

République Islamique de Mauritanie
Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire
Direction de la Cartographie et de l'Information Géographique

**ÉTUDE POUR L'ÉLABORATION
D'UNE BASE DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES
DE NOUAKCHOTT EN RÉPUBLIQUE
ISLAMIQUE DE MAURITANIE**

RAPPORT FINAL

Juin 2010

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE (JICA)

**PASCO CORPORATION
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.**

EID
JR
10-090

MINISTÈRE DE L'HABITAT, DE L'URBANISME ET
DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION
INTERNATIONALE

DIRECTION DE LA CARTOGRAPHIE ET DE
L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

**ÉTUDE POUR L'ÉLABORATION D'UNE BASE
DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES DE NOUAKCHOTT
EN RÉPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE**

RAPPORT FINAL



Juin 2010

**PASCO CORPORATION
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.**

Équivalents de la monnaie

Unité de la monnaie : Mauritanie Ouguiya (MRO)

1 EUR = 336.046 MRO (Interbank Rate Mai 13, 2010)

1 EUR = 117.65 YEN (Interbank Rate Mai 13, 2010)

PRÉFACE

En réponse à la demande du Gouvernement de la République Islamique de Mauritanie, le Gouvernement du Japon a décidé de mener « une Étude pour l'Elaboration d'une Base de Données Géographiques de Nouakchott » et a confié cette étude à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a constitué une mission d'étude conduite par M. Eisaku Tsurumi de Pasco Corporation, en association avec Asia Air Survey Co., Ltd. et l'a envoyée en Mauritanie huit fois entre avril 2007 et avril 2010.

Après une série des discussions avec le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et du Développement du Territoire, le Ministère de l'Environnement, la Ville de Nouakchott et d'autres organismes concernés, la mission d'étude a formulé une base de données géographiques digitales de Nouakchott et effectué un transfert de technologie à l'égard du personnel technique de Mauritanie.

Plus de 30 réunions des parties prenantes ont été organisées pour collecter des informations de divers organismes concernés pendant la période; et un séminaire à l'étape finale de l'étude a eu lieu pour diffuser l'utilisation de la base de données. Ensuite, la mission a finalisé ce rapport au Japon.

J'espère que cette base de données contribuera à la réhabilitation et au développement de la ville de Nouakchott, que les technologies transmises serviront pleinement au maintien de la base de données et à sa distribution au public. J'espère aussi que ce rapport contribuera à promouvoir des projets futurs et à améliorer les relations amicales entre nos deux pays.

Pour conclure, je tiens à exprimer ma profonde estime des fonctionnaires du Gouvernement de Mauritanie concernés pour leur coopération élargie avec la mission d'étude.

Juin 2010

M. Kiyofumi KONISHI
Directeur du Département de l'infrastructure économique
Agence japonaise de coopération internationale

M. Kiyofumi KONISHI
Directeur du Département de l'infrastructure économique
Agence japonaise de coopération internationale

LETTRE DE TRANSMISSION

Cher M. Kiyofumi KONISHI

C'est un grand honneur pour moi de vous soumettre le Rapport final de "l'Étude pour l'Elaboration d'une Base de Données Géographiques de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie" qui a été réalisée sur la base d'un contrat passé avec votre agence.

L'étude a été exécutée par la joint venture PASCO CORPORATION et ASIA AIR SURVEY CO., LTD. d'avril 2007 à mai 2010. Les résultats obtenus sont des photographies aériennes au 1/20.000^e, des cartes topographiques au 1/10.000^e et leurs données numériques, ainsi que la base de données SIG et les systèmes modèles SIG. Nous avons également transféré les technologies de cartographie aux personnels techniques du Gouvernement Mauritanien.

Ce rapport résume tous les travaux effectués pendant les trois phases à partir de l'année fiscale 2007 et suggère des plans pour la diffusion des données à différents domaines d'utilisation. Je suis convaincu que ce rapport contribuera en tant que base à supporter la réhabilitation de Nouakchott et son développement futur.

Enfin, au nom de la mission, je voudrais exprimer mes sincères remerciements aux responsables de la Direction de la Cartographie et des Informations Géographiques, et aux autres organismes concernés pour nous avoir assuré des facilités et leur coopération. Je voudrais aussi exprimer mes remerciements aux responsables de votre agence et aux organisations concernées du Gouvernement du Japon pour nous avoir donné des conseils et recommandations suggestifs pendant l'exécution de l'étude.

Juin 2010

Eisaku TSURUMI
Chef de la mission d'étude



Direction de la Cartographie et de l'Information Géographique



Présentation des résultats de l'étude



Discussion



Discussion



Le sémnaire le 4 Avril 2010

Table des matières

CHAPITRE 1. INTRODUCTION	1
1.1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
1.2. ZONE D'ÉTUDE	2
1.3. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	3
1.4. VUE DE LA ZONE D'ÉTUDE	4
1.5. DÉROULEMENT DU PROJET	12
1.6. ORGANISME DE CONTREPARTIE	15
1.7. CONSTITUTION DU PROJET	15
1.8. COMITÉ DE COORDINATION	15
1.9. TRANSFERT DE TECHNOLOGIE	16
1.10. PRODUITS FINAUX DE L'ÉTUDE	17
CHAPITRE 2. DÉROULEMENT ET RÉSULTATS DE L'ÉTUDE . 19	
2.1. TRAVAUX DE LA PHASE 1	22
2.1.1. Étude des points de contrôle au sol (en Mauritanie)	22
2.1.2. Couverture photographique aérienne (en Mauritanie et au Japon)	33
2.1.3. Identification sur le terrain (en Mauritanie)	40
2.1.4. Aérotriangulation (au Japon)	43
2.1.5. Restitution numérique (au Japon)	45
2.2. TRAVAUX DE LA PHASE 2	50
2.2.1. Compilation numérique (au Japon)	50
2.2.2. Symbolisation cartographique provisoire (au Japon)	51
2.2.3. Identification complémentaire sur le terrain (en Mauritanie)	52
2.2.4. Compilation complémentaire (au Japon)	53
2.2.5. Symbolisation cartographique (au Japon)	54
2.3. TRAVAUX DES PHASES 2 ET 3	55
2.3.1. Structuration des données (au Japon)	55
2.3.2. Création d'un modèle de SIG (au Japon)	57
CHAPITRE 3. TRANSFERT DE TECHNOLOGIE.....	59
3.1. PRÉBALISAGE DE PCSS (MISE EN PLACE DES SIGNAUX AÉRIENS)	61
3.2. LEVÉ GPS	61
3.3. NIVELLEMENT ET PIQUAGE	61

3.4.	IDENTIFICATION SUR LE TERRAIN	61
3.5.	IDENTIFICATION COMPLÉMENTAIRE SUR LE TERRAIN	61
3.6.	AÉROTRIANGULATION	63
3.6.1.	Session de formation.....	63
3.6.2.	Contenu	64
3.6.3.	Évaluation des stagiaires et des tâches futures	70
3.7.	RESTITUTION NUMÉRIQUE	72
3.7.1.	Session.....	72
3.7.2.	Contenu	73
3.7.3.	Évaluation des stagiaires et des tâches futures	80
3.8.	COMPILATION NUMÉRIQUE	82
3.8.1.	Session de formation.....	82
3.8.2.	Évaluation des stagiaires et tâches futures.....	99
3.9.	STRUCTURATION DE DONNÉES.....	101
3.9.1.	Deuxième Phase (2008).....	101
3.9.2.	Troisième Phase (2009)	110
3.10.	SYMBOLISATION CARTOGRAPHIQUE	126
3.10.1.	Session.....	126
3.10.2.	Contenu	127
3.10.3.	Évaluation des stagiaires et tâches futures.....	136
3.11.	CONCLUSION.....	137
CHAPITRE 4. DIFFUSION DE L'EMPLOI DES DONNEES DE CARTE NUMERIQUE.....		139
4.1.	UTILISATEURS DES CARTES NUMÉRIQUES ET SIG	140
4.1.1.	Utilisateurs de données de carte numérique et SIG	141
4.1.2.	Utilisateurs de données de carte numérique et SIG en Mauritanie	142
4.2.	DISTRIBUTION DES DONNÉES DE CARTE NUMÉRIQUE	145
4.2.1.	Centre de données spatiales.....	146
4.2.2.	Diffusion des données topographiques (base de données SIG y compris)	148
4.2.3.	Problèmes additionnels pour la diffusion des données de carte numérique.....	149
4.3.	MODÈLE DE SIG	153
4.3.1.	Création des modèles de SIG	153
4.3.2.	Logiciel et matériel pour les modèles de SIG.....	153
4.3.3.	Données et modèle de SIG	153
CHAPITRE 5. CONCLUSION.....		171

Liste des figures

Figure 1.1	Zone d'étude	2
Figure 1.2	Qaartiers de Nouakchott.....	7
Figure 1.3	Quartier précaire.....	7
Figure 1.4	Conduite d'eau	7
Figure 1.5	Born-fontaine	7
Figure 1.6	Potence	7
Figure 1.7	Vues depuis l'Hôtel Al Khaima - Changement d'utilisation de terrain.....	8
Figure 1.8	Carte topographique de centre de la ville.....	9
Figure 1.9	Quartier résidentiel en construction	9
Figure 1.10	Le centre de la ville	9
Figure 1.11	Coquille à surface de la terre.....	10
Figure 1.12	Gypse.....	10
Figure 1.13	Port de l'Amitié.....	10
Figure 1.14	Cordon littoral	10
Figure 1.15	Chronogramme des travaux du projet	13
Figure 2.1	Présentation du Rapport de Commencement	19
Figure 2.2	L'équipe technique de la DCIG.....	23
Figure 2.3	Un point GPS existant (AZ 001).....	23
Figure 2.4	Points GPS et les cheminements de nivellement.....	24
Figure 2.5	Mise en place de signal aérien.....	25
Figure 2.6	Réseau d'observation GPS	27
Figure 2.7	Description de point GPS.....	28
Figure 2.8	Observation GPS à un point (GPS20).....	29
Figure 2.9	Sections de nivellement.....	30
Figure 2.10	Formation en nivellement.....	31
Figure 2.11	Points piqués	32
Figure 2.12	Avion utilisé pour la prise de vue aérienne	33
Figure 2.13	Diagramme de la prise de vue aérienne par la méthode GPS cinématique aéroportée	33
Figure 2.14	La station de base	35
Figure 2.15	Carte-index du vol.....	37
Figure 2.16	Rotation requise pour la direction de vol inverse.....	38
Figure 2.17	Scanning d'une bobine de film au moyen de "Vexcel Ultrascan 5000".....	39

Figure 2.18	Image scannée	39
Figure 2.19	Processus de scanning des photographies aériennes	40
Figure 2.20	Saisie des données de CAD et des données de feuilles de calcul.....	41
Figure 2.21	Identification sur le terrain pour les installations d'alimentation en eau.....	42
Figure 2.22	Résultat de l'identification sur le terrain	42
Figure 2.23	Procédure de l'aérotriangulation.....	43
Figure 2.24	Allocation de chaque point en aérotriangulation.....	44
Figure 2.25	Flux des travaux de l'aérotriangulation	46
Figure 2.26	Configuration des données au moyen de "SUMMIT EVOLUTION"	46
Figure 2.27	Une partie des données d'orientation extérieure (de chaque image aérienne).....	47
Figure 2.28	Contenu du fichier caméra	47
Figure 2.29	Fichier de points de contrôle	48
Figure 2.30	Image de gauche, Image de droite, Image stéréo	48
Figure 2.31	Données restituées.....	49
Figure 2.32	Données restituées.....	49
Figure 2.33	Flux des travaux de la compilation numérique.....	50
Figure 2.34	Données avant et après la compilation numérique.....	51
Figure 2.35	Carte symbolisée pour l'identification complémentaire sur le terrain	51
Figure 2.36	Divergence entre les limites fournies et la carte.....	52
Figure 2.37	Données avant et après la modification de l'identification complémentaire.....	53
Figure 2.38	Renseignements marginaux de feuille de carte	54
Figure 2.39	Etapes de la création de données SIG	56
Figure 2.40	Champs qui doivent être décochés avant la sauvegarde sous forme Shapefile temporaire	57
Figure 3.1	Processus d'aérotriangulation dans le LPS	64
Figure 3.2	Interface du LPS.....	65
Figure 3.3	Aspect du transfert de technologie pour l'aérotriangulation	66
Figure 3.4	Procédure de restitution numérique dans le LPS.....	74
Figure 3.5	Aspect du transfert de technologie pour la restitution numérique.....	74
Figure 3.6	Empreinte des images.....	75
Figure 3.7	Modèle stéréo en LPS	78
Figure 3.8	Explication à propos de la session.....	82
Figure 3.9	Une session de formation à la structuration de données SIG lors de la deuxième phase	103
Figure 3.10	Famille de produits du logiciel ArcGIS.....	104
Figure 3.11	Outils de conversion dans l'ArcCatalog du logiciel ArcGIS.....	104

Figure 3.12	ArcMap, ArcToolBox, 3D Analyst, et Spatial Analyst du logiciel ArcGIS.....	105
Figure 3.13	Disposition des ToolBoxes, ToolSets, et Tools (Outils) dans l' ArcToolBox	106
Figure 3.14	Présentation de l'Editor Tool Bar (barre d'outils éditeur).....	106
Figure 3.15	Affichage du tableau et menu sous l'onglet « Options ».....	107
Figure 3.16	Un exemple de coupure pour extraire la zone de couverture de données pour intérêt	107
Figure 3.17	Échantillon de Carte Composée Préparée selon l' ArcGIS	108
Figure 3.18	Une session de formation à la structuration de données SIG lors de la troisième	111
Figure 3.19	Exemple de structure dossier/fichier (Folder/File) pour la disposition de données SIG	117
Figure 3.20	Exemple de modèle de SIG	121
Figure 3.21	Modèle de SIG créé par un stagiaire	123
Figure 3.22	Session pour symbolisation cartographique	126
Figure 3.23	Exemple de placement de cellules.....	128
Figure 3.24	Exemple de style de texte.....	129
Figure 3.25	Exemple de style de lignes	130
Figure 3.26	Exemple de création topologique.....	131
Figure 3.27	Exemple de modèles.....	131
Figure 3.28	Exemple de placement de texte	132
Figure 3.29	Exemple de déplacement de cellules et placement de points d'indication.....	133
Figure 3.30	Exemple de suppression de lignes.....	133
Figure 3.31	Exemple de ordre de la priorité donnant	134
Figure 3.32	Résultats de la symbolisation cartographique par les stagiaires.....	135
Figure 3.33	Catalogue des caractéristiques des stagiaires	136
Figure 4.1	Mécanisme de circulation des données de carte numérique.....	140
Figure 4.2	Diagramme conceptuel des utilisateurs de carte numérique et SIG	141
Figure 4.3	Concept de la diffusion et de la mise en commun des informations géographiques	146
Figure 4.4	Centre de données spatiales (CDS)	147
Figure 4.5	Cas de diffusion des données topographiques.....	148
Figure 4.6	Cycle de mise à jour des données de carte numérique (exemple).....	151
Figure 4.7	Barre d'outils pour la recherche d'adresse	157
Figure 4.8	Outil de recherche d'adresse par adresse de rue	158
Figure 4.9	Adresses de rue à Nouakchott	159
Figure 4.10	Carte d'altitude de Nouakchott	162
Figure 4.11	Section de cordon littoral	163

Figure 4.12	Risque potentiel d'inondation à Nouakchott.....	164
Figure 4.13	Carte de l'état des installations d'alimentation en eau	167
Figure 4.14	Distribution des installations publiques, et voie d'accès optimale.....	170

Liste des tableaux

Tableau 1.1	Transfert de technologie.....	17
Tableau 1.2	Produits finaux	18
Tableau 2.1	Travaux de cartographie et leurs volumes pour la Phase 1	19
Tableau 2.2	Travaux de cartographie et leurs volumes pour la Phase 2	20
Tableau 2.3	Travaux de cartographie et leurs volumes pour la Phase 3	21
Tableau 2.4	Résultats du calcul d'ajustement de résiduel	45
Tableau 2.5	Normes de précision des erreurs résiduelles	45
Tableau 2.6	Schéma général des données SIG structurées	55
Tableau 3.1	Transfert de technologie.....	59
Tableau 3.2	Session de formation en Aériangulation (2008).....	63
Tableau 3.3	Aspects de l'évaluation pour l'aérotiangulation	70
Tableau 3.4	Session de formation pour la restitution numérique (2009)	72
Tableau 3.5	Aspects de l'évaluation pour la restitution numérique	80
Tableau 3.6	Sessions de formation à la compilation numérique (2009)	82
Tableau 3.7	Objets et travaux concernant le nettoyage de données et la création topologique	84
Tableau 3.8	Exemple de classification des objets dans le catalogue de caractéristiques	85
Tableau 3.9	Exercices pour le nettoyage de données et la création topologique	88
Tableau 3.10	Erreurs de traçage 2D détectées lors du nettoyage de données	90
Tableau 3.11	Erreurs préparées par la Mission pour l'Exercice 3	92
Tableau 3.12	Erreurs du réseau routier détectées lors du nettoyage de données	92
Tableau 3.13	Classification des couches pour la création topologique.....	94
Tableau 3.14	Polygones devant être créés au cours de cet exercice	95
Tableau 3.15	Résultats et évaluation de l'Exercice 5.....	96
Tableau 3.16	Types d'erreurs de la création topologique	97
Tableau 3.17	Exemples d'erreurs en tant que résultat de la création topologique	97
Tableau 3.18	Aspects de l'évaluation pour la compilation numérique	99
Tableau 3.19	Résumé du Questionnaire Réponses des stagiaires de la deuxième phase (2008)	101
Tableau 3.20	Session de formation à la structuration de données durant la deuxième phase (2008)	102
Tableau 3.21	Aspects pour l'évaluation des stagiaires de la deuxième phase (2008).....	109
Tableau 3.22	Liste des stagiaires de la formation à la structuration de données durant la troisième phase (2009)	111
Tableau 3.23	Résumé du Questionnaire Réponses des stagiaires de la troisième phase (2009)	112
Tableau 3.24	Sessions de formation à la structuration de données durant la troisième phase	

	(2009)	113
Tableau 3.25	Une manière d'organiser les couches du SIG.....	115
Tableau 3.26	Une manière d'organiser les couches du SIG (<i>Suite</i>).....	116
Tableau 3.27	Titres des modèles de SIG créés par les stagiaires	122
Tableau 3.28	Aspects pour l'évaluation des stagiaires en structuration des données lors de la troisième phase.....	124
Tableau 3.29	Sessions de formation à la symbolisation cartographique (2009).....	126
Tableau 3.30	Aspects d'évaluation pour la symbolisation cartographique.....	136
Tableau 4.1	Utilisateurs potentiels de données de carte numérique (O: Oui, N: Non)	142
Tableau 4.2	Domaines d'utilisation et rôle escompté.....	144
Tableau 4.3	Cycle de mise à jour des données de carte numérique (exemple).....	152
Tableau 4.4	Thèmes de modèles de SIG	154
Tableau 4.5	Données utilisées pour chaque thème	155
Tableau 4.6	Critères de création de la Carte d'altitude et de la Carte des risques potentiels d'inondation	161

Liste des annexes

- ANNEXE 1: Liste des membres de la Mission de JICA
- ANNEXE 2: Liste des stagiaires du transfert de technologies
- ANNEXE 3: Liste des coordonnées GPS obtenues par calcul
- ANNEXE 4: Les résultats de boucle et de fermeture incorrecte
- ANNEXE 5: Les coordonnées des points piqués
- ANNEXE 6: Specifications des données topographiques et symboles cartographiques
- ANNEXE 7: Questionnaire
- ANNEXE 8: Résumés des réunions pour la diffusion de données numérique de carte
- ANNEXE 9: Le programme du séminaire 4 avril 2010
- ANNEXE 10: Etendue des Travaux pour l'Etude sur l'Etablissement d'une Base de Données Géographiques de la Ville de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie 15 décembre 2006
- ANNEXE 11: Procès-verbal des Discussions sur l'Etendue des Travaux pour l'Etude sur l'Etablissement d'une Base de Données Géographiques de la Ville de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie 15 décembre 2006
- ANNEXE 12: Procès-verbal des Discussions sur les Termes de Référence du Rapport Préliminaire et la 1ère Phase d'Exécution de l'Etude pour l'Etablissement d'une Base de Données Géographiques de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie 25 mai 2007
- ANNEXE 13: Procès-verbal des Discussions sur l'Etude sur l'Elaboration d'une Base de Données Géographiques de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie 9 août 2008
- ANNEXE 14: Compte-rendu des Discussions sur l'Etude pour l'Elaboration d'une Base de Données Géographiques de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie 19 février 2009
- ANNEXE 15: Procès-verbal de l'Etude sur l'Elaboration d'une Base de Données Géographiques de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie 14 avril 2010

Liste des abréviations

ADU	Agence du Développement Urbain
AFD	Agence Française de Développement
CAD	Conception assistée par ordinateur (<i>Computer-Aided Design</i>)
CC-PDU	Cellule de Coordination du Programme de Développement Urbain
CUN	Communauté Urbaine de Nouakchott
DA	Direction de l'Assainissement
DATAR	Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Action Régionale
DCE	Direction du Contrôle de l'Environnement
DCIG	Direction de la Cartographie et de l'Information Géographique
MNA (DEM)	Modèle Numérique d'Altitude (<i>Digital Elevation Model</i>)
DFE	Direction de Financement et de l'Evaluation
DFIS	Direction des Finances et des Infrastructures Scolaires
DGPC	Direction Générale de la Protection Civile
DHU	Direction de l'Habitat et de l'Urbanisme
DIT	Direction des Infrastructures de Transport
DP	Direction de la Purification
DPCIE	Direction de la Planification, de la Coordination et de l'Information Environnemental
DPRL	Direction de la Protection Régionale et Littorale
DS	Direction de la Santé
DTC	Direction de la Topographie et de la Cartographie
DTP	Direction des Travaux Publics
DU	Direction de l'Urbanisme
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
PCS (GCP)	Point de contrôle au sol
SIG (GIS)	Système d'information géographique
GPS	Système de localisation GPS (<i>Global Positioning System</i>)
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale
LPS	Leica Photogrammetric Suite
MS	Ministère de la Santé
OJT	Formation sur le tas
OMRG	Office Mauritanien de Recherches Géologiques

OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONS	Office National de la Statistique
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
RTO	Observation aller-retour
SNDE	Société Nationale de l'Eau
SOMELEC	Société Mauritanienne de l'Electricité
TIFF	Tagged Image File Format (format TIFF)
TIN	Réseau Irrégulier Triangulé (<i>Triangular Irregular Network</i>)
UE	Union Européenne
UNHCR	L'Agence des Nations Unies pour les réfugiés
UNICEF	Fonds des Nations unies pour l'enfance
UTM	Grille de Mercator transverse universelle
WFP	Programme Alimentaire Mondial
WGS84	World Geodetic System 1984

CHAPITRE 1. INTRODUCTION

En réponse à la requête du Gouvernement de la République Islamique de Mauritanie, le Gouvernement du Japon a décidé de mener "l'Étude pour l'Elaboration d'une base de données géographiques de Nouakchott en République Islamique de Mauritanie" (ci-après désignée "l'Étude"). Agence japonaise de coopération internationale (ci-après désignée "la JICA"), l'agence officielle responsable de l'exécution des programmes de coopération techniques du Gouvernement du Japon, a envoyé une mission préparatoire en Mauritanie et passé un accord avec le Gouvernement mauritanien sur l'Étendue des travaux de l'Étude (S/W) le 15 décembre 2006.

La JICA a organisé une équipe d'étude pour l'exécution du projet (ci-après désignée "la Mission"). L'organisme de contrepartie de la partie mauritanienne est la Direction de la Cartographie et de l'Information Géographique (ci-après désignée la "DCIG"), du Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire.

Le projet a démarré en avril 2007 dans le but de fournir une assistance technique à la République Islamique de Mauritanie pour l'élaboration des nouvelles cartes indispensables au développement de la capitale, Nouakchott. La période a été divisée en trois phases. Le projet s'achevant en mai 2010 avec la réalisation de tous les objectifs de l'Étude.

Au cours de l'Étude, un Rapport de Commencement, un Rapport Intérimaire et un Rapport d'Avancement ont été présentés. Le présent Rapport Final présente tous le déroulement et les résultats définitifs du projet. Il donne aussi les recommandations ou suggestions au Gouvernement Mauritanien sur l'emploi des données géographiques, la mise à jour des données, ainsi que la maintenance et la distribution des données.

1.1. Objectifs de l'Étude

Les objectifs de l'Étude sont comme suit :

- (1) Prendre des photographies aériennes en couleur de Nouakchott et de ses environs à l'échelle 1:20.000 et élaborer une carte topographique numérique à l'échelle 1:10.000.
- (2) Créer des modèles de SIG pour la planification urbaine et la maintenance basés sur la carte topographique numérique.
- (3) Transférer la technologie nécessaire pour la cartographie numérique, la mise à jour des données et l'utilisation des données aux personnels techniques de la DCIG et des autres organismes concernés.

1.2. Zone d'étude

La zone d'étude est indiquée sur la Figure 1.1. Elle est de 2.000 km², 69 km est la plus longue distance nord-sud et 32 km est-ouest. Les photographies aériennes en couleur ont été prises à l'échelle 1:20.000 pour toute la zone d'étude comme indiqué par la ligne rouge.

L'étude des points de contrôle au sol et l'aérotriangulation ont été menées pour toute la zone photographiée. La zone de 1.200 km², indiquée par la ligne bleue, a été cartographiée à l'échelle 1:10.000 sur la base des photographies aériennes, des résultats de l'étude des points de contrôle au sol et de l'aérotriangulation. La zone cartographiée est divisée en 47 feuilles indiquées par les fines lignes noires.

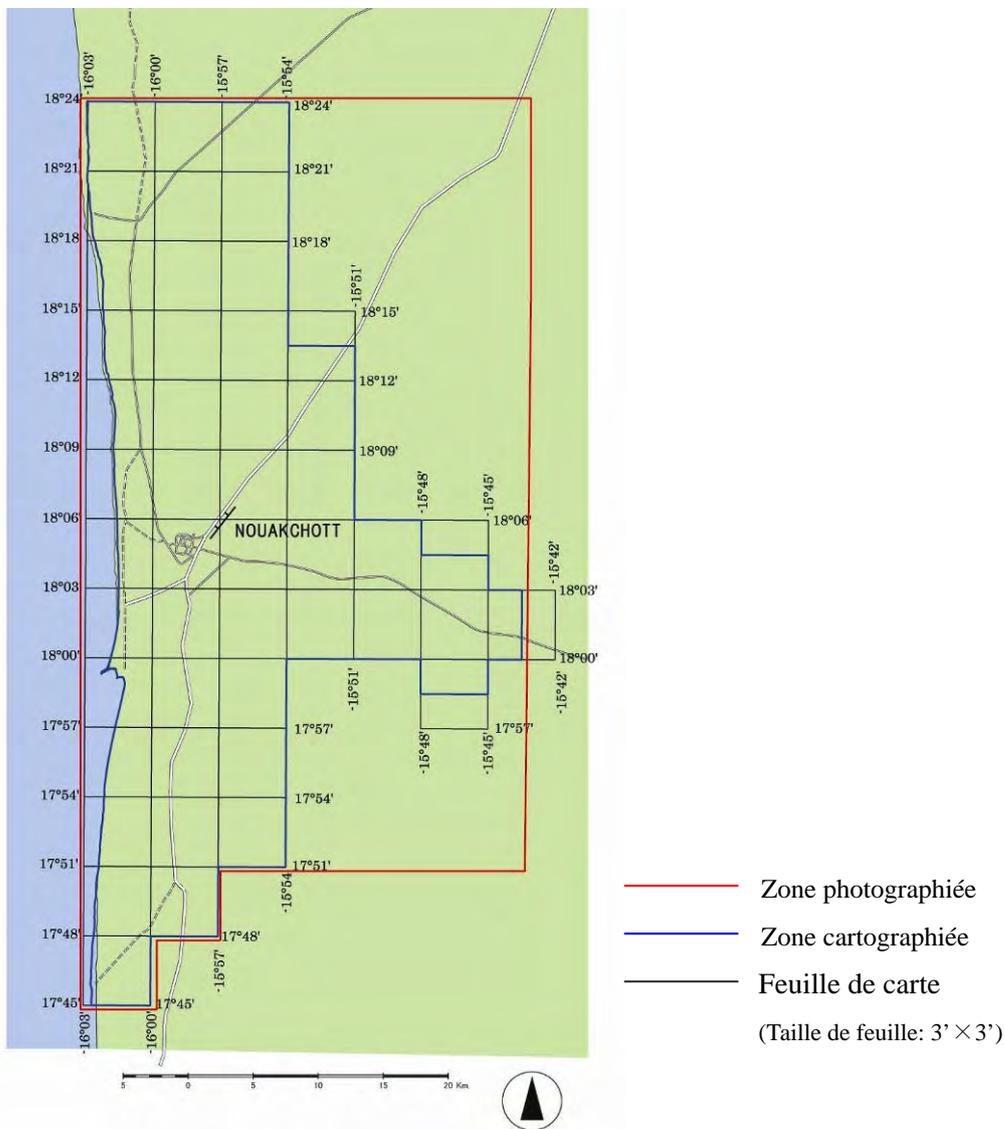


Figure 1.1 Zone d'étude

1.3. Contexte de l'Étude

(1) Croissance de la population à Nouakchott

La population de Nouakchott, la capitale de la Mauritanie, a suivi une croissance de plus en plus rapide au cours des dernières décennies avec l'afflux massif de populations des régions rurales à la recherche de meilleures possibilités d'emploi et conditions de vie. La plupart des migrants ont formé des quartiers précaires dans et hors de la ville. Ces quartiers sont sous-équipés avec en installations et services urbains de base, comme l'alimentation en eau, l'évacuation des eaux usées et le ramassage des ordures.

Les conditions ci-dessus ont causé des problèmes sérieux d'hygiène publique, de protection contre les désastres et ainsi de suite. Par ailleurs, la croissance rapide de la population rurale a provoqué divers problèmes urbains. Le gouvernement et les autorités de Nouakchott (CUN) doivent prendre d'urgence des mesures pour y faire face.

(2) Planification du développement urbain

D'autre part, il y a de nouveaux plans de développement urbain pour l'avenir et certains projets en cours à Nouakchott. Par exemple, la construction de réseaux de routes principales, d'un nouvel aéroport international et d'aménagements touristiques. Ces plans devraient avoir un grand effet sur les activités économiques de la ville. Le récent projet de production de pétrole offshore peut aussi avoir un impact important sur les activités.

(3) Nécessité de nouvelles données géographiques

Toute planification de nouveau projet de développement urbain exige des données géographiques à jour. Les données géographiques sont aussi nécessaires pour l'exécution et la gestion des projets de développement urbain en cours. Mais, des données géographiques satisfaisant ces exigences ne sont pas disponibles depuis de nombreuses années pour la zone de Nouakchott.

Les cartes existantes couvrant les zones où les problèmes susmentionnés surviennent sont désuètes et non numérisées. L'absence de données pratiques a rendu difficile le travail des décideurs et des urbanistes. Ils sont impatients d'utiliser des données géographiques correctement mises à jour et détaillées sous forme numérique pour leurs analyses et conceptions. Ce projet de cartographie a été démarré et achevé pour faire face à ces exigences. Il vise à fournir les données indispensables pour prendre des mesures contre les problèmes de points de vue divers, par ex. la protection contre les sinistres, la protection de l'environnement, la réhabilitation urbaine, le nouvel urbanisme, le développement et la stabilisation de l'économie.

1.4. Vue de la zone d'étude

Comme indiqué dans la Section 1.3, la population de Nouakchott a cru rapidement suite à une migration massive. D'après le Recensement de 2000, la population de Wilaya de Nouakchott était de 558.195 habitants, ce qui correspond à environ 22% de la population nationale. La population de 2008 a été estimée à 800.000, un tiers de la population nationale d'après certaines sources.

Il est rapporté que les sécheresses graves récentes ont provoqué la migration des régions rurales, où la population était principalement nomade. D'après le Bureau des Statistiques, la population nomade qui représentait 12% de la population totale en 1988, était de 5,1% en 2000. Le pourcentage actuel est certainement beaucoup plus bas.

La plupart des migrants se sont installés à des emplacements divers en ville et dans ses environs sans être contrôlés. Ils ont construit de petites maisons avec les matériaux disponibles aux environs et y vivent dans le désordre. En particulier, des quartiers précaires de grandes dimensions se sont développés dans les communes d'El Mina, Arafat et Toujounine. Ces petites maisons sont précisément tracées sur la carte produite dans ce projet. Ces peuplements ont donné lieu à des problèmes difficiles à résoudre pour l'urbanisation de la capitale.

Dans son ensemble, la croissance de la population a engendré non seulement les problèmes précités, mais aussi divers problèmes par ex. la sécurité, l'assainissement et la santé, l'emploi des personnes et l'éducation des enfants. Les installations publiques, comme les stations d'épuration d'eau et les écoles, sont clairement indiquées sur la carte.

Par ailleurs, les activités économiques récentes dans certaines catégories augmentent la construction de nouveaux bâtiments et connexes, ce qui a un impact sur la situation dans le centre de Nouakchott et provoque des changements rapides dans l'utilisation des terrains et l'environnement.

Il est à craindre gravement que la capacité de Nouakchott à maintenir une telle population qui a cru de manière incontrôlée soit absolument limitée. D'abord, il est essentiel de revoir et examiner la géographie physique de cette zone pour trouver sa capacité. Ensuite, des solutions devront être cherchées de divers points de vue.

La Mauritanie est totalement limitée à l'ouest par la côte de l'Océan Atlantique, sur une longueur de plus de 600 km. Les plages prédominent sur la côte. Dans la moitié sud, une plage en arc s'étend sur 400 km sans coupure de Râs Timirit à l'embouchure du fleuve Sénégal.

Le long de la côte, des terres basses (plaine côtière), longues et plates appelées "Aftout

essaheli", s'étendent du nord de Nouakchott à l'embouchure du fleuve Sénégal. Elles sont basses et bordées à l'ouest par un cordon littoral qui s'étend parallèlement aux plages. Le sommet du cordon littoral recouvert par des dunes de sable côtières a une altitude de moins de 10 m au-dessus du niveau de la mer, et les terres basses de -2 à 4 m.

Ces terres basses sont bordées à l'est par la zone de dunes de sable du Désert du Sahara. Nouakchott est développée sur les terres basses et la zone de dunes de sable.

L'aspect géomorphologique et des dépôts de grandes quantités de coquillages dans le sol laissent déduire que les terres basses étaient une lagune quand le cordon littoral n'était pas encore totalement développée ou brisée suite à un événement naturel dans l'histoire géologique récente. Les terres basses sont caractérisées par des couches dures et imperméables de gypse à la surface. La zone d'étude est incluse dans la zone aride. Les précipitations annuelles moyennes à Nouakchott sont inférieures à 130 mm. Il n'y a pas de cours d'eau permanent dans la zone d'étude. Mais en cas de précipitations importantes, les basses terres peuvent être inondées. L'inondation dure longtemps là où le terrain est au-dessous du niveau de la mer et/ou les matériaux de surface sont imperméables. L'inondation la plus récente s'est produite en septembre 2009.

Les enregistrements historiques indiquent que Nouakchott a souffert d'inondations engendrées par le Fleuve Sénégal en 1890, 1932, 1950 et 1987. L'eau d'inondation est venue à Nouakchott passant par Aftout essaheli sur une distance de 180 km. Il est rapporté que le risque des inondations originaires du Fleuve Sénégal a été minimisé depuis la construction de barrages en 1986 et 1987.

Les inondations sont aussi causées par une rupture des levées de rivage en cas de tempête sur la côte. Une brèche peut se produire dans les levées. Il est rapporté que certaines brèches ont été faites par l'exploitation de sable et de coquillages à utiliser comme matériaux du béton, et certaines en conduisant des véhicules sur la côte. Cependant, il est rapporté aussi que de telles exploitations et conduites sont contrôlées aujourd'hui. Certaines brèches ont été remplies et protégées par plantation.

Des brèches à haut risque de rupture se trouvent au sud du Port de l'Amitié. Elles sont formées par érosion de la plage causée par un courant côtier fort. La ligne côtière de Nouakchott a toujours été en forme d'arc simple. Le courant côtier le long de la côte mauritanienne progresse du nord vers le sud à vitesse constante, mais après construction de la jetée du port, il a dû changer son mouvement sous la mécanique des fluides. Il en résulte que la ligne côtière a pris une forme spéciale seulement autour du port, à savoir, la sédimentation du sable au nord de la jetée a formé une grande plage, et la plage a été érodée et retraitée pour former des brèches au sud de la jetée.

Par ailleurs, Nouakchott court encore un autre risque, celui des dunes de sable qui gagnent du terrain aux limites de la ville. Des essais pour créer des ceintures de végétation ont été faits dans les zones environnantes. La carte produite dans ce projet donne les détails des dunes de sable avec les courbes de niveau précises à 2 m d'intervalle et les ceintures vertes.

Les aspects ci-dessus de la zone d'étude sont résumés dans le schéma ci-dessous.

Relation entre la situation physique et les questions sociales à Nouakchott

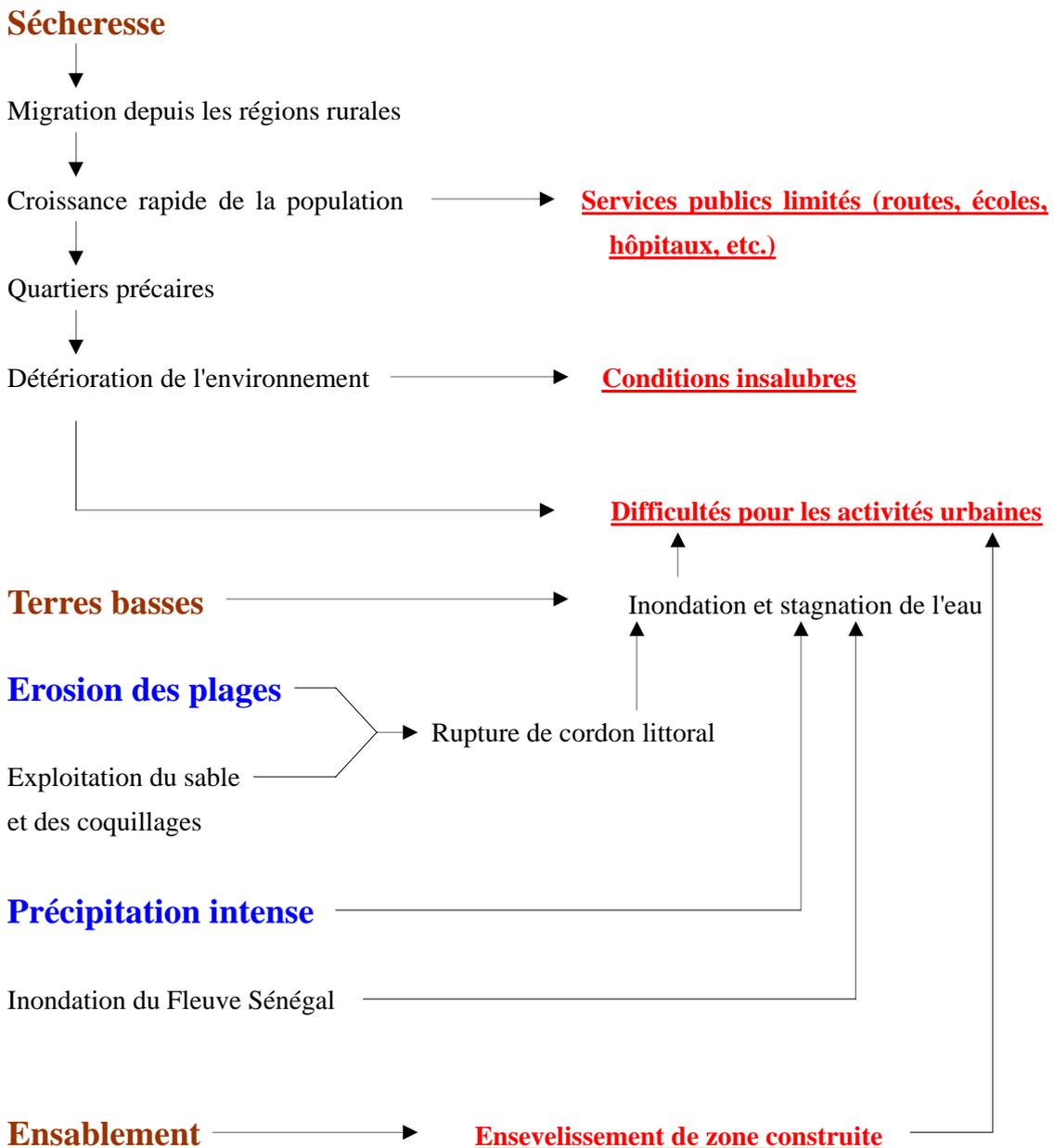




Figure 1.2 Qaurtiers de Nouakchott



Figure 1.3 Quartier précaire



Figure 1.4 Conduite d'eau



Figure 1.5 Born-fontaine



Figure 1.6 Potence

Orientation Ouest



2007



2010

Orientation Sud



2007



2010

Orientation Nord



2007



2010

Figure 1.7 Vues depuis l'Hôtel Al Khaima - Changement d'utilisation de terrain

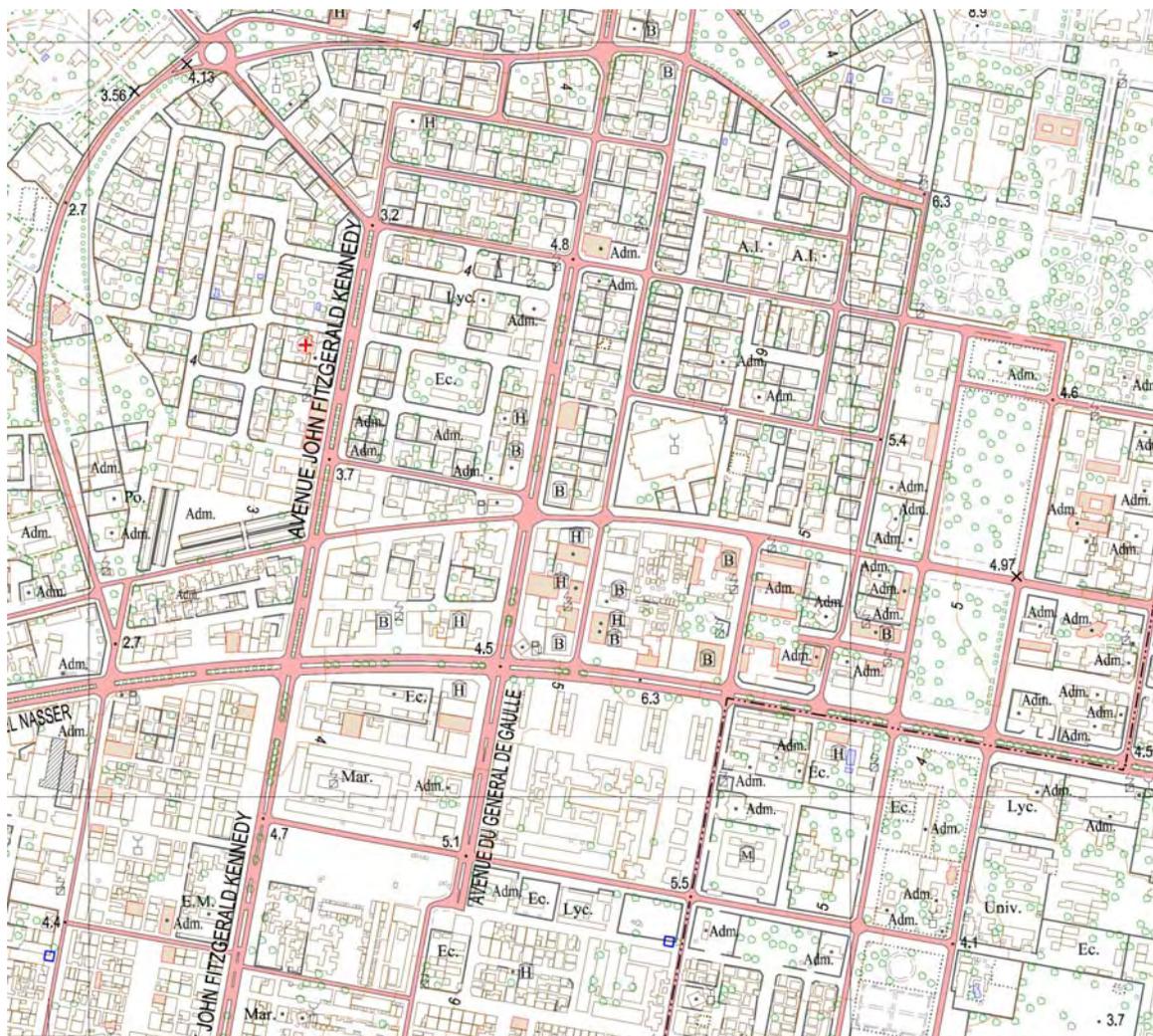


Figure 1.8 Carte topographique de centre de la ville



Figure 1.9 Quartier résidentiel en construction



Figure 1.10 Le centre de la ville



Figure 1.11 Coquille à surface de la terre



Figure 1.12 Gypse



Figure 1.13 Port de l'Amitié



Figure 1.14 Cordon littoral

Ouvrage de référence

Ministère de la Culture, de la Jeunesse et des Sports : Nouakchott, Capitale de la Mauritanie, 50 ans de défi. Editions SEPIA (2006)

Office National de la Statistique: Population des Communes, R.G.P.H 2000

Office National de la Statistique: Recensement général de la population et l'habitat 2000 (2003)

Office National de la Statistique: Projections démographiques 2001 – 2015 (2004)

Ministère de l'Équipement et des Transports : Schema Directeur d'Aménagement Urbain de Nouakchott, Horizons 2010 - 2020. Agence de Développement Urbain (Mai 2003)

Ministère de la Santé et des Affaires Sociales: Annuaire des Statistiques Sanitaires Année 2004 (2005)

Cellule de Coordination Programme de Développement Urbain: Etude de l'environnement aux abords de Nouakchott 1. Etude de l'environnement littoral, 2. Recherche de zones d'extraction de matériaux de construction. (Mai 2004)

Plan d'action national de gestion des risques de catastrophes (PANGRC) (Octobre 2007)

Plan d'action national pour la prévention et la gestion des risques de catastrophes en Mauritanie, Résumé executive

DCIG: Plan d'action annuel 2008

DCIG: Plan d'action annuel 2009

DCIG: Plan d'action annuel 2010

BSA ingénierie: Plan général de la ville de Nouakchott (1:30,000 et 1:14,000) (2004)

1.5. Déroulement du projet

Dans la première phase (d'avril 2007 à mars 2008), nous avons réalisé, tel que planifié, la prise de vue aérienne, l'étude des PCSs, l'identification sur le terrain, l'aérotriangulation et la restitution numérique ; les résultats ont été jugés satisfaisants. L'étude des PCSs et l'identification sur le terrain ont été réalisées sous forme de formation sur le tas. De plus, la formulation du concept des données SIG et du système modèle a été étudiée à l'aide des documents collectés et des études sur le terrain. Le Rapport intérimaire de ces travaux a été présenté à la DCIG en juillet 2008.

Dans la deuxième phase (d'avril 2008 à mars 2009), nous avons réalisé la compilation numérique, identification complémentaire sur le terrain, la compilation de carte supplémentaire, la symbolisation cartographique, la structuration des données et la création des modèles de SIG. L'identification complémentaire sur le terrain précitée a été réalisée sous forme de formation sur le tas. De plus, nous avons effectué un transfert technologique en aérotriangulation et en structuration de données aux membres du personnel technique. Le déroulement et les résultats de ces travaux cartographiques et du transfert technologique ont été présentés sous forme de Rapport d'avancement à la DCIG en février 2009.

Dans la troisième phase (d'avril 2009 à avril 2010), la cartographie topographique à l'échelle 1:10.000 et la formulation de sa base de données géographiques ont été exécutées pour compléter les produits finaux, et la formation technique sur les sujets restants ont été faites. A l'étape finale de cette phase, un séminaire a été organisé le 4 avril 2010 pour diffuser l'utilisation des résultats de l'étude aux utilisateurs intéressés par les produits. Le programme est joint en l'ANNEXE 9.

La Figure 1.15 indique tout le déroulement du projet. Le plan original des travaux a été partiellement modifié pour les seconde et troisième phases à cause d'une suspension des travaux suite au changement politique en Mauritanie.

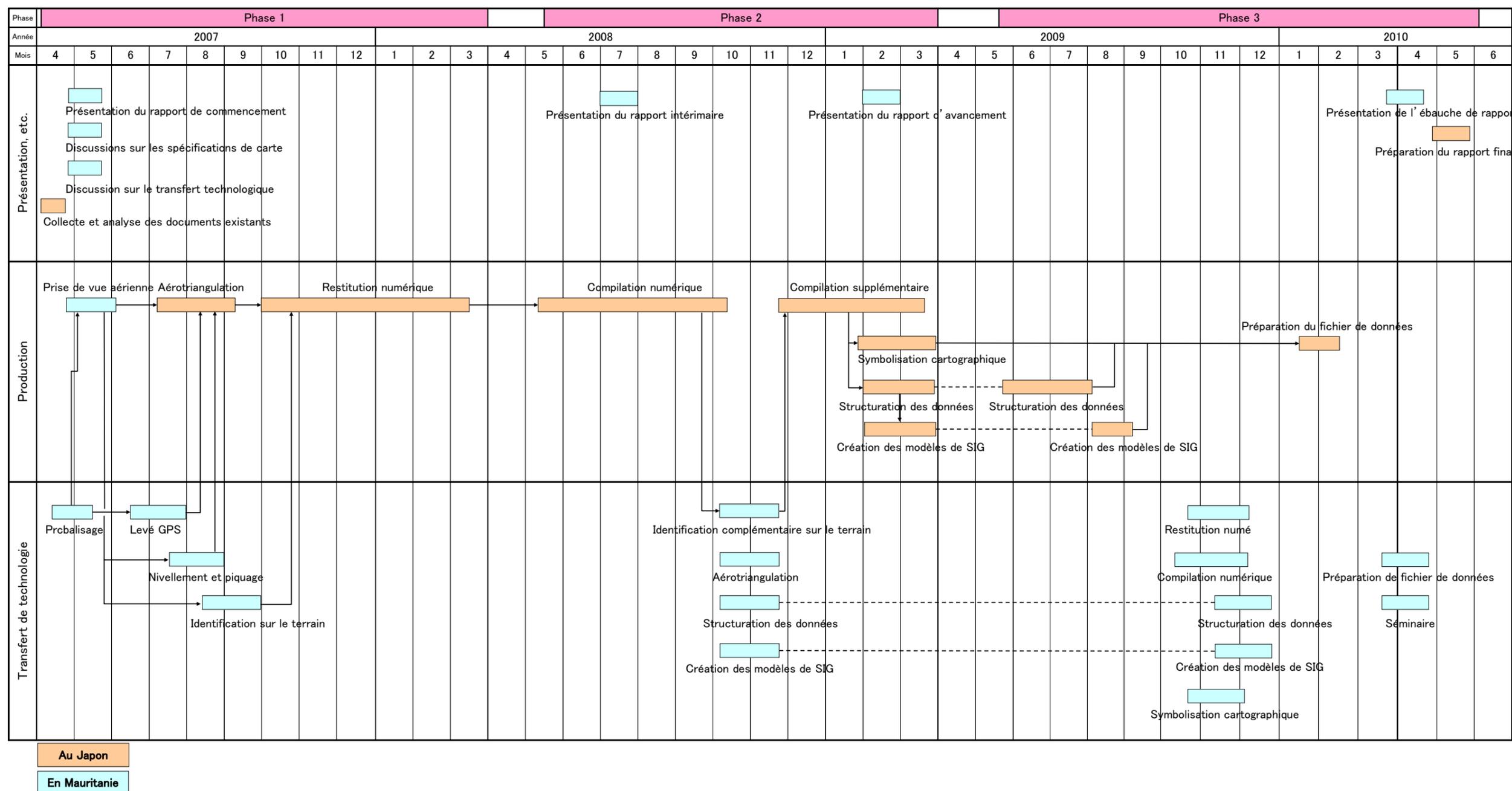


Figure 1.15 Chronogramme des travaux du projet

1.6. Organisme de contrepartie

La Direction de la Topographie et de la Cartographie (ci-après dénommée "DTC"), du Ministère de l'Équipement et des Transports, a été l'organisme de contrepartie de la Mission au début de la phase 1 de l'Étude. Peu après, la DTC a été déplacée au sein du Ministère de l'Équipement, de l'Urbanisme et de l'Habitat, dans le cadre d'une réorganisation du gouvernement. La DTC est devenue par la suite la Direction de la Cartographie et de l'Information Géographique (ci-après dénommée la "DCIG"), au sein du Ministère de la Décentralisation et de l'Aménagement du Territoire. Avec cette réorganisation, l'organisme de contrepartie de la Mission est devenue la DCIG, celle-ci prenant la relève des discussions et accords déjà établis entre la DTC et la Mission. Après le changement politique du mois d'août 2008, la DCIG a été transférée au Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire.

Dans ce rapport, l'agence de contrepartie de Mauritanie est appelée "DCIG" au lieu de "DTC".

1.7. Constitution du projet

Les travaux réalisés en Mauritanie ont été exécutés en collaboration entre la Mission et la partie mauritanienne.

Les travaux sur le terrain, à savoir, l'Étude des points de contrôle, l'Identification sur le terrain et l'identification complémentaire sur le terrain, ont été exécutés par les membres de l'équipe technique de la DCIG et d'autres organismes sous la direction des membres de la Mission en tant que Formation sur le tas (OJT) prévue dans le programme de transfert de technologie. Les résultats de ces travaux ont été totalement utilisés pour la cartographie au Japon.

Tous les membres de la Mission envoyée en Mauritanie sont listés dans l'ANNEXE 1. Les membres techniques de la Mauritanie sont listés dans l'ANNEXE 2.

1.8. Comité de coordination

Depuis la phase 1, la Mission a recommandé à la partie mauritanienne d'organiser un Comité de coordination pour coordonner les besoins des utilisateurs et promouvoir l'utilisation de la base de données géographiques. Le 24 mai 2007, la DTC a convoqué une réunion de la Commission permanente du Comité National de la Télédétection (CNT) pour l'organisation du comité de coordination. Puis, la partie mauritanienne a commencé les préparatifs pour son organisation, et a élaboré le projet de décret organisant la Commission Nationale de l'Information Géographique (CNIG). L'avant-projet est soumis maintenant à l'approbation du gouvernement.

Le résultat de cette étude sera soumis à cette commission après approbation de la CNIG.

La Mission a recommandé la mise sur pied de cette commission afin de présenter l'utilité de la base de données géographiques produite dans ce projet.

De plus, depuis le début du projet, la Mission a rencontré des organismes gouvernementaux et

non-gouvernementaux et collecté beaucoup d'informations concernant leurs besoins, afin de développer des bases de données fiables et des modèles de SIG.

Ils s'agit de :

- Office National de la Statistique (ONS)
- Direction de l'Habitat et de l'Urbanisme (DHU)
- Communauté Urbaine de Nouakchott (CUN)
- Agence du Développement Urbain (ADU)
- Cellule de Coordination du Programme de Développement Urbain (CC-PDU)
- Direction de la Protection Régionale et Littorale (DPRL)
- Direction Générale de la Protection Civile (DGPC)
- Direction des Travaux Publics (DTP)
- Direction des Infrastructures de Transport (DIT)
- Direction du Contrôle de l'Environnement (DCE)
- Direction de la Planification, de la Coordination et de l'Information Environnemental (DPCIE)
- Ministère de la Santé (MS)
- Direction de la Purification (DP)
- Société Nationale de l'Eau (SNDE)
- Direction des Finances et des Infrastructures Scolaires (DFIS)
- Société Mauritanienne de l'Electricité (SOMELEC)
- Société Mauritanienne des Télécommunications (MAURITEL)
- Office Mauritanien de Recherches Géologiques (OMRG)
- Banque Mondiale

De plus, la Mission a rendu visite à plusieurs organismes pour présenter des modèles de SIG en vue de la vulgarisation de l'utilisation de SIG, ce qui est présenté au CHAPITRE 4.

Les thèmes sélectionnés pour les modèles de SIG sont indiqués au CHAPITRE 4.

1.9. Transfert de technologie

Le transfert de technologie aux personnels techniques de la DCIG et à d'autres organismes concernés a été exécuté. Les sujets ont été le Prébalisage, le Levé GPS, le Nivellement, l'Identification sur le terrain, l'Identification complémentaire sur le terrain, l'Aérot triangulation, la Restitution numérique, la Compilation numérique, la Symbolisation de carte numérique, la Structuration des données. Ils sont résumés dans le Tableau 1.1.

Tableau 1.1 Transfert de technologie

Sujet	Période	Nombre de stagiaires
Prébalisage	Mai 2007	4
Levé GPS	Juin - Juillet 2007	4
Nivellement et piquage	Juillet - Août 2007	4
Identification sur le terrain	Août - Sept. 2007	4
Identification complémentaire sur le terrain	Oct. - Nov. 2008	11
Aérotriangulation	Oct. - Nov. 2008	2
Restitution numérique	Nov. - Dec. 2009	1
Compilation numérique	Nov. -Dec. 2009	2
Structuration des données	Oct. - Nov. 2008	2
	Nov. - Dec. 2009	5
Symbolisation cartographique	Nov. - Dec. 2009	2

Tous les stagiaires sont listés dans l'ANNEXE 2.

1.10. Produits finaux de l'Étude

Les produits finaux de l'Étude livrés au Gouvernement de Mauritanie sont listés dans le Tableau 1.2 ci-dessous.

Tableau 1.2 Produits finaux

	Rubriques	Quantité	Remarques
(1)	Rapport d'étude		
	1) Rapport de commencement	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	2) Rapport intérimaire	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	3) Rapport d'avancement	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	4) Ebauche du Rapport final		
	Rapport principal	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	Résumé	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	5) Rapport final		
	Rapport principal	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	Résumé	Anglais Français	10 exemplaires 10 exemplaires
	CD-ROM		1 jeu
(2)	Résultats d'Etude		
	1) Prise de vue aérienne (1:20.000 couleur)		2,000km ²
	Film négatif original	1 jeu	2 rouleaux
	Données numériques	1 jeu	478 photos
	Tirage contact	1 jeu	478 photos
	Index de vol	1 jeu	
	2) Résultats de l'étude des PCSs	1 jeu	2,000km ²
	3) Résultats de l'aérotriangulation	1 jeu	2,000km ² 463 modèles
	4) Fichier de données numériques	2 jeux	1,200km ² DXF, KML, PDF
	5) Modèles SIG, etc.	2 jeux	

CHAPITRE 2. DÉROULEMENT ET RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

La Mission a commencé la phase 1 du projet en avril 2007. Au début du projet, en mai 2007, la Mission a présenté le Rapport de commencement à la DTC. Les deux parties ont tenu des discussions sur ce rapport et se sont entendues sur les orientations de base de l'Étude, sur les normes d'étude, la méthodologie, le programme, etc. Les deux parties ont ensuite tenu plusieurs réunions pour discuter des spécifications pour l'acquisition des données topographiques, des symboles cartographiques, des renseignements marginaux et du programme de transfert de technologie, puis ont conclu une entente sur ces points.

Le déroulement et les résultats des travaux de cartographie sont présentés dans le présent CHAPITRE. Les travaux de cartographie et les quantités associées, sont indiqués dans le Tableau 2.1, le Tableau 2.2 et le Tableau 2.3 ci-dessous.



Figure 2.1 Présentation du Rapport de Commencement

Tableau 2.1 Travaux de cartographie et leurs volumes pour la Phase 1

Rubrique	Superficie	Description et quantités	Commentaires
Prise de vue aérienne	2.000 km ²	Échelle : 1/20.000 Photographie couleur 14 passages 478 vues	Méthode GPS cinématique aéroporté
Étude des PCSs	2.000 km ²	Prébalisage des points GPS (22 points) Observation GPS (23 points, 11 sessions et une ligne de base) Nivellement (6 cheminements, 200 km) Piquage (135 points nivelés)	Formation sur le tas en Mauritanie

Numérisations des photographies	2.000 km ²	Acquisition des données numériques des photos à l'aide de l'unité d'analyse de microfilms (scanner) 478 vues	Au Japon
Impression d'orthophotographie	1.200 km ²	Échelle : 1/10.000 47 feuilles	Au Japon
Identification sur le terrain	1.200 km ²	Photo-interprétation préliminaire Vérification sur place	Formation sur le tas en Mauritanie
Aérotriangulation	2.000 km ²	463 modèles	Au Japon
Restitution numérique	1.200 km ²	Échelle : 1/10.000 47 feuilles	Au Japon

Tableau 2.2 Travaux de cartographie et leurs volumes pour la Phase 2

Rubrique	Superficie	Description et quantités	Commentaires
Compilation numérique	1.200 km ²	Échelle : 1/10.000 47 feuilles	Au Japon
Symbolisation de carte provisoire	1.200 km ²	Échelle : 1/10.000 47 feuilles	Au Japon
Identification complémentaire sur le terrain	1.200 km ²	Identification sur le terrain	Formation sur le tas en Mauritanie
Compilation de carte supplémentaire	1.200 km ²	Échelle : 1/10.000 47 feuilles	Au Japon
Symbolisation cartographique	1.200 km ²	Échelle : 1/10.000 47 feuilles	Au Japon
Structuration des données	900 km ²	Structuration à partir des données de restitution compilées	Au Japon
Création de modèle de SIG	900 km ²	Modèle de SIG pour recherche et affichage d'adresses Modèle de SIG pour gestion de risques potentiels d'inondation Modèle de SIG pour gestion d'installations d'alimentation en eau Modèle de SIG pour gestion d'installations	Au Japon

Tableau 2.3 Travaux de cartographie et leurs volumes pour la Phase 3

Rubrique	Superficie	Description et quantités	Commentaires
Structuration des données	300 km ²	Structuration à partir des données de restitution compilées	Au Japon
Création de modèle de SIG	300 km ²	Système modèle SIG pour recherche et affichage d'adresses Modèle SIG pour gestion de risques potentiels d'inondation Modèle SIG pour gestion d'installations d'alimentation en eau Système modèle SIG pour gestion d'installations	Au Japon

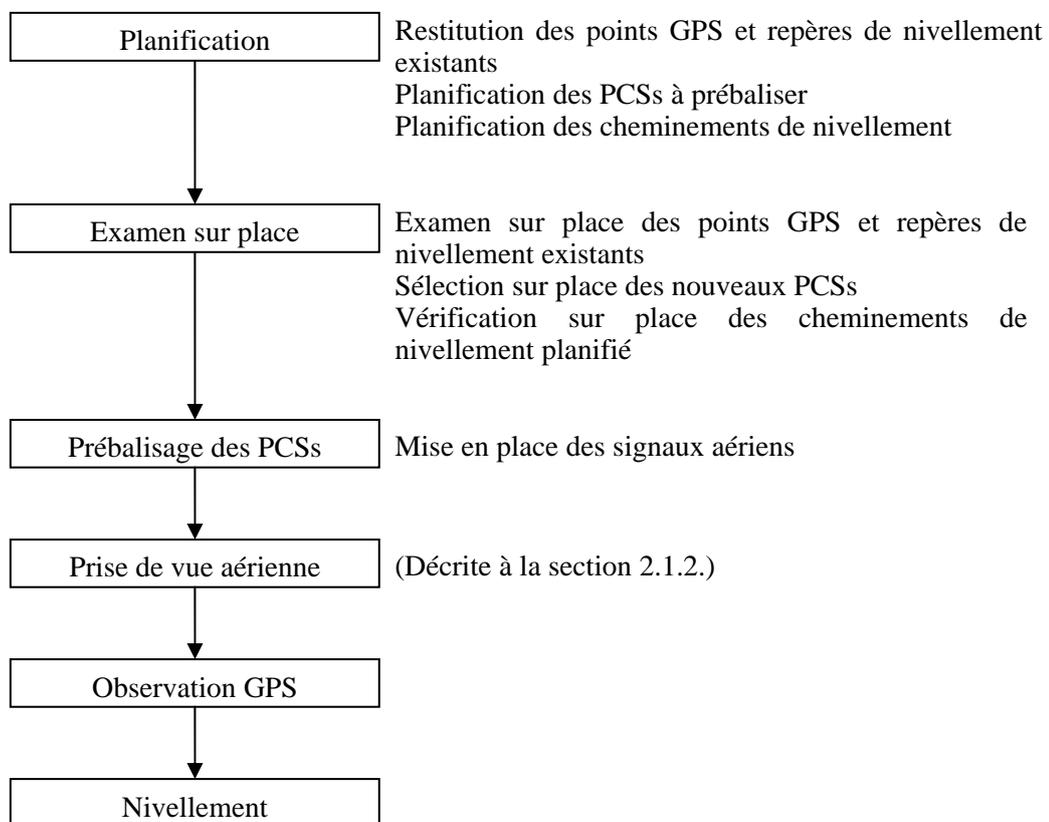
En plus de ces travaux de cartographie, un transfert de technologie a été réalisé. Les résultats sont présentés au CHAPITRE 3.

2.1. Travaux de la phase 1

Après l'accord mentionné ci-dessus avec la DTC concernant la réalisation du projet, nous avons procédé, tel que planifié, à la prise de vue aérienne, à l'étude des PCSs, à l'identification sur le terrain, à l'aérotriangulation et à la restitution numérique. La phase 1 s'est terminée en mars 2008.

2.1.1. Étude des points de contrôle au sol (en Mauritanie)

L'étude des points de contrôle au sol (PCSs) a été réalisée d'avril à août 2007, suivant le flux de travaux ci-dessous.



Pour que l'aérotriangulation soit exécutée efficacement, il faut identifier des PCSs de manière définitive sur les photographies. Comme nous avons prévu que le piquage des PCSs serait difficile pour la plus grande partie de la zone d'étude, car sa topographie est trop uniforme et manque d'éléments particuliers, la Mission a adopté le prébalisage des PCSs avec des signaux aériens avant d'exécuter la prise de vue aérienne.



Figure 2.2 L'équipe technique de la DCIG



Figure 2.3 Un point GPS existant (AZ 001)

Tout d'abord, les PCSs furent planifiés au bureau. Les cheminements de nivellement furent aussi planifiés.

Les points à prémarquer ont été prévus en tenant compte des éléments suivants.

- Adoption des points de contrôle et des repères de nivellement existants
- Sur les coins de la carte
- Bonne accessibilité
- Reconnaissance facile sur la prise de vue aérienne

Ensuite, les PCSs planifiés furent examinés sur place et déterminés avec exactitude pour leur établissement.

La vérification sur place de tous les points prévus et des cheminements de nivellement a été effectuée en tenant compte des éléments suivants:

- Accessibilité à chaque point
- Adaptation des terrains
- Espace ouvert sans obstacle pour la prise de vue aérienne.

23 points furent établis suite à l'examen sur place. Parmi eux figuraient 22 points à prébaliser. Le point GPS le plus au sud (AZ 003) ne fut pas inclus, car il se trouve à l'extérieur de la zone de photographie.

En fonction des points ci-dessus, les cheminements de nivellement furent aussi déterminés par examen sur place. Cinq repères de nivellement existants étaient disponibles pour référence. Parmi les PCSs, 13 furent planifiés pour le nivellement. Ils sont aussi indiqués à la Figure 2.4.

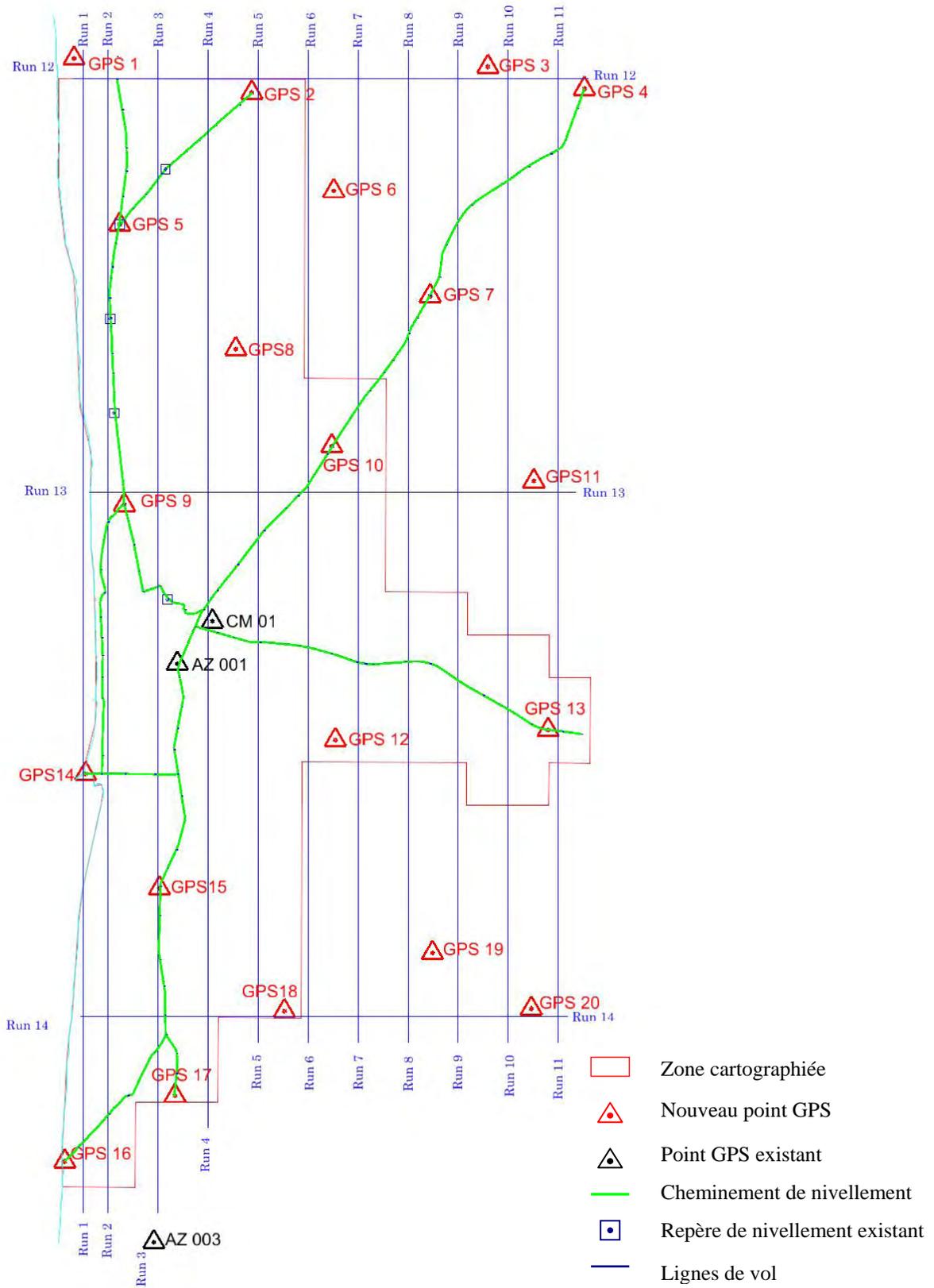


Figure 2.4 Points GPS et les cheminements de nivellement

a) Préalimentation des points de contrôle au sol (PCSs)

Des signaux aériens ont été placés aux 22 PCSs avant la prise de vue aérienne en avril 2007.

Chaque signal était composé des matériaux suivants :

- Composé d'un bloc et de trois lames.
- Une lame est formée de 5 sacs de sable peints en noir.
- La taille d'une lame est de 3 m x 0,7 m.
- Le bloc est fait de béton, et un clou est planté au centre sur le dessus.

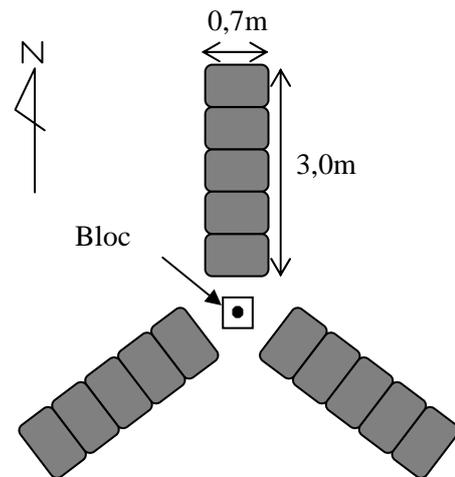


Figure 2.5 Mise en place de signal aérien

b) Observation GPS

L'observation GPS a été exécutée en juillet 2007, en 11 sessions, et une ligne de base fut établie avec les 20 nouveaux PCSs et les 3 points GPS existants. Les sessions sont indiquées à la Figure 2.6.

L'erreur de fermeture de boucle a été conçue de manière à ne pas dépasser plus ou moins 10 mm + 2 ppm x D (distance de la ligne de base) sur aucun des cheminements polygonaux fermés sur le réseau après le traitement de la ligne de base.

13 points au total ont été nivelés directement et les élévations des 10 points restants ont été déterminées sur la base du géoïde obtenu par nivellement GPS.

La méthode d'observation suivante a été appliquée au réseau géodésique.

- Méthode: Réception simultanée des données avec plus de trois points d'observation.
- Type de récepteur GPS: Bi-fréquence.
- Temps d'observation: 2 heures, en règle générale
- Nombre de satellites captés à la fois: Plus de 5
- Nombre de points de contrôle existants à connecter: Trois

Les préréglages réseau ont permis de constater des incohérences entre les trois points GPS existants (CM01, AZ001 et AZ003). La DCIG a spécifié l'utilisation de CM01 parmi les points de référence lors du réglage réseau, car ce point a servi de référence pour d'autres études et sera bien protégé dans le futur puisqu'il se trouve dans un aéroport international.

Le réglage réseau 3D fut exécuté automatiquement par Leica Geo Office avec les résultats du nivellement. Le résultat du réglage réseau 3D fut projeté sur UTM Zone 28.

Les coordonnées GPS obtenues par calcul sont listées dans l'ANNEXE 3.

Les résultats de boucle et d'erreur de rencontre sont indiqués dans l'ANNEXE 4.

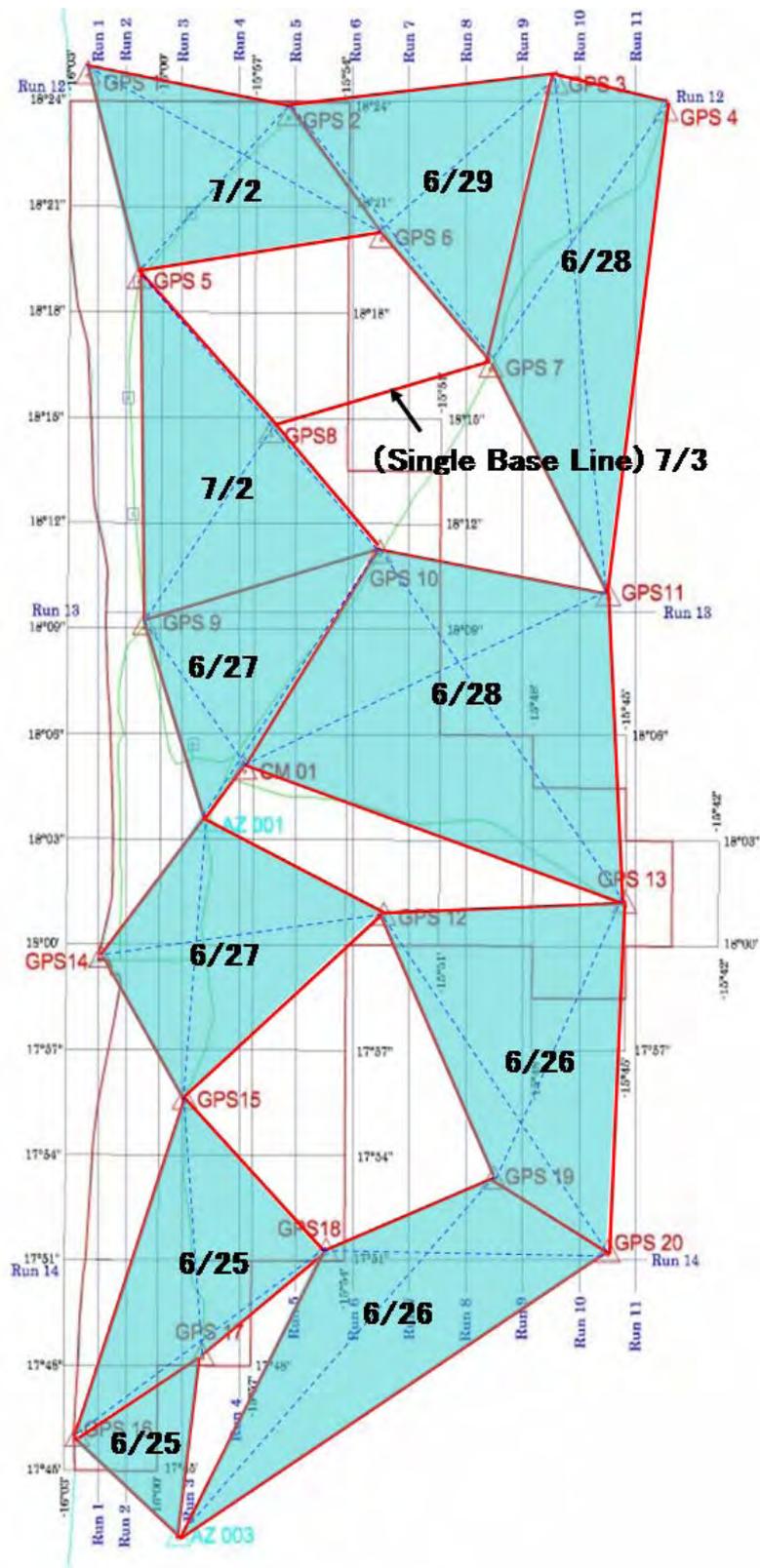


Figure 2.6 Réseau d'observation GPS

c) Préparation des descriptions des points

Les descriptions des points GPS ont été préparées après l'achèvement de l'observation. La description du point GPS n° K09 est indiquée dans la Figure 2.7 à titre d'exemple.

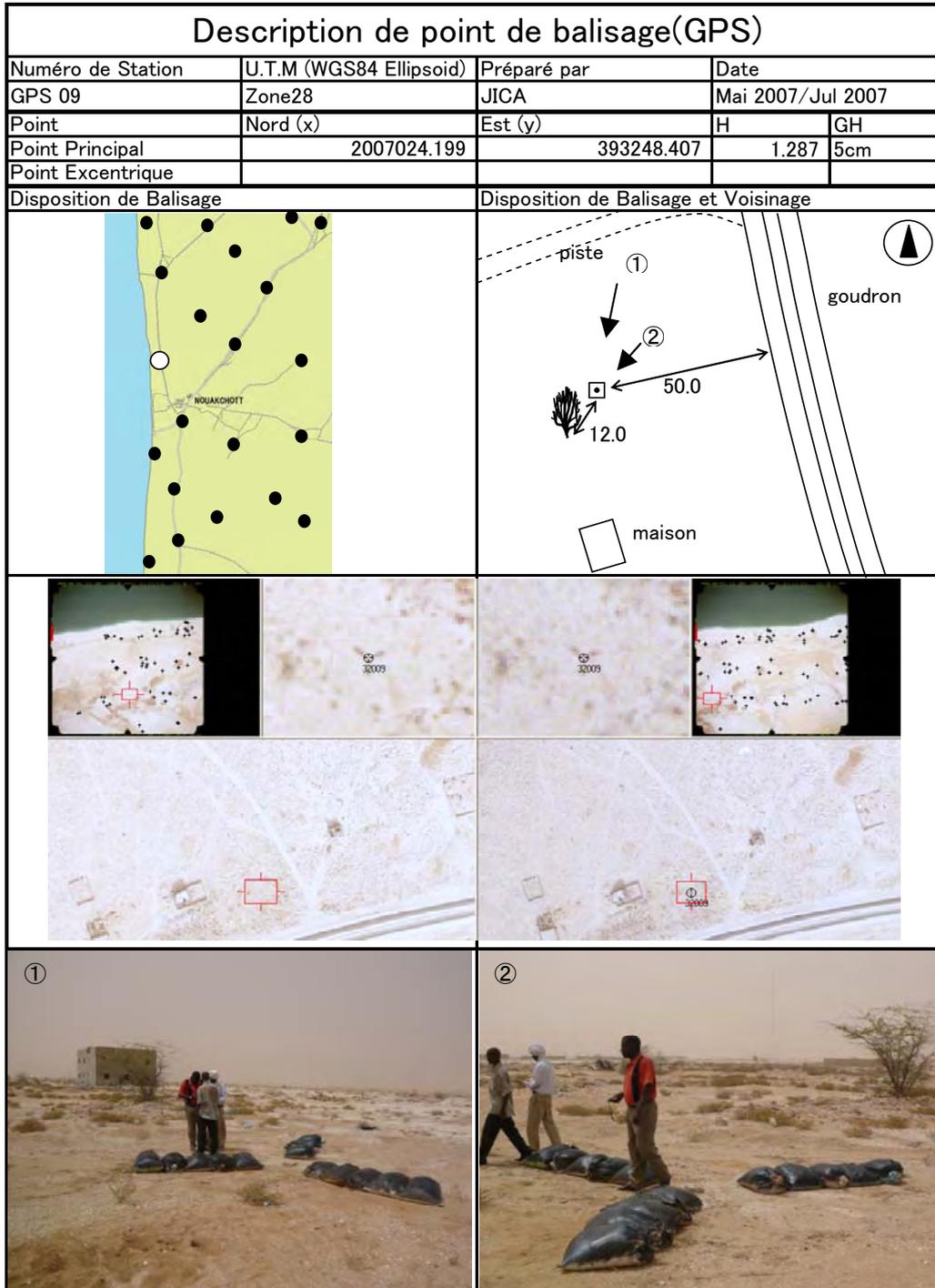


Figure 2.7 Description de point GPS



Figure 2.8 Observation GPS à un point (GPS20)

d) Nivellement

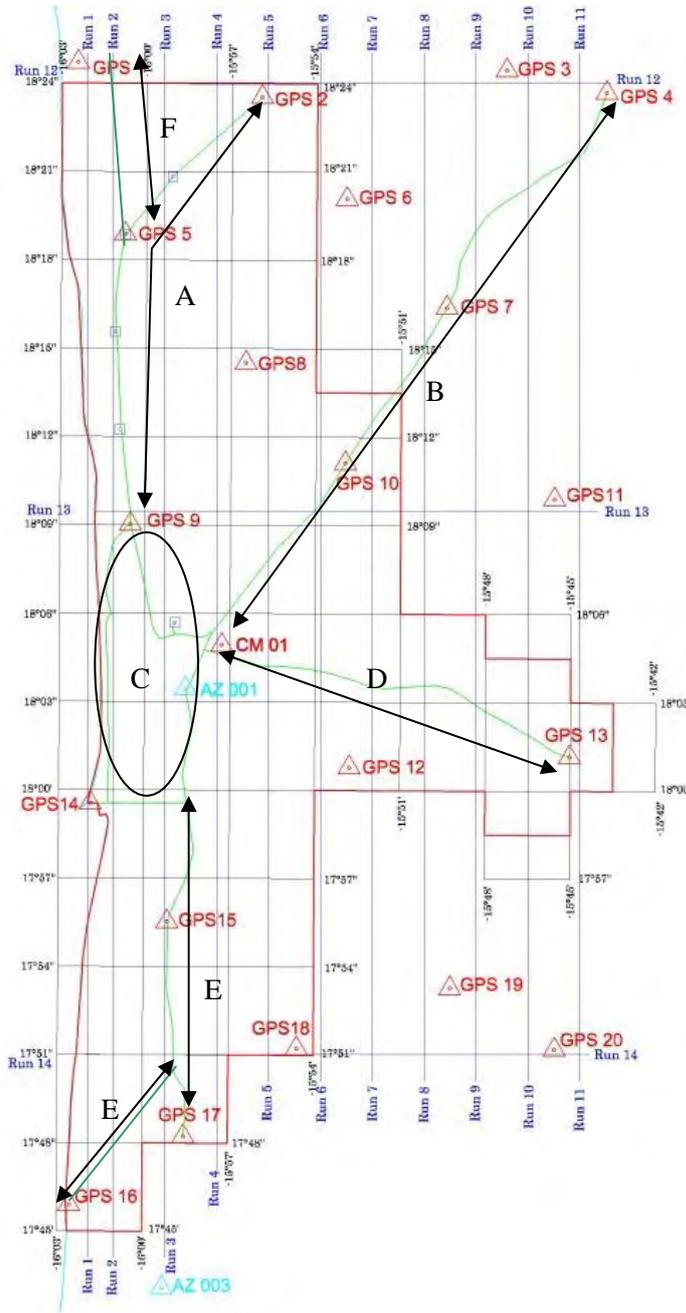
L'examen sur place a permis de trouver cinq repères de nivellement existants disponibles comme référence. Au total, six sections de nivellement furent établies le long de routes principales, dont trois routes nationales. Les repères de nivellement existants, et 13 des points GPS observés sont inclus. L'observation fut exécutée en août 2007, sur une distance totale de 200 km.

Une observation aller-retour (RTO) est généralement exécutée pour le nivellement. Dans ce projet, toutefois, la Mission ont adopté l'observation simultanée unidirectionnelle par les 2 parties, parce qu'il s'est avéré que les compétences et l'expérience de les stagiaires étaient insuffisantes pour le RTO ; le Mission a considéré que la méthode d'observation unidirectionnelle était la meilleure méthode pour l'instruction efficace de les stagiaires, vu le nombre limité des membres de la Mission et la période prévue.

La méthode d'observation suivante a été appliquée au nivellement.

- Type d'équipement de Nivellement automatique (Leica SPRINTER100) nivellement :
- Nombre d'appareils de 2 appareils de nivellement automatique, 2 mires de nivellement
- Mires : Aluminium, sectionnel, 3 m
- Méthode d'observation : Observation simultanée par 2 groupes
- Piquage : Tous les 1 km

Les résultats furent vérifiés et jugés d'une précision satisfaisante.



Section de nivellement	Définition
LS_A	LS-C -GPS2
LS_B	LS-C -GPS4
LS_C	Le cercle basé sur l'ambassade de France
LS_D	LS-C -GPS13
LS_E	LS-C -GPS17
	GPS17-GPS16
LS_F	GPS5 près de GPS1

Figure 2.9 Sections de nivellement



Figure 2.10 Formation en nivellement

e) Piquage

Les points nivelés sélectionnés à intervalles d'environ 1 kilomètre furent piqués sur les photographies, afin d'obtenir les points de contrôle vertical pour l'aérotriangulation. Au total, 135 points furent piqués. Les points piqués sont indiqués sur la Figure 2.11. Les coordonnées des points piqués sont indiquées dans l'ANNEXE 5.

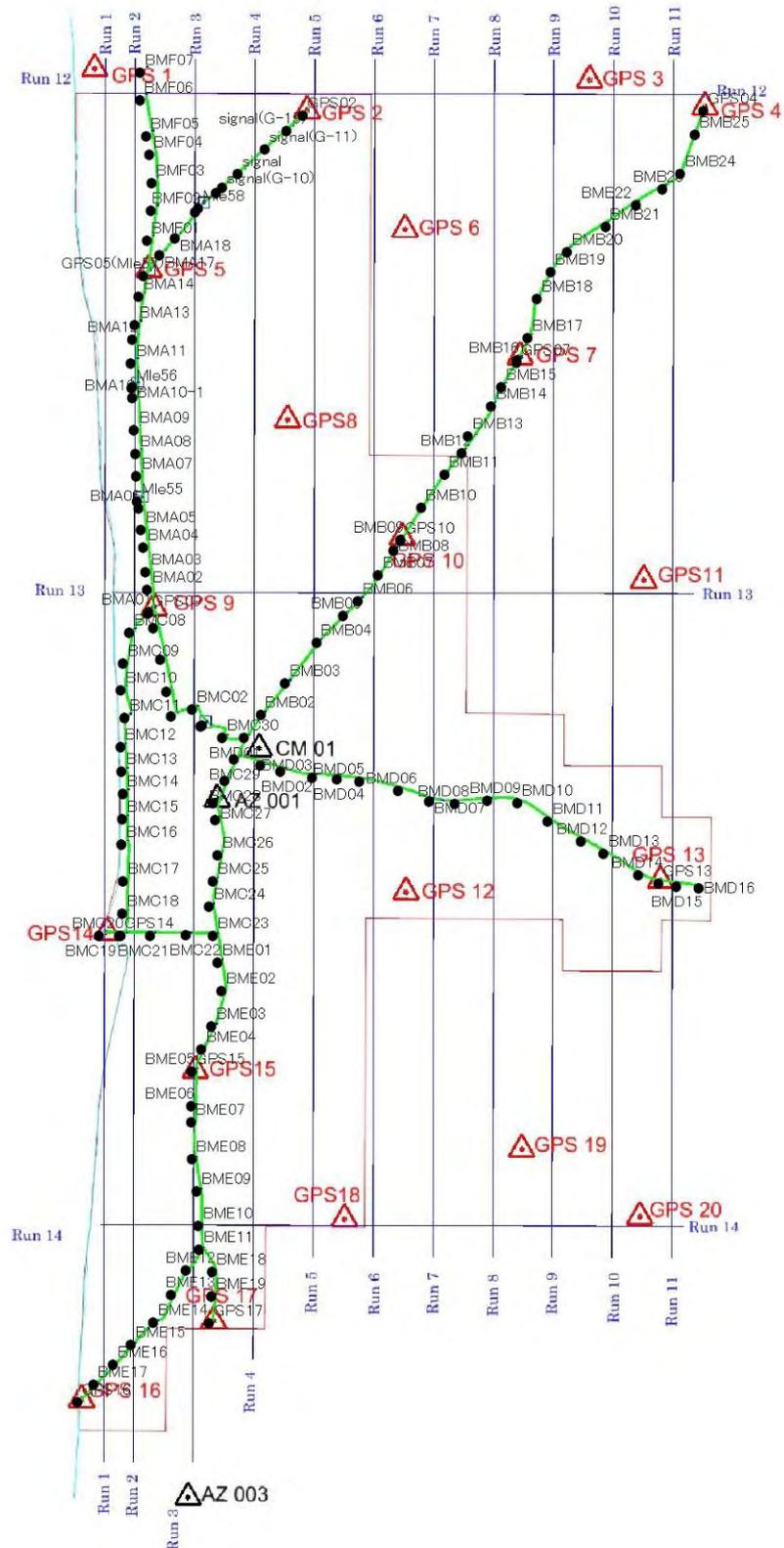


Figure 2.11 Points piqués

2.1.2. Couverture photographique aérienne (en Mauritanie et au Japon)

La prise de vue aérienne a été exécutée d'avril à juin 2007 par un sous-traitant, sous la supervision de la Mission. La zone d'étude (2.000 km²) fut entièrement photographiée, en couleur, à l'échelle de 1/20.000. Au total, 478 vues furent obtenues.



Figure 2.12 Avion utilisé pour la prise de vue aérienne

La prise de vue aérienne fut exécutée par la méthode GPS cinématique aéroportée, avec laquelle le nombre de PCSs à observer était considérablement réduit.

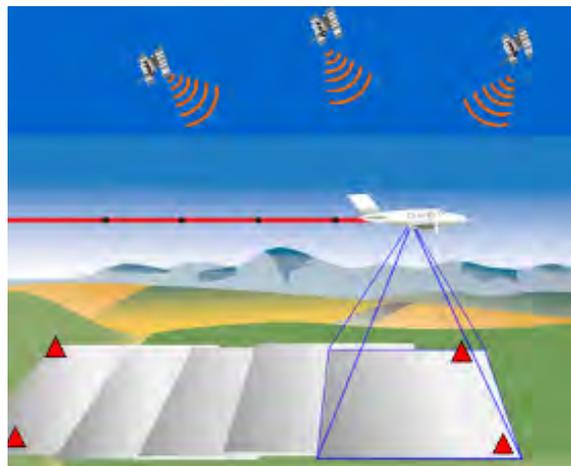


Figure 2.13 Diagramme de la prise de vue aérienne par la méthode GPS cinématique aéroportée

Après la prise de photos, la Mission a vérifié toutes les photos au moyen du tirage contact pour l'inspection. Ces photographies furent jugées conformes aux spécifications.

a) Permis

La DTC a envoyé des lettres au Ministère de l'Intérieur et au Ministère de la Défense le 18 avril 2007 pour demander les permis nécessaires pour exécuter la prise de vue aérienne. Un permis a été reçu le 16 mai 2007.

b) Planification et exécution

- **Préparation** : L'ébauche du plan de vol établie à l'avance a été soumise à un contrôle final et les ajustements nécessaires ont été apportés avant l'entrée des données dans le système de navigation.
- **Plan de vol** : Toutes les lignes de vol ont été fixées à l'aide de Tracker, logiciel de planification de vols.
- **Prise de vue** : Tous les vols de prise de vue aérienne sont partis de l'Aéroport international de Nouakchott. Le premier vol a eu lieu le 29 mai 2007 et les photographies de toute la zone d'étude ont été achevées le 30 mai 2007.
- **Conditions de photographie** : La prise de vue aérienne a été effectuée seulement quand l'angle du soleil au-dessus de l'horizon était de 30 degrés ou plus.

c) Spécifications

La photographie a été faite selon les spécifications suivantes.

- **Spécifications utilisées pour la prise de vue aérienne**

Echelle de la photographie	1:20.000
Spécifications de la caméra :	Leica RC-30 ou équivalent (f= 152 mm, 23 cm ×23 cm)
Altitude de vol à l'élévation prévue:	moins de 3.000 m ± 5% au-dessus du sol
Chevauchement	Chevauchement longitudinal 60 ± 5%
	Chevauchement latéral 30 ± 10%
Couverture nuageuse tolérable:	Moins de 3% de 5 images successives (sauf les parties nécessaires à l'orientation de la restitution)
Conditions	Les coordonnées des points principaux ont été mesurées par GPS cinématique aéroporté.
Film	Couleur

- **Equipement, matériels et système de navigation utilisés**

Avion	Type de caméra	Date de calibrage	Système de navigation
Rockwell Turbo Commander 690B	LEICA RC30	19.09.2005	CCNS4r

- **Type de film utilisé:** Film couleur KODAK LX 2405 utilisé pour tout le projet.
- **GPS cinématique aéroporté :** L'observation GPS aéroporté a été effectuée sous les conditions suivantes.

Station	Modèle	Mémoire	Intervalle d'enregistrement	Angle de coupe
Station de base	Leica	10 mb	1 seconde	Moins de 10 degrés
Avion N700RG	Ashtech Z-Surveyor	16 mb	1 seconde	0 degré

La station de base était située sur le toit de l'hôtel Al Khaima aux environs de l'Aéroport international. Toutes les données ont été téléchargées tous les jours après les vols de prise de vue aérienne. Le logiciel Leica SKI-Pro V3.0 a été utilisé pour calculer les coordonnées du centre des photos selon la méthode de traitement en arrière et en avant. Les données traitées et les coordonnées finales de chaque centre de photo ont été sauvegardées sur CD-ROM.



Figure 2.14 La station de base

d) Inspection des photographies

Après la prise de vue aérienne, la Mission a effectué le contrôle de qualité des photographies avec le tirage contact pour l'inspection. Toutes les photographies ont été inspectées pour juger si elles satisfaisaient ou non les spécifications. L'inspection a montré que toutes satisfaisaient les spécifications ci-dessus. Une carte-index de vol a été établie en format AutoCAD et sauvegardée sur CD-ROM pour un total de 14 bandes de 487 vues.

La carte-index de vol est présentée à la Figure 2.15.

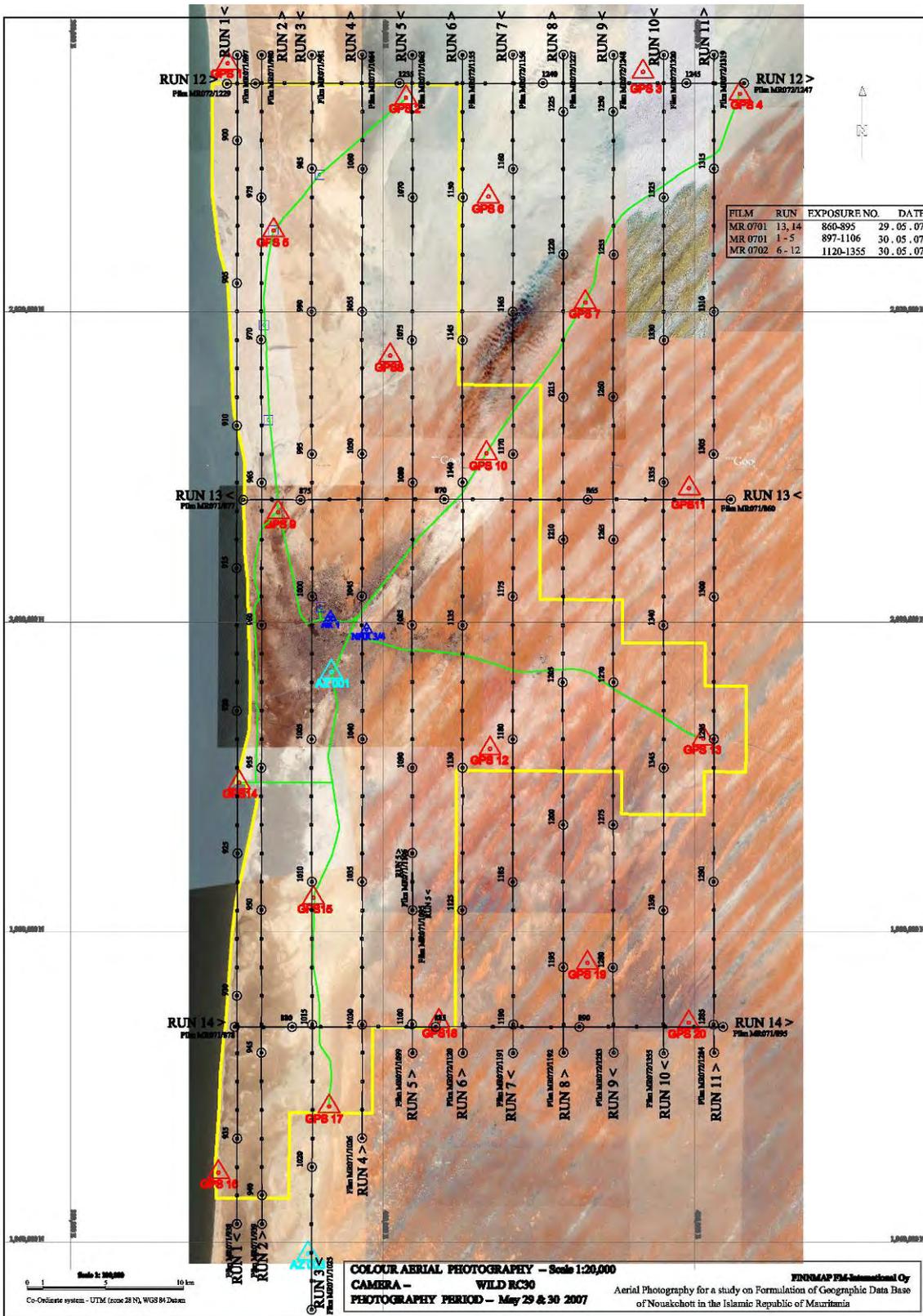


Figure 2.15 Carte-index du vol

e) Scanning des photos

Pour obtenir les données numériques des photographies, toutes les vues de la pellicule furent numérisées au Japon en juin 2007 au moyen du scanner présenté à la Figure 2.17. La numérisation fut effectuée dans les conditions suivantes.

Mode : Couleur

Résolution: 12,5 micromètres

Format de fichier : Tiff (sans carrelage et sans compression)

La direction de scanning a été prévue de sorte que la rotation du film par rapport au sol ne soit pas inversée sur les bandes alternées, parce que l'avion volait dans la direction opposée sur les bandes alternées.

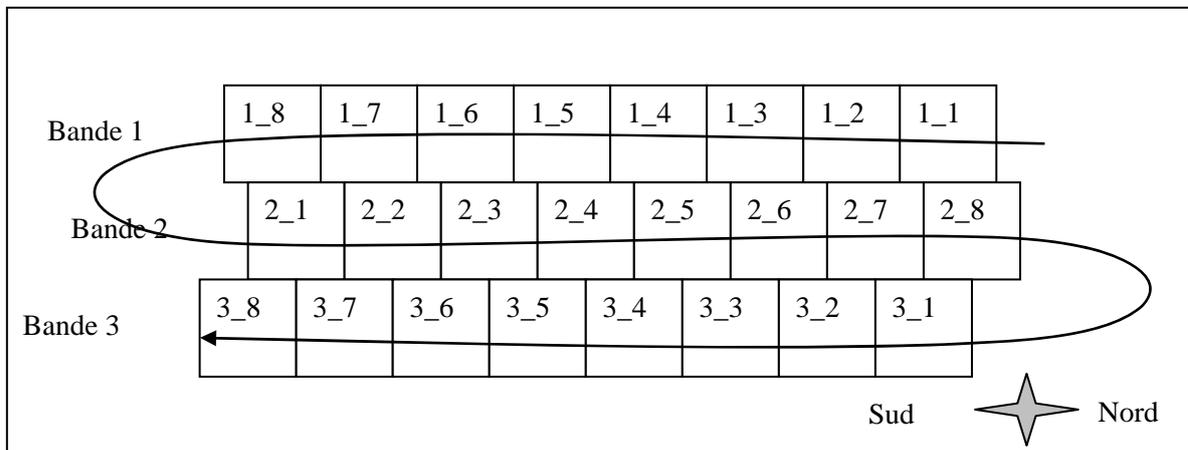


Figure 2.16 Rotation requise pour la direction de vol inverse

La luminosité et le contraste de chaque vue des photographies aériennes numérisées ont été vérifiés. Le résultat fut jugé satisfaisant. Un exemple d'image est présenté à la Figure 2.18.



Figure 2.17 Scanning d'une bobine de film au moyen de "Vexcel Ultrascan 5000"



Figure 2.18 Image scannée

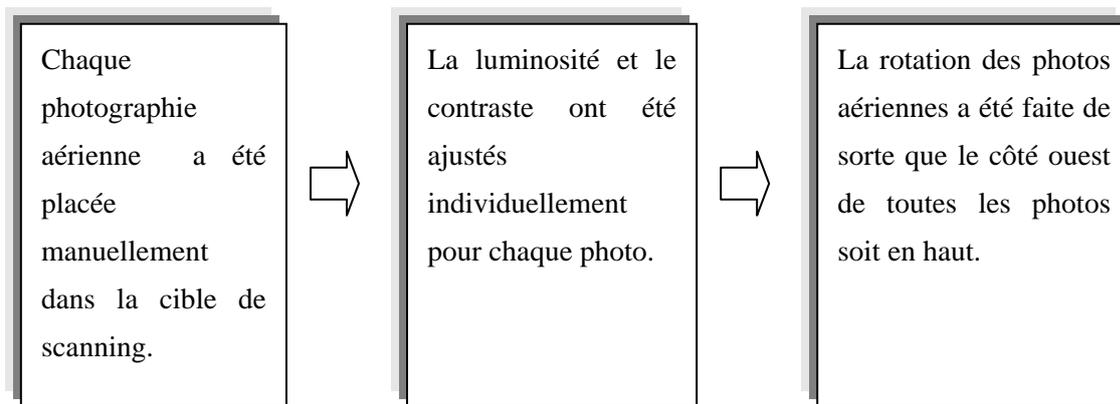


Figure 2.19 Processus de scanning des photographies aériennes

2.1.3. Identification sur le terrain (en Mauritanie)

L'objectif de l'identification sur le terrain de la Phase 1 a été d'obtenir des informations pour la restitution numérique décrite plus loin, conformément aux spécifications d'acquisition des données topographiques sur lesquelles se sont entendues la DTC et la Mission. Ces travaux ont compris la photo-interprétation préliminaire, le contrôle sur le terrain des caractéristiques géographiques et les annotations sur les cartes en utilisant les images photo.

De plus, pour l'élaboration des données SIG de base, une étude sur le terrain fut réalisée concernant les installations d'alimentation en eau.

a) Constitution des parties de l'étude

Les groupes d'études suivantes ont été organisés.

- 4 groupes pour l'étude des caractéristiques géographiques et les annotations.
- 2 groupes pour l'étude des installations d'alimentation en eau.
- Chaque groupe étant composé de 2 homologues.

b) Photo-interprétation préliminaire

Pour une identification efficace sur le terrain, les articles apparaissant sur les cartes topographiques existantes ont été organisés en comparaison avec les autres données existantes, et marqués sur les photos à utiliser dans les travaux de bureau à l'avance, conformément à la liste des symboles pour les remarques de terrain.

La photo-interprétation préliminaire a été effectuée en insistant sur ce qui suit :

- Bâtiments ajoutés ou démolis
- Routes nouvellement construites ou démolies

- Systèmes d'alimentation incluant les eaux, les points d'eau, l'électricité, et ainsi de suite
- Etablissements publics tels que mosquées et écoles

Les travaux suivants ont été exécutés comme photo-interprétation préliminaire.

Une formation à la vision stéréoscopique a été réalisée initialement parce que les homologues n'avaient pas d'expérience de la photogrammétrie. La photo-interprétation préliminaire a été faite selon les connaissances locales des homologues, les cartes touristiques et autres matériels existants. Le résultat de l'étude a été marqué sur des photos agrandies deux fois. Les principaux sujets de la photo-interprétation préliminaire ont été des bâtiments tels qu'écoles, mosquées, hôpitaux, bureaux administratifs, marchés et autres, et leurs terrains.

c) Indentification sur le terrain

Avec les photos agrandies 2 fois et le GPS de navigation, les articles à placer sur les cartes topographiques ont été identifiés sur place. Les informations confirmées ont été organisées et mises à jour sur les photos pour l'identification sur le terrain conformément aux symboles d'identification sur le terrain, de manière à servir de données de base pour la restitution numérique. Des données CAD ont aussi été créées avec les informations.

D'autre part, les groupes pour le SIG ont effectué une audition publique sur les installations d'alimentation en eau et leur emplacement avec les photos et le GPS de navigation. Toutes les données collectées ont été organisées et saisies pour la création de CAD et de données de feuilles de calcul.



Figure 2.20 Saisie des données de CAD et des données de feuilles de calcul



Figure 2.21 Identification sur le terrain pour les installations d'alimentation en eau

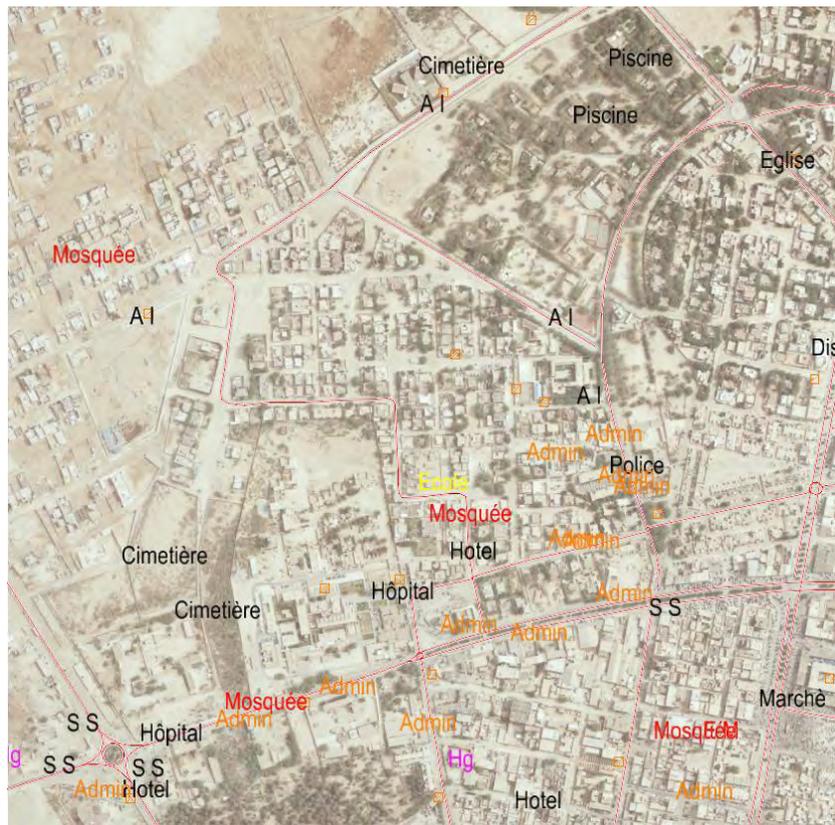


Figure 2.22 Résultat de l'identification sur le terrain

2.1.4. Aérottriangulation (au Japon)

L'aérottriangulation a été réalisée sur toute la zone d'étude de 2.000 km² en septembre 2007 au Japon.

Les spécifications de l'aérottriangulation sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Données géodésiques	WGS84
Projection sur la carte	UTM, Zone 28
Nombre de modèles	463
Logiciel	Match AT

La procédure de l'aérottriangulation est comme indiquée ci-dessous.

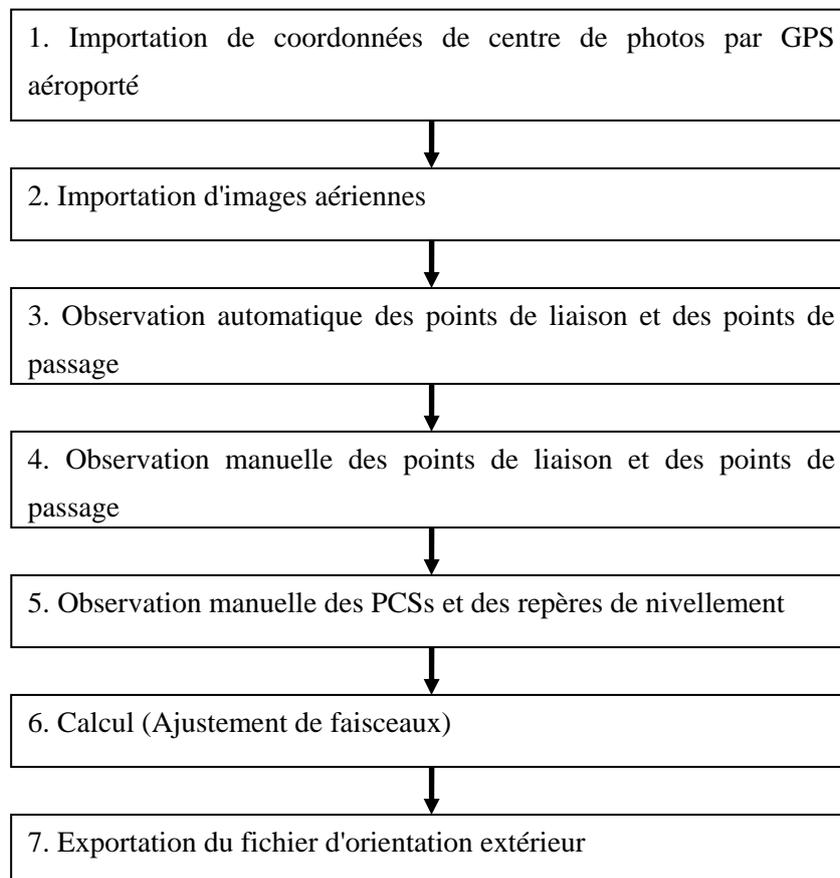


Figure 2.23 Procédure de l'aérottriangulation

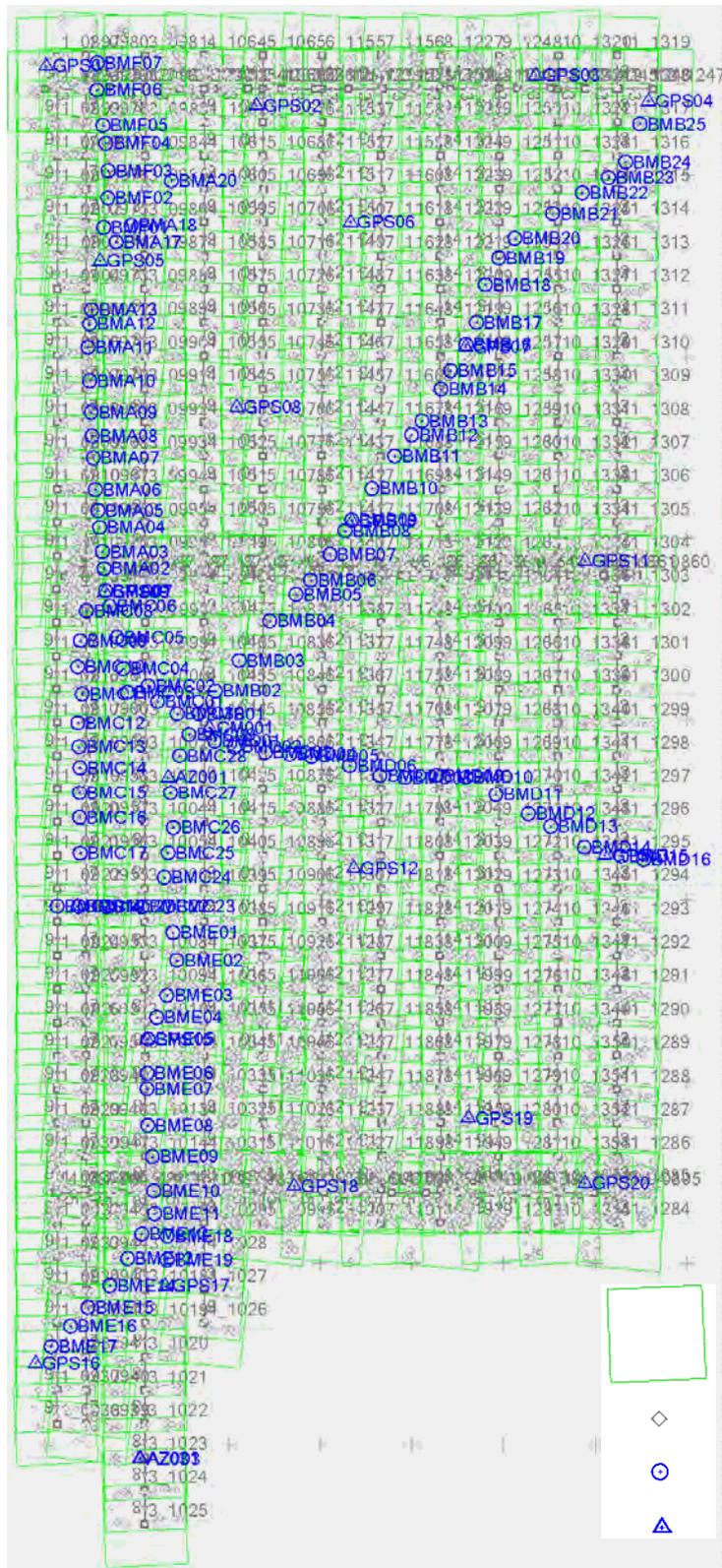


Figure 2.24 Allocation de chaque point en aérotriangulation

La déviation standard et le maximum résiduel des points de contrôle utilisés, en directions horizontale et verticale, sont indiqués dans le Tableau 2.4.

Tableau 2.4 Résultats du calcul d'ajustement de résiduel

Déviation standard	X Y	0,374 (m)
	Z	0,265 (m)
Maximum	X Y	0,826 (m)
	Z	0,691 (m)

La déviation standard et le maximum résiduel des points de contrôle en aérotriangulation basée sur la méthode des faisceaux a satisfait la valeur de limitation de 0,02% (0,6 m) de hauteur de vol pour la prise de vue aérienne, comme indiqué dans le Tableau 2.5 du Manuel de production de cartes de base à l'étranger stipulé par la JICA.

Tableau 2.5 Normes de précision des erreurs résiduelles

Déviation standard	XY:	moins de 0,6 m ("altitude au-dessus du niveau du sol" x 0,02%)
	Z:	moins de 0,6 m ("altitude au-dessus du niveau du sol" x 0,02%)
Maximum	XY:	moins de 1,2 m ("altitude au-dessus du niveau du sol" x 0,04%)
	Z:	moins de 1,2 m ("altitude au-dessus du niveau du sol" x 0,04%)

2.1.5. Restitution numérique (au Japon)

Le travail de restitution numérique a été complété pour la zone cartographiée d'environ 1.200 km² dans la phase 1. Cette zone est divisée en 47 feuilles de cartes.

Conformément aux spécifications convenues entre la DTC et la Mission pour l'acquisition des données topographiques, nous avons effectué la restitution numérique des détails planimétriques tels que les routes, les bâtiments, la végétation et autres objets au sol, en nous reportant aux résultats de l'Identification sur le terrain avec les modèles tridimensionnels de la prise de vue aérienne.

a) Procédé de restitution

Les étapes de la restitution numérique sont indiquées à la Figure 2.25. Les données requises pour la restitution furent importées dans le système de photogrammétrie numérique "SUMMIT EVOLUTION" et le "Logiciel CAD".

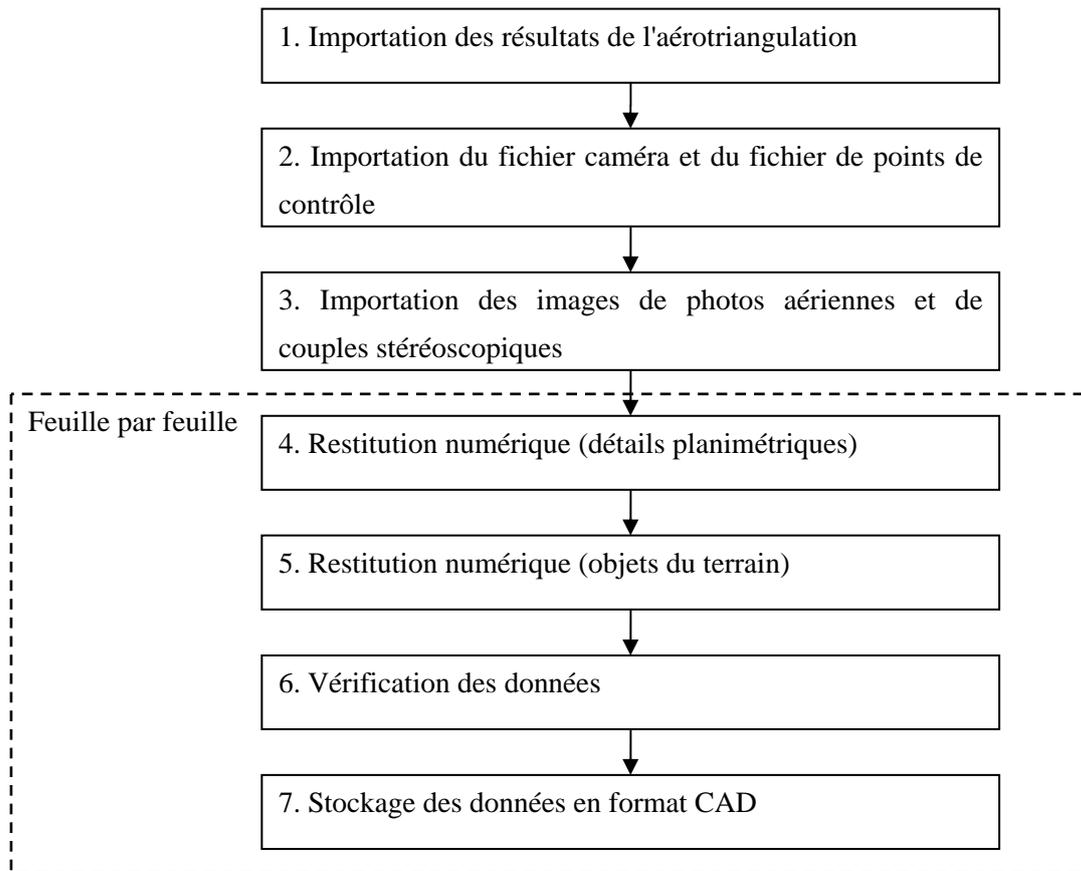


Figure 2.25 Flux des travaux de l'aérotriangulation



Figure 2.26 Configuration des données au moyen de "SUMMIT EVOLUTION"

b) Importation des résultats de l'aérotriangulation

Importation de fichier d'orientation extérieure.

ID	Omega	Phi	Kappa	X	Y	Z
100897	-0.0079073405	-0.0037590382	1.5983386279	390658.2248500000	2036592.0984000000	3061.9792000000↓
100898	-0.0261816708	-0.0033718612	1.5983975376	390657.0664900000	2034750.2475099999	3044.1417200000↓
100899	0.0207249934	0.0027126414	1.5973944853	390657.9560900000	2032927.0337600000	3058.6824300000↓
100900	-0.0260512302	0.0000387525	1.5989143973	390663.1844600000	2031078.9588400000	3066.2082700000↓
100901	-0.0327946103	0.0023775722	1.5963575706	390665.2375700000	2029230.9090100001	3054.4933100000↓
100902	0.0051861451	-0.0008248128	1.5943338776	390671.1793500000	2027388.0710100001	3062.7267000000↓
100903	0.0153287087	-0.0224913912	1.5900741886	390679.9006400000	2025566.0933300001	3073.3189600000↓
100904	-0.0427995944	0.0119694961	1.5904487996	390658.4581300000	2023720.9622000000	3064.9600600000↓
100905	0.0494640862	0.0093524167	1.5743291300	390655.8324200000	2021872.6853700001	3037.4235400000↓
100906	0.0237253322	-0.0018122329	1.5939491805	390654.5689900000	2020049.4569200000	3105.3582800000↓
100907	-0.0191857789	0.0016053166	1.5922351437	390654.9059200000	2018188.9109100001	3082.0531400000↓
100908	-0.0016940927	0.0007807865	1.5926299886	390650.2581300000	2016363.8893500001	3088.5751500000↓
100909	0.0011018208	0.0010472840	1.5932482672	390647.5203200000	2014514.6263900001	3089.5693100000↓
100910	-0.0165793181	0.0022059896	1.5942438279	390646.6203800000	2012676.9370299999	3080.7552100000↓
100911	0.0136975059	0.0116877741	1.6016870721	390641.4310600000	2010849.5886200001	3099.0972500000↓
100912	-0.0309929882	-0.0082140994	1.5833082363	390650.0490800000	2008993.4432000001	3089.8443200000↓
100913	0.0364820900	0.0078594012	1.5931738747	390637.6653700000	2007147.1342199999	3082.4067600000↓
100914	-0.0016700504	0.0025719994	1.5951030264	390636.3058300000	2005320.8159800000	3097.0524500000↓
100915	-0.0011245799	-0.0005785692	1.5953587221	390632.6274000000	2003475.9057000000	3088.4620400000↓
100916	0.0121177754	0.0192804257	1.6036663426	390628.8386900000	2001654.3180100000	3091.7689700000↓
100917	-0.0114275095	-0.0036880513	1.5941881490	390646.9925700000	1999804.9440400000	3108.8870400000↓
100918	0.0055414377	0.0200082436	1.6087005017	390639.4119600000	1997945.6986100001	3087.0634400000↓
100919	0.0335242822	-0.0052357808	1.6007775703	390657.8785900000	1996124.3332700001	3122.4785500000↓
100920	-0.0125254109	0.0054615136	1.5953005163	390657.0621600000	1994281.2242099999	3091.9711900000↓
100921	0.0045342781	0.0047684182	1.5952997575	390657.2124100000	1992430.4251800000	3072.6627400000↓
100922	0.0495001821	0.0023685134	1.5976183149	390661.7346300000	1990606.5224299999	3110.0968900000↓
100923	-0.0386742880	-0.0025964560	1.5990355818	390669.1504400000	1988760.9020799999	3090.3483300000↓
100924	0.0300733203	0.0076339923	1.5943694379	390671.5255800000	1986912.2876500001	3083.2564600000↓
100925	-0.0276712672	-0.0036336046	1.6007241210	390676.4589300000	1985079.4394000000	3107.3986800000↓

Figure 2.27 Une partie des données d'orientation extérieure (de chaque image aérienne)

c) Importation du fichier caméra et du fichier de points de contrôle

Le fichier caméra et le fichier de points de contrôle furent importés dans le système photogrammétrique numérique. Le fichier caméra contient des informations de la caméra, par exemple longueur focale, etc. comme indiqué sur la Figure 2.28 à titre d'exemple. Le fichier de points de contrôle contient les coordonnées X, Y, Z des points de contrôle à utiliser comme indiqué sur la Figure 2.29 à titre d'exemple.

```
OWNER: RC30_13215
TYPE: RC30
SN: 15/4 UAG-S-13215
LENS_SN:
DATE: 9/19/2005
FOCAL_LENGTH: 152.845000
FILM_HEIGHT: 0.000000
FILM_WIDTH: 0.000000
PRINCIPAL_POINT: 0.006000      0.000000
NOTES:
DATA_STRIP_LOCATION: 0
```

Figure 2.28 Contenu du fichier caméra

AZ001	HV	396707.6740000000	1996781.8189999999	1.8860000000
AZ003	HV	395202.6960000000	1959252.8740000001	5.3360000000
AZ031	HV	395148.0570000000	1959258.9439999999	3.7980000000
CM001	HV	398961.7900000000	1999522.6629999999	4.8450000000
GPS01	HV	390043.9200000000	2036030.4380000001	3.7170000000
GPS02	HV	401523.8780000000	2033834.3840000001	-2.5800000000
GPS03	HV	416749.0210000000	2035515.7300000000	-2.1770000000
GPS04	HV	422908.5780000000	2034089.7749999999	-.2100000000
GPS05	HV	392994.2820000000	2025274.7270000000	1.9880000000
GPS06	HV	406657.2030000000	2027410.9509999999	-1.1480000000
GPS07	HV	412938.7510000000	2020523.4680000001	3.0070000000
GPS08	HV	400459.9290000000	2017217.0120000001	.3850000000
GPS09	HV	393248.4070000000	2007024.1990000000	1.2870000000
GPS10	HV	406735.2060000000	2010913.8000000000	2.4470000000
GPS11	HV	419457.7630000000	2008727.4630000000	2.0330000000
GPS12	HV	406828.7900000000	1991742.2860000001	3.4500000000
GPS13	HV	420525.0660000000	1992450.6720000000	.9800000000
GPS14	HV	391733.3950000000	1989641.8759999999	3.1270000000
GPS15	HV	395552.2360000000	1982300.6610000001	.6420000000
GPS16	HV	389468.7890000000	1964485.3110000000	3.3940000000
GPS17	HV	396553.0550000000	1968739.3780000000	1.7850000000
GPS18	HV	403585.5500000000	1974242.4230000000	2.2500000000
GPS19	HV	413086.9930000000	1977991.6650000000	.9770000000
GPS20	HV	419462.1910000000	1974406.5700000001	1.2830000000

Figure 2.29 Fichier de points de contrôle

d) Importation des images de photos aériennes et de couples stéréoscopiques

Le modèle stéréo est établi comme indiqué ci-dessous après importation des fichiers précités.

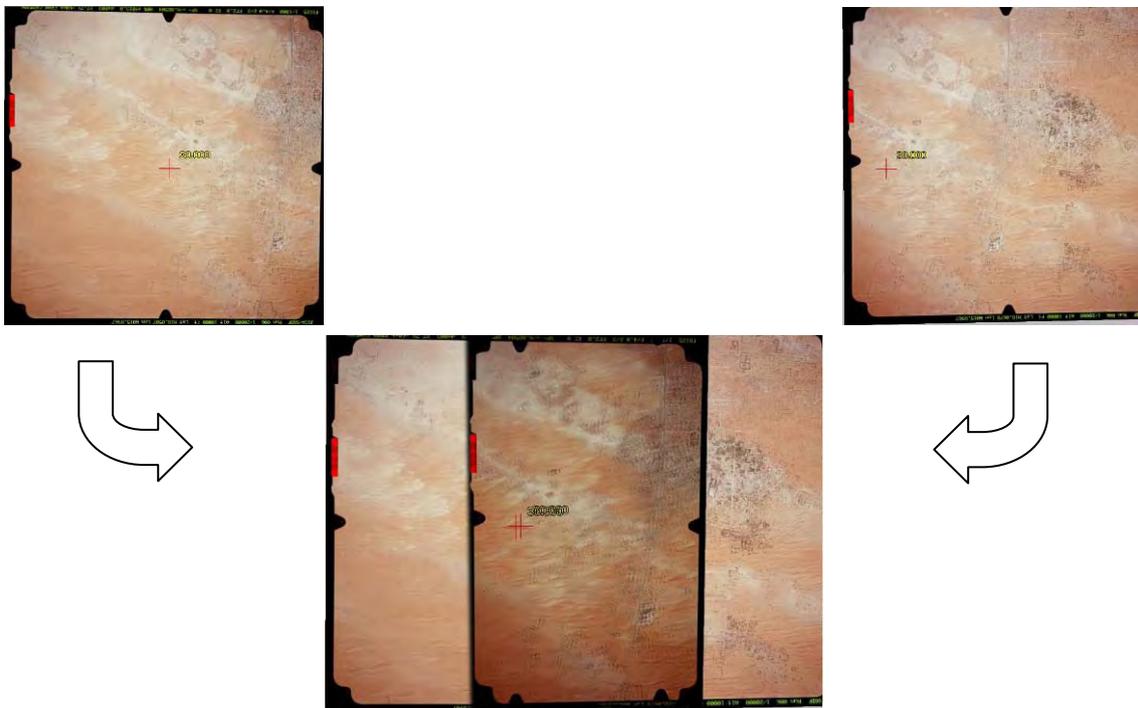


Figure 2.30 Image de gauche, Image de droite, Image stéréo

e) Restitution numérique

Des données restituées sont indiquées sur la Figure 2.31 et la Figure 2.32 à titre d'exemple.

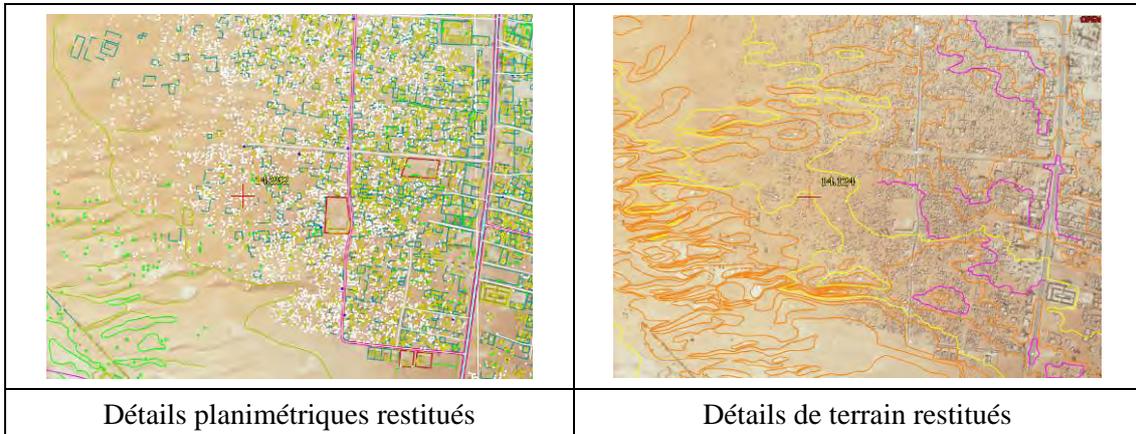


Figure 2.31 Données restituées

f) Vérification des données

Le contrôle visuel et le contrôle logique ont été exécutés. Le contrôle visuel a été réalisé à la fois sur le moniteur de l'ordinateur et sur la carte imprimée. Le contrôle logique a été réalisé automatiquement et interactivement au moyen du logiciel CAD

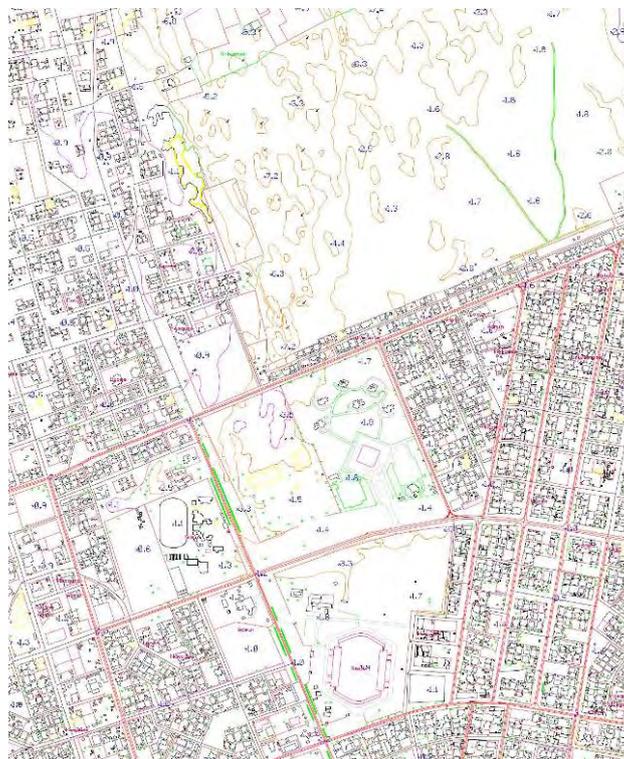


Figure 2.32 Données restituées

2.2. Travaux de la phase 2

La phase 2 a commencé en mai 2008. La compilation numérique, l'identification complémentaire sur le terrain, la compilation complémentaire, la symbolisation cartographique, la structuration des données et la création des modèles de SIG se sont déroulés jusqu'en mars 2009. La structuration des données et la création des modèles de SIG se poursuivront dans la phase 3.

À la fin juillet 2008, la Mission a présenté son Rapport Intérimaire à la DCIG. Les deux parties eurent ensuite plusieurs discussions sur le Rapport et conclurent l'accord le 9 août. Après une interruption des travaux due au changement politique, les deux parties parvinrent à un Accord le 22 octobre.

2.2.1. Compilation numérique (au Japon)

Elle consiste en deux travaux principaux, le "Nettoyage des données" et la "Création de topologie".

Le "nettoyage des données" signifie omettre les données en double, effacer les lignes inutiles, les écarts et les mauvaises connexions de lignes, corriger les pseudo-nœuds, ainsi que vérifier la connectivité et la cohérence des données entre les feuilles de carte contiguës. La "création de topologie" signifie la préparation pour la création de polygones par associations entre symboles et zones qui doivent devenir des polygones.

Ce travail a été effectué de mai à septembre 2008 au Japon, sur la base des spécifications concernant l'acquisition des données topographiques, en se reportant aux photos aériennes et autres documents pertinents. Les données nettoyées étant topologiques, elles servent de données de base à la symbolisation cartographique, à la structuration des données et à la création des données SIG.

Le processus est indiqué ci-dessous.

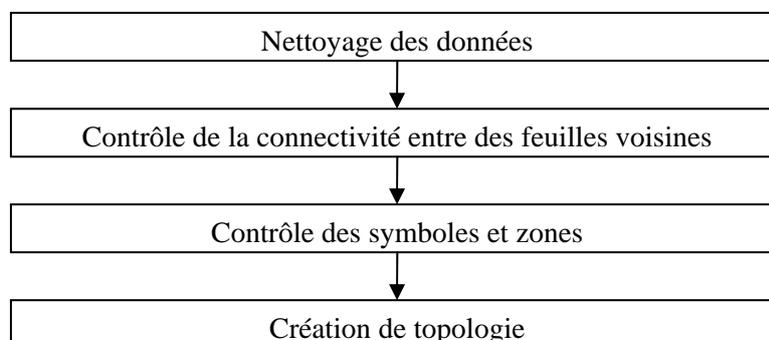


Figure 2.33 Flux des travaux de la compilation numérique

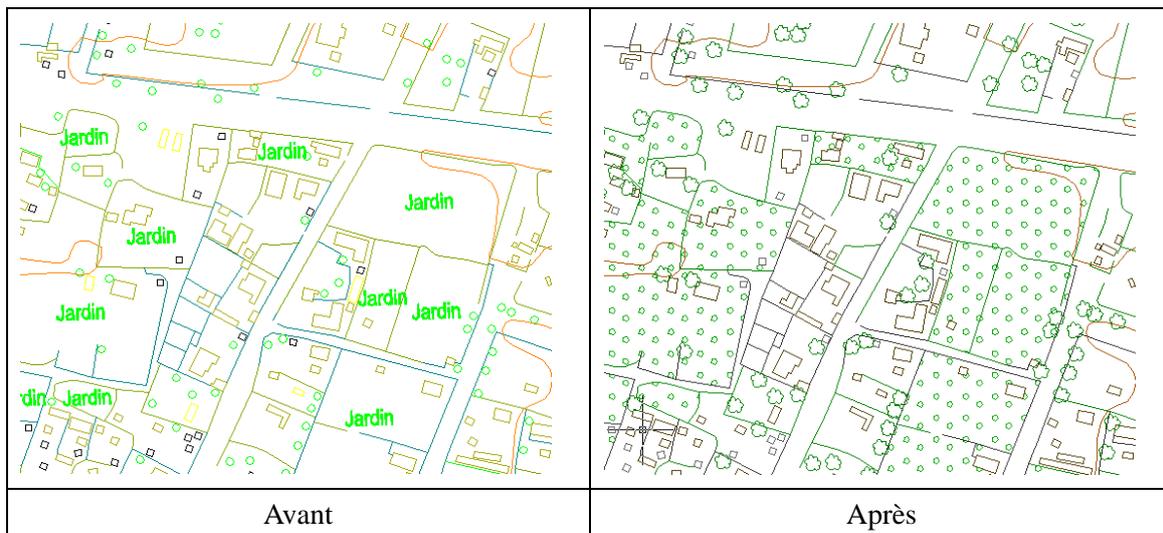


Figure 2.34 Données avant et après la compilation numérique

2.2.2. Symbolisation cartographique provisoire (au Japon)

Il s'agit de symboliser temporairement la carte compilée numériquement ci-dessus. Cette carte symbolisée servira de carte de base pour l'étape suivante de l'identification complémentaire sur le terrain. Ce travail a été effectué de mai à juillet 2008 au Japon.

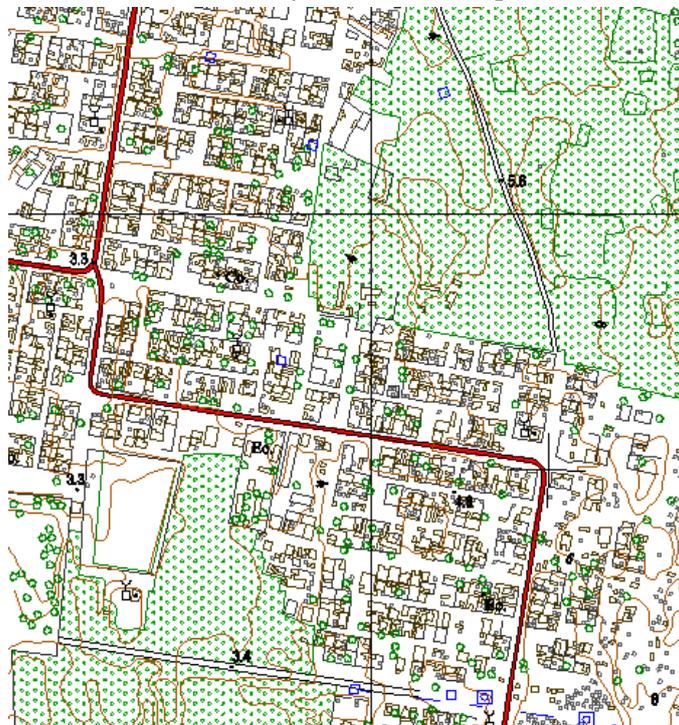


Figure 2.35 Carte symbolisée pour l'identification complémentaire sur le terrain

2.2.3. Identification complémentaire sur le terrain (en Mauritanie)

Cela consiste à compléter le contenu de la carte, en vérifiant sur place tous les éléments incertains soulevés lors de la restitution numérique et de la compilation numérique, et en clarifiant tous les éléments tels que les noms géographiques et les limites administratives, qui ne peuvent être acquis par la photo-interprétation.

L'identification complémentaire sur le terrain a été réalisée en octobre et novembre 2008, en collaboration avec les techniciens de la DCIG. Ils ont donné lieu à une formation sur le tas pour les membres, dans le cadre du Programme de transfert de technologie qui a fait l'objet d'un accord entre la Mission et la DTC. 3 groupes ont été organisés pour ces travaux sur fichiers, chacun composé de 2 homologues.

Les résultats ont été envoyés au processus suivant, la Compilation complémentaire.

Lors de l'identification complémentaire sur le terrain, la Mission et la DCIG ont eu des discussions à propos des symboles de carte et du style, puis sont arrivées à un accord additionnel sur les symboles de carte en novembre 2008. Il se trouve à l'ANNEXE 5.

La Mission a reçu de la DCIG les limites autorisées du district administratif (moughataa) sous forme numérique, et les a restituées sur la carte d'échelle 1/10.000 de ce projet. Une légère divergence entre ces limites fournies et la carte a cependant été constatée. En de nombreux points, par exemple, les limites autorisées aux lignes centrales des routes se trouvent légèrement hors position sur la carte. (Figure 2.36)



Figure 2.36 Divergence entre les limites fournies et la carte

Comme les limites fournies sont autorisées par l'agence gouvernementale concernée, elles doivent être maintenues telles quelles, sans ajustement de position. Les données de limites administratives sont toutefois essentielles pour l'utilisation des cartes, et la divergence n'est pas très grande. Par conséquent, la Mission et la DCIG se sont entendues pour adopter les données comme limites administratives pour la carte, en ajoutant une note dans les renseignements marginaux spécifiant que les deux parties ne sont pas responsables de l'autorisation des limites.

2.2.4. Compilation complémentaire (au Japon)

Ce travail consiste à ajouter les résultats de l'identification complémentaire sur le terrain mentionnée ci-dessus, dans les données primaires, et à conclure le contenu de la carte. Les articles qui ont été précisés par l'identification complémentaire sur le terrain ont été modifiés et des renseignements, tels que noms géographiques et limites administratives, ont été ajoutés.

Il a été réalisé de décembre 2008 à janvier 2009 au Japon. Le logiciel CAD a été utilisé pour cela. Les résultats finaux ont été envoyés aux étapes de symbolisation cartographique et de structuration des données.

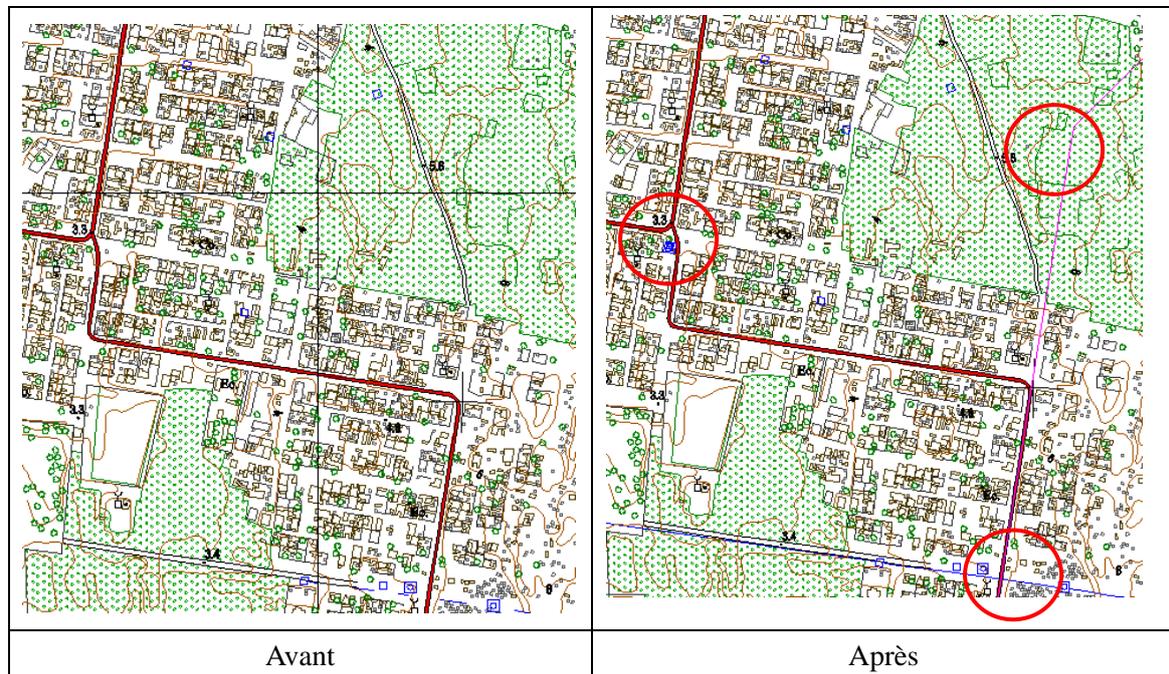


Figure 2.37 Données avant et après la modification de l'identification complémentaire sur le terrain

2.2.5. Symbolisation cartographique (au Japon)

Ce travail consiste à ajouter des symboles cartographiques aux cartes compilées numériquement, sur écran, et à compléter les feuilles de cartes visuelles.

Il a été réalisé en février et mars 2009 au Japon. Premièrement, des symboles ont été désignés pour chaque couche, conformément aux spécifications de symboles de carte ayant fait l'objet d'un accord entre la Mission et la DCIG. Nous avons figuré les symboles de données de point et de données de ligne pour chaque couche. Nous avons aussi déterminé les couleurs et motifs pour chaque couche de données polygonales. Ils ont été enregistrés pour le tableau des symboles. Les symboles de carte sont attachées en ANNEXEX 6.

Ensuite, ces symboles ont été appliqués aux couches respectives sur les cartes compilées numériquement, sur écran. Le logiciel CAD a été utilisé car il permet d'exécuter un travail efficace, en raison de l'application unifiée de la restitution numérique et de la compilation numérique.

Les renseignements marginaux des feuilles de carte ont été décidés après discussions avec la DCIG. Ils sont présentés à la Figure 2.38.

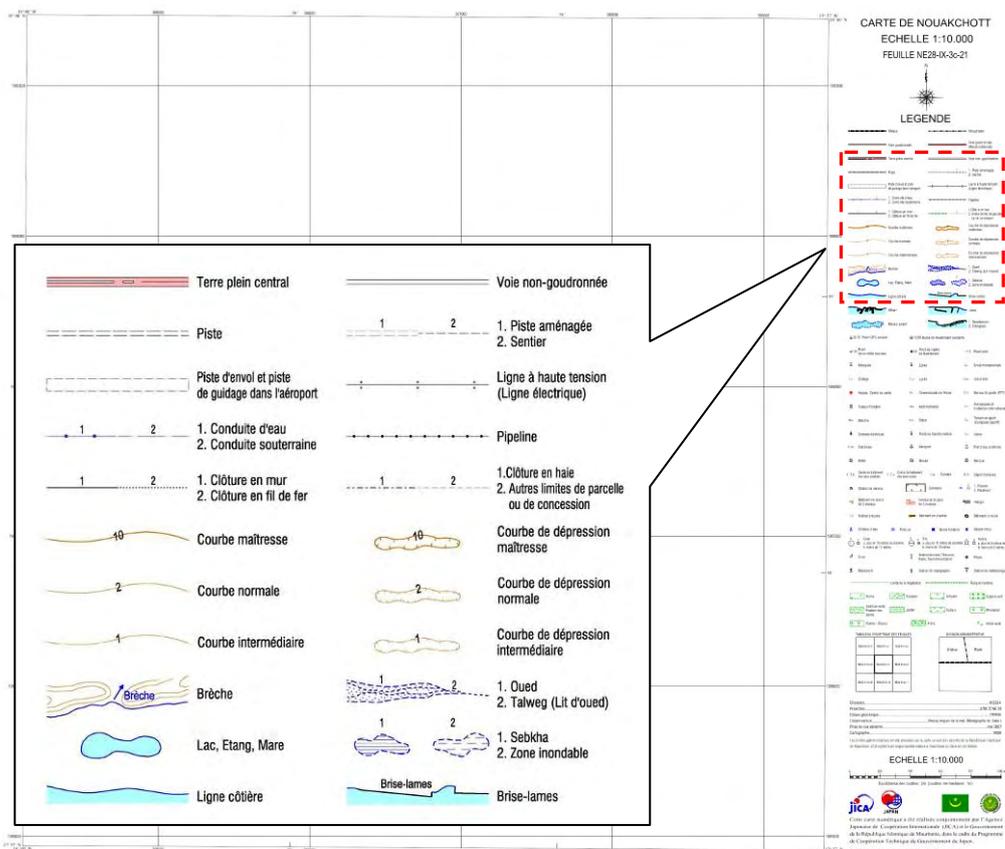


Figure 2.38 Renseignements marginaux de feuille de carte

2.3. Travaux des phases 2 et 3

2.3.1. Structuration des données (au Japon)

Ce travail consiste à convertir les données de carte compilées numériquement en données SIG. Les données SIG converties ont principalement inclus celles requises pour la création de Modèles de SIG. Ce travail a été exécuté au moyen du logiciel ArcGIS et les fichiers de données SIG ont été sauvegardés en format Shapefile (.shp), qui est assisté par un grand nombre de logiciels SIG.

Après la sélection des couches SIG souhaitées sur la liste de 120 couches indiquées dans l'Annexe (cartes), elles ont été groupées selon les propriétés des données. Par exemple, toutes les couches de courbes de niveau (à codes 7102, 7103, 7104, 7105 et 7106) ont été incluses dans un seul fichier de courbes de niveau (*cont_lin.shp*). Le schéma des champs utiles des données SIG converties est listé dans le Tableau 2.6 ci-dessous.

Tableau 2.6 Schéma général des données SIG structurées

Type de caractéristique	Couches de données SIG (nom du fichier de forme)	Champs utiles (articles)	Type de champ
Points	Hauteur d'emplacement (<i>spot_ht.shp</i>)	layer_code	Nombre entier
		elevation	Flottant
	Autres données de point, par ex. petit bâtiment, (<i>bldg_pnt.shp</i>), point d'eau (<i>water_pnt.shp</i>)	layer_code	Nombre entier
Lignes	Courbe de niveau (<i>cont_lin.shp</i>)	layer_code	Nombre entier
		length	Double
		elevation	Nombre entier
	Autres données de ligne, par ex. réseau routier (<i>road_network.shp</i>)	layer_code	Nombre entier
		length	Double
Polygones	Par ex. gros bâtiment (<i>bldg_pol.shp</i>)	layer_code	Nombre entier
		area	Double
		perimeter	Double

Les données SIG ont été créées sur la base des étapes indiquées à la Figure 2.39 ci-dessous.

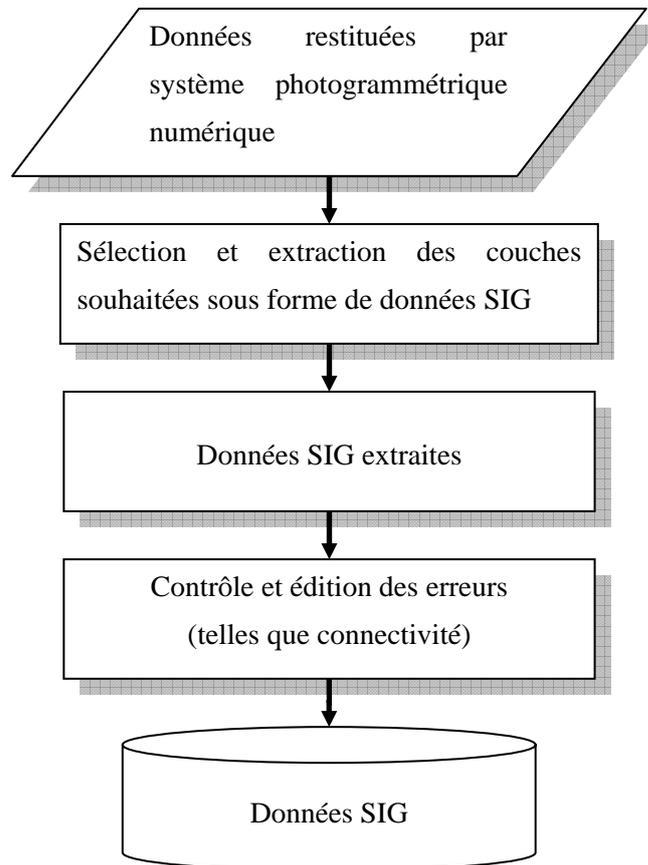


Figure 2.39 Etapes de la création de données SIG

Après affichage des données CAD dans le logiciel ArcGIS, elles ont été sauvegardées sous forme Shapefile temporaire (intermédiaire) par élimination des champs inutiles en cochant seulement ceux-là comme indiqué à la Figure 2.40.

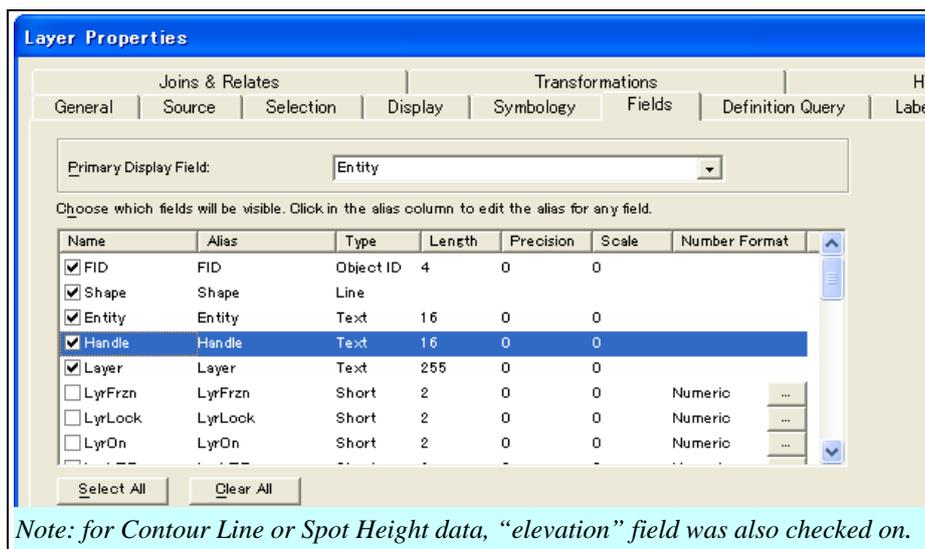


Figure 2.40 Champs qui doivent être décochés avant la sauvegarde sous forme Shapefile temporaire

Le fichier de forme converti a été défini avec une projection de carte UTM avec données WGS 84, Zone 28N, et unités métriques (comme décidé pour ces Données du projet). Puis les champs souhaités ont été ajoutés comme indiqué dans le schéma (Tableau 2.6) et les données connexes ont été transférées ou calculées dans ces champs. Puis, en sélectionnant le groupe de couches souhaité, elles ont à nouveau été sauvegardées en tant que nouveau fichier de forme sous le nom indiqué dans le schéma. Les erreurs de ces données SIG extraites comme la connectivité ont été largement contrôlées et corrigées si nécessaire pour réaliser les données SIG finales.

2.3.2. Création d'un modèle de SIG (au Japon)

L'étude et la conception pour la création de modèles de SIG a eu lieu dans la phase 2. Et des modèles de SIG ont été créés au Japon dans les phases 2 et 3. Les détails de ces travaux sont présentés dans le CHAPITRE 4.

