

**AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE (JICA)
INSTITUT NATIONAL GÉOGRAPHIQUE ET HYDROGRAPHIQUE (FTM)**

**ÉTABLISSEMENT D'UNE BASE DE DONNÉES
POUR SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE
DE LA VILLE D'ANTANANARIVO
ET DE SES ENVIRONS IMMÉDIATS
DANS LA RÉPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

**RAPPORT FINAL
(Principal)**

Novembre 1999

KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

SSF
JR
99-145



Séminaire (cérémonie de remise des résultats)



Séminaire (présentation des grandes lignes du projet)



Atelier (création de base de données)



Atelier (système d'information géographique)



Signature du procès-verbal de réunion pour le rapport préliminaire (12 novembre 1998)



Présentation et discussions sur le rapport préliminaire (9 novembre 1998)



Signature du procès-verbal de réunion pour le rapport intermédiaire (25 juin 1999)



Présentation et discussions sur le rapport intermédiaire (21 juin 1999)



Signature du procès-verbal de réunion pour le projet de rapport final (14 septembre 1999)



Présentation et discussions sur le projet de rapport final (13 septembre 1999)

AVANT-PROPOS

En réponse à une requête du gouvernement de la République de Madagascar, le gouvernement du Japon a décidé d'exécuter, par l'entremise de son Agence japonaise de coopération internationale (JICA), l'étude pour l'Établissement d'une Base de Données pour Systèmes d'Information Géographique de la Ville d'Antananarivo et de ses Environs Immédiats dans la République de Madagascar.

La JICA a sélectionné et dépêché une mission d'étude, menée par M. Isao Ikeshima de Kokusai Kogyo Co., Ltd., à Madagascar quatre fois entre octobre 1998 et novembre 1999.

La mission d'étude a tenu des discussions avec les responsables concernés du gouvernement de Madagascar, et effectué des travaux sur le terrain, tels photographie aérienne et levé des points d'appui. À son retour au Japon, la mission a mené des travaux supplémentaires, tels aérotriangulation, restitution et compilation numériques, et macro programmation de la base de données, et préparé la base de données pour système d'information géographique ainsi que le présent rapport final.

J'espère que ce rapport contribuera à la promotion de ce projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

Pour terminer, je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux responsables concernés du gouvernement de Madagascar pour leur coopération envers la mission d'étude.

Novembre 1999



Kimio Fujita

Président

Agence Japonaise de Coopération Internationale

LETTRE DE PRÉSENTATION

A l'attention de M. Kimio Fujita
Président
Agence Japonaise de Coopération Internationale

Novembre 1999

Cher Monsieur,

J'ai l'honneur, par la présente, de vous soumettre le rapport final de l'étude intitulée « Établissement d'une Base de Données pour Systèmes d'Information Géographique de la Ville Antananarivo et de ses Environs Immédiats dans la République de Madagascar ».

Une mission d'étude menée par moi-même, employé de Kokusai Kogyo Co., Ltd., a exécuté cette étude d'octobre 1998 à novembre 1999.

La mission d'étude a effectué les travaux prescrits, tels photographie aérienne et levé des points d'appui à Madagascar, ainsi que aérotriangulation, restitution et compilation numériques, macro-programmation du système de gestion des infrastructures, et établi des bases de données pour systèmes d'information géographique, parallèlement à des discussions avec les responsables du gouvernement de la République de Madagascar. Les résultats de ces travaux sont compilés dans le présent rapport.

De la part de tous les membres de la mission d'étude, je tiens à exprimer ma gratitude aux responsables du gouvernement malgache et des institutions concernées pour leur gentillesse et leur coopération pendant nos séjours à Madagascar.

Je tiens également à remercier la JICA, le Ministère des Affaires Etrangères, le Ministère de la Construction, l'Ambassade du Japon à Madagascar et toutes les autorités gouvernementales concernées pour leurs précieux conseils et leur collaboration lors des missions sur le terrain et de la rédactions des différents rapports.



Isao Ikeshima
Chef de mission
Établissement d'une Base de Données pour
Systèmes d'Information Géographique de la
Ville Antananarivo et de ses Environs
Immédiats dans la République de Madagascar

ABRÉVIATIONS

Les abréviations suivantes ont été utilisées dans ce rapport :

AGETIPA	Agence d'Exécution des Travaux d'Infrastructures Publiques d'Antananarivo
BD	Base de données
BDU	Bureau de Développement Urbain
FTM	Foiben-Taosarintanin'i Madagasikara (Institut Géographique et Hydrographique National de Madagascar)
GPS	Global Positioning System
IMS	Infrastructure Management System (système de gestion des infrastructures)
JICA	Japan International Cooperation Agency (Agence Japonaise de Coopération Internationale)
JIRAMA	Jiro sy Rano Malagasy (Compagnie d'électricité et d'eau)
Madagascar	République de Madagascar
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PrRF	Projet de rapport final
RF	Rapport final
RI	Rapport intermédiaire
RP	Rapport préliminaire
SGBD	Système de gestion de base de données
SIG	Système d'information géographique
TELMA	Telecom Malagasy
WGS84	World Geodetic System 84

SOMMAIRE

Photographies prises à Madagascar	
Avant-propos	
Lettre de présentation	
Abréviations	

CHAPITRE 1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 1-1

CHAPITRE 2 GRANDES LIGNES DE L'ÉTUDE..... 2-1

2.1 Historique de l'étude.....	2-1
2.2 Spécifications de l'étude	2-2
2.3 Volume des travaux par année fiscale	2-4
2.4 Composition de la mission d'étude et de la contrepartie.....	2-8
2.5 Généralités sur le SIG	2-9

CHAPITRE 3 CONTENU DES BASES DE DONNÉES..... 3-1

3.1 Plan urbain de base	3-1
3.1.1 Collecte des documents connexes.....	3-1
3.1.2 Classification des signes conventionnels	3-4
3.1.3 Règles de représentation des écritures	3-9
3.1.4 Méthode d'établissement du plan urbain de base	3-17
3.1.5 Structure de la base de données.....	3-27
3.2 Carte des conditions du terrain	3-30
3.2.1 Objectifs de la carte des conditions du terrain	3-30
3.2.2 Méthode d'établissement de la carte des conditions du terrain	3-33
3.2.3 Carte des conditions du terrain et caractéristiques régionales.....	3-37
3.3 Carte d'occupation du sol.....	3-41
3.3.1 Objectifs de la carte d'occupation du sol.....	3-41
3.3.2 Méthode d'établissement de la carte d'occupation du sol.....	3-42
3.3.3 Carte d'occupation du sol et caractéristiques régionales	3-45

CHAPITRE 4 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE..... 4-1

4.1 Considérations pour le choix du SIG	4-1
4.1.1 Le matériel	4-1
4.1.2 Les logiciels	4-2
4.1.3 Les données	4-3
4.2 Configuration du système d'information géographique	4-5
4.2.1 Conception du SIG	4-5
4.2.2 Intégration des bases de données.....	4-5
4.3 Macro-programmation	4-6
4.3.1 Interface IMS	4-6
4.3.2 Fonctions de l'IMS	4-6

4.4	Base de données des infrastructures urbaines.....	4-8
4.4.1	Collecte de données et création de la base de données des infrastructures urbaines (création du fond de carte pour la saisie)	4-8
4.4.2	Numérisation des données des infrastructures urbaines.....	4-14
4.4.3	Structure et fonctions du système de gestion des infrastructures (IMS)	4-16
4.5	SIG créé au cours de cette étude.....	4-17
4.5.1	Introduction au SIG	4-17
4.5.2	Bases de données préparées au cours de cette étude.....	4-17
4.6	Applications futures des bases de données établies	4-25

CHAPITRE 5 EXPLOITATION CONSTRUCTIVE DU SIG 5-1

5.1	Perspectives.....	5-1
5.2	Extension des fonctions SIG	5-2
5.2.1	Etude des activités	5-2
5.2.2	Extension des fonctions IMS.....	5-2
5.3	Constitution des bases de données.....	5-2
5.3.1	Constitution de la base de données de chaque infrastructure	5-2
5.3.2	Constitution de la base de données de la carte des conditions du terrain.....	5-4
5.3.3	Constitution de la base de données de la carte d'occupation du sol ..	5-5
5.4	Mise à jour des bases de données	5-6
5.4.1	Cycle de mise à jour	5-6
5.4.2	Collecte des documents pour la mise à jour	5-7
5.4.3	Mise à jour des bases de données	5-7
5.5	Recommandations au FTM pour l'IMS	5-8
5.5.1	Services IMS	5-8
5.5.2	Recherche et développement pour l'IMS.....	5-9
5.6	Exemples d'utilisation des logiciels SIG	5-10
5.6.1	Utilisation de logiciels SIG par le FTM.....	5-10
5.6.2	Caractéristiques du SIG et exemples d'utilisation de bases de données.	5-10
5.6.3	Applications du SIG	5-12

CHAPITRE 6 TRANSFERT DE TECHNOLOGIE 6-1

6.1	Formation participative	6-1
6.2	Séminaire	6-2
6.3	Atelier	6-3

CHAPITRE 7 RÉSULTATS..... 7-1

DOCUMENTS ANNEXES

SOMMAIRE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 2.1	Volume des travaux par année fiscale.....	2-4
Tableau 2.2	Calendrier des travaux.....	2-7
Tableau 3.1	Documents récoltés	3-1
Tableau 3.2	Classification des signes conventionnels.....	3-4
Tableau 3.3	Positionnement des écritures.....	3-11
Tableau 3.4	Classification des écritures	3-16
Tableau 3.5	Catégories de la carte des conditions du terrain.....	3-38
Tableau 3.6	Catégories de la carte d'occupation du sol	3-47
Tableau 4.1	Format des données graphiques	4-11
Tableau 4.2	Format des données attributaires.....	4-12
Tableau 5.1	Logiciels SIG actuellement utilisés par le FTM.....	5-10
Tableau 5.2	Possibilités d'applications du SIG.....	5-11
Figure 1.1	Plan de localisation de la zone d'étude.....	1-2
Figure 3.1	Etendue des données existantes.....	3-21
Figure 3.2	Organigramme des travaux pour l'établissement du plan urbain de base.....	3-28
Figure 3.3	Plan urbain de base au 1:10 000.....	3-29
Figure 3.4	Organigramme des travaux pour l'établissement de la carte des conditions du terrain	3-36
Figure 3.5	Carte des conditions du terrain au 1:10 000.....	3-40
Figure 3.6	Organigramme des travaux pour l'établissement de la carte d'occupation du sol	3-44
Figure 3.7	Carte d'occupation du sol au 1:10 000	3-48
Figure 4.1	Configuration du système	4-5
Figure 4.2	Organigramme des travaux pour la création des données des infrastructures urbaines	4-13
Figure 4.3	Organigramme de numérisation des bases de données des infrastructures urbaines	4-15
Figure 4.4	Carte des infrastructures routières.....	4-20
Figure 4.5	Carte des infrastructures d'eau potable.....	4-21
Figure 4.6	Carte des infrastructures des égouts	4-22
Figure 4.7	Carte des infrastructures d'électricité.....	4-23
Figure 4.8	Carte des infrastructures des télécommunications.....	4-24

CHAPITRE 1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette étude consistait à établir des bases de données pour système d'information géographique – données du plan urbain de base (carte topographique), données des conditions du terrain et données d'occupation du sol, à une échelle d'environ 1:10 000 –, qui servira d'appui à l'élaboration d'un plan d'urbanisme et d'un plan des infrastructures urbaines à Antananarivo, la capitale de Madagascar, et ses environs immédiats. Il s'agissait également de créer des données des infrastructures urbaines comprenant les routes, les adductions d'eau, les égouts, l'électricité et les télécommunications pour une zone pilote de 15 km² située dans la zone d'étude.

Les technologies utilisées pendant l'étude ont été présentées à la contrepartie malgache au cours des travaux sur le terrain et lors d'un atelier en fin de projet.

La zone de l'étude est présentée sur la *Figure 1.1 Plan de localisation de la zone d'étude*.

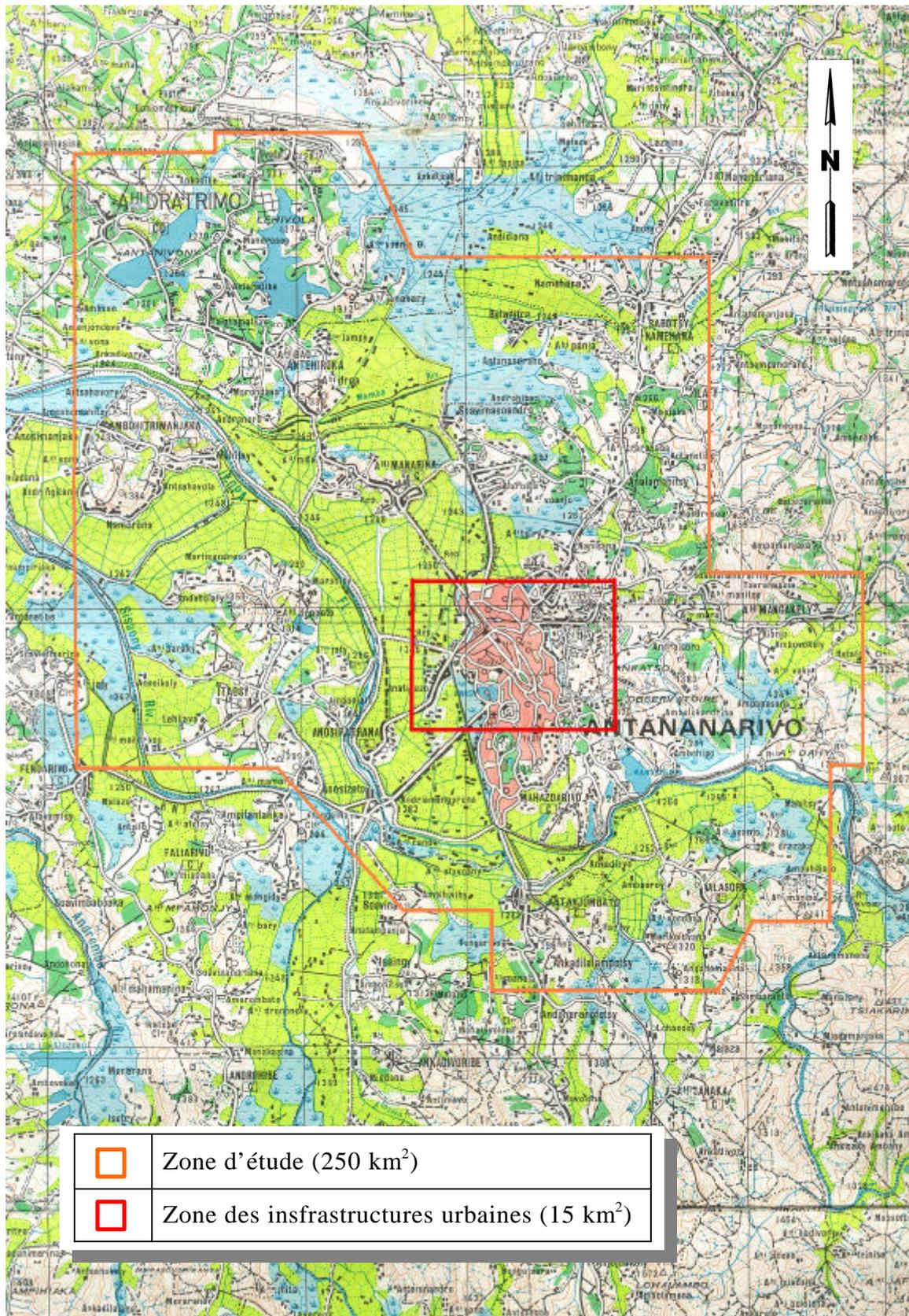


Figure 1.1 Plan de localisation de la zone d'étude

CHAPITRE 2 GRANDES LIGNES DE L'ÉTUDE

2.1 Historique de l'étude

Antananarivo, la capitale de Madagascar, est la plus grande ville du pays, avec une population de 1,6 million d'habitants (estimations de 1994). Comme dans la plupart des pays en voie de développement, l'écart du niveau de vie entre le milieu urbain et le milieu rural est très important à Madagascar. En conséquence, l'afflux des populations rurales vers les villes est continu, en particulier à Antananarivo où la population a brusquement augmenté, entraînant un engorgement des infrastructures, incapables de répondre à la demande, et engendrant une dégradation des conditions de vie.

Un plan d'urbanisme pour la ville d'Antananarivo s'avère donc urgent, mais le dernier en date a été établi par la coopération française en 1974 et révisé en 1982. Les documents cartographiques existants pouvant servir d'informations de base pour l'établissement de divers projets de développement datent des années 1930 pour ce qui est des cartes topographiques établies par la coopération française aux échelles du 1:50 000 et du 1:100 000, et d'environ 60 ans pour ce qui est des cartes à l'échelle du 1:100 000 (révisées en 1975).

Les lignes directrices pour un plan d'urbanisme de la ville d'Antananarivo ont été posées en 1985 par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement), mais ce projet n'a pas vu le jour en raison de l'insuffisance d'informations de base récentes, telles que des cartes topographiques. Il est donc urgent d'établir des données géographiques qui pourront servir d'appui à l'amélioration des infrastructures urbaines de base. Par ailleurs, Madagascar manque de savoir-faire et d'expérience pour ce qui est de l'établissement de cartes topographiques à grande échelle – adaptées à la formulation d'un plan d'urbanisme –, des systèmes d'information géographique et de la numérisation.

En conséquence, le gouvernement de Madagascar a fait parvenir au gouvernement japonais en août 1996 une demande d'établissement d'une carte topographique à grande échelle et de bases de données pour système d'information géographique qui constitueront les informations de base pour l'élaboration d'un plan d'urbanisme et d'un plan d'aménagement des infrastructures urbaines.

En réponse à cette demande du gouvernement de Madagascar, le gouvernement japonais a dépêché à Madagascar une mission préparatoire de 19 jours, du 10 au 28 février 1998, puis une mission préliminaire de dix jours, du 27 juin au 6 juillet 1998. À la suite de discussions avec les organes gouvernementaux malgaches, la Convention d'Étendue des Travaux (Scope of Work) a été signée. La période d'exécution des travaux a été fixée d'octobre 1998 à fin novembre 1999.

2.2 Spécifications de l'étude

Les spécifications suivantes ont été adoptées pour la base de données du plan urbain de base, la base de données des conditions du terrain, la base de données d'occupation du sol et la base de données des infrastructures urbaines.

(1) Base de données du plan urbain de base

- Les normes de levé suivantes ont été adoptées pour l'établissement du plan urbain de base :

Ellipsoïde de référence : Hayford International (1924)

Méthode de projection : Projection Laborde Madagascar

- La photographie aérienne a été réalisée en noir et blanc à l'échelle 1:20 000.
- Les levés des points d'appui ont été exécutés par des observations GPS pour ce qui est des positions horizontales, et par nivellement direct pour les positions verticales.

La précision d'observation adoptée pour le nivellement direct correspond à la précision pour le nivellement ordinaire spécifiée dans le Règlement des levés outre-mer de la JICA – erreur de fermeture de $50 \text{ mm} \sqrt{S}$ ($S =$ distance d'observation) d'un point connu à un autre, écart de $20 \text{ mm} \sqrt{S}$ ($S =$ distance d'observation) sur les valeurs d'observation aller-retour.

- Pour l'aérotriangulation, la méthode analytique de compensation par bloc a été utilisée.
- La restitution numérique a été réalisée à l'échelle 1:10 000, avec une équidistance de 5 m entre les courbes de niveau normales, et de 2,5 m entre les courbes intercalaires.
- Les signes conventionnels ont été choisis à la suite de discussions avec le FTM. Il s'agit de symboles numériques.
- Une structure en couches, avec des codes pour tous les détails topographiques et planimétriques conformément aux signes conventionnels, a été établie.
- Chaque base de donnée établie à partir de la base de données topographiques a été divisée en données ponctuelles, données linéaires et données surfaciques.
- A certaines données ont été attribués les symboles de la carte topographique, si nécessaire.

(2) Bases de données des conditions du terrain et d'occupation du sol

- Pour la carte des conditions du terrain, la zone d'étude a été divisée en trois classifications principales – zones de collines, plaines et autres –, encore subdivisées en 19 catégories au total.
- La carte d'occupation du sol a été divisée en 14 catégories, déterminées d'après les symboles du plan urbain de base.
- Toutes les données sont des polygones.

(3) Bases de données des infrastructures urbaines

- Toutes les données des infrastructures consistent en éléments physiques (tels conduites, regards, câbles, etc.) auxquels correspondent des données graphiques ainsi que des données attributaires (informations sur ces éléments physiques).
- Les données graphiques sont composées de données ponctuelles, linéaires et surfaciques. A certaines données ont été attribués les symboles spécifiques de ces infrastructures, si nécessaire.
- Les données attributaires sont composées des informations spécifiques qui déterminent les éléments physiques (diamètre de conduite, longueur, hauteur, date de pose, etc.).
- Les données graphiques et attributaires sont reliées par des numéros d'identification.

2.3 Volume des travaux par année fiscale

Le volume des travaux prévus pour chaque année fiscale japonaise est résumé dans le *Tableau 2.1 Volume des travaux par année fiscale* ci-dessous.

Tableau 2.1 Volume des travaux par année fiscale

AF	Travaux	Description	Volume
Première année	① Préparatifs au Japon		
	1) Collecte d'informations connexes	Collecte des données utiles pour la conduite des travaux.	
	2) Rédaction du rapport préliminaire (RP)	Rédaction du RP sur l'ensemble des travaux et orientations d'exécution.	Anglais : 15 ex. Français : 20 ex.
	② Phase 1 à Madagascar		
	1) Présentation et discussions sur le rapport préliminaire	Présentation du rapport et discussions avec la contrepartie malgache afin d'atteindre un consensus.	
	2) Collecte d'informations connexes	Confirmation du contenu des bases de données et collecte des informations nécessaires.	
	3) Conception des bases de données	Conception des bases de données après concertations sur la classification et la structure des données, les signes conventionnels, etc.	
	4) Pose des signaux aériens	Pose des signaux au sol avant la photographie aérienne.	Env. 20 points (21 points réalisés)
	5) Photographie aérienne	Photos noir et blanc, échelle du 1:20 000	Env. 250 km ²
	6) Traitement photo	Traitement des photographies aériennes.	
	7) Levé des points d'appui	Levé par positionnement GPS et nivellement.	Env. 8 points (17 points levés) Env. 55 km
	8) Compression et révision des données cartographiques au 1:2 000.	Compression à l'échelle d'environ 1:10 000 et révision des données cartographiques existantes.	Env. 30 km ² (données compressées: 34 km²)
	③ Phase 1 au Japon		
	1) Macro-programmation du système de gestion des infrastructures (IMS) ①.	Macro-programmation du logiciel utilisé pour la construction des bases de données conformément à la conception en ② 3).	
	2) Aérotriangulation	Aérotriangulation basée sur les résultats du levé des points d'appui.	Env. 56 modèles (98 modèles réalisés)
	3) Compression et révision des données cartographiques au 1:500.	Compression à l'échelle d'environ 1:10 000 et révision des données cartographiques existantes.	Env. 50 km ² (données compressées : 52 km²)
	4) Révision des données cartographiques au 1:500 et restitution numérique des courbes de niveau	Restitution numérique des courbes de niveau des données compressées et révisées ci-dessus et révision des objets géographiques pour refléter les changements dans le temps.	Env. 50 km ² (données compressées: 52 km²)
	5) Restitution numérique des données du plan urbain de base	Restitution numérique des zones non représentées sur les cartes existantes.	Env. 170 km ² (164 km² restitués)
	6) Compilation numérique des données du plan urbain de base	Compilation numérique basée sur les données restituées ci-dessus.	Env. 170 km ² (164 km² compilés)

AF	Travaux	Description	Volume
Première année	7) Photo-interprétation et compilation des données d'occupation du sol et des données des conditions du terrain	Photo-classification de l'occupation du sol d'après les photos aériennes et les données existantes (ajout d'env. 10 classifications en plus de celles des données du plan urbain de base), et des conditions du terrain, puis report et compilation des données obtenues en ② 8), ③ 3) et ③ 5) sur les cartes tracées.	Env. 250 km ²
	④ Phase 2 à Madagascar 1) Collecte et création des données des infrastructures urbaines	Collecte et création des données de 4 types d'infrastructures urbaines (adductions d'eau, égouts, routes, réseaux câblés [électricité, télécommunications]) dans la zone pilote au sein de la zone de l'étude.	Env. 15 km ²
	⑤ Phase 2 au Japon 1) Rédaction du rapport intermédiaire (RI)	Préparation du rapport intermédiaire portant sur les travaux de la première année.	Anglais : 15 ex. Français : 20 ex.
Seconde année	⑥ Phase 3 au Japon ① 1) Macro-programmation du système IMS ①	Macro-programmation du logiciel utilisé pour la construction des bases de données conformément à la conception en ② 3).	
	⑦ Phase 3 à Madagascar 1) Présentation et discussions sur le rapport intermédiaire	Présentation du rapport et discussions avec la contrepartie malgache afin d'atteindre un consensus.	
	2) Macro-programmation du logiciel IMS ②	Discussions avec la contrepartie malgache sur le programme réalisé en ⑥ 1), et détermination des révisions importantes à apporter.	
	3) Identification sur le terrain des données du plan urbain de base	Vérification sur le terrain des objets géographiques, limites administratives, noms géographiques et autres informations non identifiables sur les photos aériennes, données cartographiques existantes, etc.	Env. 250 km ²
	4) Numérisation des données des infrastructures urbaines	Numérisation des données des infrastructures urbaines en ④ 1) basées sur les données du manuscrit de compilation numérique du plan urbain de base.	Env. 15 km ²
	5) Identification sur le terrain des données d'occupation du sol et des conditions du terrain	Vérification sur le terrain des éléments d'occupation du sol et des conditions du terrain non identifiables sur les photos aériennes, données cartographiques existantes, etc.	Env. 250 km ²
	⑧ Phase 3 au Japon ② 1) Rédaction du projet de rapport final (PrRF)	Rédaction du PrRF couvrant l'ensemble des travaux ci-dessus.	Rapport principal : Anglais 15 ex. Français 20 ex. Résumé : Anglais 15 ex. Français 20 ex. Japonais 10 ex.
	2) Recommandations	Préparation des recommandations sur la gestion et l'exploitation des bases de données géographiques à Madagascar.	
	3) Macro-programmation du logiciel IMS ③	Révision du programme d'après les discussions et décisions prises en ⑦ 2).	

AF	Travaux	Description	Volume	
Seconde année	4) Compilation supplémentaire des données du plan urbain de base	Compilation supplémentaire des données du plan urbain de base d'après les résultats de ⑦ 3).	Env. 250 km ²	
	5) Structuration des données du plan urbain de base	Structuration des données numériques préparées en ⑧ 4).		
	6) Approbation officielle	Approbation des données du plan urbain de base par l'Association Japonaise des Géomètres.		
	7) Numérisation des données d'occupation du sol et des conditions du terrain	Numérisation des données d'occupation du sol et des conditions du terrain d'après les résultats de ⑦ 5).	Env. 250 km ²	
	8) Structuration des données d'occupation du sol et des conditions du terrain	Conversion en polygones, définition des d'attributs pour les données numérisées d'occupation du sol et des conditions du terrain.		
	⑨ Phase 4 à Madagascar			
	1) Présentation et discussions sur le projet de rapport final	Présentation du PrRF à la contrepartie malgache et discussions.		
	2) Atelier	Atelier à Madagascar sur les techniques de création de l'information géographique ainsi que les méthodes de maintenance, gestion et utilisation à l'intention des techniciens et utilisateurs des bases de données géographiques.		
	3) Installation des bases de données et du système de gestion des infrastructures (IMS)	Intégration/organisation des données du plan urbain de base, d'occupation du sol, des conditions du terrain et des infrastructures urbaines créées ci-dessus, et installation du logiciel IMS corrigé en ⑧ 3).		
	⑩ Phase 4 au Japon			
	1) Préparation du rapport final (RF)	Préparation du rapport final en ajoutant et révisant les points nécessaires d'après les commentaires de la contrepartie malgache sur le PrRF.	Rapport principal : Anglais 15 ex. Français 20 ex. Résumé : Anglais 15 ex. Français 20 ex. Japonais 10 ex.	
	2) Préparation du manuel IMS	Préparation du manuel expliquant la structure et les spécifications finales du logiciel IMS, et les différentes manipulations.	Anglais 20 ex. Français 30 ex.	
	3) Préparation du CD-ROM	Archivage des bases de données sur un CD-ROM.	53 exemplaires	
	4) Préparation des cartes tracées	Impression des bases de données sous forme de cartes.	23 exemplaires	

Les principales différences entre le plan préparé avant le début de l'étude et les travaux effectivement réalisés résident dans le nombre de nouveaux points installés pendant le levé des points d'appui et dans le nombre de modèles pour l'aérotriangulation. Le nombre de nouveaux points à installer a augmenté du fait que certains points d'appui existants devant être utilisés avaient été détruits.

Par ailleurs, le temps n'étant pas favorable, les recouvrements ont été augmentés afin de ne laisser aucune zone non couverte par la photographie aérienne, ce qui a entraîné un nombre de modèles supérieur pour l'aérotriangulation.

Les travaux ont été effectués d'octobre 1998 à novembre 1999 selon le calendrier présenté dans le *Tableau 2.2 Calendrier des travaux*.

Tableau 2.2 Calendrier des travaux

Travaux	1998			1999										
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Collecte d'informations connexes	■													
Présentation et discussions sur le rapport préliminaire		■												
Pose des signaux aériens		■												
Photographie aérienne et traitement photo		■												
Levé des points d'appui		■	■											
Macro-programmation du logiciel IMS			■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Optimisation et utilisation des données numériques existantes		■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Aérotriangulation			■	■										
Restitution numérique du plan urbain de base				■	■	■	■	■						
Compilation numérique du plan urbain de base					■	■	■	■	■					
Interprétation et compilation des données d'occupation du sol				■	■	■	■	■	■					
Collecte et création des données des infrastructures urbaines					■	■	■	■						
Identification sur le terrain pour le plan urbain de base									■	■				
Numérisation des données des infrastructures urbaines									■	■	■			
Identification sur le terrain pour l'occupation du sol et les conditions du terrain									■	■	■			
Compilation supplémentaire pour le plan urbain de base											■	■		
Structuration des données du plan urbain de base											■	■		
Numérisation des données d'occupation du sol et des conditions du terrain											■	■		
Structuration des données d'occupation du sol et des conditions du terrain											■	■	■	
Atelier												■	■	
Installation des bases de données et du logiciel IMS												■	■	
Préparation du manuel du logiciel IMS													■	■
Préparation du CD-ROM et des cartes tracées													■	■

2.4 Composition de la mission d'étude et de la contrepartie

Les membres de la mission d'étude et de la contrepartie pour la première année fiscale étaient comme suit :

JICA	Fonction	FTM
M. Isao IKESHIMA	Chef de mission	M. NARY Herilalao Iarivo
M. Mamoru TAKAHASHI	Bases de données	M. RAKOTOVAO Manarivo
M. James WILKINSON	Système de gestion des infrastructures urbaines	M. RAHAINGOALISON Narizo
M. Akira NISHIMURA	Système de gestion des infrastructures urbaines	
M. Morten STRAND	Supervision de la photographie aérienne et des levés	M. RABEMALAZAMANANA
M. Satoru NISHIO	Infrastructures urbaines	M. RANDRIAMANANA Fidèle
M. Ken-ichi SHIBATA	Occupation du sol et conditions du terrain	Mme RATOVOARISON Nivo M. LI HAN TING
Melle Marie-Line CHARLES	Interprète	
Melle Odile GAYON	Coordinatrice	M. RAVELOMANANTSOA Josoa

Les membres de la mission d'étude et de la contrepartie pour la seconde année fiscale étaient comme suit :

JICA	Fonction	FTM
M. Isao IKESHIMA	Chef de mission	M. NARY Herilalao Iarivo
M. Mamoru TAKAHASHI	Bases de données	Melle NARY Herinirina Iarivo
M. James WILKINSON	Système de gestion des infrastructures urbaines	M. RAHAINGOALISON Narizo M. RAJAONARISON J. Désiré
M. Satoru NISHIO	Infrastructures urbaines	M. RAJEMISON Michel
M. Ken-ichi SHIBATA	Occupation du sol et conditions du terrain	Mme RATOVOARISON Nivo M. LI HAN TING
Melle Marie-Line CHARLES	Interprète	
Melle Odile GAYON	Coordinatrice	M. RAVELOMANANTSOA Josoa

2.5 Généralités sur le SIG

(1) Problèmes à Antananarivo

Antananarivo fait actuellement face aux problèmes suivants.

- Pour des raisons historiques, les agglomérations sont établies dans les zones de collines, et les risques d'érosion du sol sont élevés.
- Les plaines sont des zones plates et basses et sont souvent affectées par des inondations du fait de drainage insuffisant.
- L'afflux de population des zones rurales vers la ville a entraîné une multiplication des bidonvilles alors que les infrastructures ne sont pas développées.
- Aucun plan d'urbanisme n'a été établi pour faire face aux problèmes énoncés ci-dessus.

(2) Mesures nécessaires

- Etablissement et exécution de mesures anti-érosives faisant appel à une utilisation des sols adéquate pour des travaux de soutènement.
- Occupation des sols adéquate par l'établissement et l'exécution de mesures contre les inondations.
- Etablissement et exécution d'un plan de répartition approprié de la population et d'un d'aménagement des infrastructures urbaines correspondantes pour répondre à l'urbanisation galopante.
- Collecte et gestion unifiée des informations de base nécessaires à l'exécution des mesures ci-dessus.

(3) Outils nécessaires

- Outils de prévision des risques d'érosion ;
- Outils capables de prévoir et déterminer les caractéristiques des inondations ;
- Pour ce qui est des infrastructures urbaines, outils capables d'établir un nouveau plan d'aménagement et de maintenance ;
- Gestion unifiée, passant par la numérisation des données disponibles, en tant que premier pas vers la réalisation des outils ci-dessus.

(4) Bases de données

Pour une exploitation future efficace des données numérisées, il convient d'établir des bases de données structurées.

(5) Mise en place d'un SIG

Les bases de données établies dans le cadre de cette étude sont des outils essentiels et doivent être exploitées efficacement. A cette fin, il est indispensable de mettre en place un système d'information géographique qui dispose de fonctions multiples.

(6) Avantages du SIG et des bases de données

En plus des utilisations précitées, les bases de données et le SIG ainsi mis en place permettront l'extractions d'informations précieuses par la combinaison d'un certain nombre de données, et par des analyses ou des calculs variés.

Parmi les possibilités d'exploitation, on peut citer :

- Urbanisme
- Aménagement des infrastructures
- Prévision des inondations et des désastres
- Utilisation cohérente des sols

CHAPITRE 3 CONTENU DES BASES DE DONNÉES

3.1 Plan urbain de base

3.1.1 Collecte des documents connexes

Pour créer la base de données du plan urbain de base, les documents nécessaires indiqués dans le *Tableau 3.1 Documents récoltés* ont été recueillis.

Tableau 3.1 Documents récoltés

Types d'information	Noms des documents	Créateurs	Remarques
Points d'appui	<ul style="list-style-type: none"> Fiches de description des points d'appui Fiches de description des repères de nivellement 	FTM	
Photographies aériennes existantes	Photographies aériennes au 1:10 000	FTM	Prises en 1997
Cartes topographiques existantes	<ul style="list-style-type: none"> Carte topographique au 1:10 000 Carte topographique au 1:20 000 Carte topographique au 1:50 000 Carte topographique au 1:100 000 Carte topographique au 1:500 000 Carte routière au 1:2 000 000 Carte touristique au 1:10 000 	FTM	Uniquement pour la zone d'étude
Données numériques existantes	Données numériques au 1:500	AOC	Environs d'Antananarivo (limites foncières et bâtiments)
	Données numériques au 1:2 000	BDU	Version réduite des données ci-dessus
	Données numériques au 1:2 000	FTM	Limites foncières et bâtiments
Documents relatifs aux signes conventionnels	<ul style="list-style-type: none"> Signes conventionnels analogiques au 1:10 000 (cartes existantes) Habillage au 1:10 000 (cartes existantes) Signes conventionnels analogiques au 1:50 000 (cartes existantes) Cartes touristiques au 1:10 000 (cartes existantes) Signes conventionnels numériques (cartes tracées) Manuel des données BD200 	FTM	Il n'existe pas de spécifications pour les signes conventionnels ou les normes d'acquisition.
Données sur les toponymes et les limites administratives	Noms des villes, villages et arrondissements, limites administratives, autres noms de lieux	Gouvernement de Madagascar	Numérisées par le FTM à partir des documents et d'une étude sur le terrain

A la suite de discussions avec la contrepartie malgache au sujet de ces documents, il a été décidé ce qui suit :

Normes des levés et règlements des travaux à respecter

Le Règlement des levés de la JICA a en principe été adopté pour tous les travaux de levés, sous réserve de discussions avec le FTM.

Utilisation des fiches de description des points d'appui et des photos existantes

Les points d'appui et repères de nivellement marqués sur les fiches fournies par le FTM ont été utilisés comme points connus pour la pose des signaux aériens, le levé des points d'appui et le nivellement. Ils ont également été incorporés dans la base de données du plan urbain de base. Par ailleurs, les photographies aériennes existantes (1:10 000) ont été utilisées pour reporter les résultats du nivellement.

Signes conventionnels numériques

Les signes conventionnels numériques ont été créés à partir des signes conventionnels analogiques et numériques actuellement utilisés à Madagascar (voir 3.1.2 *Classification des signes conventionnels*).

Pour ce qui est des signes conventionnels relatifs aux points d'appui ou décrivant des reliefs, le choix a porté autant que possible sur des symboles utilisés jusque là. Par ailleurs, les normes pour les routes principales, routes étroites et sentiers ont été définies, séparées en catégories « routes revêtues » et « routes non revêtues ». Pour ce qui est des constructions, un grand nombre de symboles représentant les mairies et autres bâtiments publics ont été ajoutés afin de rendre la carte topographique plus pratique à utiliser. Enfin, les différentes circonscriptions administratives et les symboles correspondants ont été révisés, et un nouveau découpage administratif a été défini.

Les règles de représentation des écritures, dont la toponymie, ont été fixées d'après les cartes existantes (voir 3.1.3 *Règles de représentation des écritures*).

Des codes de représentation consécutifs à 4 chiffres ont été attribués à chaque signe conventionnel.

L'habillage de la carte topographique a également fait l'objet de discussions. Les spécifications adoptées pour l'habillage sont celles des cartes topographiques existantes, et la légende a été partiellement modifiée. Par ailleurs, il a été décidé que l'annotation suivante serait imprimée sur chaque coupure :

Ces données sont le fruit de la coopération entre l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA), dans le cadre du Programme de coopération technique du Gouvernement japonais, et le Gouvernement de Madagascar.

Données numériques existantes (1:500, 1:2 000)

Les types de données numériques existantes ont été examinés. De là ont été définies trois catégories de données numériques, obtenues par l'intermédiaire du FTM.

Données numériques 1:500 Produites par AOC (centre et environs d'Antananarivo)

Données numériques 1:2 000 Résultats de la réduction et de l'édition des données ci-dessus par BDU

Données numériques 1:2 000 Produites par le FTM (région est d'Antananarivo)

La méthode d'utilisation de ces données numériques a été développée dans le paragraphe *3.1.4 Méthode d'établissement du plan urbain de base - 4) Optimisation et utilisation des données numériques existantes.*

Collecte des données sur les noms géographiques et les limites administratives
Pour l'établissement de la base de données du plan urbain de base, le FTM a procédé à une nouvelle étude des limites administratives et des noms géographiques, puis à la numérisation et la compilation des annotations et des données des limites administratives. La mission d'étude a obtenu ces données, les a intégrées dans la base de données du plan de base et en a fait la compilation.

3.1.3 Règles de représentation des écritures

(1) Généralités

◆ Ecritures

Les annotations ou écritures seront exprimées en caractères et seront utilisées pour les noms propres de régions, les objets artificiels et naturels, etc. (désignés ci-après par “noms propres”), pour les noms d’objets qui n’ont pas de symboles déterminés, pour les explications indiquant un genre, une catégorie ou un état, pour les cotes des points et celles des courbes de niveau.

◆ Principes de base des écritures

1. Seront annotés : les petits objets, les zones et les objets linéaires classés selon leur type, leur superficie sur la carte et selon leur forme.
 - a. Les **petits objets** signifient des objets individuels tels que des bâtiments isolés.
 - b. Les **zones** (objets surfaciques) signifient des zones où sont regroupés des objets tels zones résidentielles et étendues.
 - c. Les **objets linéaires** sont des objets tels que des cours d’eau, c’est-à-dire dont la longueur est bien plus importante que la largeur.
2. Les noms propres annotés seront les noms officiels employés actuellement; pour les endroits sans dénomination officielle ou dont le nom officiel n’est presque pas usité, le nom de lieu-dit communément répandu sera utilisé.
3. En principe, les abréviations ne seront pas annotées. Cependant, on pourra indiquer les abréviations communément utilisées (y compris les acronymes), ou on pourra abrégé les noms trop longs pour être représentés en entier, dans la mesure où leur interprétation ne pose pas problème.
4. Les écritures devront être positionnées avec précision sur la carte par rapport aux objets auxquelles elles se rapportent, et elles ne devront pas cacher de détails topographiques ou géographiques importants.
5. Les annotations devront être bien lisibles et claires (attention aux écritures qui s’entrecroisent).

◆ Sélection des écritures à adopter

Les critères de sélection des écritures sont les suivants:

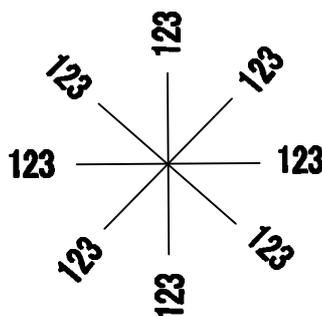
1. Tous les noms des unités administratives (désignés ci-après en abrégé “noms administratifs”) suivantes : commune urbaine, commune rurale, arrondissement.

2. En principe, les noms des zones habitées, des zones non habitées, des gares et voies ferrées seront tous indiqués.
3. Pour les noms de cours d'eau, lacs, étangs, golfes, montagnes, îles, routes et autres objets géographiques, on indiquera les noms connus, ou importants sur la carte.

◆ **Caractères utilisés**

Les caractères utilisés et leurs règles d'applications sont les suivants.

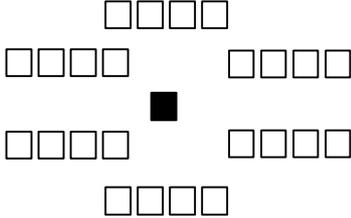
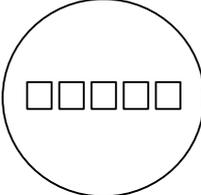
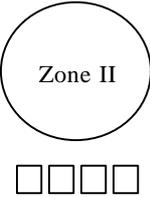
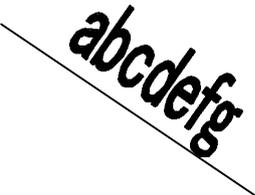
- *Taille*
La taille des caractères sera la hauteur des lettres.
- *Espacement*
L'espacement sera l'intervalle entre chacune des lettres qui composent une écriture; l'espacement entre les lettres d'une même écriture sera le même.
- *Disposition/alignement*
Les écritures seront disposées de 2 façons, horizontale et penchée.
 1. L'alignement horizontal des écritures signifie qu'elles sont écrites horizontalement et que les caractères sont alignés parallèlement à la bordure du bas de la carte.
 2. Alignement penché: chaque lettre est représentée selon la direction de l'objet, par exemple linéaire, et l'annotation peut être disposée selon une ligne droite ou une courbe.
 - a. L'alignement en ligne droite signifie que les lettres seront placées le long d'un objet linéaire en ligne droite.
 - b. L'alignement en ligne courbe signifie que les lettres seront placées le long d'un objet linéaire en courbe.
- *Direction*
Les lettres et chiffres seront orientés de la façon suivante :



◆ **Positionnement des écritures**

Le *Tableau 3.3 Positionnement des écritures* indique comment les annotations seront placées par rapport aux objets qu'elles désignent.

Tableau 3.3 Positionnement des écritures

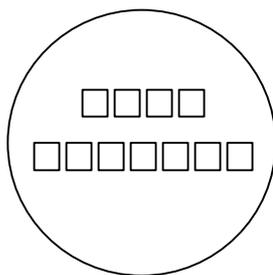
Types d'écritures	Alignement des lettres	Position des écritures et placements prioritaires	Remarques
Petits objets	Alignement horizontal	<p>L'intervalle standard entre l'objet et l'annotation est de 1,0 mm.</p>  <p><i>Lorsque les détails de la carte ne permettent pas de positionner les écritures comme indiqué ci-dessus, on choisira la position la plus appropriée.</i></p>	Les numéros , ... indiquent la position des écritures par ordre de priorité.
Zones (objets surfaciques)	Alignement horizontal	<p>Zone I : Ecriture au centre de l'objet</p>  <p>Zone II : Ecriture à l'extérieur</p> 	Zone II : l'espace entre l'écriture et l'objet sera de la taille d'une lettre.
Objets linéaires	Alignement penché, en ligne droite		Lorsque l'écriture est indiquée à l'extérieur de l'objet, l'espace entre l'écriture et l'objet sera d'une demi-lettre.
	Alignement penché, en ligne courbe		Lorsqu'un objet linéaire est large, l'écriture sera placée à l'intérieur de l'objet.

Lorsqu'une écriture est représentée sur deux lignes, l'intervalle entre les lignes sera la hauteur d'un caractère, et, selon les deux cas suivants:

1. Pour les petits objets, la ligne centrale formée par les deux lignes justifiées à gauche correspondra au centre de l'objet.



2. Pour les zones, le centre de chaque ligne correspondra au centre de l'objet surfacique.



(2) Règles détaillées

◆ Découpage administratif

1. Les noms administratifs des communes urbaines, communes rurales et arrondissements seront indiqués.
2. Lorsque la surface représentée sur la carte est petite et qu'il est difficile d'appliquer les normes adoptées pour la taille des caractères, on pourra réduire les lettres à la taille appropriée.

◆ Zones résidentielles

1. Les zones résidentielles seront représentées selon la classification suivante: zones habitées: 5 catégories; zones non habitées: 3 catégories.

◆ Routes

1. En principe, les noms de toutes les autoroutes, routes à péage, et routes ordinaires seront indiqués. Les grandes routes (axes principaux), les rues, les routes spéciales seront désignées par leur appellation la plus utilisée si elles en ont une.
2. Les routes ordinaires seront annotées sous la forme "RN_4a", par exemple, et lorsque cette annotation est suivie d'un nom pour les routes les plus connues, ces annotations seront alors inscrites ensemble selon les règles d'écriture pour les objets linéaires. Cependant, pour les écritures des routes nationales, les caractères devront être disposés verticalement par rapport à la route.

3. Pour les côtes, les cols et les ponts importants, les lieux-dits les plus répandus seront inscrits.
4. Les noms des tunnels routiers et ferroviaires seront indiqués à l'entrée et la sortie des tunnels correspondants conformément aux règles d'écriture des petits objets. Cependant, s'il est clair que l'entrée et la sortie correspondent au même tunnel, une seule annotation sera reportée.
5. Les écritures pour les échangeurs d'autoroutes seront les abréviations suivantes: (Exemples)

- Echangeur d'autoroute	« EA	»
- Carrefour	« CA	»
- Relais d'autoroute	« RA	»
- Parking	« PA	»

◆ Voies ferrées

1. Les noms propres des voies ferrées seront inscrits comme suit:
 - « Voie Xxxx »
 - « Voie Xxxx, ligne Yyyy »
2. Les noms de toutes les gares seront inscrits conformément aux règles d'écriture pour les petits objets sous la forme « Gare Zzzz ». Les gares de transport de marchandises, les gares de triage, et les feux de signalisation seront représentés conformément aux règles d'écriture pour les petits objets ou pour les zones, selon leur aspect.

◆ Constructions

1. Les bâtiments seront représentés conformément aux règles d'écriture pour les petits objets ou pour les zones, selon leur aspect.
2. En principe, le nom propre des bâtiments sera annoté. Mais lorsque l'écriture est particulièrement longue, elle pourra être abrégée.
3. En dehors des usines clairement identifiables telles que raffineries, usines sidérurgiques, on utilisera le symbole de l'usine auquel on apposera le nom de la société ou de l'usine.

◆ Objets divers

Les noms propres des monuments connus ainsi que leurs types seront indiqués conformément aux règles d'écriture pour les petits objets.

◆ **Hydrographie**

1. Noms des cours d'eau permanents et des canaux (traits simples) : appliquer les règles d'écriture pour les objets linéaires.
2. Lorsque le nom des cours d'eau ne peut pas être annoté selon les règles d'écriture pour les objets linéaires (ex. : dans les coins de carte), appliquer les règles d'écriture pour les petits objets ou les zones.
3. Noms des lacs, étangs et marais : appliquer, selon leur forme et leur étendue, les règles d'écriture pour les petits objets ou les zones.
4. Baies marines : le terme s'applique à des baies intérieures et relativement étroites; appliquer, selon leur forme et leur étendue, les règles d'écriture pour les petits objets ou les zones.
5. Noms des îles : appliquer, selon la forme et la taille des îles, les règles d'écriture pour les petits objets ou les zones. Si le nom de l'île et le nom de la seule zone résidentielle de l'île est le même, et que ces deux noms sont disposés côte à côte à cause de la forme ou de la taille de l'île, on pourra indiquer le nom de la zone résidentielle seulement.

◆ **Ouvrages hydrauliques**

Noms des digues, écluses, barrages, embarcadères de ferry, etc.: appliquer, selon leur importance, les règles d'écriture pour les petits objets ou les objets linéaires.

◆ **Espaces ouverts/utilisation du sol**

Noms des espaces ouverts (terrain de sport, parc, aérodrome, etc.) : appliquer les règles d'écriture pour les zones. Cependant, lorsque la surface sur carte est petite ou étroite et que cette règle n'est pas applicable, appliquer alors les règles d'écriture pour les petits objets ou les objets linéaires.

◆ **Montagnes**

1. Noms de montagnes, collines, pics: pour les lieux célèbres ou pour les reliefs de montagnes importants sur la carte, appliquer les règles d'écriture pour les petits objets ou les zones.
2. Noms de vallées et de lits de torrents: le centre de la ligne des caractères sera placé sur la ligne de la vallée, conformément aux règles d'écriture pour les objets linéaires. En cas d'écoulement d'eau, on se conformera aux points (1) et (2) de Hydrographie.

◆ Cotes des points géodésiques

Les cotes des points géodésiques et des repères de nivellement seront disposées à droite du symbole. Mais si la cote recouvre un détail important, on choisira une position mieux appropriée.

◆ Cotes des courbes de niveau

1. Les cotes des courbes de niveau seront principalement placées sur les courbes maîtresses, les courbes supplémentaires et les courbes des cuvettes. Cependant, elles seront également placées sur les courbes normales en terrain plat si la lisibilité de la carte l'exige.
2. La position des cotes ne devra pas gêner la représentation du relief; les cotes ne seront pas placées sur les arêtes de montagne très courbées ou sur les lignes de vallées.
3. La ligne des courbes sera interrompue pour placer la cote correspondante, et le centre de la ligne des caractères de la cote coïncidera avec celui de la courbe de niveau.
4. Densité des cotes sur la carte, y compris celles des points géodésiques : 10 cotes pour une superficie de 10 cm x 10 cm sur la carte.

La classification des annotations, discutée et adoptée avec le FTM, est indiquée dans le *Tableau 3.4 Classification des écritures*.

Tableau 3.4 Classification des écritures

Code	Type	Description	Longueur sur la carte	Surface sur la carte	Niveau	Couleur	Majuscules Minuscules	Normal/ Italiques	Taille de carac.	Espace entre carac.	Type d'annotation			Exemple	
											Point	Zone	Ligne		
9001	Points de contrôle	Point géodésique						Normal	2.0	0.0	○			1258	
9002		Repère de nivellement						Normal	2.0	0.0	○			1254,3	
9003		Point coté machine						Normal	2.0	0.0	○			1251	
9004		Valeur de courbe de niveau					Bistre		Italiques	1.0	0.0			○	1234
9101	Montagnes	Montagne, colline	< 15cm×15cm				Majus.	Italiques	2.0	2.0			○		(Ne pas placer en zones résidentielles)
9102			≥ 15cm×15cm				Majus.	Italiques	3.0	2.0			○		(L'écriture prend la forme du relief)
9201	Routes, voies ferrées	Numéro de route nationale					Majus.	Italiques	2.0	2.0			○		R N 4a
9202		Autoroute, route à péage					Minus.	Italiques	2.0	1.0			○		
9203		Pente, pont, échangeur, tunnel, etc.						Minus.	Italiques	2.0	1.0	○	○	○	
9204		Nom de voie ferrée						Minus.	Italiques	2.0	1.0			○	
9205		Gare, pont, infrastructure ferroviaire						Minus.	Italiques	2.0	1.0	○	○	○	
9301	Constructions	Bâtiment individuel ou groupe d'immeubles	< 5cm×5cm					Minus.	Normal	2.0	0.0	○	○		Hôpital Principal
9302			< 15cm×15cm					Minus.	Normal	2.5	0.0	○	○		Hôpital Principal
9303			≥ 15cm×15cm					Minus.	Normal	3.0	0.0	○	○		Hôpital Principal
9401	Objets divers	Calvaire, monument commémoratif, etc.	< 5cm×5cm					Minus.	Normal	2.0	0.0	○	○		Monument
9402			< 15cm×15cm					Minus.	Normal	2.5	0.0	○	○		Monument
9403			≥ 15cm×15cm					Minus.	Normal	3.0	0.0	○	○		Monument
9501	Utilisation des sols	Parc, terrain de sport, pâturage/aérodrome, terrain de golf, carrière, etc.	< 5cm×5cm					Minus.	Normal	2.0	0.0	○	○		Aérodrome
9502			< 15cm×15cm					Minus.	Normal	2.5	0.0	○	○		Aérodrome
9503			≥ 15cm×15cm					Minus.	Normal	3.0	0.0	○	○		Aérodrome
9601	Autres	Ile, cascade, col, ruine	< 5cm×5cm					Minus.	Normal	2.0	0.0	○	○		Lycée
9602			< 15cm×15cm					Minus.	Normal	2.5	0.0	○	○		Lycée
9603			≥ 15cm×15cm					Minus.	Normal	3.0	0.0	○	○		Lycée
9701	Hydrographie	Rivière, canal, vallée, torrent	< 5cm sur la carte	Largeur < 2mm		Bleu		Minus.	Italiques	2.0	0.0	○		○	Ankady
9702				Largeur ≥ 2mm		Bleu		Minus.	Italiques	2.5	0.0	○		○	Ikopa
9703			< 30cm sur la carte	Largeur < 2mm		Bleu		Minus.	Italiques	3.0	0.0	○		○	Ankady
9704				Largeur ≥ 2mm		Bleu		Minus.	Italiques	3.5	0.0	○		○	Ikopa
9705			≥ 30cm sur la carte	Largeur < 2mm		Bleu		Minus.	Italiques	3.5	3.5	○		○	Ankady
9706				Largeur ≥ 2mm		Bleu		Minus.	Italiques	4.0	4.0	○		○	Ikopa
9707		Lac, étang, marais	< 5cm×5cm			Bleu		Minus.	Italiques	2.0	0.0		○		Lac Mahazoarivo
9708		Baie, port	< 15cm×15cm			Bleu		Minus.	Italiques	2.5	0.0		○		Lac Mahazoarivo
9709			≥ 15cm×15cm			Bleu		Minus.	Italiques	3.0	0.0		○		Lac Mahazoarivo
9801	Divisions administratives	Commune Urbaine (CU)					Majus.	Normal	4.5	0.0		○			AMPANDRANA
9802		Commune Rurale (CR)					Majus.	Normal	4.0	0.0		○			ANALAKELY
9803		Arrondissement (AR)					Majus.	Normal	4.0	0.0		○			ANALAKELY
9811		Dénomination des entités administratives sur limites adm.						Terme générique: Minus. Nom propre: Majus.	Normal	2.0	0.0		○	○	
9901	Zones résidentielles	Zone habitée (très grande)						Minus.	Normal	4.0	0.0				Ankadivato
9902		Zone habitée (grande)						Minus.	Normal	3.5	0.0		○		Ankadivato
9903		Zone habitée (moyenne)						Minus.	Normal	2.5	0.0		○		Antsakaviro
9904		Zone habitée (petite)						Minus.	Normal	2.0	0.0		○		Antsakaviro
9905		Zone habitée (très petite)						Minus.	Normal	1.5	0.0		○		Antsakaviro
9906		Zone non habitée (grande)						Majus.	Italiques	3.5	3.5		○		BETSIMITATATRA
9907		Zone non habitée (moyenne)						Majus.	Italiques	2.5	0.0		○		BEVOLANA
9908		Zone non habitée (petite)						Majus.	Italiques	2.0	0.0		○		AMBODIHADY

3.1.4 Méthode d'établissement du plan urbain de base

(1) Pose des signaux aériens

Les signaux aériens ont été posés par le FTM.

Avant le commencement des travaux, les points suivants ont été discutés et convenus entre la JICA et le FTM.

Emplacements des signaux et nombre de points

A la suite des reconnaissances des points d'appui existants sur le terrain, il a été décidé que 21 signaux seraient posés sur 4 points existants et 17 nouveaux points.

Forme et matériau des signaux aériens

Les signaux aériens ont été installés en disposant trois ailes de dimensions 90 cm x 50 cm chacune, et recouvertes de plâtre blanc. Cette signalisation au plâtre facilite en effet l'identification des points sans risque d'être détruite.

Conservation des points d'appui

Chaque nouveau point d'appui installé a été marqué en son centre par un piquet en fer de 40 cm de long planté dans le sol, afin d'en assurer la conservation.

(2) Photographie aérienne et traitement photo

La photographie aérienne a été réalisée par des techniciens du FTM avec une chambre aérienne du FTM, à bord d'un avion de la société Madagascar Flying Service affrété spécialement.

Elle a été réalisée sur film noir et blanc sur une zone de 250 km². La direction de vol est-ouest a été choisie pour des raisons économiques, d'après la forme de la zone d'étude.

Les principales spécifications de la prise de vue étaient comme suit :

Chambre aérienne:	RMK TOP15
Longueur focale:	f = 153,15 cm
Dimensions des photos :	23 x 23 cm
Recouvrement longitudinal :	60 %
Recouvrement latéral :	30 %
Échelle de la prise de vues :	1:20 000
Altitude moyenne du terrain :	1 300 m
Hauteur de vol :	3 000 m

Les prises de vues ont été réalisées en totalité et par beau temps le 27 novembre 1998.

Les photos ont été développées par le FTM en utilisant les films, le papier pour les épreuves et le révélateur fournis par la mission d'étude.

La qualité et la précision des photos ont ensuite été vérifiées. On a ainsi pu constater que le recouvrement longitudinal dépassait considérablement la valeur prévue (60 %), comme indiqué ci-dessous.

Lignes de vol	Numéros des photos	Recouvrement longitudinal
C-1	1 ~ 17	78 ~ 85 %
C-2	1 ~ 17	73 ~ 76 %
C-3	1 ~ 15	72 ~ 76 %
C-4	1 ~ 18	72 ~ 77 %
C-5	1 ~ 21	75 ~ 80 %
C-6	1 ~ 19	72 ~ 76 %
C-7	1 ~ 16	74 ~ 75 %

Ces résultats sont dus aux techniques de navigation des techniciens et au fait qu'il y avait du vent ce jour-là. Le nombre de photos obtenues est 1,7 fois supérieur au nombre prévu.

Le recouvrement latéral obtenu est de 10 à 45 %.

Après considération des travaux suivants et des conditions météorologiques, il a été décidé que ces photos pouvaient bien être utilisées pour les travaux.

A la suite de discussions avec le FTM, les annotations suivantes ont été adoptées pour les films négatifs :

- Au centre de la marge : 98 JICA-FTM-244/200
- Au coin de la marge : C-1.01

(3) Levé des points d'appui

Lever les points d'appui consiste à déterminer les points d'appui planimétriques et altimétriques nécessaires pour les travaux suivants d'aérotriangulation et de restitution numérique. Pour ce projet, des observations GPS et des travaux de nivellement ordinaire ont été réalisés par le FTM.

Observations GPS

Le FTM a installé 17 nouveaux points par des observations GPS, d'après 7 points géodésiques installés précédemment. Trois récepteurs GPS Leica ST-399 du FTM ont été utilisés.

Les nouveaux points à installer étaient au nombre de 8 dans le plan original, mais ce nombre a dû être porté à 17 car de nombreux points géodésiques prévus d'être utilisés étaient endommagés ou détruits.

Les observations ont été effectuées par 25 sessions d'au moins une heure chacune par la méthode statique (acquisition de données par intervalles de 15 secondes), avec 59 bases.

L'analyse des bases a été effectuée sur l'ellipsoïde WGS84 à l'aide du logiciel SKI sur toutes les données acquises. Après vérification de la validité des données et d'éventuelles altérations des points d'appui existants, les données ont été converties à l'ellipsoïde et au système de coordonnées utilisés à Madagascar.

Nivellement ordinaire

Le nivellement ordinaire a été réalisé sur 55 km, à l'aide des instruments Wild NA2 et Kern GK1A.

En principe, un réseau en boucle fermée a été adopté, et des observations aller-retour ont été effectuées dans les endroits où cela n'était pas possible.

Pour ce qui est des normes des calculs, les cotes des repères de nivellement nationaux existant à Madagascar ont été utilisées.

Le nivellement ordinaire consistait à calculer les altitudes pour l'aérotriangulation et la restitution numérique, mais également à observer les altitudes des nouveaux points d'appui installés à l'aide du GPS, afin d'en accroître la précision. Des points ont été piqués sur les photographies aériennes selon des intervalles d'environ 400 m, et leurs altitudes, déterminées par les calculs de compensation, y ont été reportées.

(4) Optimisation et utilisation des données numériques existantes

Principes de création des données

Les principes de création des données pour ce projet ont été discutés avec le FTM, et convenus comme suit :

- a) La division des couches de la base de données doit être établie selon les normes de classification définies lors des discussions sur les signes conventionnels numériques.
- b) La méthode d'utilisation rationnelle des données numériques existantes en tant que données du plan urbain de base doit être déterminée, après analyse et évaluation de ces données.
- c) Les données doivent être au format « design file » de MicroStation, eu égard au matériel utilisé au FTM.

Evaluation et optimisation des données numériques existantes

Après évaluation des données numériques existantes recueillies (voir 3.1.1 ④ *Données numériques existantes*), la méthode d'optimisation a été décidée.

- a) Les données numériques 1:500 créées par A.O.C. sont constituées de plus de 200 fichiers. D'après l'étendue de chaque fichier, il a été déterminé qu'il s'agissait de fichiers de minutes de restitution par modèles, n'ayant pas subi de compilation numérique. Par ailleurs, la division des couches en objets topographiques et planimétriques au sein de chaque fichier étant imprécise, et les couches entre chaque fichier manquant de cohérence, il a été décidé de ne pas utiliser ces données dans la base de données de ce projet.
- b) En ce qui concerne les données numériques 1:2 000 compilées par B.D.U. d'après les données numériques 1:500 ci-dessus, les fichiers sont bien divisés en couches d'objets topographiques et planimétriques, mais il y a un manque de cohérence entre les fichiers. Par ailleurs, cette division en couches ne correspond pas aux codes des signes conventionnels arrêtés pour ce projet. Il a donc été décidé de n'utiliser dans ces données que les bâtiments et les routes. Il a donc fallu extraire les données des bâtiments et des routes dans tous les fichiers (environ 170) et les éditer de manière à uniformiser les codes et les couches.

La cohérence des données de restitution numériques et de leurs positions a été vérifiée afin de s'assurer que leur précision répond aux spécifications de ce projet.

Par ailleurs il a également été décidé de convertir les fichiers « design » au format de fichier MapInfo.

- c) Les données numériques 1:2 000 ont été créées par le FTM avec MicroStation, et le problème de format ne se posait pas. Cependant, comme pour les données numériques mentionnées ci-dessus, les détails topographiques et planimétriques ainsi que les couches ne correspondant pas aux signes conventionnels convenus, il a été décidé de recompiler les couches. La classification des bâtiments et des routes ne pouvant pas être réalisée par ces travaux de compilation, ces détails ont été vérifiés sur le terrain et corrigés par une compilation supplémentaire.

Les zones correspondant aux données existantes par rapport à la zone d'étude sont indiquées dans la *Figure 3.1 Etendue des données existantes*.

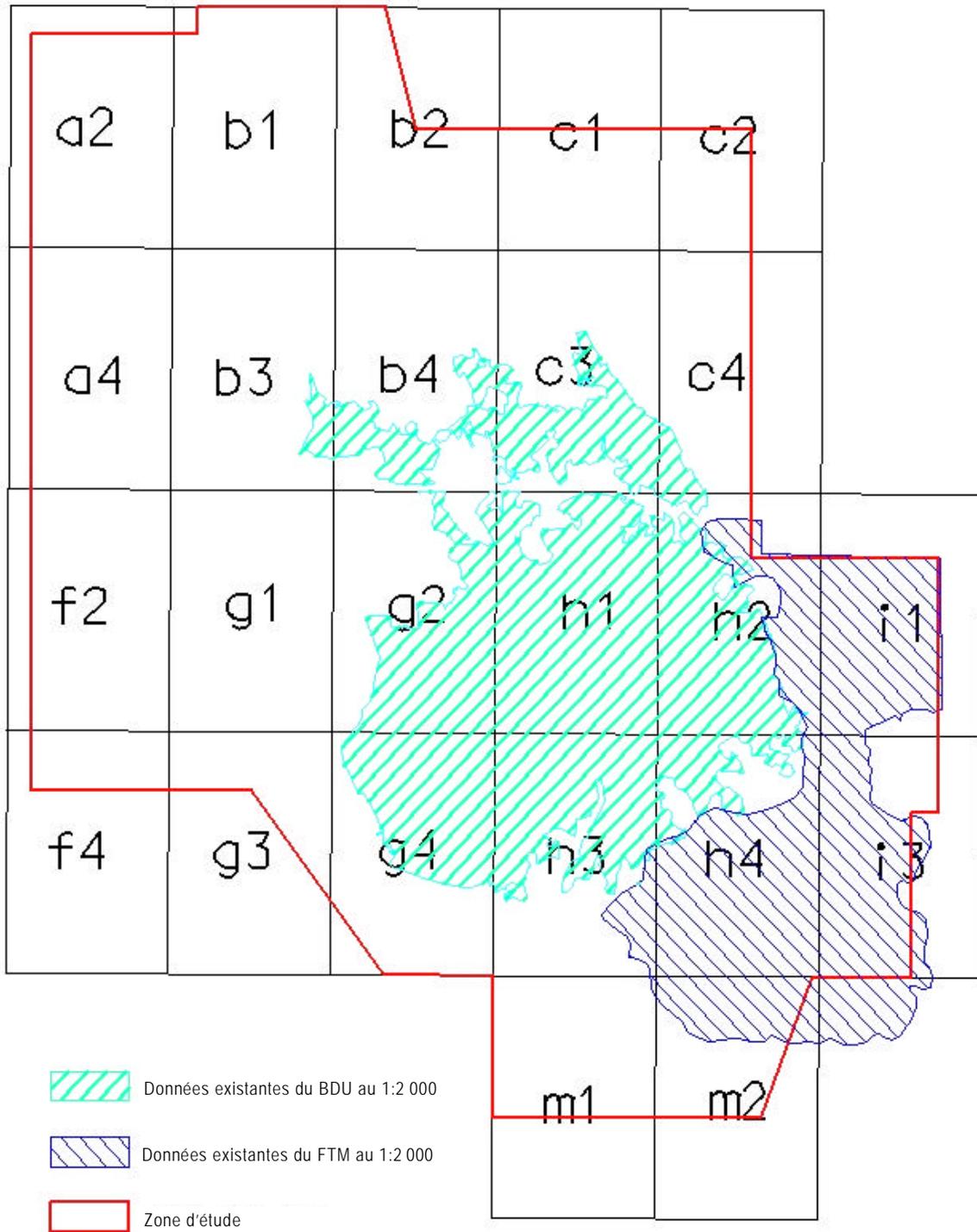


Figure 3.1 Etendue des données existantes

Compression/révision des données numériques existantes

Les données numériques existantes optimisées ont été compilées – réduction du nombre de données, altération des couches, etc. – afin qu’elles soient uniformisées avec les signes conventionnels numériques convenus. Des symboles ont été attribués aux routes de moins de 3 m de large afin de préserver autant que possible la précision des données. Une généralisation appropriée a été appliquée aux très petits bâtiments de moins de 5 m de long. Les corrections correspondant aux changements temporels et les révisions des données ont été réalisées lors de la restitution numérique et la compilation numérique.

Utilisation des données numériques existantes

Les données à l’échelle d’environ 1:10 000 ainsi produites ont encore subi des conversions de format, et la précision et l’intégrité des données ont été vérifiées par la fonction de superposition (« overlay ») du restituteur analytique afin de détecter les changements temporels.

(5) Aérotriangulation

L’aérotriangulation a été appliquée à la zone d’étude à l’aide des photographies aériennes prises et des résultats des levés. Les calculs de compensation par faisceaux ont été réalisés par la méthode analytique.

La quantité de travaux était comme suit :

Nombre de lignes de vols :	7 lignes
Nombre de modèles :	98 modèles
	C-1 8 modèles
	C-2 15 modèles
	C-3 14 modèles
	C-4 17 modèles
	C-5 18 modèles
	C-6 15 modèles
	C-7 11 modèles
	Total 98 modèles

Vingt-trois points d’appui ont été utilisés pour la compensation des positions planimétriques, et 114 points pour la planimétrie, d’après les résultats des levés.

Les résultats des calculs de compensation ont montré en planimétrie un écart-type de 17 cm et un écart maximum de 41 cm, et en altimétrie un écart-type de 32 cm et un écart maximum de 117 cm. Nous pensons que nous devons ces bons résultats à la précision de positionnement élevée des points d'appui et à la bonne visibilité des signaux aériens posés sur ces points d'appui.

(6) Restitution numérique

La restitution numérique consistait à calculer les coordonnées numériques des détails topographiques et planimétriques au moyen d'un restituteur analytique, d'après les photographies aériennes et les résultats de l'aérotriangulation. La restitution a été réalisée conformément aux normes d'acquisition et à la classification des signes conventionnels retenus. Cependant, le peu de documents disponibles pour la restitution de la végétation a empêché une classification détaillée des espèces d'arbres. La classification des différentes catégories a dû être effectuée par photo-interprétation pour déterminer les étendues de végétation, et la densité et les motifs des arbres. Pour ce qui est des routes, la largeur plane de la chaussée a été adoptée (par unités d'un mètre). Les routes de 3 m ou plus ont été représentées par leur forme vraie dans toute la mesure du possible. Celles de moins de 3 m et d'au moins 1,5 m ont été représentées sur la carte par un symbole de route de 0,3 mm. Les routes de moins de 1,5 m ont été considérées comme des sentiers/chemins. Pour ce qui est des routes difficiles à identifier en zone urbaine, leurs formes et largeurs ont été vérifiées sur le terrain.

Dans les zones couvertes par des données numériques existantes, une restitution numérique partielle a été effectuée pour les éléments de données non compris dans les données utilisées, tandis que la restitution des révisions correspondant aux changements temporels dans les données numériques existantes a été réalisée.

Dans les zones non couvertes par des données numériques, la restitution numérique complète couvrirait tous les éléments.

Restitution numérique partielle

- Données numériques existantes au 1:2 000 réduites et éditées par B.D.U.

Seuls les bâtiments et les routes des données numériques existantes au 1:2 000 réduites et éditées par B.D.U. (52 km² dans la zone totale de 250 km²) ont été utilisés, et tous les autres éléments ont fait l'objet d'une restitution additionnelle à partir de zéro. Pour ce qui est des bâtiments et des routes, les données numériques

existantes ont été entrées dans le restituteur analytique et superposées sur les modèles de photographies aériennes par la fonction de superposition (« overlay »). Ensuite les parties ayant subi des changements dans le temps ont été identifiées par photo-interprétation afin de réaliser la restitution numérique des révisions. La révision des données a été reportée aux travaux de compilation numérique.

- Données numériques existantes au 1:2 000 réduites et éditées par le FTM

En ce qui concerne les données numériques existantes au 1:2 000 réduites et éditées par le FTM, l'équidistance des courbes de niveau était de 2 m au lieu de 5 m comme convenu dans les spécifications des signes conventionnels. Nous avons d'abord considéré interpoler les courbes de niveau de 5 m à partir des données, mais au vu des difficultés de représentation précise des étendues plates comme les rizières et les altérations topographiques artificielles, nous avons finalement décidé d'effectuer une nouvelle restitution des courbes au lieu d'éditer les données existantes.

Nouvelle restitution numérique

Une restitution de tous les éléments a été effectuée pour les parties non couvertes par des données numériques existantes. Ces nouvelles données ont été raccordées aux données existantes. Il a été décidé que les points difficiles à identifier par la photo-interprétation (distinction de revêtement et de largeur des routes, parties cachées par des arbres, végétation, petits éléments, etc.) seraient d'abord vérifiés par une identification supplémentaire sur le terrain.

(7) Compilation numérique

Les données produites par la restitution numérique ont été entrées dans l'appareil de compilation pour les travaux de compilation des détails topographiques et planimétriques – additions, suppressions, modifications, etc. – conformément aux règles des signes conventionnels. Dans les zones couvertes par des données existantes, les légendes ont servi de référence pour la classification des signes conventionnels. La compilation des raccords avec les données existantes et des révisions correspondant aux changements temporels a été réalisée en même temps que la révision des erreurs dans les données numériques existantes (erreurs de formes, suppression des données dupliquées et des données inutiles, etc.). Ces données existantes étant moins

bien terminées que ce qui avait été anticipé, cela a entraîné un surcroît de travail de compilation numérique.

Les données ont été imprimées après la compilation numérique, et les points ambigus ont été repérés pour l'identification sur le terrain.

(8) Identification sur le terrain

L'identification sur le terrain consistait à emporter sur le terrain la carte imprimée ci-dessus (manuscrit de complètement sur le terrain) et à vérifier les points ambigus repérés. Cela consistait également à vérifier les erreurs de représentation (erreurs de signes conventionnels, de formes des objets topographiques et planimétriques, etc.) et à les corriger sur le manuscrit, qui a ensuite été utilisé pour les travaux ultérieurs de compilation supplémentaire. De cette identification sur le terrain, les remarques suivantes peuvent être faites :

Les photographies aériennes ont été prises en début de saison des pluies, et le niveau des eaux était relativement élevé. La restitution numérique représente donc les contours hydrographiques de cette époque. L'identification sur le terrain a été réalisée pendant la saison sèche, faisant apparaître quelques différences au niveau de ces contours. L'idéal serait de représenter le niveau d'eau moyen annuel, mais après discussions avec le FTM, le niveau d'eau à l'époque de la photographie aérienne étant proche de cette moyenne, il a été convenu de ne pas réviser ces données lors du complètement.

Les données existantes ne distinguant pas les routes revêtues des routes non revêtues, toutes ces données ont été vérifiées lors de l'identification sur le terrain en vue de la classification.

A Madagascar, les petites maisons, les fours à briques et les tombes sont fabriqués avec les mêmes matériaux et présentent la même forme ; en conséquence, un certain nombre d'erreurs sont apparues lors de la restitution numérique. Etant donné que la vérification de ces objets demande beaucoup de travail, seuls les éléments confirmés pendant l'identification sur le terrain ont été révisés, et le reste de ce travail a été confié aux soins du FTM.

Les noms géographiques, les annotations et les limites administratives ont également été vérifiés d'après les documents recueillis et l'identification sur le terrain, puis reportés sur un manuscrit réservé à cet effet. Par ailleurs, ces

données ont été numérisées en utilisant MicroStation et remises au responsable de la compilation supplémentaire. Ces travaux d'identification sur le terrain ont été effectués en collaboration avec le FTM, sous la direction d'un membre de la mission d'étude.

(9) Compilation supplémentaire

Les données numériques obtenues après la compilation numérique ont subi des ajouts, des suppressions et autres modifications par l'appareil de compilation d'après les résultats de l'identification sur le terrain, et de nouveaux fichiers de données ont été constitués. Les objets topographiques et planimétriques ont été révisés d'après le manuscrit de complètement sur le terrain. Les données numériques des limites/noms administratifs et des noms géographiques ont été entrées dans l'appareil de compilation et reliées aux données numériques des objets topographiques et planimétriques. Pour éviter que les symboles et les annotations ne se chevauchent sur la carte, les positions des annotations ont été modifiées.

(10) Structuration des données du plan urbain de base

Les données numériques obtenues après la compilation supplémentaire ont été ajustées aux spécifications convenues avec le FTM et structurées de manière qu'elles puissent être utilisées dans un système de gestion de base de données. A chaque signe conventionnel du plan urbain de base a été attribué un code de 4 chiffres et une classification en point, ligne ou surface.

Les courbes de niveau ont été masquées aux intersections avec une route ou un accident du terrain, mais traitées comme des lignes continues avec un attribut de hauteur, permettant leur utilisation pour une représentation en 3 dimensions (carte à vol d'oiseau, carte des pentes, etc.)

Les bâtiments ont été traités comme des polygones pour permettre la construction future d'une base de données du bâti. Les plans d'eau tels cours d'eau permanents, canaux, lacs, étangs et marais, ont également été traités comme des polygones pour faciliter leur utilisation en tant que données hydrographiques.

Après discussion avec le FTM, les fichiers de données ont été divisés par unités de coupures en considération de la taille finale des fichiers et de leur gestion (révisions, additions, etc.). Les raccords entre chaque coupure ont été réalisés par la correspondance des nœuds, et en considération des facilités de structuration des données en un système d'information géographique tel Arc/Info.

(11) Approbation officielle

Les données numériques ayant subi la compilation numérique supplémentaire ont été converties au format de cartographie numérique défini par les Spécifications des travaux de levés publics du Ministère de la Construction japonais, spécifications fixées par l'Institut géographique national (du Japon) sous l'égide du Ministère de la construction. Elles ont ensuite été soumises à l'examen de l'Association japonaise des géomètres pour obtention de l'approbation officielle.

Cet examen consiste en une vérification visuelle des cartes tracées, des photographies aériennes et du manuscrit de complètement sur le terrain, et en une vérification logique des fichiers de données.

(12) Préparation des cartes tracées et du CD-ROM

Les fichiers de données approuvés ont été imprimés en couleur à l'échelle du 1:10 000 au moyen d'un traceur à jet d'encre, et un CD-ROM a été gravé.

La *Figure 3-2 Organigramme des travaux pour l'établissement du plan urbain de base* résume l'ensemble des travaux.

3.1.5 Structure de la base de données

Les données du plan urbain de base ont été structurées à l'aide de MicroStation, puis converties au format Arc/Info3 adopté pour ce projet afin qu'elles puissent être exploitées dans un système de gestion de base de données.

La structure de chaque élément de donnée dépend de la classification du signe conventionnel correspondant.

La *Figure 3-3 Plan urbain de base au 1:10 000* représente un échantillon du plan urbain de base à l'échelle du 1:10 000.

Les bâtiments sont représentés individuellement et les courbes de niveau sont tracées selon une équidistance de 5 mètres. Par rapport aux cartes topographiques au 1:10 000 ordinaires, les détails sont représentés avec une grande précision.

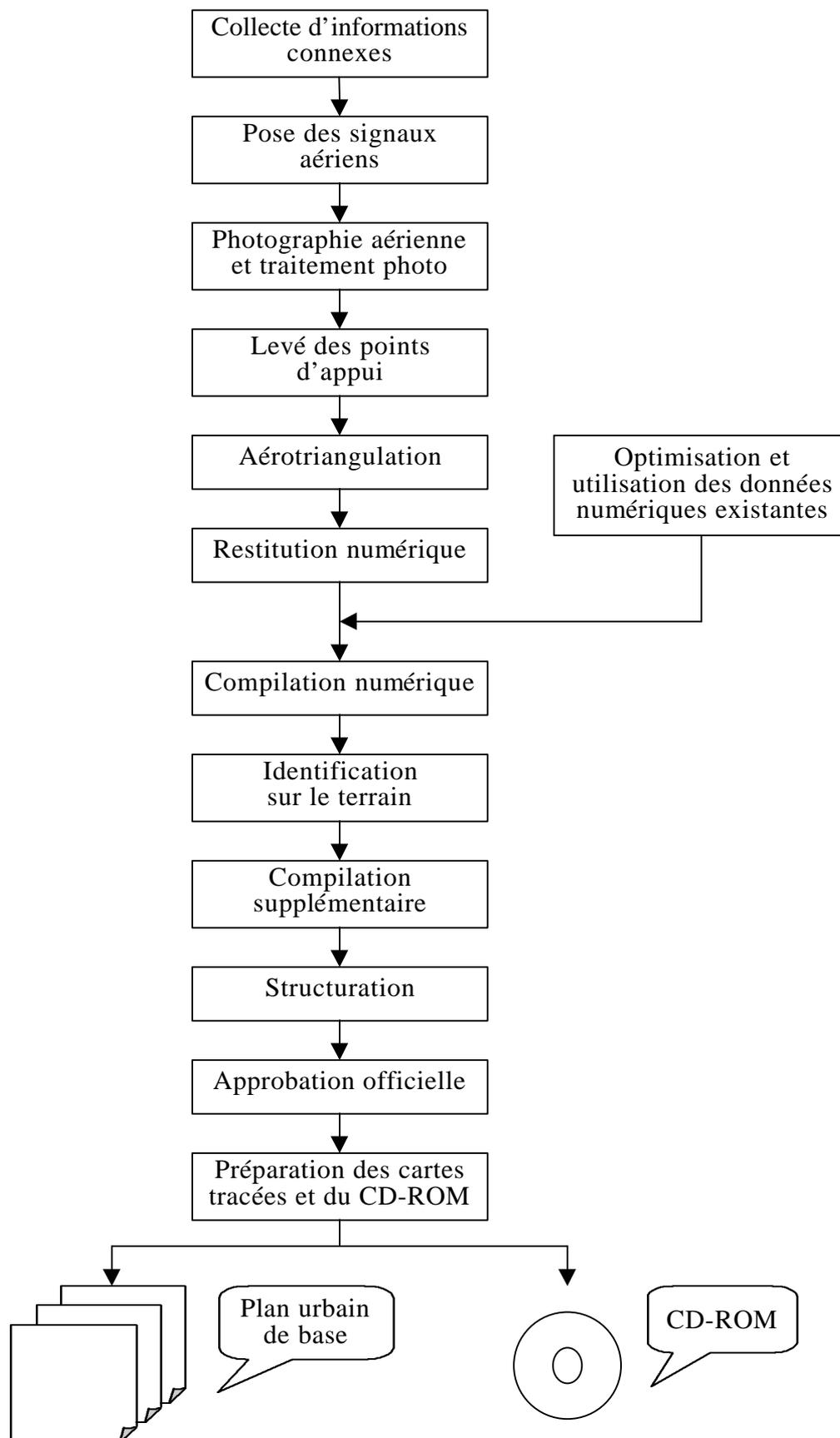


Figure 3.2 Organigramme des travaux pour l'établissement du plan urbain de base

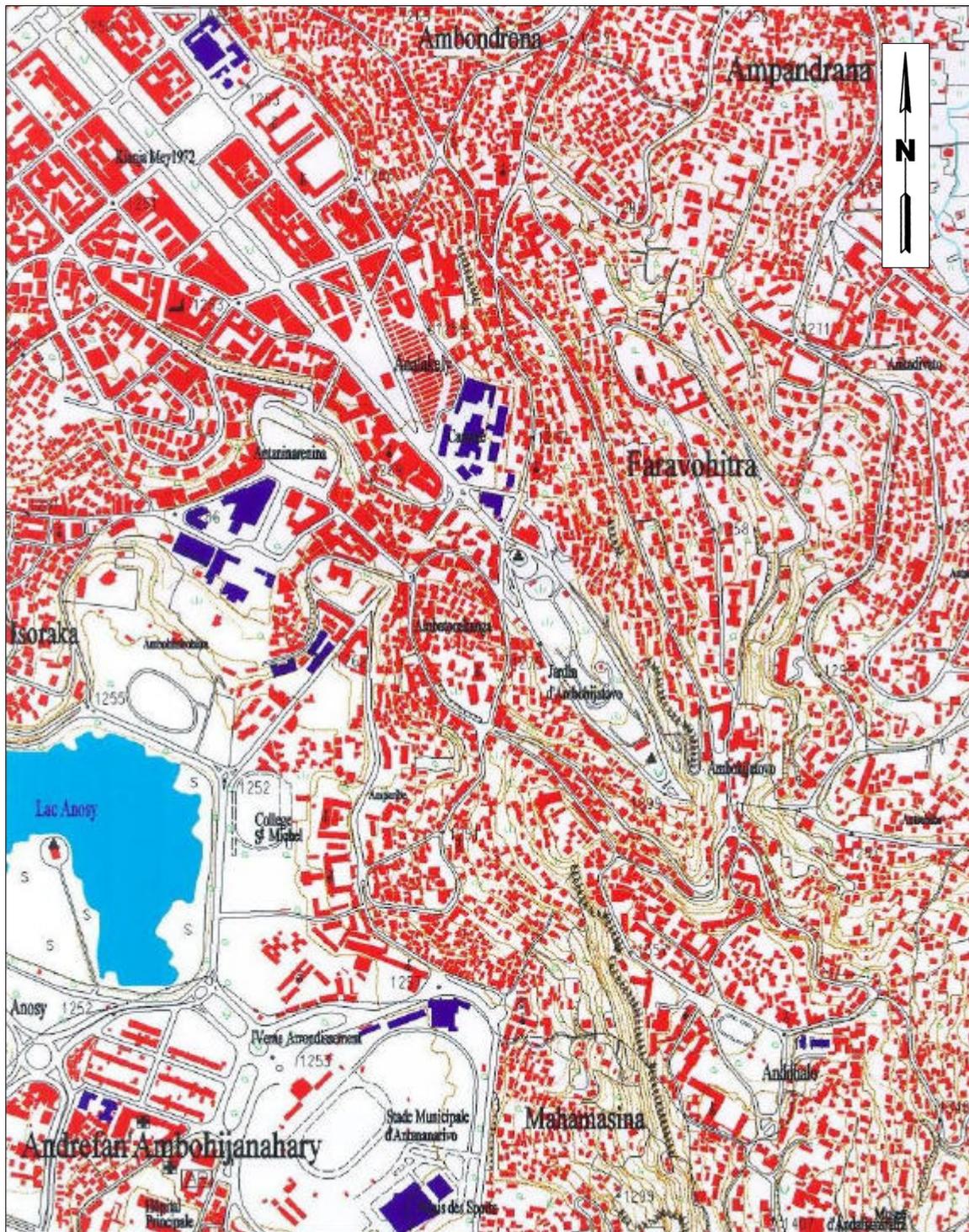


Figure 3.3 Plan urbain de base au 1:10 000

3.2 Carte des conditions du terrain

3.2.1 Objectifs de la carte des conditions du terrain

(1) Principes fondamentaux

La carte des conditions du terrain, telle qu'elle est dénommée par l'Institut Géographique National, rattaché au Ministère de la Construction du Japon, est un type de carte thématique élaboré conformément aux principes fondamentaux qui portent essentiellement sur la connaissance et l'analyse :

- de l'évolution des conditions de terrain et du relief
- de l'altitude
- de la chronologie des terrains par rapport aux activités humaines, par exemple le remblayage,

en vue de faire connaître dans une large mesure les caractéristiques et comportements du terrain en cas de catastrophes naturelles, dont les inondations.

Cette carte est destinée non seulement pour la détermination des mesures de prévention à prendre contre les inondations, mais également pour la prévision des risques de mouvements de terrain dus aux tremblements de terre et pour la prévention des accidents dus aux mouvements de versants montagneux. Elle peut en outre servir de document de base pour la gestion de la conservation des sols, du développement régional ou de l'occupation des sols.

La carte des conditions du terrain du Japon fait figurer trois éléments principaux :

- La classification géomorphologique qui permet de connaître l'aspect qualitatif global des caractéristiques régionales ;
- L'altitude représentée par les courbes de niveau tous les mètres dans le domaine de la plaine, permettant l'évaluation quantitative des terrains ;
- Les diverses organisations et infrastructures dont :
 - les instances officielles qui lancent les avis d'alerte et donnent les ordres d'évacuation en cas de catastrophe naturelle,
 - les organismes de sauvetage en charge de secourir les victimes,
 - les bâtiments pouvant servir de refuge aux sinistrés, et
 - les infrastructures hydrauliques telles que les digues, les prises et les évacuations d'eau.

La carte des conditions du terrain permet de ce fait de contrôler la situation dans une région spécifique aussi bien pour son propre développement que pour la prévention des catastrophes.

(2) Orientations pour l'établissement de la carte des conditions du terrain

Les conditions géographiques de la région d'Antananarivo, faisant l'objet de la présente étude, sont trop différentes de celles du Japon pour que l'on puisse appliquer les mêmes principes fondamentaux pour l'établissement de cartes des conditions du terrain. De ce fait, les orientations suivantes ont été adoptées :

Formation de la plaine et ses éléments topographiques

Du point de vue topographique, la région d'Antananarivo peut être divisée globalement en deux domaines : celui des collines et celui des plaines. La dénivellation entre ces deux domaines est d'environ 200 m. La partie plane, qui correspond à la Plaine d'Antananarivo, est une zone de dépression résultant d'un effondrement de sol de grande envergure qui a pris place dans la structure géologique. Cet effondrement est à l'origine d'un grand lac comme le confirment les épais sédiments lacustres existant dans cette plaine. Par la suite, le niveau d'eau de ce lac a connu deux importantes baisses formant ainsi deux niveaux de terrasses dans le domaine des collines. Actuellement, ce niveau diminue encore progressivement en raison des travaux de drainage, mais la pente du cours d'eau est très faible dans la plaine à cause des dépôts de sédiments et de débris provenant de l'amont et des collines environnantes formant une succession de couches résultant en un terrain extrêmement plat et une différence de niveau entre l'amont et l'aval de moins de 2 mètres. En raison de cette différence d'altitude minime et aussi de l'existence d'une couche d'argile qui limite l'infiltration des eaux, les eaux de pluies stagnent longtemps durant les périodes de crues.

Cause des inondations

Les cartes de conditions des terrains élaborées au Japon sont particulièrement orientées vers la prévention contre l'inondation. Dans la Plaine d'Antananarivo cependant, le problème d'inondation est perçu sous un angle différent. En effet, s'agissant d'une zone abaissée où demeurent encore des dépôts lacustres et quoique l'écoulement des eaux soit contrôlé en amont par un barrage et maîtrisé en aval par des travaux de drainage, la stagnation des eaux persiste durant la période des pluies où les précipitations mensuelles qui atteignent presque 300 mm s'ajoutant aux trombes d'eau provenant des collines provoquent une inondation pendant une période prolongée de l'année. La circonstance d'inondation à Antananarivo n'est donc pas un phénomène à caractère brusque mais plutôt un phénomène répétitif de ces deux causes.

Identification des zones inondables

Les cartes de conditions des terrains élaborées au Japon mettent particulièrement l'accent sur la prévision des menaces d'inondation et la réduction des dégâts conséquents. Dans la zone étudiée cependant, l'accent est particulièrement mis sur l'identification des zones sujettes chaque année aux inondations. De ce fait, des données satellitaires ont été utilisées pour mettre en évidence le degré de risque d'inondation des zones à différentes périodes. Il serait nécessaire de mesurer la profondeur de l'eau dans les zones inondées durant chaque période et de déterminer la fréquence de l'inondation.

Principales organisations de gestion des cours d'eau

Les cartes de conditions des terrains élaborées au Japon fournissent des informations précieuses sur les principales organisations chargées de la gestion des cours d'eau et des lieux d'abris pour les sinistrés en période d'inondation. Ces cartes deviennent ainsi de véritables « cartes de risques naturels ». Du fait que les inondations se présentent à Antananarivo sous la forme de débordements de longue durée, seront uniquement reportées sur les cartes, en tant qu'installations majeures, les mairies, les principales organisations de gestion de cours d'eau, ainsi que les organisations fournissant des informations sur la météorologie. Dans cette région, un comité provisoire de lutte contre les désastres se réunit en cas d'inondation de grande envergure, pour prendre des mesures nécessaires sur la base des informations fournies par les différentes organisations concernées. Aucune organisation publique n'assure actuellement en permanence la gestion des mesures vis-à-vis des catastrophes dues aux eaux.

Erosion des sols dans la zone des collines

Le domaine des collines est constitué de granites ou de gneiss qui forment le socle de la région et qui, à l'origine, recouvraient entièrement cette zone de pénéplaine. Toutefois, la Plaine d'Antananarivo étant à l'heure actuelle submergée sous le lac, les sommets des collines demeurent aujourd'hui sous forme de collines résiduelles. La couche superficielle de ce domaine des collines étant recouverte de latérites, l'érosion des sols se manifeste en de nombreux endroits. Comme la zone urbaine au centre d'Antananarivo est d'ores et déjà consolidée artificiellement par du béton, entre autres, elle semble présenter peu de risques d'érosion, mais en réalité la situation de l'inclinaison des pentes d'origine ainsi que la fragilité de la nature des sols formant les terrains laissent prévoir d'importants risques d'érosion, et il a été décidé que la carte des conditions du terrain serait particulièrement détaillée pour la topographie de la zone de collines.

Le principal problème de cette zone de collines est d'évaluer le degré de danger dû à l'érosion des sols. Ce danger pourra être déterminé en divisant les inclinaisons à partir des données d'altitude obtenues pour l'établissement de la carte topographique, en procédant à l'étude détaillée de l'instabilité du milieu (zones effondrées, glissements de terrain, et autres conditions d'érosion) en utilisant le SIG. La carte des conditions du terrain est une des cartes thématiques permettant de procéder à l'évaluation, et divise la topographie de la zone de collines en tenant compte de l'inclinaison et de la forme des pentes.

3.2.2 Méthode d'établissement de la carte des conditions du terrain

(1) Collecte des documents

Avant de procéder à l'étude même et afin de connaître la situation géographique, topographique, géologique, et l'état de la végétation de la zone de l'étude, la documentation existante, les différents types de cartes thématiques, les photos aériennes, les données satellitaires, etc. ont été récoltés et ont servi de documents de base pour l'établissement de la carte des conditions du terrain. Dans le cadre de la présente étude, des données satellitaires (sur trois périodes), des photos aériennes existantes ainsi qu'une carte d'occupation du sol à l'échelle du 1:25 000 ont été obtenues grâce à la collaboration du FTM et ont été très utiles pour l'établissement de la carte des conditions du terrain.

(2) Classification générale sur le terrain

Lors de la classification générale sur le terrain, afin d'obtenir un aperçu des conditions géographiques et topographiques sur l'ensemble de la zone de l'étude, les caractéristiques topographiques ont été élucidées principalement pour examiner les différentes catégories pour la classification géomorphologique, parallèlement à la classification générale sur le terrain pour l'établissement de la carte d'occupation du sol.

(3) Proposition de catégories pour la classification

La proposition de catégories pour la classification de la carte des conditions du terrain a été établie sur la base de la classification générale sur le terrain, des photos aériennes et de la documentation de référence. Les catégories portent sur la division générale de la topographie de la zone de l'étude en zone de collines, zone de plaines et autres, ainsi que sur la division plus détaillée à l'intérieur de ces zones.

Les rubriques indiquées sur la carte des conditions du terrain sont les suivantes : 1) classification géomorphologique, 2) zones inondées par période selon les données satellitaires en fonction de l'altitude, 3) infrastructures et organisations importantes lors des catastrophes naturelles.

(4) Etablissement du manuscrit de la carte des conditions du terrain d'après les données de la carte topographique et les photographies aériennes

Pour établir le manuscrit de la carte des conditions du terrain, les divisions ont été reportées sur la carte topographique en prenant particulièrement pour référence les données d'altitude parmi les données de la carte topographique, les parties inconnues étant complétées par l'interprétation des photographies aériennes. Par ailleurs, au stade du manuscrit, seule a été effectuée une classification géomorphologique dans l'objectif d'une préparation aux discussions avec le FTM et de la reconnaissance sur le terrain. Nous avons obtenu la collaboration de Mme RAHARIJAONA Raharison Léa Jacqueline, Géologue du Département de Géologie de l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université d'Antananarivo, pour l'établissement de la carte des conditions du terrain, en particulier pour ce qui est de la classification et de la reconnaissance sur le terrain. Elle a également assuré la direction d'un certain nombre d'opérations.

(5) Discussions avec le FTM

Les discussions avec le FTM ont porté sur les points essentiels de l'établissement de la carte des conditions du terrain, sur la confirmation de la classification, les méthodes d'utilisation des données satellitaires ainsi que sur les infrastructures et organisations importantes en cas de catastrophes naturelles. Sur cette base, les discussions ont ensuite porté sur les méthodes d'utilisation de la carte des conditions du terrain.

(6) Confirmation par photo-interprétation et reconnaissance sur le terrain

Les discussions avec le FTM ainsi que la lecture des cartes topographiques et la photo-interprétation ont permis de procéder à la révision du manuscrit, la reconnaissance sur le terrain ayant permis d'observer les affleurements et d'échantillonner les sols dans les principaux endroits. L'observation des affleurements a permis de confirmer avec netteté la situation des sédiments et des rides présents dans la zone de collines. Par ailleurs, l'étude des sols a été effectuée par un échantillonnage avec tarière manuelle à la frontière entre la zone de plaines et la zone de collines. A cette période, de nombreux endroits dans la plaine étaient creusés pour la fabrication des briques, et ces excavations ont été utiles pour l'observation du profil des sols.

(7) Révision de la carte des conditions du terrain et numérisation des données

La carte a été corrigée à partir des résultats ci-dessus et saisie sous forme de données numériques au moyen d'un numériseur. Lors de cette opération, le système de coordonnées de la carte topographique a été appliqué uniformément, de manière qu'il soit possible de superposer les données de la carte des conditions du terrain sur celles de la carte topographique.

(8) Préparation des cartes tracées et du CD-ROM

La carte des conditions du terrain a été imprimée à l'échelle du 1:10 000 au moyen d'un traceur, selon les mêmes coupures que la carte topographique, et sauvegardée sur un CD-ROM utilisable avec Arc/View.

La *Figure 3.4 Organigramme des travaux pour l'établissement de la carte des conditions du terrain* résume l'ensemble des travaux.

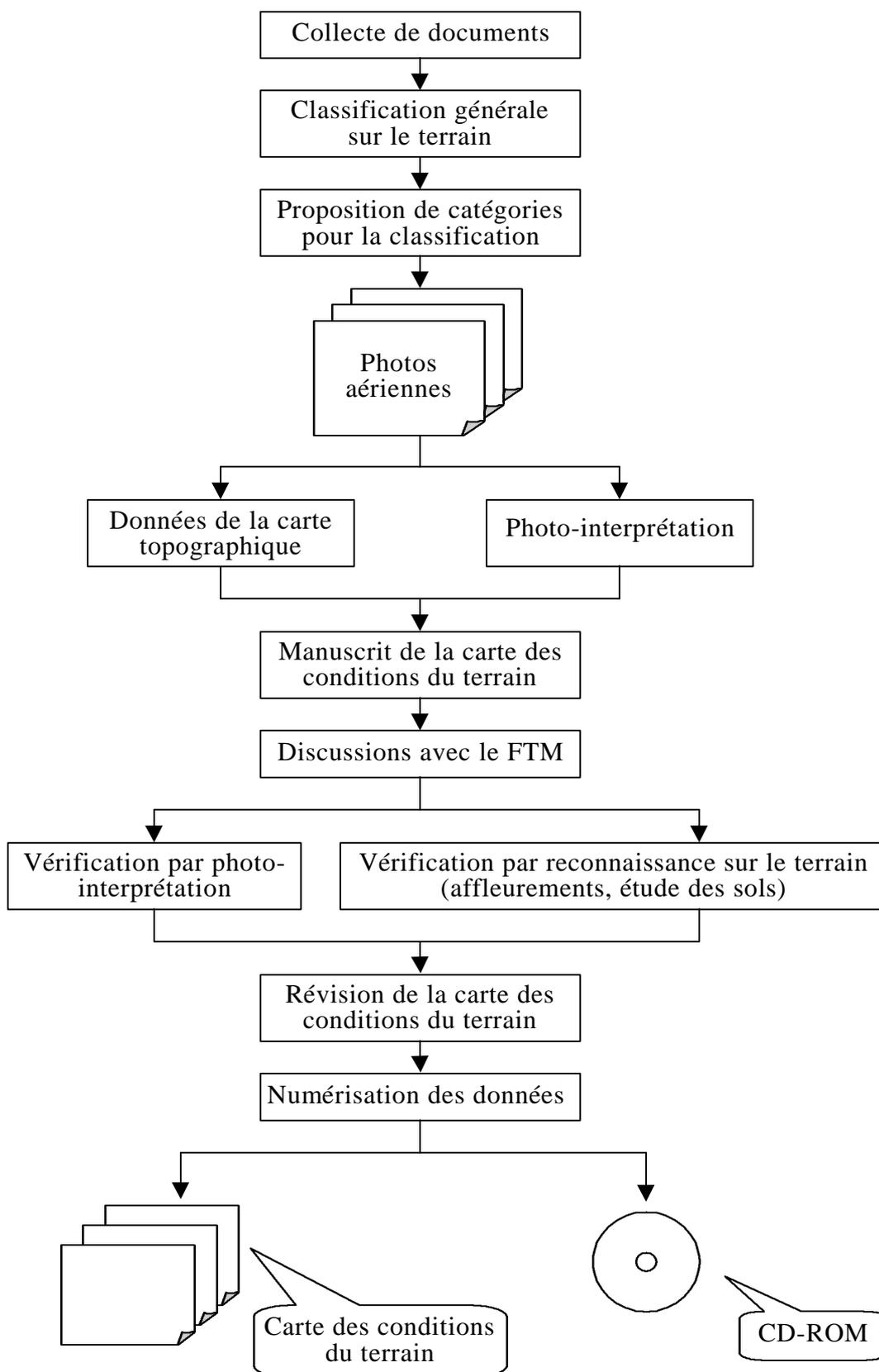


Figure 3.4 Organigramme des travaux pour l'établissement de la carte des conditions du terrain

3.2.3 Carte des conditions du terrain et caractéristiques régionales

La carte des conditions du terrain, comme indiqué précédemment, est formée des principaux éléments suivants : classification géomorphologique, altitude, principales organisations et infrastructures. La classification géomorphologique est présentée dans le *Tableau 3.5 Catégories de la carte des conditions du terrain*.

Les caractéristiques de la carte des conditions du terrain sont comme suit :

- La zone de l'étude se divise en deux grandes parties, la zone de collines au nord-ouest ainsi qu'à l'est, et la zone de plaines à l'ouest. Des collines résiduelles sont également présentes dans la partie ouest de la zone de plaines.
- La zone de collines peut se diviser en sept catégories principales allant du sommet au pied des collines, selon l'inclinaison des pentes et la situation topographique. Elle comprend en outre les terrains dénudés ou aménagés, les ravines, les escarpements et les terrains plats artificiels. La zone de plaines a été grossièrement divisée en cinq parties afin de reporter les légères dénivelées remarquées malgré la planéité d'ensemble. Une troisième classification « autre » comprend trois catégories : les remblais artificiels dans la plaine, transformés en zones résidentielles et industrielles, les digues/remblais de routes, et les plans d'eau.
- Le socle dans la zone de collines est composé de granites et de gneiss mais, dans la partie ouest de la zone, une structure en rides de grande envergure, recouverte en sa majeure partie d'une couche épaisse de latérites, a été confirmée. Les inclinaisons dans la zone de collines sont formées, à partir du sommet, de pentes douces, de flancs de collines (de forme convexe, concave, équilibrée ou mixte), de pentes abruptes, de terrasses, de pentes de talus/pentes colluviales et se rattachent en outre à des fonds de vallée touchant la zone de plaines. En ce qui concerne les terrasses en particulier, certaines sont nettement visibles alors que d'autres le sont moins.
- Dans la zone de plaines, les zones inondées chaque année font l'objet d'un intérêt particulier et l'indication des dates d'acquisition des données satellitaires a remplacé les altitudes.

**Tableau 3.5 Catégories de la carte des conditions du terrain
(carte géomorphologique)**

N°	Classi- fication	Symboles	Catégories	Notes explicatives
1	Zone de collines	Hm	Collines résiduelles	Massif érodé de forme arrondie et irrégulière.
2		Hg	Pentes douces au sommet des collines	Pentes peu prononcées que l'on trouve dans la partie supérieure des collines.
3		Hs	Flancs de colline	Versant de colline de forme convexe, concave, équilibrée ou mixte.
4		Hh	Pentes abruptes	La topographie des pentes des collines varie: - au nord et au sud: pentes douces dans l'ensemble - zone urbaine du centre: pentes abruptes et en forme d'arêtes minces. - Nord-ouest: les zones de collines sont des inselbergs occupés par des cultures en terrasse jusqu'au sommet.
5		T	Terrasses	Surface des terrasses étagées (2 étages) formées par les changements de niveaux d'eau.
6		Ht	Pentes de talus ; pentes colluviales	Il s'agit des pentes inférieures semi-circulaires à la tête des vallées où se trouvent des dépôts de talus, et des pentes douces qui entourent le bas des collines, zones de raccord entre les pentes abruptes et les pentes douces. Le relief semi-circulaire en tête des vallées indique un relief d'érosion typique des zones granitiques.
7		Hv	Fonds de vallée	Fonds de vallée : vallées peu profondes (reliefs sédimentaires provenant de talus) que l'on trouve sur les pentes des collines; et vallées en V sur les pentes abruptes. Bien que la nature des sédiments et de l'érosion diffèrent pour ces 2 types de reliefs, ils ont été regroupés ici dans la même catégorie car ce sont des reliefs de vallées.
8		N	Terrains dénudés ou aménagés	Terrains où sont entrepris des travaux d'aménagement (zones résidentielles) et où la végétation a disparu car la terre a été déblayée pour servir de matériau de construction. Ces zones sont facilement érodées par l'eau.
9			Ravines	On les trouve dans la banlieue sud. On trouve aussi de petites ravines sur les pentes des collines, mais on ne peut pas les identifier sur les photos.
10		C	Escarpements	Escarpement abrupt qui se trouve à la limite entre les collines et la plaine.
11		Af	Terrains plats artificiels	Terrains arasés artificiellement pour des aménagements.

N°	Classi- fication	Symboles	Catégories	Notes explicatives
12	Zone de plaines	F	Plaine d'inondation	Partie de la plaine formée des sédiments des couches lacustres et des apports sédimentaires provenant des inondations
13		Fh	Monadnocks dans la plaine d'inondation	Restes de fragments de collines qui ont été érodés en forme d'îlots (inselbergs) irréguliers, et sont utilisés comme terres de cultures. Ce ne sont pas des terres rapportées. Les micro-reliefs artificiels sont classés comme remblais.
14		Fl	Petites dépressions dans la plaine d'inondation	Ce sont des portions relativement basses et mal drainées de la plaine d'inondation. L'eau y stagne longtemps après la fin des pluies, car beaucoup de ces terrains situés en aval ont été creusés pour servir de remblais aux digues et aux routes. Bien que constituant une partie de la plaine, ces terres ne sont pas cultivées et l'eau se retire pendant la période des basses eaux. Ces terrains ont été délimités par interprétation des photos aériennes et en utilisant les anciennes cartes topographiques.
15		Fr	Anciens lits d'écoulement	Ce sont des restes des méandres d'anciens lits de cours d'eau réaménagés, et qui subsistent par bribes; ce sont maintenant des bas-fonds en forme de sillons. Le sol des portions remblayées et aplanies utilisées comme terres de cultures est bien plus humide qu'aux alentours et apparaît plus foncé. Ces anciens lits sont nombreux au nord-est de la plaine. Sur les photos et les anciennes cartes, ils apparaissent en forme de méandres longs et fins ou semi-circulaires. Cependant, certaines parties ont été nivelées pour aménager des cultures et il est donc difficile de distinguer précisément les accidents du relief. Il existe aussi des reliefs semblables dans les environs, et cela montre que les anciens lits se sont continuellement déplacés, car les marais s'installaient (accumulation de sédiments).
16		Fs	Vallées alluviales à fond plat	Ces vallées alluviales à fond plat qui pénètrent dans les collines en formes longues et fines. Ce sont les parties en forme de ceinture qui s'orientent en pente peu prononcée vers la plaine, comme si elles formaient une bordure entre les pentes et les abords des collines. Ces vallées alluviales confirment que cette région était occupée par un lac. Elles sont larges, et se sont élargies par rapport à leur forme originelle avec l'apport de sédiments dans les vallées dû à l'érosion de l'eau.
17		Autres	Ab	Remblais artificiels
18	B		Digues, remblais de routes	Digues (rivières, barrages), remblais routiers
19	W		Plans d'eau	Plans d'eau tels que lacs, étangs, cours d'eau

La *Figure 3.5 Carte des conditions du terrain au 1:10 000* représente un échantillon de la carte des conditions du terrain à l'échelle du 1:10 000, basée sur le plan urbain de base à 1:10 000. Les éléments topographiques ont été divisés en 19 catégories et exprimés selon des couleurs différentes.

Etant donné que la carte a été saisie sous forme de données numériques, elle peut être imprimée avec une échelle librement choisie.

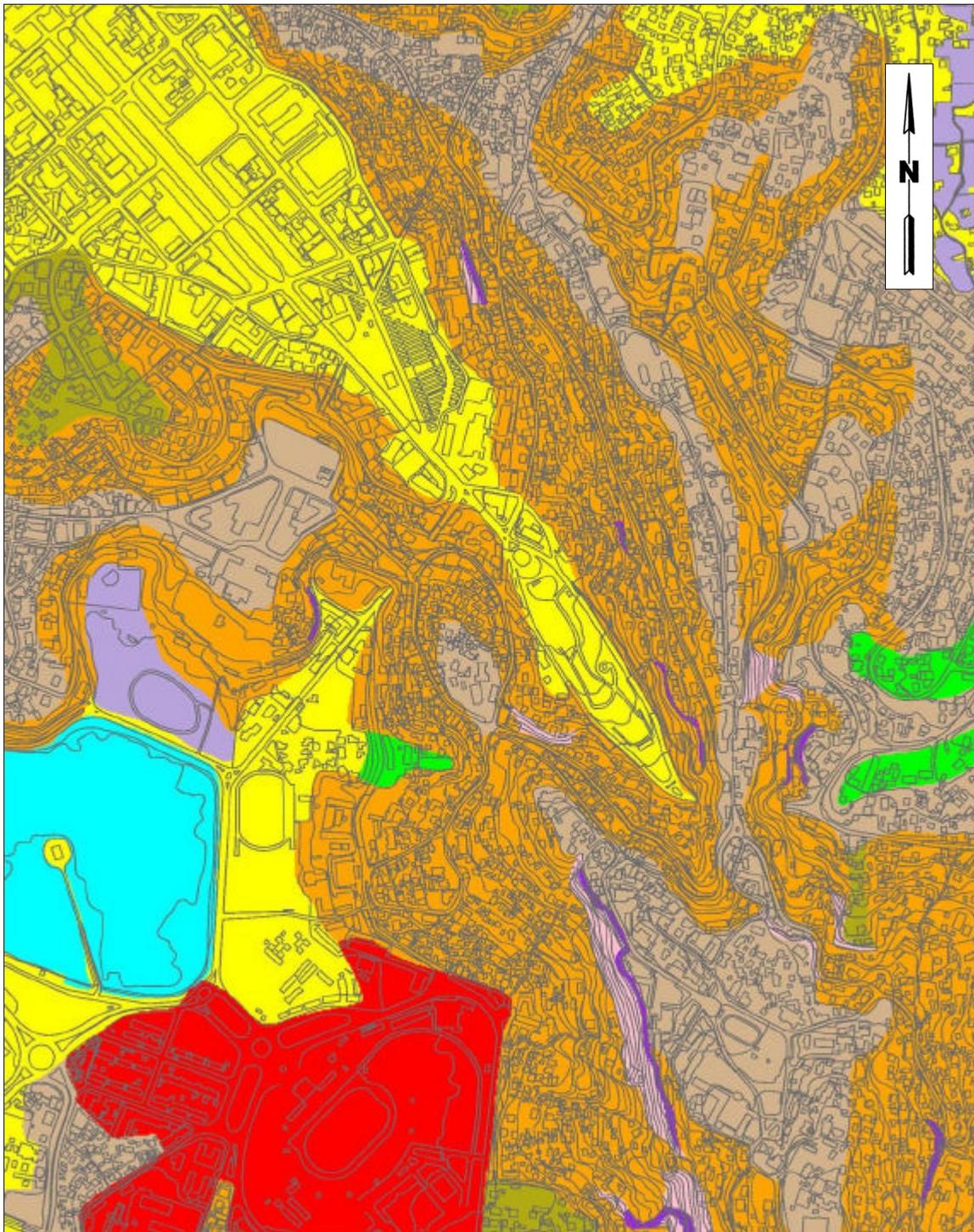


Figure 3.5 Carte des conditions du terrain au 1:10 000

3.3 Carte d'occupation du sol

3.3.1 Objectifs de la carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol est le document de base le plus important pour connaître la situation actuelle de l'occupation des sols dans la zone de l'étude, et est indispensable pour la formulation de différents types de plans d'urbanisme ou de développement agricole par exemple. Cette carte est établie par l'interprétation ou la classification de photographies aériennes et de données satellitaires, et le report de ces informations sur la carte topographique.

Il existe une carte d'occupation du sol partielle au 1:25 000 de la zone d'étude établie d'après des données satellitaires. Cependant, pour avoir une compréhension plus détaillée de la situation d'occupation des sols permettant la réalisation future de projets d'urbanisme, une carte d'occupation du sol au 1:10 000 a été établie d'après les dernières photographies aériennes prises dans le cadre du présent projet.

La zone métropolitaine d'Antananarivo faisant l'objet de la présente étude peut être divisée topographiquement en deux grandes parties, comme mentionné dans la partie sur la carte des conditions du terrain : une zone de collines et une zone de plaines, la zone de collines correspondant à la partie urbaine, et la zone de plaines étant, pour sa plus grande part, une région rizicole.

La ville d'Antananarivo a été formée selon l'historique suivant. La dynastie Imerina a fondé le royaume d'Antananarivo sur la colline d'Andohalo en raison de l'excellence de sa position géopolitique, dominant le centre de la ville. Par la suite, les forces européennes, également attirées par les avantages de l'emplacement de ce royaume, ont apporté leur soutien pour l'extension du régime et contribué à l'agrandissement de la ville. En d'autres termes, la zone urbaine d'Antananarivo s'est développée en tant que ville fondée autour du château de la reine. Par ailleurs, une des principales raisons pour laquelle la zone urbaine s'étend principalement sur la zone de collines à l'heure actuelle est à rechercher dans le fait que, dans la zone de plaines, le mauvais drainage provoque l'apparition d'eaux stagnantes tout au long de l'année.

La zone de plaines, autrefois un grand lac formé par d'importants bouleversements sur le plan des structures géologiques, est une région recouverte de sédiments de terre et de sable apportés par les fleuves. Ce lac a connu par deux fois, pour des raisons inconnues, une baisse de niveau des eaux, et des travaux de drainage par l'homme ont permis d'arriver à la situation actuelle. Les cours de la rivière Ikopa et de la rivière Mamba, situées dans la zone de l'étude, ont été formés après la formation du lac et l'assèchement de ses eaux. La zone de plaines comporte actuellement aussi des vestiges lacustres, et l'évacuation difficile des eaux, due

aussi bien aux précipitations qu'aux éboulements et aux écoulements de l'amont pendant la saison des pluies, provoque la formation d'eaux stagnantes dans la majeure partie de cette zone. Elle est par conséquent utilisée principalement pour la riziculture et, dans les régions sans irrigation adoptée, certaines rizières sont laissées à l'abandon et sont devenues la plupart du temps des marais, des terrains vagues ou des prairies.

Lors de la présente étude, une carte d'occupation du sol au 1:10 000 a été établie par photo-interprétation et identification sur le terrain, d'après la carte topographique et les données numériques réalisées avec des photos aériennes. La méthode ainsi que les résultats de l'étude sont expliqués ci-après.

3.3.2 Méthode d'établissement de la carte d'occupation du sol

(1) Collecte des documents

Avant de procéder à l'étude même et afin de connaître la situation actuelle de l'occupation du sol dans la zone de l'étude, les cartes d'occupation des sols existantes, la documentation, les photos aériennes, les données satellitaires, etc. ont été récoltées et ont servi de documents de base pour l'établissement de la carte d'occupation du sol. Dans le cadre de la présente étude en particulier, des données satellitaires (sur trois périodes), des photos aériennes existantes ainsi qu'une carte d'occupation du sol à l'échelle 1:25 000 ont été obtenues grâce à la collaboration du FTM et ont été très utiles pour l'établissement de la carte d'occupation du sol.

(2) Classification générale sur le terrain

Lors de la classification générale sur le terrain, afin d'obtenir des connaissances générales sur la situation de l'occupation des sols de l'ensemble de la zone concernée, les relations entre l'occupation des sols et la topographie ainsi que les caractéristiques de l'utilisation des sols ont été élucidées, parallèlement à la classification générale sur le terrain pour l'établissement de la carte des conditions du terrain.

(3) Proposition de catégories pour la classification

Afin d'élaborer la carte d'occupation du sol, une proposition de catégories pour la classification de l'occupation des sols dans la zone de l'étude a été effectuée d'après la classification générale sur le terrain, les photos aériennes et la documentation de référence. Les catégories portent, pour ce qui est de l'occupation des sols dans la zone de l'étude, sur les terres boisées, les prairies, les terres cultivées et autres ainsi que sur une division plus détaillée de chacune de ces catégories.

(4) Etablissement du manuscrit de la carte d'occupation du sol d'après les données de la carte topographique et les photos aériennes

Le manuscrit de la carte d'occupation du sol a été effectué sur la base des données de la carte topographique, en complétant les parties inconnues par l'interprétation des données aériennes et en reportant ces informations sur la carte topographique. Les données topographiques ont été utilisées pour décider des catégories pour la classification d'occupation du sol. Le manuscrit de la carte d'occupation du sol a été réalisé en appliquant des couleurs sur la carte topographique.

(5) Discussions avec le FTM

Les discussions avec le FTM ont porté sur les catégories et les résultats de la classification sur la base du manuscrit de la carte d'occupation du sol, ainsi que sur la méthode d'expression de la carte d'occupation du sol en tant que carte définitive des résultats.

(6) Révision du manuscrit de la carte d'occupation du sol par photo-interprétation et reconnaissance sur le terrain

La photo-interprétation, les enquêtes verbales et la reconnaissance sur le terrain ont permis, après discussions avec le FTM et grâce à sa collaboration, de procéder à la correction du manuscrit de la carte d'occupation du sol.

(7) Numérisation des données de la carte d'occupation du sol

Après révision, le manuscrit de la carte d'occupation du sol a été numérisé par un numériseur en utilisant un système de coordonnées identique à celui de la carte topographique. Toutes les données numériques sont des polygones.

(8) Impression de la carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol peut être imprimée à n'importe quelle échelle en utilisant des données de la carte d'occupation du sol après numérisation comme indiqué dans le paragraphe précédent. Toutefois, après discussions avec le FTM, la carte a été imprimée à l'échelle 1:10 000.

(9) Archivage des données de la carte d'occupation du sol sur CD-ROM

Les données d'occupation du sol ont été sauvegardées sur un CD-ROM en tant que polygones.

La *Figure 3.6 Organigramme des travaux pour l'établissement de la carte d'occupation du sol* résume l'ensemble des travaux.

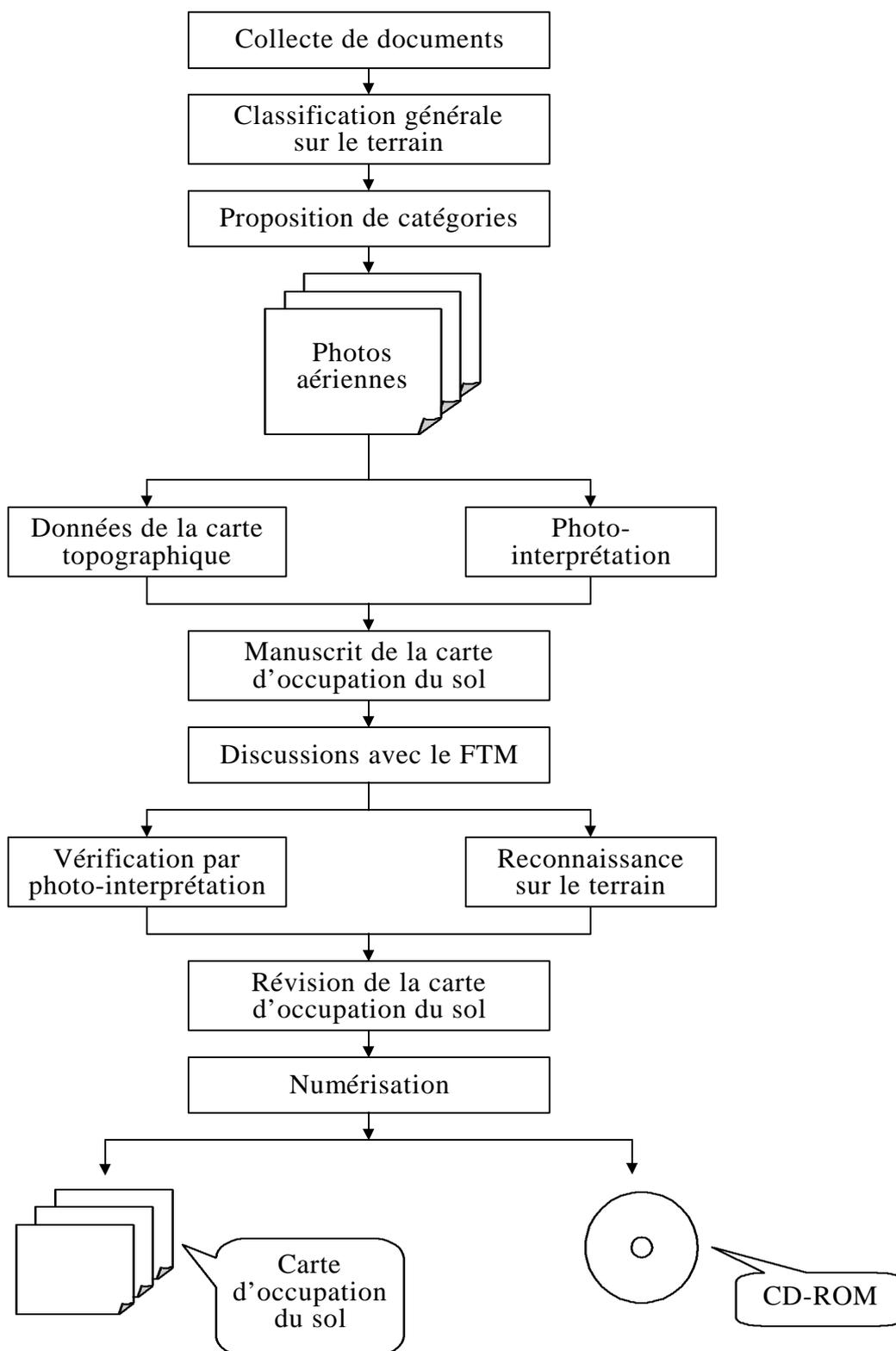


Figure 3.6 Organigramme des travaux pour l'établissement de la carte d'occupation du sol

3.3.3 Carte d'occupation du sol et caractéristiques régionales

La carte d'occupation du sol a été élaborée à l'échelle du 1:10 000 sur la base des catégories indiquées dans le *Tableau 3.6 Catégories de la carte d'occupation du sol*.

La zone de l'étude, comme indiqué dans les paragraphes sur la carte des conditions du terrain, se divise principalement en une zone de collines et une zone de plaines, mais on peut sans exagération affirmer que l'utilisation des sols s'étend sur l'ensemble de cette zone. La zone de collines regroupe des agglomérations, des champs, des prairies, tandis que la zone de plaines est occupée dans sa majeure partie par des rizières et des champs.

De nombreuses agglomérations sont situées dans la zone de collines, et le centre de la capitale – où se trouve le Palais de la Reine en particulier, construit sur une hauteur – s'est développé comme ville autour d'un château en raison de son excellente position géographique, ce qui fait que des agglomérations se regroupent sur toutes les collines.

Depuis quelque temps, de nombreux paysans viennent dans la capitale pour échapper à la pauvreté des milieux ruraux, et il semble que la densité de la population augmente considérablement. Ces personnes rassemblées dans la zone métropolitaine ont été reléguées dans les zones basses, une région particulièrement exposée en raison du mauvais drainage des eaux et des dangers d'inondations, de crues et de débordements pendant toute l'année. Les responsables administratifs de la zone métropolitaine ont poursuivi leurs efforts afin d'améliorer l'environnement dans cette zone basse en procédant au remblayage ou à la construction de caniveaux de drainage. En résultat, les agglomérations entourant la zone de collines s'étendent jusqu'aux zones basses.

La zone de plaines est presque entièrement utilisée pour les rizières, mais la reconnaissance sur le terrain a permis de constater que, à l'exception des endroits où des canaux d'irrigation ont été aménagés conformément à un plan, les zones pouvant être utilisées comme rizières sont en diminution. Ceci s'explique par le fait que, dans les emplacements creusés pour la fabrication de briques à grande échelle dans les zones basses, la couche d'argile est exposée, et seuls demeurent des sols appauvris, ne comportant pas suffisamment d'éléments nutritifs pour être utilisés comme rizières. Par

ailleurs, le riz n'est pas produit dans des endroits aménagés et irrigués mais dans des rizières utilisant les eaux de débordement, c'est-à-dire les eaux pluviales. En apparence, les sols sont occupés par un grand nombre de rizières, mais une grande partie de ces rizières semble être à l'abandon.

Dans les vallées alluviales à fond plat en forme de doigts de la zone de collines, se trouvent des champs et des rizières dont les ressources en eau sont assurées de manière stable par des sources en amont qui sont judicieusement utilisées pour l'irrigation naturelle. Selon les endroits, ces sources sont amenées jusqu'au sommet de la zone de collines et utilisées pour les champs par exemple.

Les terrains boisés sont en très petit nombre et les forêts naturelles ont pratiquement disparu de la zone métropolitaine. Une partie de ces terrains se trouve aux alentours du parc zoologique dans la zone de collines, au centre-sud. Les autres emplacements ont été reboisés artificiellement. Dans la zone de collines de la banlieue, l'élevage du bétail et l'utilisation du bois comme combustible ont pratiquement dévasté toutes les forêts.

En outre, les terrains aménagés artificiels, les cimetières, les carrières (pierres, terre), les terrains nus et les terrains vagues ainsi que les marais ont été reportés sur la carte d'occupation du sol, mais ces différents éléments sont dispersés sur l'ensemble de la zone.

Tableau 3.6 Catégories de la carte d'occupation du sol

N°	Classification	Catégories	Notes explicatives
1	Forêts		Forêts naturelles sur les collines et dans les bas-fonds, y compris les plantations telles que les parcs.
2	Reboisement		Forêts d'intérêt économique, où l'on reboise essentiellement des eucalyptus et des pins.
3	Prairies		Prairies sur les collines et dans les bas-fonds, avec des formations arbustives éparses.
4	Terres cultivées	Rizières	Les rizières se trouvent dans les zones basses et dans les vallées des collines ; système de 2 récoltes de riz ou 2 récoltes différentes.
5		Champs	Les champs sont répartis au pied des collines; cultures vivrières (manioc, pommes de terre, céréales) et maraîchères.
6		Vergers	Champs où sont cultivés les arbres fruitiers.
7		Plantations	Champs où sont cultivés des arbres ornementaux, et autres plants d'arbres.
8	Zones urbaines	Villes, agglomérations	Regroupement d'habitations, ainsi que routes et digues.
9	Autres	Terrains aménagés artificiels	Terrains de remblayage de grande envergure dans les bas-fonds, et zones déblayées dans les collines pour des projets de construction.
10		Cimetières	Cimetières importants au sommet des collines.
11		Carrières (pierres, terre)	Carrières sur les collines et déblaiements de terre dans les bas-fonds.
12		Terrains vagues, terrains nus	Etendues de sable dans le lit des cours d'eau; terrains ou rizières à l'abandon.
13		Marais	Zones marécageuses une bonne partie de l'année; occupation du sol difficile.
14	Plans d'eau	Cours d'eau, lacs, étangs	Plans d'eau, cours d'eau

La Figure 3.7 Carte d'occupation du sol au 1:10 000 représente un échantillon de la carte d'occupation du sol à l'échelle du 1:10.000. En prenant pour référence le plan urbain de base au 1:10.000, l'occupation du sol a été divisée en 14 catégories et exprimée selon des couleurs différentes.

Etant donné que la carte a été saisie sous forme de données numériques, elle peut être imprimée avec une échelle librement choisie.

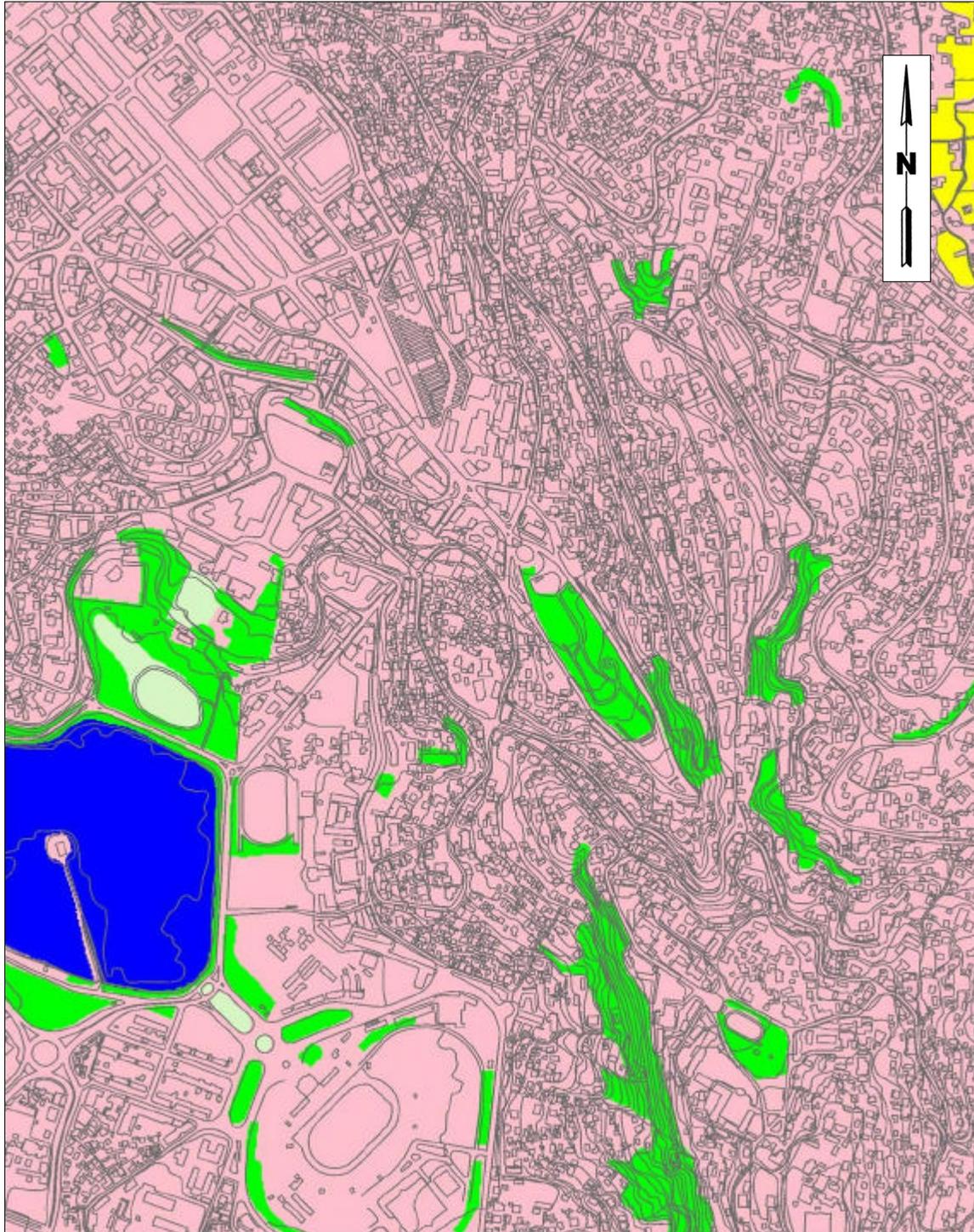


Figure 3.7 Carte d'occupation du sol au 1:10 000

CHAPITRE 4 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

4.1 Considérations pour le choix du SIG

Pour l'introduction du SIG, il convient de porter une grande attention au choix de tous les éléments du système, soit le matériel et le logiciel.

(1) Considérations du matériel

Le matériel à utiliser doit offrir les caractéristiques suivantes :

- Il doit s'agir du matériel le plus récent possible, capable de supporter des additions et des actualisations futures.
- La maintenance doit pouvoir être réalisée à Madagascar.
- Il doit être compatible avec le matériel existant.

(2) Considérations du logiciel

Le logiciel à utiliser doit offrir les caractéristiques suivantes :

- Il doit offrir des mises à jour et un système d'assistance.
- Il doit présenter des fonctions qui sont compatibles avec les besoins future en SIG.
- Les données doivent pouvoir être utilisées avec d'autres logiciels actuellement en place.

Après examen de toutes ces considérations, un ordinateur personnel Gateway de type desktop a été sélectionné pour sa compatibilité avec le matériel existant et sa facilité de maintenance.

Pour ce qui est du logiciel, ArcView a été sélectionné pour sa compatibilité avec les logiciels actuellement en place et sa capacité d'utilisation avec des applications SIG futures.

4.1.1 Le matériel

Les principaux éléments matériels du SIG, sélectionnés d'après les considérations ci-dessus, sont les suivants :

- Ordinateur desktop Gateway ; E-5250 450 Xeon à double processeur
- Moniteur couleur Gateway VX1100 21 pouces
- Numériseur Calcomp 34480 Drawing Board III (A0)
- Imprimante HP Designjet 750C plus (A0)

L'ordinateur et le moniteur servent à sauvegarder, visualiser, éditer et analyser les données des infrastructures. Le numériseur est utilisé pour la saisie et la correction des données, et l'imprimante sert à tracer les données cartographiques sur papier.

4.1.2 Les logiciels

Les principaux éléments logiciels du SIG, sélectionnés d'après les considérations de la page précédente, sont les suivants :

(1) Logiciels de SIG

a) ArcView GIS

ArcView GIS est un logiciel de SIG servant à visualiser, explorer, rechercher et analyser les données géographiques. Il a servi à créer l'interface pour le système de gestion des infrastructures IMS (Infrastructure Management System).

b) Network Analyst

Il s'agit d'un module optionnel du logiciel ArcView GIS. Il offre des fonctions d'analyse supplémentaires permettant de résoudre des problèmes de réseau et d'acheminement.

c) Spatial Analyst

C'est un autre module optionnel du logiciel ArcView GIS offrant des fonctions d'analyse supplémentaires pour modeler, analyser et créer des données spatiales et résoudre des problèmes spatiaux.

(2) Autres logiciels

a) Système d'exploitation Windows NT4 (service pack 4)

Windows NT4 assure un environnement professionnel fiable et sûr sur station de travail. Comme dans les autres versions de Windows, l'interface est familière et facile à utiliser.

b) Microsoft Office 97 Professional

Il s'agit d'un ensemble d'outils professionnels, comprenant un traitement de texte, un tableur, une base de données, un logiciel de présentation et l'édition d'image. Ces outils servent à ajouter et modifier des données attributaires, créer des rapports, et manipuler des graphiques et des images.

4.1.3 Les données

(1) Base de données d'électricité

La base de données d'électricité est constituée de données graphiques et attributaires fournies par la JIRAMA. Les données graphiques comprennent des points, des lignes et des polygones qui ont été numérisés à partir de cartes sur papier avec le logiciel MicroStation. Les données attributaires ont été saisies dans un tableur et converties au format dBase pour pouvoir les relier aux données graphiques dans le SIG. Les données attributaires sont des informations descriptives sur les limites locales, les câbles, les poteaux, les transformateurs, etc.

(2) Base de données des télécommunications

La base de données des télécommunications est constituée de données graphiques et attributaires fournies par Telecom Malagasy. Les données graphiques comprennent des points, des lignes et des polygones qui ont été numérisés à partir de cartes sur papier avec le logiciel MicroStation. Les données attributaires ont été saisies dans un tableur et converties au format dBase pour pouvoir les relier aux données graphiques dans le SIG. Les données attributaires sont des informations descriptives sur les limites Telecom, les câbles, les poteaux, les regards, les points de distribution, les boîtes de raccordement, etc.

(3) Base de données des adductions d'eau

La base de données des adductions d'eau est constituée de données graphiques et attributaires fournies par la JIRAMA. Les données graphiques comprennent des points, des lignes et des polygones qui ont été numérisés à partir de cartes sur papier avec le logiciel MicroStation. Les données attributaires ont été saisies dans un tableur et converties au format dBase pour pouvoir les relier aux données graphiques dans le SIG. Les données attributaires sont des informations descriptives sur les canalisations, les regards, les vannes, etc.

(4) Base de données des égouts

La base de données des égouts est constituée de données graphiques et attributaires fournies par l'AGETIPA. Les données graphiques comprennent des points, des lignes et des polygones qui ont été numérisés à partir de cartes sur papier avec le logiciel MicroStation. Les données attributaires ont été

saisies dans un tableur et converties au format dBase pour pouvoir les relier aux données graphiques dans le SIG. Les données attributaires sont des informations descriptives sur les limites, les conduites, les déversoirs, les regards, les avaloirs, etc.

(5) Base de données des routes

La base de données des routes est constituée de données graphiques et attributaires extraites de la nouvelle carte topographique. Les données graphiques sont constituées de lignes axiales qui ont été numérisées d'après des cartes sur papier avec le logiciel MicroStation. Les données attributaires ont été saisies dans un tableur et converties au format dBase pour pouvoir les relier aux données graphiques dans le SIG. Les données attributaires sont des informations descriptives sur les routes, telles que dimensions et détails de construction.

(6) Base de données topographique

La base de données topographique est constituée de données graphiques extraites de la nouvelle carte topographique. Ces données comprennent tous les objets linéaires et servent de fond de référence pour les principaux thèmes des infrastructures.

(7) Base de données d'occupation du sol

La base de données d'occupation du sol est constituée de données graphiques et attributaires de la nouvelle carte d'occupation du sol. Les données graphiques sont des polygones qui ont été numérisés à partir de la nouvelle carte avec le logiciel Arc/Info. Les données attributaires ont été saisies dans la base de données sur Arc/Info. Les données Arc/Info ont été exportées puis importées avec le logiciel ArcView GIS.

(8) Base de données des conditions du terrain

La base de données des conditions du terrain est constituée de données graphiques et attributaires de la nouvelle carte des conditions du terrain. Les données graphiques sont des polygones qui ont été numérisés à partir de la nouvelle carte avec le logiciel Arc/Info. Les données attributaires ont été saisies dans la base de données sur Arc/Info. Les données Arc/Info ont été exportées puis réimportées avec le logiciel ArcView GIS.

4.2 Configuration du système d'information géographique

4.2.1 Conception du SIG

Le SIG a été conçu de manière qu'il offre deux fonctions principales : une interface agissant sur les données des infrastructures, et un SIG général. Ceci a été réalisé par la double installation du logiciel ArcView GIS et de modules optionnels. Une installation a été utilisée pour mettre au point et attribuer l'interface IMS aux fonctions SIG, et l'autre version est une installation standard d'ArcView GIS. La *Figure 4.1 Configuration du système* illustre les relations dans la configuration.

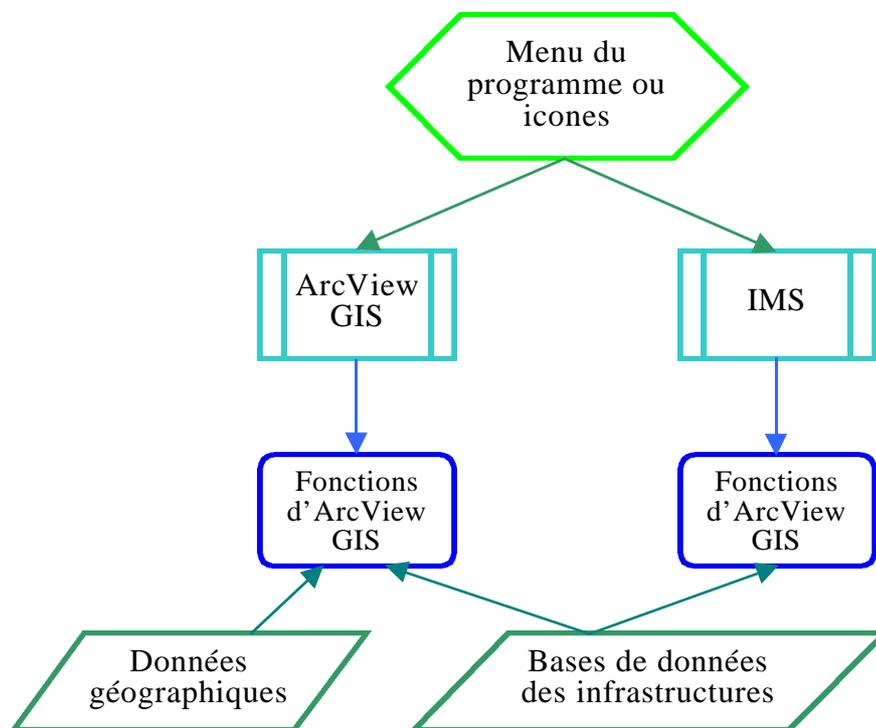


Figure 4.1 Configuration du système

4.2.2 Intégration des bases de données

Un élément clé du SIG est la possibilité de relier ou joindre des attributs descriptifs à des données graphiques, selon des conditions directes ou des conditions de proximité. Dans la plupart des cas, il y a un élément commun, comme un code d'identification unique, pouvant servir à relier les données graphiques et les données attributaires. Quand il n'y a pas de lien direct, un lien spatial peut être établi d'après la proximité des objets entre eux. Le fait de relier des données attributaires à des données graphiques offre une souplesse accrue et des possibilités d'analyse aussi bien des données graphiques que des données attributaires.

4.3 Macro-programmation

Une série de programmes « macro » ont été créés pour établir et gérer l'interface IMS, et offrent des possibilités de visualisation prédéterminées des données des infrastructures.

4.3.1 Interface IMS

L'interface IMS établit un lien direct entre les données graphiques et les données attributaires dans les bases de données des infrastructures. Elle est vouée à être une introduction à la gestion des infrastructures. Le premier écran montre le logo du FTM ainsi que les noms des institutions ayant contribué des données. Des vues prédéterminées ont été créées pour correspondre à des coupures individuelles de carte. Il y a une vue pour chaque thème d'infrastructure. Des éléments peuvent être sélectionnés et analysés, mis à jour ou sortis sur une imprimante ou sous forme de fichier à partir de n'importe laquelle de ces vues. Toutes ces fonctions correspondent à des fonctions d'ArcView GIS de manière que l'utilisateur connaissant déjà ArcView GIS n'ait pas à apprendre de nouvelles commandes et fonctions.

4.3.2 Fonctions de l'IMS

a) Saisie

Des données graphiques et/ou attributaires sont entrées quand il est nécessaire d'ajouter, modifier ou entretenir les données des infrastructures. Ces données peuvent être saisies par n'importe quelle méthode, dont numérisation, numérisation sur écran, saisie de coordonnées ascii (interactives ou à partir d'un fichier), et conversion de données disponibles dans d'autres formats.

Le plus souvent, les données graphiques sont numérisées à partir d'un document sur papier, comme une carte. Ensuite, ces données sont vérifiées et éditées si nécessaire. Les données graphiques peuvent également être numérisées avec un logiciel différent, puis converties dans un format compatible avec ArcView GIS. Les données attributaires sont généralement saisies avec un tableur comme Excel ou un logiciel de base de données comme Access, ou encore directement en dBase. Les données attributaires qui ne sont pas au format dBase doivent être converties dans ce format afin qu'elles puissent être utilisées avec les données graphiques sous ArcView GIS.

b) Analyse

Le SIG est un outil particulièrement utile pour visualiser, explorer, rechercher et analyser géographiquement des données. Il peut servir à résoudre des problèmes, identifier des tendances et relations cachées, et comprendre des relations géographiques. ArcView GIS offre de nombreuses méthodes pour analyser les données graphiques et attributaires, à l'aide de fonctions spatiales, surfaciques, statistiques et de réseau. Les fonctions spatiales et de réseau sont particulièrement utiles pour analyser les données des infrastructures. Les statistiques et analyses spatiales servent à déterminer des quantités, des volumes et des zones de distance proximale. Les fonctions de réseau sont utiles pour router et planifier des zones de service. De plus, les attributs peuvent être analysés statistiquement pour quantifier des données et identifier des tendances. Il peut être utile de combiner des données de plusieurs sources pour planifier de nouvelles infrastructures. C'est l'un des principaux atouts du SIG et de l'analyse géographique.

c) Sortie

ArcView GIS offre une méthode souple et intuitive pour produire des cartes tracées des données des infrastructures. De nombreux formats de carte normalisés peuvent être utilisés ou modifiés à n'importe quelle échelle et taille. Pour les cas spéciaux, il est possible de créer des formats de carte personnalisés. Des formats de carte, des données graphiques et des attributs peuvent également être exportés dans d'autres formats couramment utilisés, ce qui permet d'utiliser ces données directement dans des rapports, des tableurs et autres logiciels. Des formats de carte finaux peuvent aussi être sauvegardés sous forme de fichiers pour impression ultérieure ou ailleurs.

4.4 Base de données des infrastructures urbaines

L'urbanisation rapide que connaît Antananarivo depuis quelques années a déclenché de grands mouvements migratoires depuis les campagnes, se traduisant par un énorme accroissement de la population auquel les infrastructures urbaines sont incapables de répondre. Face au besoin impérieux de mettre en place des programmes d'urbanisme et de prévention des calamités, le Gouvernement de Madagascar et la Ville d'Antananarivo ont décidé d'établir de toute urgence une base de données des infrastructures urbaines.

4.4.1 Collecte de données et création de la base de données des infrastructures urbaines (création du fond de carte pour la saisie)

Les principes de base qui sous-tendent la création de la base de données des infrastructures urbaines sont : acquisition des diverses informations faisant un état précis des infrastructures de la ville et de ses environs immédiats, création d'une base de données pouvant être effectivement utilisée pour la planification en matière d'urbanisme et de prévention des désastres, et structure facilitant la création et la mise à jour des données.

La *Figure 4.2 Organigramme des travaux pour la création des données des infrastructures urbaines* résume l'ensemble des travaux.

La collecte des documents et la création des données ont été réalisées séparément pour chaque infrastructure.

(1) Contacts avec les différents services d'infrastructures urbaines

Des visites d'agences et d'institutions connexes (ex : JIRAMA pour l'eau et l'électricité, TELMA pour les télécommunications, AGETIPA, BDU TECSULT pour les égouts, la division urbanisme du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville) ont été effectuées pour obtenir des informations sur les divers services offerts par les infrastructures urbaines.

Lors de ces entretiens, divers sujets ont été débattus, mais plus particulièrement les problèmes actuels des agences par rapport aux autres services (travaux communs de construction et de réhabilitation, utilisation commune de schémas de gestion, etc.), l'utilisation des schémas actuels, leurs opinions sur la manière d'utiliser les données numériques, et l'établissement de spécifications pour une base de données.

(2) Collecte de documents sur les infrastructures urbaines

Les données recueillies étaient constituées d'informations sous forme de cartes, plans ou schémas utilisés pour la gestion des infrastructures urbaines, et

d'informations sur les données attributaires utilisées dans les documents statistiques, les registres et les relevés. Ces données ont été obtenues auprès des agences connexes mentionnées ci-dessus, par l'intermédiaire du FTM.

Le contenu des documents et informations obtenus suivants a été examiné, sur la base des résultats des entretiens.

Toutes données sous forme de cartes topographiques et schémas
Noms et éléments de données, support (papier, mylar, numérique, microfilm, etc.), conditions d'entreposage, division en charge de l'entreposage, utilisation.

Registres et documents variés, tels statistiques

Noms et éléments de données, sources, dates, utilisation, support (livre, cahier, disquette, etc.)

(3) Discussions et choix des spécifications des bases de données des infrastructures urbaines

Une proposition d'utilisation des données recueillies et une liste des éléments de données à utiliser ont été établies. Après discussion avec le FTM, les éléments de données suivants ont été jugés importants pour la création de la base de données des infrastructures urbaines.

Données graphiques

- Routes : Axes des routes, bords de chaussée, représentation des sections
- Adductions d'eau : Limites, canalisations, vannes (robinet-vannes, clapets de retenue, etc.) et autres installations (station-relais [pompes], châteaux d'eau, bassins [réserves anti-incendie])
- Egouts : Regards, conduites
- Electricité : Installations diverses (postes de transformation, interrupteurs, sous-stations), lignes électriques, poteaux
- Télécommunications : Regards, poteaux, câbles avec gaine, chambres, armoires de sous-répartition, points de distribution boîtes de raccordement et de protection

Données alphanumériques

- Routes : Largeur des routes, classification et numérotation des routes, classification et numérotation des largeurs, codes des routes
- Adductions d'eau : Noms des zones, numéros des canalisations, types et numéros des vannes, numéros des autres installations, etc.
- Egouts : Noms des bassins, numéros des regards et des conduites, etc.
- Electricité : Numéros des zones et des tournées, numéros des poteaux, des lignes électriques et des autres installations.

- Télécommunications : Noms des secteurs de sous-répartition et des zones d'influence de PC, numéros des regards, des câbles avec gaine, des armoires de sous-répartition, des points de distribution et des poteaux.

(4) Conception des données graphiques et attributaires

Les points suivants ont été pris en considération pour la conception des données graphiques et attributaires.

Conception des données graphiques telles que les coordonnées, les points, les lignes et les polygones.

Conception des données alphanumériques, telles que les types de données, la taille et le nombre de caractères.

Conception d'un fichier d'exploitation relationnel pour l'établissement des clés nécessaires pour l'utilisation simultanée de fichiers multiples.

Conception de l'interface écran nécessaire pour l'affichage des éléments graphiques et des attributs.

Les données graphiques et attributaires ont été réparties par unités de coupures au 1:2 000. Par ailleurs, les données graphiques ont été divisées en 3 fichiers (points, lignes et polygones).

Les données ont été saisies au format DGN, puis converties en fichiers ArcView pour la structuration de la base de données. Les données attributaires ont été saisies sur MS Excel, puis converties en fichiers d'attributs ArcView au moment de la structuration de la base de données.

Des échantillons des formats créés pour les données graphiques et attributaires sont présentés dans le *Tableau 4.1 Format des données graphiques* et le *Tableau 4.2 Format des données attributaires*.

(5) Création du fond de carte pour la saisie des données

Le fond de carte de saisie a été créé conformément aux spécifications retenues pour les données graphiques et les données attributaires des infrastructures urbaines. Il sert à reporter tous les éléments nécessaires de la base de données.

Pour faciliter le report des données graphiques et alphanumériques, ce fond de carte a été créé à partir d'un agrandissement à l'échelle d'environ 1:2 000 de la carte de base. Parallèlement, des tableaux ont été dressés pour la saisie des informations relatives aux données attributaires.

Un manuel a été élaboré pour transmettre au FTM l'importance de produire un fond de carte pour la saisie, et les techniques connexes ont été transférées.

Tableau 4.2 Format des données attributaires

Projet	Etablissement d'une base de données pour système d'information géographique de la ville d'Antananarivo		#	Date de création	Opérateur	Commentaires																																																																																																																																									
	Données attributaires relatives aux conduites	Données attributaires relatives aux conduites																																																																																																																																													
Programme	Liste des données des adductions d'eau		#	Date de création	Opérateur	Commentaires																																																																																																																																									
Numero de conduite	Numero sequentiel	Secteur	Sein	Medianal	Diametre (mm)	Longueur (m)	Date de construction (mois)	*) Numero de plan de projet	**) Fonction de controle	*) Numero de plan de projet																																																																																																																																					
1	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

(6) Vérification et correction des données par identification sur le terrain

La cohérence des données des infrastructures urbaines reportées sur le fond de carte et des différents documents recueillis ainsi que tous les éléments obscurs contenus dans ces documents ont été vérifiés sur le terrain. La largeur des routes a été mesurée à environ 300 endroits pour assurer la précision. Ce travail a été effectué par le FTM sous l'encadrement d'un membre de la mission d'étude. Toutes les erreurs identifiées sur le terrain ont ensuite été corrigées afin de finaliser le fond de carte.

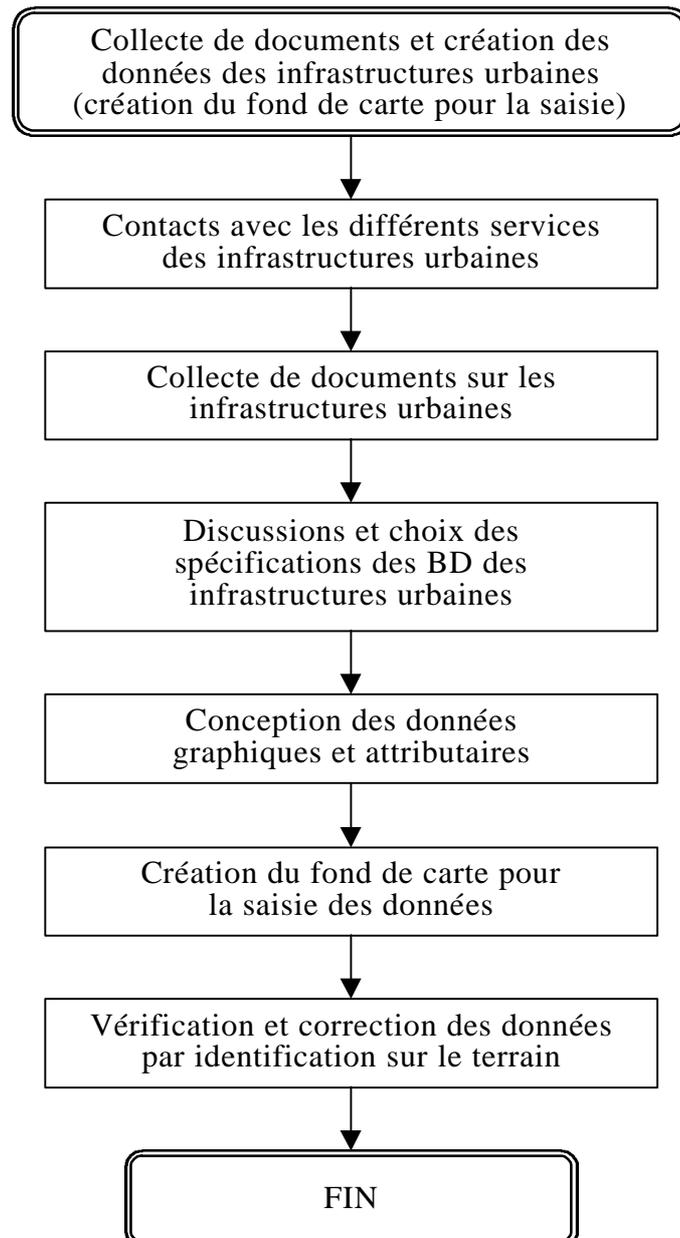


Figure 4.2 Organigramme des travaux pour la création des données des infrastructures urbaines

4.4.2 Numérisation des données des infrastructures urbaines

La base de données de chaque infrastructure urbaine a été construite à partir du fond de carte de saisie à l'aide d'un numériseur. La *Figure 4.3 Organigramme de numérisation des bases de données des infrastructures* résume l'ensemble des travaux.

(1) Planification/préparatifs

Le plan de travail (calendrier, personnel, etc.) a été établi, et les documents relatifs aux données attributaires ainsi que le fond de carte rempli ont été préparés.

(2) Numérisation du fond de carte

Un numériseur a servi à numériser le fond de carte conformément à la conception du fichier. Les données attributaires ont été saisies dans un fichier Excel à partir du tableau de données de manière qu'elles puissent être intégrées dans le système. La saisie du fond de carte a été réalisée par le FTM.

(3) Impression du fond de carte

Le fond de carte numérisé a été imprimé au format convenu pour inspection.

(4) Inspection

Le fond de carte imprimé a été analysé et interprété visuellement afin de détecter toute erreur de saisie de clé ou des défauts de division des données graphiques selon les coupures convenues.

(5) Structuration de la base de données

Les données graphiques sous forme de fichiers DGN et les données attributaires sous forme de fichiers MS Excel ont été converties en fichiers ArcView. Cette conversion a été effectuée en utilisant ArcView.

(6) Archivage de la base de données des infrastructures urbaines

Après inspection et révision, la base de données des infrastructures urbaines a été archivée sur un CD-ROM.

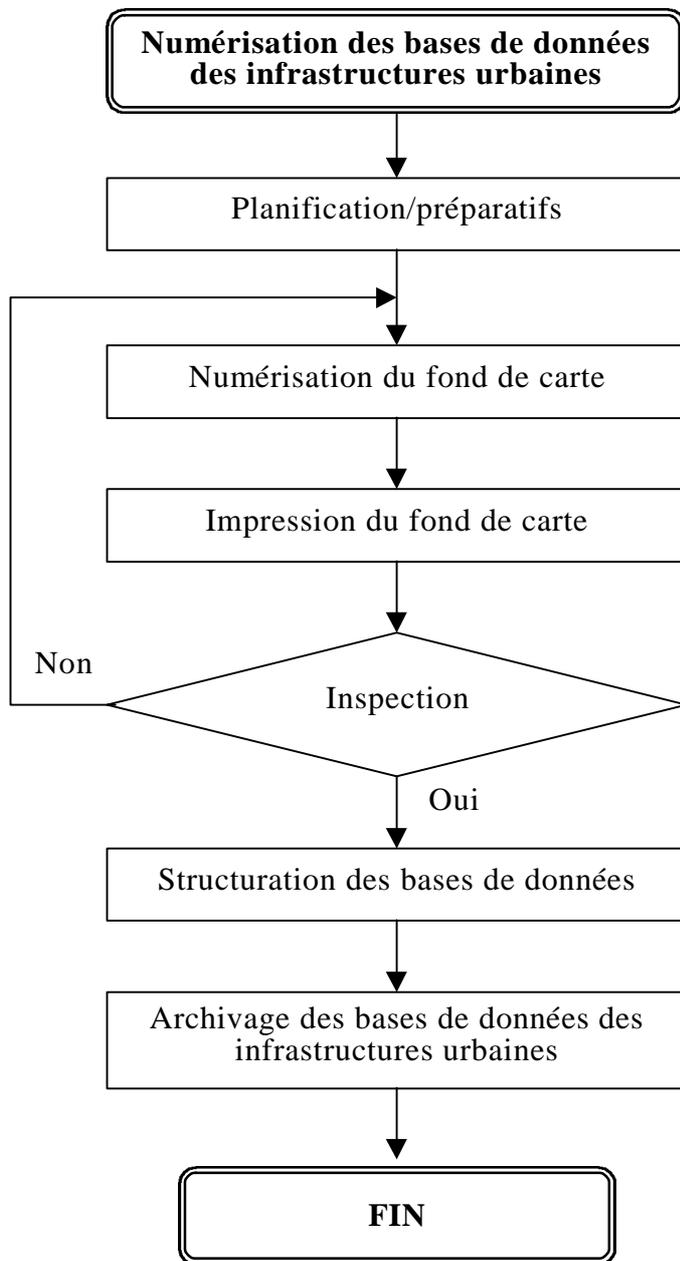


Figure 4.3 Organigramme de numérisation des bases de données des infrastructures urbaines

4.4.3 Structure et fonctions du système de gestion des infrastructures (IMS)

Un système de gestion des infrastructures urbaines appelé IMS (Infrastructure Management System) a été établi avec ArcView. Cette section explique la structure de base et les fonctions du système IMS.

(1) Structure du système IMS

Systeme de saisie

- Saisie de données graphiques
- Saisie de données attributaires

Systeme de gestion

- IMS du plan urbain de base (BD inactive)
- IMS des routes (BD active)
- IMS des adductions d'eau (")
- IMS des égouts (")
- IMS de l'électricité (")
- IMS des télécommunications (")

Les principales fonctions du système IMS dans chaque système de gestion sont comme suit :

(2) Fonctions du système IMS

Fonctions relatives aux graphiques : Ascenseur, expansion/réduction, affichage d'éléments spécifiques (divisions en couches), ajustement des couleurs.

Fonctions de recherche : Recherche par clé, par position, et autres critères de recherche.

Fonctions statistiques : Calculs à partir des données.

Fonctions d'affichage/sortie : Affichage/sortie des résultats des calculs, des coupures des cartes, affichage d'éléments spéciaux.

4.5 SIG créé au cours de cette étude

4.5.1 Introduction au SIG

La fonction ultime du SIG est de constituer un outil puissant pour la gestion rationnelle de toutes les informations et pour la formulation et la mise en œuvre de mesures diverses. La réalisation d'un tel niveau d'utilisation passe par l'introduction d'un SIG pouvant réellement être exploité dans ce sens.

Face aux problèmes que doit affronter actuellement la ville d'Antananarivo, des études ont été entreprises sur les problèmes liés aux infrastructures sociales (eau potable, égouts, etc.), sur les conditions de terrain et sur l'occupation du sol pour une meilleure prévention des risques d'inondation et une meilleure planification urbaine. Les informations obtenues ont été intégrées dans le SIG.

La qualité des informations actuellement gérées par la ville d'Antananarivo et les éléments en rapport avec la création d'une carte topographique numérique au 1:10 000 ont également été examinés. Les résultats de ces études ont permis de sélectionner les infrastructures et cartes thématiques suivantes :

Carte topographique numérique au 1:10 000

Carte d'occupation du sol

Carte des conditions du terrain

Infrastructures urbaines

- Routes
- Adductions d'eau
- Egouts
- Electricité
- Télécommunications

Pour couvrir ces éléments, des fonctions de base de données élémentaires et des fonctions d'analyse sommaires ont été fournies.

4.5.2 Bases de données préparées au cours de cette étude

(1) Carte topographique numérique au 1:10 000 (plan urbain de base)

Cette carte devant servir de fond de carte pour le SIG, elle a été conçue de manière à permettre un usage de haut niveau. A cette fin, tous les signes conventionnels au 1:10 000 ont été numérisés, et un code de classification morphologique a été attribué à chaque élément. Par ailleurs, tous les objets ont été divisés en points, lignes et polygones.

(2) Carte des conditions du terrain

La carte de condition du terrain a été créée à partir du plan urbain de base (carte topographique), des photographies aériennes et des images satellite. Cette base de données contient une classification morphologique, identifie les zones soumises aux inondations et gère les informations sur les infrastructures établies pour lutter contre les désastres. Elle a été conçue pour prévoir les inondations et l'érosion du sol.

(3) Carte d'occupation du sol

La base de données de la carte d'occupation du sol a été créée d'après celle du plan urbain de base (carte topographique) et les photographies aériennes, pour comprendre l'état actuel d'occupation du sol et en permettre la planification future.

(4) Infrastructures urbaines

Cinq types de cartes d'infrastructures urbaines ont été créées dans le cadre de cette étude :

Routes (voir *Figure 4.4 Carte des infrastructures routières*)

La base de données des routes contient des données de position ainsi que des informations quantitatives, comme l'état du revêtement, la largeur des routes, et les infrastructures annexes que sont les trottoirs, les ponts et les tunnels. Elle a été conçue pour faciliter la maintenance des routes et la planification de la circulation routière.

Adductions d'eau (voir *Figure 4.5 Carte des infrastructures d'eau potable*)

Cette base de données contient des informations telles que les positions et types de vannes, les types, diamètres et longueurs des canalisations, etc., permettant la gestion des installations publiques que sont les canalisations et les vannes. Elle a été conçue pour permettre la gestion de la maintenance et faciliter les réparations en cas de panne.

Egouts (voir *Figure 4.6 Carte des infrastructures des égouts*)

La base de données des égouts contient des informations de position et de type sur les regards, les conduites, etc. ainsi que des données quantitatives telles que diamètres et longueurs des conduites. Elle a été constituée pour la conception de nouveaux plans, la planification de la maintenance et des simulations.

Electricité (voir *Figure 4.7 Carte des infrastructures d'électricité*)

La base de données de l'électricité contient des informations sur les poteaux (installation, position, matériau), les types de lignes électriques, la tension, etc. Elle a été conçue pour la planification de la fourniture d'électricité, la maintenance des installations et des réponses rapides en cas de panne ou de désastre.

Télécommunications (voir *Figure 4.8 Carte des infrastructures des télécommunications*)

Cette base de données contient des informations sur les poteaux et lignes téléphoniques, la position des installations de télécommunication, etc. Elle a été constituée pour la planification de nouvelles installations, des réponses rapides en cas de panne ou de désastre, et la gestion de la maintenance périodique.



Figure 4.4 Carte des infrastructures routières



Figure 4.5 Carte des infrastructures d'eau potable



Figure 4.6 Carte des infrastructures des égouts



Figure 4.7 Carte des infrastructures d'électricité



Figure 4.8 Carte des infrastructures des télécommunications

4.6 Applications futures des bases de données établies

Les bases de données établies dans le cadre de cette étude en sont au stade préliminaire. Les informations recueillies ne contenant pas toutes les données requises, il conviendra de les compléter et les réviser à l'avenir.

(1) Carte topographique numérique au 1:10 000 (plan urbain de base)

L'échelle de la carte topographique numérique a été déterminée pour correspondre à une carte topographique au 1:10 000. En conséquence, tous les objets (routes, rivières, maisons, etc.) contenus dans la base de données ont été conçus pour l'élaboration d'une carte de même échelle. Leurs possibilités d'exploitation sont cependant variées et non limitées à l'échelle originale.

(2) Carte des conditions du terrain

Cette base de données donne libre accès aux informations sur les diverses mesures prises pour la lutte contre les inondations et l'érosion des sols, en réponse aux désastres des eaux survenus au cours des dernières années.

(3) Carte d'occupation du sol

Cette carte fournit aux urbanistes un nombre considérable d'informations nécessaires pour la formulation d'un plan d'urbanisme.

(4) Infrastructures urbaines

Etant donné que les informations fournies par les documents recueillis étaient insuffisantes, les capacités d'analyse sont relativement limitées à ce stade.

Routes

Cette base de données fournit aux administrateurs des infrastructures routières des informations utiles pour l'entretien et la gestion des routes, comme les noms des routes, les longueurs, les largeurs, les types de revêtement, etc.

Adductions d'eau

Les administrateurs du réseau d'eau potable peuvent obtenir de cette base de données diverses informations statistiques, comme le nombre d'installations par type, longueurs des canalisations, etc., qui sont nécessaires pour l'entretien et la gestion des adductions d'eau, ainsi que des informations de position.

Egouts

Comme pour les adductions d'eau, cette base de données fournit aux administrateurs du réseau d'égout des informations de position des installations ainsi que des données statistiques.

Electricité

Comme pour les adductions d'eau, cette base de données fournit aux administrateurs du réseau d'électricité des informations de position des installations ainsi que des données statistiques. Ils peuvent également créer un plan des usagers à partir des informations sur les maisons représentées sur le fond de carte.

Télécommunications

Comme pour l'électricité, cette base de données fournit aux administrateurs du réseau de télécommunication des informations de position des installations ainsi que des données statistiques.

CHAPITRE 5 EXPLOITATION CONSTRUCTIVE DU SIG

5.1 Perspectives

Cette étude a permis la création de bases de données numériques des diverses infrastructures urbaines (adductions d'eau, égouts, électricité, télécommunications) et des cartes d'occupation du sol et des conditions du terrain de la ville d'Antananarivo, à partir de la la collecte et la numérisation de diverses données (graphiques et attributaires) de ces infrastructures. Les bases de données de ces différentes installations couvrent seulement une petite partie de la ville d'Antananarivo. La présente étude pourra donc être considérée comme un projet pilote en matière de gestion des infrastructures (IMS : Infrastructure Management System).

Certains points sont à prendre en compte en vue des activités IMS futures précitées du fait de ce positionnement. Une bonne maîtrise des fonctions de ce système IMS permettra la compréhension des grandes lignes des manipulations possibles. Il est également nécessaire de rechercher les opérations adaptées aux opérateurs locaux, peu habitués à l'emploi de l'ordinateur, afin qu'ils apprennent simplement les opérations requises pour réaliser les objectifs IMS.

Au cours de la présente étude, des bases de données ont été établies à partir de documents collectés, mais il sera nécessaire d'analyser les opérations connexes (gestion-maintenance des différentes infrastructures de chaque ville concernée) pour aboutir à l'exploitation complète du système IMS. Cette analyse permettra de mettre à jour les fonctions requises pour la réalisation du système IMS, et la structure et les éléments des bases de données permettant de les réaliser. Cette étude, considérée comme un projet pilote, n'a pas pour objectif une exploitation complète, mais l'amélioration du niveau d'exploitation devra être réalisée de façon échelonnée en vue de cette application globale.

De plus, des critères normalisés devront être adoptés pour l'établissement et la collecte de documents en vue de la constitution des bases de données. En particulier, la normalisation des cartes par type d'infrastructure sera essentielle. De plus, les formes des documents devront également être normalisées pour l'entrée dans les bases de données.

Quoi qu'il en soit, l'étude approfondie de l'utilisation de ces documents pour la gestion-maintenance des infrastructures existantes et leur extension est un élément indispensable pour l'exploitation de ce système.

5.2 Extension des fonctions SIG

5.2.1 Etude des activités

Au cours de la présente étude, des fonctions très limitées de l'IMS ont été réalisées sur ArcView. Il s'agit de fonctions sommaires, insuffisantes pour l'IMS.

La connaissance des activités des gestionnaires des infrastructures concernées, ainsi que des utilisations des documents collectés (données graphiques et attributaires) concernant lesdites activités est nécessaire pour l'amélioration des fonctions IMS. A cette fin, une étude des services offerts et de l'emploi des différents types d'informations devra être réalisée sur les lieux de gestion des différentes infrastructures. Les résultats devront être compilés du point de vue de la conception des fonctions IMS et de la conception des bases de données.

5.2.2 Extension des fonctions IMS

Sur la base des résultats de l'étude des activités ci-dessus, un plan d'extension des fonctions SIG devra être établi et mis en œuvre, en tenant compte du degré de difficulté et de l'urgence de l'aménagement de ces fonctions, des restrictions financières et des éléments nécessaires des bases de données.

5.3 Constitution des bases de données

5.3.1 Constitution de la base de données de chaque infrastructure

La base de données pour chaque infrastructure a été établie selon la procédure indiquée au *Chapitre 3 Contenu des bases de données*, d'après les documents collectés. Elle ne concerne que la zone pilote de l'étude, et il ne s'agit pas d'une véritable base de données. Elle devra être complétée, et à cette fin l'étude des points suivants sera requise sur la base de l'expérience acquise au cours de cette étude.

- Normalisation de la forme des documents sur les nouvelles infrastructures
La carte de base établie par le FTM, conforme aux coupures du plan définies par le FTM, devra être appliquée aux documents sur les nouvelles infrastructures, ceci pour assurer également la précision de leurs positions. La carte de base sera fournie à chaque gestionnaire, qui s'efforcera de numériser et unifier les signes conventionnels utilisés jusqu'à présent.

- Amélioration du manuel pour l'établissement des cartes de base et des données attributaires
A travers les activités à venir, le manuel sur l'établissement de bases de données devra être adapté aux débutants et rendu largement utilisable pour permettre de comprendre la procédure et les points à prendre en compte.
- Mise à disposition des outils pour la constitution de bases de données
La constitution d'une véritable base de données nécessite l'adoption d'un système de production de masse, prenant en compte l'aspect économique. La division du travail est alors indispensable : les activités seront divisées en séries – classement des fiches de données collectées, établissement de la carte de base, listage des données attributaires, numérisation des données attributaires de la carte de base et inspection. Pour la numérisation de la carte de base, l'introduction du scanner est prévue, en plus du numériseur conventionnel, pour améliorer la rapidité de saisie des données. La numérisation des données attributaires sera réalisée sur PC avec un tableur (MS Excel ou autre logiciel). Il faudra étudier la mise à disposition de ces outils pour la constitution de bases de données en fonction de l'expérience accumulée au cours de cette étude.
- Contrôle de qualité des bases de données
Des contrôles de correspondance entre les données simples (données graphiques et données attributaires) et des contrôles visuels sur cartes tracées ont été effectués pour vérifier la qualité des bases de données établies au cours de cette étude. Mais en cas de l'établissement de grands volumes de données, beaucoup d'autres contrôles de qualité pourraient être mis en place. Par exemple, pour les données graphiques, le contrôle de la correspondance totale des coordonnées des nodes et des points de raccord, le contrôle visuel de la liaison entre les coupures de cartes adjacentes. Et pour les données attributaires, des contrôles logiques comme la détection de codes inexistantes et de dates de construction impossibles, le contrôle des combinaisons impossibles entre éléments attributaires. Des méthodes de contrôle des différentes données devront ainsi être mises au point pour maintenir et améliorer la qualité des bases de données.

Il s'agit là des éléments à examiner lors de la constitution de véritables bases de données, mais la sélection de la zone concernée et son programme comprennent également beaucoup d'éléments à prendre en compte. Un plan de constitution de base de données plus rationnel, tenant compte des éléments d'urgence sur le plan social et des restrictions financières, devra être proposé.

5.3.2 Constitution de la base de données de la carte des conditions du terrain

La carte des conditions du terrain montre graphiquement comment la zone d'étude s'est développée sur le plan géomorphologique, et la constitution d'une base de données de tels éléments est également une première pour le FTM. Les éléments représentés sur la carte des conditions du terrain sont au nombre de trois : la classification géomorphologique, les zones inondables obtenues par données satellitaires et les principales infrastructures en cas de désastre.

(1) Classification géomorphologique

Les catégories pour la classification géomorphologique ont été divisées grossièrement en zones de collines et plaines, subdivisées plus finement du point de vue de l'inondation et de l'érosion en particulier, après discussion avec le FTM et des professeurs d'université de renom.

Concrètement, la division en zones de collines a été faite du sommet au pied des collines. Pour les plaines, il s'agit de pentes à faible inclinaison depuis les collines, et de micro-reliefs dans les plaines ou les bas-fonds.

A l'avenir, il faudra considérer la mise à jour de la base de données ou le prolongement de cette base de donnée sur les zones adjacentes après un examen approfondi de la pertinence des divisions en fonction des objectifs d'utilisation et des conditions de prolongement de la base de données, de manière à éviter toute incohérence dans les résultats.

(2) Identification des zones inondées par données satellitaires

La carte des conditions du terrain a été établie en présumant qu'elle serait utile pour la prévision des désastres dus aux inondations et à l'érosion des sols, et pour faire des propositions d'un plan futur d'occupation des sols.

En particulier, comme des inondations ont lieu tous les ans et causent des dégâts considérables aux agglomérations et aux terres agricoles dans la plaine, une carte des conditions du terrain indiquant dans le détail les traits géomorphologiques des plaines est considérée très utile pour l'établissement de divers plans. La dénivelée de la plaine d'Antananarivo n'étant que de 2 m entre l'amont et l'aval dans la zone d'étude, des données d'altitude plus précises seront requises pour concevoir différentes occupations des sols. Les photographies aériennes prises au cours de cette étude permettent difficilement de déterminer des données d'altitude à un mètre près. C'est pourquoi la carte des conditions du terrain représente trois périodes correspondant aux dates d'acquisition des données satellitaires.

En principe, il serait souhaitable de tenir également compte d'autres informations comme les profondeurs d'eau et la fréquence annuelle des inondations pour les zones inondables, mais du fait du manque de données au moment de l'étude, ces informations devront être obtenues à l'avenir.

(3) Principales infrastructures en cas de désastre

Les entretiens avec le FTM ont permis de connaître les mesures administratives prises en cas d'inondation.

En cas d'inondation de grande envergure, les mairies concernées convoquent spécialement le comité d'urgence qui, après étude de diverses données des stations d'observation climatique et hydrologique, donnent des instructions adéquates aux entreprises publiques. Les stations d'observation du niveau d'eau ou de débit placées aux ponts des grandes rivières fournissent des données.

Etant donné que l'eau a tendance à stagner plus longtemps dans la plaine d'inondation que dans les cours d'eau à proprement parler, il conviendra d'examiner les méthodes et mesures adoptées en cas de désastre, et de décider si la base de données doit être mise à jour ou non.

5.3.3 Constitution de la base de données de la carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol représente le plus fidèlement possible les conditions d'occupation du sol au moment de l'étude d'après des photographies aériennes. Elle a ensuite été constituée sous forme de base de données.

(1) Données de base pour l'établissement de la carte d'occupation du sol

Une carte topographique de base de toute la zone de l'étude a été établie dans le cadre de cette étude d'après des photos aériennes. La prise de vue aérienne est une méthode efficace pour saisir les conditions d'occupation des sols d'une zone étendue, mais c'est également une méthode onéreuse.

Dans la zone d'étude, l'occupation du sol est saturée dans pratiquement toute la zone des collines, et les agglomérations s'étendent dans la plaine ou la périphérie. Par conséquent, pour la prochaine mise à jour des données d'occupation du sol, les coûts pourront être réduits si les photographies aériennes ne portent que sur ces zones en développement.

En outre, à l'heure actuelle, les données du satellite Spot peuvent déjà être utilisées pour l'établissement de cartes d'occupation du sol, et l'on attend beaucoup des futurs satellites à haute résolution. L'utilisation des données satellitaires permet non seulement le traitement graphique par ordinateur, mais

également l'établissement de cartes d'occupation du sol détaillées par l'interprétation des images. L'utilisation combinée de ces deux sources – données satellitaires et photos aériennes – pourra donc être considérée, en tenant compte d'un certain nombre de facteurs, tels que l'efficacité et l'économie.

5.4 Mise à jour des bases de données

A partir du moment où une base de données est créée, sa mise à jour devient une tâche essentielle, en particulier pour ce qui est des données des infrastructures du fait de changements temporels importants. Cette section couvre principalement la mise à jour des données des infrastructures. Les données des cartes des conditions du terrain et d'occupation des sols sont mentionnées ensemble dans le paragraphe 5.4.3 *Mise à jour des bases de données*.

5.4.1 Cycle de mise à jour

Pour le système IMS, destiné à être utilisé tous les jours, ces bases de données sont essentielles. Dans l'idéal, elles devraient toujours être synchrones, mais dans la réalité, il y a toujours un écart temporel entre la réhabilitation des infrastructures et la création et la transmission des informations, et la synchronisation totale est impossible. Or, même quand la création et la transmission des données ont lieu sans problème, il est néanmoins nécessaire d'étudier le cycle de mise à jour et les facteurs économiques.

- Création des informations de mise à jour

Les réhabilitations des infrastructures varient en fonction des périodes du bilan financier du gestionnaire. Ces travaux peuvent même prendre plusieurs mois. Dans ces conditions, les informations de mise à jour seront établies au maximum deux fois par exercice financier.

Compte tenu de la périodicité d'établissement des informations de mise à jour, la mise à jour de la base de données pourra se faire une ou deux fois par an.

Cependant, du point de vue de la synchronisation de la base de données et du maintien de sa qualité, l'introduction d'un système de mise à jour provisoire (dès l'acquisition des informations de mise à jour), non affecté par le cycle de mise à jour, est aussi envisageable.

Il conviendra donc d'étudier la forme d'exploitation du système IMS pour la mise à jour périodique de la base de données.

5.4.2 Collecte des documents pour la mise à jour

Si un cycle de mise à jour est décidé comme indiqué en 5.4.1 *Cycle de mise à jour des bases de données*, il sera nécessaire d'établir toutes sortes de documents sur les réhabilitations des infrastructures et pour la mise à jour des bases de données. Les documents pour la mise à jour de la base de données devront être établis en utilisant la carte de base établie par le FTM, comme lors de la constitution d'une nouvelle base de données, conformément aux signes conventionnels utilisés par les gestionnaires de chaque infrastructure. De plus, il faudra établir un système de collecte périodique de ces documents.

5.4.3 Mise à jour des bases de données

(1) Mise à jour de la base de données de la carte des conditions du terrain

La mise à jour de la base de données de la carte des conditions du terrain n'est pas nécessaire tant qu'il n'y a pas de changements géomorphologiques. Cependant, les données d'altitude et celles sur les infrastructures principales en cas de désastres devront être mises à jour selon les circonstances, afin qu'elles puissent être disponibles en cas d'urgence.

(2) Mise à jour de la base de données de la carte d'occupation du sol

Les éléments de la base de données de la carte d'occupation du sol varient considérablement dans le temps. En particulier, comme l'a montré cette étude, dans le cas de la zone métropolitaine, la concentration des populations venues des milieux ruraux agrandit les villes de manière radiale, et les données concernant les zones principales doivent être revues au moins tous les 5 ans. Pour cela, il est indispensable de mettre les données à jour au moyen de la photographie aérienne et/ou des données satellitaires.

(3) Mise à jour des bases des donnée des infrastructures

Au cours de la présente étude, toutes les bases de données ont été établies à partir de zéro. Dans le cas de ces bases de données, un manuel indiquant la méthode suivie a été établi. Il faudra donc considérer également l'établissement d'un manuel sur la méthode de mise à jour des données. Les points suivants devront être couverts lors de l'établissement de ce manuel :

- Les cartes existantes des infrastructures seront utilisées comme cartes de base. Les révisions seront reportées sur ces cartes.
- Les parties mises à jour et les parties non mises à jour devront être raccordées.

- Les types de données des parties mises à jour (points, lignes, surfaces) devront être maintenus.

Par ailleurs, le traitement des anciennes données après la mise à jour est également important. Il ne s'agit pas de les supprimer quand elles sont devenues obsolètes, mais de les conserver en tant que données historiques.

Le système sera doté d'une fonction de sauvegarde des données historiques.

5.5 Recommandations au FTM pour l'IMS

Les paragraphes 5.1 à 5.4 portent sur l'exploitation future du SIG centrée sur l'IMS, mais il sera nécessaire d'étudier l'organe qui sera en charge des améliorations des bases de données et de la conception des fonctions, et sur lequel s'appuiera l'exploitation.

5.5.1 Services IMS

L'IMS est un outil puissant permettant l'exploitation, la gestion, la maintenance et l'extension rationnels des diverses infrastructures urbaines. L'IMS sera exploité par les gestionnaires de ces infrastructures.

Le rôle du FTM dans l'IMS est d'assurer l'aménagement et la mise à jour des bases de données, ainsi que la stabilisation et le développement de leurs fonctions pour faciliter la gestion de l'IMS en tant que SIG.

Par conséquent, le FTM devrait assurer énergiquement les activités suivantes.

- Etude et analyse des activités au niveau des gestionnaires de chaque infrastructure de la ville ;
- Conception de l'extension de l'IMS sur la base des résultats des études et analyses, et son exécution ;
- Aménagement de la base de données en fonction de l'extension de l'IMS et de l'élargissement de la zone d'application.

Les activités ci-dessus sont en relation directe avec l'IMS en tant que SIG, mais très différentes des domaines jusqu'ici traités par le FTM. Par ailleurs, une carte topographique numérique au 1:10 000 a servi de fond de carte pour l'IMS.

Si l'utilisation de l'IMS se développe dans un proche avenir, il faudra également étudier l'établissement d'une carte topographique numérique à une échelle plus grande que 1:10 000, tâche qui peut être intégrée dans les activités ordinaires du FTM. Il faudra alors discuter avec les gestionnaires des infrastructures sur les éléments topographiques à représenter sur le fond de carte.

Nous avons parlé de l'exploitation de l'IMS centrée sur la gestion des infrastructures urbaines, mais il est évident qu'un système de gestion des biens fonciers (base fiscale compris) s'appuyant sur le levé cadastral constituerait également un SIG utile pour Madagascar. S'appuyant sur son expérience technique de l'IMS pour la gestion des infrastructures, le FTM pourrait très bien entreprendre la mise en place d'un système de gestion des biens fonciers.

La mission principale du FTM étant l'établissement de divers types de cartes, ce projet a été l'occasion de progresser dans le domaine du SIG. Ce domaine, en particulier l'aménagement de bases de données, porte sur un grand volume d'activités, ce qui pourra attirer une nouvelle clientèle, comme les gestionnaires des infrastructures urbaines. Pour le FTM, il est clair que ces services IMS peuvent constituer un grand marché à l'avenir.

5.5.2 Recherche et développement pour l'IMS

Les techniques de levé par photographies aériennes seraient insuffisantes pour la mise en place des différents services indiqués en 5.5.1 *Services IMS*. La formation des ressources humaines et les activités de recherche et développement suivantes devront être tenues en considération par le FTM.

- Formation de ressources humaines capables d'étudier et d'analyser les services applicables à l'IMS (SIG) ;
- Formation de techniciens en SIG (conception de systèmes, conception de bases de données, programmeurs) ;
- Formation de techniciens spécialisés dans la création de bases de données (création de cartes de base, saisie de données graphiques, création/saisie de données attributaires) ;
- Recherche et développement d'outils pour la création efficace de bases de données ;
- Recherche et développement d'outils pour la détection d'erreurs dans les bases de données.

Les points mentionnés ci-dessus – formation du personnel et développement technique – doivent être sérieusement pris en considération par le FTM dans le cadre de son développement des activités IMS (SIG).

5.6 Exemples d'utilisation des logiciels SIG

5.6.1 Utilisation de logiciels SIG par le FTM

Ces dernières années, le FTM et les organismes administratifs ont introduit et appliquent le SIG à divers domaines. Le *Tableau 5.1 Logiciels actuellement utilisés par le FTM* constitue la liste des logiciels SIG actuellement utilisés par le FTM et des exemples d'utilisation.

Tableau 5.1 Logiciels SIG actuellement utilisés par le FTM

Logiciel SIG	Département	ApplicationS
Arc/Info	DIB/DpGO	<ul style="list-style-type: none"> • Habillage automatique • Calcul simple de MNT
	DpRD/DMC	<ul style="list-style-type: none"> • Structuration de base de données (BD500) • Base de données forestière • Occupation des sols
	DIG	<ul style="list-style-type: none"> • Base de données d'informations géographiques • Restitution numérique (cartes thématiques, cartes de base)
ArcView	DIB/DpGO	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement et habillage d'orthophotos
	DpRD/DMC	<ul style="list-style-type: none"> • Démonstrations de bases de données et d'orthophotos
	DIG	<ul style="list-style-type: none"> • Restitution numérique (cartes thématiques)
MapInfo	DpRD/DMC	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration des données de « total station » • Utilisation de la base de données BD500
	DIG	<ul style="list-style-type: none"> • Conversion de format (pour utilisateurs)

Remarque): DIB/DpGO : Direction de l'Information de Base/Département de Géomatique
 DpRD/DMC : Direction Marketing Commercial/Département Recherche et Développement
 DIG : Direction de l'Information Géographique

5.6.2 Caractéristiques du SIG et exemples d'utilisation de bases de données

Les principales fonctions du SIG sont: ① base de données, ② recherche, ③ superposition, ④ analyse topographique et ⑤ représentation tridimensionnelle. Le SIG peut ainsi effectuer diverses analyses sur la base de ces fonctions. Mais le plus grand avantage du SIG est sans doute la possibilité de fournir les données analysées à diverses organisations concernées sous forme d'informations. Au cours de la présente étude, des bases de données fondamentales ont été créées, qui permettront des analyses variées : ① informations topographiques, ② informations sur les infrastructures, ③ informations sur les conditions du terrain et informations sur l'occupation du sol. Ces données permettront un grand nombre d'applications SIG, comme indiqué dans le *Tableau 5.2 Possibilités d'applications du SIG*.

Tableau 5.2 Possibilités d'applications du SIG

Type de données		Application du SIG
Données générales		• Fond de carte pour les différents SIG
Carte topographique	Courbes de niveau	• Classification des altitudes • Classification des pentes • Classification de direction des pentes
	Hydrographie	• Classification hydrographique • Production de profils en long de rivières
	Végétation	• Classification de la végétation
	Agglomérations	• Classification de l'occupation du sol
	Terres agricoles	
Infrastructures urbaines	Routes	• Gestion unifiée des données de base des différentes infrastructures, agrandissement des différentes infrastructures, fourniture de données pour l'établissement de plans de maintenance, évaluation correcte de l'emplacement des nouvelles infrastructures par superposition sur d'autres données (occupation du sol et conditions du terrain)
	Adductions d'eau	
	Egouts	
	Electricité	
Conditions du terrain	Classification géomorphologique	• Classification des terrains (risques d'affaissement, potentiels des terrains)
	Classification des terrains inondables	• Classification des terrains (risques d'inondations, potentiels des terrains)
	Installations connexes	• Classification des terrains adaptés
Données d'occupation du sol	Classification de l'occupation du sol	• Classification des terrains (superposition sur les données des conditions du terrain)
	Classification de l'utilisation des bâtiments	• Classification de l'utilisation des bâtiments, classification par nombre d'étages

Dans les exemples d'application du tableau précédent, les données prises séparément ne permettent pas toutes des analyses. Ainsi, la classification des terrains ne peut pas être effectuée seulement à partir des données des conditions du terrain. Des données sur les altitudes, les précipitations et les débits sont également nécessaires.

5.6.3 Applications du SIG

Comme indiqué dans *2.1 Historique de l'étude*, il est urgent d'établir un plan d'urbanisme à Antananarivo pour diverses raisons. A cette fin, des informations variées sont indispensables, en particulier les données suivantes :

- Informations sur la population et sa répartition
- Informations sur les infrastructures publiques (mairies, hôpitaux, commissariats de police, bureaux de poste, écoles, dispensaires, pompiers, direction des égouts, direction de l'eau potable, direction du téléphone, etc.)
- Informations sur le réseau routier de la ville
- Informations sur les conditions d'occupation des sols (terrains publics, terrains résidentiels, terrains industriels, terrains commerciaux, jardins publics, etc.)
- Etat des constructions
- Informations pour la détermination du droit de propriété des terrains

Il est à supposer que les informations représentatives ci-dessus sont collectées par les mairies et les organisations concernées sous forme analogique. Il est possible, à partir de ces informations, de créer des informations de base qui serviront à formuler les mesures pour résoudre les divers problèmes de la ville. Par exemple :

- A partir des informations sur la population, il est possible d'établir une représentation cartographique de la densité de population et de ses variations par unité de zone administrative, de saisir le degré de concentration de la population dans des zones particulières, et de formuler des contre-mesures.
- Etablissement de documents pour juger du positionnement équitable des diverses infrastructures publiques par rapport à leurs utilisateurs et pour définir le meilleur emplacement en cas de construction.
- Etablissement de documents permettant de juger l'état actuel des infrastructures vitales telles que adductions d'eau, égouts, électricité et télécommunications, et, en cas d'extension de ces infrastructures vitales, établissement de documents pour l'estimation des capacités de traitement et du degré d'utilisation, et pour la formulation de plans d'extension.
- Documents pour un plan de réparation des infrastructures vitales.

- Etablissement de documents de base pour le plan de positionnement adapté des terrains résidentiels, terrains industriels et terrains commerciaux dans la ville.
- Etablissement des documents de base nécessaires au plan d'aménagement du réseau routier et de réfection des routes de la ville.

Ces documents peuvent être établis directement à partir des données collectées, par la simple combinaison de plusieurs documents, ou par des calculs. Ces travaux nécessitent beaucoup de ressources humaines et de temps s'ils sont réalisés d'après des documents analogiques. Par contre, s'ils sont réalisés par SIG, les informations étant reliées à des données de position sur la carte, il est possible d'extraire des données originales et d'effectuer des calculs simples pour obtenir des informations ciblées, qui serviront d'appui à la formulation d'un plan et d'une politique d'urbanisme.

Pour le moment, il conviendra d'examiner sérieusement les applications suivantes, qui peuvent être mises en place à partir des différentes bases de données réalisées au cours de cette étude.

- En plus des relevés des inondations passées, les données des conditions du terrain, d'occupation du sol et du plan urbain de base pourront être utilisées pour prévoir les inondations futures, et servir d'appui à la formulation de plans pour limiter les dégâts (réorganisation de l'occupation des sols, déplacement de la population, agrandissement des infrastructures de drainage, renforcement des digues etc.)
- Les bases de données des infrastructures vitales serviront d'appui à leur gestion uniforme, à leur maintenance et à la proposition d'un plan d'extension futur.
- La base de données des routes servira d'appui à la gestion uniforme des routes et à l'établissement d'un plan de maintenance.

Tout en visant des applications SIG comme indiqué en *5.5.1 Services IMS*, le FTM devra élargir les bases de données établies dans le cadre de cette étude en fonction de la demande du côté utilisateur. Et sur la base de l'expérience acquise au cours de ce projet et des résultats obtenus jusqu'ici par le FTM, il sera nécessaire de constituer des données de base pour lutter contre divers problèmes urbains, et de promouvoir l'utilité du SIG auprès des agences en charge de formuler la politique urbaine et les plans d'urbanisme. A cette fin, il faudra démontrer l'efficacité du SIG en tant qu'outil puissant. La formation de techniciens SIG, qui connaissent bien la politique urbaine et l'urbanisme, et la création de ces puissants outils devront être pris en considération à la suite de la section *5.5 Recommandations au FTM pour l'IMS*.

CHAPITRE 6 TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

De nombreuses technologies ont été utilisées au cours de cette étude, telles que la photographie aérienne, la création de bases de données et le SIG. Un certain nombre de ces techniques ont été communiquées au FTM.

6.1 Formation participative

(1) Pose des signaux aériens

Ces travaux ont été réalisés en coopération avec le FTM, et le personnel a été formé par la pratique aux techniques suivantes : méthode de répartition des signaux aériens, et dimensions et matériaux des signaux.

(2) Photographie aérienne et traitement photo

Ces travaux ont été exécutés avec la coopération du FTM. Le transfert de technologie a porté principalement sur l'établissement d'un plan de vol.

(3) Levé des points d'appui

Ces travaux ont été réalisés en coopération avec le FTM, dont le personnel a été formé aux techniques de calcul des données observées, en particulier les méthodes de calcul efficaces et la manière de déterminer si les levés doivent être refaits.

(4) Création d'un fond de carte pour la saisie

A l'origine, ce travail n'était pas compris dans les sujets de transfert de technologie. Il s'agit cependant d'une tâche essentielle dans la création de bases de données, et elle a été incluse dans le programme après discussions avec le FTM.

(5) Numérisation des données des infrastructures urbaines

Ce travail a été effectué avec la coopération du FTM. Le personnel de la contrepartie a été formé à des méthodes rigoureuses de numérisation et de vérification des données.

(6) Autres

Le personnel du FTM a exprimé un grand intérêt pour les méthodes de planification, gestion et contrôle de qualité relatives aux travaux ci-dessus. Ces thèmes ont donc été couverts par le transfert de technologie sous forme de discussions et de cours.

6.2 Séminaire

La présentation des grandes lignes du projet et la cérémonie de remise des résultats ont eu lieu au cours d'un séminaire qui s'est déroulé comme suit :

1. Date : 15 septembre 1999, 9h30 à 12h00
2. Lieu : Hôtel Hilton
3. Participants : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville (9 personnes), JIRAMA (4 personnes), TELMA (2 personnes), BPPA (2 personnes), Ambassade du Japon à Madagascar (3 personnes), JICA (6 personnes), Sumitomo Corporation (1 personne), FTM (16 personnes), presse (11 personnes), total (54 personnes).
4. Programme

09h30-10h00	Discours de bienvenue du FTM
10h00-10h30	Présentation des grandes lignes du projet
10h30-10h45	Pause
10h45-11h00	Présentation du système SIG
11h00-11h15	Utilisation et applications du SIG
11h15-11h30	Compliments d'un représentant du Gouvernement japonais
11h30-11h45	Cérémonie de remise des résultats
11h45-12h00	Compliments de Son Excellence Monsieur le Ministre de l'Aménagement du Territoire et de la Ville
12h00	Discours de fin de séance du FTM

6.3 Atelier

Un atelier a été organisé sur la création de base de données au profit des techniciens du FTM, et sur le SIG au profit des techniciens des organismes connexes et des techniciens et cadres du FTM, selon le programme suivant :

1. Dates : Du 16 au 27 septembre 1999, de 8h45 à 15h30
2. Lieu : FTM
3. Participants : FTM, JIRAMA, TELMA, AGETIPA, BPPA

(1) Création de base de données

Participants : Techniciens du FTM (6 personnes)

Période : Du 16 au 17 septembre 1999

Contenu :

- Méthode de saisie des données graphiques
- Structure des bases de données (données graphiques, attributaires, etc.)
- Méthode de saisie des données sur MicroStation
- Création du fond de carte pour la saisie, et mise en pratique

(2) SIG

Participants : Techniciens du FTM (6 personnes)

Période : Du 16 au 27 septembre 1999

Contenu :

- Présentation de chaque base de données
- Logiciel de SIG
- Logiciel ArcExplorer
- IMS
- Spatial Analyst
- PowerPoint

Participants : Cadres du FTM (6 personnes)

Période : Du 22 au 27 septembre 1999

Contenu :

- Présentation et applications de chaque base de données, analyse au moyen du SIG
- Présentation du logiciel ArcExplorer, utilisation sur l'Internet
- Droits d'auteur
- Présentation du logiciel PowerPoint, création d'une présentation

Participants : Organismes connexes (8 personnes)

Période : Du 20 au 24 septembre 1999

Contenu :

- Présentation du logiciel ArcExplorer
- Questions sur le logiciel ArcExplorer et les bases de données

CHAPITRE 7 RÉSULTATS

La JICA a remis au FTM les produits finaux suivants :

- | | | |
|--|--|----------------|
| 1. Rapport préliminaire | | |
| Anglais | | 5 exemplaires |
| Français | | 10 exemplaires |
| 2. Rapport intermédiaire | | |
| Anglais | | 5 exemplaires |
| Français | | 10 exemplaires |
| 3. Projet de rapport final | | |
| Anglais | | 5 exemplaires |
| Français | | 10 exemplaires |
| 4. Rapport final | | |
| Anglais | | 5 exemplaires |
| Français | | 10 exemplaires |
| 5. Bases de données des cartes numériques | | |
| CD-ROM | | 50 exemplaires |
| 6. Manuel IMS | | |
| Anglais | | 10 exemplaires |
| Français | | 20 exemplaires |
| 7. Cartes tracées | | |
| Carte topographique au 1:10 000 | | 20 exemplaires |
| Carte d'occupation du sol au 1:10 000 | | 20 exemplaires |
| Carte des conditions du terrain au 1:10 000 | | 20 exemplaires |
| Carte des infrastructures urbaines au 1:10 000 | | 20 exemplaires |
| 8. Photographies aériennes | | |
| Négatifs au 1:20 000 | | 1 jeu |
| Epreuves contact au 1:20 000 | | 3 jeux |

La reproduction des produits finaux et du CD-ROM à des fins de recherche scientifique et de développement économique et social, à l'exclusion de toute utilisation à des fins commerciales, sera autorisée à la discrétion de la JICA et du FTM.

DOCUMENTS ANNEXES

Convention d'étendue des travaux	3 juillet 1998
Procès-verbal de réunion	3 juillet 1998
Procès-verbal de réunion	12 novembre 1998
Procès-verbal de réunion	25 juin 1999
Procès-verbal de réunion	14 septembre 1999

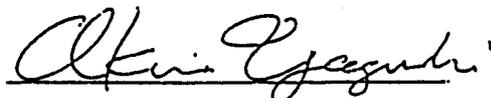
CONVENTION D'ETENDUE DES TRAVAUX
CONCERNANT
L'ETABLISSEMENT D'UNE BASE DE DONNEES
POUR SYSTEME D'INFROMATION GEOGRAPHIQUE
DE LA VILLE D'ANTANANARIVO ET DE SES ENVIRONS IMMEDIATS
DANS LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR

ENTRE
LE MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE LA VILLE
ET
L'AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

Fait à Antananarivo, le 03 juillet 1998



M. ANDRIAMBOAVONJY Amédée
Directeur du Cabinet du Ministre
Ministère de l'Aménagement du
Territoire et de la Ville
Président du Conseil d'Administration
Institut Géographique et
Hydrographique National



M. YAGUCHI Akira
Chef de mission
Mission d'étude préliminaire
Agence Japonaise de Coopération
Internationale

A. INTRODUCTION

En réponse à la requête du gouvernement de la République de Madagascar (ci-après désigné par « Madagascar »), le gouvernement du Japon (ci-après désigné par « le Japon ») a décidé de procéder à l'Etablissement d'une Base de Données pour Système d'Information Géographique de la ville d'Antananarivo et de ses environs immédiats dans la République de Madagascar (ci-après désigné par « l'Etude ») conformément aux lois et règlements en vigueur au Japon.

En foi de quoi, l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (ci-après désignée par « la JICA »), agence officiellement responsable de la mise en oeuvre des programmes de coopération technique du Japon, exécutera l'Etude en étroite collaboration avec les autorités concernées de Madagascar.

La présente convention définit l'étendue des travaux de l'Etude.

B. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de l'Etude consistent à préparer une base de données numérique cartographique au niveau du 1:10.000 servant de base au système d'information géographique. Cette base de données comprendra les données numériques des cartes topographiques urbaines de base, données numériques d'occupation des sols, données numériques de conditions du terrain et données numériques d'infrastructures urbaines. Les données cartographiques existantes seront utilisées autant que possible.

C. ZONE DE L'ETUDE

L'Etude couvrira la ville d'Antananarivo et ses environs immédiats d'une superficie totale d'environ 250 kilomètres carrés comme marquée sur la carte en Annexe.

D. ETENDUES DE L'ETUDE

Afin d'atteindre les objectifs décrits ci-dessus, l'Etude couvrira les points suivants :

1. La collecte des informations de base :

- (1) Données cartographiques existantes et photographies aériennes ;
- (2) Données existantes sur les points d'appui ;
- (3) Données existantes sur l'information géographique ;
- (4) Données existantes sur les infrastructures ; et
- (5) Information concernant la prévision des applications du système d'information géographique.

2. Levé des points d'appui :
Les données existantes sur les points d'appui seront utilisées autant que possible, tandis que l'étude supplémentaire sur les points d'appui sera exécutée.
3. Photographie aérienne :
Les photos aériennes seront prises au 1:20.000 approximativement. Les signaux de photos aériennes seront mis en place si nécessaire, avant le commencement de la photographie aérienne.
4. Conception de la base de données :
Le levé de reconnaissance sera conduit dans la zone de l'Etude afin de déterminer la classification des données. La conception de la base de données cartographique numérique à préparer dans l'Etude sera réalisée.
5. Aérotriangulation :
L'aérotriangulation sera exécutée par la méthode de redressement par bloc.
6. Acquisition des données numériques topographiques et d'occupation des sols :
La stéréo-restitution numérique sera exécutée au niveau du 1:10.000.
7. Identification sur le terrain :
Les informations sur la topographie, l'occupation des sols et les conditions du terrain seront identifiées sur le terrain.
8. Cartographie des conditions du terrain :
Les plans manuscrits de conditions du terrain seront préparés sur la base des résultats de l'interprétation des photos aériennes et de l'identification sur le terrain.
9. Compilation de la base de données :
Les données de stéréo-restitution numérique, les résultats de l'identification sur le terrain et de la cartographie des conditions du terrain, ainsi que les données cartographiques existantes seront compilés en une base de données cartographique numérique.
10. Complètement sur le terrain :
Les informations supplémentaires sur la topographie, l'occupation des sols et les conditions du terrain seront identifiées sur le terrain. Les limites administratives et noms géographiques seront vérifiés. Les informations collectées seront ajoutées à la base de données cartographique numérique.
11. Installation de la base de données :
La base de données cartographique numérique préparée dans l'Etude sera installée dans un système de gestion de la base de données.



E. CALENDRIER DE L'ETUDE

L'Etude sera conduite conformément au calendrier provisoire annexé.

F. RAPPORTS ET PRODUITS FINAUX

La JICA établira les rapports suivants et les soumettra à Madagascar. Pour toute divergence résultant de leur interprétation, la version anglaise doit prévaloir.

1. Rapport préliminaire :

Le rapport préliminaire sera soumis au commencement de l'Etude, en cinq (5) exemplaires en anglais et en dix (10) exemplaires en français.

2. Rapport intermédiaire :

Le rapport intermédiaire sera soumis dans un délai de 8 mois après le commencement de l'Etude en cinq (5) exemplaires en anglais et en dix (10) exemplaires en français.

3. Projet de rapport final :

Le projet de rapport final sera soumis dans un délai de 11 mois après le commencement de l'Etude, en cinq (5) exemplaires en anglais et en dix (10) exemplaires en français.

4. Rapport final :

Le rapport final sera soumis à l'achèvement complet de l'Etude, en cinq (5) exemplaires en anglais et en dix (10) exemplaires en français.

5. Base de données cartographique numérique :

La base de données cartographique numérique décrite dans « B. Objectifs de l'Etude » sera soumise à l'achèvement complet de l'Etude, en cinquante (50) exemplaires sous forme de CD-ROM.

6. Manuel de mode d'emploi de la base de données :

Le manuel de mode d'emploi de la base de données sera soumis à l'achèvement complet de l'Etude, en dix (10) exemplaires en anglais et en vingt (20) exemplaires en français.

7. Cartes tracées :

Les données numériques de plans topographiques urbains de base, les données numériques d'occupation des sols, les données numériques de conditions du terrain, ainsi que les données numériques d'infrastructures urbaines seront tracées au 1:10.000. Les vingt (20) exemplaires par thème seront soumis à l'achèvement complet de l'Etude.

8. Photographies aériennes :

Un (1) jeu du film négatif et trois (3) exemplaires des photos aériennes au



A

1 :20.000 approximativement prises dans l'Etude seront soumis à l'achèvement complet de l'Etude.

G. ENGAGEMENTS DE MADAGASCAR

1. Afin de faciliter la mise en oeuvre régulier de l'Etude, Madagascar s'engage à prendre les mesures nécessaires suivantes pour :
 - (1) Assurer la sécurité de l'équipe japonaise d'étude (ci-après désignée par « l'Equipe ») ;
 - (2) Autoriser l'entrée, le séjour et la sortie à Madagascar des membres de l'Equipe pendant toute la durée de leur mission et les exempter des obligations d'enregistrement applicables aux étrangers et des frais consulaires ;
 - (3) Exonérer les membres de l'Equipe des taxes, droits de douane et autres charges imposables sur les équipements, machines et autres matériels importés à Madagascar pour la réalisation de l'Etude ;
 - (4) Exonérer les membres de l'Equipe des impôts sur le revenu et des droits de toute sorte imposés ou prélevés sur les salaires ou honoraires payés aux membres de l'Equipe pour leur services faits dans le cadre de l'Etude ;
 - (5) Faciliter les démarches nécessaires aux membres de l'Equipe pour le transfert et l'utilisation des fonds introduits du Japon à Madagascar pour l'exécution de l'Etude ;
 - (6) Autoriser les membres de l'Equipe à pénétrer dans les propriétés privées ou les zones soumises à des restrictions d'accès lorsque cela est justifié pour la poursuite de l'Etude ;
 - (7) Autoriser l'Equipe à emporter de Madagascar au Japon toutes les données et tous les documents y compris les photos relatifs à l'Etude ;
 - (8) Fournir éventuellement les soins médicaux nécessaires, dont les frais seront pris en charge par les membres de l'Equipe.
2. Le gouvernement de Madagascar sera tenu pour responsable des plaintes qui, le cas échéant, pourront être déposées à l'encontre des membres de l'Equipe dans le cadre de leurs fonctions pour la mise en oeuvre de l'Etude, sauf dans le cas d'une négligence grave ou d'une infraction volontaire de la part des membres de l'Equipe.
3. L'Institut Géographique et Hydrographique National (ci-après désigné par « le FTM ») servira de contrepartie à l'Equipe et assurera également la



A

coordination avec les autres organismes compétents concernés afin de faciliter la bonne mise en oeuvre de l'Etude.

4. Le FTM, en coopération avec les autres organismes concernés, mettra à ses propres dépenses à la disposition de l'Equipe ce qui suit :
 - (1) Données (y compris données cartographiques) et informations disponibles relatives à l'Etude ;
 - (2) Personnel de la contrepartie ;
 - (3) Bureaux climatisés appropriés dûment équipés à Antananarivo ;
 - (4) Attestation administrative ou carte d'identité ;
 - (5) Véhicules avec chauffeurs.

H. ENGAGEMENTS DE LA JICA

Dans le cadre de la mise en oeuvre de l'Etude, la JICA prendra en charge :

1. l'envoi à ses frais de l'Equipe à Madagascar ;
2. le transfert de technologie au personnel de la contrepartie malgache au cours de l'Etude.

I. AUTRES

1. Tous les problèmes en suspens relevant de l'Etude seront conjointement discutés et résolus par la JICA et le FTM.
2. Cette convention d'étendue des travaux et le procès-verbal lié à la convention sont établis en anglais et en français. Pour toute divergence résultant de l'interprétation, la version anglaise doit prévaloir.
3. Pour toute divergence résultant de l'interprétation des documents liés à l'Etude, la version anglaise doit prévaloir.


A

Annexe

CALENDRIER PROVISOIRE

(EQUIPE D'ETUDE)

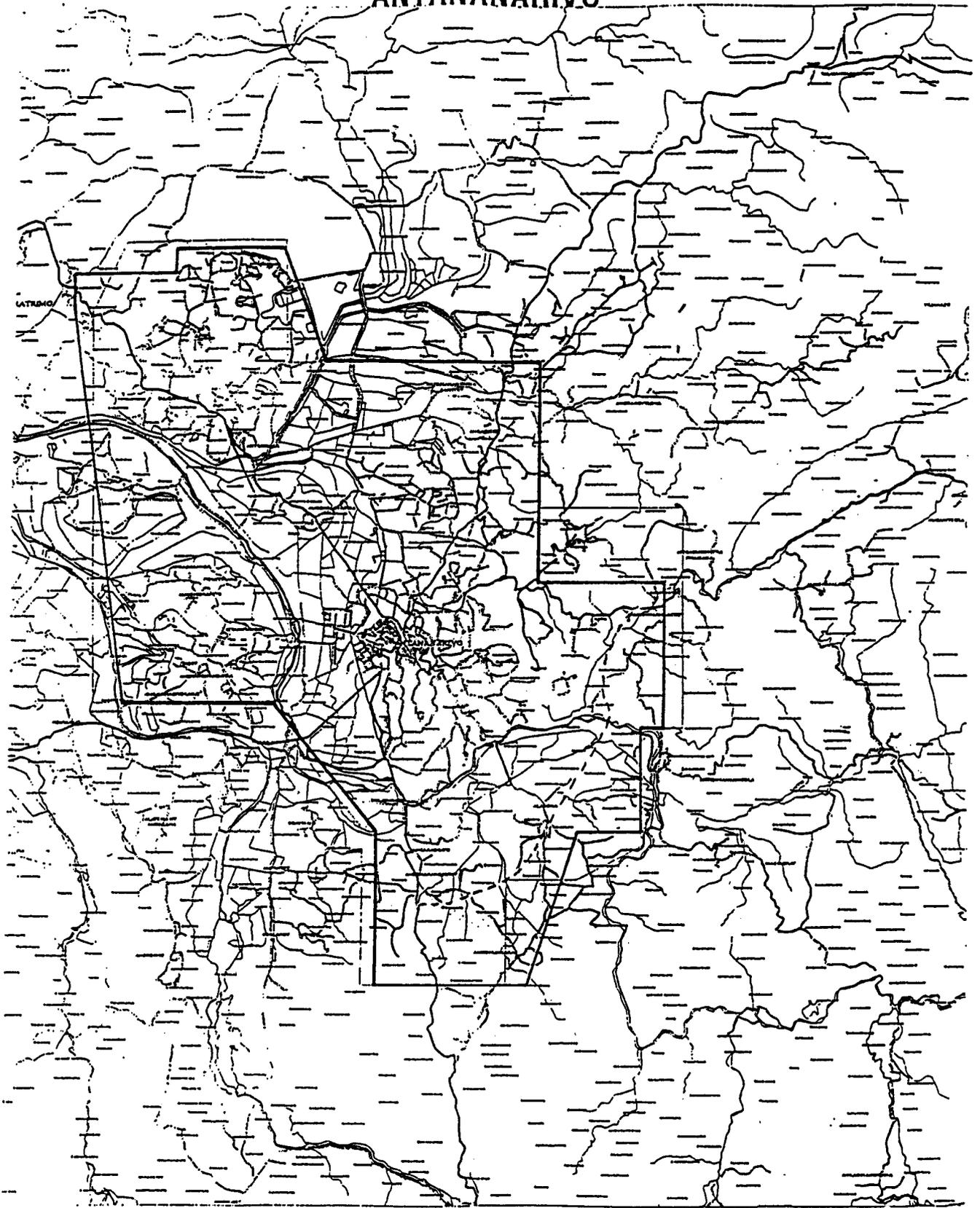
L'ETABLISSEMENT D'UNE BASE DE DONNEES
POUR SYSTEME D'INFROMATION GEOGRAPHIQUE
DE LA VILLE D'ANTANANARIVO ET DE SES ENVIRONS IMMEDIATS
DANS LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR

Mois	1er	2de	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e		
Travaux à Madagascar	■	■	■					■	■	■		■		
Travaux au Japon				■	■	■	■	■	■	■				
Rapports	▲ RP							▲ RI				▲ Pr RF	▲ RF	PF

Note : RP : Rapport préliminaire
RI : Rapport intermédiaire
PrRF : Projet de rapport final
RF : Rapport final
PF : Produits finaux

A

ANTANANARIVO



- Route principale
- - - Route en projet
- Reseau hydrographique
- Limite contractuelle

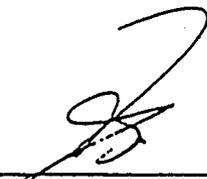
Echelle 1/100.000

Cl. G.

**PROCES-VERBAL DE LA REUNION
RELATIVE A L'ETUDE PRELIMINAIRE
POUR
L'ETABLISSEMENT D'UNE BASE DE DONNEES
POUR SYSTEME D'INFROMATION GEOGRAPHIQUE
DE LA VILLE D'ANTANANARIVO ET DE SES ENVIRONS IMMEDIATS
DANS LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

**CONVENU ENTRE
LE MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE LA VILLE
ET
L'AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE**

Fait à Antananarivo, le 03 juillet 1998



M. ANDRIAMBOAVONJY Amédée
Directeur du Cabinet du Ministre
Ministère de l'Aménagement du
Territoire et de la Ville
Président du Conseil d'Administration
Institut Géographique et
Hydrographique National



M. YAGUCHI Akira
Chef de mission
Mission d'étude préliminaire
Agence Japonaise de Coopération
Internationale

En réponse à la requête du gouvernement de la République de Madagascar, la mission japonaise d'étude préliminaire (ci-après désignée par « la Mission »), organisée par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (ci-après désignée par « la JICA ») et conduite par Monsieur YAGUCHI Akira, a visité la République de Madagascar du 28 juin au 5 juillet 1998, dans le but d'une étude préparatoire pour « l'Etablissement d'une Base de Données pour Système d'Information Géographique de la ville d'Antananarivo et de ses environs immédiats dans la République de Madagascar » (ci-après désigné par « l'Etude »).

La Mission a tenu une série de discussions et échangé des points de vue avec les représentants de l'Institut Géographique et Hydrographique National (ci-après désigné par « le FTM ») et des autres organismes concernées. (Voir la liste des participants aux discussions en Annexe.)

Suite aux discussions, les deux parties ont convenu la convention d'étendue des travaux de l'Etude et confirmé les propositions suivantes :

1. Objectifs de l'Etude

Il a été convenu que les objectifs de l'Etude consistent à établir une base de données cartographique numérique au niveau du 1:10.000 servant de base au système d'information géographique. Il a été aussi admis que la base de données comportera les données numériques de cartes topographiques urbaines de base, données numériques d'occupation des sols, données numériques de conditions du terrain et données numériques d'infrastructures urbaines, et que les données cartographiques existantes seront utilisées autant que possible.

2. Zone de l'Etude

Il a été convenu que l'Etude couvrira la ville d'Antananarivo et ses environs immédiats d'une superficie totale d'environ 250 kilomètres carrés.

3. Mise à la disposition du personnel du FTM

Le FTM s'engage à mettre à la disposition pour la mise en oeuvre de l'Etude des ingénieurs et techniciens du FTM.

4. Utilisation des cartes et données numériques existantes

Les deux parties ont convenu que les données cartographiques existantes, comme celles réalisées par le plan d'établissement du cadastre fiscal de la Direction du Service Topographique, par exemple, seront utilisées autant que possible, après la vérification de leur exactitude. Il a été aussi convenu que le FTM garantira l'utilisation de ces données cartographiques.

5. Limites administratives et noms géographiques

Les limites administratives et noms géographiques seront vérifiés par le FTM.



6. Equipements de l'Etude

Le FTM a demandé à la Mission que les équipements nécessaires à maintenir et à améliorer la technologie à transférer au FTM au cours de l'exécution de l'Etude soient remis au FTM à la fin de l'Etude. La Mission a promis de transmettre cette demande au siège de la JICA.

7. Changement de calendrier pour la photographie aérienne

Les deux parties ont convenu que, au cas où la photographie aérienne ne serait pas achevée dans le délai d'un an après le commencement de l'Etude, d'autres mesures substituant à une nouvelle photographie aérienne devraient être discutées par les deux parties.

8. Véhicules

Le FTM a expliqué ses difficultés à fournir des véhicules et la Mission a promis de transmettre cette situation au siège de la JICA.

9. Formation

Le FTM a demandé que le personnel de la contrepartie malgache puisse bénéficier du stage de formation au Japon en relation avec l'Etude afin de promouvoir le transfert de technologie efficace. La Mission a promis de transmettre cette demande au siège de la JICA.

10. Mise en place d'un comité de conduite ou d'un groupe de travail

Les deux parties ont convenu qu'un comité de conduite ou un groupe de travail, composé de représentants des organismes officiels concernés par le Système d'Information Géographique, sera mis en place afin que la base de données cartographique numérique établie dans l'Etude soit pleinement mise en valeur par ces organismes.

11. Diffusion des informations

Les deux parties ont convenu que les données cartographiques numériques produites au cours de l'exécution de l'Etude seront largement diffusées au public. Les deux parties ont confirmé en outre qu'il sera important de discuter continuellement des moyens de raffermissement du système de distribution des données numériques en collaboration avec le comité de conduite.

12. Autres

Les deux parties ont convenu que le FTM prendra en charge les allocations journalières et frais de bureaux provenant de l'affectation du personnel du FTM au cours de l'exécution de l'Etude.

Le procès-verbal est établi en version anglaise et en version française. Pour toute divergence résultant de leur interprétation, la version anglaise doit prévaloir.



ANNEXE

Liste des participants aux séances de discussions

Partie malgache :

Institut Géographique et Hydrographique National (FTM)

M. RAZAFINAKANGA Andrianjafimbelo	Directeur Général
Mme. RANDRIANANDRAINA Noëlle	Directeur Général Adjoint
M. ANDRIAMPARANY Naina	Conseiller technique du Directeur Général
M. NARY Herilalao Iarivo	Directeur de l'Information Géographique de Base
Mme. RAZANAMALALA Vacarivary Angelinette	Directeur des Travaux d'Édition
M. RAKOTOZAFY Robert	Directeur Marketing et Commercial
M. RAKOTOARISON Max Simon	Chef de Département Géodésie et Hydrographie
Mme. NARY Herinirina Sarivo	Chef de Division de la Cartographie Numérique
M. Nicolas LAMBERT	Assistant Technique

Vice Primature chargée des Finances et de l'Économie

Direction Générale de l'Économie et du Plan

Mme. RASOAVOLOLONA Jeanne	Directeur des Investissements Publics
---------------------------	---------------------------------------

Ministère des Affaires Étrangères

M. FENO Jeannet	Directeur de la Coopération Bilatérale
M. RATEFINANAHDRY Jean de Dieu	Chef du Service de la Coopération Technique, Économique et Financière

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville

M. RAMANANTSOA Herivelona	Ministre de l'Aménagement du Territoire et de la Ville
M. ANDRIAMBOAVONJY Amédée M.	Directeur du Cabinet du Ministre Président du Conseil d'Administration du FTM

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville

Direction du Service Topographique, Cellule du Pilotage Foncier

M. RAMAMONJISOA Aimé	Chef du Projet
M. RAZAFINDRAICAVO Henry	Chef Provincial Topographique
M. David CAILLEAU	Ingénieur d'assistance, CPF

Mairie d'Antananarivo

M. RAZANAMASY Guy Willy	Maire de la ville d'Antananarivo
-------------------------	----------------------------------

Partie japonaise :

Mission d'étude préliminaire

M. YAGUCHI Akira	Chef de mission
M. NARAWA Mutsumi	Planification des études
M. EGAWA Yoshitake	Planning de la cartographie de base et du transfert de technologie
M. MORITA Toshiyuki	Interprète

Ambassade du Japon à Antananarivo

M. TSUKAHARA Shigeru	Deuxième secrétaire
----------------------	---------------------



**MINUTES OF MEETING
FOR**

**THE ESTABLISHMENT OF A DATABASE
FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
OF THE CAPITAL AREA IN THE
REPUBLIC OF MADAGASCAR**

AGREED UPON BETWEEN

**NATIONAL GEOGRAPHIC AND HYDROGRAPHIC INSTITUTE,
MINISTRY OF TERRITORIAL AND URBAN MANAGEMENT
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**

ANTANANARIVO, 12 NOVEMBER 1998



RAZAFINAKANGA Andrianjafimbeto
Director General
National Geographic and Hydrographic Institute



Isao IKESHIMA
Leader
JICA Study Team
Japan International Cooperation Agency

Japan International Cooperation Agency Study Team for the “The Establishment of a Database for Geographic Information Systems of the Capital Area in the Republic of Madagascar” (hereinafter referred to as “JICA Study Team”), and the National Geographic and Hydrographic Institute (hereinafter referred to as “FTM”) held a meeting concerning the Inception Report on “The Establishment of a Database for Geographic Information Systems of the Capital Area in the Republic of Madagascar” on the 9th day of November 1998, from 9:00 a.m. to 4:00 p.m. The meeting took place at “FTM” office in a friendly atmosphere. The members who attended the meeting are listed in Appendix-1. The conclusions of the discussions were as follows:

1. “FTM” agreed on the Inception Report prepared by “JICA Study Team”.
2. “FTM” side requested the following to the Team:
 - (1) Since the Presidential residence is situated in the southernmost part of the study area, aerial photography and plotting works cannot be conducted in a zone extending on 18 km². Accordingly, this zone shall be cut from the study area.

On the other hand, it was requested to include in the study area a 18 km² area located north-east of Soavina City in the south-west area of the capital Antananarivo City, where urbanisation is growing fast.
 - (2) FTM personnel expressed a strong desire to have training opportunity in Japan.

“JICA Study Team” promised to convey these requests to the JICA headquarter.

APPENDIX-1

LIST OF ATTENDANTS

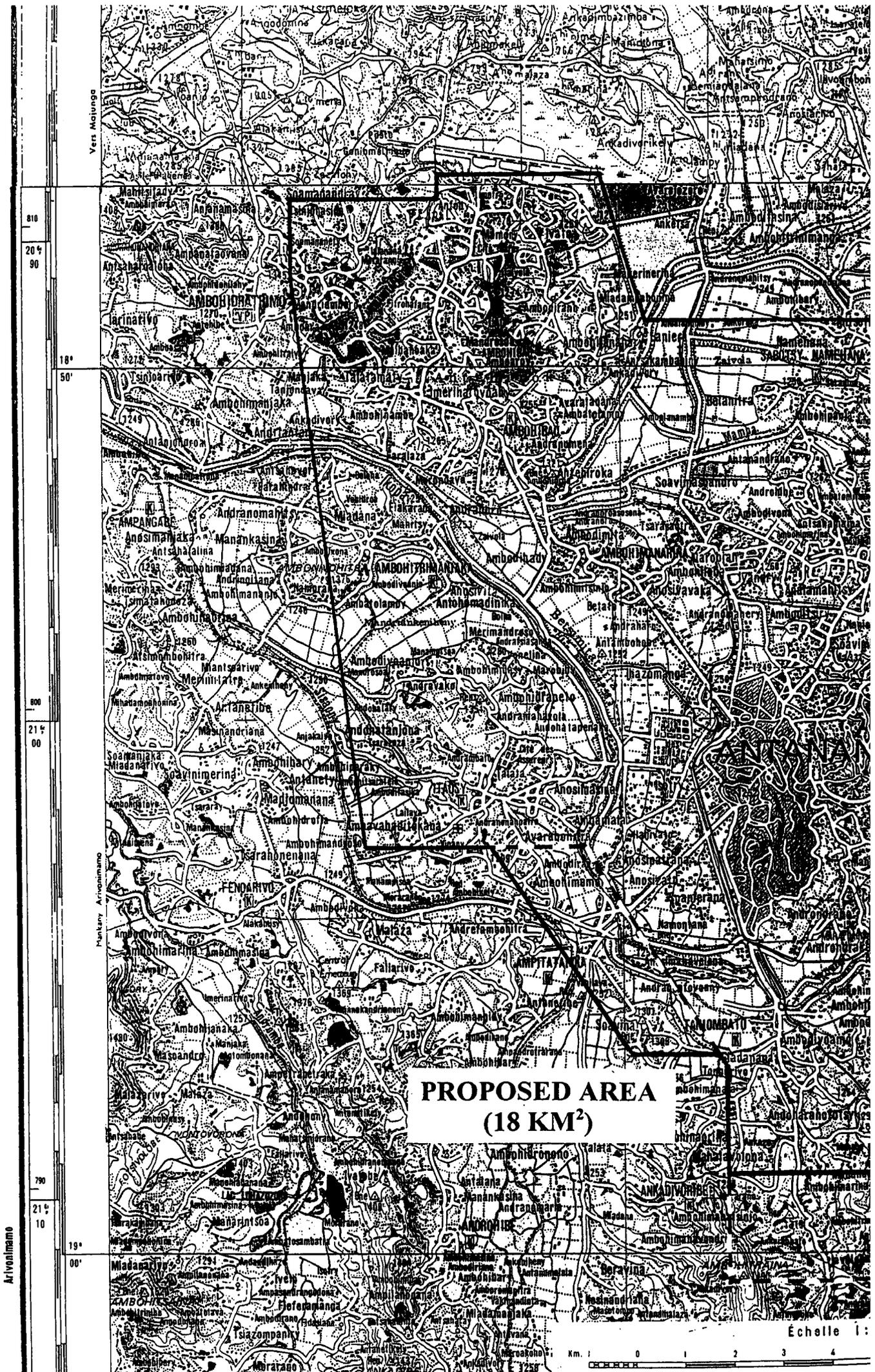
Malagasy Side:

Mr. RAZAFINAKANGA Andrianjafimbelo	Director General FTM
Mr. RAKOTOZAFY Robert	Director of Marketing and Sales FTM
Mr. RAVELOMANANTSOA Josoa	Business Engineer Marketing and Sales Division FTM
Mr. NARY Herilalao Iarivo	Director of Basic Geographic Information FTM
Mr. RAHAINGOALISON Narizo	Director of Geographic Information FTM
Ms. RATOVOARISON Nivo	Chief of Hydrography Division FTM
Mr. RAKOTOVAO Manarivo	Chief of Research Department FTM
Mr. LI Han Ting	Chief of Remote Sensing Division FTM

Japanese Side:

Mr. Isao IKESHIMA	Leader of JICA Study Team
Mr. Mamoru TAKAHASHI	Database Engineer
Mr. Ken-ichi SHIBATA	Land Use and Land Condition Engineer
Mr. Morten STRAND	Surveyor
Ms. Marie-Line CHARLES	Interpreter
Ms. Odile GAYON	Coordinator
Mr. Katsuo TANAKA	JICA
Mr. Yoshitake EGAWA	Technical Advisor, JICA

f l



**PROPOSED AREA
(18 KM²)**

Arivoaimamo

Vert. Matjuanga

Manjary Arivoaimamo

Échelle 1:



MINUTES OF MEETING

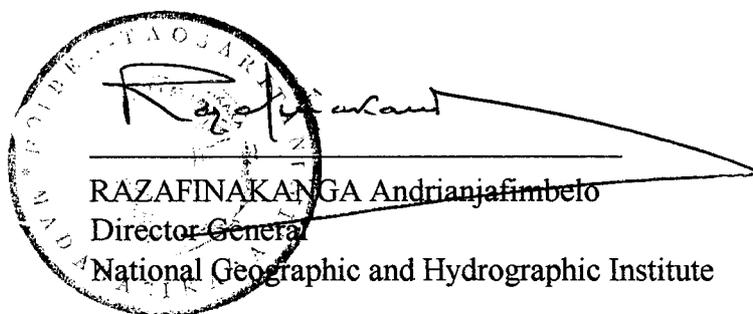
FOR

**THE ESTABLISHMENT OF A DATABASE
FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
OF THE CAPITAL AREA IN THE
REPUBLIC OF MADAGASCAR**

AGREED UPON BETWEEN

**NATIONAL GEOGRAPHIC AND HYDROGRAPHIC INSTITUTE,
MINISTRY OF TERRITORIAL AND URBAN MANAGEMENT
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**

ANTANANARIVO, THE 25TH OF JUNE, 1999



Isao Ikeshima
Isao IKESHIMA
Leader
JICA Study Team
Japan International Cooperation Agency

The Japan International Cooperation Agency Study Team for “The Establishment of a Database for Geographic Information Systems of the Capital Area in the Republic of Madagascar” (hereafter referred to as “JICA Study Team”), and the National Geographic and Hydrographic Institute (hereinafter referred to as “FTM”) held a meeting concerning the Interim report on “The Establishment of a Database for Geographic Information Systems of the Capital Area in the Republic of Madagascar” on the 21st day of June, 1999, from 9:30 a.m. to 3:30 p.m. The meeting took place at the FTM office in a friendly atmosphere. The attendants of the meeting are listed in Appendix-1.

The conclusions of the discussions were as follows:

1. FTM agreed on the Interim report prepared by JICA Study Team.

2. The JICA Study Team handed over the following final results to the FTM:

-Interim Report:

English	5 copies
French	10 copies

-Aerial Photographs:

negative films (approximately 1/20,000)	1 set
---	-------

3. FTM requested to the JICA Study Team that the following equipment that JICA has provided for the Study, be donated to FTM:

- Personal Computer and accessories Gateway E-5250 450	1 unit
- Inkjet Printer and accessories HP 750 Plus (A0)	1 unit
- Digitizer and accessories Digitizer board (NS Calcomp 34480) Digitizer stand (NS Calcomp 34480)	1 unit
- GIS Software ESRI Arc View 3.1	1 set
- Application Softwares:	
. Software ESRI Network Analyst	1 set
. Software ESRI Spatial Analyst	1 set
. Software MS Office 97 Pro	1 set
- Projector EPSON ELP 7200	1 unit
- Uninterruptable Power Supply APC SU 1400I (and UPS software APC AP9007)	1 unit
- Transformer TOYODEN TK-3	1 unit

The JICA Study Team promised to convey this request to the JICA headquarter.

LIST OF ATTENDANTS**Malagasy Side:**

Mr. RAZAFINAKANGA Andrianjafimbelo	Director General, FTM
Mr. RAKOTOZAFY Robert	Director of Marketing and Sales Division, FTM
Mr. NARY Herilalao Iarivo	Director of Basic Geographic Information, FTM
Mr. RAHAINGOALISON Narizo	Director of Geographic Information, FTM
Mr. RANJALAHY Marc	Business Engineer 2, FTM
Mr. RAKOTOVAO Manarivo	Chief of R & D Department, FTM
Mr. RAJAONARISON J. Désiré	Chief of Database Department, FTM
Mr. RABEMALAZAMANANA	Chief of Geomatic Division, FTM
Mr. ANDRIATSIMIANGY J. Robson	Chief of Laboratory, FTM
Mr. RAKOTO Rahetindralambo	Chief of Photogrammetry Division, FTM
Mr. LI Han Ting	Chief of Remote Sensing Division, FTM
Ms. RAKOTOVOARISON Nivoharimanga	Chief of Hydrography Division, FTM

Japanese Side:

Mr. Isao IKESHIMA	Leader of the JICA Study Team
Mr. Mamoru TAKAHASHI	Database design Engineer
Mr. James WILKINSON	Database management system design Engineer
Mr. Satoru NISHIO	Survey on urban facility data Engineer
Mr. Ken-ichi SHIBATA	Land Use and Land Condition Engineer
Miss Marie-Line CHARLES	Interpreter
Miss Odile GAYON	Coordinator
Mr. Akira SAITO	Japanese Embassy

MINUTES OF MEETING

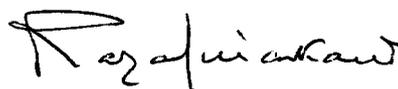
FOR

**THE ESTABLISHMENT OF A DATABASE
FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
OF THE CAPITAL AREA IN THE
REPUBLIC OF MADAGASCAR**

AGREED UPON BETWEEN

**NATIONAL GEOGRAPHIC AND HYDROGRAPHIC INSTITUTE,
MINISTRY OF TERRITORIAL AND URBAN MANAGEMENT
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**

ANTANANARIVO, THE 14TH OF SEPTEMBER 1999



RAZAFINAKANGA Andrianjafimbelo
Director General
National Geographic and Hydrographic Institute



Isao IKESHIMA
Leader
JICA Study Team
Japan International Cooperation Agency

The Japan International Cooperation Agency Study Team for “The Establishment of a Database for Geographic Information Systems of the Capital Area in the Republic of Madagascar” (hereafter referred to as “JICA Study Team”), and the National Geographic and Hydrographic Institute (hereinafter referred to as “FTM”) held a meeting concerning the Draft Final Report on “The Establishment of a Database for Geographic Information Systems of the Capital Area in the Republic of Madagascar” on the 13th day of September, 1999, from 9:30 a.m. to 12:00 a.m. The meeting took place at the FTM office in a friendly atmosphere. The attendants of the meeting are listed in Appendix-1.

The conclusions of the discussions were as follows:

1. FTM agreed on the Draft final report prepared by JICA Study Team.
2. The JICA Study Team handed over the following final results to the FTM:

-Draft Final Report:

English	5 copies
French	10 copies

-Aerial Photographs:

Aerial photographs (approximately 1/20,000)	3 copies
---	----------

3. As mentioned in the Minutes of Meeting signed on June 25th, 1999, the JICA Study Team conveyed to the JICA Headquarter the FTM request for the donation of equipment provided for the Study. The JICA Headquarter agreed to donate the following equipment to FTM.

- Personal Computer and accessories Gateway E-5250 450	1 unit
- Inkjet Printer and accessories HP 750 Plus (A0)	1 unit
- Digitizer and accessories Digitizer board (NS Calcomp 34480) Digitizer stand (NS Calcomp 34480)	1 unit
- GIS Software ESRI Arc View 3.1	1 set
- Application Softwares:	
. Software ESRI Network Analyst	1 set
. Software ESRI Spatial Analyst	1 set
. Software MS Office 97 Pro	1 set
- Projector EPSON ELP 7200	1 unit
- Uninterruptable Power Supply APC SU 1400I (and UPS software APC AP9007)	1 unit
- Transformer TOYODEN TK-3	1 unit

LIST OF ATTENDANTS**Malagasy Side:**

Mr. RAZAFINAKANGA Andrianjafimbelo	Director General, FTM
Mr. RAKOTOZAFY Robert	Director of Marketing and Sales Division, FTM
Mr. NARY Herilalao Iarivo	Director of Basic Geographic Information, FTM
Mr. RAHAINGOALISON Narizo	Director of Geographic Information, FTM
Mr. RAVELOMAMANTSOA Josoa	Business Engineer, Marketing & Sales Division, FTM
Mr. RAKOTOVAO Manarivo	Chief of R & D Department, FTM
Mr. ANDRIANTSIMIANGY J. Robson	Chief of Laboratory, FTM
Mr. ANDRIAMANANA Malala	Chief of Aerial Flight Department, FTM
Mr. RAKOTONANDRASANA Velosoa	Database Operator, FTM
Ms. RAKOTOVOARISON Nivoharimanga	Chief of Hydrography Division, FTM
Ms. NARY Herinirina	Chief of Mapping Department, FTM
Ms. RANDRIAMANANA Lydia	Chief of Database Division, FTM
Mr. RAKOTOARISON Max	Follow-up and Planning, FTM
Mr. RABOKOSON Julien Astina	Management Control, General Direction, FTM
Mr. RAMINOHARIZAKA Paul	Chief of Topographic Division, FTM
Mr. RANDRIANAIVO Eugène	Chief of Control and Photo-interpretation Division, FTM
Mr. RAJEMISON Michel	Chief of Geodetic Surveying Division, FTM

Japanese Side:

Mr. Isao IKESHIMA	Leader of the JICA Study Team
Mr. Mamoru TAKAHASHI	Database design Engineer
Mr. James WILKINSON	Database management system design Engineer
Miss Marie-Line CHARLES	Interpreter
Miss Odile GAYON	Coordinator
Mr. Akira SAITO	Japanese Embassy
Mr. Hisashi MORI	Technical Advisor, JICA