurs des informations géographiques, son but est de soutenir le CNIG. Une réunion régulière est organisée tous les trimestres, et une réunion extraordinaire peut être convoquée par le président si nécessaire.

En tant que Secrétariat du CNIG, l'IGM effectue la coordination entre 42 ministères et agences, des universités et les différents organismes de recherche. Jusqu'à présent, il a mené la coordination concernant «l'aménagement des données cartographiques», «la normalisation des codes», «les métadonnées», et «la politique des informations géographiques». Finalement, il a compilé ces résultats en tant que «la Politique Nationale d'Information Géographique (ci-après désignée la PNIG)», qui a été approuvée par le Conseil de Ministre en 2012. Dans ce cadre, il a défini les objectifs à atteindre pour réaliser la politique nationale des informations géographiques, et établi un plan d'action concret. Le Tableau 2-2 présente les grandes lignes de la Politique Nationale d'Information Géographique du Mali, ainsi que le rôle du présent Projet.

Tableau 2-2 Grandes lignes de la Politique Nationale d'Information Géographique du Mali

Rubrique	Description	Position du Projet dans la Politique Nationale
Objectifs généraux	Contribuer au développement socioéconomique du Mali par la mise en place de l'Infrastructure Nationale des données spatiales (INDS) et la mise à jour permanente	→Soutien pour la vulgarisation du concept de l'INDS
Objectifs particuliers	<ol style="list-style-type: none"> 1. Développement d'une structure de base de l'INDS 2. Renforcement des capacités des organismes concernés en matière de production et de gestion des informations géographiques 3. Renforcement de la collaboration mutuelle pour les informations géographiques 4. Relations publiques parmi les secteurs publics et privés, organismes liés aux informations géographiques, et mise en œuvre de la stratégie de diffusion 	→Spécifications techniques des données de base SIG 1 :5.000° →Vulgarisation et diffusion par aménagement de WebGIS →Organisation d'un atelier SIG au niveau du terrain →Séminaire et soutien en utilisant le WebGIS
Plan d'action 2012-2016	<ul style="list-style-type: none"> • Création du Centre de Gestion d'Information Géographique (CGIG) • Fourniture des équipements au CGIG • Relecture des décrets concernant la mise en place du 	→Travaux en cours sur fonds propres →Fourniture partielle en cours →Rien en particulier

	CIIG et du CNIG <ul style="list-style-type: none"> • Collecte de données utilisables • Identification des utilisateurs des informations géographiques • Formation des organismes liés à la gestion des informations géographiques • Création et mise à jour du catalogue de métadonnées de tout le pays • Elaboration d'une carte de base au 1 :200.000° • Renforcement de la collaboration pour les informations géographiques • Mise en œuvre de la stratégie de relations publiques parmi les partenaires fournisseurs de techniques et de fonds de tous horizons, les organismes utilisateurs liés aux informations géographiques, et de la stratégie de diffusion des informations 	→Collecte par le Projet →Soutien en utilisant WebGIS, etc. →Appel au Séminaire final →Rien en particulier →Déjà exécutée par l'IGN France →Activités après le Projet →Séminaire et soutien en utilisant WebGIS
Sources financières	L'obtention des fonds pour les différentes activités contribuant à la mise en œuvre de cette politique devrait se faire sur budget national, fonds extérieurs et revenu autonome de la vente des produits.	Rien en particulier
Budget national	Budget d'investissement spécial s'appuyant sur un contrat de projet conclu entre l'Etat et l'IGM	Rien en particulier
Revenu propre	Bénéfices générées par la fourniture de services liés aux informations géographiques produites et aux levés topographiques, ainsi que par la vente des produits. La somme sera épargnée sur le Fonds National d'Information Géographique (FNIG).	Rien en particulier

Les activités concrètes du plan d'action suivant à partir de 2016 ne sont pas définies à cause de la stagnation due au désordre intérieur. Toutefois, la préparation de la création du CGIG (2012 dans le plan d'action) a été budgétisée en 2015, et l'IGM a annoncé une proposition de gestion du CGIG au cours des ateliers et séminaires indiqués ci-après.

2.2 Capacité et système de fourniture des informations géographiques de l'IGM

2.2.1 Système organisationnel de l'IGM

L'IGM, qui joue un rôle central dans le domaine des informations géographiques, en concrétisant les différentes mesures de la PNIG précitées, a initialement été créé en 1964 en tant qu'Institut National de la Topographie (INT) au sein du Ministère des Travaux Publics.

Puis en 1977, son nom a été changé à Centre National Production Cartographique et Topographique (CNPCT), et en 1979, la Direction Régionale de la Cartographie et de la Topographie (DRCT) a été intégrée à la Direction Nationale de la Cartographie et de la Topographie (DNCT), et a formé l'IGM actuel en 2000.

D'autre part, la stratégie nationale portant sur la cartographie et la topographie du Mali se fonde sur la Politique Nationale de Cartographie et de Topographie adoptée en septembre 1998.

La Figure 2-1 présente l'organigramme le plus récent de l'IGM réorganisé en 2015. Une des grandes modifications survenues est la création du CGIG. Le rôle de cette nouvelle organisation en relation avec le Projet se résume comme suit.

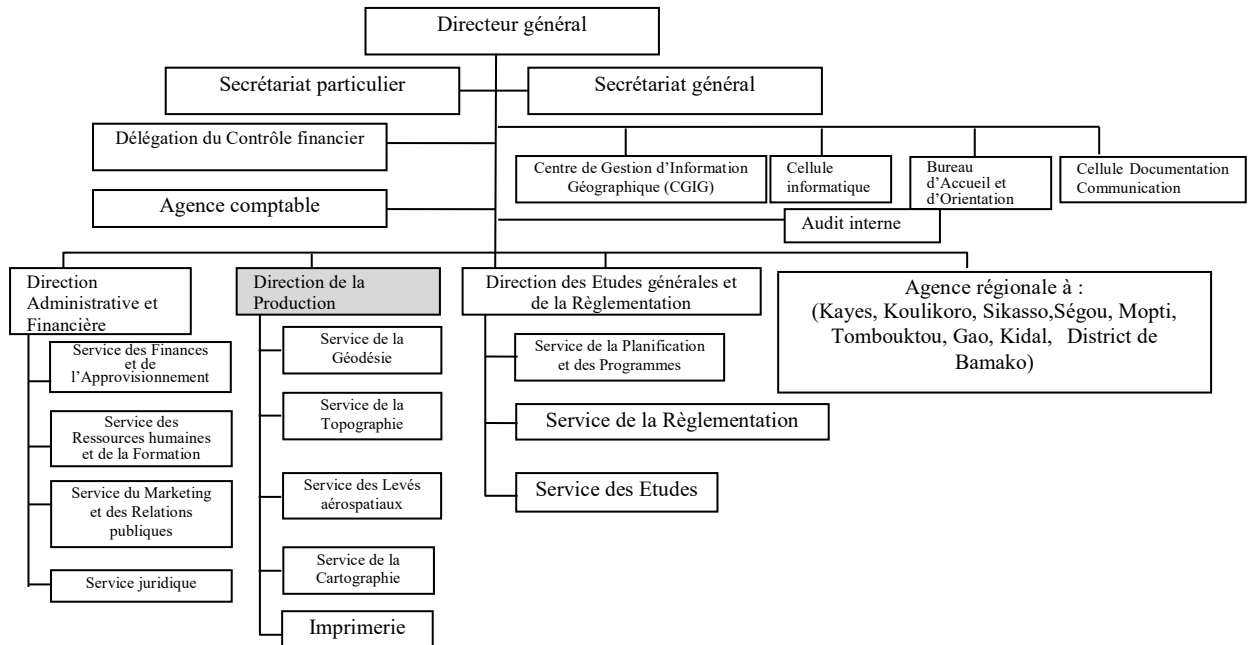


Figure 2-1 Organigramme de l'IGM

(1) Centre de Gestion d'Information Géographique (CGIG)

Le projet de budget pour le CGIG a été approuvé en août 2015 sur la base du plan d'action de la PNIG, et les préparatifs pour sa mise en place ont commencé en mars 2016. Ce nouvel organisme collecte les informations géographiques produites par les différents ministères et agences, et les gère collectivement ; il est placé sous la tutelle directe du Directeur général de l'IGM, et sera installé dans une salle au rez-de-chaussée du bâtiment de l'IGM.

Sur le plan du personnel, l'affectation d'un total de 5 personnes est prévue pour le CGIG : 1 directeur du centre, 2 experts du traitement SIG, et 2 experts SIG chargés de la gestion et diffusion des données, mais en juin 2016, ces personnels ne sont pas encore affectés. D'après les homologues maliens, on prévoit pour l'instant la gestion conjointe par des employés de l'IGM et d'autres ministères et agences. Le CGIG a les 3 missions suivantes :

- Gestion collective des informations géographiques des autres ministères et agences, non détention du droit de commercialisation à cause de problèmes du droit d'auteur;
- Positionnement en tant que centre d'échanges d'informations, guichet de consultation concernant les données SIG des clients et la diffusion des données SIG; et

- Organisation formatrice des techniciens SIG des autres ministères et agences.

(2) Imprimerie de la Direction de la Production de l'IGM

Une Imprimerie a été ajoutée à l'organisation existante. Chargée de la vente des cartes topographiques, elle assure actuellement le service d'impression avec un traceur de grande taille, mais il est prévu dans l'avenir d'introduire les pièces manquantes de l'imprimante offset pour réaliser l'impression offset. Le rôle de ce service est d'imprimer les cartes topographiques et les cartes planimétriques, ainsi que de gérer l'impression au sein de l'IGM. Les opérations d'impression se classent en plusieurs rangs selon l'orientation de la production. L'exploitation est prévue avec 5 personnes : 1 chef, 1 expert en géodésie, 1 expert en ajustement cartographique, 1 expert en levés aérospatiaux et 1 expert en levés topographiques.

(3) Service juridique de la Direction Administrative et Financière

Un service juridique a été placé sous la Direction Administrative et Financière existante. Son rôle sera de surveiller l'appropriation des activités de l'IGM, de donner des conseils juridiques en cas de conflit, et d'apporter un soutien en cas de litige.

2.2.2 Ressources humaines et capacités techniques de l'IGM

En ce qui concerne les effectifs de l'IGM, le nombre d'employés a diminué de 204 à 161 par rapport à novembre 2011, et le nombre d'employés contractuels a augmenté et celui des employés permanents diminué.

Tableau 2-3 Détail d'effectifs de l'IGM

	Total	Ingénieurs	Techniciens	Assistants, etc.	Employés contractuels	Pourcentage des emplois techniques
Siège de l'IGM	93	25	13	20	35	62% (assistants etc. y compris)
District de BAMAKO	9	1	2	2	4	33%
KOULIKORO	12	3	3		6	50%
KAYES	10	2	3	1	4	50%
SIKASSO	11	2	3	1	5	45%
SEGOU	6	2	1		3	50%
MOPTI	6	2	1		3	50%
GAO	8	2	2		4	50%
TOMBOUCTOU	6	1	1	1	3	33%
Total	161	40	29	25	67	47% Moyenne générale

(Source : Documents d'archives de l'IGM, mars 2016)

L'organisme homologue de ce Projet est la Direction de la Production de l'IGM. Son personnel est comme indiqué ci-dessous.

Tableau 2-4 Personnel de la Direction de la Production de l'IGM

	Service de la Topographie	Service de la Géodésie	Service de la Cartographie	Service des Levés aérospatiaux	Imprimerie
Ingénieur en chef	1 pers.	2 pers.	5 pers.	2 pers.	1 pers.
Ingénieur-Technicien	4 pers.	4 pers.	4 pers.	2 pers.	3 pers.
Assistant	4 pers.	6 pers.	3 pers.	1 pers.	
Apprenti	35 personnes pour toute la direction (contractuels)				
Personnel administratif	2 personnes pour l'ensemble de la direction				

(Source : Documents d'archives de l'IGM, mars 2016)

Les capacités techniques actuelles de la Direction de la Production de l'IGM, l'organisme chargé de la fourniture des données d'information géographique au Mali, peuvent se résumer comme suit d'après les résultats des différentes activités réalisées dans le Projet.

(1) Techniques des levés géodésiques

Les résultats de l'enquête initiale menée par la mission d'étude montrent que les personnels de l'IGM possèdent les techniques de base pour l'observation GPS et sont capables de procéder à l'observation requise pour le présent Projet. La mission d'étude a donc présenté en particulier la méthode d'observation incluant l'observation GPS par radiation pour la création de réseau tridimensionnel à ces personnels, et leur a enseigné de gérer la précision. Par ailleurs, le Service de la Géodésie de l'IGM compte 4 ingénieurs, qui ont tous une expérience suffisante du nivellement à l'aide d'un niveau analogique. L'un d'entre eux a même une expérience suffisante du nivellement avec un niveau numérique.

Dans le nivellement de ce Projet, plusieurs points de nivellement existants ont été utilisés pour définir l'élévation de points d'appui nouvellement placés. Ces opérations ayant déjà été réalisées antérieurement, elles ont permis de confirmer que les techniques de l'IGM en nivellement sont suffisantes pour le Projet.

(2) Techniques d'aérotriangulation/de photogrammétrie (restitution numérique, production du MNE, création d'orthophotos)

L'IGM a déjà l'expérience de la restitution numérique, mais pas celle de la pratique de l'aérotriangulation. Par conséquent, le transfert de technologies a eu pour objectif l'amélioration des techniques de base dans leurs domaines spécialisés. En plus de cela, l'IGM a préalablement exprimé son souhait de bénéficier d'un soutien pour l'ajustement des couleurs et des tons d'orthophotos, même

si ses personnels sont pleins de compréhension à l'égard des orthophotos et du MNE, la mission d'étude a donc enseigné cette technique avec soin.

(3) Techniques d'édition numérique, de symbolisation/reproduction de carte et d'impression

L'IGM a acquis l'expérience de l'édition des cartes topographiques à travers le projet de production de la carte topographique au 1 :50.000° de la JICA, et le projet de cartographie au 1 :200.000° de l'IGN France en cours, mais c'était sa première expérience de l'édition des cartes topographiques à plus grande échelle que le 1 :5.000°.

L'IGM fournit le service d'élaboration de cartes thématiques à ces clients, mais aucune méthodologie cohérente systématisée n'est en place au niveau des différents processus tels qu'édition numérique, création et enregistrement des symboles de la carte, sortie des cartes, etc. Aussi, les manuels et spécifications standard établis dans le Projet seront-ils dorénavant renouvelés par l'IGM lui-même.

2.2.3 Ressources en équipements de l'IGM

Nous avons dressé la liste des différents équipements qui seront nécessaires à l'IGM pour créer et renouveler lui-même les données de base SIG après la fin du Projet.

Le Tableau 2-5 indique les instruments de mesure nécessaires pour les levés au sol et le levé des points d'appui, qui sont tous stockés au siège de l'IGM et gérés par les différents bureaux pendant les opérations.

Tableau 2-5 Equipements de levés détenus par l'IGM

Nom de l'équipement	Qté	Spécifications/Etat	Remarques
Niveau numérique NA3003	2	Bon	Avec 2 trépieds
Niveau numérique NA2002	5	Bon	Avec 5 trépieds
Niveau numérique DNA 10	1	Utilisable	Avec un trépied
Niveau numérique DNA 03	1	Utilisable	Avec un trépied
Niveau ordinaire NAK 2	3	Bon	Avec 3 trépieds
Système GPS 500	2		
Système GPS 1200	4	GX1230, V2.12-V5.10	
Leica Geo Office (LGO) Ver8.40, License de base	1	Traitement de données L1/L2 pour GNSS, Option de traitement de données GLONASS, Importation Rinex, Conception et ajustement 3D, Faisceau souple CCP	Logiciel d'analyse GPS fourni par le Projet
Total Station	8		

(Source : Documents d'archives de l'IGM, mars 2016)

Le Tableau 2-6 indique le système de mesure tridimensionnelle nécessaire pour la restitution numérique. Ce sont les équipements de mesure tridimensionnelle indispensables pour la mesure de

hauteur requise pour le développement de l'infrastructure qui deviendra nécessaire avec la sécurité rétablie et les besoins accrus en matière d'urbanisme de Bamako et les équipements pour l'élaboration des cartes thématiques requises pour la planification future. Tous ces équipements sont stockés au siège de l'IGM.

Tableau 2-6 Equipements de photogrammétrie (levés aérospatiaux) détenus par l'IGM

Systeme de programmétrie	Qté	Spécifications/désignation	Remarques
Logiciel de photogrammétrie (pour l'aérotriangulation, le mosaïquage, la technique d'appariement stéréo, le MNT)	1	Top Aero	
Logiciel de photogrammétrie (pour la stéréo-restitution)	1	GeoView	Logiciel développé par l'IGM
Ordinateur de bureau LPS Package	1	Logiciel de base du système de restitution numérique	Equipement fourni par le Projet
LPS Orima	1	Logiciel d'aérotriangulation	Equipement fourni par le Projet
LPS PRO 600 CART	1	Logiciel d'acquisition de données restituées	Equipement fourni par le Projet
LPS PRO DTM	1	Logiciel de création de Modèle Numérique Terrain (MNT)	Equipement fourni par le Projet
Bentley map entreprise v8	2	Logiciel CAO de système de restitution et édition numériques	Equipement fourni par le Projet
Adobe Photoshop	1	Logiciel de conversion d'image	Equipement fourni par le Projet
Ordinateur de bureau pour ArcGIS de haute performance	1	Logiciel SIG	Equipement fourni par le Projet
Ecran 3D/Lunettes 3D (2 jeux de chaque)	2	Système de restitution numérique	Equipement fourni par le Projet
Topo mouse 3D	2	Système de restitution numérique	Equipement fourni par le Projet
Ordinateur de bureau, Workstation Précision 3420 avec Tableau 3D	3	Système de restitution et édition numériques et de structuration SIG	Equipement fourni par le Projet
Autocad 3D mapper	1	Système d'édition numérique	Equipement fourni par le Projet

(Source : Documents d'archives de l'IGM, mars 2016, incluant les équipements fournis par la JICA ; les équipements utilisés pour le projet de l'IGN France n'ayant pas encore été livrés à l'IGM (en juin 2016), ils ne sont donc pas inclus dans le tableau ci-dessus).

2.2.4 Situation financière de l'IGM

Si l'on considère l'évolution de la situation financière de l'IGM ces 5 dernières années (Tableau 2-7), la diminution de la subvention de l'Etat en 2012 par rapport à 2011 laisse à penser que cela est dû au transfert du service du cadastre de l'IGM à un autre organisme (en 2011), en plus du coup d'Etat et de la guerre civile (2013) avec les forces armées du Nord. L'influence du premier est jugée importante parce que, comme le montre la Figure 2-2 indiquant les services techniques réalisés par l'IGM ces 5 dernières années, les besoins de levés de terrains (levé cadastral y compris) ont diminué de moitié à partir de 2011. Cependant, à partir de 2014, la situation intérieure s'est stabilisée, l'obtention du

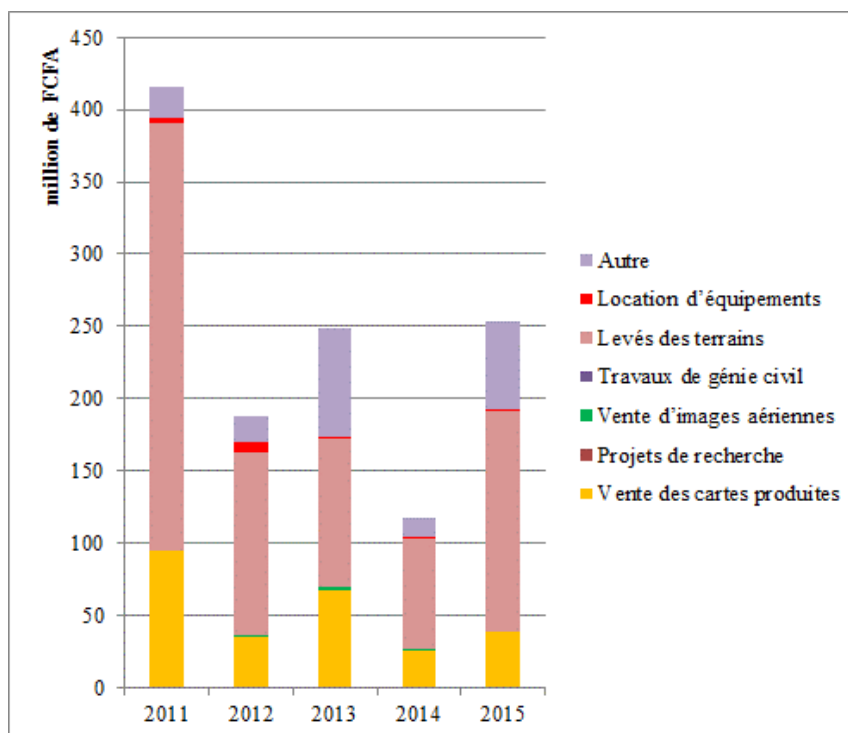
budget pour la création du CGIG etc. a été approuvée, et la situation générale est revenue à celle d'avant le coup d'Etat.

En ce qui concerne la vente de cartes topographiques, qui est le service principal de l'IGM, l'ordre public s'étant dégradé à partir de 2011 à cause du coup d'Etat et de la guerre civile dans la région du Nord, les activités de développement aussi bien publiques que privé ont stagné et les besoins de carte topographique chuté ; en 2015, le montant total de la distribution de cartes topographiques a été environ de 40% de celui réalisé en 2011.

Tableau 2-7 Bilan financier des 5 dernières années de l'IGM (unité : F. CFA)

	2011	2012	2013	2014	2015
Subvention de l'Etat	1.006.924.000	693.634.535	675.068.000	897.821.000	998.052.296
Dépenses de l'IGM	1.006.852.000	692.011.152	659.802.724	602.906.622	934.625.948
Bilan	72.000	1.623.383	15.265.276	294.914.378	63.426.348
Bilan (yens japonais)	12.744	287.338	2.701.954	52.199.845	11.226.464

(Source : documents d'archive de l'IGM, mars 2016), Taux de change : 1 F.CFA = 0,177 yen (moyenne d'août 2016)



(Source : documents d'archive de l'IGM, mars 2016)

Figure 2-2 Evolution du service technique de l'IGM

2.2.5 Situation d'aménagement des informations géographiques et prix de vente

(1) Situation d'aménagement des informations géographiques

L'IGM a pour fonction l'aménagement des informations géographiques existantes, de nouvelles cartes topographiques, ainsi que de leurs données, des photographies aériennes, images satellites, orthophotos, résultats des points de contrôle au sol, etc. Le Tableau 2-8 présente les archives d'informations géographiques aménagées et gérées par l'IGM. Il y a également des cartes d'index de la prise de vues, d'images satellites, d'orthophotos, et de points de contrôle au sol, etc. Ces archives d'information géographique étaient jusqu'ici gérées et vendues en tant qu'informations analogiques, mais récemment, la gestion des données numériques a progressé grâce aux projets de la JICA et de l'IGN France.

Tableau 2-8 Situation d'aménagement des informations géographiques au Mali

	Echelle de carte	Nbre de feuilles	Données	Remarques
Petite échelle	1:2000000	1	Analogique	Couvre tout le territoire malien
	1:1 000 000	12	Analogique	
	1:500 000	33	Analogique	
	1:200 000	137	Analogique Numérique	Couvre tout le territoire malien 118 (renouvelées dans le cadre du Projet IGN France en 2016)
Echelle moyenne	1:50 000	105	Analogique Numérique	Couvre tout le territoire malien avec 1848 feuilles 5 feuilles produites par le district Kita et l'IGM
	1:20 000	4	Numérique	Ville de Bamako
	1:10 000	6	Numérique	6 communes séparément (carte thématique)
Grande échelle	1:5 000	Aucune	Analogique	Dans les années 1990, l'ancienne DNCT a établi des cartes au 1 :2.000°, 1 :5.000° et 1 :10.000° de la zone urbaine de Bamako. Les cartes originales reproduites sont conservées au bureau satellite de la DNDC. En principe, l'IGM est en charge des cartes topographiques jusqu'au 1 :5.000°, et n'établit pas de cartes à plus grande échelle pour lesquelles la mairie et la Direction du cadastre sont en charge.

(Source : Documents d'archives de l'IGM, mars 2016)

(2) Prix de vente

Le prix de vente des informations géographiques se subdivise en cartes imprimées et données numériques. A l'époque de la DNCT, aujourd'hui devenue l'IGM, le prix des cartes était peu onéreux parce qu'il était possible d'en imprimer en grandes quantités avec des imprimeuses offset, mais aujourd'hui pour la sortie directe d'un traceur à jet d'encre, comme l'indique le Tableau 2-9, les prix sont unifiés en différenciant les produits selon les formats de sortie, les couleurs (noir et blanc ou multicolore).

Par ailleurs, l'IGM a fixé de nouveaux prix de vente pour la carte topographique d'échelle 1 : 200.000 produite par l'IGN France, la carte topographique d'échelle 1 :1.000.000 produite en éditant la carte topographique d'échelle 1 : 200.000 précitée, ainsi que la carte topographique d'échelle 1 :5.000,

l'orthophotocarte et les données numériques catégorisées qui sont les résultats du présent projet. Ces nouveaux prix sont indiqués dans le tableau ci-dessous. D'après l'IGM, le prix de la carte a été fixé jusqu'à présent sur la base des frais généraux nécessaires (frais de personnel, frais de matériaux, frais de manipulation de données) sans rechercher de bénéfice, car ces cartes topographiques avaient été produites sur le budget de l'Etat. Néanmoins, il lui faut dorénavant fixer des prix de vente convenables incluant un profit pour assurer les frais de renouvellement des données nécessaires. C'est dans ce contexte qu'il a révisé les prix de cartes et données.

Les cartes topographiques sont largement vendues dans tout le Mali et dans la ville de Bamako, les principaux clients étant les organisations internationales, les ambassades et les entreprises privées. Elles sont aussi fournies au prix régulier en réponse aux demandes des organismes gouvernementaux maliens. Il est prévu de vendre de même la carte topographique imprimée produite par le présent Projet. Pour les données numériques, compte tenu du copyright, la distribution est prévue après conclusion d'un contrat et définition des conditions d'utilisation.

Tableau 2-9 Liste des prix de vente des informations géographiques

Prix des cartes et des données numériques existantes			
Désignation (information géographique)	Description	Prix/unité	Prix en yens
Carte thématique			
Format A0	Données numériques	97.960F CFA/feuille	17.339
Format A1	Données numériques	50.480F CFA/feuille	8.935
Format A2	Données numériques	26.740F CFA/feuille	4.733
Format A3	Données numériques	14.870F CFA/feuille	2.632
Format A4	Données numériques	8.935F CFA/feuille	1.581
Carte thématique (Sortie de traceur de grande taille)			
Format A0	Carte de sortie	11.700F CFA/feuille	2.071
Format A1	Carte de sortie	5.850F CFA/feuille	1.035
Format A2	Carte de sortie	2.925F CFA/feuille	518
Format A3	Carte de sortie	1.465F CFA/feuille	259
Format A4	Carte de sortie	730F CFA/feuille	129
Carte topographique (carte imprimée offset)			
Echelle 1 :1.000.000	Carte imprimée	5.000F CFA/feuille	885
Echelle 1:500.000	Carte imprimée	5.000F CFA/feuille	885
Echelle 1:200.000	Carte imprimée	5.000F CFA/feuille	885
Echelle 1:50.000	Carte imprimée	5.000F CFA/feuille	885
Echelle 1:20.000	Carte imprimée	5.000F CFA/feuille	885
Echelle 1:7.500	Carte imprimée	5.000F CFA/feuille	885
Carte topographique			
Toutes échelles	Données numériques	97.960F CFA/feuille	17.339
Photocarte (Sortie de traceur en noir et blanc)			
Echelle 1 :1.000.000	Carte de sortie	15.000F CFA/feuille	2.655
Echelle 1:500.000	Carte de sortie	5000F CFA/feuille	885
Prix des nouvelles cartes et données numériques			
Echelle 1 :1.000.000			
Sortie sur papier ordinaire	Carte de sortie	60.000F CFA/feuille	10.620
Sortie sur papier photo	Carte de sortie	75.000F CFA/feuille	13.275
Données vectorielles	Données numériques	1.000.000F CFA/lot	177.000
Données raster	Données numériques	300.000F CFA/lot	53.100
Echelle 1:200.000 (même format)			

Sortie en papier ordinaire	Carte de sortie	7.500F CFA/feuille	1.328
Données Raster	Données numériques	30.000F CFA/feuille	5.310
Données vectorielles	Données numériques	100.000FCFA/feuille	17.000
Echelle 1:5.000 (Bamako)			
Sortie sur papier ordinaire pour carte topographique	Carte de sortie	10.000F CFA/feuille	1.770
Sortie sur papier ordinaire pour orthophotos	Carte de sortie	13.000F CFA/feuille	2.301
Sortie sur papier photographique pour carte topographique	Carte de sortie	15.000F CFA/feuille	2.655
Sortie d'orthophotos sur papier photo	Carte de sortie	20.000F CFA/feuille	3.540
Données vectorielles	Données numériques	150.000F CFA/lot	26.550
Données raster	Données numériques	50.000F CFA/lot	8.850
Données raster d'orthophotos	Données numériques	75.000F CFA/lot	13.275
Données numériques thématiques			
Informations des limites administratives	Données numériques	20.000F CFA/Group	3.540
Informations routières	Données numériques	20.000F CFA/Group	3.540
Informations sur l'infrastructure	Données numériques	20.000F CFA/Group	3.540
Informations sur l'eau	Données numériques	20.000F CFA/Group	3.540
Informations topographiques	Données numériques	20.000F CFA/Group	3.540
Informations sur l'utilisation des sols	Données numériques	20.000F CFA/Group	3.540

(Source : Documents d'archives de l'IGM, octobre 2016, taux de change : 1 F.CFA = 0,177 yen, moyenne calculée d'août 2016)

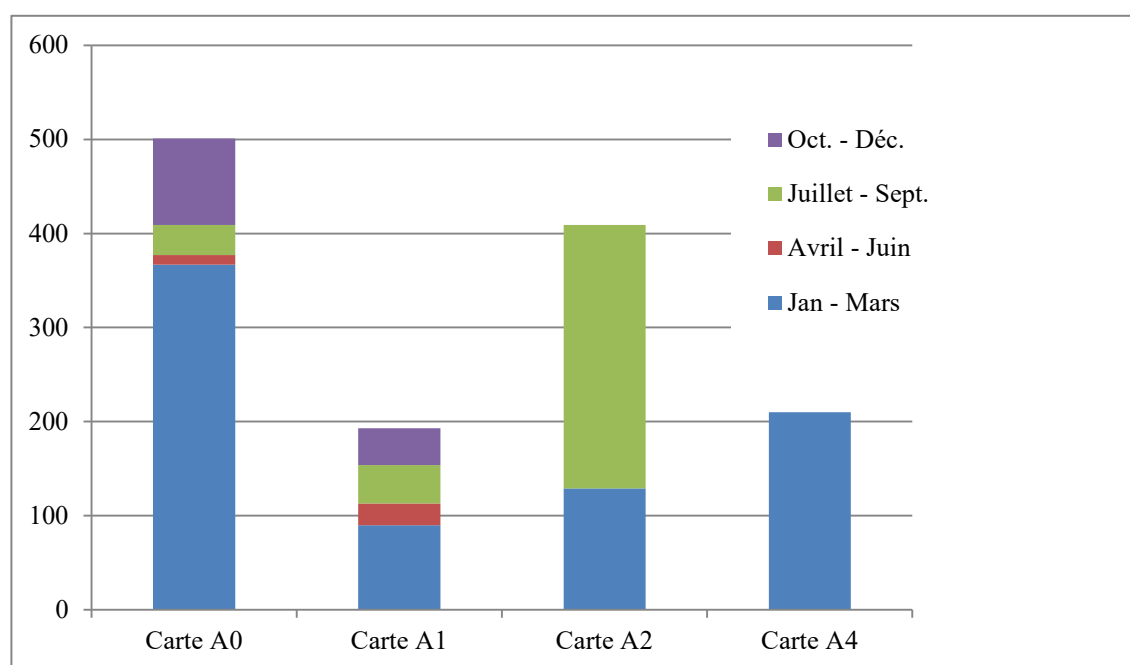
(3) Besoins d'informations géographiques

Le service du Marketing placé au rez-de-chaussée de l'IGM analyse trimestriellement les résultats de ventes (Figure 2-3), ce qui permet de saisir la tendance des ventes d'informations géographiques de l'IGM. Comme le montrent les résultats des 5 dernières années indiqués au paragraphe 2.2.4, depuis

le coup d'Etat de 2012, les travaux publics stagnent au Mali, les ventes de cartes ont diminué de plus de 60%, ce qui fait obstacle à la gestion organisationnelle de l'IGM.

Les cartes de grands formats A0 et A2 représentent plus de 84% des besoins de cartes topographiques. Par conséquent, la plupart des clients ne pouvant pas imprimer eux-mêmes les cartes grand format font appel à l'IGM, ce qui fait juger raisonnable de faire dorénavant des efforts pour la vente des cartes grand format.

D'après l'IGM, les cartes pour lesquelles les besoins sont importants, selon les résultats des ventes obtenus jusqu'ici, sont les cartes de région d'échelle 1 :500.000 (Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Mopti), et les cartes thématiques comme la carte-guide urbain de Bamako d'échelle 1 :10.000 et la carte routière.



(Source : Documents d'archives de l'IGM, mars 2016)

Unité: Feuille

Figure 2-3 Résultats des nombres d'exemplaires vendus d'une carte en 2015

2.3 Besoins d'informations de base SIG dans la zone métropolitaine de Bamako et souhaits exprimés

Le Tableau 2-10 présente les organismes considérés comme particulièrement prometteurs en tant qu'utilisateur des données produites par le Projet, identifiés suite aux enquêtes verbales faites auprès des utilisateurs potentiels (21 organismes).

Les souhaits exprimés par les utilisateurs à hauts potentiels des données de base SIG sont l'introduction du système SIG et l'utilisation des différentes informations géographiques qui en sont les produits ; mais les techniciens capables d'utiliser les informations géographiques étant peu nombreux, leur souhait se résume au fait que l'IGM leur fournisse des informations géographiques faciles à utiliser et des formations techniques. Il s'est aussi avéré que l'IGM doit jouer le rôle de leader et réaliser des activités de sensibilisation et de diffusion telles qu'échanges techniques pour l'utilisation des données, vis-à-vis des organismes utilisateurs parties prenantes.

Les données produites par le Projet sous forme de carte topographique au 1 :5.000° sont des informations géographiques servant de l'infrastructure d'aménagement du territoire, auxquelles on peut se référer pour les informations sur la position (latitude, longitude) et l'altitude. Actuellement, les différents ministères et agences s'occupant du développement de la zone métropolitaine de Bamako produisent et mettent à jour eux-mêmes des cartes thématiques afin de répondre aux besoins générés par leurs tâches. Ces cartes sont toutefois seulement des cartes planimétriques. Des informations sur l'altitude dans la zone métropolitaine de Bamako ont été produites dans le Projet, et ces données seront très utiles pour tous les utilisateurs s'occupant du développement de la zone métropolitaine de Bamako. En particulier, en ce qui concerne les travaux hydrauliques des cours d'eau, la lutte contre les inondations, les travaux d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement pour lesquels les informations de dénivellement sont essentielles, des besoins immédiats des utilisateurs ont été vérifiés.

Tableau 2-10 Aperçu des résultats des enquêtes verbales

Nom de l'organisme Abréviation	Description des activités	Relation avec le Projet
AGETIPE Agence d'Exécution des Travaux d'Intérêt Public pour l'Emploi	Organisme superviseur de la sous-traitance au secteur privé de travaux publics pour la création d'emploi)	Orthophotos, données de carte topographique Commentaire : Les données produites par ce Projet sont indispensables pour l'aménagement de l'infrastructure. Ces données sont aussi utiles pour l'étude préalable des différents travaux tels qu'aménagement de routes, de logements, des cours d'eau, qui seront exécutés en recourant à la sous-traitance au secteur privé pour favoriser la création d'emplois.
ANASER Agence Nationale de la Sécurité Routière	Activités principales : gestion de l'infrastructure routière, des accidents de la circulation et mesures pour la sécurité (détermination des lieux de survenance des accidents, noms et types des routes, vérification des emplacements des parkings, vérification des positions des zones à risques)	Cette agence est un utilisateur potentiel des cartes thématiques créées après l'ajout et la correction des données de carte topographiques et des données SIG Commentaire : L'état des routes, l'état de la circulation, l'emplacement des hôpitaux, etc. sont des informations essentielles pour les accidents de la circulation et les mesures de sécurité. Une contribution à la gestion des routes est possible en ajoutant des informations attributs des routes principales.
DGPC Direction Générale de la Protection Civile (secours urgent, lutte contre les incendies, etc.)	Organisme responsable des activités de lutte contre l'incendie lors des catastrophes urbaines (accidents, sinistres, inondations, incendies), et de la protection des habitants sinistrés et des activités de secours.	Données SIG, données de carte topographique Commentaire : La distribution sous forme de cartes thématiques, des informations sur les routes, les hôpitaux, les casernes de pompiers, des postes de police, etc. qui seront aménagées dans le Projet, est-elle envisageable pour la protection des citoyens et la sécurité.

DGCT Direction Générale des Collectivités Territoriales	Liaison et coordination entre communes et débats sur la détermination des limites administratives telles que les limites de communes.	Carte topographique, données d'orthophotos, données SIG Commentaire : La collaboration de cette direction est nécessaire pour définir les limites administratives
DNACPN Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances	Mise en œuvre des différentes études sur l'impact sur l'environnement du projet de développement et la lutte contre les inondations, et établissement du plan d'aménagement de l'infrastructure sanitaire par ex. mise en place des installations de collecte et de traitement des déchets, etc.	Données de carte topographique, données des photographies aériennes, données d'orthophotos Commentaire : Les données produites par ce Projet seront utiles pour la conception des dépotoirs adaptés, des routes de collecte, la construction des installations de traitement, etc. à partir des relations de position des terrains inoccupés et des routes.
DNDC Direction Nationale des Domaines et du Cadastré Bureau du Cadastre	Au Mali, tous les terrains appartiennent à l'Etat, et seuls des droits d'utilisation sont reconnus. Cette direction est en charge des formalités d'enregistrement des terrains, des levés cadastraux et de la perception des impôts sur la vente des droits d'utilisation des terrains. Elle effectue principalement la gestion du cadastre, combinée au recensement de la population.	Données de carte topographique, données des photographies aériennes, données d'orthophotos Commentaire : On promeut la gestion cadastrale sur la base d'une carte au 1 :500°. La précision est abaissée dans les régions, et une résolution de 50 cm est utilisable. Les données cadastrales ajoutées aux données produites par le Projet peuvent servir de données de base de la gestion cadastrale.
DNH Direction Nationale de l'Hydraulique	C'est un organisme s'occupant de la définition de la politique nationale concernant les ressources en eau, de leur monitoring, ainsi que de l'établissement du plan d'eau et d'assainissement de tout le Mali, de l'identification des sources d'eau et de l'étude sur la répartition d'installations hydrauliques. En tant qu'un organisme de développement, cette direction assure aussi le monitoring de la gestion des ressources en eau. Actuellement, elle possède une base de données de l'énergie hydraulique, de l'hydrologie via le SINEAU (Système National d'Information sur l'Eau).	Données de carte topographique et d'orthophotos, données SIG Commentaire : Les informations sur les ondulations de terrain aménagées en recourant au MNE produit par ce projet sont utilisables pour l'aménagement des installations et les mesures contre les inondations, et le calcul de la superficie d'un plan d'eau.
DNPD Direction Nationale de la Planification du Développement	C'est un organisme chargé de l'exploitation des mesures de développement national à moyen et long terme, et de la coordination de la stratégie du secteur socioéconomique entre les différentes régions et localités.	Réseau routier, carte touristique, cartes thématiques Commentaire : Les données produites par ce Projet contribueront à l'établissement des différents plans de développement. En particulier, la carte topographique au 1 :5.000° permettra d'identifier le réseau routier et les noms de bâtiments, leur position et forme, et sera utile pour l'étude précise des objets terrestres. Elle pourra aussi servir pour les divers services aux habitants.
DNR Direction Nationale des Routes	Cette direction s'occupe de l'administration des routes de tout le territoire malien, de l'élaboration des lois, et de l'entretien des installations auxiliaires des routes. Dans ses tâches quotidiennes, elle utilise LogiRoad (logiciel de gestion des routes français). Elle a demandé une fois la coopération de l'IGM pour l'étude et la fourniture de données sur les points de début et de fin des routes.	Carte topographique, données SIG, orthophotos Commentaire : La fourniture des données sur les points de début et de fin des routes (noms y compris) est possible, et la coopération mutuelle avec l'IGM est jugée indispensable en considérant la mise à jour des données dans l'avenir.
DNUH Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat	C'est un organisme définissant et réalisant les mesures concernant l'urbanisme. Le plan d'urbanisme de Bamako et de ses environs peut se subdiviser en Schéma directeur d'urbanisme de la ville de Bamako et Environs(SDU) et Plan d'Urbanisation Sectoriel(PUS) des différentes communes.	Données de carte topographique, photographies aériennes, données d'orthophotos, données SIG Commentaire : C'est un organisme chargé d'exécution de la planification urbaine des environs de Bamako. Il peut utiliser sans problème les données produites par le Projet.
MDB Mairie du District	C'est une entité principale chargée du développement et de la conservation de la	Données de carte topographique, photographies aériennes, données d'orthophotos, données SIG

de Bamako	ville de Bamako et de la fourniture des services aux habitants, de concert avec les différentes agences régionales des autorités centrales. Elle étudie actuellement un schéma directeur pour la ville de Bamako.	Commentaire : Pour l'exécution de l'étude d'établissement du schéma directeur qui doit commencer vers novembre 2016, elle utilisera certainement les données produites par ce projet; cet organisme est considéré comme l'utilisateur potentiel le plus probable des résultats du Projet.
OMATHO Office Malien du Tourisme et l'Hôtellerie Ministère de l'Équipement, des Transports et du Désenclavement	Cet organisme a été réorganisé et est actuellement dénommé DNTH (Direction Nationale du Tourisme et de l'Hôtellerie), et s'occupe principalement de la promotion du tourisme au Mali et de l'élaboration des lois et règles concernant le tourisme.	Données de carte topographique, orthophotos, données SIG, photographies aériennes Commentaire : Les données produites par ce projet serviront à renouveler la carte touristique en y ajoutant les hôtels, restaurants, les vestiges et monuments historiques, etc. Antérieurement, cet organisme a publié et vendu avec l'IGM une carte touristique pour les voyageurs « Passeport pour le Mali ». Il vise autant que possible la représentation sur une feuille de carte, la recherche de sponsors publicitaires, et l'obtention des frais d'entretien pour la mise à jour de la carte.
AFD Agence Française de Développement	(1) Schéma directeur d'urbanisme de la ville de Bamako et Environs Etude préliminaire réalisée en 2011, 5 sur 15 sociétés sélectionnées, établissement des spécifications en cours, schéma directeur d'alimentation en eau potable et d'assainissement dans les communes II et V (2) Projet d'alimentation en eau potable de Bamako - Kabala: 200 millions d'euros (BM, AFD, BEI) (3) Besoins en cartes topographiques : Indispensable, contacts avec l'IGM et partage des informations	Puisque cette agence s'occupe de la gestion des routes de tout le territoire, elle pourra utiliser les données de cartes thématiques sur Bamako et les informations du réseau routier.

2.4 Mise en œuvre des activités de relations publiques (promotion de l'utilisation des données)

2.4.1 Organisation du Séminaire de lancement du Projet

Avant le démarrage du Projet, le 27 février 2015, le Rapport de démarrage (proposition) compilant les objectifs, les modalités d'exécution, le calendrier d'ensemble, les résultats espérés et les dispositions prises par la partie malienne a été expliqué à l'IGM, et les deux parties se sont mises d'accord.

Après l'obtention de l'accord de la part de l'IGM sur le contenu du rapport de démarrage, comme l'indique le Tableau 2-11, le Séminaire de lancement a été organisé pour faire connaître les résultats escomptés du Projet aux utilisateurs potentiels des informations géographiques du Mali (voir l'annexe). L'Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire du Japon au Mali, pour la partie japonaise, et le Ministre de l'Équipement, des Transports et du Désenclavement pour la partie malienne, ont prononcé des allocutions sur la coopération technique japonaise au Mali. Ensuite, la mission d'étude a donné un aperçu du Projet, et un questions-réponses a eu lieu.

Tableau 2-11 Aperçu du Séminaire de lancement

Date de tenue	Le 6 mars 2015
Lieu	Azalai Grand Hotel, salle de conférences
Nbre de participants	Au total : 71 personnes Dont : Organisations invitées : 40 personnes Hôtes d'honneur Ministre de l'Equipement, des Transports et du Désenclavement Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire du Japon au Mali IGM : 17 personnes Partie japonaise : 11 personnes Presse : 3 personnes
Principaux sujets de discussion	<ul style="list-style-type: none"> • Méthodologie du Projet, et résultats attendus • Rôle et responsabilités de l'IGM dans le présent projet • Méthode de création des cartes topographiques numériques • Données 3D qui seront les résultats du projet et leur utilisation

2.4.2 Organisation d'un atelier de données de base SIG en vue de la mise en place de l'Infrastructure Nationale des données spatiales (INDS)

Après la création du CIIG reliant transversalement les différents ministères et agences, la production des cartes topographiques est en stagnation depuis 2012, en raison du problème de la sécurité publique; peu après la mise à jour des cartes à petites échelle soutenue par IGN France s'est terminée et la production des cartes topographiques à grande échelle de notre Projet qui est la première tentative du gouvernement malien s'est lancée. C'est dans ce contexte que les préparatifs pour la création du CGIG, un des récepteurs des données géographiques de base, ont commencé en 2015 pour que les cartes produites dans ce Projet soient utilisées dans des milieux divers.

Dans cette situation, les discussions répétées tenues avec l'IGM concernant les activités de relations publiques (promotion de l'utilisation des données) ont permis d'atteindre la conclusion commune qu'il sera efficace pour la promotion de l'utilisation des informations géographiques au Mali de faire savoir aux organismes affiliés au CIIG, utilisateurs potentiels prévus des informations géographiques, en quoi consistent les résultats du présent Projet. Ainsi, en utilisant les résultats du Projet, pour résoudre les problèmes administratifs que connaît la ville de Bamako, la mission d'étude a décidé de donner l'occasion d'une expérience réelle du travail en groupe (par ex. création de carte thématique) pour visualiser ces problèmes administratifs de la ville de Bamako en utilisant les informations géographiques.

Cet atelier a pour objectif d'atteindre la compréhension commune que les informations géographiques constituent un outil utilisable pour l'administration urbaine, et de favoriser l'appropriation non seulement par l'IGM, mais aussi par les ministères et agences concernés (en particulier ceux affiliés

au CIIG), et il a été organisé pour donner une occasion d'expérience réelle aux agents chargés des travaux pratiques sur le terrain (niveau des chefs de section) dans chaque domaine en charge.

Dans cet atelier, comme l'indique le Tableau 2-1, la mission d'étude a d'abord expliqué aux participants les grandes lignes et les résultats (cartes et données produites) de ce Projet, et ensuite mené des débats en groupes transversaux au niveau des ministères et agences, et fourni l'occasion d'apprendre le processus d'élaboration des cartes thématiques.

Tableau 2-12 Présentation de l'atelier tenu auprès des travailleurs de terrain

Date de tenue	Le 9 mai 2016
Lieu	Salle de réunion, Service Approvisionnement en matériaux et Comptabilité, du Ministère de l'Équipement, des Transports, et de l'Enclavement
Nbre de participants	65 personnes au total Dont : 32 ministères et agences invités Hôtes d'honneur: Conseiller technique du Ministère de l'Équipement, des Transports, et de l'Enclavement Chargé d'affaires de l'ambassade du Japon au Mali IGM : 19 pers. Partie japonaise : 14 pers.
Principaux sujets de discussion	<ul style="list-style-type: none"> • Positionnement du Projet dans le secteur d'information géographique du Mali • Création du Centre de Gestion d'Information Géographique (CGIG) et son rôle • Sens et buts des cartes thématiques • Atelier participatif (création de cartes thématiques de chaque domaine) <ul style="list-style-type: none"> (1) Travail en groupe pour la création de cartes thématiques (2) Présentation des résultats par groupe (3) Evaluation de l'atelier

Pour l'atelier de type participatif, 3 problèmes (à savoir (1) sécurité publique, protection des citoyens, (2) alimentation en eau, hygiène et assainissement, ainsi que (3) tourisme et éducation) ont été sélectionnés parmi les problèmes de développement dont souffre la ville de Bamako mentionnés dans le plan d'urbanisme «Bamako2030» élaboré en 2015 par la mairie du district de Bamako. Les participants provenant de 32 ministères et agences ont été répartis en 6 groupes par domaine de charge, des débats en groupes transversaux au niveau des ministères et agences ont eu lieu, et la création de cartes thématiques par thème (zonage) a été réalisée par groupe en environ 1 heure.

De plus, l'IGM a désigné un responsable par groupe, qui a assuré le soutien interne en tant que facilitateur pour la méthode d'utilisation de la carte topographique à grande échelle intégrant partiellement les données produites par le Projet et son utilisation dans leur travail par les différents participants.

Le Tableau 2-13 ci-dessous compile les résultats des travaux conjoints de création de carte thématique présentés par chaque groupe.

Tableau 2-13 Résultats de l'atelier participatif (création de carte thématique) présentés

Thème	Groupe	Description
Sécurité, protection des populations	1	Thème de la carte : Sécurité/protection des populations Objectif : Assurance de la sécurité de la SOMAGEP (Société Malienne de Gestion de l'Eau Potable), lieu de protection prioritaire Lutte contre l'incendie de maisons et de marchés Données requises : informations détaillées sur les routes, éclairage extérieur, panneaux routiers, feux, informations sur les installations de sécurité
	2	Thème de la carte : Réduire le nombre d'accidents sur les routes de Bamako au minimum Objectif : Signification de l'aménagement des carrefours Données requises : panneaux routiers, feux, plan de trafic routier
Alimentation en eau/santé et hygiène	3	Thème de la carte : Eau et santé dans la commune 3 Objectif : Relation entre la santé et les installations (distribution des établissements de santé et pharmacies, canaux d'évacuation des eaux usées) Données requises : lieux de dépôts de déchets, détails des canaux d'évacuation des eaux usées
	4	Thème de la carte: Santé et hygiène dans les communes 2 et 3 Objectif : Identification de l'environnement sanitaire dans les communes 2 et 3 surpeuplées Données requises : informations sur les établissements de santé, lieux de dépôts de déchets, détails des canaux d'évacuation des eaux usées
Education et tourisme	5	Thème de la carte : carte touristique du Mali Objectif : Informations touristiques des communes 2 et 3, y compris musée national, zoo national et terrains de football Données requises : informations sur les monuments commémoratifs
	6	Thème de la carte : carte touristique, carte de distribution des écoles Objectif : Identification de la distribution des ressources touristiques par chaque division administrative et des hôtels, et de celle des écoles Données requises : Informations sur les hôtels, informations sur les établissements scolaires

Le Tableau 2-14 donne les résultats de l'enquête faite auprès des participants à la fin de l'atelier.

Tableau 2-14 Résultats de l'enquête auprès des participants à l'atelier

		Enormément	Oui	Pas tellement	Pas du tout	Pas de réponse
a	Avez-vous compris l'importance du partage des informations géographiques entre les ministères et agences ?	13	9	1	0	6
b	Avez-vous compris le rôle du CIIG via-à vis de la mise en place de l'INDS?	13	14	0	0	2
c	Le facilitateur *1 a-t-il bien géré le travail ?	13	15	0	0	1
d	La répartition du temps du facilitateur *1 a-t-elle été bien équilibrée ?	9	18	1	0	1
e	Le facilitateur *1 avait-il des connaissances sur les thèmes ?	16	12	1	0	0
f	Les matériaux préparés vous ont-ils été utiles ?	23	5	1	0	0
g	L'atelier a-t-il été intéressant ?	22	7	0	0	0
h	L'atelier a-t-il amélioré votre connaissance des thèmes ?	16	13	0	0	0
i	L'atelier a-t-il contribué à améliorer vos capacités ?	11	15	3	0	0

j	Les connaissances et capacités que vous avez acquises à l'atelier vous seront-elles utiles dans votre travail ?	17	11	0	0	1
k	Recommanderiez-vous cet atelier à d'autres personnes ?	23	6	0	0	0

*1 : Les facilitateurs sont 6 agents de l'IGM ayant préalablement suivi une formation dans le Projet.

Comme indiqué ci-dessus, cet atelier a été organisé afin de promouvoir la compréhension des CNIG, CRIG et CGIG et de transmettre la méthode d'utilisation des données produites par le Projet aux agents chargés des travaux pratiques. En vue de réaliser sans faute ces objectifs, la mission d'étude a demandé aux participants à l'atelier de faire un rapport à leurs chefs respectifs après l'atelier. De plus, en tant qu'une étape de suivi, l'IGM a établi le rapport des résultats de cet atelier, et l'a distribué au niveau des directeurs.



(Source: Mission d'étude)

Photo 2-1 Scènes de l'atelier pratique

2.4.3 Tenue du Séminaire de Relations publiques (promotion de l'utilisation des données)

Des explications sur l'ébauche de rapport final ont été données à l'IGM en tant que rapport final des résultats du Projet le 28 septembre 2016, et l'accord de base de l'IGM a été obtenu par la suite après évaluation de son contenu.

Après l'accord sur l'ébauche de rapport final, comme l'indique le Tableau 2-15, un séminaire de Relations publiques (promotion de l'utilisation des données) a été organisé en invitant des utilisateurs éventuels des informations géographiques du Mali, principalement des ministères et agences affiliés aux CNIG et CRIG. L'Ambassadeur du Japon au Mali et le directeur du Bureau JICA au Sénégal pour la partie japonaise, et le Secrétaire général du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Désenclavement pour la partie malienne, ont fait des discours sur la coopération technique réalisée au Mali par le Japon. Lors de la cérémonie de remise, un répertoire des cartes et données produites dans le Projet a été remis au Secrétaire général par l'Ambassadeur du Japon.

Ensuite, la mission d'étude a expliqué les grandes lignes du Projet, et l'IGM a, en tant qu'organisme administratif en charge, présenté l'orientation de base et les perspectives de la gestion des

informations géographiques après achèvement du Projet, ainsi que les techniques assimilées dans le Projet. De plus, pour le côté utilisateurs, la Mairie du district de Bamako (MDB), la Direction de l'Urbanisme (DNUH), et la Direction de la Protection civile (DGPC) ont fait une présentation sur des bonnes pratiques de ces cartes et données produites par le Projet en utilisant les données échantillons préalablement fournies par la mission d'étude. Pour terminer, un débat sous forme de questions-réponses a eu lieu avant la clôture en interrogeant les participants sur les spécifications des cartes et données produites par le Projet et sur la diffusion des techniques des informations géographiques acquises par l'IGM dans le présent Projet.

Tableau 2-15 Présentation du Séminaire de Relations publiques (promotion de l'utilisation des données)

Date de tenue	6 octobre 2016
Lieu	Palais des Sports de Bamako
Nbre de participants	Au total : 129 Dont : Organisations invitées : 57 personnes Hôtes d'honneur : Secrétaire général du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Désenclavement Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire du Japon au Mali Directeur du Bureau JICA au Sénégal IGM : 52 personnes Partie japonaise : 13 personnes Presse : 7 personnes
Principaux sujets de discussion	Effets espérés des cartes et données produites par le Projet Grandes lignes du Projet, et cartes et données produites par le Projet (recueil de règles WebGIS et de spécifications techniques) Perspectives pour la mise en place de l'INDS prévue Orientation des activités de l'IGM après l'achèvement du Projet Utilisation des cartes et données produites par le Projet (MDB, DGPC) Présentation des résultats du transfert de technologies (aérotriangulation, édition numérique, SIG)



(Source: Mission d'étude)

Photo 2-2 Scènes du Séminaire de l'utilisation des données

2.4.4 Organisation d'un forum ouvert par l'IGM

Ce Projet a contribué à l'aménagement d'une carte topographique à grande échelle de la zone métropolitaine de Bamako, ainsi que de données SIG (échelle de 1 :5.000). Simultanément, via le programme de transfert de technologies, les équipements nécessaires au réaménagement, mises à jour

à venir y compris, ont été fournis, et l'IGM a pu acquérir un certain niveau de savoir-faire technique à l'aide de ces équipements. Par ailleurs, dans le processus de l'enquête des besoins effectuée dans ce Projet, les problèmes rencontrés par les utilisateurs des données d'information géographique sont aussi devenus clairs. L'IGM a ainsi compris que les utilisateurs des informations géographiques n'ont pas tous des connaissances précises, que la fourniture des informations de base sur les données d'information géographique aux utilisateurs est indispensable, et que le service de soutien technique par ex. SIG aux utilisateurs joue un rôle important.

S'appuyant sur les techniques acquises dans ce Projet, l'IGM a organisé un forum ouvert de partage des informations pour donner aux utilisateurs des informations géographiques une rétroaction efficace sur ce que sont les données SIG, et comment elles sont produites. A la suite de l'atelier pratique pour la création de cartes thématiques organisé en mai dernier, ce forum a été organisé en espérant les effets suivants (Tableau 2-16).

- Meilleure compréhension des informations géographiques, augmentation des occasions de leur utilisation, et grande ouverture d'esprit des utilisateurs pour ces informations via l'observation directe des travaux et produits de l'IGM par les utilisateurs des informations géographiques, incluant des agents des services administratifs collaborant activement au partage et à la fourniture des données pendant la période du Projet, et les chercheurs des universités chargés de l'information géographique future, ainsi que par le biais de questions-réponses ;
- Prise de conscience de la responsabilité pour les techniques et produits par le biais de leur présentation faite à l'initiative de l'IGM, et les réponses données aux questions des visiteurs à propos du contenu du transfert de technologies concernant la cartographie numérique stéréo à grande échelle réalisé dans le Projet, et le processus de création des données d'information géographique

Tableau 2-16 Présentation du forum ouvert de l'IGM

Date de tenue	13 octobre 2016
Lieu	Laboratoire et salle de conférences de l'IGM
Nbre de participants	Au total : 151 personnes Dont : Organisations invitées : 25 personnes 12 chercheurs des universités 91 personnes de l'IGM 23 agents régionaux de l'IGM
Programme	Explication sur l'organisation du forum ouvert de la mission d'étude Répartition des participants à 4 emplacements dans le laboratoire et dans la salle de conférences du 1 ^{er} étage, et explications données en présentant directement des données. Ainsi qu'explications à tout moment pour répondre aux questions des participants. (1) Démonstration (technique de cartographie numérique) • Table 1 : IGM (mesure tridimensionnelle)

	<ul style="list-style-type: none"> • Table 2 : IGM (gestion de la base de données SIG) • Table 3 : IGM (carte topographique numérique) • Table 4 : mission d'étude (SIG à source ouverte) (2) Démonstration (techniques SIG) • Table 5 : IGM (WebGIS) • Table 6 : mission d'étude (présentation de cas avancés de techniques d'utilisation des informations géographiques au Japon, en utilisant des images animées sur une tablette)
--	---

Les résultats de l'enquête demandée aux participants (54 réponses fournies) après la fin du forum ouvert sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-17 Résultats de l'enquête réalisée auprès des participants au forum ouvert

		Enormément	Oui	Pas tellement	Pas du tout	Pas de réponse
1	Avez-vous compris l'importance du partage des informations géographiques entre les ministères et agences ?	33	16	1	1	3
2	Avez-vous compris le rôle du CIIG via-à vis de la mise en place de l'INDS?	12	26	6	4	6
3	Les préposés aux explications ont-ils bien géré le forum ?	18	24	8	1	3
4	La répartition horaire des explications des préposés a-t-elle été correcte ?	16	28	3	0	7
5	Aviez-vous déjà certaines connaissances sur le contenu expliqué cette fois-ci ?	14	26	13	0	1
6	La participation au forum vous a-t-elle permis d'améliorer votre compréhension ?	34	18	0	0	2
7	Ce forum ouvert a-t-il été intéressant pour vous ?	27	22	4	0	1
8	L'atelier a-t-il contribué à améliorer vos capacités ?	17	25	8	1	3
9	Les connaissances et capacités acquises cette fois-ci vous seront-elles utiles dans votre travail ?	28	18	4	1	3
10	Avez-vous compris l'utilisation des cartes et données produites par le Projet ?	21	20	6	1	6

On a demandé de commenter dans la rubrique Commentaires de cette enquête, et les avis précieux, autres que les remerciements pour l'organisation de ce forum ouvert et les contenus intéressants, etc. ont été donnés, et sont résumés ci-dessous.

- Ce forum a été une bonne occasion d'apprentissage sur les logiciels QGIS et ArcGIS. Je souhaite que l'IGM prévoie encore dorénavant un événement comme celui-ci, et assure le soutien technique des organismes partenaires concernant les informations géographiques.
- Je souhaite que ce type de forum ouvert soit aussi organisé pour les étudiants d'université qui tiennent l'avenir du Mali.
- Il est souhaitable que l'amélioration soit apportée d'urgence à la carte topographique de Bamako, surtout pour ses limites administratives constituant un problème, parce que cette carte est indispensable pour l'urbanisme.
- Je souhaite que l'IGM prévoie une formation technique pour les utilisateurs des informations géographiques et fournisse en permanence les informations au public.

- En ce qui concerne la mise à jour de la carte topographique, je souhaite un plan de mise à jour tous les 10 ans. Je voudrais une carte indiquant les limites officielles de la Commune VI.
- Je voudrais utiliser rapidement ces données pour le projet Pipeline.
- Je souhaite qu'on prévoie dorénavant un tableau des prix des cartes topographiques dans la brochure, un guide d'utilisation, etc.
- L'IGM ne devrait pas se limiter à ce forum, et continuer à en organiser. Mais comme le nombre de participants a été trop important cette fois-ci, il serait souhaitable qu'un plan de permutation d'environ 10 participants à chaque fois soit adopté.

Vu les points ci-dessus, l'IGM a à son initiative transmis aux utilisateurs les connaissances acquises par le biais du programme de transfert de technologies du Projet, en plus de la publicité sur son propre rôle, a promu la compréhension fondamentale des données d'information géographique et la méthode d'élaboration de la carte topographique auprès des utilisateurs. On peut donc estimer que l'objectif d'organisation de ce forum qui a été d'enraciner la méthode d'utilisation des cartes et données produites par le Projet auprès des chercheurs des universités et des agents administratifs chargés des travaux pratiques, qui sont les utilisateurs des informations géographiques, a été grosso modo atteint.

Si l'on ajoute aussi les résultats de l'atelier organisé en mai, il est évident qu'un certain niveau de connaissances a été atteint au Mali en ce qui concerne le soutien des activités au niveau de l'utilisation pratique de l'IGM et du secteur de l'information géographique. On peut espérer dorénavant que le gouvernement malien, sous la conduite des cadres de l'IGM, et conjointement avec les différentes directions des ministères et agences affiliés aux CNIG et CRIG, normalisera les informations géographiques et concrétisera leurs activités pour la réalisation du plan de mise en place de l'Infrastructure Nationale des données spatiales (INDS).

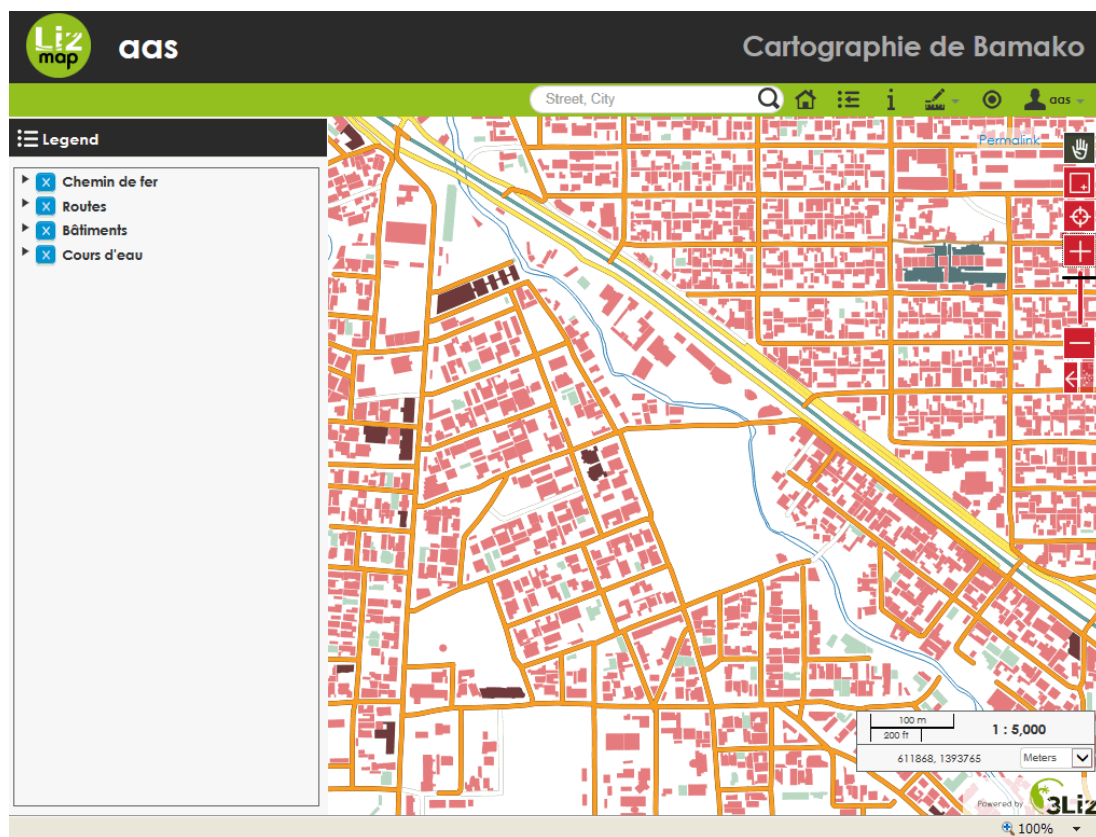
2.5 Création du site Web

Un site Web rendra possible la publication et le partage des données de base SIG aménagées par le Projet. La mission d'étude a donc eu des discussions répétées avec l'IGM sur la création du site Web pour permettre aux utilisateurs potentiels s'occupant du développement urbain de la ville de Bamako d'utiliser en permanence ces données après la fin du Projet et pour inciter leurs demandes de renseignements telles que demandes de mise à jour etc. Au cours de ces discussions, nous avons étudié la conception du site et créé ensemble un site Web.

2.5.1 Design du site Web

Le contenu définitif affiché en WebGIS se compose de l'ensemble de données SIG sélectionnées pour permettre son accès libre sur Internet (voir la figure ci-dessous). Suite aux discussions avec l'IGM, pour des raisons de sécurité, le WebGIS a finalement été conçu comme suit :

- (1) Utilisation de données vectorielles SIG sans attribut d'informations de position (valeur de coordonnées) ;
- (2) La couche des « établissements publics » à utiliser avec précaution, tels qu'ambassades, organisations internationales, organismes et installations militaires et hôtels, sera masquée pour que les utilisateurs ne puissent pas voir ces informations d'attribut et noms sur la carte;
- (3) La couche des « Bâtiments » (code de données 2101-2106) sera intégrée en tant qu'une (1) donnée, et remplacée par « Zone serrée de bâtiments (croquis approximatif de zone) » ;
- (4) La couche des valeurs d'élévation (code de données 6101-7107) sera masquée pour comprimer le volume des données du WebGIS. Le volume des données SIG influencera sur la capacité de téléchargement (upload), il faudra faire attention aux connexions Internet de Bamako.



(Source: Mission d'étude)

Figure 2-4 Une image d'exemple du WebGIS

2.5.2 Mise en place du WebGIS et gestion du système

Pour la conception et l'aménagement du WebGIS, les données SIG sont réglées à l'aide de LizMap, qui est un module d'extension de QGIS, dans un processus répétitif de téléchargement. Le WebGIS

du Projet a été introduit en tant que plateforme de données spatiales à double sens, permettant de visualiser les ensembles de données SIG sélectionnées de la carte topographique numérique au 1 :5.000° de Bamako.

Les ensembles de données SIG sur la plateforme introduits dans le Projet ont été réglés et se composent des ensembles de données de limites administratives, de bâtiments, de cours d'eau, d'établissement publics sélectionnés, et d'objets terrestres en relation avec l'utilisation des sols et les routes. La plateforme WebGIS est renouvelable à tout moment en cas d'amélioration de la carte topographique et des ensembles de données SIG.

Cependant, compte tenu de l'état de l'infrastructure de communication du Mali et de l'accessibilité, les ensembles de données SIG faisant partie du contenu du WebGIS peuvent être opérés dans le serveur officiel du pays de l'union européenne (Italie) pendant 5 ans à partir de 2016. Les techniques et démarches d'opération ont été transférées à l'agent de l'IGM en charge. A partir de 2021, si l'IGM lui-même assure la gestion et la maintenance, ou bien si l'état de l'infrastructure de communication du Mali s'améliore, les ensembles de données SIG seront gérés dans le serveur installé au sein de l'IGM.

De plus, un serveur de fichiers a été installé au sein de l'IGM. Ce serveur avec plusieurs disques durs RAID a été configuré pour permettre le renforcement de la sécurité et la réduction de la perte de données. D'autre part, la création de données de secours hors ligne a été rendue possible pour l'IGM.

2.6 Orientation future

Les données de base SIG ont été aménagées dans ce Projet en vue de leur mise en commun par le Conseil Interministériel d'Information Géographique (CIIG) et le Comité National d'Information Géographique (CNIG), mais pour l'instant, aucune activité en ce sens n'est notable. Aussi, l'IGM devant jouer un rôle de coordinateur entre les organismes affiliés tels que le CIIG concernant la mise à jour et l'utilisation polyvalente des données, la mission d'étude lui a recommandé de poursuivre la collecte d'informations et les activités pratiques ci-dessous en tant qu'activités de promotion de l'utilisation des données produites par le Projet.

(1) Aménagement additionnel des données de base SIG

Comme défini dans les règles de symbolisation, les données de base SIG se composent des objets terrestres constituant la carte topographique, notamment ceux à thèmes communs. Comme les besoins en SIG se diversifient actuellement, les données produites par ce Projet ne pourront pas satisfaire tous les utilisateurs. Par conséquent, comme l'indiquent les résultats de l'atelier précité, suite aux discussions enjambant les secteurs, les informations des données de base SIG insuffisantes pour

satisfaire les besoins découlant des tâches des différents ministères et agences seront mises au clair. Aussi, si l'IGM effectue des coordinations par thème entre les différents organismes affiliés tels que le CNIG, cela évitera les données de base SIG doubles et mettra au clair des informations devant être ajoutées et lui permettra ainsi de réaliser efficacement la fonction de mise à jour des données, les ajouts y compris.

(2) Poursuite de l'aménagement de la carte topographique au 1 :5.000^e

Ces dernières années, l'augmentation de la population de Bamako, capitale du Mali, se poursuit, et sa population qui était d'environ 1 million d'habitants en 1998 a atteint 1,8 million en 2009 (recensement du Mali de 1998/2009). Les habitants qui ont afflué habitent en désordre sur la périphérie de la ville, et la ville s'étend de plus en plus. Les acteurs du développement reconnaissent bien que des informations géographiques sur la ville de Bamako et ses environs sont indispensables pour la construction d'habitations, l'aménagement de l'infrastructure sanitaire et des ouvrages d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement.

Dans le présent Projet, la superficie ciblée par la cartographie topographique au 1 :5.000^e est de 520 km² par rapport à la surface de prise de vues aériennes (1.400 km²), et aucune cartographie n'est pas faite pour les 880 km² restants de la périphérie de la ville de Bamako. Cette zone restante faisant l'objet de la création de l'orthophotocarte, l'aérotriangulation a été faite à l'aide des résultats du levé des points d'appui. Il sera donc important qu'après la fin du Projet, l'IGM poursuive lui-même l'aménagement de la carte, incluant des informations d'altitude, en utilisant ces modèles tridimensionnels et les connaissances et les techniques acquis dans le programme de transfert de technologies décrit plus loin dans le Chapitre 4.

(3) Collaboration avec le CGIG et gestion rationnelle (ressources humaines, équipements)

Les préparatifs pour la création du CGIG ont commencé en 2015. Cette création s'appuie sur le plan d'action de la PNIG, mais dans le plan initial, sa création était prévue pour l'an 2012, la première année de l'objectif spécial de la mise en place de l'INDS. Il est par conséquent capital de poursuivre dynamiquement les activités requises pour l'atteinte de l'objectif spécial du plan initial (établissement d'un inventaire des métadonnées comprenant la carte topographique au 1 :200.000^e créée par Projet IGN France et les données produites par ce Projet, élaboration des lois et des spécifications techniques). De plus, le recrutement de ressources humaines capables d'effectuer la formation d'introduction des données de base SIG vis-à-vis des ministères et agences affiliés au CNIG et au CRIG est nécessaire d'urgence.

3. Aménagement des données de base SIG (1 :5000^e)

3.1 Fixation des spécifications techniques

Pour démarrer la création des données de base SIG, les discussions répétées avec l'IGM concernant les normes des levés et les spécifications des données de carte topographique ont conduit à la fixation des spécifications nécessaires pour la production des données de base SIG d'échelle 1:5.000 et des orthophotocartes.

3.1.1 Discussions pour la fixation des spécifications techniques

Les éléments requis pour la création des cartes topographiques numériques d'échelle 1 :5.000, à savoir les normes de levés (méthode de levés et précision acceptable), les symboles (objets terrestres à acquérir) et les règles d'application des symboles, les spécifications des données créées (taille, langue, informations marginales), etc. n'étaient pas aménagés à l'IGM.

Comme décrit dans le chapitre précédent, le Mali a annoncé la création de l'INDS en tant qu'objectif supérieur à atteindre dans la Politique nationale d'information géographique définie par le Cabinet en 2012. Les points les plus importants pour atteindre cet objectif seront la normalisation des données d'information géographique du Mali et la mise en place des spécifications techniques. Pour la gestion des informations territoriales et spatiales du Mali promue par l'IGM en tant que Secrétariat, la mise en place de spécifications techniques unifiées est tout aussi importante que celui des données de base SIG au 1 :5.000^e produites dans ce Projet.

De ce fait, une ample discussion a eu lieu avec l'IGM et d'autres ministères et agences concernés, afin de définir les spécifications techniques des informations géographiques au 1 :5.000^e adoptées au Mali, et nous avons également consulté le maintien de la cohérence entre les données produites dans ce Projet et les données actuellement possédées par l'IGM, ainsi que son plan futur.

3.1.2 Etude d'inventaire à l'IGM

Avant les discussions sur les spécifications, les différents documents existants ci-dessous ont été collectés et analysés en vue de définir les normes de levé topographique:

- (1) Distribution des points géodésiques en Bamako (Plan de disposition des points géodésiques et données acquises, description des points de nivellement, carte d'itinéraire des points de nivellement);
- (2) Etude du système de serveurs et de l'environnement de communication au sein de l'IGM;
- (3) Existence d'informations concernant les noms des organes administratifs, l'étendue des divisions administratives, et les installations d'infrastructure urbaine ;
- (4) Cartes topographiques existantes (IGM); et

- (5) Revérification des capacités techniques de l'IGM (Technologie détenue, Ressources humaines et équipements).

3.1.3 Diverses spécifications techniques sur lesquelles les deux parties se sont mises d'accord

Une proposition pour les différentes règles nécessaires pour les données de base SIG d'échelle 1 :5.000 à créer dans ce Projet a été préalablement préparée, et des discussions ont eu lieu avec l'IGM sur cette base. Les recueils de règles sur lesquels l'IGM a finalement donné son accord sont énumérés ci-dessous. La carte topographique au 1 :5.000^e, qui constituera les données de base SIG, ainsi que l'orthophotocarte ont été produites conformément à ces 5 règles.

- (1) Explicatif UTM du Projet Bamako
- (2) Informations marginales de la carte d'échelle 1 :5.000 du Projet Bamako
- (3) Système de numérotation des feuilles de la carte du Projet Bamako
- (4) Symboles cartographiques d'échelle 1 :5.000 et règles de leur application dans le Projet Bamako
- (5) Règle des annotations de la carte d'échelle 1 :5.000 du Projet Bamako

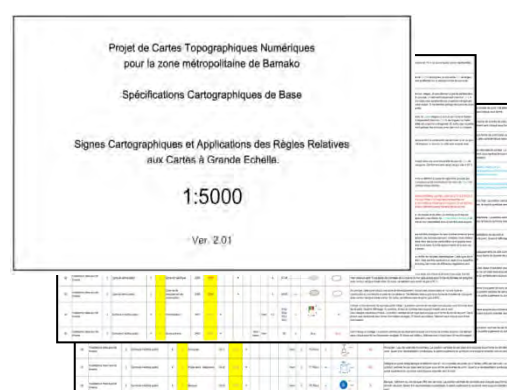


Figure 3-1 Symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application

3.1.4 Normes de levés

Les normes de levé topographique ont été discutées avec l'IGM en vue de la prise des photographies aériennes, des observations GNSS, du nivellement, de l'aérottriangulation, de l'identification du terrain, de la restitution numérique et de l'édition numérique. Pour le système national de coordonnées de référence, l'IGM étudiant depuis 2012 le passage au Système géodésique mondial, les normes de levés du Projet ont été fixées tout en vérifiant les activités de conversion du système de référence de l'IGM. Le Tableau 3-1 indique les normes de levé topographique auxquelles doivent se conformer les données de base SIG créées dans ce Projet.

Tableau 3-1 Normes de levé topographique

Norme	Adoption
Ellipsoïde de base	WGS84 (Système Géodésique Mondial 84)
Méthode de projection cartographique	UTM (zone 29N)
Système géodésique	Système géodésique WGS84
Hauteur	Niveau moyen de la mer au Port de Dakar

Ensuite, les normes de précision des levés nécessaires au levé des points d'appui ont été discutés avec l'IGM, et les précisions requises pour les observations GNSS, le nivellement et les levés aérospatiaux ont été définies comme indiqué dans le Tableau 3-2.

Tableau 3-2 Normes de précision appliquées dans cette étude

Point à étudier	Normes et spécifications d'observation
Observations GNSS	Nombre de sessions d'observation : 20 Durée d'observation : 60 minutes Intervalle d'acquisition des données : moins de 15 secs. Satellites GNSS communs utilisés : plus de 5 Méthode de levé : observation simultanée
Nivellement simplifié	Intervalle des piquages: de 2 à 4 km Erreur de fermeture de boucles: $40\text{mm}\sqrt{S}$ Erreur de fermeture d'un point connu à d'autres: $50\text{mm}\sqrt{S}$ Divergence du nivellement aller-retour: $40\text{m}\sqrt{S}$ S=Distance du travail de levé (dans un sens en kilomètres)
Prise de vue aérienne (appareil photo numérique)	Recouvrement : 60% (standard) Recouvrement latéral : 30% (standard) 5 satellites ou plus de stations fixes et mobiles simultanément Rapport de la prise de vues : Enregistrements de la prise de vues, organisateur, heure de démarrage et d'achèvement, date de la prise de vue, numéros d'appareils photographiques, distance principale, GSD, nom de l'avion, altitude de vol, rapport sur l'étalonnage de l'appareil photographique, données GNSS/UMI, parcours de vol, tableau de gestion de la précision de la prise de vues, documents du transfert des technologies, images aériennes prises, vignettes

Ensuite, la précision acceptable pour les différentes données et les résultats acquis par observation GNSS, nivellement et aérotriangulation a été définie comme indiqué dans le Tableau 3-3.

Tableau 3-3 Précision acceptable pour la carte topographique

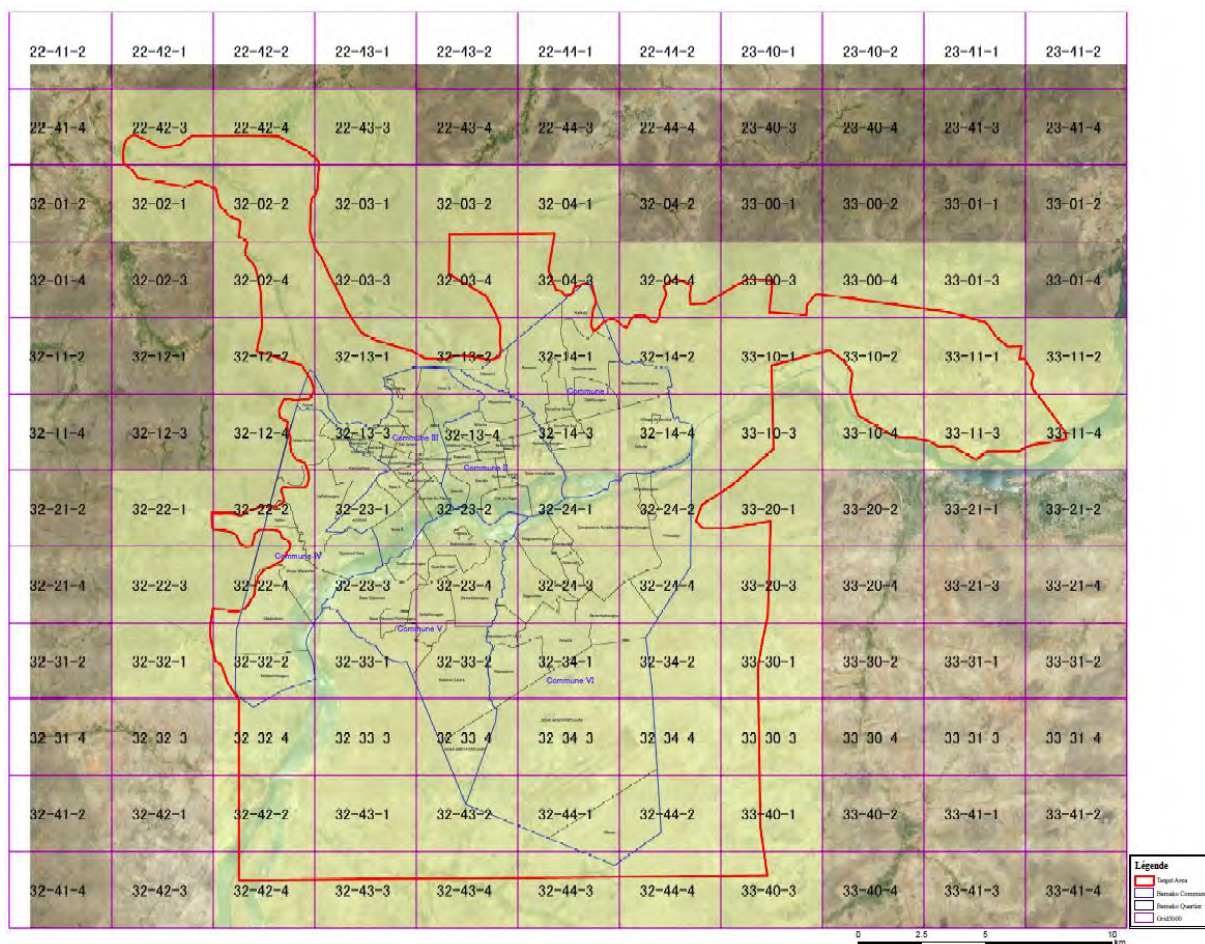
Rubrique	Position planimétrique	Élévation
Précision du levé des points d'appui	0,2m ou moins	0,2m ou moins
Point de vérification d'aérotriangulation	1,5m ou moins	1,5m ou moins
Calcul d'ajustement d'aérotriangulation	1,5m ou moins	1,0m ou moins
Restitution numérique	1,5m ou moins	1,0m ou moins
Données de base SIG	3,5m ou moins	1,66m ou moins (Courbe de niveau: 2,5m ou moins)

Un accord est intervenu comme indiqué dans le Tableau 3-4 sur l'équidistance des courbes de niveau et la densité des cotes altimétriques présentées sous forme de données de base SIG en tant que résultats définitifs du Projet.

Tableau 3-4 Equidistance des courbes de niveau de la carte topographique

Type de cartes	Courbe intermédiaire	Courbe maîtresse	Courbe supplémentaire	Intervalle de la cote altimétrique (sur carte)
1 : 5.000	5m	25m	2,5m	4 points/10cm ²

Pour terminer, conformément aux règles de numérotation des feuilles de carte définies en respectant la cohérence avec les cartes topographique à petite échelle possédées par l'IGM, il a été convenu d'adopter la carte d'index de la Figure 3-2 ci-dessous pour l'agencement de la carte topographique d'échelle 1 :5.000 et de l'orthophotocarte créées par ce Projet.



(Source: Mission d'étude)

Figure 3-2 Index des feuilles

Intérieur de la ligne rouge : zone de production de la carte topographique, cadre violet : tous les carreaux (unités) de la carte d'échelle 1 :5.000, ligne bleue : limites des communes, en jaune : carreaux de la carte topographique produite par le Projet

3.2 Supervision de la prise des photographies aériennes

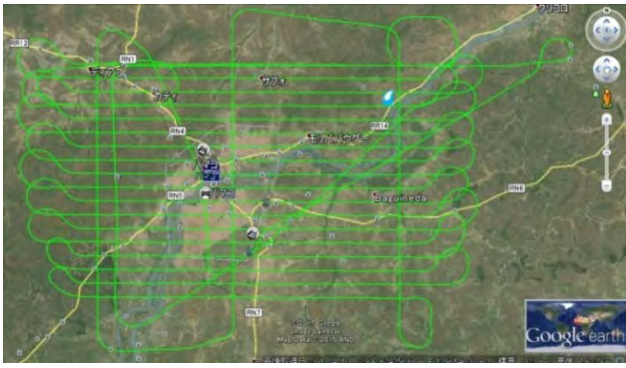
3.2.1 Prise des photographies aériennes

Dans ce Projet, comme il n'existe pas d'entreprise spécialisée en prise de vues aériennes au Mali, la prise des photographies aériennes a été confiée à une entreprise européenne (Pays-Bas). Conformément aux spécifications techniques, la spécification de résolution au sol des images numériques de 20 cm, avec un appareil photo aérien numérique UltraCam Eagle (avec GNSS et dispositif d'observation à inertie) a été définie. Le flux allant de l'appel d'offres, au contrat, à la gestion de la prise de vues, et à la réception des résultats de la prise des photographies aériennes a été le suivant.

- | | |
|------------------------|---|
| (1) 19 février 2015 | Invitation à l'appel d'Offres |
| (2) 26-27 février 2015 | Limite de soumission des offres, évaluation des offres/notification du résultat de l'évaluation |
| (3) 3 mars 2015 | Explication auprès du siège JICA sur le Rapport des détails de la sélection du sous-traitant |
| (4) 4 mars 2015 | Demande d'autorisation de prise de vues |
| (5) 9 mars 2015 | Passation d'un contrat de sous-traitance |
| (6) 19 mars 2015 | Obtention de l'autorisation de prise de vues |
| (7) 20-21 mars 2015 | Arrivée de l'aéronef de prise de vues, inspection de l'aéronef/vérification du fonctionnement du GPS/appareil photo |
| (8) 22 mars 2015 | Début et achèvement de la prise de vues |
| (9) 8 avril 2015 | Fin de l'inspection à la réception des résultats intermédiaires de la prise de vues |

3.2.2 Résultat des prises de vues

Parcours de prise de vues : 18 parcours en direction est-ouest et 3 en direction nord-sud. 1.251 photographies ont été prises au total. Lors de la prise des photographies, le point géodésique (B11) existant de l'IGM a été utilisé pour obtenir des données GPS/IMU (coordonnées des points principaux de la prise de vues) (voir la Figure 3-3 et le Tableau 3-5).



(Source: Map data©2015 GoogleEarth)



(Source: Mission d'étude)

Figure 3-3 Parcours et résultats de prise de vues (en haut à gauche : Parcours de prise de vues, en bas à gauche : toute la zone photographiée, à droite : exemple)

Digital Aerial Photography Quality Control Sheet					Client	Japan International Cooperation Agency					Aircraft	Piper Cheyenne PA31T	Piper Cheyenne IIXL	La Mission d' Etude de la JICA Asia Air Survey Co., Ltd				Date	16/3/2015	Inspector	Manabu Kawaguchi	(Signature)
Project Name	Digital topographic mapping project for the Bamako Metropolitan Area				Project Period	From : 9th March, 2015 To : 10th May, 2015	Camera	Vexcel Ultra CAM Eagle No.01-70512096	Pixel size=15.1CM Focal length=100.500mm	Date	29/4/2015	Approvrd	Nobuo Shimizu	(Signature)								
Flight Line No.	Photo No (Start)	Photo No (End)	Number of Photos	Date of Photography	Inspection Item	Forward overlap	Laterel overlap	EO file	κ	φ	ω	Devlation from planned altitude	Out of focus	Halation	Shadow spot	Cloud	Smoke	Haze	Remarks			
					Accuracy requirement	60%±5%	30%±5%	Availability & condition	≤5°	≤3°	≤3°	±5% from planned altitude	No	Less than 3% in each image								
1	1217	1265	49	22-Mar-2015	21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
2	1169	1216	48	22-Mar-2015	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
3	1121	1168	48	22-Mar-2015	19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
4	2	90	89	22-Mar-2015	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
5	91	151	61	22-Mar-2015	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
6	152	212	61	22-Mar-2015	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
7	226	286	61	22-Mar-2015	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
8	287	347	61	22-Mar-2015	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
9	348	408	61	22-Mar-2015	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
10	409	468	60	22-Mar-2015	7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
11	469	528	60	22-Mar-2015	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
12	529	588	60	22-Mar-2015	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
13	589	647	59	22-Mar-2015	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
14	648	707	60	22-Mar-2015	11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
15	708	767	60	22-Mar-2015	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
16	768	826	59	22-Mar-2015	13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
17	827	885	59	22-Mar-2015	14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
18	886	943	58	22-Mar-2015	15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
19	944	1002	59	22-Mar-2015	16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
20	1003	1061	59	22-Mar-2015	17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
21	1062	1120	59	22-Mar-2015	18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
21			1,251																			

Tableau 3-5 Gestion de la précision de la prise de vues

3.3 Levé des points d'appui

3.3.1 Observation GNSS

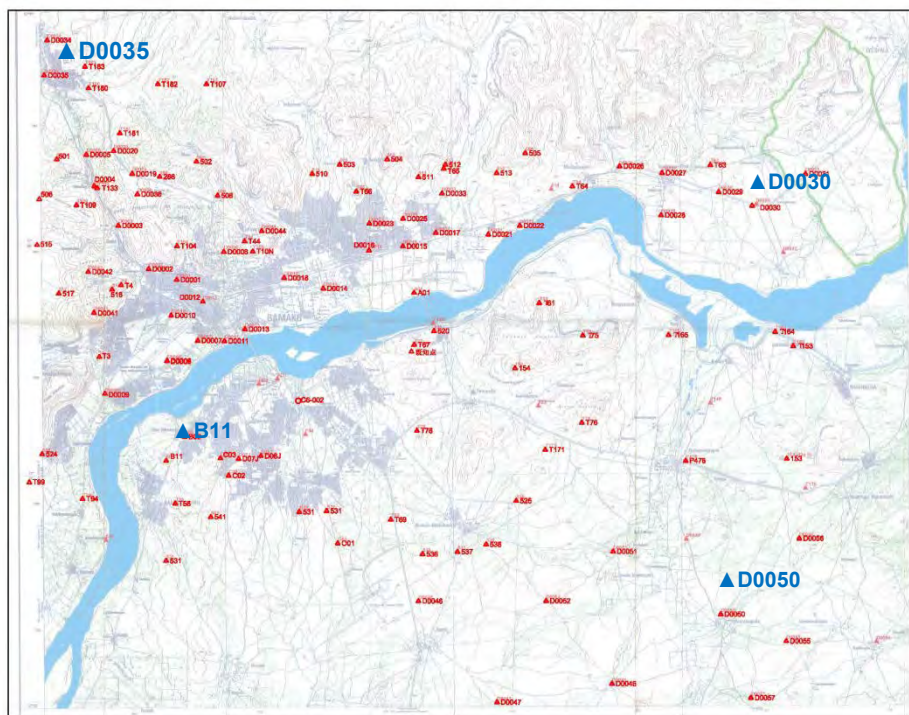
Le levé des points d'appui a été fait conjointement avec l'IGM, à l'aide des points géodésiques existants gérés par l'IGM pour définir la position horizontale des points d'appui utilisés lors de l'aérotriangulation dans le cadre de la production des données de base SIG d'échelle 1 : 5.000.

(1) Préparatifs avant le levé topographique des points d'appui

Avant l'exécution de l'étude, des GNSS de l'IGM qui seraient utilisés pour le Projet ont été mis en place à des points connus (points placés sur des toits) gérés par l'IGM, et la vérification du fonctionnement des appareils GNSS a été faite selon le positionnement ponctuel précis (PPP).

(2) Inspection et vérification des points géodésiques existants

La Figure 3-4 ci-dessous indique les points géodésiques existants aux environs de Bamako. Les points géodésiques à utiliser pour cette étude ont été sélectionnés sur la base de cette carte de distribution des points, et une inspection a été réalisée en sélectionnant les points géodésiques existants dans la zone objet du Projet, puis en effectuant une reconnaissance sur le terrain pour vérifier si chacun de ces points est utilisable.



(Source: Mission d'étude, élaborée à partir des documents de l'IGM)

Figure 3-4 Carte de distribution des points géodésiques existants

Aux levés d'inspection, B11 a d'abord été défini comme point fixe, puis les coordonnées des points géodésiques D0035, D0030 et D0050 proches des limites de la zone du Projet ont été calculées au moyen d'un rayonnement et vérifiées. Le Tableau 3-6 donne les résultats de la comparaison entre les coordonnées d'observation et les coordonnées existantes (les coordonnées UTM sont utilisées pour l'indication des coordonnées). La vérification des valeurs d'observation a permis de constater que leur utilisation ne posait pas de problème au vu de la précision du Projet.

Tableau 3-6 Comparaison entre les coordonnées d'observation et les coordonnées existantes

Points existants	Coordonnée observée pour X Coordonnée observée pour Y	Résultat de coordonnée pour X Résultat de coordonnée pour Y	Contradiction
D0035	601333,077 1407075,274	601333,098 1407075,265	-0,021 0,009
D0030	629561,081 1401956,465	629561,054 1401956,434	0,027 0,031
D0050	628153,732 1385708,196	628153,783 1385708,276	-0,051 -0,080

Toutefois, tous les points géodésiques existant aux environs de la ville de Bamako n'ont pas été soumis à l'inspection, mais d'après les résultats de l'inspection, le taux résiduel des points géodésiques est grosso modo d'environ 60%, les autres ayant sans doute disparu ou été endommagés au fil du temps.



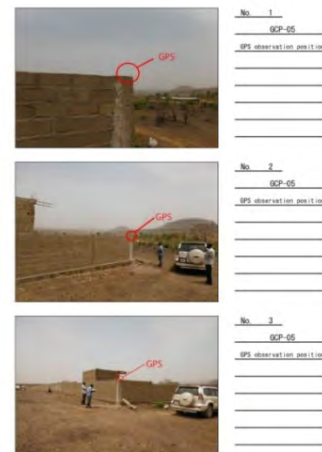
(Source: Mission d'étude)

Photo 3-1 Etat des points géodésiques existants (à gauche : point normal (D0050), à droite : point endommagé (T58))

(3) Reconnaissance sur le terrain de la position sélectionnée pour les points d'appui

27 points (GCP-01 – GCP-27) ont été sélectionnés en tant que points d'appui pour l'aérotriangulation, et la reconnaissance sur le terrain de tous ces 27 points a été effectuée pour vérifier leur état.

De plus, des photographies ont été prises sur place et la description de la position des points d'appui (Figure 3-5) a été établie pour permettre l'identification de ces points par les personnes autres que les sélectionneurs.

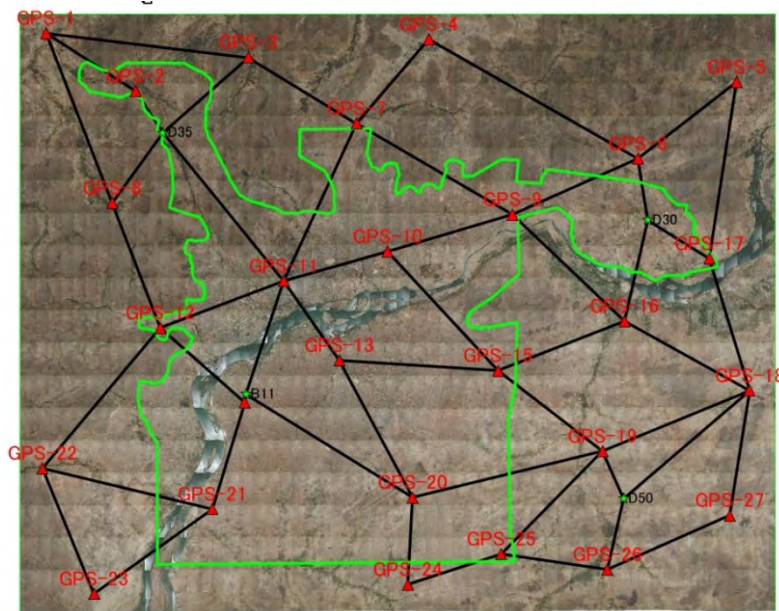


(Source: Mission d'étude)

Figure 3-5 Description des points d'appui

(4) Levé des points d'appui

4 équipes ont été composées pour l'observation GNSS des 27 points d'appui, et 20 sessions effectuées à l'aide de 4 appareils GNSS (Figure 3-6). Dans ce Projet, le levé des points d'appui a été effectué non pas au moyen d'un rayonnement utilisé jusqu'ici par l'IGM, mais selon une méthode d'observation et calcul en recourant au réseau de polygonation (voir la Photo 3-2)



(Source: Mission d'étude)

Figure 3-6 Carte d'observation des sessions



(Source: Mission d'étude)

Photo 3-2 Observations des points d'appui

3.3.2 Nivellement

Le nivellement a été réalisé sur la base des points de nivellement existants gérés par l'IGM pour définir l'élévation des points d'appui utilisés lors de l'aérotriangulation dans le cadre de la cartographie topographique numérique d'échelle 1 :5.000.

(1) Vérification des points de nivellement existant aux environs de Bamako

Avec les informations sur les points de nivellement existants aux environs de Bamako obtenues de la part de l'IGM, on a procédé à la vérification des points de nivellement existant (existence ou non de la borne sur le lieu) aux environs de la ligne de nivellement prévue.

Le Tableau 3-7 indique les résultats de la vérification des points de nivellement existants et les valeurs d'élévation fournies par l'IGM.

Tableau 3-7 Résultats de la vérification des points de nivellement existants et valeurs d'élévation

N° de la borne	Résultat	Condition	Elévation (m)
Mle DET	Existant	Bon	332,480
Mle 1	Perdu		330,413
Mle 2	Perdu		324,656
Mle 3	Existant	Bon	324,948
CT - 1	Existant	Bon	322,789
CT - 2	Introuvable		322,199
CT - 3	Existant	Bon	322,130
CT - 4	Perdu		322,898
CT - 5	Perdu		322,191
CT - 6	Perdu		320,760
CT - 12	Existant	Bon	324,489
CT - 16	Existant	Bon	353,859

(2) Vérification des points géodésiques existants aux environs de Bamako

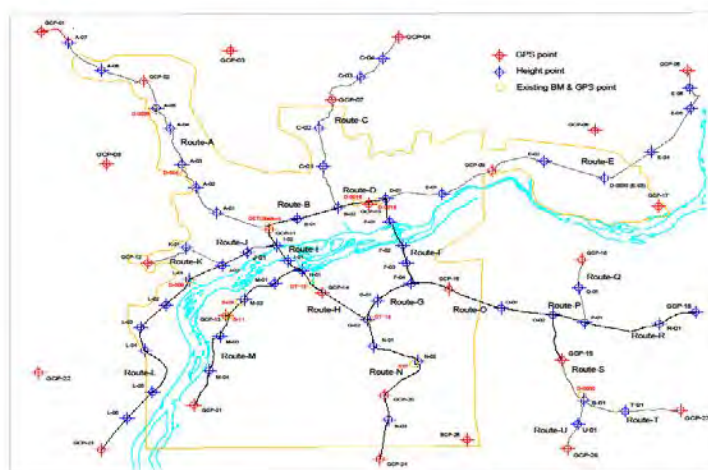
La valeur d'élévation d'une partie des points géodésiques existants aux environs de Bamako mis en place par l'IGM, comme mentionné dans les observations de GNSS du paragraphe précédent, a été fixée par nivellement. De ce fait, la reconnaissance sur le terrain a été réalisée pour vérifier l'état de ces points géodésiques existants (existence ou non de la borne sur le lieu). Les résultats de la vérification des points géodésiques existants et les valeurs d'élévation fournies par l'IGM ont révélé que 7 sur 11 points bien existaient, mais dont A-01 était en mauvais état (Tableau 3-8).

Tableau 3-8 Résultats de la vérification des points géodésiques existants et valeurs d'élévation

N° du point géodésique	Résultats	Condition	Elévation (m)
A - 01	Existant	Casse	316.915
520	Perdu		503.500
531	Perdu		363.540
537	Existant	Bon	361.870
B - 09	Existant	Bon	328.745
B - 11	Existant	Bon	348.776
D - 002	Perdu		349.034
D - 004	Existant	Bon	414.310
D - 0015	Existant	Bon	326.092
D - 0016	Existant	Bon	330.738
T - 69	Perdu		386.980

(3) Le nivellement

La Figure 3-7 indique la ligne de nivellement finale obtenue à partir de la ligne de nivellement préliminaire avant l'étude en considérant les positions des points de nivellement et des points géodésiques existants (points dont la valeur d'élévation est fixée par nivellement) et l'état de la route.



(Source: Mission d'étude)

Figure 3-7 Plan de la ligne de nivellement

Le nivellement a été réalisé sur une distance totale de 196,78 km par 3 équipes du 9 mars au 26 avril 2015. Les valeurs d'élévation de tous les points d'appui ont été acquises le 28 avril 2015 via classement du registre des observations, calcul et remesure des valeurs d'élévation, en même temps que le nivellement. La précision du nivellement, s'appuyant sur les normes de précision des levés définies avec l'IGM indiquées plus haut, était comme ci-dessous.

Divergence du nivellement aller-retour	40 mm \sqrt{D}
Erreur de fermeture d'un point connu à d'autres	50 mm \sqrt{D}
Note D = distance entre les points (unité : km)	

(5) Calcul de la valeur d'élévation de chaque point d'appui

La vérification de la valeur d'élévation des points de nivellement et des points géodésiques existants gérés par l'IGM ayant montré que la valeur d'élévation de ces points avait une précision suffisante en tant que norme de la hauteur utilisée dans le levé des points d'appui pour la cartographie topographique numérique d'échelle 1 :5.000, la valeur d'élévation de chacun des points d'appui a été fixée sur la base de la valeur d'élévation des points de nivellement et des points géodésiques existants (points dont la valeur d'élévation a été fixée par nivellement).

La valeur d'élévation de chacun des points d'appui a été fixée selon la méthode ci-dessous, en utilisant la valeur d'élévation des points de nivellement et des points géodésiques existants, la valeur d'élévation des points de nivellement existants (fixation de la valeur d'élévation par nivellement) et la différence d'élévation entre les différents points obtenue par nivellement :

- 1) La valeur d'élévation des points de nivellement et des points géodésiques existants est jugée correcte ;
- 2) L'erreur de fermeture en nivellement d'un point connu à d'autres sera répartie proportionnellement à la distance ;
- 3) Dans le nivellement non fermé (antenne) d'un point connu, la valeur moyenne du nivellement aller-retour sera considérée comme une différence d'élévation ;
- 4) Compte tenu de la disposition des points de nivellement existants, la ligne de nivellement reliant la ligne de nivellement en boucle et les points de nivellement et/ou les points géodésiques existants (avec la valeur d'élévation), sera considérée comme une ligne primaire ; et
- 5) Une ligne de nivellement associée à une ligne primaire sera une ligne secondaire, et si nécessaire, des lignes tertiaires ou lignes plus inférieures pourront être établies (voir le Tableau 3-9 et la Figure 3-8).

Tableau 3-9 Ordre de calcul de l'élévation pour le nivellement

Ordre d'analyse	Nom du cheminement
1 ^{er} Calcul (rouge)	Boucle consistant en route B, D, F, G, H, et I
2 ^e Calcul (vert)	Route A
	Route C
	Route E
	Route J & L
	Route M
	Route N
3 ^e Calcul (rose)	Route O & P & R
	Route K
4 ^e Calcul (noir)	Route S & T
	Route U

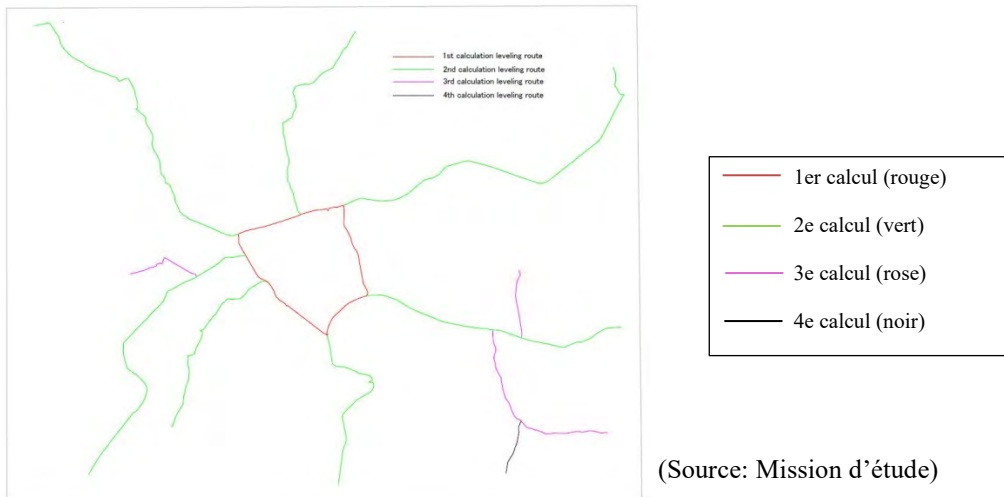


Figure 3-8 Ordre de calcul de l'élévation pour le nivellement

Le Tableau 3-10 indique la valeur d'élévation finalement définie pour chacun des points d'appui.

Tableau 3-10 Valeur d'élévation de chacun des points d'appui

Points de nivellement				Points géodésiques	
N° de point	Elévation (m)	N° de point	Elévation (m)	N° de point	Elévation (m)
A - 01	348,588	I - 01	322,046	GCP - 01	388,394
A - 02	387,317	I - 02	321,654	GCP - 02	427,830
A - 03	419,394	J - 01	324,342	GCP - 04	386,125
A - 04	440,718	J - 02	327,427	GCP - 05	328,121
A - 05	478,747	K - 01	341,878	GCP - 07	397,827
A - 06	408,459	L - 01	325,411	GCP - 09	312,774
A - 07	404,692	L - 02	328,458	GCP - 10	328,901
B - 01	328,518	L - 03	347,914	GCP - 11	327,984
B - 02	328,354	L - 04	336,509	GCP - 12	341,197
C - 01	359,096	L - 05	326,454	GCP - 13	338,862
C - 02	368,144	L - 06	331,352	GCP - 14	327,329
C - 03	414,719	M - 01	342,840	GCP - 15	334,219
C - 04	391,953	M - 02	327,244	GCP - 16	315,578
D - 01	324,784	M - 03	330,716	GCP - 18	331,872
E - 01	316,131	M - 04	326,842	GCP - 19	344,661
E - 02	325,628	N - 01	386,081	GCP - 20	373,696
E - 03	338,379	N - 02	358,529	GCP - 21	330,397
E - 04	343,011	N - 03	363,020	GCP - 23	329,890
E - 05	315,520	O - 01	348,791	GCP - 24	365,058
E - 06	311,971	O - 02	322,470	GCP - 26	342,746
F - 01	319,351	P - 01	341,957	GCP - 27	368,854
F - 02	323,266	Q - 01	328,939	GCP - 3	416,869
F - 03	322,740	R - 01	343,986	GCP - 6	362,161
F - 04	329,963	S - 01	338,775	GCP - 8	441,896
G - 01	357,175	T - 01	361,979	GCP - 17	316,702
G - 02	351,174	U - 01	339,082	GCP - 22	345,762
H - 01	325,603			GCP - 25	376,738

3.4 Aérotriangulation

L'aérotriangulation pour la portée de prise des photographies aériennes (env. 1.400 km²) a été réalisée au Japon conformément au processus indiqué sur la Figure 3-9.

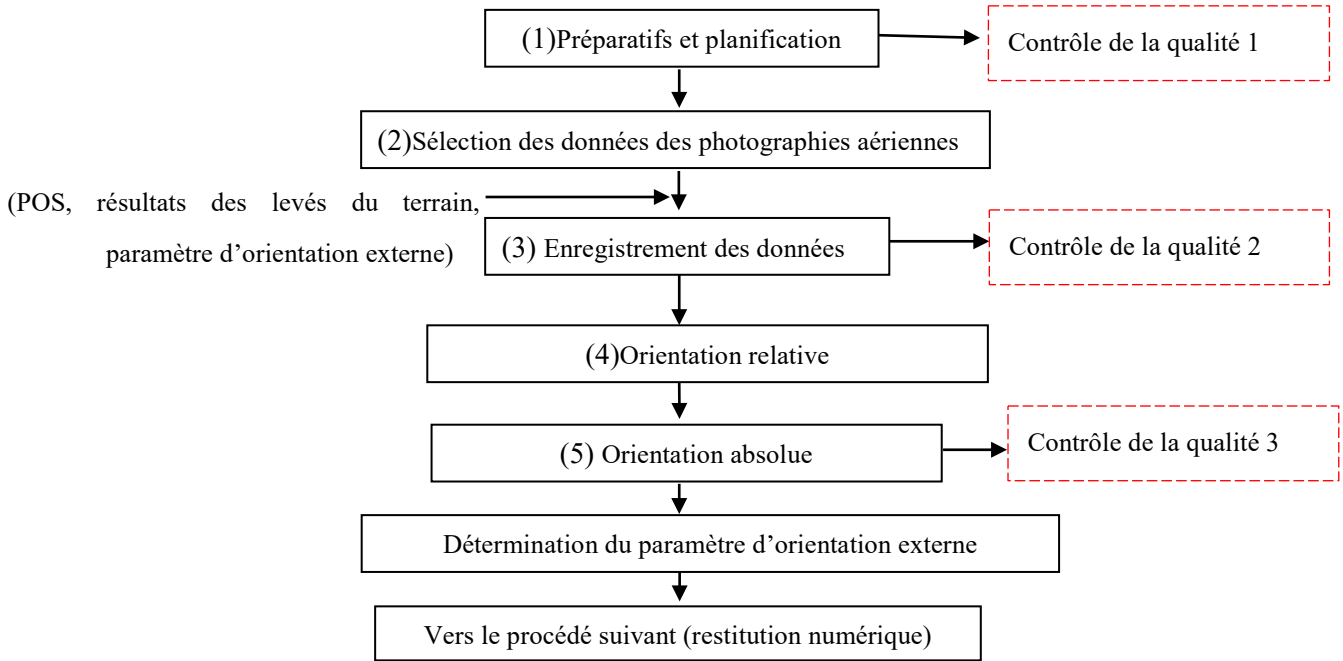


Figure 3-9 Flux de travail pour l'aérotriangulation

3.4.1 Inspection d'acceptation des différentes données utilisées pour l'aérotriangulation (contrôle de la qualité 1)

Pour réaliser l'aérotriangulation, nous avons procédé à l'inspection des données numériques des photographies aériennes et des coordonnées obtenues aux levés des points d'appui qui seront utilisées dans les travaux d'aérotriangulation, en nous appuyant sur les images des photographies aériennes et les résultats du contrôle de leur qualité, les résultats POS-EO et les résultats des levés des points d'appui, et recherché les paramètres d'orientation externe nécessaires à la restitution numérique subséquente (Tableau 3-11).

L'aérotriangulation a été effectuée avec 1.222 photographies aériennes obtenues en un total de 21 parcours de prise de vues, et les 80 points obtenus par les levés des points d'appui.

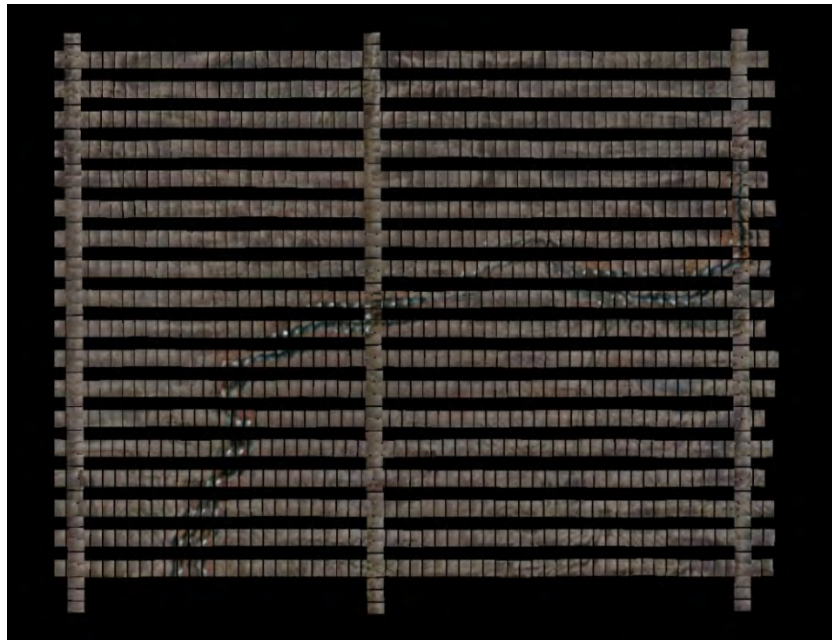
Tableau 3-11 Points à contrôler dans l'inspection à la réception des différentes données

Différentes données produites	Classification des données	Points à contrôler
Résultats des photographies aériennes	Données d'image des photographies aériennes	Chaque image → numéro, vérification de la taille de la donnée Qualité de l'image → Degré de netteté Degré de recouvrement → OL60%, SL30% Point d'appui → lisible sur au moins 2 photos
	Données POS-EO	Calcul d'ajustement par faisceaux → vérification des caractéristiques Altitude de vol → vérification des exigences pour la résolution au sol
	Données caractéristiques de l'appareil photo aérien	Appareil photo aérien → Distance focale
	Plan de situation des photos (carte d'index)	Vérification de la concordance entre les informations POS-EO* et la position de prise de vue
Résultats du levé des points d'appui	Description des points	Point piqueté → net ou pas
	Coordonnées des points d'appui	Se trouvent-elles dans les limites de prise des photographies aériennes ?
	Plan de situation des points d'appui (carte d'index)	Concordance avec le fichier de coordonnées des points d'appui

* Paramètre d'orientation externe approximatif de POS-EO

3.4.2 Sélection des données des photographies aériennes

La Figure 3-10 indique les photographies aériennes prises dans ce Projet. La prise de vues a été faite en un total de 21 parcours de prise de vues, à savoir 3 parcours longitudinaux et 18 latéraux, et un total de 1.222 photographies ont été prises.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-10 Carte d'index de la prise des photographies aériennes

Par chance, la prise des photographies aériennes a pu être réalisée en une journée, et la précision de prise de vue a été bonne parce que les différences de hauteur de vol sont faibles dans les résultats POS-EO. Comme le montre le Tableau 3-12, l'aérotriangulation a finalement été réalisée avec 1.077 photos prises au cours des 18 parcours latéraux (est-ouest).

Tableau 3-12 Liste des numéros des photographies aériennes utilisées pour l'aérotriangulation

Parcours n°	Photo n°		Photo n°	Nbre	Parcours n°	Photo n°		Photo n°	Nbre
C-4	4-31	~	4-90	60	C-18	18-886	~	18-943	58
C-5	5-91	~	5-151	61	C-19	19-944	~	19-1002	59
C-6	6-152	~	6-212	61	C-20	20-1003	~	20-1061	59
C-7	7-226	~	7-286	61	C-21	21-1062	~	21-1120	59
C-8	8-287	~	8-347	61				Total	235
C-9	9-348	~	9-408	61					
C-10	10-409	~	10-468	60					
C-11	11-469	~	11-528	60					
C-12	12-529	~	12-588	60					
C-13	13-589	~	13-647	59					
C-14	14-648	~	14-707	60					
C-15	15-708	~	15-767	60					
C-16	16-768	~	16-826	59					
C-17	17-827	~	17-885	59					
			Total	842					

18 parcours

Au total

1077
photos

3.4.3 Enregistrement des données (contrôle de la qualité 2)

Sur la base des photographies aériennes, des données POS-EO et de la distance focale de l'appareil photo aérien, nous avons enregistré les données de l'état de l'appareil photo ($X, Y, Z, \omega, \phi, \kappa$) au moment de prise de vues et reproduit le modèle 3D à l'aide d'un système de photogrammétrie numérique.

Ensuite, après avoir vérifié visuellement sur l'écran du système que les photographies aériennes enregistrées sont correctement reproduites en tant que modèle stéréo, nous avons procédé à une nouvelle vérification comparative en utilisant les données POS-EO (résultats de l'analyse AEROoffice V5.3d : 7-APR, 2015) et les données de prise de vues enregistrées (Rapport de vol : 22-Mar, 2015) comme l'indique le Tableau 3-13.

Tableau 3-13 Points à contrôler au moment de l'enregistrement des données des photographies aériennes

Procédé de travail	Données enregistrées	Points à contrôler
Enregistrement des images des photos aériennes	Position de prises de vues aériennes	Coordonnées d'une carte d'index et résultat POS-EO
	Parcours de prise de vue	N° du parcours de prise de vue et n° de la photo
	Altitude de vol	Valeur moyenne de l'altitude de prise de vue (m)
Enregistrement de l'appareil photo de prise de vues	Type d'appareil photo aérien	Distance focale de l'appareil photo (mm)
Résolution de l'image	Echelle des photos	Echelle de prise des photographies aériennes

(1) Caractéristiques de l'appareil photo aérien

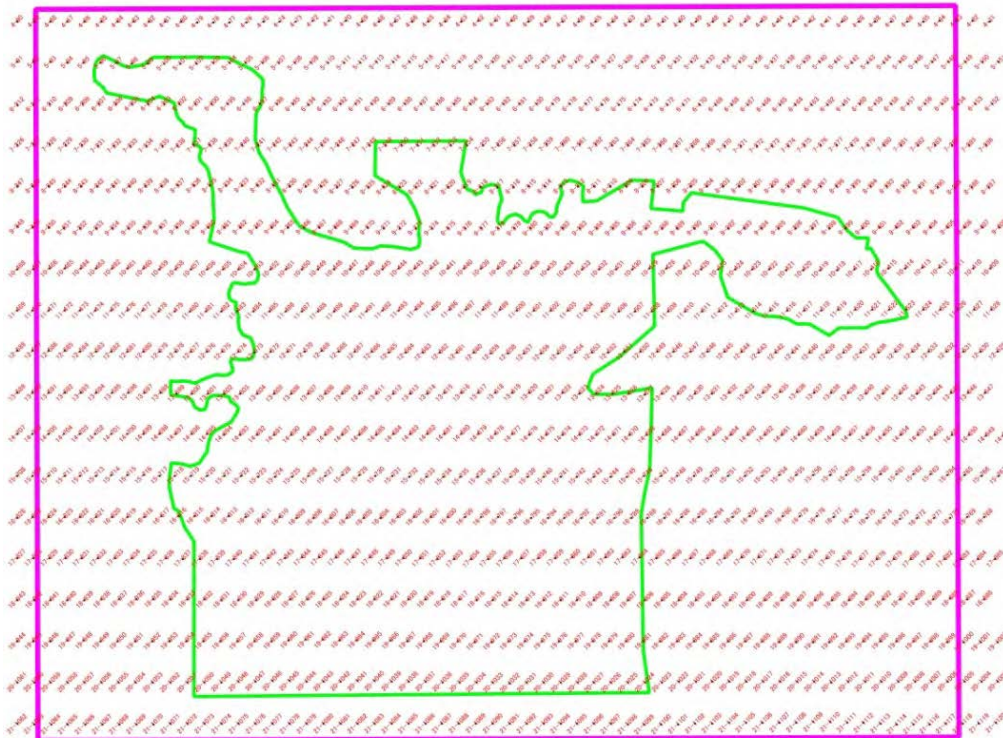
Les caractéristiques de l'appareil photo aérien utilisé pour la prise de vues sont les suivantes :

- Type d'appareil : UltraCam Eagle, 1-70512096-f100
- Taille de l'image : 13080, 20010 (H, L, et Pixel)
- Taille du CCD : 0,0052, 0,0052 (mm)
- Distance focale : 100,5 (mm)

*Date de mesure : 6 mai 2014

(2) Photographies aériennes

Comme le montre la carte d'index des photographies aériennes (Figure 3-11), l'aérotriangulation a été effectuée à l'aide des données de 1077 photographies aériennes prises sur 18 parcours sélectionnés parmi l'ensemble des 1.251 photographies prises sur 21 parcours.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-11 Carte d'index des photographies aériennes utilisées pour l'aérotriangulation

■ : Zone de la carte topographique d'échelle 1 :5.000

■ : Etendue de travail 1234 : Position de prise de vues et n° de photo

(3) Données POS-EO

Les paramètres d'orientation externe sommaires ont été calculés à partir des données enregistrées dans l'appareil POS au moment de la prise des vues aériennes et des données observées en continu au sol par GNSS. La Figure 3-12 présente un exemple des données du POS-EO produites.

```

Dongle-ID: 2-1364927...
Datamanager Output file
4/3/2014 1:15:32 PM
*****
Project: DMC_N652L_140123_bks
Projectfile: J:\ASML\1002_Abidjan\GPS\140123\DMC_N652L_140123_bks.aop
EventMarks: W\Jobs\ASML1002_Abidjan\GPS\140123\work\DMC_N652L_140123_bks.aom
Format Type: User defined
Format Profile: YYC:\Program Files\Trimble\Trimble Business Center\Documents and Settings\dmprocessor\AEROofficeV51\CCNS_ATOutput.afd
Sensor-Leverarm: 0.016m 0.000m 0.200m 0
Meridian Convergence corrected
Coordinate system scale factor correction for height applied
Used Height above ground
Local Coordinate System
UTM North - WGS84 - SP
Defined in: built-in coordinate system
Selected Zone: 30
*****
Infos from the postprocessing logfile:
AEROoffice V5.4 2013-09-03
Dongle-ID: 2-1364927
2/25/2014 9:00:13 AM
Header of imported GNSS File
Project: 140123
Program: GrafNav Version 8.50.2923
Profile: IGI AERO CTRL
Source: GNSS Epochs (GPS Combined)
ProcessInfo: 140123 by Unknown on 2/20/2014 at 12:21:48
Datum: WGS84
Master 1: Name PILL
Antenna 1
Position 5
Master 2: Name CN
Antenna 1
Position 5
Remote: Antenna
SD Scaling Settings:
Position: 1.0000
Velocity: 1.0000
GPSTime,NS,Q,Lat,Long,Alt
(sec),,(Deg),(Deg),(m)
*****
038 0006 402433.897553 384535.763 588574.434 1546.756 0.071704 1.838951 90.955367
038 0007 402437.192793 384531.789 588813.356 1549.930 0.327790 1.855373 91.073505
038 0008 402440.502955 384532.416 589052.947 1552.295 0.370363 2.830046 91.210556
038 0009 402443.844226 384536.747 589294.651 1553.409 0.342632 2.535770 91.354849
038 0010 402447.093092 384541.414 589530.033 1552.944 0.196648 1.975576 91.752825

```

Information d'entête de POS-EO

Dans la partie données de format POS-EO, le numéro de parcours, le numéro de photo, le numéro de prise de vue, l'heure GPS au moment de la prise de vue, et X,Y,Z ω, ϕ, κ sont indiqués à partir de la gauche.

Figure 3-12 Exemple de résultat POS-EO

3.4.4 Orientation relative

Avec la technique d'appariement stéréo automatique, on a acquis automatiquement des points de jonction et points de liaison qui seront au même emplacement sur les deux images stéréo voisines droite et gauche, et effectué l'orientation relative permettant aussi d'ajuster la relation relative entre les photos droite et gauche. En utilisant 5 points de raccordement (points de jonction) entre modèles comme critère d'acquisition par modèle et au moins 1 point par unité de photo pour le nombre de points de raccordement entre les parcours (points de liaison), on a obtenu un total de 6.451 points de raccordement des 1077 photographies aériennes prises sur 18 parcours.

3.4.5 Orientation absolue (Contrôle de la qualité 3)

Une orientation absolue consistant à établir un lien précis entre les coordonnées image et les coordonnées terrain, a été effectuée en recherchant le facteur de conversion entre les coordonnées modèles qui peuvent être obtenues par observation des points de jonction et de liaison déterminés par l'orientation relative, des cibles photogrammétriques, des points de nivellement, et les coordonnées des points de jonction qui peuvent être obtenues à partir des résultats des points de contrôle au sol (résultats du levé des points d'appui et résultats du nivellement) et de l'aérotriangulation. Cette orientation absolue a permis de déterminer le paramètre d'orientation externe de chaque photographie.

On a vérifié la précision de l'erreur résiduelle des résultats de l'orientation relative (parallaxe longitudinale des points de jonction et points de liaison) de l'aérotriangulation et les résultats de l'orientation absolue (résultats des points de contrôle au sol obtenus par levés des points d'appui et résultats des points de contrôle au sol obtenus par aérotriangulation).

Le Tableau 3-14 indique les résultats du calcul d'ajustement. Comme toutes les erreurs résiduelles étaient dans les limites prescrites, les paramètres d'orientation externe qui seront nécessaires dans le travail suivant (la restitution numérique), ont été déterminés.

Tableau 3-14 Valeur limite de l'aérotriangulation et valeur calculée

Limite de chaque paramètre		Valeur limite	Valeur calculée
Paramètres d'orientation externe	X (m)	0,05	0,1
	Y (m)	0,05	0,1
	Z(m)	0,08	0,1
	ω (deg)	0,005	0,005
	φ (deg)	0,005	0,005
	κ (deg)	0,008	0,008
PCS XY (H)	Déviaton standard (m)	0,64	0,198 (0,246)
	Valeur maximale (m)	1,28	-0,369 (-0,744)
Point de jonction, point de liaison	Déviaton standard (mm)	0,015	0,002
	Valeur maximale (mm)	0,03	0,009
Altitude de prise de vues (m)	-	-	3.200m

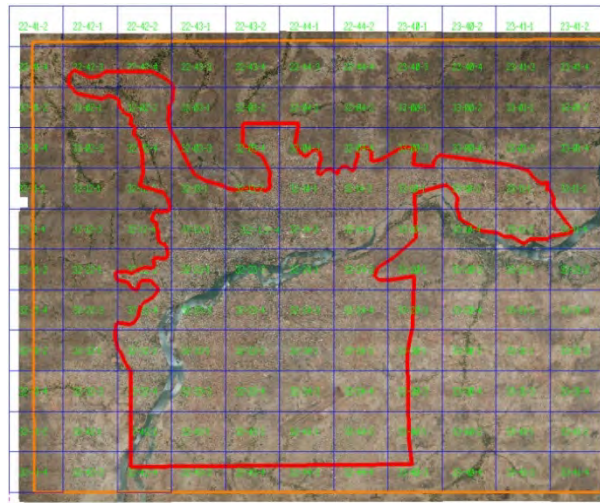
Les résultats définitifs de l'orientation absolue de l'aérotriangulation ont été bons : déviaton standard des points de contrôle au sol (XYZ) = 0,143 m, 0,134 m, 0,438 m, et erreur standard planimétrique (XYZ) = 0,198 m.

3.5 Création d'orthophotos

Une orthophoto est une image aérienne (projection gnomonique) sur laquelle la correction de la position et de l'échelle est effectuée par projection orthographique à l'aide de la ligne de fracture de la donnée d'élévation (MNE) et du point de conversion topographique. La surface et la longueur sont mesurables sur l'image comme sur la carte topographique.

3.5.1 Portée de l'orthophotocarte

Comme le montre la Figure 3-13, des orthophotos ont été créées en divisant les quelque 1.400 km² (132 carreaux (1 carreau = 4,0 km x 3,0 km) de toute la zone métropolitaine de Bamako située dans la portée des prises de vues aériennes en 520 km² objets de la restitution numérique au 1 :5.000^e et 880 km² extérieurs à cette zone.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-13 Zone de création des orthophotos
(Orange: zone totale, rouge: zone à cartographier, bleu: carreau de la carte)

3.5.2 Création de données orthophotographiques

La Figure 3-14 indique le déroulement de la création des orthophotos.

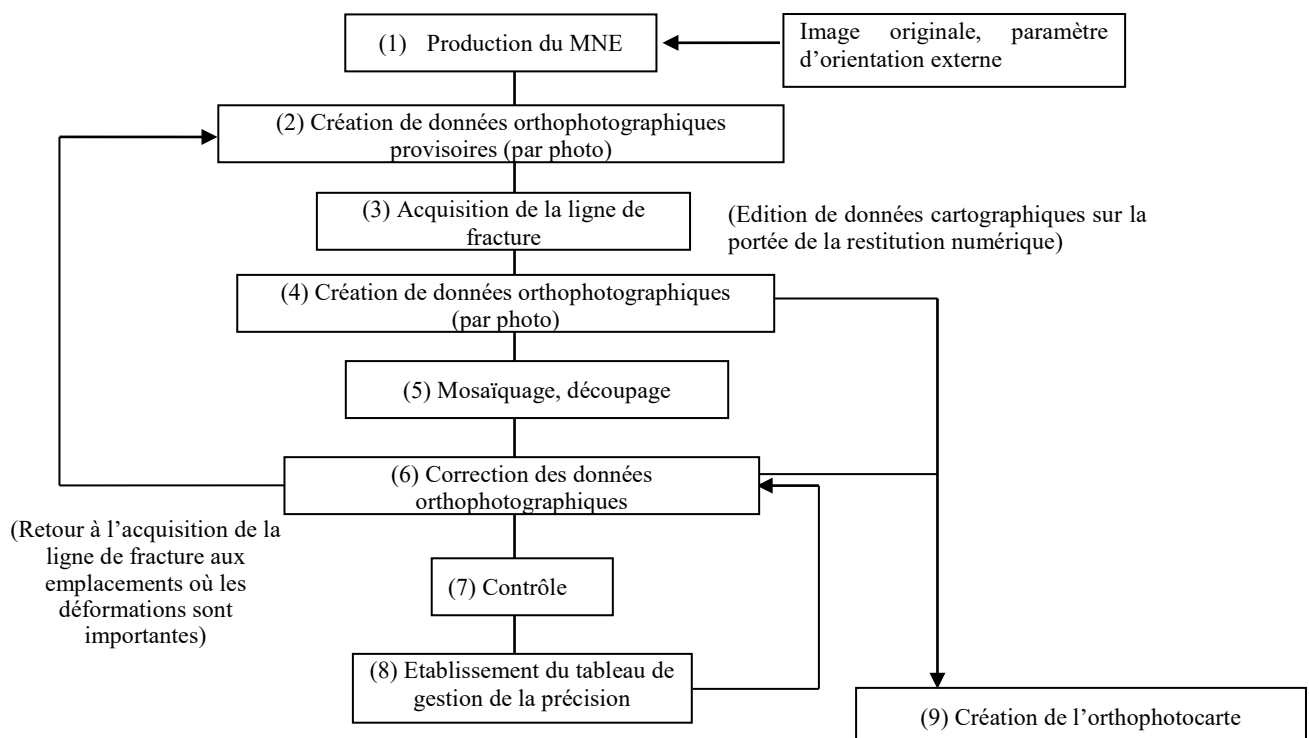


Figure 3-14 Flux de travail pour la création d'orthophotos

(1) Production du MNE

Les données MNE ont été produites par appariement automatique en utilisant les données des photographies aériennes (images originales) et les paramètres d'orientation externe obtenus par aérotriangulation. Aux emplacements non-concordants, les données MNE ont été produites par correction manuelle.

(2) Création de données orthophotographiques provisoires

Les données orthophotographiques provisoires (par photo) ont été créées à l'aide des données MNE produites.

(3) Acquisition de la ligne de fracture

Les emplacements à déformation, par exemple route ou rivière, dans les données orthophotographiques provisoires ont été vérifiés et la ligne de fracture a été acquise à l'aide du modèle stéréo. Sur la zone objet de la restitution numérique, les données restituées d'objets terrestres tels que routes et courbes de niveau ont fait l'objet d'édition.

(4) Création de données orthophotographiques (par photo)

Les données orthophotographiques (par photo) ont été créées à l'aide des données MNE et des données de ligne de fracture (données de restitution compilées).

(5) Mosaïquage

Les données orthophotographiques créées par photo ont été entrées, et traitées par mosaïquage automatique, puis les données de lignes de raccord produites (Figure 3-15).

De plus, des ortho-images, obtenues par mosaïquage pour chaque unité de carte (carreau) à l'aide des données de ligne de fracture, ont été créées pour les données orthophotographiques créées par photo.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-15 Mosaïquage (lignes de raccord)

(6) Correction des données orthophotographiques

Le contrôle de suivi a été effectué pour les zones de liaison, les déformations et les tonalités. La ligne de fracture (réobtenue) a été ajoutée aux emplacements à déformation importante, et les données orthophotographiques ont été recrées.

(7) Contrôle

L'image après correction des données orthophotographiques a été vérifiée aux emplacements d'erreur extraits lors de la correction ortho, et les données orthophotographiques ont été achevées.

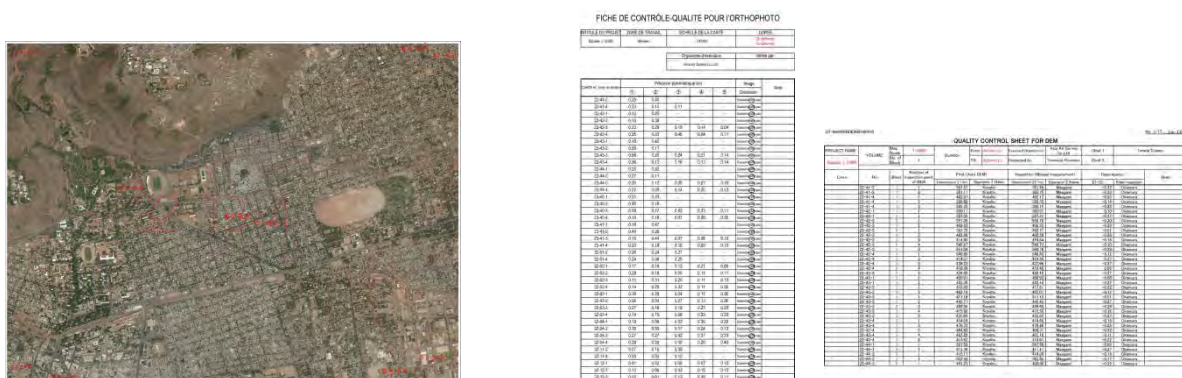
(8) Gestion de la précision

Les normes de précision indiqués dans le Tableau 3-15 ont été appliqués pour contrôler la précision de la position des données orthophotographiques et la hauteur du MNE, puis un tableau de gestion de la précision classant ces résultats a été établi.

Tableau 3-15 Normes de précision de position et de hauteur

Niveau de l'information cartographique	Déviations standard de la position horizontale	Déviations standard des points d'élévation
5000	5,0 m ou moins	2,5 m ou moins

De plus, la gestion de la précision a été effectuée par comparaison entre la carte topographique et les données orthophotographiques, et la gestion de la précision des points d'élévation en particulier a été faite, par mesure des erreurs résiduelles entre MNE et modèle spatial tridimensionnel.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-16 Carte de sortie montrant les résultats de la gestion de la précision (à gauche) et tableaux de gestion de la précision de surface plane et d'élévation (à droite)

(9) Création de l'orthophotocarte

Pour l'orthophotocarte, en dehors de la portée de la restitution numérique, les courbes de niveau ont été produites à partir du MNE et des données de ligne de fracture utilisées pour la création des données orthophotographiques. D'autre part, dans la portée de la restitution numérique, les courbes de niveau servant de données d'édition numérique ont été éditées pour créer les données des courbes de niveau pour l'orthophotocarte (Figure 3-17).

Les informations marginales pour l'orthophotocarte ont été produites, et une orthophotocarte a été créée en ayant au fond la carte isoligne et des données orthophotographiques.



(Source : Mission d'étude)

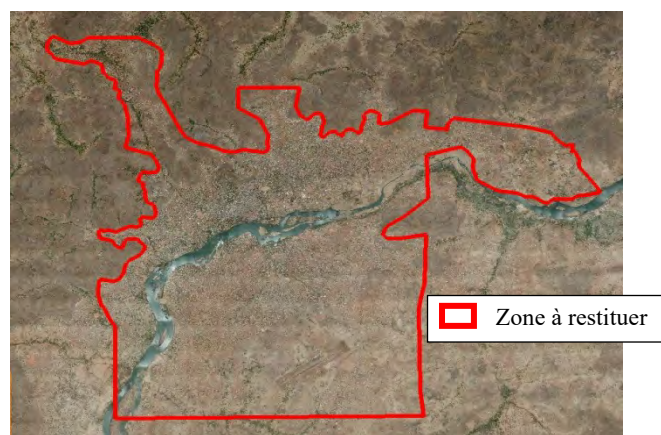
Figure 3-17 Carte isoligne (à gauche) et orthophotocarte (à droite)

3.6 Restitution numérique

3.6.1 Zone objet de la restitution numérique

La restitution numérique a été effectuée pour les 520 km² (73 carreaux) de la zone urbaine de Bamako (voir la Figure 3-18) avec les parcours C4 à C20 (voir le Tableau 3-12 plus haut) de prise de vues aériennes couleur d'échelle environ 1 :13.000^e qui ont été utilisées pour l'aérotriangulation décrite au paragraphe précédent 3.4.

Et pour ce travail de restitution, on s'est basé sur les « Symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application » adoptées au paragraphe 2.1 plus haut, ainsi que sur la précision des erreurs admissibles.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-18 Portée de la restitution numérique

3.6.2 Création des données de restitution numérique

Dans ce Projet, les données de restitution numérique ont été créées dans un processus montré sur la Figure 3-19 ci-dessous.

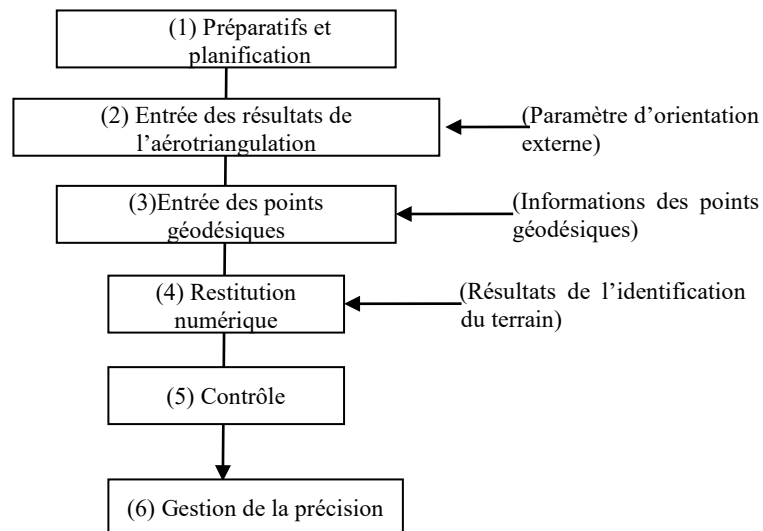


Figure 3-19 Flux de travail pour la restitution numérique

(1) Préparatifs et planification

L'environnement du système de restitution numérique a été mis en place en utilisant le modèle stéréo et les résultats (paramètre d'orientation externe) obtenus de l'aérotriangulation décrit au paragraphe 3.4 plus haut, ainsi que les « Symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application », etc.

(2) Entrée des résultats de l'aérotriangulation

Les paramètres d'orientation externe obtenus par aérotriangulation ont été entrés dans le système de restitution numérique, des modèles stéréo utilisés pour la restitution numérique ont été créés, et combinés au système de coordonnées au sol. 1.000 modèles stéréo environ ont été utilisés, y compris ceux des parcours de prise de vues qui se superposent.

(3) Entrée des points de contrôle

Les informations des points de contrôle (points GPS primaires et point de nivellement) utilisées pour l'aérotriangulation ont été placées sur les données de la restitution numérique, et leur cohérence avec les éléments à acquérir dans la restitution numérique tels que courbes de niveau, a été vérifiée dans le modèle spatial tridimensionnel.

(4) Restitution numérique

La restitution numérique des objets terrestres a été faite initialement par photo-interprétation, sauf ceux inadaptés à cette photo-interprétation, tels que petits éléments et symboles de bâtiment, puis une carte manuscrite et des orthophotos simples ont été produites.

Cette carte manuscrite et des orthophotos simples ont été emportées sur le terrain pour l'étude de vérification sur le terrain expliquée au paragraphe suivant. Les données finales de restitution numérique, incluant des données telles qu'attributs, position et formes des objets terrestres, obtenues lors de l'identification du terrain réalisée au Mali, ont été créées (Figure 3-20).



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-20 Données obtenues lors de l'identification du terrain

Pour la restitution numérique, il a aussi été fait référence aux photographies de terrain aidant à l'interprétation des caractéristiques de la zone concernée, des formes d'utilisation des sols et de la classification des bâtiments (Photo 3-3).



(Source : Mission d'étude)

Photo 3-3 Photographies de terrain pour l'interprétation des objets terrestres

(5) Contrôle

En ce qui concerne les rubriques de classification des différents objets terrestres obtenus, nous avons procédé à une inspection visuelle pour chaque unité de carte (carreau) à l'aide d'un modèle spatial tridimensionnel, pour vérifier, sur la base de « symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application », si l'obtention des objets terrestres est correcte, s'il n'y a pas d'éléments manquants ou excédentaires (Figure 3-21), et s'il n'y a pas d'erreur dans la position et la forme des objets terrestres obtenus.

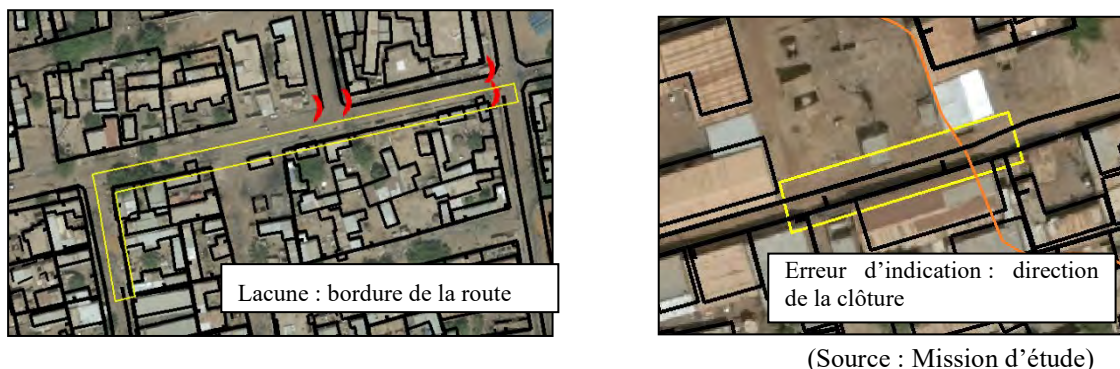


Figure 3-21 Exemples d'erreurs de restitution numérique

(6) Gestion de la précision

Le contrôle de la précision pour la position des données numériques et l'élévation MNE a été effectué sur la base de la précision admissible indiquée dans le Tableau 3-16, et les résultats de ce contrôle ont été compilés dans le Tableau de gestion de la précision.

Tableau 3-16 Normes de précision de la position, de l'élévation et des courbes de niveau

Niveau des informations cartographiques *	Déviations standard de position horizontale	Déviations standard de point d'élévation	Déviations standard de courbe de niveau
5.000	3,5m ou moins	1,66m ou moins	2,5m ou moins

Note*: « Niveau des informations cartographiques », qui indique la précision de la représentation cartographique de carte topographique numérique, sert d'indicateur de précision synthétique moyenne des données dans un carreau de la carte topographique numérique.

3.7 Identification du terrain

Comme indiqué au paragraphe 3.6.2 (4) plus haut, les informations des objets terrestres difficiles à interpréter directement sur les photographies aériennes (utilisation des sols, types de route (pavée, non pavée), nom et utilisation des principaux bâtiments tels qu'établissements publics) ont été vérifiées directement sur le terrain dans le cadre de l'identification du terrain.

3.7.1 Organisation d'un atelier de l'identification du terrain

Initialement, il était prévu que les experts japonais accompagnent les ingénieurs de l'IGM participant à l'identification sur le terrain, et qu'ils leur donnent des instructions directement par OJT. Mais vu les problèmes de sécurité existant dans la ville de Bamako, ce plan a été modifié et l'IGM a obtenu des informations sur les objets terrestres par elle-même, sans la présence de Japonais.

De ce fait, un atelier de l'identification du terrain a été organisé avant de passer à l'identification du terrain pour assurer une compréhension identique de tous les participants et obtenir de résultats d'étude d'une précision uniforme (Photo 3-4). L'atelier a été réalisé dans la salle de conférences de l'IGM en combinant théorie et pratique. Les détails de cet atelier sont présentés dans le chapitre suivant.



(Source : Mission d'étude)

Photo 3-4 Scènes de l'atelier de l'identification du terrain

3.7.2 Examen minutieux des informations existantes (carte urbaine échelle 1 :10.000)

Parmi les documents existants, les noms des routes et les désignations des principaux bâtiments figurent sur le plan de masse urbain à l'échelle 1 :10.000 publié de 2005 à 2009 par l'IGM. Bien qu'ancienne, cette carte constitue une source d'informations précieuses ; les données existantes ont été vérifiées avant le démarrage de l'identification du terrain, puis mises à jour, ce qui a permis de raccourcir le temps requis pour l'identification du terrain.

La carte urbaine échelle 1 :10.000 et la carte topographique créée cette fois-ci ayant des carreaux et échelles différents, la comparaison telle quelle de la position des objets terrestres a été difficile. Pour renforcer l'efficacité de l'étude, on a redécoupé la carte en plusieurs carreaux pour se conformer à la carte pour l'identification du terrain, et établi une carte sur papier calque aux mêmes échelles et carreaux que la carte pour l'identification du terrain (Figure 3-22). Les objets terrestres dont la position a été identifiée, ont été notés sur la carte et le cahier de terrain, et la mise à jour des données a ainsi été effectuée.



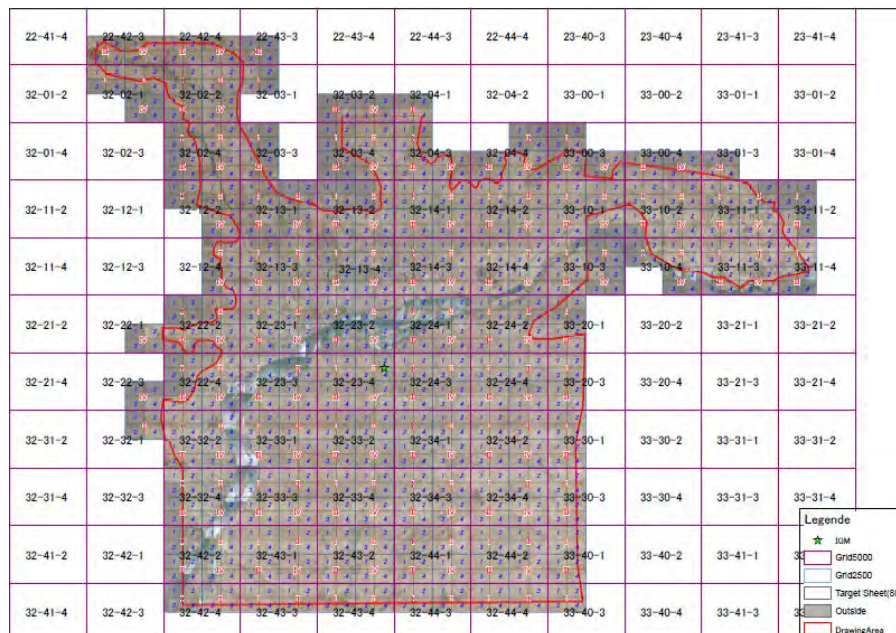
(Source: établie par la mission d'étude à partir des documents de l'IGM)

Figure 3-22 Exploitation de la carte urbaine d'échelle 1:10.000

3.7.3 Mise en œuvre de l'étude de vérification de terrain

L'identification du terrain a été réalisée par 6 équipes de 2 personnes chacune. Selon la méthode d'étude acquise au cours de l'atelier, ces équipes ont emporté sur le terrain la carte pour l'identification du terrain au format A3 (801 feuilles au total) indiquée sur la Figure 3-23 ci-dessous pour collecter des informations sur les objets terrestres.

L'étude était prévue du 16 novembre 2015 au 6 janvier 2016, mais la dégradation de la sécurité suite à l'attaque d'hôtel survenue à Bamako le 20 novembre 2015 a provoqué son interruption le 23 décembre 2015, puis sa reprise à partir du 2 mars 2016 jusqu'à son achèvement.

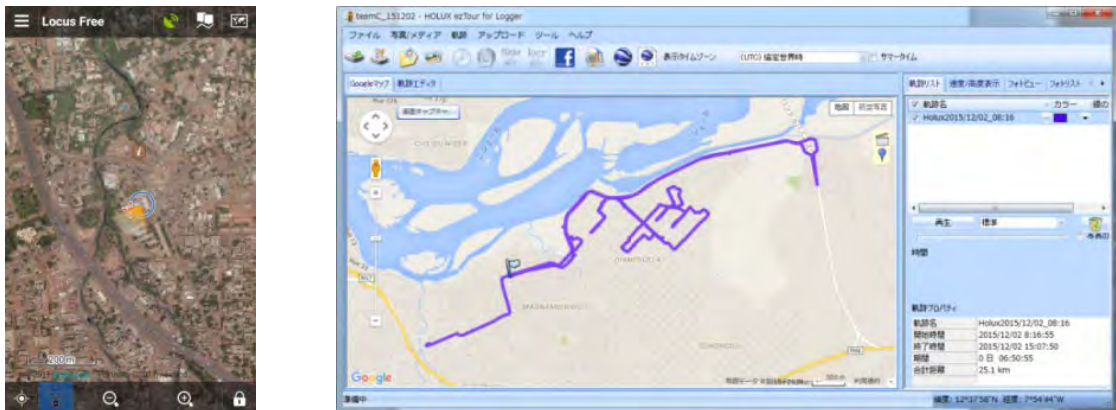


(Source : Mission d'étude)

Figure 3-23 Carte de la portée de l'identification du terrain (sections découpées pour l'étude)

Les méthodes suivantes ont été adoptées pour assurer la précision de détermination de la position lors de l'identification du terrain:

- Sur une tablette, nous avons affiché les mêmes photographie aérienne et position actuelle que la carte pour l'identification du terrain pour saisir facilement le point d'étude et la position actuelle. (Figure 3-24, à gauche);
- En notant dans le cahier de terrain le nom des objets terrestres et leur portée, ainsi que les coordonnées GNSS des points acquis, nous avons obtenu des données de vérification de la position des points d'étude pour les travaux de numérisation subséquents; et
- La fonction de suivi de la tablette nous a permis de saisir les résultats de l'identification du terrain, et de vérifier son efficacité et son adaptation (Figure 3-24, à droite).



(Source : Mission d'étude)

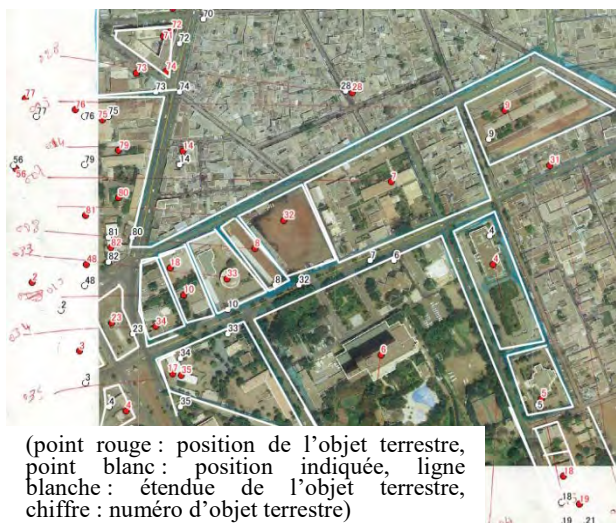
(à gauche : vérification de position sur une photo aérienne, à droite : vérification des activités antérieures)

Figure 3-24 Exemples d'utilisation d'une tablette

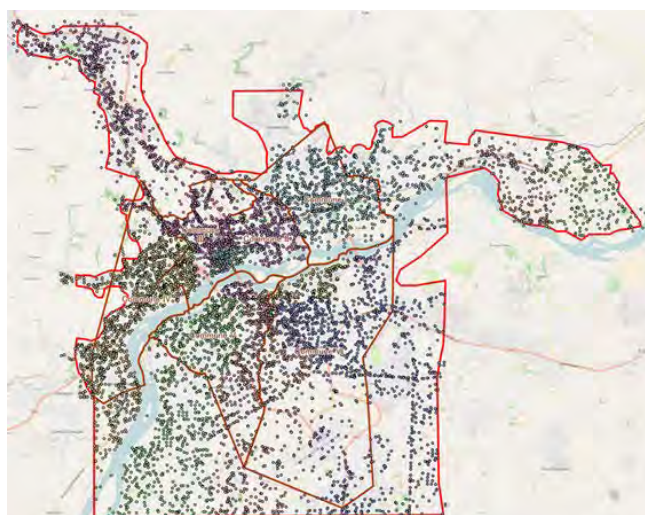
3.7.4 Classement des résultats d'étude et numérisation

Les codes, noms, numéros de photo, longitude-latitude des positions indiquées des objets terrestres notés dans le cahier de terrain ont été compilés dans un fichier Excel. Ensuite, la donnée SIG de position des objets terrestres indiqués sur les photographies aériennes lors de l'identification du terrain a été créée à l'aide du logiciel SIG. (Figure 3-26, à gauche) Par ailleurs, les positions compilées dans le fichier Excel ont été intégrées dans le logiciel SIG, et la précision de la position des objets terrestres a été vérifiée en comparant la position indiquée à la photographie aérienne et celle indiquée sur SIG.

Les données ponctuelles des résultats de l'étude sont représentées sur la Figure 3-25, à droite. Des données locales concernant un total de 8.628 points ont été acquises dans cette étude.



(Source : Mission d'étude)



(Source : ©OpenStreetMap contributeurs, Mission d'étude)

Figure 3-25 Numérisation des résultats de l'identification du terrain

(carte de gauche : classement des objets terrestres, carte de droite : carte de présentation des résultats de l'étude)

3.8 Complètement cartographique du terrain

Le complètement cartographique a eu pour objectif de révérifier sur place les points douteux apparus dans les opérations de restitution et d'édition et de vérifier sur des documents diverses informations (nom de route, nom de rivière, nom de quartier, etc.) non étudiées lors de l'identification du terrain. Et pour achever la carte topographique, une identification du terrain finale, centrée sur l'élucidation des points douteux apparus au cours de la restitution numérique et de l'édition numérique incluant les résultats de l'identification du terrain, a été réalisée au Mali pour (1) l'ajustement des annotations à porter sur la carte, (2) la vérification des noms et des points de début et de fin des routes et rivières, (3) la vérification de l'état de raccordement des câbles électriques et (4) l'ajustement définitif des divisions administratives.

3.8.1 Atelier du complètement cartographique

Un atelier de 3 jours a été organisé pour les ingénieurs de l'IGM ayant effectué l'identification du terrain. D'abord, des explications sur les grandes lignes du complètement cartographique leur ont été données sous forme de cours, et les « symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application » leur ont été réexpliqués pour leur faire comprendre les différences avec l'identification du terrain afin d'améliorer leur capacité de déchiffrement de la carte topographique. Ensuite, tous les membres de l'étude ont fait des exercices pratiques en ayant pour zone modèle un espace incluant le bureau de l'IGM, puis les résultats d'étude de chaque équipe ont été examinés et mis en commun entre les membres.



(Source : Mission d'étude)

Photo 3-5 Scènes de l'atelier du complètement cartographique

3.8.2 Enquête préliminaire des emplacements objet de la vérification finale sur le terrain

Le complètement cartographique consiste à vérifier définitivement sur le terrain des emplacements incertains listés au cours de la restitution et de l'édition numériques. Comme le temps imparti était limité, les emplacements à étudier ont été réduits au minimum avant de passer au complètement cartographique, et la confirmation préalable des 2 points suivants a eu lieu en salle pour renforcer l'efficacité de travail.

(1) Vérification des points ambigus

Les points ambigus à revérifier listés au cours de la restitution et de l'édition numériques ont été reportés sur la carte, et le contenu de la question pour chacun d'eux a été vérifié.

(2) Revérification des noms de bâtiments, etc.

Les noms de bâtiments, etc. ont été acquis lors de l'identification du terrain. Les noms constituant un élément de la qualité des informations géographiques, ils ont été revérifiés dans le cadre de ce complètement cartographique. Cependant, la vérification de tous les bâtiments étant impossible, une liste restreinte des bâtiments à vérifier a été établie.

3.8.3 Mise en œuvre de la vérification finale sur le terrain

La vérification finale sur le terrain consistant à vérifier directement sur le terrain des emplacements incertains apparus au cours de la restitution et de l'édition numériques et des noms, a été réalisée en 17 jours (du 5 au 27 avril) par les 6 équipes.

La liste pour le complètement cartographique (liste des emplacements incertains, liste des noms de bâtiments, etc.) a été renouvelée sur la base des résultats d'étude vérifiés sur le terrain. Le Tableau 3-17 compile le nombre total des emplacements vérifiés par contenu, et indique que l'étude, a en définitive permis de vérifier un total de 5.997 points. Les nombreuses corrections de noms de bâtiments sont dues à des erreurs d'orthographe et à l'adoption de majuscules pour la 1^{ère} lettre des noms.

Tableau 3-17 Emplacements vérifiés par résultat d'étude des points ambigus

Contenu de la vérification	Correction nécessaire	Supprimé	Inchangé	Addition	Total
Vérification des points ambigus	695	124	320	326	1.465
Vérification des noms	2.231	144	2.138	-	4.513

3.8.4 Etude de vérification des routes et rivières

Le nom et la longueur des routes et rivières ont été étudiés en tant qu'informations des annotations de la carte topographique. Au cours des discussions avec l'IGM, il a été convenu que seules les données d'attribut extraites à partir des informations existantes seront utilisées dans cette étude, qu'il n'y aura pas de donnée en cas d'absence d'information, et que l'IGM renouvellera lui-même les données dans l'avenir. Le Tableau 3-18 indique les données existantes utilisées.

Tableau 3-18 Documents collectés

Route/Rivière	Documents collectés	Forme
Routes	<ul style="list-style-type: none"> • Carte de gestion des routes (CTAC*1) <ul style="list-style-type: none"> • Plan d'ensemble Bamako et Kalaban coro (ville de Bamako, quartier de Kalaban coro) • Sangarébourgou (quartier de Sangarébourgou) • KATI adressage (cercle de Kati) 	Numérique (format DWG) Coordonnées aléatoires
	• Carte urbaine au 1 :10.000° (IGM)	en papier
	• Données du réseau routier (OCHA)	Numériques (format Shape)
Rivières	• Carte urbaine de Bamako au 1 :25.000° (élaborée par l'IGM)	Numériques (format Shape)

*1 CTAC : Cellule technique d'appui aux communes

(1) Vérification des noms des routes et de leurs points de début et de fin

Les documents collectés auprès de la CTAC, qui gère les routes de la ville Bamako, étaient des données numériques, mais il n'y avait pas de coordonnées. De ce fait, la localisation des différents points a été identifiée sur la carte topographique et la sortie de la carte de gestion des routes a été faite au même carroyage que la carte topographique de manière à pouvoir comparer en se superposant (Figure 3-26, à gauche).

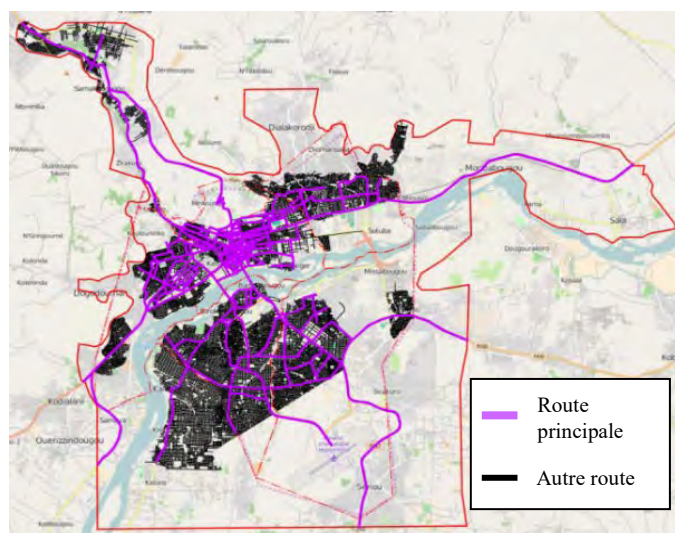


Source : Elaborées par la Mission d'étude à partir des documents de l'IGM et la CTAC

Figure 3-26 Carte de gestion des routes après localisation de la position (à gauche) et superposition avec la carte topographique (à droite)

Les noms des routes confirmés et corrigés, ainsi que les positions de début et de fin des routes ont été inscrites, et enregistrés dans les données de ligne médiane de routes produites par l'identification du terrain. (Figure 3-26, à droite).

Après entrée des données, un contrôle sur imprimé a été fait pour vérifier l'absence d'erreurs et de lacunes, et les corrections nécessaires ont été apportées. Parmi les données à noms enregistrés, seules les routes principales, telles que routes nationales, ont été extraites pour les afficher sur la carte, et les données pour les autres routes ont été conservées en tant qu'informations d'attribut (Figure 3-27).



(Source: ©OpenStreetMap contributors, Mission d'étude)

Figure 3-27 Carte des données routières

(2) Vérification des noms des rivières et de leurs points de début et de fin

Les données numériques (produites par l'IGM au format Shape) de la carte de la zone métropolitaine de Bamako (1 :25.000^e) ont été utilisées pour vérifier les noms des rivières et leurs points de début et de fin. La position des rivières a été identifiée avec leurs noms dans les données numériques collectées. Après l'identification de la position des rivières, les codes de données en relation avec les rivières [4101 : Cours d'eau], [4102 : Ligne de côte], [4103 : Canal], [1205 : Caniveau] ont été extraits des données de la carte topographique, et le nom des rivières a été déterminé en tant qu'information d'attribut.

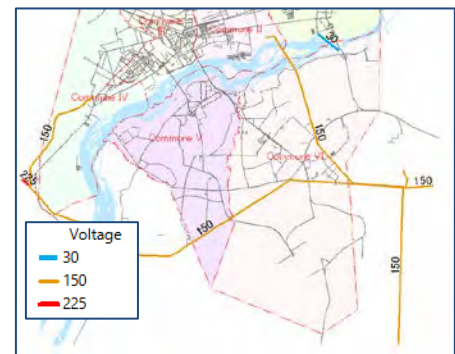


(Source : Elaborée par la Mission d'étude à partir des documents de l'IGM)

Figure 3-28 Données des rivières après extraction (grosse ligne bleue)

3.8.5 Vérification de l'état de raccordement des câbles électriques

Les câbles électriques à haute tension sont une des infrastructures importantes de la ville de Bamako. Une enquête verbale a été faite auprès des responsables de l'EDM (Energie du Mali) qui gère les câbles électriques, pour vérifier sur la carte les directions et points de raccordement des câbles. A ce



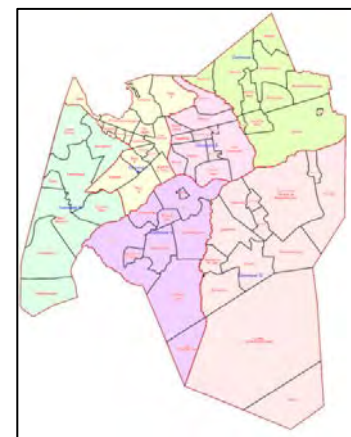
(Source : Mission d'étude)

Figure 3-29 Câbles électriques dans la ville de Bamako (tension KV)

moment-là, l'EDM nous a fourni des informations sur la tension, qui ont été entrées en tant qu'informations d'attribut.

3.8.6 Détermination des limites de quartier

Sur la planification urbaine, les noms des divisions administratives et les noms des quartiers sont des informations essentielles permettant de déterminer la position des lieux sur la carte. Toutefois la production des données des divisions administratives officielles exige l'approbation de l'autorité des affaires intérieures, l'IGM et la mission d'étude se sont mises d'accord pour produire les données non-officielles. Aux étapes initiales de ce Projet, l'unité administrative minimale était appelée Commune, mais cette zone étant trop grande, nous en avons rediscuté avec l'IGM, et l'unité juste au-dessous qu'est Quartier a été adoptée.



(Source : Elaborée par la Mission d'étude à partir des documents de l'IGM)

Figure 3-30 Quartiers dans la zone métropolitaine de Bamako

Les limites de quartier ont été établies à partir des données des divisions administratives de la Carte de la zone métropolitaine de Bamako au 1 :25.000^e de l'IGM. Les données des divisions administratives fournies par l'IGM ont été superposées aux données de la carte topographique, et la jonction a été effectuée aux emplacements où les limites sont fixées par un élément topographique tel que rivière. Ensuite, l'agent de l'IGM chargé a pris la décision finale après inspection de l'emplacement des limites et des noms (Figure 3-30).

D'autre part, vu l'absence d'informations autres que les noms pour les quartiers extérieurs à la ville de Bamako (cercle de Kati), l'IGM et la mission d'étude se sont mises d'accord pour porter sur la carte topographique seuls les noms de Quartier sans marquer les limites.

3.9 Edition numérique et symbolisation de la carte

L'édition numérique/édition numérique pour le complètement cartographique et la symbolisation de la carte ont eu pour objet les 520 km² (total de 73 carreaux) de la zone métropolitaine de Bamako pour lesquels la restitution numérique a été réalisée. A l'édition numérique, les informations géographiques obtenues sur la base des données numériques restituées et des résultats de l'identification du terrain, conformément aux « symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application », ont été classées et éditées sur la carte. A l'édition numérique pour le complètement cartographique, les lacunes, erreurs et points ambigus de l'identification du terrain apparus lors de l'édition numérique ont été compilés en carte de complètement cartographique, et en désignant les emplacements à révérifier au complètement cartographique, les données éditées s'appuyant sur les résultats de la vérification de terrain ont été finalisées en tant que données de base SIG.

Dans le processus de symbolisation, la carte finale a été produite, conformément aux spécifications techniques comme « symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application », en utilisant les données numériques éditées, par l'ajout des informations marginales et des annotations.

3.9.1 Méthode d'édition

Dans ce Projet, les données numériques éditées et les données symbolisées ont été produites selon le processus montrant sur la Figure 3-31.

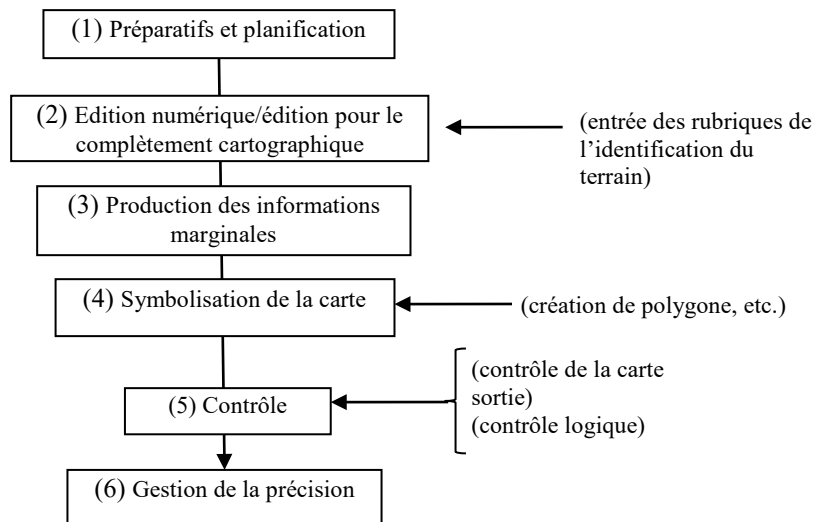


Figure 3-31 Flux de travail pour l'édition numérique et la symbolisation de la carte

(1) Préparatifs et planification

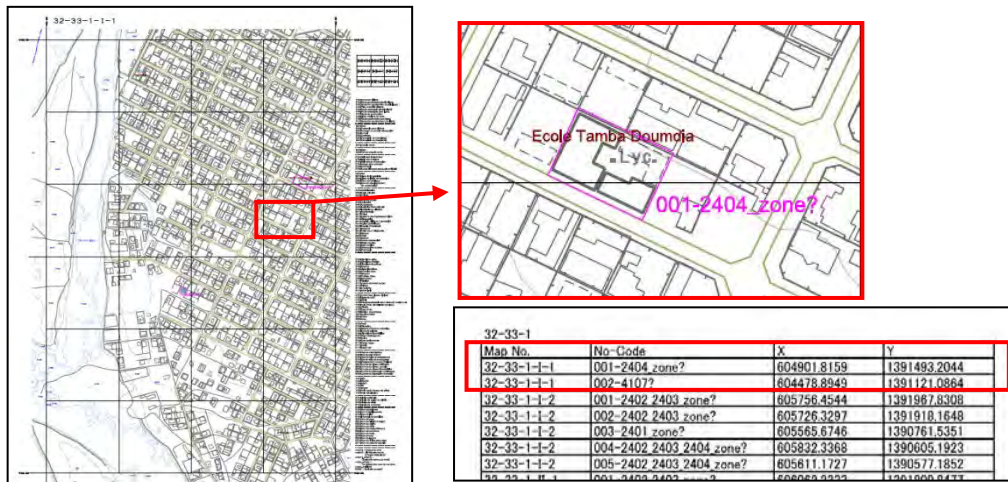
En tant que préparatifs, les données numériques restituées nécessaires aux opérations d'édition numérique ont été extraites des données de la carte topographique au 1 :5.000^e par unité de carte (carreau). De plus, en cas de découverte de lacunes, erreurs ou points ambigus de l'identification du terrain pendant l'édition numérique, une carte de complètement cartographique spécifiant les emplacements à révérifier sur le terrain a été produite.

(2) Edition numérique/édition numérique pour le complètement cartographique

1) Edition numérique

La continuité et l'orientation d'entrée des données acquises à la restitution numérique, l'addition des données d'attributs, le traitement des lignes cachées, des interruptions, etc. ont été effectués conformément aux « symboles de la carte au 1 :5.000^e et règles de leur application ».

L'entrée et la correction des informations des éléments acquis par étude sur le terrain, des annotations et des symboles des bâtiments etc. ont également été effectuées. La carte et la liste servant de matériels pour le complètement cartographique ont été produites. Les points ambigus ou manquants dans les résultats de l'identification du terrain ont figuré sur ces matériels pour permettre une nouvelle étude lors de l'édition pour le complètement cartographique subséquente (Figure 3-32).

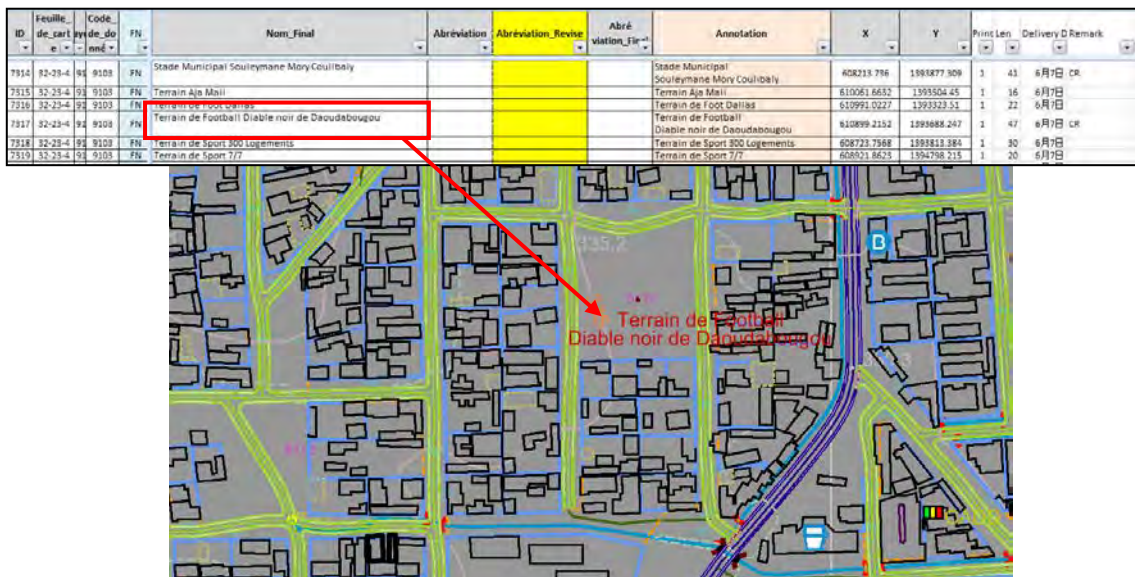


(Source : Mission d'étude)

Figure 3-32 Carte et liste pour le complètement cartographique

2) Edition numérique pour le complètement cartographique

A l'édition numérique pour le complètement cartographique, nous avons vérifié s'il n'y avait pas de lacunes dans les résultats du complètement cartographique et de malentendus dans les instructions données pour les travaux, et les opérations d'édition numérique pour le complètement cartographique ont été effectuées en apportant des ajouts et corrections aux données numériques éditées reflétant les résultats de complètement cartographique (données SIG ou Excel).



(Source : Mission d'étude)

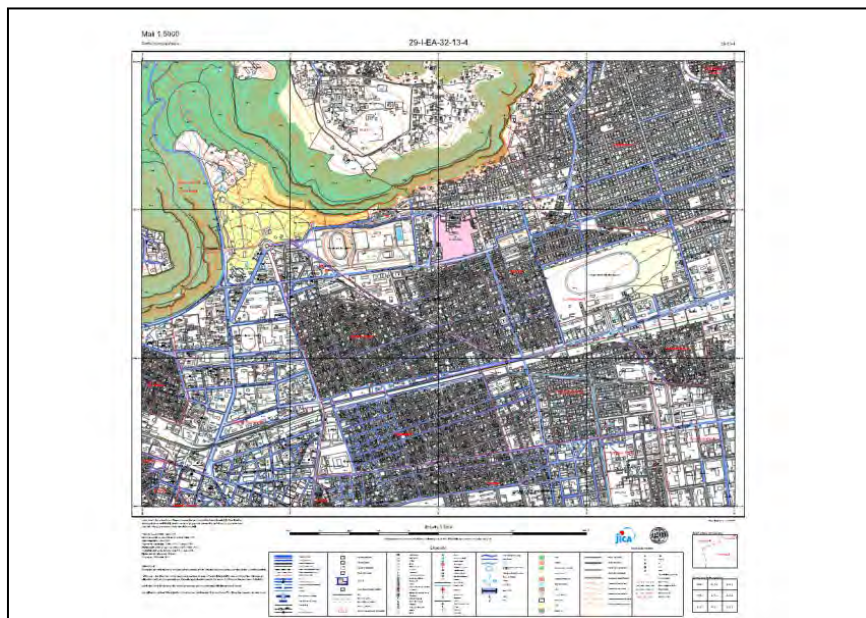
Figure 3-33 Données de l'édition numérique pour le complètement cartographique

(3) Production des informations marginales

Pour les 73 carreaux correspondant à la zone objet du présent Projet, les noms des feuilles de la carte au 1 :5.000°, les valeurs des coordonnées de la grille, les numéros et l'index des carreaux adjacents ont été entrés, et la légende et le logo fourni ont été mis en place pour créer les informations marginales.

(4) Symbolisation de la carte

A la symbolisation de la carte, conformément aux « symboles de la carte au 1 :5.000° et règles de leur application », l'entrée de polygones dans les données numériques éditées et la génération des symboles de la carte ont été assurées pour permettre la sortie imprimée avec les multi-couleurs et les symboles. (Figure 3-34).



(Source : Mission d'étude)

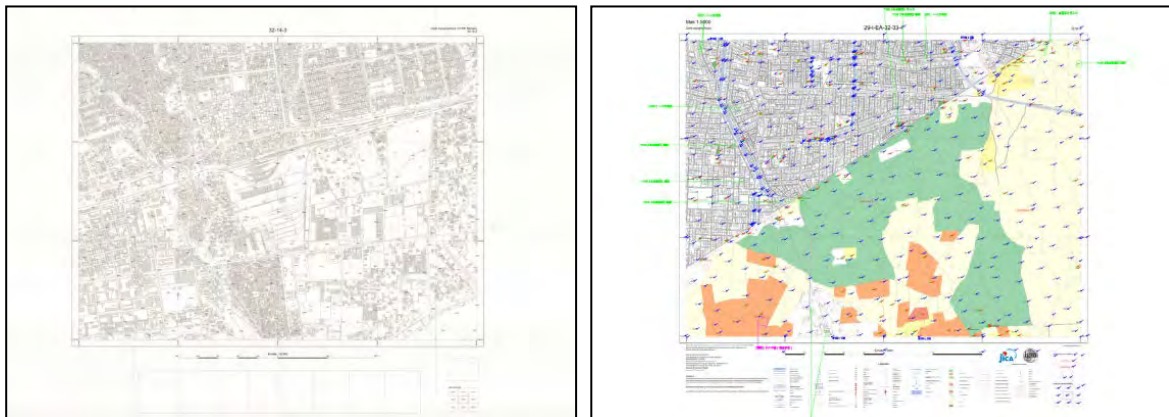
Figure 3-34 Données de la symbolisation de la carte

(5) Contrôle

Une carte de contrôle a été produite à la fin de chacune des opérations d'édition numérique et de symbolisation de la carte, et un contrôle visuel des lacunes et des erreurs a été effectué. D'autre part, un contrôle logique par traitement informatique a également été effectué et les erreurs de catégorisation, structuration et topologie des différents types de données ont été corrigées chaque fois que nécessaire.

Pour le contrôle visuel, on a principalement contrôlé sur la carte sortie la cohérence et la densité de répartition des courbes de niveau et des points d'élévation isolés ; d'autre part, pour la symbolisation,

une sortie raster de l'image imprimée a été faite en incluant les données des informations marginales ; de plus, les données d'annotations des bâtiments, les données des noms de routes et les données numériques éditées ont été affichées en se superposant, et un contrôle de suivi etc. a été réalisé (Figure 3-35).



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-35 Exemples de carte de contrôle (à gauche : contrôle par sortie d'image, à droite : contrôle de suivi)

(6) Gestion de la précision

Le total des lacunes, erreurs, etc. extraites lors du contrôle visuel et du contrôle logique a été compilé en tableau de gestion de la précision de l'édition numérique.

3.10 Structuration SIG

A la structuration, les données de base SIG ont été structurées avec les données topographiques finalisées par l'édition pour le complètement cartographique, en vue de l'entrée de la ligne médiane des routes et de la production de données polygonales concernant les divisions administratives et l'utilisation des sols, ainsi que de l'apport des informations d'attribut nécessaires conformément aux « symboles de la carte au 1 :5.000° et règles de leur application ».

3.10.1 Flux de travail pour la structuration des données

Dans ce Projet, les données pour la structuration du SIG ont été produites selon le processus montrant sur la Figure 3-36.

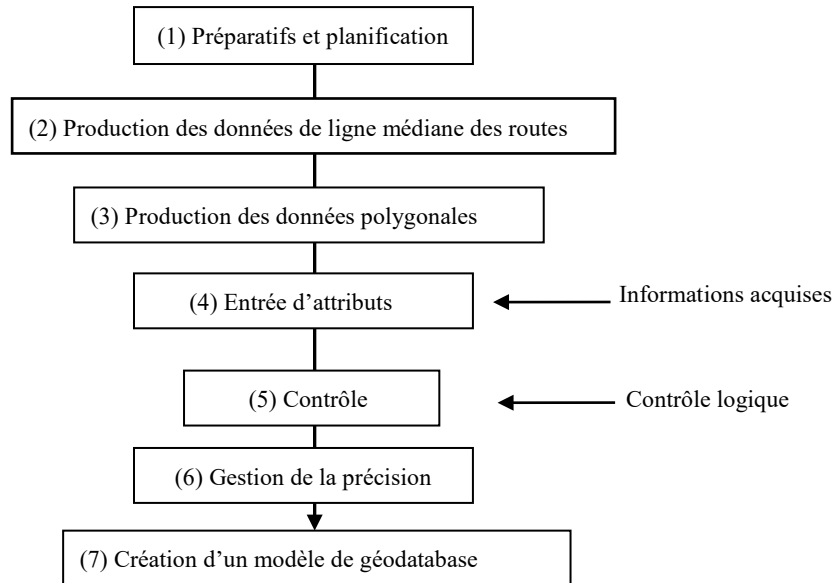


Figure 3-36 Flux de travail pour la structuration des données

(1) Préparatifs et planification

Avant la mise en œuvre de la structuration, la conversion des données d'attribut SIG obtenues sur le terrain et la préparation des informations de complètement cartographique imprimées ont été effectuées, puis un plan d'opérations de structuration des données a été établi.

(2) Production des données de ligne médiane des routes

Après les opérations avec les données d'édition pour le complètement cartographique, une ligne médiane a été entrée au centre des routes de vraie largeur (d'une largeur de plus de 5 m). De plus, le réseau de routes a été établi en joignant les lignes médianes des routes de vraie largeur aux jonctions avec une route symbolisée et aux carrefours.

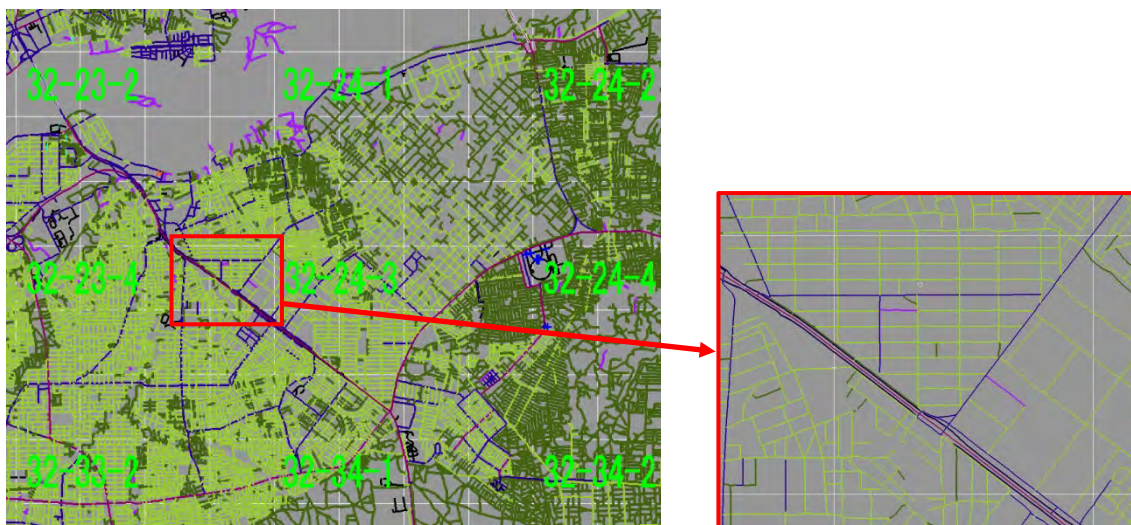


Figure 3-37 Données de ligne médiane de route entrées (Source : Mission d'étude)

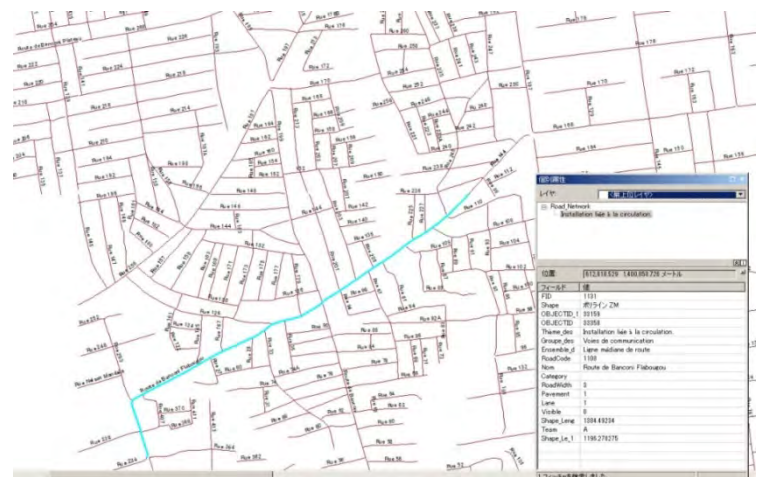
(3) Production des données polygonales

Pour les données des bâtiments, des données structurées permettant l'entrée d'attributs à données polygonales ont été produites.

Pour l'utilisation des sols, etc., les données ont été transformées en celles polygonales par type d'utilisation, et des structures de données permettant l'entrée des différentes informations d'attribut ont été aménagées pour chacun d'eux.

(4) Entrée d'attributs

Les noms de route ont été ajoutés aux données de ligne médiane des routes obtenues à partir d'informations géographiques diverses et des informations sur les attributs collectées lors de l'identification du terrain etc., et les attributs nécessaires tels qu'annotation de bâtiment ont été ajoutés aux points symboles de bâtiment.



(Source : Mission d'étude)

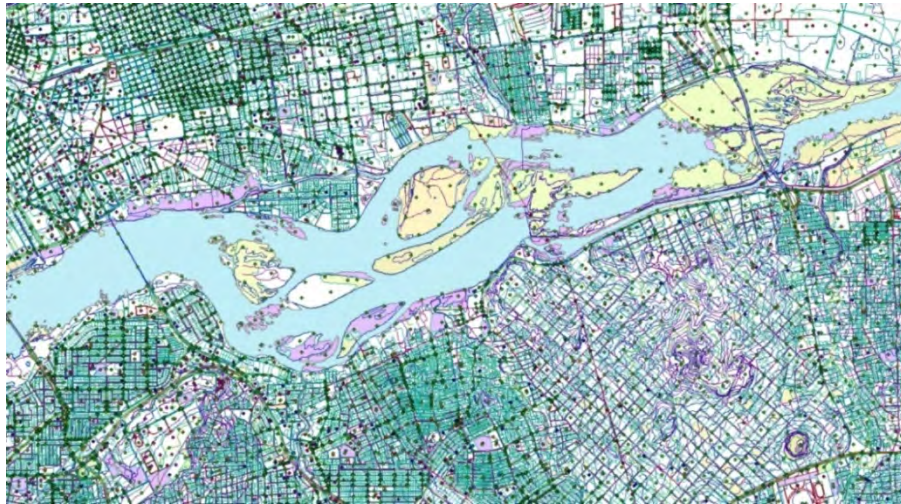
Figure 3-38 Exemple d'entrée de nom de route

(5) Contrôle

Un test de cohérence logique a été effectué par traitement informatique pour les informations d'attribut des types de données et les erreurs de classification, de structure et de topologie, et la correction a été faite en cas de découverte de structure de données inadéquate.

(6) Gestion de la précision

La gestion de la précision des données de calcul du nombre d'erreurs vérifiées lors du test de cohérence logique et du contenu corrigé a été faite en corrigeant à chaque fois, et finalement, tous les résultats ont été compilés dans le tableau de gestion de la précision.



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-39 Image des données de base SIG

(7) Création d'un modèle de géodatabase

Les données de base SIG sont essentielles pour l'aménagement de l'infrastructure urbaine, cependant, leur utilisation efficace ne dépend pas seulement de leur qualité, mais aussi du système de gestion efficace de la base de données. Dans ce Projet, la structuration des données de base SIG a eu pour objectif la conception d'une gestion de la base de données d'information géographique efficace, à l'aide de la structure d'ensembles de données SIG divers et des données d'information géographique acquises. La détermination du modèle de géodatabase a pour objectifs le transfert, la conservation, la gestion et le traitement efficaces des données CAO et SHP en format géodatabase.

1) Modèle de la géodatabase de Bamako

La structuration des données SIG (ci-dessous Modèle de la géodatabase de Bamako) a été conçue sur la base du Single User File Geodatabase Model ESRI. La géodatabase, une structure de données propre à ArcGIS (ESRI 2012), a pour fonction de classer les données vectorielles dans les ensembles de données d'objets terrestres, et les classes d'objets terrestres. Les classes d'objets terrestres conservent des données spatiales des objets terrestres ayant mêmes types de géométrie (points, lignes et polygones), alors que les ensembles de données d'objets terrestres conservent des classes d'objets terrestres partageant un même système de coordonnées et un même champ spatial. Les données raster ont aussi été conservées en tant que géodatabase.

2) Modèle conceptuel

Le modèle conceptuel se compose de 7 ensembles de données des objets terrestres compilés à partir de 128 types de couches d'objets terrestres, objets terrestres et annotations y compris (Tableau 3-19). Les 128 types de couches d'objets terrestres ont été créés sur la base des « règles de symbolisation de

la carte au 1 :5.000^e ». Le modèle conceptuel inclut également des ensembles de données raster (ortho-image).

Tableau 3-19 Ensembles de données d’objets terrestres s’appuyant sur les règles de symbolisation de la carte au 1 :5.000^e

Ensembles de données d’objets terrestres	Définition	Source	Types de données
Administration	Limites administratives, limites légales et parcs nationaux	IGM	Données de ligne et polygone
Construction, infrastructure	Bâtiments, établissements culturels, points de repère, installations annexes des bâtiments	IGM/Nouveau	Principalement des données de polygone incluant des annotations
Services publics	Etablissements publics, banques, écoles, établissements religieux	IGM/Nouveau	Données de point incluant des annotations
Hydrographie	Eaux de surface et objets terrestres en relation avec le transport, le stockage et la gestion de l’eau	IGM/Nouveau	Données de point, ligne et polygone incluant des annotations
Hypsographie	Relief	IGM/Nouveau	Valeurs d’élévation incluant des annotations, courbes de niveau, MNE
Imagerie	Vue d’arrière-plan et référence	Nouveau	Photographies aériennes et orthophotos
Recouvrement de surface	Zone urbaine, couverture des terres telle que terres dévastées, forêts	IGM/Nouveau	Données de polygone incluant des annotations
Transport	Installations d’infrastructure concernant les routes, voies ferrées	IGM/CTAC/ Nouveau	Données de point et de ligne incluant des annotations

3.11 Contrôle de la qualité

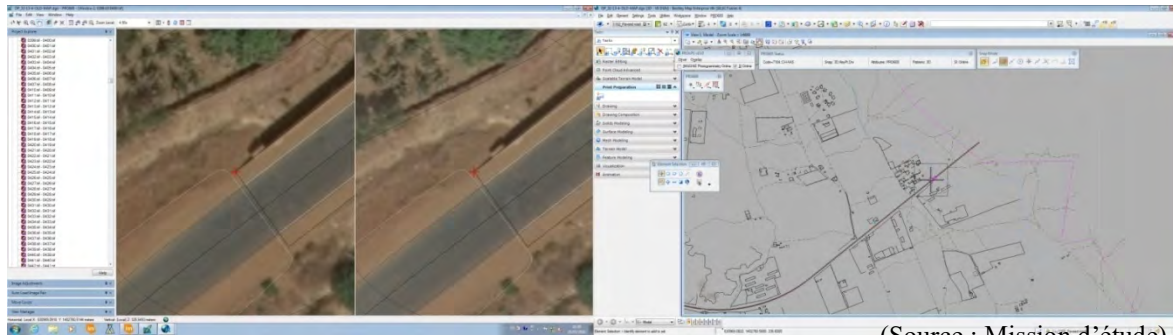
Comme indiqué ci-dessus, les résultats contrôlés de chaque processus ont été compilés dans le tableau de gestion de la précision, et un rapport de contrôle de la qualité a été rédigé. Toutefois, les produits de ce Projet ont été créés sur la base des données acquises sous contrôle à distance par les experts japonais qui n’ont pratiquement pas participé aux activités de terrain en raison de la gestion sécuritaire sur le plan de la sécurité publique.

De ce fait, il fallait que la reproductivité des produits résultats du Projet et la précision de leurs positions soient contrôlées et vérifiées. Les ingénieurs/techniciens de l’IGM ont procédé à un levé d’inspection avec le GNSS, en comparant les résultats de levés des points d’appui effectués au Mali avec la carte topographique numérique achevée au Japon par aérotriangulation, la restitution numérique et l’édition numérique.

3.11.1 Mise en œuvre de levé d’inspection

Le levé d’inspection, qui a eu pour ligne de base les 2 points existants B-11 et D-30, a été effectué par observation simultanée avec 4 appareils de GNSS de 9 points placés sur les deux rives d’une rivière

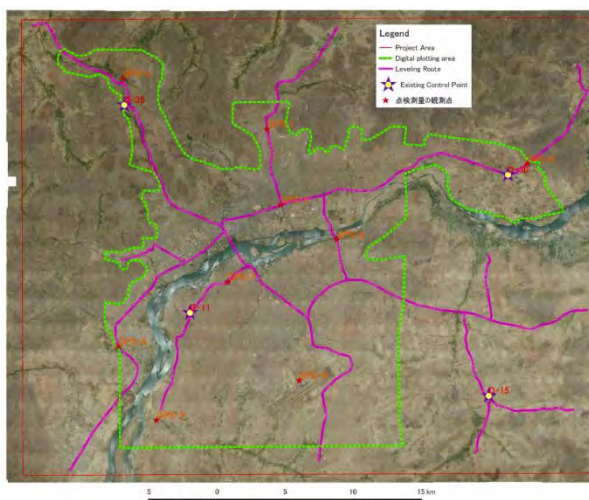
située sur la zone objet du Projet. 9 points nets sur la carte topographique ont été sélectionnés, et les coordonnées aux emplacements* plats et faciles à déterminer, permettant l'observation GNSS sur image stéréo ont été mesurées (Figure 3-40).



(Source : Mission d'étude)

Figure 3-40 Image stéréo et carte topographique (GPS-8)

Les valeurs des coordonnées détenues par l'IGM ont été adoptées pour les surfaces planes, et les valeurs d'élévation définies par nivellement direct de ce Projet pour la hauteur. (Figure 3-41)



(Source : Mission d'étude)

Point d'observation	X(E)	Y(N)	Hauteur
GPS-1	611.799,617	1.405.693,456	368,250
GPS-2	612.827,091	1.399.738,743	328,338
GPS-3	601.244,131	1.409.008,185	426,400
GPS-4	600.906,118	1.389.309,176	336,882
GPS-5	603.706,274	1.383.907,407	327,015
GPS-6	616.937,584	1.397.205,435	320,209
GPS-7	608.923,969	1.394.046,776	342,793
GPS-8	630.969,092	1.402.760,514	325,549
GPS-9	614.172,210	1.386.819,218	377,592
B-11	606.154,302	1.391.800,147	348,776
D-30	629.561,054	1.401.956,434	338,376
D-35	601.333,098	1.407.075,265	471,762
D-50	628.153,783	1.385.708,276	341,862

Figure 3-41 Carte d'index des levés d'inspection

Après l'observation par appareil de GNSS aux points de vérification définis ci-dessus, une analyse 3D a été faite aux données obtenues, et les coordonnées de chaque point de vérification ont été calculées.

* : Un emplacement dont la position est facile à déterminer au Mali est par exemple l'extrémité d'un pont ou l'angle d'une structure artificielle.

3.11.2 Résultats de l'analyse des points de vérification

Les coordonnées mesurées sur la carte topographique et les résultats des levés d'inspection par observation GNSS sont compilées dans le tableau ci-dessous.

Les résultats montrent que la déviation standard en planimétrie et en altimétrie des 9 points de vérification a été respectivement de ± 14 cm (planimétrie, pour X), de ± 25 cm (planimétrie, pour Y), et de ± 40 cm (hauteur).

Tout cela a permis d'estimer que l'ensemble de données de base SIG au 1 :5.000^e aménagées dans ce Projet, contrôle de la précision de chaque processus y compris, donne des résultats d'une précision de position et de hauteur suffisante pour la production de la carte topographique numérique.

Tableau 3-20 Résultats des levés d'inspection

												29/07/2016		
Points	Y/Northing	X/Easting	z	Latitude	Longitude		Remesured	Remesured	Remesured	dx	dy	dz		
B11	1391800,15	606154,3031	348,776	12° 35' 17.70883" N	8° 01' 21.79025" W	348.7760 m								
D30	1401956,85	629651,5538	338,376	12° 40' 45.12930" N	7° 48' 24.60338" W	338.2916 m								
D35	1407075,27	601333,0993	471,762	12° 43' 35.49088" N	8° 03' 59.75565" W	471.7829 m								
D50	1385708,28	628153,7814	341,862											
B11	1391800,15	606154,3031												
D30	1401956,51	629561,2055												
D35	1407075,34	601333,0543												
GPS1	1405694	611799,7997	368,1128	12° 42' 49.24356" N	7° 58' 12.89305" W	368,1128	611799,617	1405693,456	368,250	-0,18	-0,55	0,14		
GPS2	1399738,24	612825,3021	327,9379	12° 39' 35.25570" N	7° 57' 39.67938" W	327,9379	612824,946	1399738,078	328,200	-0,36	-0,16	0,26		
GPS3	1409008,16	601244,5408	426,6814	12° 44' 38.41473" N	8° 04' 02.46053" W	426,6814	601244,131	1409008,19	426,4	-0,41	0,02	-0,28		
GPS4	1389309,78	600906,3184	336,882	12° 33' 57.26540" N	8° 04' 15.99603" W	336,7222	600906,118	1389309,18	336,882	-0,20	-0,60	0,00		
GPS5	1383909,33	603705,7226	326,9549	12° 31' 01.15297" N	8° 02' 43.88096" W	326,9549	603705,496	1383909,038	327,015	-0,23	-0,29	0,06		
GPS6	1397204,83	616938,6042	319,6786	12° 38' 12.25421" N	7° 55' 23.67974" W	319,6786	616938,143	1397204,800	320,000	-0,46	-0,03	0,32		
GPS7	1394047,13	608924,0332	342,8172	12° 36' 30.50806" N	7° 59' 49.72016" W	342,8172	608923,969	1394046,78	342,793	-0,06	-0,36	-0,02		
GPS8	1402760,37	630969,1504	325,549	12° 41' 11.08222" N	7° 47' 37.80925" W	324,543	630969,092	1402760,51	324,543	-0,06	0,14	-1,01		
GPS9	1386817,86	614172,0733	377,855	12° 32' 34.53168" N	7° 56' 56.75120" W	377,855	614171,830	1386817,691	377,592	-0,24	-0,17	-0,26		
								GPS Pts. SD		0,14	0,25	0,40		

4. Programme du transfert de technologies

4.1 Modalités de mise en œuvre du programme

Le programme de transfert de technologies du Projet a été mis en œuvre sur la base des orientations énoncées ci-dessous à l'aide des matériels et logiciels fournis et livrés dans le Projet en vue de la production des données de base SIG au 1 :5.000^e et de l'orthophotocarte :

- 1) Amélioration du niveau technique de l'IGM par la mise en œuvre du programme de transfert de technologies afin de lui permettre d'assurer lui-même la maintenance des informations de base SIG, y compris l'addition et la mise à jour des données acquises dans la zone objet du Projet ;
- 2) Production des données contribuables au plan de développement de la zone métropolitaine de Bamako en tant qu'une sorte de l'infrastructure nationale de données spatiales (INDS), via leur reconnaissance et exploitation par les ministères et agences constituant le CIIG en tant que données de base SIG du Mali.

En particulier, puisque les bénéficiaires directs (utilisateurs des informations géographiques) des données géographiques aménagées par ce Projet sont les ministères et agences affiliés aux CNIG et CRIG ainsi que les collectivités locales, les données produites doivent avoir un système de fourniture solide et la responsabilité s'appuyant sur une certaine précision et des normes de contrôle uniformes, ainsi que la fiabilité technique. De ce fait, d'amples discussions et échanges de vues ont eu lieu avec l'IGM depuis le début concernant le contenu du programme par domaine technique et les participants en vue de favoriser la prise de conscience de l'IGM sur ses responsabilités vis-à-vis des données produites par le Projet.

Ainsi, avant le démarrage de l'encadrement technique pour la production de la carte topographique numérique à grande échelle, une enquête a été menée pour saisir le niveau technique des participants de l'IGM, et un contenu du programme a été examiné selon le niveau technique dans chaque domaine. Le programme d'encadrement des différentes techniques (transfert de technologies) a finalement été établi en ayant pour but d'améliorer les capacités de l'IGM en maintenance et mise à jour des données de base SIG à grande échelle par le biais de ce transfert technologique mis l'accent non pas sur les activités pratiques elles-mêmes, mais sur le contrôle de la précision et de la qualité, et de former les personnels de l'IGM de sorte qu'ils puissent créer et renouveler les données de manière autonome après la fin du Projet.

D'autre part, comme indiqué plus haut au Chapitre 2, l'utilisation des informations géographiques s'appuyant sur la Politique nationale d'information géographique et leur mise en commun entre les

ministères et agences constituant le CIIG, ne progressaient pas depuis 2012. Pour promouvoir à nouveau cette politique, à l'occasion du démarrage du Projet et de la mise en place du CGIG, des discussions ont eu lieu avec l'IGM, au cours desquelles il a été constaté dans quelle position le Projet se trouvait vis-à-vis de cette politique, qu'il était capital de communiquer le Projet auprès de différents secteurs en vue de l'aménagement des données territoriales et spatiales à venir. Ainsi, en vue d'approfondir les connaissances communes entre les ministères et agences constituant le CIIG, les activités de relations publiques (promotion de l'utilisation des données) ont été mises en œuvre, non seulement à travers l'encadrement technique auprès de l'IGM, mais par un atelier sur le mode d'emploi concret des données produites par le Projet au niveau des travailleurs de terrain (utilisateurs des informations géographiques).

4.2 Degré d'atteinte des objectifs du transfert de technologies

Une enquête sur le niveau technique de l'IGM a été réalisée à l'étape initiale avant le démarrage du programme pour évaluer et identifier les effets du transfert de technologies après la fin du présent programme. Après constatation du niveau technique réel de l'IGM, de plus amples discussions ont eu lieu avec un agent chargé des ressources humaines de l'IGM en déterminant les matières de formation servant au renforcement des capacités professionnelles des personnels dans chaque domaine. Le tableau ci-dessous compile les différents effets du programme de transfert de technologies réalisé dans ce Projet.

Tableau 4-1 Degré d'atteinte des objectifs du programme de transfert de technologies dans les différents domaines

Domaine	Thèmes du transfert de technologies	Niveau technique de base	Degré d'atteinte
Supervision de la prise de vues aériennes	Objectif à atteindre : Etre capable d'établir un plan de prise de vues en jugeant de la période de prise de vues et des conditions climatiques en fonction des objectifs, et de gérer un processus de prise de vues.	-	△
	Plan de prise de vues	×	△
	Positionnement direct (GNSS, IMU)	×	△
	Contrôle des photographies prises	×	△
	Gestion de la précision	×	△
Levé des points d'appui	Objectif à atteindre : Etre capable de gérer la précision des résultats de levés à l'aide du tableau de gestion de la précision, par le biais de la compréhension de base du contrôle de la qualité	-	○
	Plan de sélection des points	○	○
	Piquage	△	○
	Observation GNSS	○	◎
	Nivellement	○	◎
	Gestion de la précision	×	○

Identification du terrain/complètement cartographique	Objectif à atteindre : Par le biais de la compréhension du contenu des activités, être capable de proposer un plan d'étude selon l'échelle cible et de faire l'étude de vérification de terrain.	-	⊙
	Comprendre les différences des échelles des cartes topographiques	×	⊙
	Comprendre les spécifications, les symboles de la carte et les règles d'application de ces symboles	×	○
	Comprendre le contenu de l'étude (éléments à acquérir)	○	⊙
	Comprendre les différences entre l'étude photographique (identification du terrain) et l'étude cartographique (complètement cartographique)	×	⊙
	Mettre en œuvre l'identification du terrain/le complètement cartographique avec un terminal numérique	×	○
	Classer les résultats de l'identification du terrain	×	⊙
Aérotriangulation	Objectif à atteindre : Etre capable d'effectuer l'aérotriangulation soi-même en comprenant tout son processus	-	○
	Préparatifs	△	⊙
	Fixation de l'orientation interne	×	○
	Fixation de l'orientation externe	×	○
	Gestion de la précision	△	○
Orthophoto	Objectif à atteindre : Comprendre le concept de base de l'orthophoto et être capable de la créer s'appuyant sur la gestion de la précision	-	○
	Comprendre le processus de production de l'orthophoto et sa méthode d'utilisation	△	○
	Comprendre la relation entre le niveau du pixel et la précision	△	○
	Produire une orthophoto	△	○
	Réaliser les ajustements d'image et le mosaïquage	△	○
	Comprendre la gestion de la précision	×	○
Restitution numérique	Objectif à atteindre : Après compréhension des spécifications et des règles de symbolisation, être capable de dégager les informations numériques d'un modèle 3D composé de photographies aériennes stéréo, et de gérer la précision des données acquises.	-	○
	Acquérir l'altimétrie (observation de la cote altimétrique)	△	○
	Acquérir la précision d'interprétation des objets terrestres (classification des objets terrestres)	○	⊙
	Comprendre en détail les données numériques à grande échelle	○	⊙
	Comprendre les spécifications, les règles de symbolisation	×	○
	Acquérir les préparatifs pour la restitution numérique (configuration de l'environnement, classement des différents produits)	○	⊙
	Topographie et mesure d'objets terrestres, délinéation des points d'élévation et des courbes de niveau	○	⊙
	Comprendre la modalité de gestion de la précision et le tableau de gestion de la précision	×	○
Edition numérique	Objectif à atteindre : Après compréhension des spécifications, des symboles de la carte et des règles d'application de ces symboles, être capable d'éditer les données numériques et de gérer la précision des données éditées.	-	○
	Comprendre la concordance des coordonnées à relier entre carreaux de carte	○	○

	Comprendre les types de données des différents objets terrestres, leur acquisition et classement	○	◎
	Edition des données restituées	○	○
	Comprendre la structure topologique	○	○
	Comprendre la méthode d'entrée correcte des données des résultats de l'identification du terrain/complètement de terrain	×	○
	Comprendre la méthode d'entrée correcte des données à partir des documents collectés	×	○
	Comprendre le concept de base du contrôle de la qualité et son processus	△	○
Structuration SIG	Objectif à atteindre : Après compréhension des spécifications, des symboles de la carte et des règles d'application de ces symboles, être capable d'effectuer la structuration SIG, et de contrôler la qualité des données de base SIG produites.	-	○
	Comprendre la structure des données ponctuelles	○	◎
	Comprendre la structure des données linéaires	○	◎
	Comprendre la structure des données polygonales	○	◎
	Comprendre la structure des données attributaires	△	◎
	Acquérir les opérations de base du logiciel GIS	○	◎
	Comprendre les métadonnées	△	○
	Contrôle de la qualité et gestion de la précision	△	○
Symbolisation de la carte	Objectif à atteindre : Après compréhension des spécifications, des symboles de la carte et des règles d'application de ces symboles, être capable d'effectuer la symbolisation de la carte, et de gérer la précision des données ainsi symbolisées.	-	○
	Comprendre les symboles de la carte et les règles de leur application	△	○
	Produire les symboles de carte, les différentes sortes de lignes, les motifs, etc. à utiliser	○	◎
	Comprendre la représentation cartographique des symboles adaptée à l'image de la carte finale imprimée	△	○
	Acquérir la méthode de production des informations marginales et des légendes	△	○
	Acquérir la méthode de la correction chronologique	×	○
	Comprendre la gestion de la précision	×	△
Relations publiques (Promotion de l'utilisation)	Objectif à atteindre : Saisir les besoins des utilisateurs potentiels des informations géographiques pour le développement urbain de la zone métropolitaine de Bamako, et déterminer une méthode de gestion organisationnelle pouvant répondre à ces besoins.	-	○
	Identification des besoins et des services nécessaires	△	◎
	Champ d'application du droit d'auteur	○	○
	Orientation concernant la divulgation publique (identification de la politique de sécurité)	×	◎
	Conception et exploitation du site Web	×	○
	Vérification des informations dévoilées et mise à disposition de la carte topographique	×	○
	Organisation de séminaires et ateliers pour promouvoir l'utilisation des données produites	○	◎

Critères d'évaluation qualitative (4 niveaux)

Evaluation initiale : (× : aucune connaissance théorique ni pratique, △ : théoriquement connu, mais pas d'expérience pratique, ○ : connaissance aussi bien théorique que pratique, ◎ : capable d'agir lui-même)

Degré d'atteinte : (× : non atteint, △ : seule la théorie est acquise, ○ : compréhension théorique et pratique acquises, ◎ : capable d'utiliser soi-même)

4.3 Teneur d'encadrement technique

4.3.1 Supervision de la prise de vues aériennes

(1) Niveau technique de l'IGM

L'IGM est l'organisme chargé d'approbation des plans de prise de vues, mais ne possédant ni aéronef ni appareil photo aérien pour effectuer les prises de vues. Comme il est inenvisageable que l'IGM devienne un organisme spécialisé en prise des photographies aériennes, et qu'il prévoit dorénavant de confier cette tâche à l'extérieur, le transfert de technologies assuré par ce Projet s'est borné à un cours théorique sur les bases techniques de prise de vues et à la fourniture des manuels.

(2) Aperçu du transfert de technologie

Comme indiqué ci-dessus, l'IGM ne pourra pas être l'organisme qui assume pleinement la responsabilité de la prise des photographies aériennes, notre transfert de technologie s'est donc concentré sur la « Compréhension de la tendance des technologies de pointe » et la « Technique de planification des prises de vues à l'aide d' un appareil photo numérique » dans le but de former les personnels de l'IGM pour qu'ils acquièrent les capacités d'élaboration de plans et de supervision des prises de vues même sans posséder les équipements spécialisés.

Et la formation technique ci-dessous a été réalisée dans le Projet, en mettant l'accent sur les bases des techniques de prise de vues et l'écart entre les technologies numériques de pointe et les technologies analogiques, parmi les technologies nécessaires à la photogrammétrie aérienne (voir la photo4-1).

- 1) Bases des techniques de prises de photographies aériennes (à propos des photos stéréo)
- 2) Bases des techniques de prises de photographies aériennes (à propos du recouvrement et du recouvrement latéral)
- 3) Points de contrôle au moment de la prise de vues
- 4) Appareil photo numérique
- 5) Traitement des données photographiques et contrôle de la qualité
- 6) Questions-réponses



(Source : Mission d'étude)

Photo 4-1 Transfert de technologie portant sur la photographie aérienne (en haut à gauche : visite d'observation de l'aéronef, en bas à gauche : cours théorique, à droite : appareil photo)

(3) Evaluation rubrique par rubrique

Le but du programme de transfert de technologie du Projet est l'acquisition des techniques d'élaboration du plan de prises de vues adapté aux objectifs stratégiques et en tenant compte de la période de prise de vues et du climat, ainsi que des techniques de contrôle de l'ensemble du processus. Sur la base des résultats des travaux ci-dessus, le degré de compréhension de l'IGM a été évalué qualitativement rubrique par rubrique.

1) Plan de prises de vues

Des explications ont été données sur les éléments nécessaires pour la photogrammétrie aérienne, les caractéristiques matérielles de l'appareil photo aérien utilisé et l'élaboration du plan de prises de vues adapté aux objectifs. Cependant, l'IGM n'a pas beaucoup d'expérience dans la supervision de la prise de photographies aériennes, la réalisation de ce programme ne suffirait pas, à elle seule, à obtenir de la part de l'IGM une compréhension satisfaisante. Mais au moins il a compris la différence entre l'élaboration du plan de prises de vues analogiques et de celui de prises de vues numériques.

2) Mesure directe de l'orientation (GNSS, IMU)

L'IGM a compris, par le biais de la supervision du prestataire de prise de vues dans ce Projet, les éléments basiques de ce travail que sont l'importance des dispositifs de mesure GNSS et IMU, les modes de vol pour la prise de photographies numériques, ainsi que le sens de l'observation simultanée avec une station terrestre.

3) Inspection des données photographiques

Dans ce Projet, bénéficiant fortuitement du beau temps, la prise de vues a pu être achevée en un temps court, et il n'y a pas eu de cas de non-utilisation ou de mauvaises données. De ce fait, la rectification en opérations de reprise à cause des échecs de prise de vue, etc. étant également inutile, nous n'avons pas eu l'occasion de faire un transfert de technologie auprès de l'IGM sous forme de formation sur le tas (OJT), mais nous pouvons estimer que l'IGM a compris, par le biais de la supervision du prestataire de prise de vues dans ce Projet, le flux de travail d'inspection des photographies prises.

4) Etablissement de manuels de travail

Comme indiqué plus haut, l'IGM est un organisme chargé d'approbation des plans de prise de vues mais comme il ne peut pas actuellement agir en tant qu'entité responsable de la prise de vues, nous lui avons fourni les documents minimaux nécessaires pour l'utilisation subséquente des photographies aériennes dans le cadre du présent projet (images des photographies aériennes, relevés des prises de vues, carte d'index de la prise de vues, etc.), ainsi que les manuels ci-dessous.

- Introduction à la photographie numérique – La technologie la plus récente et la tendance
- Rapport de calibrage de l'appareil photo numérique
- Gestion des données et contrôle de la qualité

4.3.2 Levé des points d'appui

Les techniciens en levés terrestres de l'IGM ont eu l'expérience de l'observation GNSS et du nivellement dans le cadre des travaux confiés par différents ministères et agences maliens, et son niveau technique de levé topographique est au-dessus d'un certain seuil. Dans le transfert de technologies, tout d'abord, la mission d'étude a saisi la performance et le niveau technique de l'IGM via les observations GNSS et le nivellement effectués pour le levé des points d'appui, et a donné des instructions sous forme de formation sur le tas (OJT) concernant notamment le savoir-faire technique ci-dessous.

(1) Vérification du niveau technique lié aux points d'appui

1) Gestion de l'infrastructure géodésique de l'IGM

Comme indiqué dans chapitre 3, il y a encore certains points géodésiques et points de nivellement gérés par l'IGM aux environs de Bamako qui n'ont pas pu être vérifiés, mais d'après les résultats de la reconnaissance sur le terrain pour les points connus, le taux de subsistance des points géodésiques gérés par l'IGM est d'environ 60%, et comme plus encore de points de nivellement ont disparu, leur taux de subsistance est estimé à 50%.

La mission d'étude a donc recommandé à l'IGM de réaliser périodiquement une inspection visuelle l'état des points connus, de saisir les valeurs des coordonnées et de vérifier la disparition des points due au développement urbain de la ville de Bamako, ainsi que d'en gérer précisément et sans faute sur une carte de distribution des points.

2) Gestion des appareils GNSS possédés par l'IGM

L'observation GNSS a été mise en œuvre en recourant aux appareils possédés par l'IGM. Avant cette observation, on a vérifié l'absence de dommages extérieurs sur les appareils GNSS, le degré de précision des niveaux à bulle d'air, et a procédé à une inspection de l'intervalle des temps de réception (époque) et au contrôle de la batterie. Cette inspection a montré que ces appareils sont gérés correctement et sans problèmes.

3) Capacités des techniciens de l'IGM en matière d'observation GNSS

Lors de l'observation GNSS, la mission d'étude a vérifié la mise en place des appareils GNSS effectuée par les ingénieurs de l'IGM. Installation du trépied, centrage et nivellement rapide, et mesure de la hauteur de l'appareil, aucun de ces éléments, n'a été défectueux, il n'y avait pas de problème dans leur travail d'observation. Pour le réglage du récepteur, la procédure a été faite conformément aux instructions données : sélection du nombre d'époques d'acquisition et de l'ellipsoïde utilisés dans le Projet, saisie de la hauteur de l'appareil, saisie des noms des points, méthode de début et d'achèvement de l'observation, etc.

4) Capacités des techniciens de l'IGM en matière de nivellement

4 ingénieurs travaillent dans le service de la géodésie de l'IGM, et tous ont l'expérience du nivellement avec un niveau analogique. L'un d'entre eux a aussi une grande expérience de nivellement en utilisant un niveau numérique. Le Tableau 4-2 ci-dessous présente les principales expériences de nivellement de l'IGM.

Tableau 4-2 Expériences de l'IGM en matière de nivellement

Période	Activités ou projet
1999 à 2000	Projet de cartographie de la région de Kita
2004	Projet de cartographie de Kossanto (échelle 1 :50.000)
2004	Nivellement du Fleuve Sénégal dans le cadre de l'OMVS
2004 – aujourd'hui	Nivellement de routes dans la ville de Bamako et au Mali

(2) Evaluation rubrique par rubrique

L'objectif du programme de transfert de technologie portant sur le levé des points d'appui est l'acquisition des techniques de gestion de la précision du plan et des résultats de levé topographique. La mission d'étude a fait une évaluation rubrique par rubrique pour le degré de compréhension de

l'IGM, sur la base des vérifications de ses compétences d'exécution des levés de points d'appui ci-dessus.

1) Compréhension de l'élaboration du plan de sélection des points

Avec la dégradation de la sécurité publique, et les contraintes imposées pour les travaux de terrain, l'élaboration du plan conjointement avec l'IGM n'a pas été réalisée, mais la mission d'étude a expliqué aux ingénieurs de l'IGM les raisons pour lesquelles on doit préalablement établir un plan de sélection des points. D'autre part, par le biais du levé des points d'appui, la mission d'étude a indiqué concrètement sur le terrain les raisons et les bases de la distribution des points de contrôle au sol (PCS). Ainsi, les ingénieurs de l'IGM ont aussi compris précisément ce qu'est un plan d'observation efficace et les emplacements des points de mesure, et ont pu travailler efficacement tout en présupposant le temps de déplacement et l'environnement de mise en place, ce qui a permis de constater leur reconnaissance de l'importance du plan de sélection des points incluant les quantités minimales efficaces et nécessaires.

2) Compréhension des observations GNSS

Les techniques sur les rubriques ci-dessous ont principalement été transmises par les instructions pour l'observation données en formation sur le tas (OJT). Dans le calcul d'analyse des lignes de base des données obtenues au cours des observations, les techniques concernant les travaux d'analyse ci-dessous ont été transférées à l'aide du logiciel Leica Geo Office fourni dans ce Projet. Comme l'IGM n'a eu aucune expérience de l'analyse tridimensionnelle jusqu'ici, des instructions techniques de base ont été données aux ingénieurs en charge de l'IGM (voir la photo 4-2).

- Vérification rigoureuse de la valeur de hauteur de l'appareil saisi
- Détermination des points fixes utilisés pour l'analyse des lignes de base
- Vérification des coordonnées dans l'ordre d'analyse et le relevé des observations d'une session
- Vérification rigoureuse des erreurs pour chaque point mesuré et contrôle sans faute de la précision



(Source : Mission d'étude)

Photo 4-2 Transfert de technologies portant sur la mise en place de l'antenne GNSS

3) Compréhension du nivellement

L'IGM a une bonne expérience du nivellement, et on a constaté qu'il n'y avait pas de grands problèmes pour ses capacités d'exécution du nivellement (méthode et précision d'observation, etc.).

4) Gestion de la précision

Comme indiqué plus haut, des capacités d'exécution du levé des points d'appui de l'IGM ont dépassé un certain niveau. Mais il y a encore matière à améliorer dans sa méthode de gestion des données. Concernant une partie des valeurs d'élévation (fixées à partir de la valeur d'élévation du nivellement) des points géodésiques existants fournis par l'IGM, il y a eu un problème: l'observation et le calcul de nivellement effectués pour fixer la valeur d'élévation du point géodésique étaient corrects, mais on a présumé qu'il y a eu une erreur de transcription des données lors de la création du tableau des valeurs de coordonnées et des valeurs d'élévation des points géodésiques extraites à partir des données originelles. La mission d'étude a donc conseillé à l'IGM de vérifier plus rigoureusement les données en contrôlant toujours la donnée d'origine et la donnée nouvellement créée.

4.3.3 Identification du terrain/Complètement cartographique

4.3.3.1 Identification du terrain

Afin d'obtenir de bons résultats de l'identification du terrain réalisée en un temps limité, il faut comprendre la méthode de l'identification du terrain selon l'objectif et l'échelle de la carte à créer et établir un plan d'étude convenable. Pour cela, avant le commencement de l'étude, la mission d'étude a organisé un atelier en vue de partager avec l'IGM l'orientation de base de l'étude, qui est une étape nécessaire en cas de collaboration avec lui, puis a effectué des efforts pour faire mieux comprendre à tous les personnels de l'IGM participant à l'étude des techniques de lecture des photographies et des symboles cartographiques pour qu'ils aient le même niveau de connaissance, et finalement une formation sur le terrain et des exercices répétés ont été effectués sous forme d'OJT.

(1) Organisation de l'atelier

Etant donné que l'identification du terrain s'effectue en plusieurs équipes, un atelier a été organisé dans la salle de conférence de l'IGM et sur le terrain avec les dates suivantes (Tableau 4-3).

Tableau 4-3 Programme d'exécution de l'atelier pour l'identification du terrain

Rubrique	Théorique	Pratique	Novembre 2015					
			4	5	6	9~12	13	16~20
Aperçu de l'identification du terrain	○	-	■					
Techniques de lecture des symboles cartographiques et des photographies aériennes	○	○		■				
Méthode de collecte et d'examen minutieux des informations existantes	○	○		■		■		
Méthode d'inscription sur les photographies aériennes	○	○		■				
Méthode d'inscription dans le cahier de terrain	○	○		■				
Exercices pratiques	-	○			■			■
Opération des appareils d'appui pour l'identification du terrain	-	○					■	
Méthode de classement à la fin de l'étude	○	○				■		■
Révision	-	-				★	★	★

■ Période d'apprentissage ■ Période OJT

(2) Explication de l'aperçu de l'identification du terrain et du mode de travail

C'était la première fois que l'IGM a créé une carte topographique à grande échelle. La mission d'étude a donc fait remarquer aux ingénieurs de l'IGM les différences entre l'identification du terrain réalisée dans le passé pour la carte topographique à échelle moyenne de 1 :50.000 et celle de cette fois-ci, et a expliqué l'importance et la nécessité de l'identification du terrain pour une carte topographie à grande échelle, en insistant sur les rubriques ci-dessous, à l'aide du Manuel de travail pour l'identification du terrain (Figure 4-1).

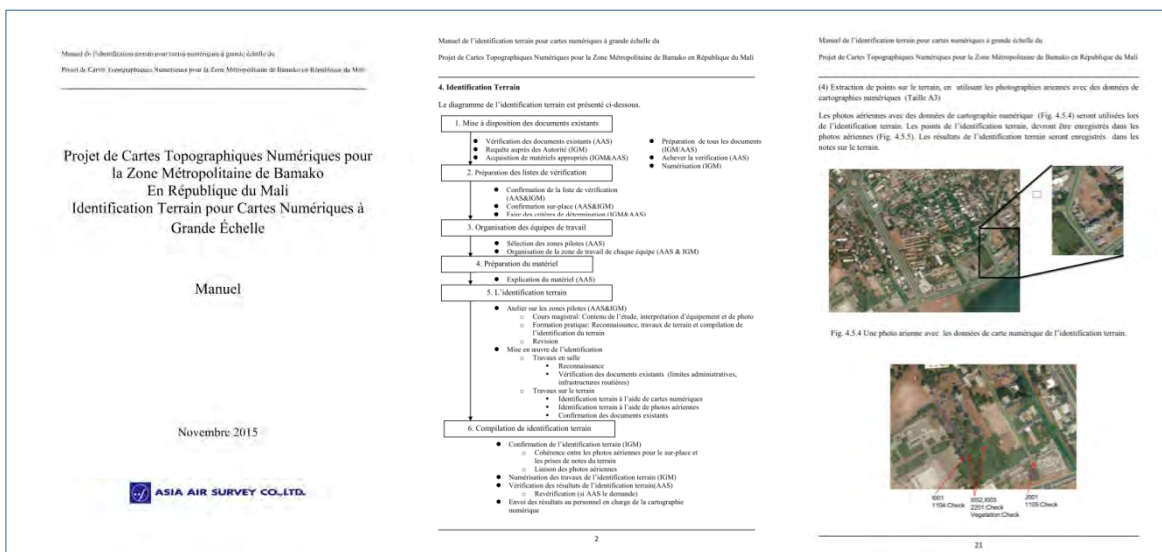


Figure 4-1 Manuel de travail (un extrait)

(3) Techniques d'interprétation des photographies aériennes

Comme des connaissances sur les symboles cartographiques et les techniques d'interprétation des photographies aériennes doivent être acquises pour réaliser l'identification du terrain, la mission d'étude a donné des explications sur ces matières en utilisant les «symboles de la carte d'échelle 1 :5.000 et règles de leur application» et les résultats des reconnaissances antérieures.

Environ 120 symboles ont été adoptés dans le Projet. La mission d'étude a donné des instructions sur chaque symbole à l'aide d'une liste présentée dans le Tableau 4-4, en subdivisant tous les symboles en ceux à acquérir lors de l'identification du terrain et ceux qui peuvent être acquis uniquement par l'identification du terrain.

Tableau 4-4 Liste des symboles cartographiques (un extrait)

Identification sur le terrain													
Field Identification Survey ☉:Top priority ○:Low priority △:If Possible ▲:Direction ×:No Need													
	Thème des Données	Groupe des Données	Ensemble des Données	Data Code	Data type						Identification sur le terrain		
					point	ln.	pol.	txt	attr1	attr2	1st	2nd	
66	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Château d'eau	3108	•							☉	▲
67	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Monument	3109	•				Nom			☉	▲
68	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Pipeline	3110		•						×	△
69	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Cuve à carburant ou gaz	3111	•							☉	▲
70	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Pylône	3112			•					☉	▲
71	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Cheminée	3113	•							△	▲
72	Infrastructure et Etablissements	Infrastructure et Etablissements	Arbre isolé	3114	•							×	▲
73	Hydrographie	Hydrographie	Cours d'eau (flueve, rivière)	4101			•		Nom			△	▲
74	Hydrographie	Hydrographie	Ligne de côte	4102		•						×	×
75	Hydrographie	Hydrographie	Canal	4103			•					△	▲
76	Hydrographie	Hydrographie	Etang/mare/bassin et/ou réservoir, marigot, tal	4104			•					△	▲
77	Hydrographie	Hydrographie	Point d'eau d'installation publique	4105			•					△	▲
77	Hydrographie	Hydrographie	Station de pompage	4108			•					△	▲
78	Hydrographie	Hydrographie	Piscine	4106			•					×	×
79	Hydrographie	Hydrographie	Cuve d'eau	4107			•					☉	▲

Pour les techniques d'interprétation des photographies aériennes, la mission d'étude a donné des explications sur des cas de photographies aériennes difficiles à interpréter (Figure 4-2) moyennant un questionnaire préalablement préparé et les résultats de la reconnaissance sur le terrain, et en combinant une séance de questions-réponses.



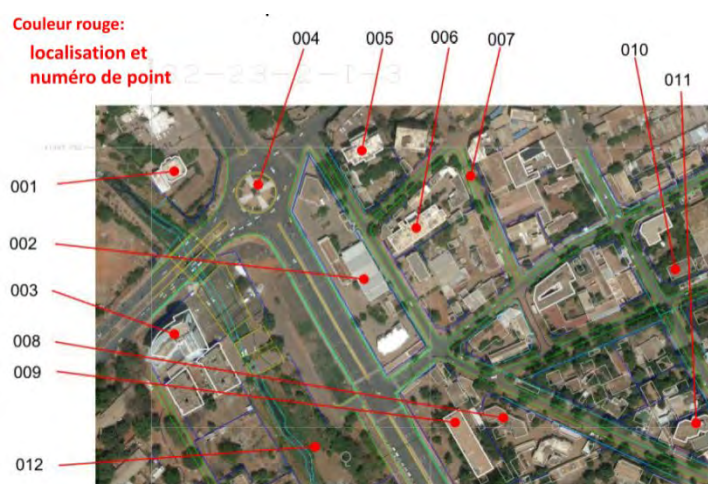
(Source : Mission d'étude)

Figure 4-2 Exemples photographies aériennes difficiles à interpréter (à gauche : état du pavage, à droite : par type de cimetière et végétation)

(4) Méthode d'inscription des données acquises

La mission d'étude a donné des explications sur le mode d'inscription sur les photographies aériennes des informations saisies à partir des informations existantes et des informations obtenues sur le terrain. En considérant la rapidité de travail, on a mis sur la photographique aérienne seulement le numéro et la position des données (Figure 4-3).

En plus de cela, les explications ont été données sur le mode de transcription dans le cahier de terrain des informations correspondant au numéro inscrit sur la photographique aérienne, pour que chaque équipe de l'étude puisse faire des inscriptions standardisées.

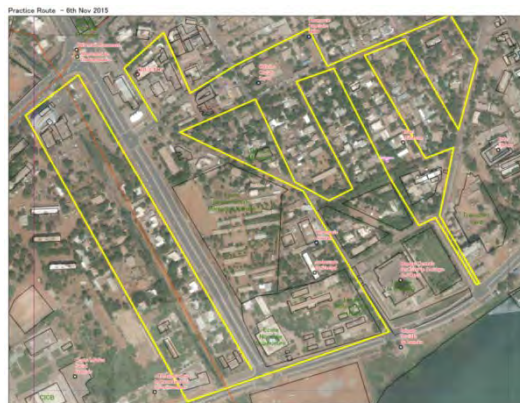


(Source : Mission d'étude)

Figure 4-3 Méthode d'inscription sur une photographie aérienne

(5) Exercices pratiques

La formation sur le terrain pendant la période de l'atelier a eu lieu après la sélection des cartes numérotées de [32-23-2-1-3] où se trouvent divers établissements publics, établissements scolaires, etc. On a proposé à l'avance un itinéraire d'étude (Figure 4-4) et indiqué une méthode d'étude efficace et le contenu à réellement vérifier sur le terrain.



(Source : Mission d'étude)

Figure 4-4 Itinéraire d'étude proposé

(6) Révision des données acquises

La mission d'étude a vérifié si tous les membres des équipes de l'identification du terrain avaient une compréhension homogène pour la méthodologie d'étude, et s'il n'y avait pas une meilleure méthode ; et pour rafraîchir les connaissances sur la méthodologie d'étude, un examen minutieux a été effectué vis-à-vis de chacun des membres d'équipes après les principaux travaux pour contrôler la qualité de leur travail.

Comme l'indique le Tableau 4-5, la révision a été faite 2 fois, et chaque séance de révision a été très animée, ce qui a permis de constater la contribution de cet atelier à la compréhension homogène des membres des équipes.

Tableau 4-5 Contenu de la révision

	Date	Contenu
Première révision	6 novembre	Après la fin des exercices pratiques, révision du degré de compréhension de la méthode de l'identification du terrain et trouvaille des problèmes de la mise en œuvre
Seconde révision	11 novembre	Après classement des résultats des exercices pratiques, identification des différences entre les équipes de l'étude

1) Résultats de la première révision

- Certaines équipes ont pu réaliser l'ensemble de l'étude dans le temps imparti, et d'autres non. Raison pour laquelle les secondes n'ont pas réussi : elles ont expliqué que le temps a manqué parce qu'elles ont travaillé trop minutieusement à un emplacement. L'étude devant être achevée dans le délai imparti dans ce processus, nous leurs avons donné des instructions pour réduire le temps d'étude par emplacement.

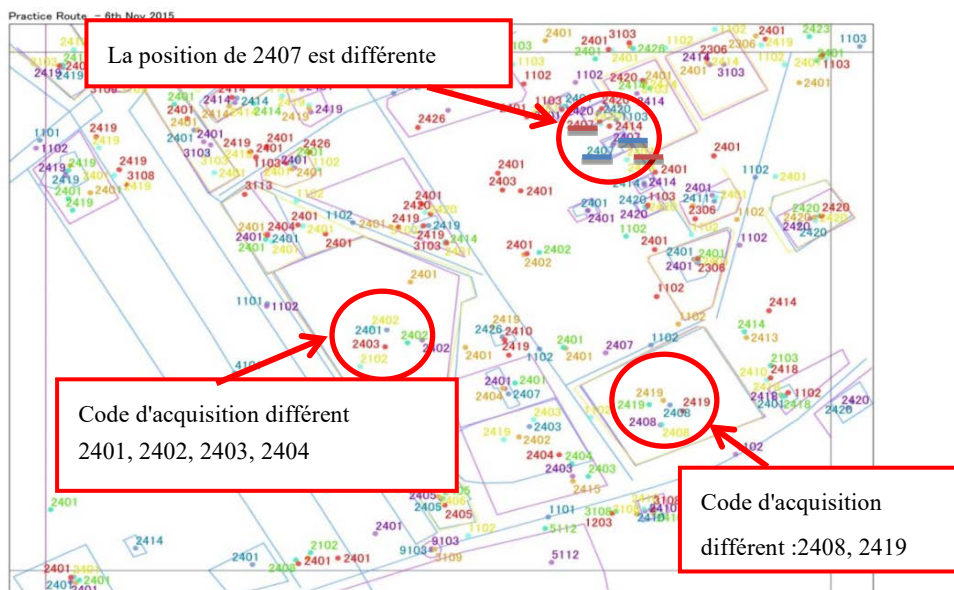
- Les symboles cartographiques sont trop détaillés, et il faut un certain temps pour les apprendre. Aussi avons-nous préparé un livret de codes les plus utilisés en tant que référence à portée de la main.
- Le champ d'acquisition a été peu clair pour une partie des symboles, tels qu'antenne. Nous avons donc révisé les normes d'acquisition pour assurer l'homogénéité des objets terrestres acquis.

2) Résultats de la seconde révision

Le Tableau 4-6 ci-dessous compile les résultats d'étude de chaque équipe après la formation sur le terrain, classés sur les nouvelles photographies aériennes, et la Figure 4-5 présente sous forme de représentation SIG les points acquis par chaque équipe.

Tableau 4-6 Nombre d'emplacements d'étude par équipe (unité : nbre d'emplacements)

Equipe	Route (11xx)	Structure routière (12xx)	Bâtiment (21xx)	Ligne de limite (23xx)	Symbole de bâtiment (24xx)	Installation (31xx)	Utilisation des sols (51xx)	Annotation (9xxx)	Nbre d'études
A	7	1	0	3	46	7	0	0	64
B	2	0	2	0	34	2	1	0	41
C	2	0	3	1	34	4	0	0	44
D	15	0	1	0	39	7	0	1	63
E	5	0	0	0	32	3	1	1	42
F	11	0	0	0	28	1	1	1	42



(Source : Mission d'étude)

Figure 4-5 Représentation des résultats d'étude de chaque équipe sur une carte

Sur la base des résultats ci-dessus, tous les membres des équipes ont discuté les emplacements pour lesquels les résultats acquis sont différents ; ainsi, ils ont atteint le même niveau pour les normes d'acquisition des codes et dénominations. La mission d'étude peut conclure que l'identification du terrain a été réalisée avec les connaissances bien partagées entre les membres des équipes.

4.3.3.2 Complètement cartographique de terrain

Des instructions ont été données sous la forme OJT pour la reconfirmation des points douteux apparus lors de la restitution-édition numérique, et la vérification finale de diverses informations (nom de route, nom de rivière, nom de quartier, etc.) qui n'avaient pas pu être identifiées lors de l'identification du terrain. En particulier, comme il était nécessaire de faire comprendre aux participants de l'IGM que la fiabilité et la qualité de la carte topographique dépendaient de cette opération, comme lors de l'identification du terrain, un atelier a été organisé avant le commencement des opérations.

A cet atelier, nous avons fait des efforts pour que les participants à l'atelier puissent partager la même compréhension du complètement cartographique et leur avons fait des travaux pratiques et exercices répétés par OJT.

(1) Organisation de l'atelier

Le complètement cartographique étant réalisé par plusieurs équipes, l'atelier a été mené de manière à ce que les membres de ces équipes aient la même compréhension correcte du contenu de l'étude, et qu'ils obtiennent toujours des résultats uniformes. (Tableau 4-7).

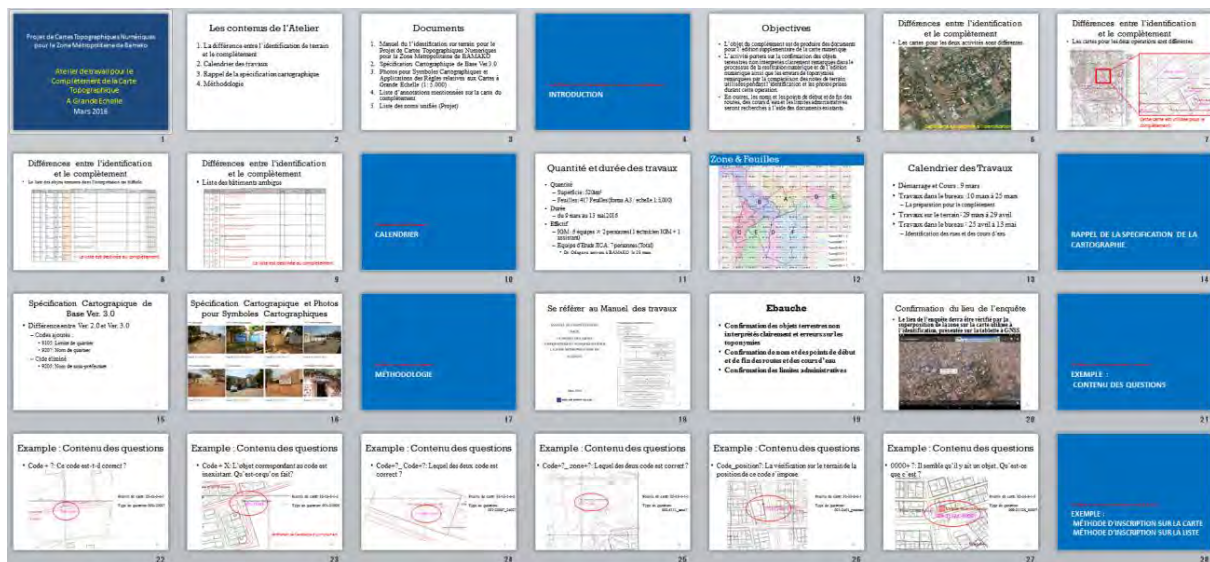
Tableau 4-7 Calendrier des ateliers tenus pour le complètement cartographique

Matière d'enseignement	Théorie	Pratique	Mars 2016							
			9	10	11	14	15~18	19	21~24	25
Grandes lignes du complètement cartographique	○	-	■							
Méthode de vérification des listes de complètement cartographique	○	○		■				■		
Méthode d'inscription sur la carte de complètement	○	○		■				■		
Formation sur les tas	○	○			■			■		
Méthode de classement après l'étude	○	○			■					
Méthode de l'étude des routes	-	○						■	■	
Enquête	-	-								★

■ Période de formation ■ OJT

(2) Grandes lignes du complètement cartographique

Avant le démarrage de l'atelier, des cours théoriques ont été prodigués en utilisant un manuel du complètement cartographique (Figure 4-6), et des explications sur les différences avec l'identification du terrain antérieure, la modalité d'étude et une ré-explication des symboles de la carte ont été données.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-6 Manuel de travail (extrait)

De plus, nous avons extrait une partie des données éditées et interrogé à répétition aux participants sous forme de Quiz pour les faire répondre afin de vérifier leur degré de compréhension du contenu des symboles de la carte expliqué lors de l'identification du terrain (Figure 4-7).



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-7 Test de degré de compréhension des symboles de la carte (exemple)

(3) Méthode de vérification des listes de complètement cartographique

Deux types de listes ont été utilisées cette fois-ci pour vérifier d'une part les points ambigus à la restitution-édition numérique, et d'autre part les noms de bâtiments etc., et des explications ont été données sur les différences entre elles. Une feuille de carte sous le numéro [32-33-2-II-1] a servi d'étude pour la zone d'exercice pratique ; toutes les équipes ont effectué cet exercice, ensuite une formation OJT a été faite pour la zone assignée à chaque équipe.

Exemple: Cofirmation du nom et du code

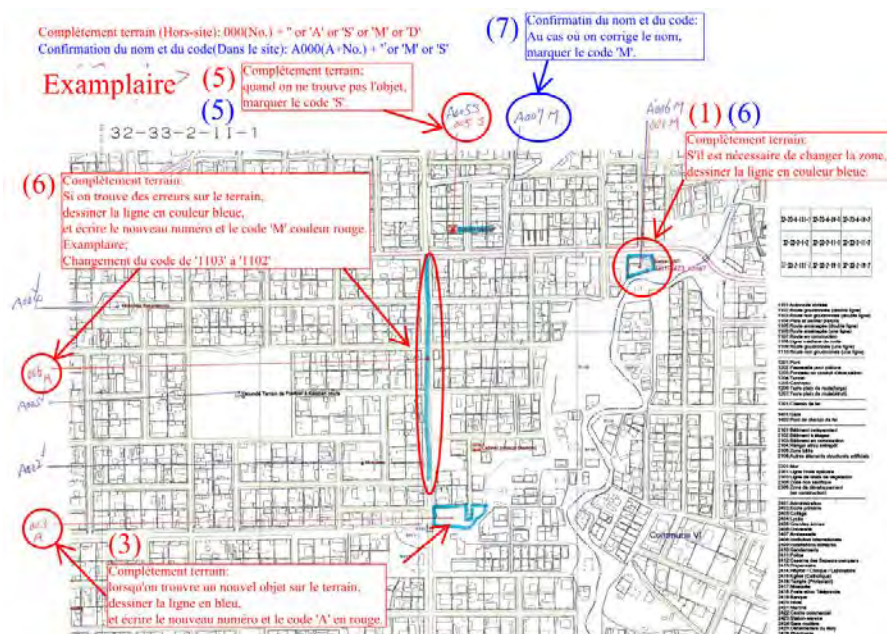
GridName	No	T	FLINK	Code	Upper : From Complemetzr Survey Map	Lower : From Field Note & Photo	Confir	Abréviation	Photo	FileName
(8) 32-33-2-2-1	008	D	D32-33-2-2-3-001	2402 2403	Ecole Saint-André Part-Sin Ecole Saint-André Part-Sin ✓		✓	✓	✓	teamD_1511254DSCN02_07.JPG
32-33-2-2-1	009	D	D32-33-2-2-3-002	2408	Complexe scolaire PLATON Complexe Scolaire Platon ✓		✓	PLATON	✓	teamD_1511254DSCN02_08.JPG
(10) 32-33-2-2-1	010	D	D32-33-2-2-3-003	2402 2403	Ecole privée URANUS Ecole Privée Uranus		2	URANUS	123	
32-33-2-2-1	011	D	D32-33-2-2-3-007	2421	Marché de Kalaban ouara (grand-marché) Marché de Kalaban ouara (Grand-Marché) ✓		3		✓	
(12) 32-33-2-2-1	012	D	D32-33-2-2-3-008	2423	Station Sanké Station Sanké ✓		1	✓	✓	teamD_1511244DSCN01_02.JPG
32-33-2-2-1	013	D	D32-33-2-2-3-009	2414	Police de commissariat 11eme Arrondissement Commissariat de Police du 11eme Arrondissement ✓		2	✓	✓	teamD_1511244DSCN01_01.JPG
32-33-2-2-1	014	D	D32-33-2-2-3-010	2417	Mosquée Mosquée ✓		1	✓	✓	teamD_1511254DSCN02_04.JPG

Si le nom n'est pas confirmé par la photo, écrire '2' et marquer sur la carte de complètement terrain.

Figure 4-8 Exemple de remplissage de la liste de vérification pour les noms de bâtiment, etc.

(4) Méthode d'inscription sur la carte de complètement

Des explications ont été données sur les différences entre le contenu inscrit en salle et le contenu à inscrire lors de la confirmation sur le terrain, et la méthode d'inscription a été enseignée par exercices pratiques à tous les participants pour leur permettre de faire l'étude une fois la compréhension commune de chacun d'entre eux obtenue.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-9 Exemple d'inscription sur la carte de complètement

(5) Méthode de classement après l'étude

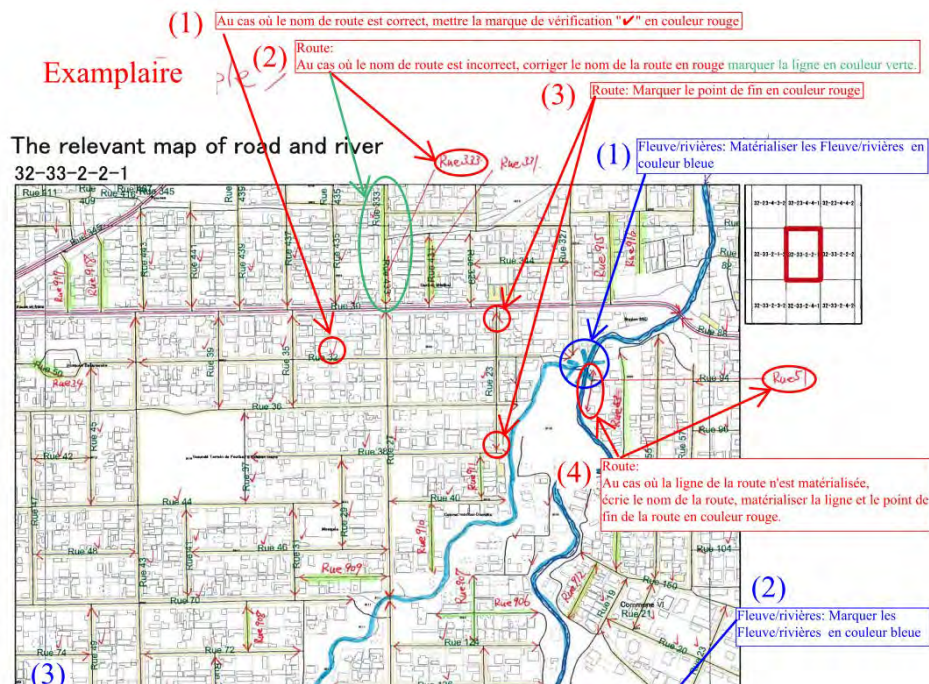
Après l'exercice pratique, le réexamen de tous les emplacements différents du contenu acquis (Tableau 4-8) a été effectué avec tous les participants en comparant les résultats d'étude de chaque équipe, et des conseils ont été donnés pour que les produits de chacune des équipes aient une qualité uniforme.

Tableau 4-8 Principaux emplacements où des différences sont apparues

Différence	Cause	Solution
Une banque déplacée n'est pas supprimée	Certaines équipes ont jugé de sa présence parce que l'enseigne était encore en place et d'autres ont confirmé directement de visu le déplacement.	La mission d'étude a conseillé de ne pas juger seulement sur l'enseigne, mais vérifier directement.
Différence de l'emplacement d'installation d'une antenne	Lors de la vérification sur le terrain, il y a eu erreur dans l'interprétation de la position du bâtiment.	La mission d'étude a conseillé d'identifier sa position relative par rapport à l'objet terrestre concerné, non seulement sur la carte ou avec la tablette, mais aussi en mesurant par pas.
Différence de la partie pavée de la route	Certaines équipes n'ont pas vérifié l'état de la route.	La mission d'étude a conseillé d'acquérir les données de route pavée non indiquée en rouge sur la carte de complètement, car la route pavée est normalement marquée en rouge sur la carte.
Non acquisition d'objet terrestre lacuneux lors de l'identification du terrain	Se concentrant sur les points ambigus à la restitution-édition numérique, on n'a pas remarqué un emplacement lacuneux lors de l'identification du terrain.	La mission d'étude a conseillé de confirmer de manière répétée les éléments à acquérir, et de vérifier encore une fois l'absence de lacunes faites lors de l'identification du terrain et les emplacements à changement chronologique.

(6) Méthode de l'étude des noms de route, noms de rivière, etc.

L'encadrement a porté sur la méthode de production de la carte manuscrite pour l'étude en transcrivant les informations nécessaires à partir d'informations à précision et normes différentes selon l'échelle de la carte (Figure 4-10).



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-10 Exemple d'inscription de noms de route, de rivière, etc. sur la carte manuscrite pour l'étude

Comme l'entrée dans SIG de la carte manuscrite produite a commencé dans l'ordre à partir de la première équipe ayant terminé les préparatifs pour le complètement, les experts japonais ont prodigué en premier lieu une formation sous forme d'enseignement individuel en matière de méthode d'entrée et d'édition des données seulement à la première équipe, qui par la suite a pris le rôle d'enseignant. Cette procédure a permis de rehausser le niveau de compréhension de la partie enseignant et à uniformiser la qualité des produits des différentes équipes.

4.3.3.3 Evaluation rubrique par rubrique

Le transfert de technologies portant sur l'identification du terrain/le complètement cartographique a eu pour objectif l'acquisition de la mise en œuvre de l'identification du terrain/du complètement cartographique sur la base d'un plan d'étude en fonction de l'échelle cible. Le degré de compréhension de l'identification du terrain/du complètement cartographique de l'IGM, vérifié au cours de l'encadrement technique OJT ci-dessus, a été évalué rubrique par rubrique.

- (1) Compréhension de la différence de contenu d'étude pour les cartes topographiques à échelle moyenne et grande échelle

Comme lors de l'identification du terrain, il a été jugé, si l'on s'en tient aux travaux pratiques, aux résultats d'étude et aux résultats de l'enquête verbale, que tous les participants à l'étude avaient grosso modo compris cette différence.

- (2) Compréhension du contenu des spécifications, des symboles de la carte et des règles d'application de ces symboles

Comme environ 3 mois se sont écoulés entre l'identification du terrain et le complètement cartographique, certains participants ont oublié les connaissances qu'ils avaient acquises à l'identification du terrain, et il y a eu des cas de compréhension insuffisante pour une partie des symboles non utilisés au moment de l'identification du terrain, mais si l'on s'en tient aux résultats d'étude et aux résultats de l'enquête verbale, il a été jugé que presque tous les participants à l'étude avaient compris le contenu des documents précités.

- (3) Compréhension du contenu d'étude (éléments à acquérir)

L'étude réalisée à l'aide de la carte produite par la restitution et l'édition des données a permis aux participants de constater comment les éléments acquis à l'identification du terrain sont représentés sur la carte, ce qui a rendu leur compréhension en matière d'éléments à acquérir plus approfondie.

- (4) Compréhension des rôles différents de l'identification du terrain et du complètement cartographique

Les participants ont acquis des connaissances sur les différences entre ces deux types d'étude à travers les ateliers. Il a été constaté au cours des travaux pratiques qu'ils avaient compris clairement ces différences.

(5) Identification du terrain et Complètement cartographique avec un terminal numérique

Comme pour l'identification du terrain, le complètement cartographique a été mis en œuvre sans problème à l'aide d'une tablette, d'un récepteur GNSS et d'un appareil photo. Mais comme les préparatifs ont été faits par la mission d'étude japonaise, la question est de savoir si l'IGM pourra effectuer lui-même les préparatifs sans difficulté, et il est donc souhaitable qu'il poursuive les travaux pratiques de manière autonome.

(6) Classement des résultats d'étude via la gestion de la précision

Ce sont les experts japonais qui ont effectué le contrôle final des résultats d'étude, mais le contrôle intermédiaire a été fait au cours de l'étude par les participants de l'IGM eux-mêmes, qui ont fait des corrections aux emplacements incorrects. En particulier, pour les listes entrées en EXCEL, et les données des routes entrées avec le logiciel SIG, le contrôle a porté sur l'entrée et la mise à jour correctes des données non seulement sur l'écran, mais sur le papier. Finalement, il a été jugé qu'en répétant ainsi les contrôles, ils ont compris l'importance du contrôle, ainsi que la méthode de gestion de la précision.

4.3.4 Aérotriangulation

L'encadrement concernant l'aérotriangulation peut se subdiviser en orientation interne, orientation externe (relative et absolue) et gestion de la précision. Pour fixer l'importance à donner à chacun de ces opérations, une enquête préalable et une interview ont été réalisées, et l'encadrement technique a commencé après saisie du niveau technique des 2 stagiaires sélectionnées par l'IGM.

(1) Enquête initiale pour saisir le niveau technique

Avant la formation, une enquête comportant les points d'étude ci-dessous a été effectuée pour saisir les capacités techniques spécialisées et le degré de maîtrise des participantes (voir le Tableau 4-9).

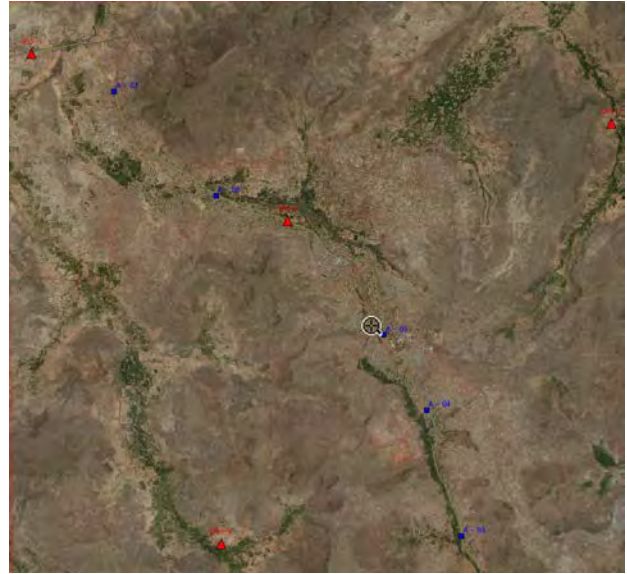
Tableau 4-9 Contenu de l'enquête sur la technique d'aérotriangulation

Point à étudier	Contenu de la formation	Auto-évaluation (5 niveaux)	
Connaissances de base	(1) Compréhension du processus de production de la carte topographique numérique	5,0	2,0
	(2) Compréhension du processus d'aérotriangulation	1,0	4,0
Techniques spécialisées	(3) Capacité de vision stéréoscopique des photographies aériennes	3,0	2,0
	(4) Capacité d'interpréter les objets terrestres par vision stéréoscopique	3,0	4,0
	(5) Capacité de mesurer les points de contrôle et les points de liaison	1,0	1,0
Connaissances spécialisées	(6) Compréhension du réglage initial du LPS	0	0
	(7) Compréhension du nombre de points de contrôle en cas d'utilisation des résultats obtenus par systèmes POS/IMU	1,0	2,0
Techniques particulières	(8) Connaissance du calcul d'ajustement par faisceaux	1,0	2,0
Contrôle de la qualité	(9) Connaissances de la gestion de la précision des résultats d'aérotriangulation	3,0	2,0

Cette enquête initiale ayant montré que les stagiaires avaient peu d'expérience pratique de l'aérotriangulation, nous avons donc mis l'importance à la formation répétée permettant d'acquérir les capacités et les connaissances spécialisées en vue de l'amélioration de la précision de l'interprétation tridimensionnelle. En particulier, dans ce Projet, 14 jours (du 5 au 22 avril 2016) ont été consacrés à l'acquisition de la « Capacité de vision stéréoscopique des photographies aériennes » et de la « Capacité de mesurer les points géodésiques et les points de liaison » pour améliorer les compétences professionnelles des 2 stagiaires.

(2) Détermination de la portée cible par travaux pratiques

Pour faire acquérir en peu de temps les techniques de mesure tridimensionnelle, nous avons soigneusement effectué un encadrement technique principalement pour les reliefs topographiques simples, sans aborder ceux complexes variés. Finalement, comme le montre la Figure 4-11, 2 zones : zone urbaine plate et de zone intercollinaire (surface totale d'env. 231 km², utilisation des données de 159 photographies aériennes) ont été sélectionnées en tant que portée de l'aérotriangulation pour l'encadrement technique des stagiaires de l'IGM.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-11 Portée de la formation : zone urbaine plate (A : à gauche) et zone intercollinaire (B : à droite)

(3) Contenu de l'encadrement technique

Les cours sur les techniques et connaissances en matière d'aérotriangulation ont principalement porté sur le processus d'aérotriangulation et le concept de base de la photogrammétrie. D'autre part, dans les exercices pratiques effectués après les cours théoriques, la formation technique à l'aérotriangulation a été effectuée aux 2 emplacements se trouvant dans la portée cible, à l'aide du système de restitution tridimensionnel fourni par le Projet (Photo 4-3).

Pour le contrôle de la qualité, les stagiaires ont appris la méthode de gestion de la précision en utilisant les données produites à partir des photographies aériennes réellement prises. En particulier, dans les exercices pratiques, il a été enseigné répétitivement aux stagiaires de prendre l'habitude d'évaluer les résultats obtenus par l'aérotriangulation et de noter la qualité de ces résultats dans le tableau de gestion de la précision.



(Source: Mission d'étude)

Photo 4-3 Cours théoriques d'aérotriangulation (à gauche), exercice de la vision stéréoscopique, et l'utilisation de la souris 3D (à droite)

(4) Evaluation du contenu de l'encadrement technique

L'objectif de ce programme d'encadrement technique est de faire comprendre aux stagiaires de l'IGM tout le processus de travail (préparatifs, orientation interne, orientation externe et gestion de la précision) pour que l'IGM puisse lui-même effectuer l'aérotriangulation. Le degré de maîtrise des compétences de deux stagiaires de l'IGM constaté au cours de l'encadrement ci-dessus a été évalué comme suit rubrique par rubrique.

1) Compréhension des préparatifs

L'IGM n'avait pas jusqu'ici l'expérience de la prise de photographies aériennes avec un appareil photo aérien numérique équipé du POS-IMU. Nous présumons que, par le biais de l'encadrement technique, les stagiaires ont compris les différences entre les travaux avec un appareil photo numérique et ceux avec un appareil photo analogique, le processus de travail avec un appareil photo aérien numérique équipé du POS-IMU et les données d'information nécessaires.

2) Compréhension du processus de travail

Les cours théoriques portant sur une série d'opérations allant de l'importation des données de photographies aériennes numériques à l'entrée des informations de position de prise de vues (POS-EO) et des informations de l'appareil photo, ont été prodigués aux stagiaires en utilisant un manuel spécialisé. En particulier, pour ce qui concerne les compétences professionnelles et les techniques spécialisées des stagiaires de l'IGM en lien avec la mesure tridimensionnelle où leur expérience est encore insuffisante, nous avons constaté que ces stagiaires ont compris la précision du levé des points d'appui et la méthode d'élimination des erreurs sur les points de liaison grâce aux exercices pratiques répétés, et qu'elles ont atteint un niveau permettant d'effectuer l'aérotriangulation de manière autonome.

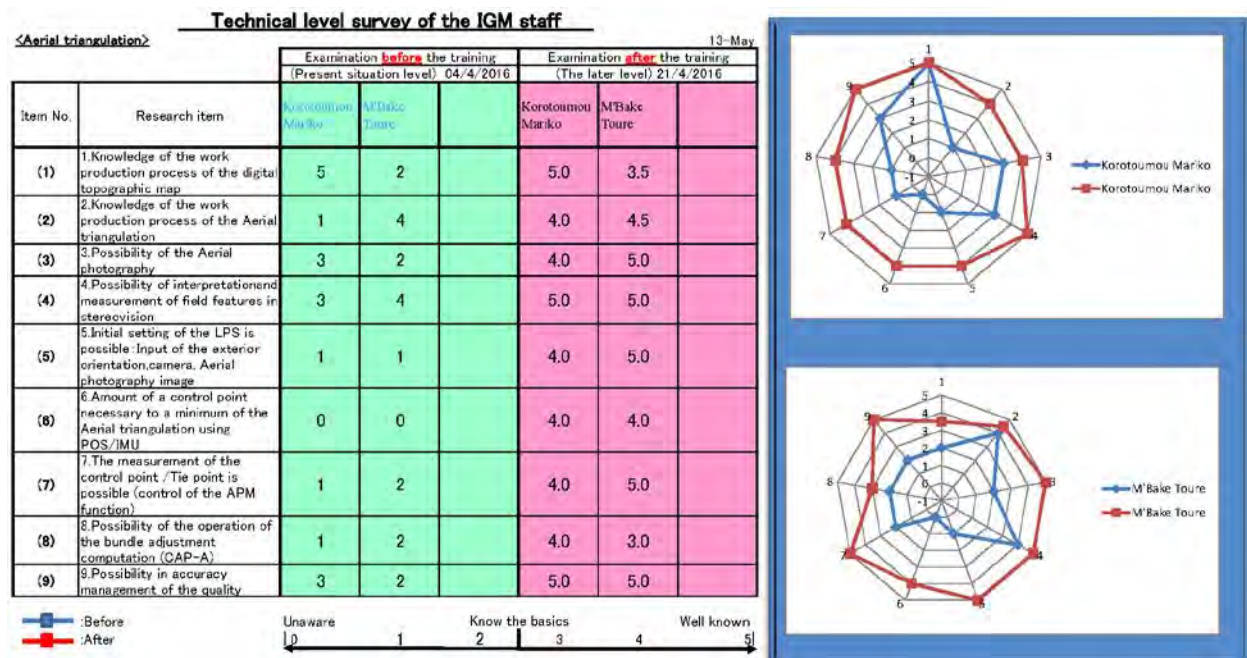
3) Mise en œuvre des différents processus et gestion de la précision

Les stagiaires sont devenues capables de déterminer les différentes précisions des points d'appui obtenus, de fixer la densité pour la mesure automatique des points de liaison, et de régler les paramètres d'analyse pour l'aérotriangulation de grande dimension et l'affichage visuel des différentes erreurs. Il a aussi été jugé qu'elles ont compris l'évaluation des résultats d'analyse, la méthode de les noter dans le tableau de gestion de la précision et sa signification.

4) Degré d'atteinte des objectifs de la formation

L'enquête initiale ayant montré l'absence d'expérience des stagiaires en matière d'aérotriangulation en recourant au système de mesure tridimensionnelle introduit dans le Projet et aux résultats du POS-IMU, leur compétence a donc été jugée basse suite à l'évaluation préalable, mais nous avons

constaté qu'elles ont atteint un certain niveau grâce aux exercices pratiques intenses répétés (Figure 4-12). Toutefois, il leur faudra poursuivre une formation plus approfondie afin d'améliorer la vitesse et l'efficacité de l'interprétation visuelle pour assurer une meilleure compétence et atteindre un niveau permettant d'exécuter ces opérations dans leurs travaux quotidiens.



**Figure 4-12 Niveau technique des 2 stagiaires de l'IGM en matière d'aérotriangulation
(en bleu : auto-évaluation préalable, en rouge : auto-évaluation ultérieure)**

4.3.5 Orthophotos

L'encadrement technique en matière d'orthophotographie a eu lieu dans les objectifs de faire comprendre aux stagiaires de l'IGM le concept de base de l'orthophoto, et de leur faire acquérir les techniques de création de l'orthophotocarte, les ajustements d'image et le mosaïquage y compris, et les 2 stagiaires sélectionnées par l'IGM (les mêmes que celles du paragraphe 4.3.4) ont bénéficié de cet encadrement.

(1) Enquête initiale pour saisir le niveau technique

Avant la formation, une enquête comportant les points d'étude ci-dessous a été effectuée pour saisir les capacités techniques spécialisées et le degré de maîtrise des participantes.

Tableau 4-10 Contenu de l'enquête sur les techniques de création de l'orthophotocarte

Point à étudier	Contenu de la formation	Auto-évaluation (5 niveaux)	
Connaissances de base	(1) Compréhension du processus de production du MNE et de l'orthophotocarte	2,0	4,0
Connaissances spécialisées	(2) Connaissances de l'édition des données MNE	2,0	4,0
	(3) Connaissances de la création de l'orthophotocarte	4,0	4,0
Techniques spécialisées	(4) Connaissances des techniques de jonction des orthophotos et de leur édition	4,0	1,0
Techniques particulières	(5) Connaissances de la correction de la tonalité de l'image	4,0	4,0
Contrôle de la qualité	(6) Connaissances du contrôle de la qualité des orthophotos produites	2,0	2,0

Les résultats de l'enquête initiale et les données existantes d'orthophotographie produites par l'IGM lui-même montrent que l'IGM a une expérience d'orthophotographie et un certain niveau technique dans ce domaine, mais nous avons constaté les problèmes ci-dessous incluant l'absence d'expérience de l'édition du MNE:

- Les tons d'images ne sont pas uniformes comme montré sur les images satellitaires, et l'IGM manque d'expérience en matière de création d'orthophotos à l'aide de photographies aériennes où les éléments structurels sont très inclinés;
- La prise de décision concernant la position de la jonction des photos, essentielle pour le traitement des photographies aériennes, n'est pas assurée; et
- Manque d'expérience de la remesure du modèle numérique du terrain (MNT) et de l'édition MNT correct.

Pour résoudre les problèmes ci-dessus, un programme de transfert de technologies de 7 jours (du 2 au 20 juin 2016) a été prévu sous forme de formation pratique centrée sur l'acquisition des connaissances et des techniques particulières au traitement des photographies aériennes.

(2) Détermination de la portée cible de la formation

Nous avons examiné une portée permettant facilement l'acquisition de la série des opérations pour faire acquérir la manière de créer des orthophotos en peu de temps. La portée d'exercice pratique (7,8km² environ) déterminée a été 4 modèles (6 photographies aériennes) ayant fait l'objet de l'aérotriangulation, incluant zone intercollinaire, zone urbaine et zone de plaine (Figure 4-13).



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-13 Portée cible de la formation pour l'orthophoto

(3) Teneur de l'encadrement technique

Les opérations de création d'orthophotos peuvent se subdiviser en inspection des résultats de l'aérotriangulation, création et édition de MNE, édition de ligne de couture, correction de la tonalité, création d'image orthophoto et gestion de la précision. Dans ce programme, des cours théoriques et exercices pratiques ont été combinés pour chaque processus et un encadrement technique centré sur les connaissances et les techniques particulières au traitement des photographies aériennes a été prodigué aux deux (2) stagiaires de l'IGM.

1) Production et édition de MNE

Les opérations de production de MNE peuvent se subdiviser en inspection des résultats de l'aérotriangulation, production de MNE, édition de MNE et contrôle de la qualité. Dans les exercices pratiques, une formation répétée a été effectuée pour l'interprétation de l'altitude des données tridimensionnelles, qui est le point faible des stagiaires.



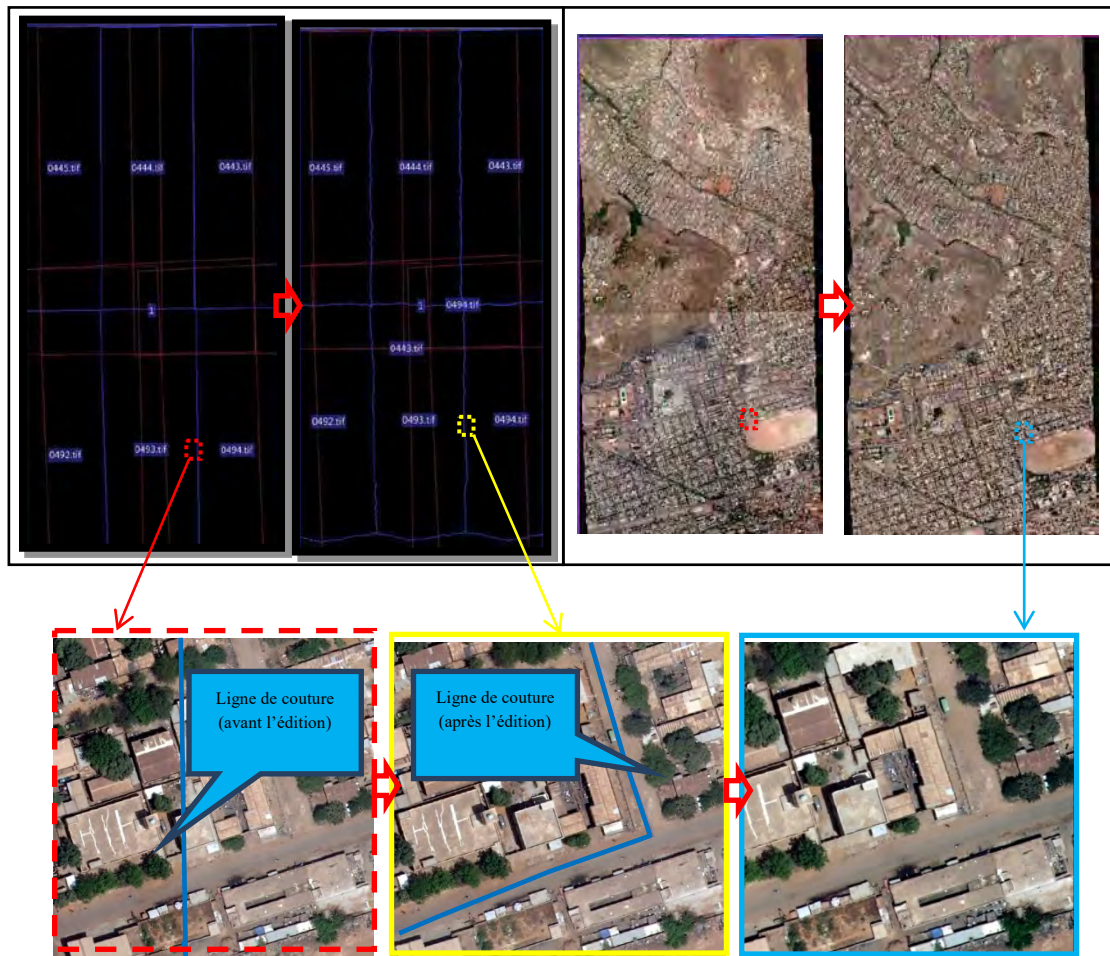
(Source: Mission d'étude)

Figure 4-14 Image stéréoscopique à l'édition MNE (avant l'édition (à gauche) et après l'édition (à droite))

2) Création d'ortho-images et gestion de la précision

Pour la création d'orthophotos, la correction de la tonalité et la correction géométrique, ainsi que l'édition des emplacements de jonction des différentes photographies aériennes sont effectuées à l'aide des données d'image des photographies aériennes. L'ensemble de ce processus peut se subdiviser en création et édition de la ligne de couture des emplacements de jonction, et correction de la tonalité des photographies aériennes (Figure 4-15) et contrôle de la qualité.

Pour les exercices pratiques, la formation à la création d'orthophotos a été effectuée avec le système de photogrammétrie numérique (IMAGINE Photogrammetry : anc. LPS) fourni par ce Projet. Une série des techniques ont également été transférées afin d'évaluer les résultats de la formation et de noter la qualité des résultats dans le tableau de gestion de la précision.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-15 Traitement de la ligne de couture(en haut à gauche : avant et après l'éditio de la ligne de couture, en haut à droite : avant et après la correction de la tonalité de l'image)

(4) Evaluation rubrique par rubrique

L'évaluation suivante a été faite concernant le degré de maîtrise des compétences de deux stagiaires de l'IGM en matière de création d'orthophotos vérifiées au cours de l'encadrement technique ci-dessus.

1) Production et édition du MNE

Au début des exercices pratiques, beaucoup de temps a été consacré à l'acquisition de l'opération de la souris 3D à laquelle elles n'étaient pas habituées, mais leur technique s'est améliorée jusqu'à pouvoir faire finalement elles-mêmes sur moniteur 3D les corrections d'altitude MNE traitées automatiquement.

Toutefois, dans les zones forestières où la surface du sol est couverte d'arbres, etc., une correction d'altitude peu précise est parfois apparue. Afin d'améliorer la précision de correction d'altitude pour ces zones, il faut que les opérateurs accumulent des expériences de correction de l'altitude de reliefs

topographiques très variés à travers des exercices répétés etc., si bien que la mission d'étude souhaite à l'IGM de poursuivre les exercices pratiques et la formation répétée pour une meilleure acquisition de la compétence spécialisée en édition MNE.

2) Création d'ortho-images et gestion de la précision

Dans le domaine des techniques spécialisées, comme nous avons vérifié l'absence d'expérience du système de photogrammétrie numérique introduit dans ce Projet et de l'édition d'une ligne de couture, une formation pratique répétée a été prodiguée, et a permis de vérifier l'atteinte d'un certain niveau (Figure 4-15 plus haut).

D'autre part, suite à la formation sur les connaissances spécialisées, les stagiaires ont acquis un certain niveau de connaissances sur la production des MNE et orthophotos, la définition de l'orthophoto (conversion des photographies aériennes en images de projection orthogonale) et les principes d'autres modèles d'élévation (MNT : modèle numérique de terrain, MNS : modèle numérique de surface). Elles ont ainsi pu comprendre le concept de base de l'orthophoto numérique et l'évaluation de la qualité basée sur la gestion de la précision.

3) Création de l'orthophotocarte

La carte de gauche de la Figure 4-16 montre l'ortho-image produite par les stagiaires dans ce programme. Elle ne cède en rien à l'ortho-image créée au Japon de la carte de droite, et la correction de la tonalité a été réussie parce que les stagiaires ont bien saisi la situation sur le terrain.

Quant à la précision d'élévation du MNE, il y a eu des mauvaises précisions du MNE dans les zones à changement de relief brutal et dans les parties d'ombre des bâtiments, forêts et clôtures précitées, mais en général elle a été bonne.



Figure 4-16 Une image de l'orthophoto

(Source: Mission d'étude)

(à gauche : résultat d'exercice pratique de l'IGM, à droite : produit du Projet)

4) Degré d'atteinte des objectifs de la formation

Comme indiqué plus haut, l'enquête initiale a montré que l'IGM a une certaine expérience de la production de MNE et de la correction de la tonalité des images satellitaires par traitement automatique, mais la création d'orthophotos à partir des photographies aériennes, le traitement de jonction d'images et l'édition de MNE ont été des premières pour lui dans ce Projet (Figure 4-17).

Après la formation répétée à l'interprétation tridimensionnelle, il a été constaté que les stagiaires de l'IGM avaient atteint un certain niveau en matière de production de MNE et d'orthophotos, ainsi que de compréhension du principe de modèle d'élévation et de la définition de l'orthophoto (particularités de la conversion des photographies aériennes en images de projection orthogonale).

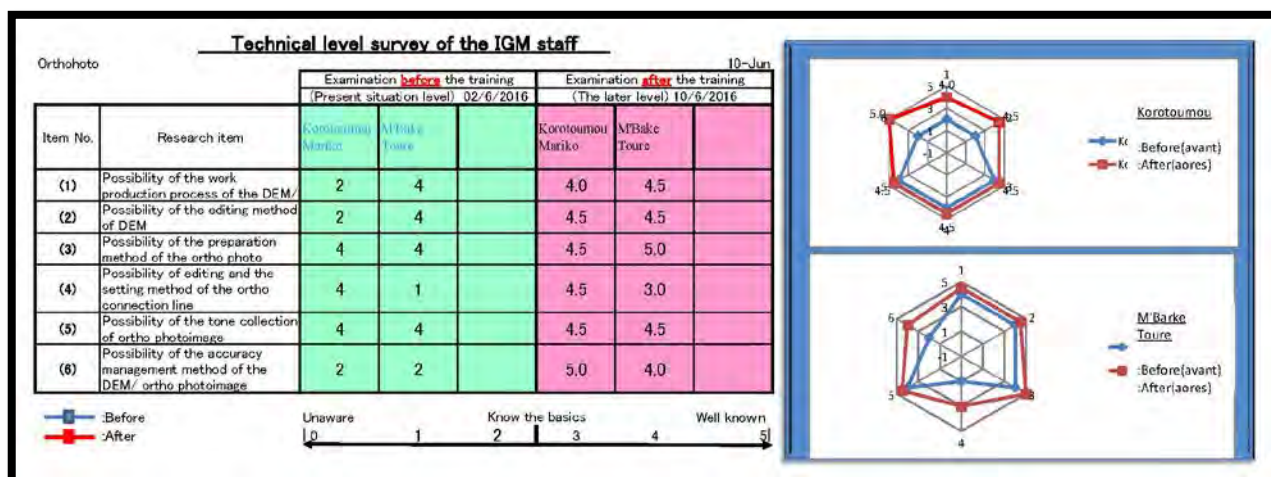


Figure 4-17 Résultats de l'auto-évaluation de la création d'orthophotos des deux stagiaires de l'IGM (en bleu : auto-évaluation préalable, en rouge : auto-évaluation ultérieure)

4.3.6 Restitution numérique et correction partielle

Un encadrement technique a été prodigué pour les stagiaires de l'IGM. Cet encadrement a eu pour objectifs de faire interpréter par les stagiaires les informations numériques obtenues via les modèles tridimensionnelles créés à partir de photographies aériennes stéréo sur la base de leur bonne compréhension des règles de symbolisation de la carte au 1 :5.000° et des spécifications établis par le Projet, et de leur faire acquérir les données appropriées afin qu'ils soient capables de faire la correction chronologique de manière autonome dans l'avenir.

(1) Enquête initiale pour l'identification du niveau technique de l'IGM

Avant le démarrage de la formation, une enquête portant sur les points d'étude ci-dessous a été réalisée pour saisir les capacités techniques spécialisées et le degré de maîtrise des compétences des stagiaires.

Tableau 4-11 Contenu de l'enquête sur les compétences en restitution numérique

Point à étudier	Contenu de la formation	Auto-évaluation (5 niveaux)	
Connaissances de base	(1) Connaissances du processus de production de la carte topographique numérique	3,0	2,0
	(2) Connaissances du processus d'aérotriangulation	4,0	4,0
Techniques spécialisées	(3) Capacité de vision stéréoscopique à l'œil nu des photographies aériennes	4,0	5,0
	(4) Capacité d'interpréter les objets terrestres par vision stéréoscopique	4,0	4,0
Connaissances spécialisées	(5) Connaissances sur le réglage de blocs LPS et leur modification (configuration de l'environnement)	4,0	5,0
	(6) Connaissances sur la configuration de l'environnement PRO-600	1,0	1,0
	(7) Connaissances sur le réglage de la bibliothèque PRO-600 et de sa modification	1,0	1,0
Techniques particulières	(8) Capacité d'interpréter les reliefs/objets terrestres par vision stéréoscopique	4,0	4,0
	(9) Expérience de la correction de la carte topographique à l'aide de photographies aériennes	3,0	4,0
Contrôle de la qualité	(10) Compréhension du contrôle de la qualité et de la gestion de la précision	2,0	1,0

L'enquête initiale a montré que l'IGM avait l'expérience de la restitution analogique et avait des connaissances de base (processus de l'aérotriangulation), et aussi des compétences de base pour les techniques spécialisées (capacités d'interprétation visuelle d'un objet 3D et de jugement des objets terrestres). Toutefois, c'était sa première expérience de la restitution numérique, et sa compréhension sur la configuration de l'environnement de travail et le processus de création de la carte numérique devra être approfondie. D'autre part, en ce qui concerne la correction partielle, l'IGM a corrigé lui-même la carte du Mali existante au 1 :20.000° à l'aide d'images satellitaires, ce qui lui a donné une certaine expérience de cette activité.

Vu les points ci-dessus, un encadrement a été programmé en ayant mis l'accent surtout sur la promotion de la compréhension des stagiaires pour la procédure de création de la carte topographique numérique et les connaissances spécialisées de restitution numérique, ainsi que pour la gestion de la précision.

(2) Détermination de la portée cible pour les exercices pratiques

L'acquisition des techniques devant se faire en un temps limité, une portée (0,187 km²) correspondant à 1/64^e d'une feuille (12,0 m²) a été sélectionnée dans la zone objet de restitution numérique au 1 :5.000^e. L'encadrement technique a eu lieu sur les explications des grandes lignes de production de la carte topographique et le procédé détaillé des différentes opérations allant de la restitution numérique/correction partielle au contrôle de la qualité des données restituées.

(3) Teneur de l'encadrement technique

L'amélioration du niveau technique des stagiaires a été faite à l'aide du module PRO-600 (ci-après désigné le PRO-600) du système de photogrammétrie numérique (IMAGINE Photogrammetry) fourni par ce Projet en leur donnant les explications sur la restitution numérique tridimensionnelle et la structure des données, et les cours théoriques et exercices pratiques sur les normes d'acquisition des données de la carte topographique au 1 :5.000^e, les marches à suivre pour les corrections partielles et la méthodologie de l'enquête préliminaire ; et un encadrement technique de 25 jours (du 25 avril au 1^{er} juin 2016) a été prodigué sur la méthode du contrôle de la qualité de ces résultats.

1) Compréhension de la restitution numérique et préparatifs

Pour le renforcement des connaissances de base et des techniques spécialisées sur lesquelles nous avons surtout insisté, des cours théoriques ont été donnés sur l'ensemble du processus de la cartographie topographique numérique et les différentes données créées par chaque travail, et des cours théoriques et exercices pratiques pour la compréhension du contenu des « règles de symbolisation » nécessaires à la production de la carte topographique au 1 :5.000^e et pour les réglages de base du système de restitution numérique (Photo 4-4). En particulier, beaucoup de temps a été consacré aux explications pour faire comprendre par les stagiaires la structure des données de la carte topographique numérique.



(Source: Mission d'étude)

Photo 4-4 Encadrement technique pour la restitution numérique

(à gauche : cours sur le processus des différents travaux, à droite : encadrement pour la mesure d'altitude sur écran 3D)

2) Acquisition de données par interprétation tridimensionnelle et contrôle de la qualité

Concernant les techniques particulières, en plus des exercices pratiques d'acquisition de données par interprétation tridimensionnelle de reliefs incluant des courbes de niveaux, de la cote altimétrique et des objets terrestres requis pour la production de la carte topographique au 1/ :5.000^e à l'aide de photographies aériennes stéréo, des cours théoriques ont été réalisés sur la méthodologie de l'enquête préliminaire au moment de la correction partielle à l'aide des photographies aériennes, et des travaux pratiques sur la correction chronologique. En ce qui concerne le contrôle de la qualité, un encadrement a-t-il été fourni en matière de méthode du contrôle de la qualité (en utilisant les données acquises en restitution numérique) et mode d'inscription dans le tableau de gestion de la précision (en utilisant les produits réellement acquis).

(4) Evaluation rubrique par rubrique de l'encadrement technique

Le programme de transfert de technologies concernant la restitution numérique a eu pour objectifs de faire interpréter par les stagiaires les informations numériques obtenues via les modèles tridimensionnelles sur la base de leur bonne compréhension des règles de symbolisation et des spécifications, et de leur faire acquérir les données appropriées. Le degré de maîtrise de la technique de restitution numérique et de correction partielle des deux stagiaires de l'IGM, vérifié dans le cadre de l'encadrement technique ci-dessus, a été évalué ci-dessous rubrique par rubrique.

1) Compréhension des préparatifs et du processus de la restitution numérique

L'IGM a eu des expériences en matière de correction chronologique avec des cartes analogiques et des images satellites. C'est pourquoi les stagiaires de l'IGM avaient une certaine compréhension pour les données à prévoir. La mission d'étude a donc fourni à l'IGM un encadrement consistant en cours théoriques et pratiques sur les normes d'acquisition des données de la carte topographique numérique

au 1 :5.000°, les marches à suivre et la teneur du travail normal de restitution numérique, ainsi que sur les différents types de données produites, en s'appuyant sur le manuel de restitution numérique préétabli, et a jugé avoir obtenu une certaine compréhension.

2) Amélioration des capacités d'acquisition des données de restitution numérique tridimensionnelle
Après avoir testé la capacité de vision stéréoscopique à l'œil nu des 2 stagiaires à l'aide de 2 photographies stéréo, la mission d'étude a compris que toutes deux avaient déjà un certain niveau technique, et a jugé toute formation complémentaire inutile. Toutefois, les stagiaires de l'IGM n'ayant pratiquement aucune expérience du dessin 3D, et n'étant pas habituées à la vision stéréoscopique d'image stéréo, la mission d'étude a consacré beaucoup de temps à des exercices répétitifs d'acquisition de données de courbes de niveau. De ce fait, la maîtrise des techniques d'acquisition des données des points d'élévation et courbes de niveau à un niveau pratique étant difficile pendant cette courte période, une formation complémentaire sera indispensable pour que les stagiaires puissent atteindre la vitesse d'acquisition productive.

La méthode pour résoudre ce problème sera la répétition pour accumuler l'expérience pratique de la restitution numérique, ce qui permettra l'acquisition d'informations numériques précises en peu de temps. En effet, on a constaté, au cours de cet encadrement, des progrès considérables des stagiaires en mesurant la vitesse de l'acquisition des informations numériques au début, au milieu et à la fin de cette période (les chiffres respectifs étaient de 1,56 point/min., 4,86 points/min. et 11,19 points/min.). Il sera donc indispensable que les stagiaires continuent à acquérir les données de restitution numérique après la fin de ce Projet surtout dans la zone non objet du Projet.

3) Amélioration des compétences en interprétation des objets terrestres

Pour interpréter correctement les objets terrestres, il faut des compétences en interprétation d'objets terrestres conformément aux règles de symbolisation et en mesure altimétrique très précise adaptée à la carte au 1 :5.000. Le niveau d'interprétation des objets terrestres des stagiaires de l'IGM a été élevé avec une grande précision, mais la précision d'interprétation des altitudes a été instable.

Aussi, la mission d'étude a répété les cours d'explication du contenu des « règles de symbolisation » au 1 :5.000° et les travaux pratiques pour l'acquisition de l'altitude des objets terrestres cibles, et la précision d'interprétation des altitudes s'est graduellement stabilisée. Néanmoins la mesure des informations numériques exigeant en réalité trop de temps, une formation continue pour permettre la mesure d'élévation instantanée est indispensable.

4) Compréhension de la correction partielle

Dans son expérience de la correction chronologique, l'IGM a exécuté la mise à jour de la carte topographique par correction partielle à l'aide d'images satellites, et aujourd'hui encore les cartes topographiques existantes sont renouvelées par lui-même. Aussi, dans ce programme de transfert technologique, un encadrement pratique sur les opérations de correction a été prodigué en utilisant des données de restitution numérique corrigées au fil du temps à l'aide de photographies aériennes et des photographies stéréo.

Cela a favorisé la compréhension de la mise à jour de la carte topographique à l'aide des photographies aériennes les plus récentes, et permis l'acquisition des techniques de base pour la correction chronologique de la carte topographique tridimensionnelle que l'IGM lui-même va réaliser dorénavant.

5) Résultats de la restitution numérique

Les données de carte numérique réellement créées par les stagiaires figurent dans la carte supérieure de gauche de la Figure 4-18. La comparaison avec les données de carte numérique de la même zone créées au Japon (carte supérieure de droite) montrent que les deux sont pratiquement identiques pour les objets terrestres plats, et que la précision de la mesure de la cote altimétrique était dans les limites des erreurs admissibles.

Toutefois, pour la mesure des courbes de niveau, quelques inégalités apparaissent pour les zones de terrain plat, et une tendance à la dégradation de la précision des courbes de niveau est visible pour des emplacements avec un dénivelé très marqué ou les parties ombrées telles qu'arbres et clôtures, ce qui permet de penser qu'une formation pratique répétée doit avoir lieu pour faire acquérir aux stagiaires de l'IGM une technique d'interprétation tridimensionnelle plus stable.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-18 Superposition de la carte de restitution produite au cours des exercices pratiques avec celle standard (inférieure)

(en haut à gauche : carte produite dans les exercices pratiques de restitution numérique de l'IGM, en haut à droite : données restituées standard)

6) Gestion de la précision

L'IGM ne disposant pas d'enregistrements de contrôle de la qualité, les informations de qualité et de précision des résultats obtenus ne sont pas claires. Aussi, des cours et exercices pratiques ont été réalisés sur la formule d'enregistrement des résultats de qualité et la méthode de gestion de la précision, sur la base du tableau de gestion de la précision utilisé normalement au Japon.

Les stagiaires de l'IGM ont montré un certain degré de compréhension en matière de méthode de contrôle de la qualité consistant à évaluer quantitativement les données incorrectes produites par la restitution numérique tridimensionnelle, et à les corriger. En ce qui concerne le tableau de gestion de la précision, on espère que l'IGM le rectifiera pour le faire correspondre aux critères de conception et spécifications des informations géographiques nationales du Mali qui seront définies dans l'avenir par le CIIG, et le gèrera en continu.

7) Degré d'atteinte des objectifs de la formation

La Figure 4-19 indique la comparaison entre le résultat de l'auto-évaluation des 2 stagiaires concernant les techniques de restitution numérique, après l'encadrement technique pour la restitution numérique, avec les mêmes indicateurs que pour l'enquête initiale, et les résultats obtenus au moment de l'enquête initiale.

Comme indiqué ci-dessus, l'IGM ayant l'expérience de la restitution analogique, il a une compréhension suffisante des préparatifs de base et du processus, ainsi que de la vision stéréoscopique à l'œil nu, et de l'interprétation des objets terrestres, mais son expérience de la restitution numérique étant faible, sa compréhension de la configuration de l'environnement et des différents modes d'opération spéciales devait être approfondie. De plus, l'acquisition des informations numériques de valeur d'élévation requise pour l'acquisition de données de restitution numérique tridimensionnelle manquait d'expérience, la formation répétée a donc été indispensable en la matière.

En conclusion, pendant la période de cette formation, plus de temps que nécessaire (temps requis pour déterminer la position en planimétrie et en altimétrie) a été consacré à l'explication de la structure des données tridimensionnelles et aux opérations pour l'acquisition du relief et des objets terrestres, mais l'évaluation des résultats des travaux pratiques obtenus permet de dire qu'une certaine compréhension et une acquisition de techniques ont été réalisées.

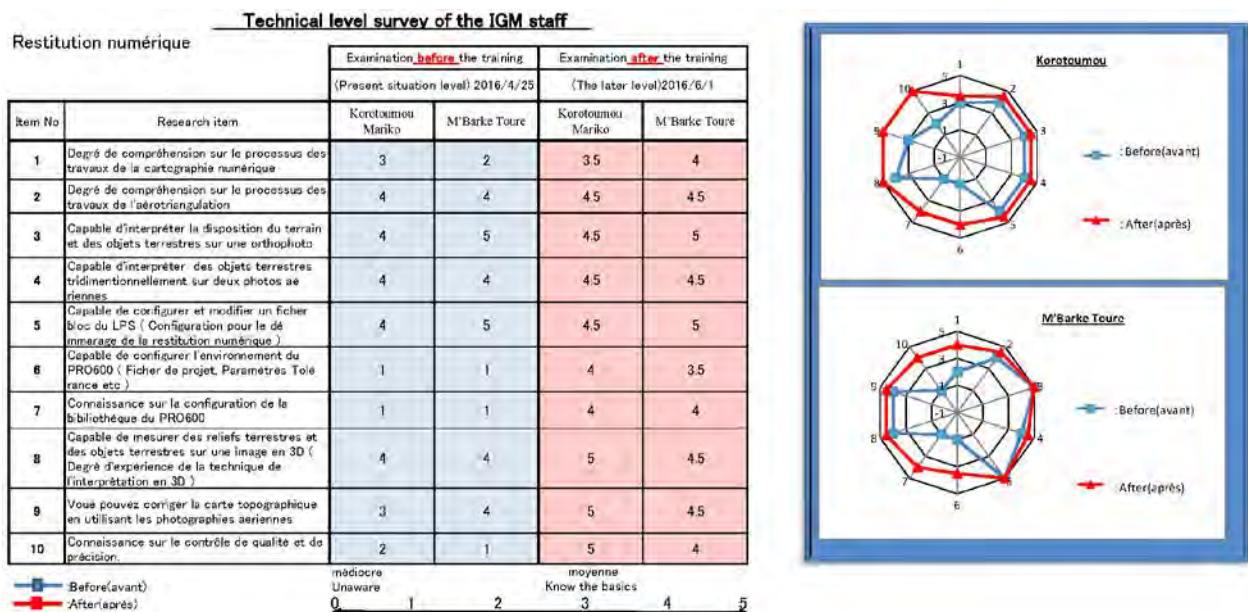


Figure 4-19 Auto-évaluation du niveau technique de restitution numérique des 2 stagiaires de l'IGM

(en bleu : auto-évaluation préalable, en rouge : auto-évaluation ultérieure)

4.3.7 Edition numérique, symbolisation de la carte et correction partielle

Dans ce programme de transfert technologique, l'encadrement technique a été assuré pour que les stagiaires de l'IGM, comprenant bien les règles de symbolisation et les spécifications de la carte au 1 :5.000°, puissent réaliser elles-mêmes l'édition numérique et la symbolisation de la carte.

(1) Enquête initiale pour l'identification du niveau technique de l'IGM

Avant le démarrage de la formation, une notice explicative sur les techniques d'édition numérique et de symbolisation a été distribuée aux 4 stagiaires, le calendrier et les grandes lignes du transfert de technologies leur ont été expliqués, et une enquête a été menée pour saisir leurs niveau technique et souhaits envers le transfert de technologies (Tableau 4-12).

Les résultats de l'enquête et le tableau d'auto-notation ont montré que stagiaires utilisaient un logiciel d'édition numérique dans leur travail quotidien, mais qu'ils ne pouvaient pas l'utiliser efficacement en tant qu'outil de travail pratique.

Tableau 4-12 Contenu de l'enquête sur les techniques d'édition numérique, de symbolisation de la carte et de correction partielle

Point à étudier	Auto-évaluation des 3 stagiaires (5 niveaux)		
(1) Expérience de la cartographie	1	3	3
(2) Opération de MicroStation/Auto CAD	1	3	2
(3) Création de symboles et lignes avec MicroStation/ Auto CAD	1	0	1
(4) Compréhension de la topologie de la carte	1	2	2
(5) Opération de logiciels SIG tels qu'ArcGIS	1	2	2
(6) Mise à jour de la carte	1	2	3
(7) Contrôle de la carte de sortie	1	2	3

Sur la base du degré de compréhension des stagiaires de l'IGM, et en vue d'atteindre l'objectif de ce programme de transfert technologique qui est « l'acquisition des techniques d'édition, de symbolisation, et de correction chronologique, ainsi que de contrôle de la qualité pour la restitution numérique », l'accent a été mis sur la répétition des opérations de base pour les activités nécessaires, et les opérations qui seront nécessaires pour permettre à l'IGM d'effectuer dorénavant lui-même l'édition numérique ont été répétées un grand nombre de fois.

(2) Détermination de la portée cible pour les exercices pratiques

Pour faire acquérir en peu de temps aux stagiaires de l'IGM les techniques d'édition numérique, de symbolisation de la carte et de contrôle de la qualité,



(Source: Mission d'étude)
Figure 4-20 Zone de la formation à l'édition numérique

le quart (1/4) nord-ouest de la feuille de la carte [29-I-EA-32-13-4] a été utilisé comme zone des exercices pratiques.

(3) Teneur de l'encadrement technique

Les cours théoriques consacrés aux techniques d'édition numérique et de symbolisation de la carte, ont été réalisés à l'aide d'un manuel préétabli, en mettant l'accent sur les concepts de base.

Par ailleurs, au cours de la formation pratique, les instructions ont été répétées en fonction du degré de maîtrise des stagiaires de l'IGM et de l'importance des matières d'enseignement. Concrètement, un encadrement technique de 35 jours (du 14 avril au 3 juin 2016) a été prodigué à 2 ingénieurs de l'IGM avec les thèmes indiqués dans le Tableau 4-13.

Tableau 4-13 Thèmes principaux d'encadrement technique (édition numérique, symbolisation de la carte)

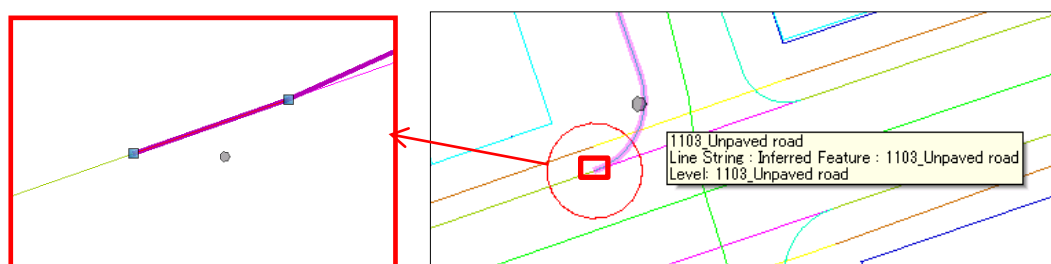
Thème	Objectif	Contenu des opérations
Compréhension du contenu de base des opérations d'édition numérique	Compréhension des opérations de base du logiciel	Exercices pratiques des opérations avec la commande nécessaires au Projet
Correction des données dans l'édition numérique	Compréhension de nettoyage des données Compréhension du traitement d'erreurs diverses	Suppression des lignes inutiles pour la topologie et ajustement, correction des données par jugement visuel
Compréhension de la symbolisation de la carte	Compréhension des opérations de base du logiciel Compréhension des symboles nécessaires à la représentation cartographique Compréhension du jugement requis pour la finalisation de la carte selon l'échelle	Création des symboles et types de lignes nécessaires à la représentation cartographique Finalisation de la carte à partir des données composées de points, lignes et polygones Création des données pour la sortie
Correction chronologique	Compréhension de l'introduction de données compte tenu des attributs des objets terrestres acquis dans le complètement cartographique Conversion des coordonnées en cas de nécessité Introduction de données du système de référence Contrôle de la qualité de la carte produite	Correction des données compte tenu de la cohérence avec les données existantes, recréation de la topologie, conversion des coordonnées, entrée de rasters et vecteurs, introduction de données textuelles Contrôle, correction et établissement du tableau de gestion de la précision

1) Compréhension du contenu de travail

L'enquête initiale a montré que les stagiaires de l'IGM avaient peu d'expérience en création de données de base SIG à l'aide de logiciels d'édition numérique et SIG. De ce fait, l'encadrement direct a été répété pour les opérations de base du système d'édition numérique nécessaires à l'édition numérique et la symbolisation de la carte.

2) Correction des données de édition numérique

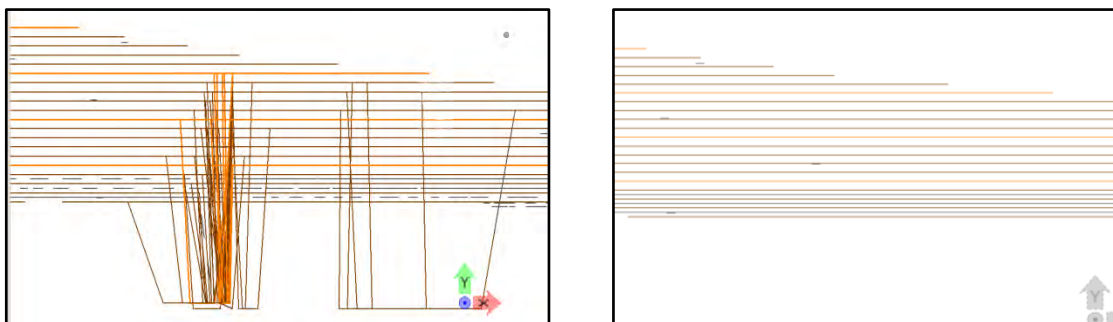
A l'édition numérique, des exercices de prise des mesures ont eu lieu après détection des emplacements doubles et des emplacements non reliés des données de travail de la zone de formation (Figure 4-21). La méthode de correction et le traitement variant selon le type de l'erreur, les exercices de la zone OJT ont été faits en donnant des conseils à chaque fois sur la marche à suivre.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-21 Erreur de donnée en double

Pour l'édition des courbes de niveau, la mission d'étude a expliqué que si l'édition des données tridimensionnelles est faite avec un logiciel d'édition numérique ordinaire, l'attribut d'élévation est incorrect, ce qui empêche l'utilisation de ces données en tant que données pour GIS, et l'encadrement et des exercices ont été effectués pour remédier à ce problème.



(Source: Mission d'étude)

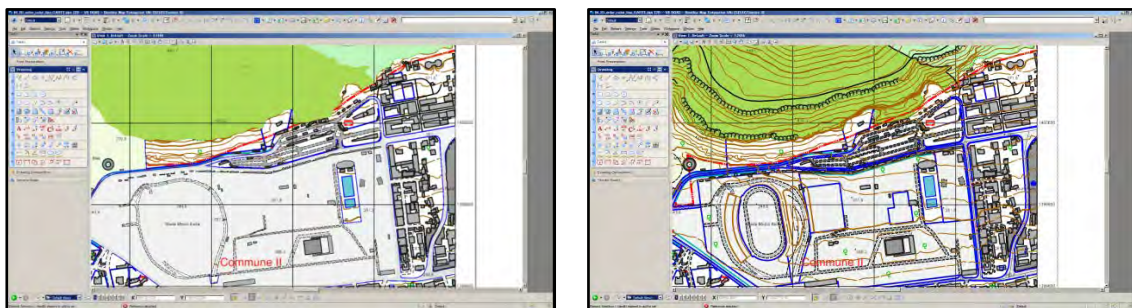
Figure 4-22 Correction des erreurs de la hauteur des courbes de niveau (à gauche : valeur d'élévation incorrecte, à droite : section corrigée)

La mission d'étude a insisté sur le fait que les corrections ci-dessus sont indispensables pour la création de données SIG, et que même si les erreurs sont nombreuses, la correction doit être poursuivie jusqu'à ce que les conditions requises soient satisfaites. La mission d'étude a aussi enseigné qu'il fallait enregistrer l'état et la tendance de ces erreurs, les rapporter au responsable de la restitution numérique et collaborer avec lui en vue d'une amélioration.

3) Symbolisation de la carte

Les opérations de transposition des symboles ne sont pas ordinaires pour la carte topographique au 1 :5.000°, et la mission d'étude a enseigné aux stagiaires que c'était fait seulement quand la lecture de la carte était difficile parce que des symboles s'étaient superposés.

Le positionnement des annotations se fait conformément aux leurs spécifications, et si la règle de positionnement n'est pas applicable, la mission d'étude a conseillé aux stagiaires de les positionner en évitant la superposition avec les symboles et annotations environnantes. De plus, si l'ordre des couches de codes des objets terrestres n'est pas défini avant la création des données de sortie, la sortie sera faite alors que la représentation cartographique n'est pas correcte ; la mission d'étude a donc enseigné dans le cadre des travaux pratiques la création d'un fichier de définition d'ordre.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-23 Données auxquelles l'ordre d'impression et de sortie n'est pas appliqué (à gauche : représentation inachevée des courbes de niveau, routes etc., à droite : représentation correcte)

D'autre part, pour que l'IGM puisse lui-même assurer la conception de symboles de la carte, la mission d'étude a consacré beaucoup de temps à enseigner la création de cellules (symboles) et la création de lignes spécifiques à l'IGM (type de ligne).

La formation a porté sur toute la série des symboles allant des symboles simples aux symboles complexes (par ex. marché 2421 et falaise 6105) conformément aux règles de symbolisation. Sur la demande de l'IGM, ces exercices ont été répétés.

4) Correction chronologique

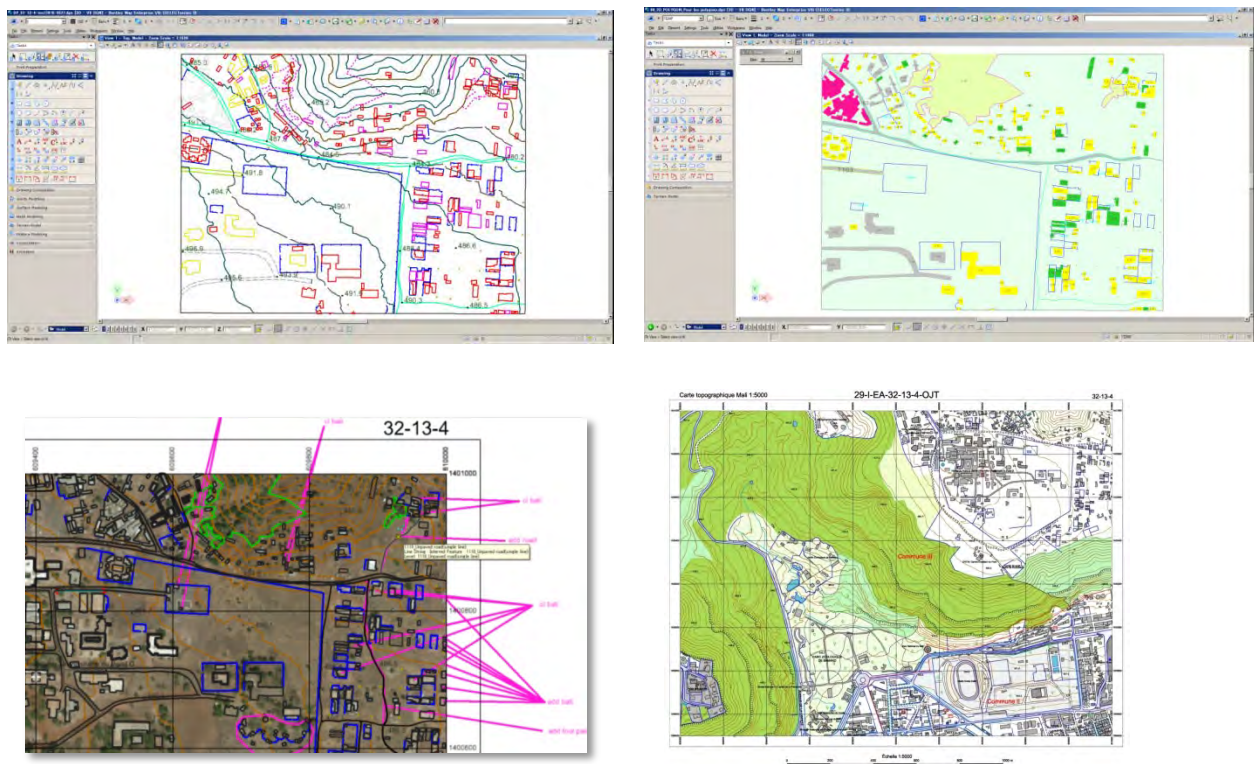
La mission d'étude a donné des conseils approfondis sur le problème essentiel des changements chronologiques que l'IGM aura mission de résoudre pour la maintenance des informations géographiques après la fin du Projet.

Les cours théoriques ont porté sur les matériaux faisant l'objet de la correction chronologique que sont les photographies aériennes, les images satellites et les plans de conception des installations, les informations telles que la position et la disposition des installations et équipements, etc., et sur les changements survenus dans la zone objet de la correction chronologique, en particulier ceux par

agrandissement/disparition au niveau des routes, ponts, reliefs, établissements publics intervenant suite à un développement de grande envergure, une catastrophe naturelle, etc.

Lors de la numérisation des orthophotos, il est essentiel de dessiner une vraie position et non le toit d'un bâtiment, et la mission d'étude a expliqué aux stagiaires de l'IGM l'importance de la collaboration avec les techniciens de photogrammétrie à cet effet, et favorisé leur compréhension en leur montrant des écrans 3D de l'encadrement technique sur la restitution numérique du paragraphe 4.3.6 plus haut.

Enfin, l'introduction de données et les opérations de jonction après la création de données polygonales ont été faites dans le cadre de la formation OJT de la correction chronologique en utilisant les données obtenues par la formation OJT du changement chronologique réalisée dans l'encadrement sur la restitution numérique. La compréhension de l'importance de la jonction avec les données de cartes existantes a ainsi été approfondie. La partie à lignes rouges épaisses indiquant la zone de changement chronologique a été fusionnée sur la carte existante, et les emplacements à corriger extraits en magenta ont été traités avec l'ortho-image à l'arrière-plan.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-24 Résultats de la formation au changement chronologique

(en haut à gauche : résultat des exercices, en haut à droite : données polygonalisées, en bas à gauche : carte d'enregistrement des changements chronologiques, en bas à droite : résultat final)

(4) Evaluation rubrique par rubrique

Le programme de transfert technologique portant sur l'édition numérique et la symbolisation de la carte a pour objectif, après compréhension des spécifications et des règles de symbolisation, l'acquisition de données ayant une précision adaptée à l'édition à partir des données de restitution numérique. Le degré de maîtrise des compétences des 3 stagiaires de l'IGM concernant l'édition numérique, la symbolisation de la carte et la correction partielle, vérifié au cours du transfert de technologies, a été évalué ci-dessous rubrique par rubrique.

1) Edition numérique

L'encadrement a été effectué par exercices pratiques répétés, et la mission d'étude a jugé que les stagiaires de l'IGM ont compris les opérations nécessaires à l'édition numérique, ainsi que les commandes et fonctions du système d'édition numérique. Toutefois, pour les contrôles corrects s'appuyant sur la compréhension, les corrections (nettoyage des données) et la création de topologie, ainsi que la série d'activités pour la correction chronologique, la formation en continu sera nécessaire pour qu'ils puissent réaliser le traitement correct instantané.

2) Symbolisation

La mission d'étude a jugé que les stagiaires de l'IGM ont bien compris la symbolisation de la carte et bien acquis les connaissances et les techniques concernant le processus de création des symboles et types de ligne. L'utilisation des techniques acquises en continu dans leur travail quotidien est souhaitable.

3) Degré d'atteinte des objectifs de la formation

Après l'encadrement technique portant sur l'édition numérique et la symbolisation de la carte, l'auto-évaluation des 2 stagiaires de l'IGM concernant ces matières a été effectuée avec les mêmes indicateurs que l'enquête initiale. Les résultats de comparaison entre l'auto-évaluation et l'enquête initiale ont été les suivants. (Figure 4-25).

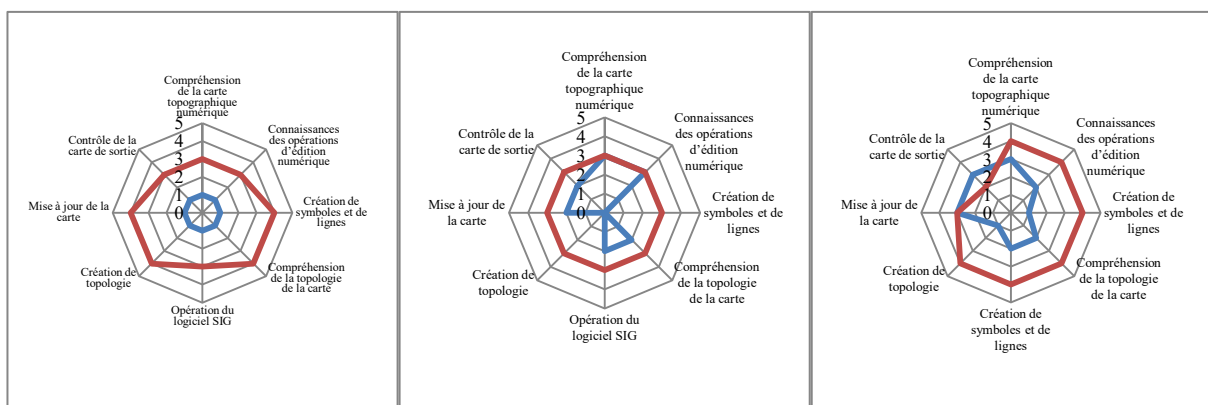


Figure 4-25 Evaluation du niveau technique des 3 stagiaires de l'IGM pour l'édition numérique et la symbolisation de la carte

(en bleu : auto-évaluation préalable, en rouge : auto-évaluation ultérieure)

Comme indiqué ci-dessus, l'IGM n'ayant pratiquement aucune expérience de l'édition numérique des données de base SIG, données tridimensionnelles y compris, il a été nécessaire d'approfondir la compréhension des opérations de base et des configurations d'environnement. Aussi, pendant la période de formation, plus de temps que nécessaire a été consacré au nettoyage des données tridimensionnelles et à l'acquisition des connaissances nécessaires à la création de topologie.

La mission d'étude a espéré que les stagiaires de l'IGM feraient sans aide l'édition numérique et la symbolisation de la carte en appliquant les opérations et connaissances de base enseignées à leurs activités quotidiennes. Mais ils n'ont pas atteint le niveau permettant l'utilisation des techniques dans leurs travaux pratiques. De ce fait, les explications sur ces techniques ont été répétées en plusieurs fois dans la seconde moitié du programme, et la mission d'étude a finalement jugé que les stagiaires ont obtenu un certain niveau de compréhension, mais elle leur a conseillé en même temps de poursuivre la formation. .

4.3.8 Structuration SIG

(1) Enquête initiale pour l'identification du niveau technique de l'IGM

Une enquête préalable a été menée pour saisir l'expérience des stagiaires de l'IGM en SIG et gestion de base de données, et collecter les informations de base du point de vue des participants:

- 1) Un des stagiaires avait non seulement des connaissances suffisantes en gestion du système informatique, mais aussi du concept de gestion de la base de données relationnelle et orientée objet. Ce stagiaire connaissait aussi bien le système de gestion de la base de données Access, PostgreSQL et MySQL de Microsoft, mais n'avait aucune expérience de l'opération des logiciels CAO;
- 2) Les 2 autres stagiaires avaient de faibles connaissances sur le système informatique et la gestion de base de données, mais connaissaient bien les logiciels CAO;
- 3) Aucun des stagiaires n'avait l'expérience du travail avec SIG. Mais ils avaient des connaissances sur ArcGIS et QGIS, et aussi l'expérience de la formation SIG; et
- 4) L'IGM a reconnu la nécessité d'organiser en toute hâte la formation à SIG et à la gestion de la géodatabase pour améliorer ses données SIG.

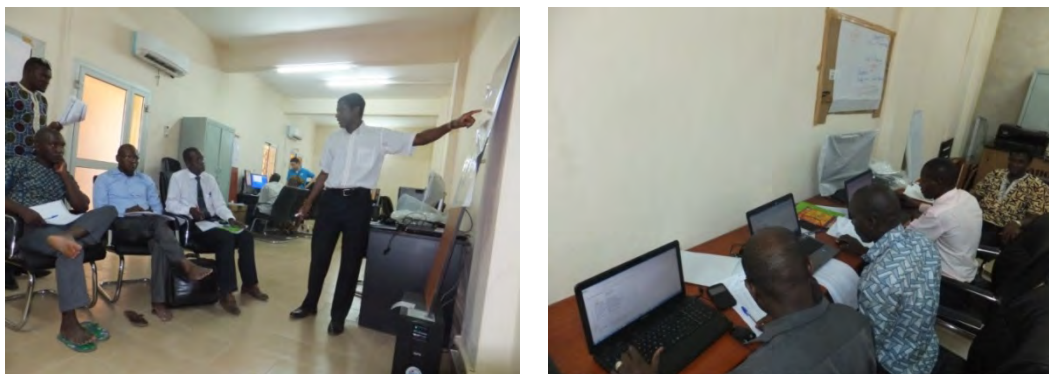
(2) Teneur de l'encadrement technique

Après avoir identifié le niveau technique des stagiaires de l'IGM comme ci-dessus, la mission d'étude a organisé un atelier concernant la formation pour l'exécution du programme de transfert technologique portant sur la conception et la gestion de la géodatabase. Les objectifs concrets de la formation réalisée cette fois-ci ont été les suivants :

- 1) Compréhension du concept et de la conception de la géodatabase ;
- 2) Création de modèles efficaces et conception d'un schéma de géodatabase facilitant le stockage des données ;
- 3) Créations de composants de la géodatabase, tels que sous-types et topologie, conformément aux règles de symbolisation ; et
- 4) Passage efficace des données de base SIG créées dans ce Projet à la géodatabase.

Le programme du transfert technologique consistait en formation technique sur 14 jours pour les 3 stagiaires de l'IGM. Les cours théoriques ont compté pour 10% du total, et le reste a été consacré aux exercices pratiques à l'aide d'ArcGIS10.3 produit et fourni dans ce Projet, conformément au contenu des cours théoriques (Photo 4-5).

Les résultats de la formation et des exercices pratiques ont servi à l'évaluation des capacités des participants à la formation. Tout au long de la période de cette formation, une auto-évaluation par les stagiaires a également été faite de temps en temps, afin que la mission d'étude puisse saisir les points qu'ils n'ont pas bien compris et les connaissances/capacités qu'ils ont acquises.



(Source: Mission d'étude)

Photo 4-5 Cours théoriques sur la structuration SIG et la géodatabase

1) Conception et gestion de la géodatabase

La formation à la gestion de la géodatabase a consisté en exercices pratiques centrés sur les 4 thèmes ci-dessous. Les résultats de la formation et des exercices pratiques ont servi à l'évaluation des capacités des participants à la formation. Tout au long de la période de cette formation, une auto-évaluation par les stagiaires a également été faite de temps en temps, afin que la mission d'étude puisse saisir les points qu'ils n'ont pas bien compris et les connaissances/capacités qu'ils ont acquises.

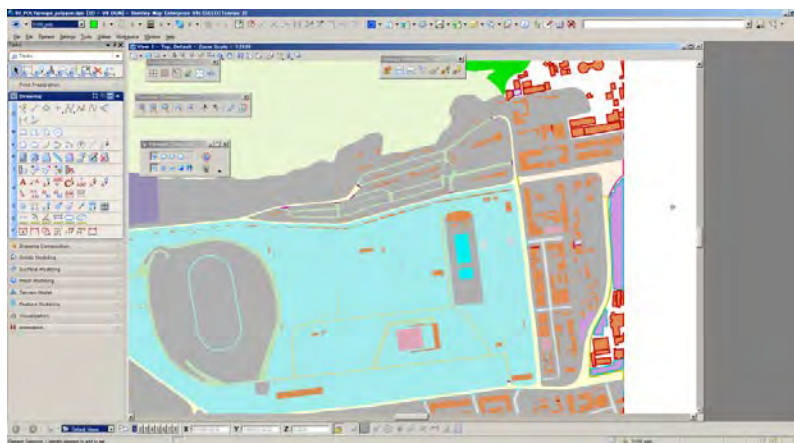
- Conception d'un schéma simple de géodatabase
- Création et entrée de la géodatabase
- Classification des éléments tels que sous-types

- Importation de données raster

2) Création d'une topologie pour les données SIG

Pour la création de la topologie, l'encadrement s'est axé sur la création d'une topologie des polygones. Après l'explication des conditions nécessaires à la topologie des polygones : types, points (texte y compris), lignes, polygones des différentes topologies, et commentaires sur les exceptions, des exercices pratiques ont été faits sur la zone objet de la formation OJT (Figure 4-27).

La création d'une topologie des polygones est un travail important pour l'IGM lorsque celui-ci envisage de créer, gérer et maintenir lui-même les données. La mission d'étude a donc consacré un temps suffisant aux exercices pratiques de ce travail. En particulier, on a mis l'accent sur l'importance de l'auto-développement des compétences, notamment en démarche de résolution des erreurs, c'est-à-dire « identification de la cause des erreurs ».



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-26 Résultats des exercices pratiques

3) Evaluation post-formation

La mission d'étude a évalué le degré de maîtrise des techniques des 3 stagiaires de l'IGM concernant la structuration SIG vérifié au cours des sessions d'encadrement technique ci-dessus.

La Figure 4-27, qui présente le résultat post-formation, montre une analogie d'évaluation entre les stagiaires et les experts du Projet. Vu qu'ils utilisaient le logiciel SIG pour la première fois, leur performance a en général été jugée bonne. Toutefois, le niveau de difficulté de la conception d'un schéma simple de géodatabase et de la création et l'entrée de la géodatabase a semblé élevé pour les stagiaires du système informatique, mais on a jugé qu'ils les avaient compris en fin de compte grâce aux exercices pratiques réalisés conformément au manuel de formation.

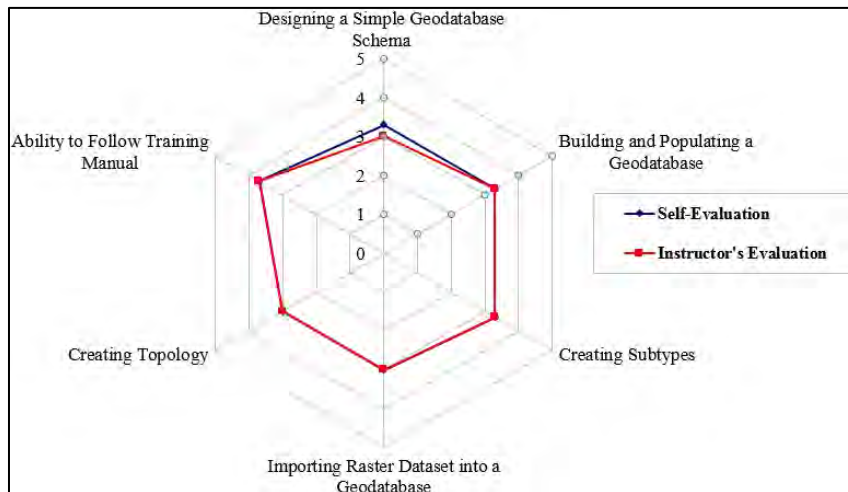


Figure 4-27 Auto-évaluation des stagiaires et évaluation des experts après l'encadrement technique

En général, pour l'importation de données raster dans la géodatabase et la création d'une topologie, divers problèmes sont survenus à cause des connaissances insuffisantes sur les modèles de données SIG (modèles raster, vectoriel) de tous les stagiaires. Pour résoudre ces problèmes, la mission d'étude a répété des explications fondamentales sur la gestion de la base de données par SIG et le concept de topologie pour promouvoir la compréhension des stagiaires en ces matières.

Malgré le problème de conception et de gestion de la géodatabase quant à l'entrée de la topologie et des données raster, la compréhension de tous les stagiaires s'est approfondie, et vu leurs connaissances/expériences antérieures, l'auto-évaluation des participants a généralement été positive. En conclusion, la mission d'étude a fourni des recommandations ci-dessous auprès de l'IGM ayant un tel potentiel élevé, notamment les mesures à prendre par lui pour maintenir en permanence un niveau de qualité élevé pour les informations géographiques:

- 1) Ce qu'on peut dire à tous les stagiaires, c'est qu'il faut perfectionner leurs capacités techniques pour la gestion de la géodatabase. Pour renforcer les connaissances et techniques concernant la géodatabase, l'IGM doit réaliser en continu un programme de formation technique;
- 2) Pour que l'IGM promeuve la formation SIG, un environnement permettant un dialogue étroit entre l'IGM et les organismes concernés doit être aménagé; et
- 3) Pour promouvoir la mise en commun des données SIG, les données ordinaires et les données appropriées confondues, il est souhaitable qu'un labo SIG permettant la gestion cohérente d'un vaste ensemble de données SIG soit créé au sein de l'IGM.

4.3.9 Contrôle de la qualité

4.3.9.1 Levé des points d'appui

Le contrôle de la qualité du levé des points d'appui a été axé sur les 4 points suivants. Les résultats ont été compilés dans les descriptions, et utilisés pour l'aérotriangulation subséquente.

(1) Contrôle de la précision des points géodésiques existants

La mission d'étude a vérifié de visu avec les personnels de l'IGM que les points géodésiques existaient sur place en bon état et que leurs conditions d'implantation n'ont pas fait obstacle à l'observation GNSS.

Ensuite, par observation GNSS, la mission d'étude a vérifié si les valeurs des coordonnées des points géodésiques (X, Y, Z) conservaient une précision permettant leur utilisation en tant que points d'appui. A ce moment-là, on a vérifié si les personnels de l'IGM pouvaient mettre l'appareil d'observation en place correctement, et effectuer le réglage initial du récepteur GNSS pour bien recevoir les informations de satellite.

Puis, en utilisant les résultats reçus, on a comparé les valeurs des coordonnées planes résultats de l'analyse de la ligne de base effectuée et les résultats existants pour vérifier qu'il n'y a pas de différence.

Concrètement, on a observé 4 points D0035, D0030, D0050 et B11, et évalué les résultats du calcul d'ajustement du réseau en recourant à 4 points géodésiques existants. Ce contrôle de la précision a permis de juger l'aptitude de ces points en tant que points de contrôle du squelette dans le levé des points d'appui.

(2) Contrôle de la précision des observations GNSS

L'IGM a jusqu'ici réalisé des observations GNSS au moyen d'un rayonnement, mais dans ce Projet on est passé à la méthode de polygonaion. L'observation simultanée avec 4 appareils GNSS étant nécessaire pour cette méthode, la mission d'étude a donné des instructions aux personnels de l'IGM pour cette méthode.

Avant les travaux, un plan de travail d'observation (plan de sessions) a été établi avec les personnels de l'IGM qui connaissent bien les conditions de circulation et la géographie de la région. Et on a confirmé l'exécution sans faute de cette observation conformément au plan.

(3) Gestion de la précision du nivellement

Le contrôle de la qualité a été effectué par OJT (gestion des données et gestion de la précision) dans le cadre du contrôle de la précision du nivellement. L'IGM a une grande expérience du nivellement, et la précision de la mesure d'un point à d'autres a été dans les normes. Mais il y a eu des erreurs par-ci par-là dans la gestion des données, ce qui a eu un impact négatif sur les résultats définitifs.

Cela est dû au fait que les travaux d'inspection des erreurs de transcription survenant à chaque étape de l'établissement des résultats intermédiaires du nivellement et des erreurs de calcul ne sont pas enracinés. De ce fait, nous avons réalisé un transfert de technologie par OJT pendant les travaux de nivellement sur la méthode de gestion des données à chaque étape et le contrôle de la précision, et perfectionné le contrôle de la qualité.

(4) Gestion de la précision de l'analyse des lignes de base

Avec le logiciel d'analyse des points d'appui LGO (Leica Geo Office) fourni par le Projet, on a effectué une analyse tridimensionnelle des résultats des observations GNSS et des résultats du nivellement ci-dessus, et a obtenu une déviation standard de 18 cm, que l'on a appliquée à la triangulation subséquente.

4.3.9.2 Identification du terrain/complètement cartographique

L'encadrement technique pour le contrôle de la qualité de l'identification du terrain/complètement cartographique a été axé sur les 2 points suivants.

(1) Compréhension des règles de travail et des règles de symbolisation

Les apprentissages répétés par OJT sur le positionnement de l'identification du terrain et du complètement cartographique dans la cartographie topographique à grande échelle ont permis la compréhension du sens de l'étude conformément au manuel de travail et aux règles de symbolisation.

En particulier, pour le complètement cartographique, la mission d'étude a interviewé chaque équipe sur ses résultats d'étude après l'étude du premier jour, et vérifié point par point l'absence de contradiction, lacune ou manque, etc. dans les résultats d'étude. Ces vérifications répétées ont permis de juger que l'étude a été faite conformément au manuel de travail.

(2) Mise en œuvre de l'inspection et correction des erreurs, du contrôle de la qualité et de la gestion du processus (établissement du tableau de gestion de la précision, établissement du calendrier des travaux)

Pour la gestion du processus, chaque équipe a établi le graphique de sa progression (Figure 4-28), qui chaque jour a été affiché dans le bureau de la mission pour que tout le monde puisse le vérifier. Cela a

permis de comparer d'un coup d'œil la progression de chaque équipe, et de comprendre la nécessité de la gestion journalière et de la gestion de la progression.

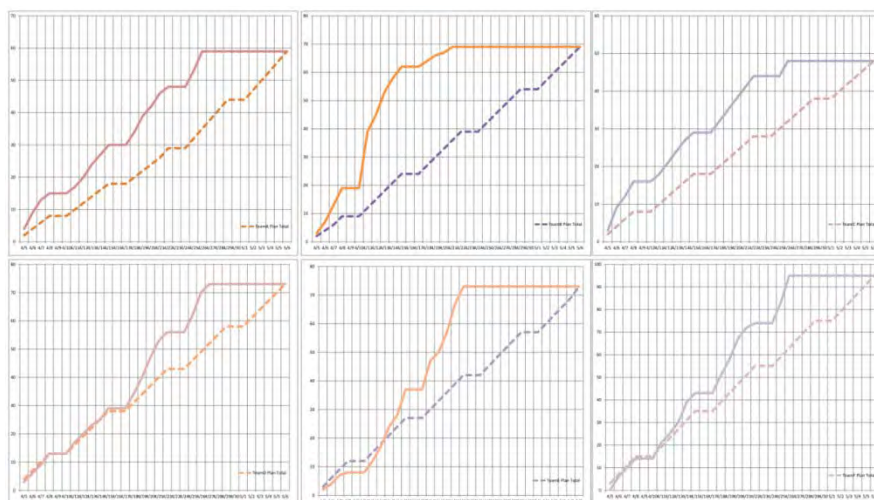


Figure 4-28 Graphiques de la progression de chaque équipe d'étude (vérification sur le terrain)

En outre, le rôle des experts japonais et de l'équipe d'étude de l'IGM a été défini processus par processus pour le contrôle et la correction des erreurs, et le contenu de l'inspection a été vérifié et les corrections apportées. Le Tableau 4-14 présente le contenu du contrôle et les corrections d'erreurs majeures de chaque processus.

Tableau 4-14 Contenu du contrôle et des corrections d'erreurs

Processus	Contenu du contrôle	Corrections apportées, etc.
Mise en ordre des points à étudier	Absence de lacunes dans le travail de vérification des toponymes, par ex. noms de bâtiments	Après vérification par l'équipe d'étude, un expert japonais a vérifié le résultat d'étude, a signalé les lacunes ou points ambigus s'il y a lieu, et l'équipe d'étude les a corrigés.
	Mise à jour correcte des données par l'enquêteur effectuée après vérification des toponymes par ex. noms de bâtiments, en les entrant dans le fichier EXCEL.	Après l'entrée par l'équipe d'étude, l'expert japonais a imprimé la liste indiquant les antécédents avant et après les corrections, et l'équipe d'étude a comparé avec le manuscrit corrigé. En cas de correction, des données EXCEL ont été corrigées. L'expert japonais a effectué le contrôle final.
	Mise en ordre correcte des emplacements d'étude sur la carte de complètement cartographique	Après mise en ordre sur la carte de complètement par l'équipe d'étude, l'expert japonais a vérifié son résultat, a signalé les corrections à apporter s'il y a lieu, et l'équipe d'étude a corrigé.
Vérification sur le terrain	Vérification totale de tous les emplacements objets de l'étude. Absence de défaut dans le contenu de l'étude.	Dès le retour de l'équipe, l'expert japonais a vérifié les résultats d'étude, a signalé les lacunes et éléments incomplets s'il y a lieu, et pour les rubriques pour lesquelles la résolution a été impossible sur place, a ordonné une nouvelle étude sur le terrain le jour suivant.
Mise en ordre des résultats d'étude et création de données	Entrée correcte dans le fichier EXCEL des résultats d'étude notés sur le cahier de terrain	Après l'entrée des données dans le fichier EXCEL par l'expert japonais, la correction a été apportée par l'enquêteur aux emplacements erronés, découverts par la comparaison avec les documents source.
	Concordance entre le nombre de cas montrés sur la carte des résultats d'étude et celui des résultats notés sur le cahier de terrain et entrés dans le fichier	Après l'entrée des données dans le fichier EXCEL et SIG par l'expert japonais, celui-ci a vérifié les données et a fait corriger en cas de problème.

	EXCEL	
Ajustement des annotations pour leur représentation sur la carte	Vérification totale du contenu indiqué sur la liste d'ajustement des annotations	L'expert japonais a contrôlé de visu la liste vérifiée par l'agent de l'IGM chargé et a demandé la correction en cas de problème.
	Entrée correcte des abréviations dans le fichier EXCEL	Après l'entrée des données dans le fichier EXCEL par l'expert japonais, celui-ci l'a sorti, et a demandé les corrections au besoin en cas d'oubli d'une entrée, d'erreur etc.
Vérification du nom et des points de début et de fin des routes et rivières	Enregistrement correct du contenu du document source pour l'étude des routes dans le manuscrit d'entrée	L'expert japonais a vérifié la carte manuscrite d'entrée produite par l'enquêteur, et a demandé la correction en cas de lacune ou d'emplacement erroné.
	Conformité des données entrées dans le fichier SIG avec celles du document source pour l'étude des routes	Les données SIG entrées par l'équipe d'étude ont été sorties par chaque unité de carte d'étude (carreau), et l'équipe d'étude elle-même a comparé avec la carte manuscrite en tant que contrôle primaire. Après la fin du contrôle primaire, l'expert japonais a effectué un contrôle secondaire des données corrigées.
Vérification du raccordement au réseau électrique	Raccordement correct au réseau électrique	La carte a été vérifiée avec l'agent de l'EDM (Energie du Mali), la compagnie malienne chargée de la production, du transport et de la distribution des énergies, et un emplacement erroné a été corrigé.
Création des limites de quartier	Représentation correcte des données à partir des documents source	Le résultat de la représentation faite par l'expert japonais a été vérifié par l'agent de l'IGM chargé, et les emplacements en blanc et les emplacements non conformes à d'autres couches (limites de commune) ont été corrigés.

4.3.9.3 Aérottriangulation

Au calcul d'aérottriangulation, on a recherché la position des points cardinaux (XYZ) de l'appareil photo au moment de la prise de vues ayant pour point de vérification les coordonnées du point de contrôle au sol, ainsi que l'inclinaison de l'appareil photo (les angles de rotation sur les 3 axes XYZ, oméga, phi, et kappa). En même temps, le résultat du calcul a été jugé à partir des erreurs géodésiques résiduelles entre la valeur Sigma représentant l'écart par rapport au degré de qualité et le point d'appui. L'encadrement technique composé de cours théoriques et pratiques a été fourni sur le critère de jugement déterminé en fonction de l'échelle de prise des photographies aériennes utilisées et de la taille du CCD de l'appareil photo aérien. Cet encadrement a permis aux personnels de l'IGM d'effectuer le contrôle de la qualité sur la base de ce critère de jugement.

Ces résultats ont été reportés dans le « Tableau de gestion de la précision d'aérottriangulation » et conservés. Comme indiqué au paragraphe précédent 4.3.5, les personnels de l'IGM a évalué la qualité des données de restitution numérique créées lors de la formation pratique, et établi eux-mêmes le tableau de gestion de la précision en recourant à une formule de gestion de la précision préparée par la mission d'étude. Il est souhaitable que l'IGM poursuive cette activité en améliorant la formule conformément aux critères de conception et aux spécifications des informations géographiques nationales du Mali que le CIIG définira dans le futur.

4.3.9.4 Orthophoto

Dans le contrôle de la qualité du MNE ordinaire, on recourt à une méthode consistant à contrôler les points d'élévation extraits de manière partielle et aléatoire pour leur enregistrement. Mais, actuellement, la qualité du MNE de l'IGM étant partiellement instable, cette méthode de contrôle provoque une qualité variable selon le produit. Pour cette raison, dans le contrôle de la qualité effectué par ce Projet, les techniques basées sur le contrôle visuel de l'élévation du MNE (contrôle de tous les cas) par écran 3D ont été transférées.

En conclusion, la mission d'étude a estimé que les stagiaires de l'IGM ont bien compris la méthode de contrôle de la qualité, où le point d'élévation du MNE automatiquement généré par unité de modèle est inspecté en utilisant un « tableau de gestion de la précision du MNE » signé par l'inspecteur.

4.3.9.5 Restitution numérique et correction partielle

La restitution numérique et la correction partielle consistant à créer les données numériques tridimensionnelles s'agissant de la même série d'activités, un tableau de gestion de même format a été utilisé pour le contrôle de la qualité.

Ici l'évaluation de la qualité a été faite en recourant aux des données de restitution numérique acquises pendant les cours théoriques et pratiques. Concrètement, on a évalué la qualité des données en comparant directement « les données restituées en excès ou les données manquantes » ou bien « les positions tridimensionnelles des données », ainsi que « les erreurs, attributs quantitatifs » survenus au cours de la classification à l'image du modèle tridimensionnel. Pour les emplacements d'erreur de l'évaluation de la qualité, la mission d'étude a conseillé d'apporter les corrections au besoin, d'ajouter les objets terrestres et de leur reporter sur le processus suivant en tant que données de restitution numérique.

4.3.9.6 Edition numérique et symbolisation de la carte

La mission d'étude a expliqué qu'il y a deux méthodes de contrôle de la carte topographique, à savoir la méthode de contrôle sur l'écran d'ordinateur, et celle à l'aide de la carte imprimée. Pour la première, une étude minutieuse de la structure des données précises est possible en zoomant l'écran, mais on a tendance dans ce cas à inspecter seulement des zones partielles. Pour la seconde, en utilisant la carte imprimée, il est possible de vérifier en une fois une vaste zone en agrandissant l'écran, ce qui permet de contrôler l'uniformité de la carte dans son ensemble.



(Source: Mission d'étude)

Figure 4-29 Carte utilisée pour le contrôle de la zone cible de formation et tableau de gestion de la précision

L'IGM possédant déjà les techniques de production de la carte topographique analogique, la mission d'étude a expliqué à répétition non seulement le contrôle sur l'écran d'ordinateur, mais aussi l'importance du contrôle sur la carte de sortie permettant le contrôle croisé de plusieurs personnes et pour lequel il est facile d'obtenir des conseils de techniciens vétérans.

De plus, la mission d'étude a conseillé aux personnels de l'IGM de tenir les résultats de contrôle dans le tableau de gestion de la précision, non seulement pendant cette formation, mais aussi dans leurs travaux quotidiens, pour qu'ils puissent bien comprendre les erreurs, et améliorer le projet suivant.

5. Perspectives à venir et attentes futures

Les résultats de l'enquête initiale effectuée dans chaque processus de travail du Projet et les observations des activités faites par l'IGM ont révélé plusieurs problèmes. La mission d'étude espère que l'IGM résoudra les problèmes ci-dessous pour se développer dorénavant en organisme en charge des informations géographiques nationales, et qu'il déploiera son leadership vis-à-vis des autres ministères et agences utilisateurs en tant qu'organisme de fourniture des services de données de base SIG et de techniques d'information géographique.

(1) Mise en ordre du contenu de travail et des services à fournir dans la nouvelle organisation

Sans se limiter à la fourniture d'informations géographiques telles que photographies aériennes, images satellites et cartes topographiques, il faudra clarifier la gestion du nouveau CGIG et les services techniques fournis, et faire la publicité sur les produits et les services techniques fournis par l'IGM sur le site Web.

(2) Gestion et réaménagement des points géodésiques

L'une des missions de l'IGM est la gestion des points géodésiques nationaux qui forment l'ossature du territoire malien. Mais certains points géodésiques (points de triangulation, points de nivellement) de la ville de Bamako ont été détruits et ont disparu.

Aussi, une étude de tous les points géodésiques dans la ville de Bamako doit être faite d'urgence, et après réaménagement si nécessaire de nouveaux points géodésiques (y compris mise en place de système de contrôle basé sur GPS), il faudra apporter l'assistance pour l'aménagement des informations géographiques des autres ministères et agences.

(3) Mise à jour des données produites par le Projet

1) Méthode de mise à jour des informations sur les routes et les rivières

Les informations sur les routes ont été produites sur la base de la carte de gestion des routes fournie par la cellule technique d'appui aux communes (CTAC) qui l'utilise pour la gestion des installations routières. Cette carte a été restituée à la CTAC après mise à jour des informations de position en tant que données de base SIG correctes ; on espère qu'elle soit utile dans l'administration des routes. Mais la carte de gestion des routes ne couvre pas des informations sur toute la ville, et il y a des zones où les noms des routes ne sont pas enregistrés. De plus, la gestion des coordonnées n'étant pas faite pour les données mises à disposition, la précision de la position est mauvaise à certains endroits, et les emplacements non identifiables n'ont pas été enregistrés.

Dorénavant, un mécanisme selon lequel les données de la carte topographique à grande échelle produites par ce Projet seront mises à disposition de la CTAC qui en fera le feedback à l'IGM après la mise à jour des données, sera créé pour permettre l'aménagement des informations routières avec une précision uniforme, et la contribution au renforcement de l'efficacité de l'administration routière.

Les noms des rivières et des routes ont été définis en recourant seulement aux informations conservées sur les données au 1/25.000^e existantes, seuls les noms des rivières principales sont donc enregistrés. Comme certains des cours d'eau et rivières fonctionnent aussi en tant que canal de drainage, la collaboration étroite dorénavant avec les ministères et agences qui les gèrent laisse espérer l'utilisation de la carte topographique à grande échelle pour la gestion des rivières et des canaux.

2) Amélioration de la précision des limites administratives (commune, quartier)

Les limites administratives telles que commune et quartier sont des informations fondamentales de la région, et des informations fréquemment utilisées pour saisir la situation et les problèmes dans la région.

Pour l'aménagement des données de base SIG du Projet, les limites des communes ont été dégagées de la carte topographique 1 :20.000^e produite dans les années 1980, et pour les limites des quartiers, la carte urbaine au 1 :25.000^e a été utilisée ; de ce fait, la précision de position n'est sans doute pas très bonne. D'autre part, les limites n'ont pas pu être dessinées pour le cercle de Kati à cause de l'absence de données sources, et seuls les noms de lieux ont été enregistrés. Dorénavant, les informations des divisions administratives devront être précisées en entretenant une liaison harmonieuse avec les autorités chargées des affaires intérieures et les autres organismes concernés sur la base des données produites dans le présent Projet.

3) Production de la carte topographique de la zone hors cible

Des modèles stéréo tridimensionnels ayant recours aux résultats de l'aérotriangulation réalisée dans ce Projet sont déjà établis. Par conséquent, la production de la nouvelle carte couvrant une superficie de 880 km² non ciblée par le présent Projet est attendue en supposant des demandes futures faites par les différents ministères et agences ou la mairie du district de Bamako pour leurs plans de développement et les schémas directeurs.

4) Correction chronologique sur la portée de la carte topographique

La carte topographique au 1 :5.000° (520 km²), qui est un produit issu du Projet, a été créée à l'aide de photographies aériennes prises en mars 2015. L'avantage de ce produit consiste à rendre visible sur la carte (une seule feuille) des informations d'élévation du sol qui n'existait pas jusque-là, et ces informations pourront servir dans l'immédiat en tant que données de référence de hauteur. D'autre part, des développements partiels progressant rapidement dans la ville de Bamako, la fraîcheur des données diminuera graduellement. De ce fait, en cas de modification des éléments structurels ou du relief, il faudra d'abord effectuer la correction chronologique planimétrique à l'aide d'ortho-images.

5) Collaboration avec la DNDC (Direction Nationale des Domaines et du Cadastre)

Les orthophotos et la carte topographiques au 1 :5.000°, produites par le Projet, ont une précision bien adaptable au Plan de levés cadastraux établi par la DNDC. Aussi, le soutien des services de levés cadastraux par collaboration avec la DNDC contribuera-t-il indirectement à l'amélioration des services administratifs de la ville de Bamako.

(4) Spécifications techniques des informations géographiques

Dans ce Projet, les spécifications techniques pour la production de la carte topographique au 1 :5.000° et la géodatabase des données de base SIG ont été élaborées. Et puisqu'il s'agit ici avant tout de données de base d'information géographique partageables, ces spécifications ne se limitent pas à l'IGM, mais sont les spécifications techniques des informations de base du Mali. L'IGM qui comprend aussi bien ce point, doit établir des lignes directrices, etc. et faire des efforts pour les divulguer à tous les utilisateurs des informations géographiques.

La mission d'étude espère que l'IGM assumera dorénavant la responsabilité de toute modification ou mise à jour des différentes spécifications techniques élaborées dans ce Projet pour les rendre applicables également par les différents ministères et agences.

(5) En vue de la mise en place de l'INDS

Les informations géographiques ne sont qu'une information de base sur l'espace territorial, elles ne peuvent pas directement résoudre les différents problèmes dont souffre Bamako et permettre son développement urbain. Par conséquent, la compréhension mutuelle et la communication sont essentielles en ce qui concerne le partage des rôles entre l'IGM (fournisseur des données) et les utilisateurs des informations géographiques ; les problèmes pour l'utilisation des informations géographiques sont dus à la faiblesse de la collaboration latérale.

De ce fait, le cadre des organismes de l'ensemble du Mali doit être étudié, et des directives d'opération élaborées pour assurer le partage des informations par tous les ministères et agences et tous les secteurs utilisateurs. Ce point est déjà remarqué dans le plan d'action de la PNIG, et toutes les informations géographiques nécessaires (ou insuffisantes) pour satisfaire les besoins des utilisateurs des informations géographiques seront représentées et gérées dans les données de base SIG (carte de base) créées par l'IGM, et en fin de compte, toutes les données d'information géographique (informations thématiques) seront partagées entre les ministères et agences.

Dans le système ayant recours à l'INDS, l'IGM est confié à la charge de production d'une carte de base. Les autres organismes utilisateurs représentent leurs données thématiques sur cette carte de base. Vu les ateliers réalisés dans le Projet, l'IGM comprend en principe ce système avec l'INDS. D'autre part, les organismes affiliés au CNIG etc. qui sont les utilisateurs des données produites semblent avoir compris ce système. Dans la situation où les préparatifs pour la création du CGIG qui est un récepteur des informations géographiques viennent de commencer, la première tâche à faire en urgence par l'IGM, est de fournir les données faciles à utiliser (ce besoin a été mis en évidence dans le Chapitre 2, paragraphe concernant l'identification des besoins), d'apporter son soutien pour transmettre les techniques SIG, et de fournir les informations utiles et connexes.

(6) Conclusion

Le présent Projet a été réalisé conjointement par la mission d'étude et les homologues de l'IGM pendant environ 21 mois, de février 2015 à octobre 2016. Dans la première moitié du Projet, alors que la sécurité publique se dégradait à Bamako, l'IGM a principalement effectué le levé des points d'appui et l'identification du terrain/complètement cartographique. Puis, dans la seconde moitié du Projet, un programme de transfert de technologies pour la cartographie numérique au 1 :5.000^e, comprenant la prise de photographies aériennes avec les équipements fournis par le Projet, a été établi, et le transfert de technologies concernant la création et la correction des données de base GIS a été réalisé vis-à-vis de l'IGM.

L'IGM avait déjà l'expérience de la cartographie analogique à petite échelle et plus récemment de la création d'une carte topographique (1 :200.000^e) par restitution numérique assistée par l'IGN France, mais ce Projet a été sa première expérience de la production d'une carte topographique à grande échelle. De ce fait, il a fallu beaucoup de temps aux stagiaires de l'IGM pour comprendre et acquérir les différences de conception et de méthode de production qui varient en fonction des échelles.

La carte topographique au 1 :5.000^e produite dans ce Projet est une carte numérique, ce qui rendra faciles les additions et la correction. Dorénavant, il sera essentiel que l'IGM assure son renouvellement conformément à la situation de Bamako en s'appuyant sur les techniques et

l'expérience acquises via le Projet. Bien entendu, l'IGM n'a pas acquis l'ensemble des techniques requises via le programme de transfert de technologies dont il a fait l'expérience.

Toutefois, l'IGM a obtenu les équipements nécessaires à la production de la carte topographique à grande échelle, ainsi que les manuels de travail des différents processus. En plus de cet environnement, il a aussi acquis les orthophotos (1.400 km²) à partir des photographies aériennes prises dans le Projet et des résultats de l'aérotriangulation. Comme indiqué plus haut, l'IGM pourrait commencer tout de suite les travaux pour la zone restante non aménagée (880 km²), exclue de la zone cible de cartographie (520 km²) du Projet.

Ainsi, la mission d'étude espère qu'après la fin du Projet, l'IGM, tirant avantage des connaissances/techniques ainsi acquises, procédera lui-même à la cartographie topographique au 1 :5.000° de la zone non couverte, et déterminera par tâtonnements une méthode de production de la carte topographique à grande échelle propre au Mali.

Pour terminer, la mission d'étude a vraiment bénéficié du soutien d'un grand nombre de personnes pour la mise en œuvre de ce Projet en dépit de la situation au Mali où la sécurité publique ne cesse de s'y dégrader. Et nous voudrions exprimer de notre gratitude au Directeur général de l'IGM, et aux homologues maliens, ainsi qu'à l'Ambassade du Japon au Mali, au bureau JICA au Sénégal et à tous les experts délégués au Mali pour leur prise en compte de la sécurité de la mission, et leur soutien et leur collaboration considérables pendant notre séjour à Bamako, alors que nous devons réaliser les activités sans encombre dans un temps limité.

Annexes

1. Procès-verbal de la Réunion
2. Rapport de la cérémonie de lancement
3. Le système UTM ver.1.0 (alimentation électrique sans coupure)
4. Renseignements marginaux-1 pour le carte topographique à l'échelle 1 :5000 Ver.2,3
5. Méthodologie du système de numérotation Ver 2,1
6. Signes Cartographiques et Applications des Règles Relatives aux Cartes À Grand Échelle Ver4,0
7. Règles des annotations Ve2,4
8. Documents pour les explications des activités de relations publiques (promotion de l'utilisation des données)
9. Programme de l'Atelier
10. Séminaire Final du Projet
11. Attestation
 - 11-1 Certification de trois (3) lots equipments de nivellement
 - 11-2 Mise à disposition gratuite de materiele
 - 11-3 Proces-verbal de transfert de cession de moyens materiels entre la JICA et l'IGM
 - 11-4 Inspection supervisoir equipments de JICA
 - 11-5 Attestation de réception

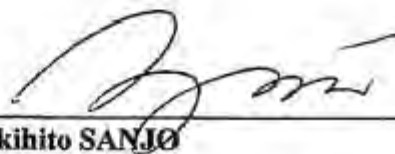
1. Procès-verbal de la Réunion

RECORD OF DISCUSSIONS
ON
PROJECT FOR ESTABLISHMENT OF GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEM (GIS) FOR THE CITY OF BAMAKO
AND SURROUNDING
IN
REPUBLIC OF MALI
AGREED UPON BETWEEN
GEOGRAPHIC INSTITUTE OF MALI
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Bamako, 17 November, 2011



Ando Enko GUINDO
Director General
Geographic Institute of Mali



Akihito SANJO
Leader
Detailed Planning Survey Team
Japan International Cooperation Agency

In response to the official request of the Government of Mali (hereinafter referred to as “the GoM”) to the Government of Japan (hereinafter referred to as “the GoJ”), the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) held a series of discussions with Geographic Institute of Mali of the GoM (hereinafter referred to as “IGM”) and relevant organizations to develop a detailed plan of the Project for establishment of Geographic Information System (GIS) for the city of Bamako and surrounding (hereinafter referred to as “the Project”).

Both parties agreed the details of the Project and main points discussed as described in the Appendix 1 and the Appendix 2, respectively, and to request their respective governments to proceed with the necessary procedures for implementation of the Project.

Both parties also agreed that IGM, the counterpart to JICA, will be responsible for the implementation of the Project in cooperation with JICA, coordinate with other relevant organizations and ensure that the self-reliant operation of the Project is sustained during and after the implementation period in order to contribute toward social and economic development of the Mali.

The Project will be implemented within the framework of the Note Verbales to be exchanged between the GoJ and the GoM.

The effectiveness of the Record of Discussions is subject to the approval of JICA.

Appendix 1: Project Description

Appendix 2: Main Points Discussed

Two handwritten signatures are present at the bottom right of the page. The first signature is a stylized mark consisting of a horizontal line with a diagonal stroke crossing it from the bottom left to the top right. The second signature is a cursive, handwritten name that appears to be 'Am'.

Appendix 1

PROJECT DESCRIPTION

I. BACKGROUND

Republic of Mali (hereinafter referred to as "Mali") is a landlocked country surrounded by Senegal and Mauritania on the west, Algeria on the north, Niger on the east, Burkina Faso and Cote d'Ivoire on the south, Guinea on the southwest. In recent years, the population of the capital city of Bamako has been increasing from about 1 million people in 1998 to about 1.8 million people in 2009 because of the economic growth.

Increased people live in the periphery of the city disorderly. Then, it leads the problem called suburban sprawl. In such areas, there are not enough roads, water supplies, infrastructure facilities, hospitals, and schools. At the same time, the residential environment and the security situation are deteriorating. Such problems become barriers to social and economic development.

Under these circumstances, the city of Bamako and the Ministry of Urban Planning has formulated a master plan (prepared from 1995 through 2005, established in 2011), proposing a plan for infrastructure construction. However, this plan is based on a topographic map on the small scale of 1/50,000 (one to fifty thousands) with the assistance of France in 1988. Therefore some problems arise as follows;

- 1) the map needs updating,
- 2) the master plan does not take account of information about gradient and detailed building placement,
- 3) the master plan limits the scope only in the city center, and does not include expanded settlements.

Based on the background above, the GoM has requested the GoJ for assistance in the production of a topographic map on the large scale of 1/5,000 (one to five thousands) to cover not only the central area of the city of Bamako but also its surrounding, which will be needed for the formulation of the development program, the development of infrastructure, and the management of water and environment.

II. OUTLINE OF THE PROJECT

1. Title of the Project

In order to be correspondent to the scope of the Project mentioned above, both side agreed to change the title of the Project from "Project for establishment of Geographic Information System (GIS) for the city of Bamako and surrounding" to "Digital topographic mapping project for the Bamako metropolitan area"

2. Expected Goals which will be attained after the Project Completion

(1) Goal of the Proposed Plan

The digital topographic maps as shown in Annex 1 at the scale of 1:5,000 (one to five thousands) are prepared.

(2) Goal which will be attained by utilizing the Proposed Plan

The sustainable and efficient socioeconomic development plan in the city of Bamako and its surrounding is formulated and implemented.

3. Outputs

(1) Production of the digital topographic map of Bamako city and its surrounding

- 1) One (1) set of aerial photo
- 2) One (1) set of digital orthophoto data of the project area
- 3) One (1) set of result of ground control point survey
- 4) One (1) set of result of aerial triangulation
- 5) One (1) set of 1/5,000 (one to five thousands) scale digital topographic maps
- 6) One (1) set of 1/5,000 (one to five thousands) scale digital topographic data
- 7) One (1) set of technical specification

(2) Capacity development of counterpart personnel

4. Activities

(1) Review of Existing Conditions

Existing conditions relevant to the Project including organization structure, mapping system, facilities management and control points shall be reviewed.

(2) Map Production

- 1) Discussions on the specification
- 2) Control Point Survey
- 3) Aerial Photography
- 4) Aerial Triangulation
- 5) Field Verification
- 6) Plotting of Digital Topographic Data
- 7) Editing
- 8) Field Completion
- 9) Symbolization
- 10) GIS Structurization

(3) Publication of the digital topographic maps

In order to accelerate practical use of the digital topographic map, the digital topographic map shall be posted on website, and widely announced to the public.

(4) Technology Transfer

In order to facilitate technology transfer, part of the above-mentioned items (II-4 (2), (3)) including publication skills of the digital topographic maps shall be undertaken by the counterpart personnel under the technical supervision of the JICA missions.

(5) Dissemination of the Final Products

Recommendations for the wide and effective use of the digital topographic maps produced under the Project shall be prepared.

5. Input

(1) Input by JICA

For the implementation of the Project, JICA shall dispatch, at its own expense, the members of the JICA missions to Mali.

Input other than indicated above will be determined through mutual consultations between JICA and IGM during the implementation of the Project, as necessary.

(2) Input by IGM

IGM will take necessary measures to provide at its own expense:

- (a) Services of IGM's counterpart personnel and administrative personnel as referred to in II-6;
- (b) Suitable office space with necessary equipment;
- (c) Supply or replacement of machinery, equipment, instruments, vehicles, tools, spare parts and any other materials necessary for the implementation of the Project other than the equipment provided by JICA;
- (d) Information as well as support in obtaining medical service;
- (e) Credentials or identification cards;
- (f) Available data (including maps, GIS data, photographs) and information related to the Project;
- (g) Running expenses necessary for the implementation of the Project;
- (h) Expenses necessary for transportation within Mali of the equipment as well as for the installation, operation and maintenance; and
- (i) Necessary facilities to members of the JICA missions of the Project for the remittance as well as utilization of the funds introduced into Mali from Japan in connection with the implementation of the Project

6. Implementation Structure

The roles and assignments of relevant organizations are as follows:

(1) IGM

(a) Project Director

Director General of IGM will be responsible for overall administration and implementation of the Project

(b) Counterpart Personnel

Members of IGM will be counterpart personnel of the Project

(2) JICA

The members of the JICA missions will give necessary technical guidance, advice and recommendations to IGM on any matters pertaining to the implementation of the Project.

(3) Joint Coordinating Committee

Joint Coordinating Committee (hereinafter referred to as "JCC") will be established in order to facilitate inter-organizational coordination. JCC will be held whenever deems it necessary. Members of JCC shall be appointed prior to the commencement of the Project

7. Project Site(s) and Beneficiaries

The Project will cover the area shown in Annex 1. The direct beneficiaries of the Project will be people who inhabit the city of the Bamako and its surrounding and

indirect beneficiaries of the Project will be around people living in Mali.

8. Duration

The Project will be carried out for approximately twenty (20) months as shown in Annex 2. The schedule is tentative and subject to change when both parties agreed upon any necessity that will arise during the course of the Project.

9. Reports

JICA will prepare and submit the following reports to IGM in English and French

(1) Inception Report

Twenty (20) copies (ten (10) copies in English and ten (10) copies in French) at the commencement of the first work period in Mali

(2) Interim Report

Twenty (20) copies (ten (10) copies in English and ten (10) copies in French) at the time about twelve (12) months after the first work period in Mali

(3) Draft Final Report

Twenty (20) copies (ten (10) copies in English and ten (10) copies in French) at the end of the last work period in Mali

(4) Final Report

Twenty (20) copies (ten (10) copies in English and ten (10) copies in French) within two (2) month after the receipt of the comments on the Draft Final Report

10. Environmental and Social Considerations

IGM agreed to abide by "JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations" in order to ensure that appropriate considerations will be made for the environmental and social impacts of the Project.

III. UNDERTAKINGS OF IGM

1. IGM will take necessary measures to:

(1) ensure that the technologies and knowledge acquired by the Republic of Mali nationals as a result of Japanese technical cooperation contributes to the economic and social development of the Republic of Mali, and that the knowledge and experience acquired by the personnel of the Republic of Mali from technical training as well as the equipment provided by JICA will be utilized effectively in the implementation of the Project

(2) grant privileges, exemptions and benefits to members of the JICA missions referred to in II-5 (1) above and their families, which are no less favorable than those granted to experts and members of the missions and their families of third countries or international organizations performing similar missions in the Republic of Mali

(3) permit members of the JICA missions to enter, leave and sojourn in the Republic of Mali for the duration of their assignments therein and exempt them from foreign registration requirements and consular fees.

A *M*

- (4) exempt members of the JICA missions from taxes and any other charges on the equipment, machinery and other material necessary for the implementation of the Project;
- (5) exempt members of the JICA missions from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to them and/or remitted to them from abroad for their services in connection with the implementation of the Project; and
- (6) meet taxes and any other charges on the equipment, machinery and other material, referred to in II-6 above, necessary for the implementation of the Project.
2. IGM will bear claims, if any arises, against members of the JICA missions resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the Project, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of members of the JICA missions.

IV. EVALUATION

JICA will conduct the following evaluations and surveys to mainly verify sustainability and impact of the Project and draw lessons. IGM is required to provide necessary support for them.

1. Ex-post evaluation 3 years after the project completion, in principle
2. Follow-up surveys on necessity basis

V. PROMOTION OF PUBLIC SUPPORT

For the purpose of promoting support for the Project, IGM will take appropriate measures to make the Project widely known to the people of Mali.

VI. MUTUAL CONSULTATION

JICA and IGM will consult each other whenever any major issues arise in the course of the Project implementation.

VII. AMENDMENTS

The Record of Discussions may be amended by the minutes of meetings between JICA and IGM.

The minutes of meetings will be signed by authorized persons of each side who may be different from the signers of the Record of Discussions.

Annex 1: Project Area

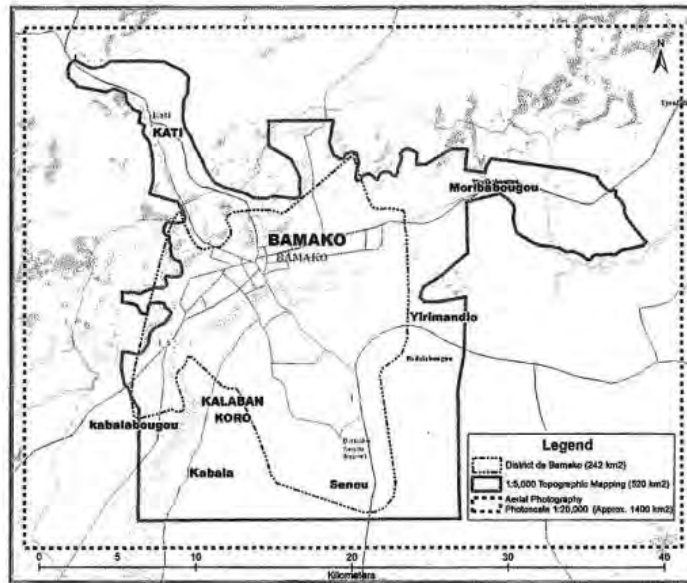
Annex 2: Tentative Project Schedule

Annex 3: A List of Participants

 M

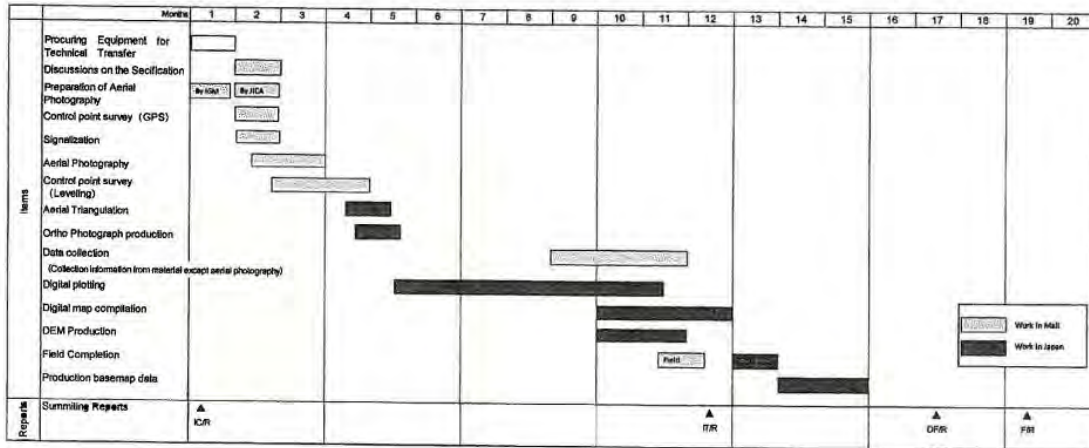
M
16

Annex 1: Project Area



M
R

Annex 2: Tentative Project Schedule



Annex 3: A List of Participants**<Malian Side>**

Mr. Ando Enko GUINDO	Director General
Mr. Aliou Adama COULIBALY	Deputy Director General
Mr. Modibo CAMARA	Technical Director
Mr. Oumar MAIGA	Financial and administrative Director
Mr. Brahim KATILE	General Survey, regulation and follow-up Director
Mr. Amadou DIALLO	Chief of topography section
Mr. Mahamadi S. TOURE	Chief of Aero-spatial survey section
Mr. Joseph OUKOUEM	Aero-spatial survey section
Mr. Boubacar TRAORE	Chief of computer system section
Mr. Issiaka DEMBELE	Chief of cartography section

<Japanese Side>**Detailed Planning Study Team**

Mr. Akihito Sanjo	Leader
Mr. Hidekatsu Saito	Precision Management
Mr. Sho Takano	Cooperation Planning
Mr. Takashi Shimono	Digital Topographic Mapping / GIS Planning
Mr. Yoshiteru Matsushita	Machinery Planning / Technical Transfer planning
Ms. Keiko Tsutsumi	Interpreter

JICA Senegal Office

Ms. Ayumi Takagi	Representative
------------------	----------------



Appendix 2

MAIN POINTS DISCUSSED

1. Project Area

IGM requested the digital topographic maps at the scale of 1:5,000 (one to five thousands) by the Project which cover approximately 439 square kilometers including the city of Bamako and its surrounding. In this survey, JICA confirmed that the developing area is expanding outside the requested area. Therefore, JICA proposed the digital topographic maps which cover approximately 520 square kilometers as shown in Annex 1, and this proposal was accepted by IGM.

JICA also confirmed that there is further potential development outside this Project's digital topographic maps area. IGM mentioned that they will develop the digital topographic maps by themselves outside this Project's digital topographic maps area based on the further development potential after technology transfer of the Project.

Both sides also confirmed that the area for the aerial photograph is approximately 1400 square kilometers in the city of Bamako and its surrounding as shown in Annex 1.

2. Import of Equipment

Both sides agreed that IGM shall act as consignee of the equipment, and shall carry out all the necessary procedure, such as duty-free clearance, etc., and if duty is not exempted, IGM shall pay all the necessary expenses for import procedure of the equipment.

Both sides also agreed that the equipment thus imported shall be used exclusively for the implementation of the Project under the supervision of the JICA mission.

3. Publicity of the Final Report and Products

JICA requested IGM that the final report and products to be prepared by the Project shall be released to the public immediately after completion. JICA requested IGM that all products, which will be produced in the course of the Project, shall be shared to projects of other donors. IGM understood the request and agreed to take full responsibility for necessary procedure.

4. Copyright

Both sides agreed the followings about the copyright on Digital Topographic Map Data and Ortho-photo Data (hereinafter referred to as "the Product").

4-1 The Product produced in the Project belongs to both IGM and JICA.

4-2 IGM and JICA keep the master-copy of "the Product" in each.

4-3 JICA agreed to allow IGM to modify, update or convert "the Product". Copyright on updated, modified or converted "the Product" belongs to only IGM.

4-4 JICA agreed to allow IGM to sell "the Product" for appropriate price.

4-5 IGM agreed to allow JICA to provide "the Product" to person or organization in

Japan who agreed below condition.

- 1) Not use the Product in any profitable purpose
- 2) Not transfer the Product to any other people or organization
- 3) Only use for the purpose in applied to JICA

5. Geodesic Reference System

JICA confirmed that IGM uses local geodesic reference system at present, and proposed that the Project will make use of "world geodesic reference system" from the point of utilization among related organizations. Then, IGM agreed that they will adopt this system.

6. GIS Database Center

In order to manage base-map totally and enhance utilization among related governmental agencies and private sector, IGM revealed the idea of establishment of GIS database center.

JICA had positive concern about the idea, and recommended Malian side to establish the center with the initiative of IGM as soon as possible.

7. Project Schedule and Aerial Photography

In order to implement the Project as shown in Annex 2 "tentative project schedule", it is desirable to complete aerial photography during the dry season, from November to May. If the work of aerial photography were forceful to carry out during the rainy season, JICA mission and IGM would discuss and find optimum measures for the smooth and quick implementation.



2. Rapport de la cérémonie de lancement

Rapport de la cérémonie de lancement

(1) Date et lieu de tenue du séminaire

Date : Le vendredi 6 mars 2015, de 9 h 00 à 11 h 00

Lieu : Azalaï Grand Hotel

(2) Programme

Allocutions de la cérémonie de lancement (Monsieur Ando Guindo, Directeur de l'IGM)
 Discours de l'Ambassadeur du Japon au Mali (Son Excellence Monsieur Akira Matsubara, Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire)
 Discours du Ministre de l'Equipement, des Transports et du Désenclavement (Monsieur Mamadou Hachim Koumaré)
 Présentation générale du Projet (Monsieur Shunsuke Tomimura, mission d'étude JICA)
 Questions-Réponses
 Prise de photographies

(3) Contenu du séminaire

1) Allocutions de la cérémonie de lancement (M. Ando Guindo, Directeur de l'IGM)

Il a expliqué les projets de cartes topographiques antérieures de la JICA et commenté sur les attentes concernant le présent projet.

Voici un abrégé de ses propos.

Dans le cadre de l'aide financière de la JICA, une étude sur la carte de base de la République du Mali dans la zone de Kita a été menée en 1998, et la création d'une carte à l'échelle de 1 :50.000 dans la zone de Kita et Bafing-Makana ainsi que le transfert de technologie ont été réalisés.

Le présent projet prévoit, en plus de la réalisation d'orthophotocartes couvrant une superficie environ 1.400 km², incluant Bamako et Kati, et de cartes topographiques couvrant une superficie environ 520 km², le transfert de technologie à l'IGM, dans le but de renforcer ses capacités de création des cartes topographiques numériques.

On attend beaucoup des cartes topographiques créées dans ce projet qui permettront de développer nos plans d'urbanisme, d'aménagement des routes et d'autres domaines.

2) Discours de l'Ambassadeur du Japon au Mali (Son Excellence Monsieur Akira Matsubara, Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire)

L'Ambassadeur a adressé ses remerciements à l'IGM pour sa collaboration jusqu'ici et exprimé ses attentes concernant le présent projet.

Voici un abrégé du contenu de son discours.

Le projet de cartes topographiques numériques de la zone métropolitaine de Bamako a commencé en 2012, mais a été soudain interrompu par un coup d'Etat. Je remercie d'IGM de la coordination qu'il a assurée entre le Mali et le Japon pendant cette période.

Les cartes qui seront créées dans ce projet sont nécessaires dans des secteurs tels que l'urbanisme, la gestion de l'eau, l'environnement et d'autres ; outre la réalisation des cartes, ce projet prévoit un transfert de technologie à l'IGM, qui permettra une amélioration de ses capacités techniques. De plus, la diffusion des données SIG produites via l'Internet est également prévue.

Les cartes topographiques créées dans ce projet devraient contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations maliennes et de leur cadre de vie et de travail.

3) Discours du Ministre de l'Equipement, des Transports et du Désenclavement (M. Mamadou Hachim Koumaré)

Il a donné des explications sur les projets de cartes topographiques exécutés antérieurement par la JICA et un aperçu détaillé du présent projet et des attentes à son égard. Ses propos peuvent se résumer comme suit.

Les cartes créées dans ce projet sont essentielles pour le développement des infrastructures économiques et sociales, en particulier efficaces pour la définition des limites administratives, les mesures de lutte contre les sinistres, le cadastre et l'environnement. Les données spatiales seront de plus en plus utilisées dans des domaines tels que le cadastre, l'agriculture et l'urbanisme.

Actuellement, le gouvernement malien est en train de signer à Alger un «accord de paix et de réconciliation» avec une partie des groupes armés du nord du pays, si le conflit s'achève par la signature d'un accord, les cartes produites dans ce projet auront une importance encore plus grande.

Dans le cadre de l'étude sur la carte de base de la République du Mali dans la zone de Kita menée par la JICA en 1998, outre la réalisation des 48 feuilles de carte, un transfert de technologie et la fourniture de véhicules et de matériels informatiques ont eu lieu. Et des cadres de l'IGM ont suivi une formation au Japon. Dans le présent projet également, un transfert de technologie aura lieu à l'égard de l'IGM parallèlement à la création des cartes topographiques, ce qui permettra au Mali de poursuivre ses progrès techniques grâce à la coopération japonaise.

Le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Désenclavement soutient de toutes ses forces la concrétisation de ce projet.

4) Présentation générale du Projet (M. Shunsuke Tomimura, chef de la mission d'étude JICA)
M. Shunsuke Tomimura, chef de la mission JICA du Projet de cartes topographiques numériques pour la zone métropolitaine de Bamako, a donné des explications centrées sur les points suivants en vue de la réalisation du Projet.

Arrière-plan du Projet
Objectifs et arrière-plan du Projet
Procédure des différents travaux
Programme des différents travaux
Rubriques du transfert de technologie

5) Questions-Réponses

Q : L'équipe japonaise pour la réalisation du projet a été présentée, mais le rôle de la partie malienne n'est pas clair.

R (Directeur de l'IGM) : Comme l'a déjà indiqué Monsieur le Ministre, ce projet sera réalisé non pas seulement par la partie japonaise, mais en collaboration par les parties japonaise et malienne.

R (Mission d'étude JICA) : Le projet de coopération technique du Japon est un projet qui a pour mécanisme l'exécution conjointe du projet par des experts japonais et les homologues maliens, et les apports de la partie malienne, qui ne sont pas visibles dans le contenu expliqué tout à l'heure, sont plutôt considérables.

Q : Le nivellement, l'observation GPS et la prise de photographies aériennes auront lieu, mais comment des données 3D sont-elles créées à partir de ces données ?

R (Directeur de l'IGM) : Le nivellement permet d'obtenir les hauteurs et l'observation GPS les coordonnées. Et des données 3D sont créées en combinant ces données et les données des photographies aériennes.

R (Mission d'étude JICA) : Il me semble assez difficile d'expliquer ces choses jusqu'à ce que la compréhension totale soit obtenue. Des équipements pour le transfert de technologie permettant de créer des données 3D seront fournis en janvier 2016. Nous voulons donc vous proposer de prendre contact avec l'IGM à ce moment-là pour une visite d'observation de ce travail.

Q (Mohamed Ali, Direction Nationale du Patrimoine Culturel) : Les cartes topographiques créées dans ce projet seront-elles aussi utilisables pour l'exploitation minière, l'archéologie, etc. ?

R (Directeur de l'IGM) : Les cartes topographiques sont utilisables dans des domaines très variés, et bien sûr pour l'exploitation minière et l'archéologie.

R (Mission d'étude JICA) : Merci de votre avis précieux. L'objectif véritable de ce projet n'est pas seulement de créer une carte topographique, c'est un projet qui exploite la création d'une carte topographique comme moyen. Nous pensons que la carte topographique sera utile pour la planification urbaine qui contribuera à l'amélioration des conditions de vie des habitants de Bamako et de ses environs, et à des activités diverses dans d'autres domaines, ce qui la rend significative. La promotion de l'utilisation étant aussi un des thèmes de ce projet, nous espérons pouvoir compter sur votre aide lors des enquêtes verbales que nous allons faire pour étudier les conditions d'utilisation réelles des cartes.

Scènes du séminaire 1



Cérémonie de lancement



Discours de Son Excellence Monsieur Akira Matsubara, Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire du Japon



Scènes de la présentation



Question-Réponses



Photo de groupe avec les participants

1. Remettre 1



**Projet de Cartes Topographiques Numériques
pour la Zone Métropolitaine de Bamako en République du Mali
Cérémonie de lancement du projet – 6 Mars 2015**



Programme de la cérémonie de lancement

8.30 – 9.00	Mise en place
9.00 – 9.10	Mot du Directeur Général de l'Institut Géographique du Mali M. Ando GUINDO
9.10 – 9.20	Allocution de son Excellence Monsieur l'Ambassadeur du Japon au Mali M. Akira MATSUBARA
9.20 – 9.30	Discours de lancement de Monsieur le Ministre de l'Équipement, des Transports et du Désenclavement M. Mamadou Hachim KOUMARE
9.30 – 9.50	Pause café
9.50 – 10.30	Introduction et présentation du projet par le chef d'équipe de l'Agence Japonaise de Coopération Internationale M. Shunsuke TOMIMURA
10:30 – 10.45	Photos officielles Fin de cérémonie

1. Liste des participants



Projet de cartes topographiques numériques pour la zone métropolitaine de Bamako

Séminaire de lancement du projet – 6 Mars 2015

Fiche de présences



NOM Prénom	Structure	Email	Téléphone
Oumar A Maiga	IGM		
Harouna Guindo	IGM		
Lassine Camara	IGM		
Mme Toure Jeane	IGM		
Modibo Camara	IGM		
Hawa Sow	IGM		
Salif Demdele	IGM		
Hawachluti	IGM		
Brahima Owologem	JICA		
Brahima Diegeni	IGM		
Ando Guindo	IGM		
Ousmane Daou	Journaliste		
Hamadou B Sanogho			
Abdoulaye M Seck			
Mamoutou Traore	DNTTMF		
Mohamed Alamizialy	Inerprete		
Siriki	IGM		
Aliou Adama Coulibaly	IGM		
Traore Boubacar	IGM		
Harouna Soumana	Chef du service de		

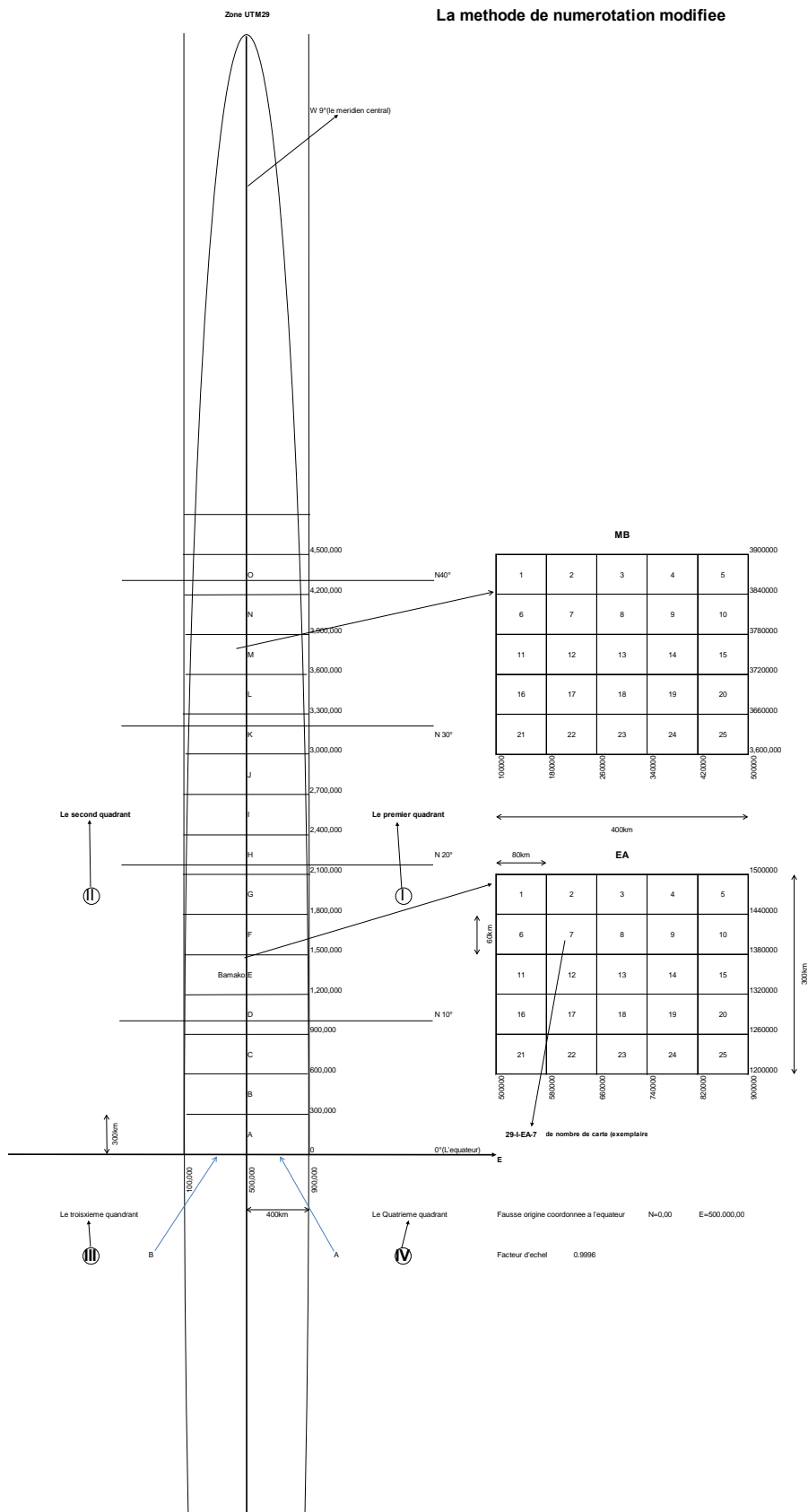
	reglementation		
Mohamed Lamine Toure	Archive IGM		
Mahamadi S Toure	IGM		
Omou Taore	IGM		
Coulibaly Adama A	DNDC		
Zhao Ahmed A Bouba	CM/CCOM/MED		
Sangho Ibrahima Papa	DNISH (representant)		
Diallo Salif	ANAG		
Boubacar Diakite	PNR		
Mamadou L Ouatarra	M.Affaires etrangeres		
Ould Aly Mohamed	DNCP		
Toure Mahamane			
Dembele Bouba	Autorite Routiere		
Keita Abdoulaye	IGM (kkoro)		
Berete Habib	AMAP		
Adama Coulibaly	ORTM		
Abdoulaye diawa			
Dao Harouna	CMTK		
Sow Boubacar	AGETIPE		
Kassambara Ousmane	DGI		
Fane Siriman	DNI		
Lougaya Almaouloud	L'ESSOR		
Maiga Bintou Aliou	ANAZER		
Konate Karounga	ORTM		
Amadou Male			

Maiga Djibrilla	MALI METEO		
Sekou Camara			
Mamadou Sidiki Konate	ANAZER		
Cheickna Dembele			
Cheick Oimar Diallo	CNREX BPT		
Bourama Coulibaly	Ambassade du Japon		
Akira Natsubara	Ambassade du Japon		
Idrissa Kante	Gendarmerie		
Abdou Yehia	DNPD		
Konate Lassine	Kabako		
Moahamed O Cisse	DNH		
Seydou Sidibe	DNDS		
Traore Kalilou	Cellule Sida /METD		
Ousmane Sgore	DNACPN		
Vinima Traore	INSTAT		
Sanogo Mamoutou	AEDD		
Modibo Siriman Keita	AGE ROUTE		
Oumar Alassane Maiga	DNE		

3. Le système UTM -1

Ref. JICA-IGM Numbering system 20150319

La methode de numerotation modifiee



Le système UTM -2

**Rapport sur la compatibilité concernant Bamako project figure
and explanation of UTM_EN_20150319.xls**

Exécuté le 19/03/2015

Les fonctionnalités suivantes de ce classeur ne sont pas prises en charge dans les versions antérieures d'Excel. Celles-ci risquent d'être perdues ou dégradées si vous enregistrez le classeur dans un format de fichier antérieur.

Perte mineure de fidélité

**Nb
d'occurrences**

Certaines cellules ou certains styles de ce classeur contiennent une mise en forme qui n'est pas prise en charge par le format de fichier sélectionné. Ces formats seront convertis au format le plus proche disponible.
--

3

4. Renseignements marginaux-1 pour le carte topographique à l' échelle 1 :5000 Ver. 2,3

Projet de Cartes Topographiques Numériques pour la zone Métropolitaine de Bamako

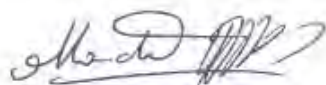
Spécifications Cartographiques de Base

Renseignements Marginaux

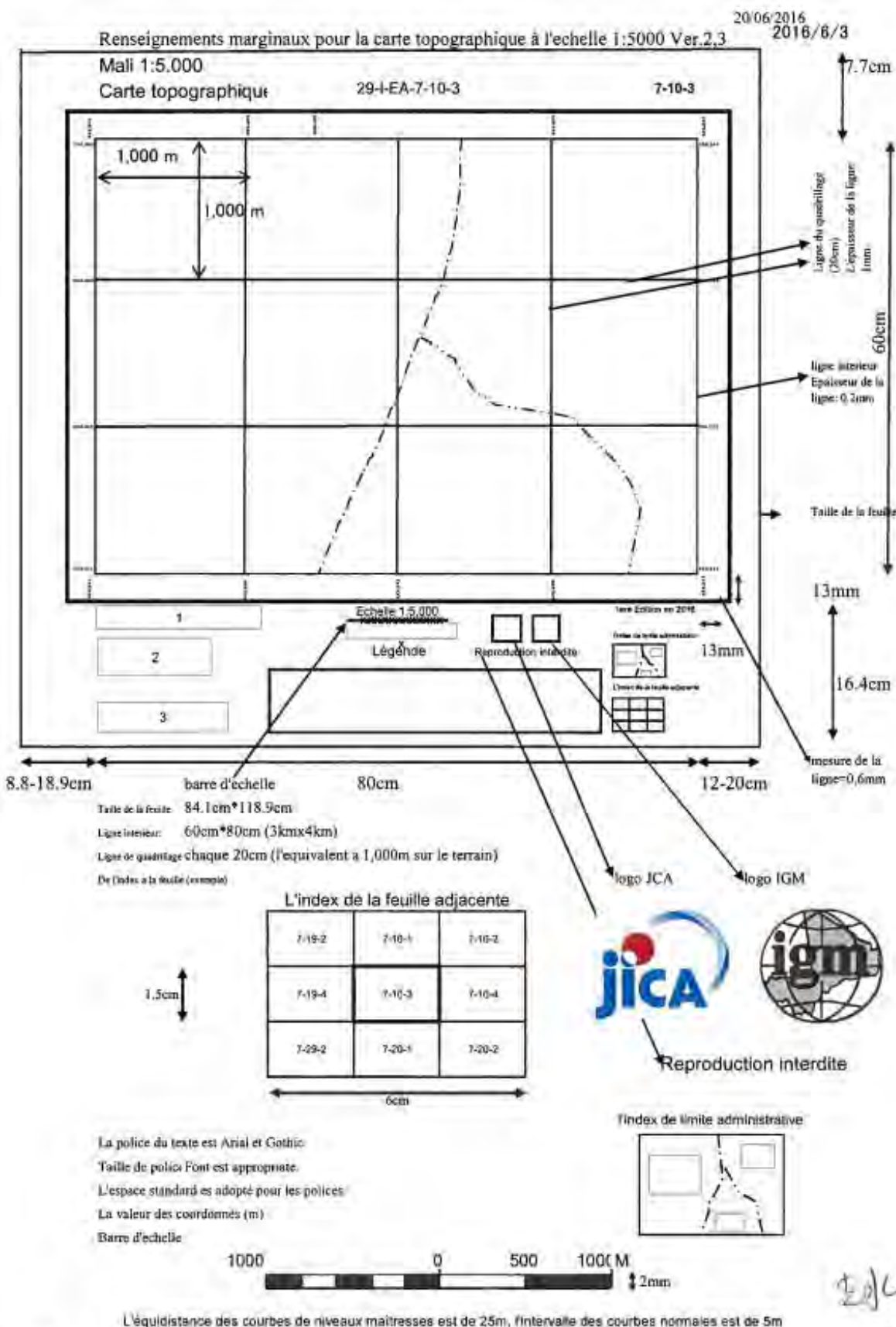
1:5.000

Ver. 2,3

le 03/06/2016



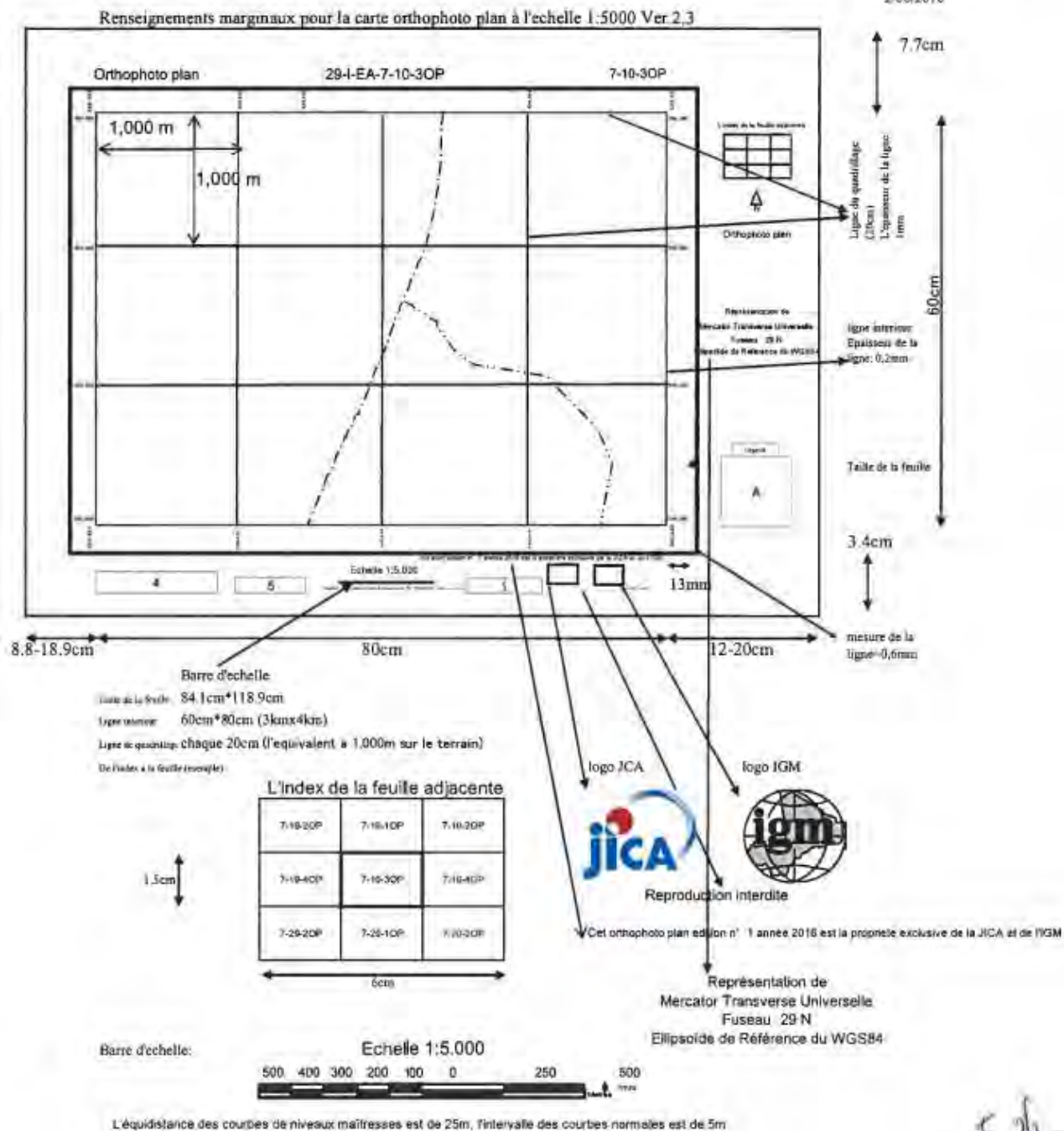
03/June/2016
E. S. S. S. S.



91

2016/6/3

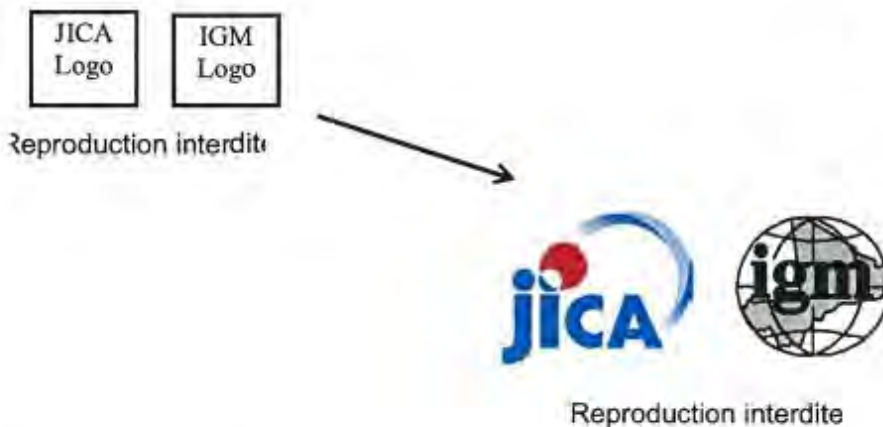
2/06/2016



91

Signature

Ver.2,3



A Légende

Légende

+++++	Limite nationale
-----	Limite de région ou district
- - - - -	Limite de cercle
-----	Limite de commune
-----	Limite de quartier
	Courbes de niveau maitresse
	Courbes de niveau normale
	Courbes de dépresslon (maitresse)
	Courbes de dépresslon (normale)

91

5/21

Carte topographique de base

1 Cette carte a été préparée par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) et l'Institut Géographique du Mali (IGM) dans le cadre du programme coopération technique du gouvernement Japonais et le gouvernement de la république de Mali.

2 Prise de vue aérienne: Mars 2015

Levé des points de contrôle sur le terrain: Mars 2015

Aérotriangulation: Juin 2015

Restitution numérique: Juillet 2015 - Octobre 2015

Identification sur le terrain: Novembre 2015 - Mars 2016

Complètement sur le terrain: Avril 2016 - Juin 2016

Ellipsoïde de Référence: WGS84

Projection: UTM zone 29 N

3 REMARQUE

Toutes les caractéristiques de données et informations ont été extraites des sources les plus disponibles et fiables

Cette carte a été élaborée comme carte topographique de base à travers l'interprétation des photographies aériennes en utilisant la méthode photogramétrique. L'échelle approximative des photos est de 1:20000 avec les données GNSS/IMU.

Les limites administratives sur les cartes ne sont pas encore confirmées officiellement sur le terrain.

Les utilisateurs doivent faire attention aux remarques mentionnées ci-dessus, lorsqu'ils utilisent les données de cette

Orthophoto Plan**4 REMARQUE**

Toutes les caractéristiques de données et informations ont été extraites des sources les plus disponibles et fiables

Cette carte a été élaborée comme orthophoto plan à travers l'interprétation des photographies aériennes en utilisant la méthode photogramétrique. L'échelle approximative des photos est de 1:20000 avec les données GNSS/IMU.

Les limites administratives sur les cartes ne sont pas encore confirmées officiellement sur le terrain.

Les utilisateurs doivent faire attention aux remarques mentionnées ci-dessus, lorsqu'ils utilisent les données de cette

5 Prise de vue aérienne: Mars 2015

Levé des points de contrôle sur le terrain: Mars 2015

Aérotriangulation: Juin 2015

Restitution numérique: Juillet 2015 - Octobre 2015

97

E2/2

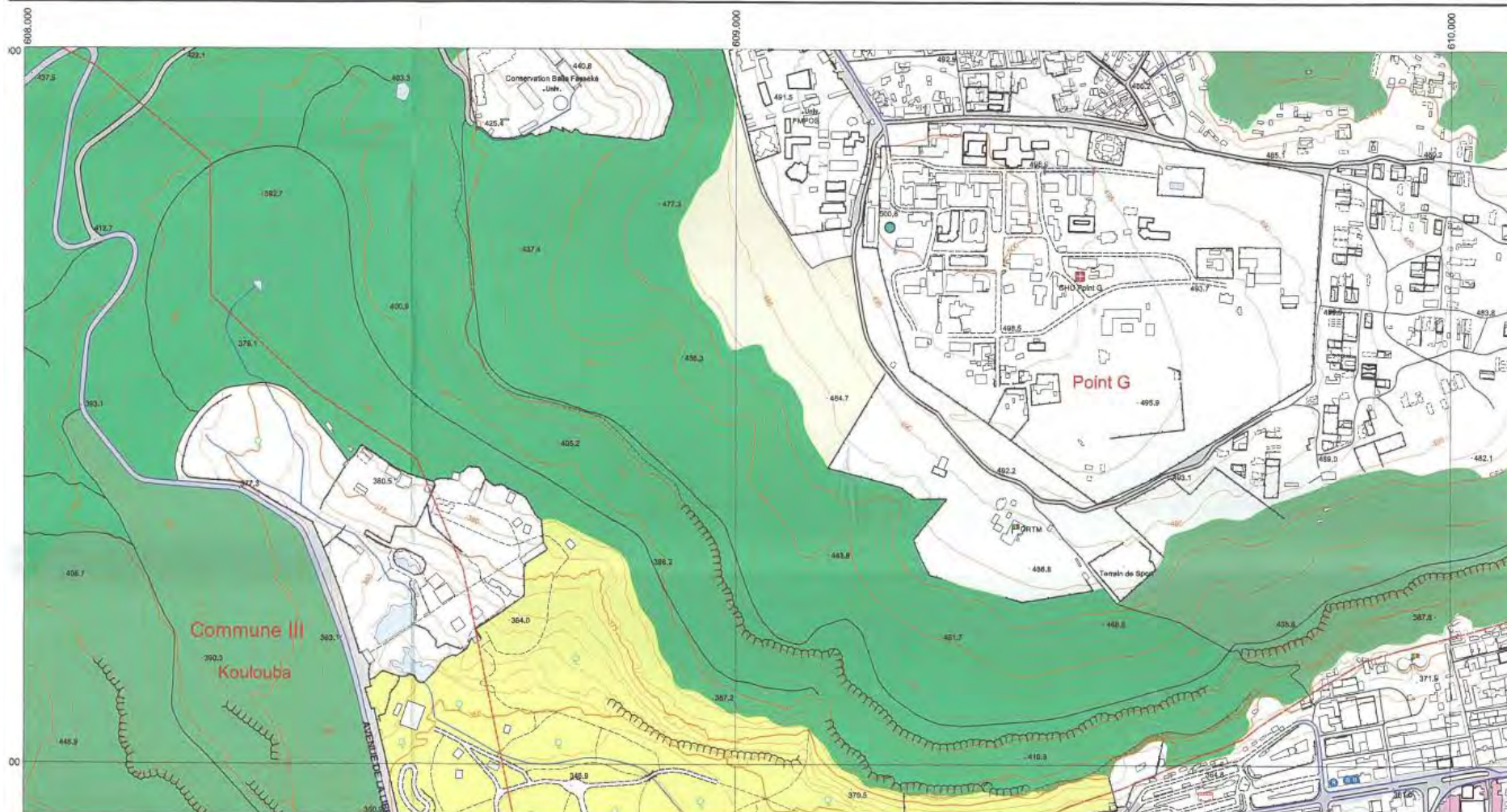
Mali 1:5000

Carte topographique

le 11/06/2016
[Signature]

志水 浩太郎
2016年6月11日

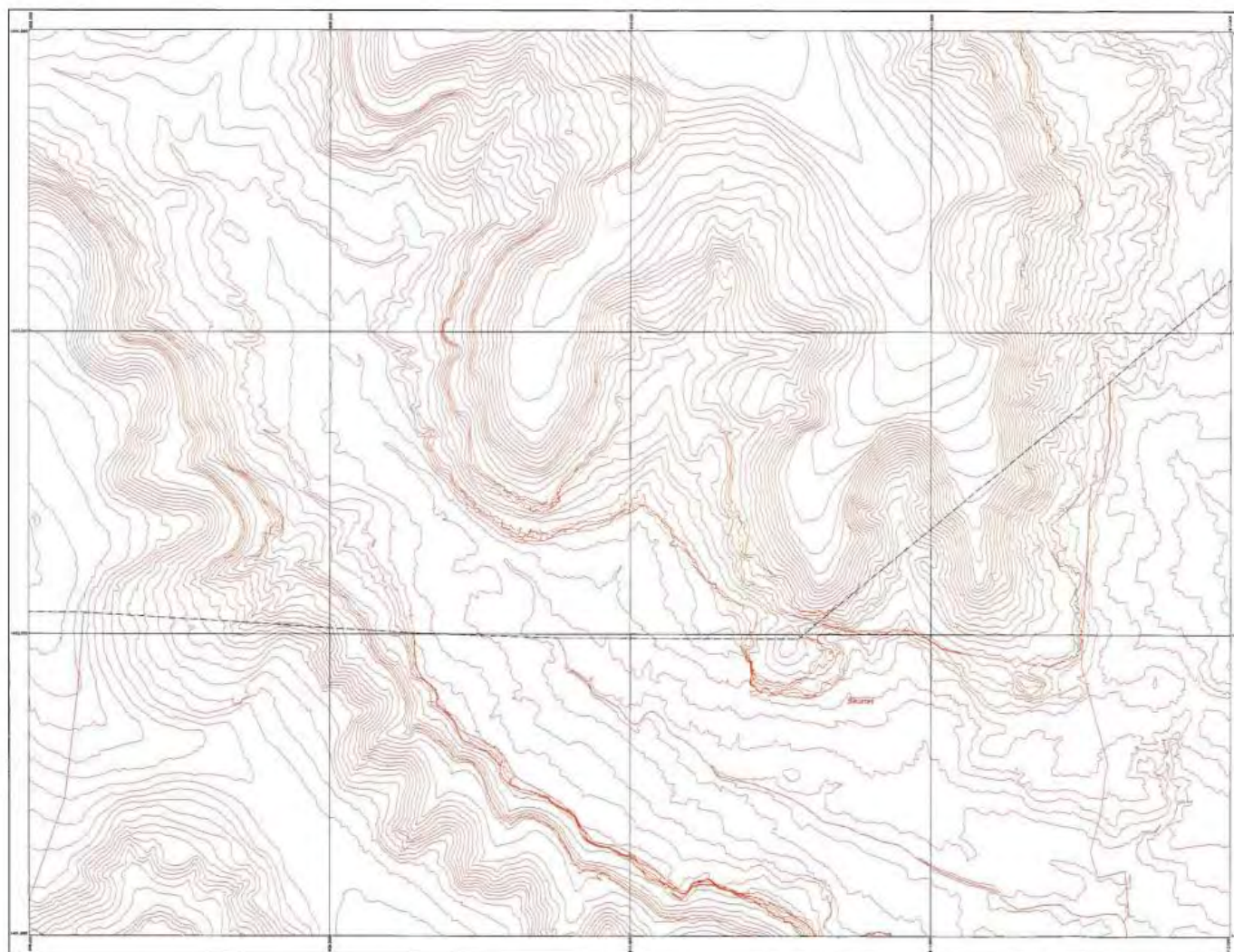
29-I-EA-32-



Mali 1:5000
Orthophoto plan

29-1-EA-32-13-20P

32-13-20P



L'index de la feuille adjacente

29-1-EA-32-13-20P	29-1-EA-32-13-20P	29-1-EA-32-13-20P
29-1-EA-32-13-20P	29-1-EA-32-13-20P	29-1-EA-32-13-20P
29-1-EA-32-13-20P	29-1-EA-32-13-20P	29-1-EA-32-13-20P



Orthophoto plan

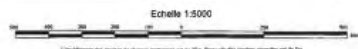
Représentation de
Mercator Transverse Universelle
Fuséau 29 N
Ellipsoïde de Référence du WGS84

Légende

-----	Route nationale
-----	Route communale
-----	Route rurale
-----	Route de terre
-----	Route de terre améliorée
-----	Route de terre stabilisée
-----	Route de terre stabilisée améliorée
-----	Route de terre stabilisée améliorée améliorée

Échelle 1:5000
L'orthophoto plan est une reproduction à l'échelle de 1:5000 de l'orthophoto aérienne prise en 1990. Elle est destinée à être utilisée en tant que support de planification et de gestion des infrastructures routières. Elle ne doit pas être utilisée pour des fins de navigation ou de mesure de terrain.

Échelle 1:5000
L'orthophoto plan est une reproduction à l'échelle de 1:5000 de l'orthophoto aérienne prise en 1990. Elle est destinée à être utilisée en tant que support de planification et de gestion des infrastructures routières. Elle ne doit pas être utilisée pour des fins de navigation ou de mesure de terrain.



Cette carte a été préparée par l'équipe technique de la Coopération Internationale (CIC) et l'Unité de Recherche et de Développement (URD) dans le cadre du programme d'assistance technique de planification routière et de gestion des infrastructures de transport de Mali.



03/06/2016
[Handwritten signature]

3/06/2016
[Handwritten signature]