



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

MEMOIRE DE MASTER

: Présenté par
SALEK Abdelaziz

DOMAINE : SIENCE ET TECHNOLOGIE
FILIERE : GENIE CIVIL
OPTION : Topographie

Thème

l'apport de la télédétection spatiale dans l'établissement du cadastre en Algérie analyse synthétique

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
DJABALLH.A	MAA	Président
NAFTLR	MAA	Examinateur
GUEROUDJ.A	MAA	Encadreur

Date : OCT.2015

Introduction générale

Les perspectives de développement d'un pays en matière d'aménagement foncier, D'orientation agricole, d'urbanisme, d'équipement et d'industrie, impliquent une connaissance méthodique et complète du patrimoine foncier dans toutes ses composantes.

A cet égard, il importe de souligner que, dès 1976, les pouvoirs publics en Algérie avaient Pris conscience de la nécessité de mettre en place un système foncier moderne, puisque à cette Date sont intervenus les textes relatifs à l'établissement du «Cadastré général » et à L'institution du «livre foncier » dont la finalité est d'obtenir une photographie physique et Juridique de l'ensemble du patrimoine immobilier et foncier du pays et de constituer, en Quelque sorte, un véritable état civil de la propriété foncière.

Cependant, la situation foncière reste caractérisée, dans de nombreux cas, par une indétermination des droits de propriété, une nature juridique mal définie pour de nombreuses Terres notamment dans les régions steppiques et sahariennes en raison de l'immensité du Territoire à cadastrer, la non homogénéité de la distribution des zones d'intérêt (zones Urbaines, agricoles, industrielles ...) influant directement sur les coûts et les délais de Réalisation, ce qui rend indispensable l'adoption d'une nouvelle stratégie qui tient en compte Les derniers progrès en matière d'acquisition et de gestion de l'information géographique.

Dans cette optique de développement, l'ANC (Agence Nationale du Cadastre) a adopté Une nouvelle procédure d'établissement du cadastre steppique et saharien, basée sur L'utilisation des images haute résolution spatiale HRS de type Spot5, dont un premier test a Été réalisé à EL Bayadh en collaboration avec l'ASAL (Agence Spatiale Algérienne), ce projet a donné Naissance d'une nouvelle instruction relative à la conduite des opérations cadastrales dans les

Zones steppiques et sahariennes.

Nous chercherons à travers ce projet de fin d'études, à mettre l'accent sur une étude

Critique de cette instruction sur le plan stratégique, technique et juridique.

Afin d'aboutir aux objectifs assignés, nous avons scindé ce travail en quatre chapitres :

- Le premier chapitre, concerne le cadastre Algérien : ce chapitre décrit la procédure classique d'établissement du cadastre général, en Algérie (définition, buts et documents établis).
- Quant au deuxième chapitre, il présente brièvement des notions en télédétection, la relation entre la résolution spatiale et l'échelle cartographique et présentation des satellites SPOT.
- Un troisième chapitre, concernera l'orthorectification, comme étape fondamentale dans le processus de réalisation de la spatiocarte.
- Finalement, le quatrième chapitre, présente quelques propositions et recommandations à retenir, en matière d'établissement du cadastre général, en zones steppiques.

Des conclusions seront présentées, par la suite.

I-CHAPITRE I ETAT ACTUEL D'ETABLISSEMENT DU CADASTRE EN ALGERIE	2
I.1) DEFINITIONS ET BUTS	2
I.1.1) DEFINITIONS	2
I.1.2) En Algérie, définition pratique :	2
I.2) BUT DU CADASTRE	2
I.3) Avantages d'un cadastre :	3
I.4) LES DIFFERENTES MISSIONS DU CADASTRE	3
I.4.1) La mission juridique et foncière	3
La mission technique.....	5
I.4.2) Les missions ponctuelles	5
I.4.3) Mission documentaire.....	5
I.5) LA DOCUMENTATION CADASTRALE(01)	6
I.5.1) Le plan cadastral.....	6
I.5.2) Les registres.....	7
I.6) PROCEDURE D'ETABLISSEMENT DU CADASTRE GENERAL	8
I.6.1) TRAVAUX PREPARATOIRES.....	8
I.6.1.1) TRAVAUX DE PROSPECTION.....	8
I.6.2) Les ortho photo plans et leur vérification.....	11
I.6.3) Principe général	11
I.7) DIVISION DE LA COMMUNE EN SECTIONS	12
I.7.1) EN ZONE RURALE	12
I.8) LES OPERATIONS D'ENQUETE ET DELIMITATION	14
I.8.1) LA DELIMITATION DU TERRITOIRE COMMUNAL.....	14
I.8.1.1) DEFINITION :.....	14
I.8.1.2) PROCEDURE	14
I.9) CONFECTION MANUELLE DE LA DOCUMENTATION CADASTRALE	15
I.9.1) LE PLAN CADASTRAL.....	15
I.10) NUMEROTAGE DE FINITIVE DE SILOTSETDES PARCELLES	15

List de figures

Figure I-1 : Les différentes missions du cadastre [2]	6
Figure I-2 : Procédure d'établissement du cadastre général.....	10

I. CHAPITRE I ETAT ACTUEL D'ETABLISSEMENT DU CADASTRE EN ALGERIE

I.1) DEFINITIONS ET BUTS

I.1.1) DEFINITIONS

Par cadastre, on entend l'ensemble de documents établis méthodiquement sur la base de levés topographiques et d'enquête foncière.

Autrement dit, il est considéré comme étant, l'inventaire de la propriété foncière dont il donne une description plus au moins détaillée, destiné à répondre aux besoins individuels ou collectifs notamment en matière foncière, juridique, fiscale et économique.

Cet inventaire se traduit par l'établissement :

- de plans cadastraux (documentation graphique)
- de registres fonciers (documentation littérale)

C'est pour cette raison, que le cadastre, est considéré par certains auteurs, comme étant l'état civil de la propriété foncière[1].

I.1.2) En Algérie, définition pratique :

L'ordonnance N° 75-74 du 12 Novembre 1975 portant établissement du cadastre général et institution du livre foncier donne au cadastre la définition suivante :

"Le cadastre général définit et identifie la consistance des immeubles et sert de base matérielle au livre foncier qui établit la situation juridique des immeubles et indique la circulation des droits immobiliers".

Le cadastre nécessite un ensemble de travaux techniques à savoir :

- Délimitation des biens ;
- Détermination des droits et des charges ;
- Publication ;
- Tenue à jour des données.

I.2) BUT DU CADASTRE

Le Cadastre comprend généralement un plan, un registre parcellaire, un registre des propriétaires et quelques registres complémentaires facilitant l'emploi de l'ensemble.

Actuellement, et par l'introduction de l'outil informatique, les données peuvent être gérées en base de données ou dans un système d'information géographique.

Les différents îlots de propriété sont numérotés systématiquement sur le plan, ce qui permet notamment un lien entre ce dernier et les données littérales (registres).

I.3) Avantages d'un cadastre :

- L'établissement d'un système d'enregistrement, bien conduit, entraîne la sécurité et la clarté du statut légal de la terre, des personnes concernées et des tiers. Il garantit plus de sécurité à l'investisseur ou au propriétaire.
- Il encourage les institutions financières à accorder des prêts.
- La sécurité légale contribue à la réduction des conflits en réduisant les différents des limites d'où un gain de temps et de coût et l'instauration des relations de bon voisinage.
- L'imposition est rendue plus facile, la terre étant considérée comme une source de revenu et dans le but de collecter légalement ce revenu le cadastre est indispensable.
- Il est possible de disposer de renseignements pour d'autres objectifs, le cadastre fournit en effet, les données requises facilitant l'exécution de travaux d'importance nationale : remembrement - planification - statistiques - urbanisme ...

Le Cadastre est donc un instrument de base pour stimuler un développement économique et social.

I.4) LES DIFFERENTES MISSIONS DU CADASTRE

I.4.1) La mission juridique et foncière

L'ordonnance n° 75-74 du 12 novembre 1975, et le décret n° 76-62 du 25 Mars 1976 modifié et complété par le décret n° 92-134 du 7 Avril 1992, confèrent au cadastre le caractère juridique, en effet :

- Le cadastre définit et identifie la consistance physique des immeubles et sert de base matérielle au fichier immobilier (livre foncier).
- Le livre foncier établit la situation juridique des immeubles, tenu sous la forme d'un fichier immobilier, faisant preuve des droits publiés.

La répartition des attributions en matière foncière, le cadastre étant chargé de l'identification et de la description physique des immeubles alors que la conservation foncière a pour rôle d'en préciser l'état juridique.

La mission foncière du cadastre consiste :

- d'une part, l'identification des immeubles,
- d'autre part, leur description physique.

a - Identification des immeubles

Tout acte soumis à la formalité de publicité foncière, doit être identifié par ses références cadastrales.

L'îlot de propriété constitue l'unité foncière, c'est à dire l'ensemble des parcelles appartenant à un même propriétaire et situés dans un même lieu-dit.

L'identification de l'îlot de propriété comprend

- La désignation de la wilaya et de la commune ;
- La désignation de la section cadastrale ;
- Le numéro de l'îlot.

b - La description physique de l'immeuble

Les opérations qui permettent de donner la description physique d'un immeuble sont :

- Les limites
- La surface.

La détermination des limites (délimitation)

La délimitation d'un bien fonds a pour objet de déterminer sa consistance matérielle, c'est-à-dire d'identifier ses limites sur le terrain. Elle est contradictoire et comportant les formalités suivantes :

- Convocation des personnes (propriétaires) ;
- Vérification de l'identité des propriétaires ;
- Reconnaissance de chaque immeuble ;
- Report des limites.

En règle générale, les limites figurées au plan cadastral donnent une représentation de la propriété, elle deviendra définitive une fois les formalités de publication accomplies.

Le calcul des surfaces

La détermination de la contenance cadastrale des îlots est effectuée à l'aide du planimètre ou numériquement à l'aide des coordonnées.

La mission technique

a - Confection et la maintenance du plan

Le cadastre, pour accomplir sa mission juridique et foncière, dispose d'un instrument fondamental : *LE PLAN CADASTRAL*, support direct et indispensable de toute identification et description physique de la propriété foncière.

La confection et la maintenance du plan cadastral constituent donc la première des missions techniques du cadastre.

En zones rurales :

- Le plan cadastral (graphique) est réalisé à partir des orthophotoplans analogiques, qui vont être par la suite numérisés pour constituer une base graphique sous DEMETER.

- Vectorisation de l'orthophotoplan numérique

En zones urbaines : Le plan cadastral est numérique.

Le plan cadastral fait l'objet d'une mise à jour permanente est réalisé au moyen :

- Des "*documents d'arpentage*" établis par les géomètres experts fonciers pour constater les changements de limites de propriété.
- Des "*croquis de conservation*" établis d'office par les agents du cadastre pour constater les autres changements de toutes natures (modifications naturelles, constructions nouvelles)

I.4.2) Les missions ponctuelles

- Délimitation cartographique intercommunale
- Assainissement du secteur agricole
- Accession à la propriété foncière
- Travaux topographiques divers

I.4.3) Mission documentaire

Le Cadastre, source d'informations foncières et économiques d'une richesse exceptionnelle est appelé à jouer un rôle documentaire important face à un

nombre croissant d'utilisateurs : l'Agriculture - habitat - l'Equipeement - les Communes).

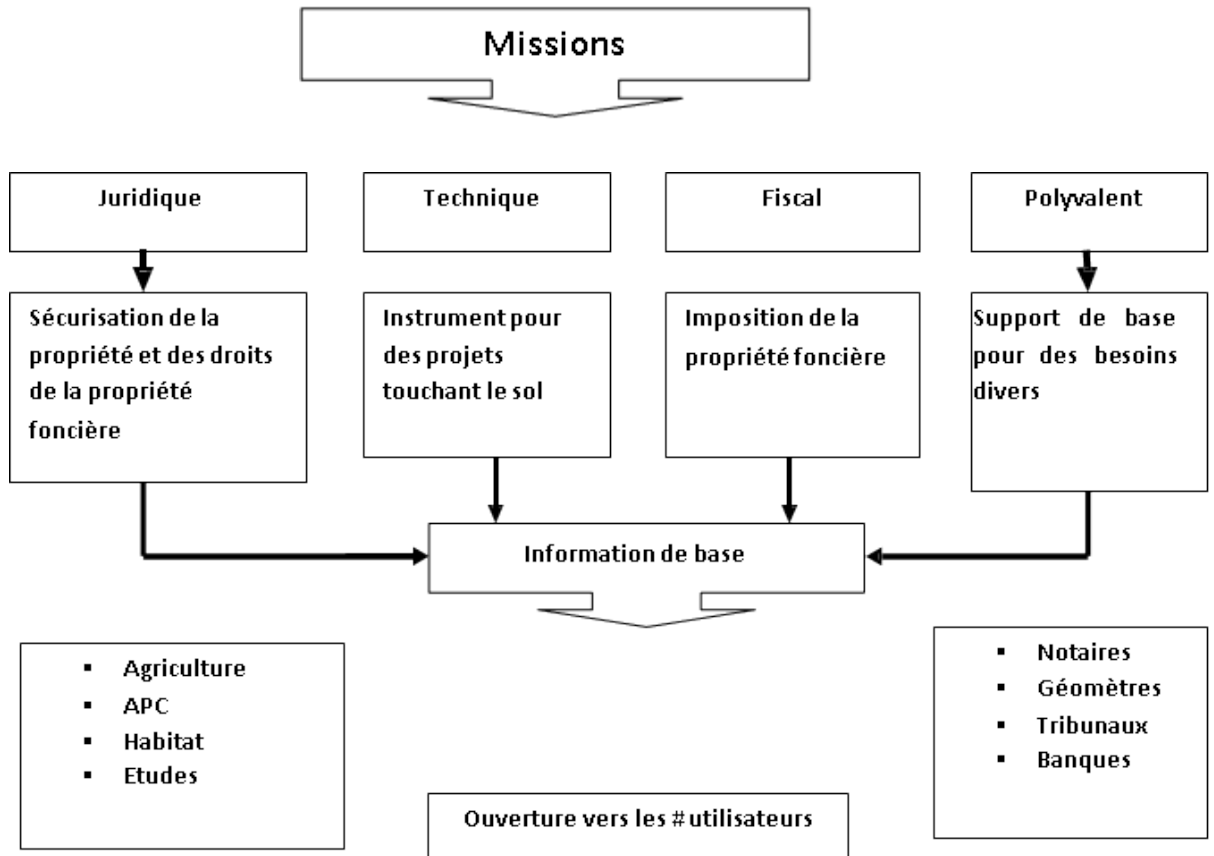


Figure I-1 : Les différentes missions du cadastre [2]

I.5) LA DOCUMENTATION CADASTRALE(01)

I.5.1) Le plan cadastral

Le plan cadastral est le document fondamental du cadastre. C'est un plan général au sens qu'il couvre la totalité du territoire de la commune, dont il est l'unique représentation parcellaire à grande échelle.

a- La section

- Définition :

La section est l'unité de découpage cadastral. c'est une partie du territoire communal déterminée dans le but de faciliter l'établissement, la consultation et la tenue des documents cadastraux, son périmètre est constitué dans la mesure du possible par des limites présentant un caractère suffisant de fixité.

I.6) PROCEDURE D'ETABLISSEMENT DU CADASTRE GENERAL

I.6.1) TRAVAUX PREPARATOIRES

I.6.1.1) TRAVAUX DE PROSPECTION

(Instruction Générale fixant les modalités d'établissement de la DFG)

Le point de départ de ses investigations est la carte de situation foncière.

La liste suivante énumère les différentes catégories de plans qu'on pourra rencontrer :

- La carte à l'échelle du 1/25000 ou 1/50000 ;
- Les sénats consulte ;
- Les plans types loi de 1873 à l'échelle du 1/4000
- Les plans des immeubles domaniaux qui ont fait l'objet de cessions ou de concessions par les services des domaines qui existent en un seul exemplaire annexé aux actes administratifs les concernant.
- Les plans des enquêtes partielles et des enquêtes d'ensemble ;
- Les plans topographiques archivés au cadastre
- Les plans des forêts ;
- Les plans d'emprise de routes, chemins, voies ferrées, canaux,...
- Les photographies aériennes ;
- Les plans de bornage des terres restituées de la révolution agraire ;
- Les plans des fermes pilotes ;
- les plans des exploitations agricoles (E.A.C. et E.A.I.).

Les travaux de prospection donnent lieu à l'établissement d'une liste des plans anciens qui précise, pour chaque document son lieu d'archivage, en vue de sa récupération.

Les documents reconnus utiles pour les opérations d'enquête et de délimitation sont déposés au bureau du cadastre[3].

Ces documents sont éventuellement restaurés et des calques sont établis de manière à pouvoir doter les équipes de terrains des reproductions nécessaires, car, bien entendu, les plans originaux ne seront en aucun cas utilisés sur le terrain.

La prospection a pour objectif de doter les brigades de terrain d'un certain nombre d'informations utiles pour les opérations d'enquêtes :

- Les résultats du recensement général agricole (RGA)
- Le recensement de l'office national des statistiques (ONS)
- Le fichier des contribuables
- Le fichier réel

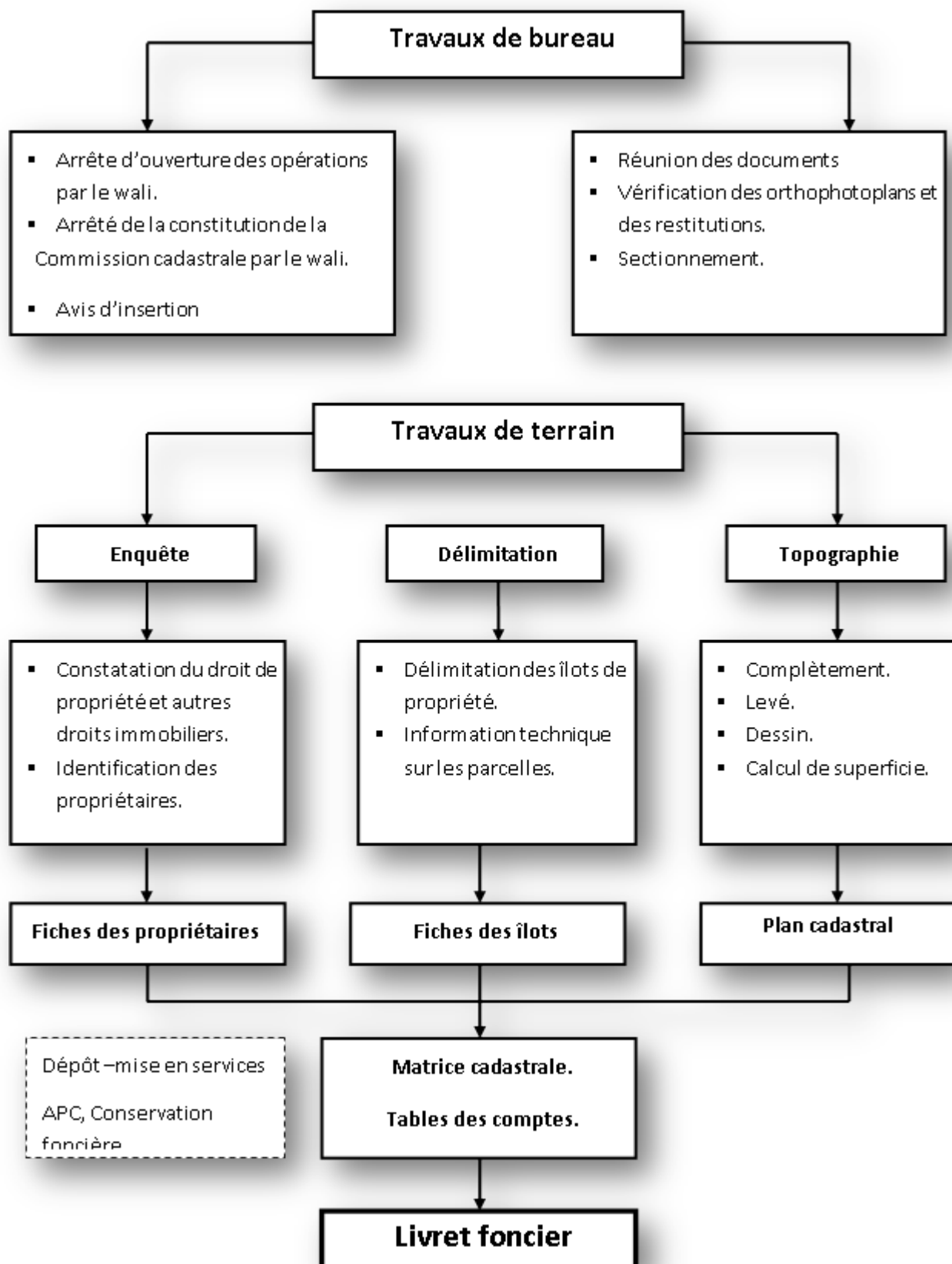


Figure I-2 : Procédure d'établissement du cadastre général.

I.6.2) Les ortho photo plans et leur vérification

a)- Définition :

Les photographies aériennes contiennent une grande richesse d'information et elles présentent par contre le défaut de ne pas permettre une utilisation métrique directe. Deux causes principales font en effet qu'une photographie aérienne n'est pas une carte du terrain

- L'inclinaison du cliché lors de la prise de vue.
- Le relief du terrain photographié

A

I.6.3) Principe général

Le principe générale de l'ortho photographie est relativement simple. Le cliché est dans un appareil projectif ayant la même position qu'à la prise de vues. Si on éclaire le cliché, on obtient un faisceau de rayons identique à celui de la prise de vues. Le plan P coupe le faisceau lumineux et reçoit une projection du terrain. Il n'y aura pas de déformation pour les points dont l'altitude correspond à celle du plan,.

Par contre tous les points qui présentent une dénivellation par rapport au plan de projection vont subir une déformation radiale. Dans ce cas, il suffit de faire bouger le plan de projection pour qu'il soit en contact avec les autres points.

b) - Présentation des orthophotoplans :

Les orthophotoplans minutes sont établis à l'échelle du 1/5.000e par l'Institut National de Cartographie (INC) sur un support plastique transparent stable. Ils sont équipés des points de calage connus dans le système UTM.

Le format moyen d'un orthophotoplan est de 90 cm x 50 cm le grand coté étant orienté approximativement Nord-Sud. Deux orthophotoplans consécutifs présentent un recouvrement d'environ 10 cm.

c) - Vérification des orthophotoplan

Zone couverte : Contrôler que les orthophotoplans couvrent la totalité des zones à cadastrer.

Netteté de l'image : Les orthophotoplans doivent être aussi nets que les photographies aériennes.

Décalage : La tolérance relative aux décalages entre les bandes de balayage est fixée à 0,3 mm

Précision :

Contrôle effectué sur le terrain

$$Tr (cm) = 200 + \frac{D(m)}{10}$$

Où D est la longueur réelle du mesurage exprimé en m pour les distances supérieures à 800 m, on retiendra pour D la valeur constante de 800 mètres.

Les résultats de ce contrôle sont reportés sur l'imprimé "**classement des écarts constantes**".

Ce contrôle a pour but de vérifier que l'échelle des orthophotoplans est bonne.

Il doit donc être établi de façon à effectuer les vérifications suivantes :

- . Echelle d'un orthophotoplan,
- . Echelle de deux demi orthophotoplans (Nord-Sud),
- . Echelle de deux orthophotoplans voisins de la même ligne de vol,
- . Echelle de deux orthophotoplans voisins dans deux lignes de vol.

Remarque :

Avant d'être comparées aux lectures graphiques, les longueurs des mesurages de terrain devront :

- Etre réduites au niveau de la mer
- Etre corrigées des altérations propres au système de représentation UTM.

I.7) DIVISION DE LA COMMUNE EN SECTIONS

I.7.1) EN ZONE RURALE

a - Définition :

- Le plan cadastral donne la représentation graphique du territoire de la commune en îlots de propriété et en parcelles.

- La section cadastrale est une portion du territoire communal déterminée de telle sorte qu'elle puisse être insérée sur une feuille de plan cadastral dont le format utile est 76 cm x 51,4 cm.
- Le format extérieur d'une feuille de plan est fixé à 84 cm x 59,4 cm, la section est destinée à l'intérieur d'un calque qui laisse une marge de 4 cm.
- Le lieu-dit correspond à un groupement d'îlots de propriété, à l'intérieur d'une même section auquel les habitants ont coutume d'appliquer une certaine appellation.

b - Découpage :

Le découpage du territoire communal en sections est conduit en respectant les principes suivants :

- Le périmètre des sections est constitué, autant que possible, par des limites de propriété présentant un caractère suffisant de fixité : route, chemin, cours d'eau stable, canal, fossé, mur....
- Il est recommandé d'éviter de couper les îlots de propriétés.
- Le Nord sera rendu parallèle, à plus ou moins 10 grades près, au petit côté de la feuille.

Pratiquement l'agent chargé du travail utilisera un gabarit dessiné sur papier calque qu'il appliquera sur le fond de plan retenu pour recevoir le découpage en section.

Le travail de découpage en sections pourrait se faire directement sur station informatique selon la disponibilité des orthophotoplans numériques ou les fichiers raster des orthophotoplans analogiques.

Les dimensions du gabarit sont liées au format utile de la feuille de plan, à l'échelle du plan cadastral et à l'échelle du fond de plan par la formule suivante :

$$L_G = \frac{e_f}{e_p} L_P \qquad l_G = \frac{e_f}{e_p} l_P$$

L_G : longueur du gabarit

L_P : longueur du plan cadastral

l_G : largeur du gabarit

l_P : largeur du plan cadastral

e_f : échelle du fond de plan 1/EF

e_p : échelle du plan cadastral 1/EP.

c- Numérotage des sections

Les sections cadastrales sont numérotées dans chaque commune à partir de l'unité, dans l'ordre croissant des nombres, sans interruption.

La section située au nord-ouest de la commune reçoit le n° 1 et le numérotage se poursuit horizontalement en direction de l'Est jusqu'à la limite de la commune, puis revient vers l'Ouest et continue ainsi en suivant un cheminement en accordéon.

Deux numéros consécutifs doivent être attribués à des sections contiguës.

I.8) LES OPERATIONS D'ENQUETE ET DELIMITATION

I.8.1) LA DELIMITATION DU TERRITOIRE COMMUNAL

I.8.1.1) DEFINITION :

Cette opération consiste à reconnaître les limites du territoire de la commune sur la base des documents officiels et les décrire dans un acte appelé procès-verbal de délimitation auquel est annexé un croquis des limites. Il est rédigé par l'inspecteur du cadastre de concert avec le président de l'A.P.C. de la commune concernée et des communes limitrophes.

Le cas échéant, les contestations ou les propositions de changements mineurs de la limite pour la faire coïncider avec des détails présentant un caractère suffisant de fixité sont mentionnées au procès-verbal.

Ce document signé par toutes les personnes ayant assistées à la délimitation est soumis pour approbation au wali. Pour les communes riveraines et d'autres wilayas ou situées aux frontières internationales, le procès-verbal de délimitation doit être soumis à l'approbation de monsieur le ministre de l'intérieur.

I.8.1.2) PROCEDURE

- Les travaux de reconnaissance
- L'établissement des croquis visuels
- La rédaction du procès-verbal par l'agent du cadastre
- Signature du procès-verbal par le président de l'APC concernée et des communes limitrophes.

I.9) CONFECTION MANUELLE DE LA DOCUMENTATION CADASTRALE

I.9.1) LE PLAN CADASTRAL

Le plan cadastral est le document fondamental du cadastre. C'est un plan général au sens qu'il couvre la totalité du territoire de la commune, dont il est l'unique représentation parcellaire à grande échelle.

I.10) NUMEROTAGE DE FINITIVE DE SILOTSETDES PARCELLES

Le numérotage définitif des îlots de propriété est réalisé sur une reproduction provisoire du plan cadastral en respectant les principes énoncés ci-après :

Dans chaque section, les îlots sont numérotés à partir de l'unité, dans l'ordre croissant des nombres sans interruption.

L'îlot situé dans le coin gauche de la feuille reçoit le n° 1 et le numérotage se poursuit horizontalement en direction de la droite jusqu'au bord de la feuille, puis revient vers la gauche et continue ainsi en suivant un cheminement en accordéon.

Deux numéros consécutifs doivent être attribués à des îlots contigus ou très proches l'un de l'autre.

A l'intérieur des îlots chaque parcelle est désignée par une lettre minuscule : a, b, c...

Pour les parcelles la désignation initiale sera maintenue.

I-11). Le cadastre et les nouveaux concepts :

La dernière décennie a vu des changements énormes dans le domaine spatial, cartographique et informatique, par les lancements des capteurs de résolution métrique et centimétrique (par exemple : SPOT-5, IKONOS, QUICKBIRD, etc.), et le développement de nouveaux logiciels de dessin assisté par ordinateur (DAO), de traitement d'images et des systèmes d'information géographique (SIG), ce qui met en obligation les gestionnaires de ce type d'information d'adapter ou changer leurs systèmes d'acquisition et de traitement des données.

Puisque le cadastre est un service concerné et touché par ces changements, plusieurs pays développés ont changé la procédure de confection de leur documentation cadastrale qui est devenue purement numérique (**cadastre numérique**), dont l'un des gros avantages de la numérisation du cadastre devrait être de faire disparaître les problèmes d'assemblage, et de permettre l'édition à la demande de n'importe quelle coupure à n'importe quelle échelle, facile à consulter par les utilisateurs à travers le réseau Internet (**E-Cadastre**), et parfois considéré comme source de données pour les partenaires du cadastre (**cadastre polyvalent**).

Ces nouveaux concepts sont apparus, avec l'utilisation des données autres que les données photogrammétriques : ce sont les images satellitaires, pour le but de gagner le coût et le temps de confection des plans cadastraux, qui rentre dans la cartographie à partir de l'imagerie satellitaire, qui présente comme avantages :

- Couvre une grande surface sur le terrain ;
- Elle est numérique ;
- Moins chère par rapport à l'utilisation de la photogrammétrie et le levé terrestre ;
- Elle est accessible ;
- Elle constitue une source d'information actualisée, et permettant des mettre à jours des données cadastrales ;
- Facilité de l'intégration dans les SIG.

Aussi que, l'utilisation de l'imagerie satellite rend le processus d'élaboration des plans rapide, précis et économique [CNES, 1999].

Face à ces changements, la procédure d'établissement du cadastre entamée en Algérie, décrite précédemment, est devenue classique, il faut penser alors à développer le processus en utilisant d'autres sources de données, telles que les images satellitaires et de nouveaux outils de traitements.

A cet égard, l'Agence Nationale du Cadastre (ANC), en collaboration avec l'Agence Spatiales Algérienne (ASAL) et le Centre National des Techniques Spatiales (CNTS), commence à introduire l'utilisation des images satellitaires de très haute résolution spatiale pour la confection des plans cadastraux, à savoir l'imagerie du satellite Français SPOT-5, de

résolution de 2.5 mètres, vu les avantages cités précédemment, et préparation du chantier pour le futur satellite Algérien ALSAT-2, de résolution similaire.

Reference

- [1] Ministère des Finances Agence Nationale du Cadastre, "Instruction n° 16 du 24 mai 1998 relative à la conduite des opérations cadastrales et d'immatriculation foncière (annexes I, II et III)"
- [2] ALOUI Les régimes fonciers en Algérie
- [3] CHAIB – ZERAI- MERZOUG, Environnement juridique sur le foncier

CHAPITRE II Notions En photogrammétrie et Télédétection

II. La Photogrammétrie

II.1.1) Introduction

Le mot photogrammétrie a été proposé pour la première fois en 1893 par l'architecte allemand Albrecht Mye débaguer qui assembla les trois mots grecs "photos", "gamma" et "métrô". L'American Society of Photogrammétrie donna en 1980 la définition suivante, incluant la télédétection et autres méthodes d'enregistrement d'images comme la vidéo, les images radar ou les photographies UV et IR : La photogrammétrie est l'art, la science et la technologie permettant d'obtenir des informations fiables sur l'espace naturel ou sur les objets physiques par l'enregistrement, la mesure et l'interprétation d'images photographiques ou produites par rayonnements électromagnétiques ou autres phénomènes.

Traduit de [Salma(1980)].

II.1) Les principes

II.2.1) Généralités

Le principe général est basé sur la perception humaine du relief par observation stéréoscopique. Pour le cas de la photogrammétrie aérienne, un avion équipé d'une chambre de prise de vues vol au-dessus d'une région, de façon qu'une partie du terrain figure sur deux clichés correspondant à deux positions différentes de l'avion. Si on observe simultanément un cliché avec un œil et le second avec l'autre œil grâce à un outil optique approprié (stéréoscope à miroirs, appareil de restitution, ordinateur équipé de lunettes spéciales, etc.), on voit en relief la zone de terrain vue sur les deux images. La vision humaine permet en effet de voir en relief dans une large gamme de dispositions relatives de ces deux images. Mais si nous disposons ces dernières dans une position relative exactement semblable à celle qu'elles avaient au moment de la prise de vue, alors l'image stéréoscopique observée est une exacte homothétie du terrain réel photographié, pour autant que la chambre de prise de vue soit parfaite (c'est-à-dire n'apporte aucune distorsion à l'image, on l'appelle alors chambre "métrique"), ou que l'image ait été corrigée de sa distorsion. Pour exploiter alors cette scène stéréoscopique, l'appareil de restitution superpose à chaque image un point (le "ballonnet"), que la vision humaine comprendra comme un petit objet dont la position est déplaçable à volonté en hauteur au-dessus de l'image du terrain grâce à des commandes appropriées. L'opérateur aura donc pour travail de promener ce ballonnet dans l'image sur tous les objets à

meus- réer, pendant que l'appareil archivera toutes les informations numérisées produites. Pour que l'image observée soit une copie exacte de l'objet mesuré, il faut contraindre un certain nombre de points dans l'image en les obligeant à être à des positions relatives similaires aux leurs sur l'objet. Pour un couple stéréoscopique donné, on montre qu'il faut 6 points connus pour que l'image soit fidèle. Ces points seront mesurés : cette opération est appelée stéréopréparation. Lorsque de nombreux couples stéréoscopiques sont enchaînés (bande de clichés aériens), on peut limiter le nombre de points terrain à mesurer en analysant toutes les contraintes géométriques qui se transmettent de cliché à cliché. Le processus de calcul, très complexe, s'appelle aérotriangulation. Par ailleurs, la manipulation des grandes quantités de données numériques extraites est résolue Suite des opérations menées pour mettre en place un couple stéréoscopique (selon D. Morisset, IGN). par des logiciels spécialisés, outils permettant la mise en forme finale des données sorties de l'appareil, d'entrée des corrections en provenance des équipes de terrain (qui complètent les levés de toutes les informations non visibles sur les clichés et corrigent les points douteux, phase dite de complétement), et enfin de formatage et d'édition des données selon les besoins du client.

II.2) LES LIMITES DE LA PHOTOGRAMMETRIE AERIENNE

- Le convoyage : Envoyer un avion sur la zone d'acquisition entraîne des coûts importants, surtout à l'étranger. Et il n'est pas toujours possible de louer sur place un avion qui soit équipé et certifié,
- Les conditions météorologiques peuvent compliquer une mission en allongeant les délais. Ainsi, certaines régions du globe sont soumises à des périodes de pluies plus ou moins longues dont il faut tenir compte,
- Le contexte géopolitique du pays : on comprend aisément qu'il n'est pas envisageable de survoler une zone de conflit sans prendre des risques inutiles. Il est même nécessaire dans certains pays d'avoir une protection rapprochée des équipes au sol pour limiter les risques de prise d'otage,
- Certains pays exigent la présence d'un de leur personnel à bord pour surveiller les activités et prévenir l'espionnage. D'autres interdisent la sortie des données de leur territoire, et obligent donc à les traiter sur place. Cela peut compliquer la tâche et augmenter les coûts de production,
- Les autorisations de survol : elles ne sont pas toujours faciles à obtenir et sont souvent restrictives en termes de plage horaire. C'est le cas de Paris par exemple, où lorsque l'on obtient une autorisation, elle peut être limitée à 3 heures pendant le midi. Si les conditions

météorologiques sont mauvaises, on est obligé de reporter la mission à une prochaine fenêtre de vol, voire même dans certains cas, à une autre autorisation,

- Les différences de luminosité liées à une acquisition tout au long de la journée, et qui entraînent des heures de corrections radiométriques supplémentaires,
- Le temps d'acquisition effectif par rapport au temps de vol : il faut parfois plusieurs minutes pour que l'avion se place le long des axes de vol. Le recouvrement peut obliger à faire plus d'axes de vol. Les petites zones peuvent poser problème aussi, car elles vont multiplier les virages pour se mettre dans l'axe de vol. Ce temps de vol supplémentaire augmente d'autant les coûts en raison de la consommation qui en résulte (et de la flambée des prix du carburant).

II.3) Les sources des données Les photographies aériennes

Pour les utilisateurs ne possédant pas leurs propres photographies aériennes, le tableau 1 présente un ordre de grandeur des coûts d'acquisition pour des données issues des photothèques de l'Institut Géographique National et de l'Inventaire Forestier National. Les échelles varient selon les époques et les missions entre le 1/15 000 et le 1/30 000. À ces coûts, on doit ajouter les droits de numérisation, variables selon l'utilisation finale, le nombre de postes (par exemple à l'IFN 100 F par photo par poste), etc. Les sites Internet de ces organismes précisent ces coûts de manière détaillée.

II.4) TRAITEMENTS DE L'IMAGE

Que ce soit pour des images issues de l'aérien ou du satellite, les différents traitements possibles sont identiques, à quelques exceptions près.

En effet, si les produits issus des images aériennes sont généralement destinés à être utilisés tels quels par les clients (pas de retraitement radiométrique ou géométrique par exemple), les produits sur étagères issus des satellites sont eux, conçus pour être retravaillés. Mais il existe également des produits finis comme en aérien (ortho photo plan, MNT, MNE par exemple). Nous reviendrons sur les différents produits ultérieurement.

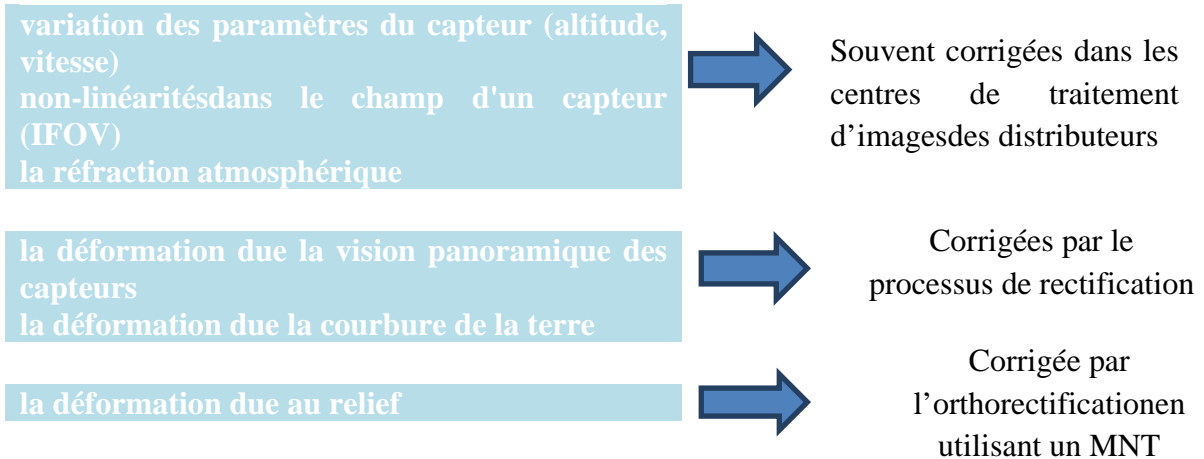
II.5.1) CORRECTIONS RADIOMETRIQUES

On travaille sur l'histogramme de l'image pour obtenir la radiométrie la plus adéquate à chaque Image. Il s'agit d'augmenter ou de réduire la luminosité, d'assurer une bonne balance des couleurs et des niveaux de gris.

Le codage de l'image va jouer ici un rôle important. Plus l'image aura été acquise dans un niveau élevé de codage (16 bits par exemple), plus on disposera d'informations pour "régler" la radiométrie de l'image à convenance.

II.5.2) CORRECTIONS GEOMETRIQUES

Les causes de la distorsion géométrique des images sont toutes les images, au format brut, ont des distorsions géométriques qui sont dues soit (Lilles and Kiefer, p. 473).



II.5.3) AEROTRIANGULATION (OU SPATIOTRIANGULATION)

Cette étape se divisait autrefois en 3 parties : orientation interne, relative et absolue²⁴ aujourd'hui, avec les caméras numériques, il n'est plus nécessaire de calculer l'orientation interne puisqu'on connaît la position de chaque pixel dans la matrice de l'image.

De plus, les logiciels informatiques ont permis de regrouper les orientations "relative" et "absolue" en une seule opération.

Dans le cas des images issues des capteurs satellites, cette étape est quasiment toujours réalisée sans points d'appui au sol, sauf si le client peut en fournir aux producteurs. Par conséquent, on raisonne toujours en précision de localisation absolue pour l'imagerie satellite.

II.5.4) MNT, MNS OU MNE²⁴

Aujourd'hui, avec les caméras numériques, il n'est plus nécessaire de calculer l'orientation interne puisqu'on connaît la position de chaque pixel dans la matrice de l'image.

De plus, les logiciels informatiques ont permis de regrouper les orientations "relative" et "absolue" en une seule opération.

Dans le cas des images issues des capteurs satellites, cette étape est quasiment toujours réalisée sans points d'appui au sol, sauf si le client peut en fournir aux producteurs. Par conséquent, on raisonne toujours en précision de localisation absolue pour l'imagerie satellite.

Lorsque les images ont été basculées dans le modèle terrain 3D, on peut calculer différents modèles numériques, pour obtenir la position 3D de tout point présent dans la zone d'intérêt.

Ces modèles sont très importants, car ce sont eux qui vont être utilisés pour redresser les images et produire des orthoimages²⁴.

Certains capteurs satellites sont spécialisés dans le calcul de ces modèles numériques comme le capteur HRS de Spot-5 par exemple. On peut également préciser qu'il existe des modèles calculés à partir de missions spécifiques (comme le SRTM25[4]).

II.5) Orthorectification :

Les ortho photographies littorales sont des photographies aériennes ayant subi une ortho rectification. L'ortho rectification permet de corriger les déformations de l'image dues à la prise de vue et au relief de la zone photographiée et de la géo référencer. Ainsi corrigée, la photographie aérienne devient conforme en tout point à un système de projection cartographique et peut être intégrée directement au sein d'un système d'information géographique (SIG). L'ortho rectification est un exercice complexe qui nécessite une expertise particulière.

II.6.1) RECTIFICATION ou Référencera absolu:

La rectification peut être définie comme un procédé transformation des données d'un système de grille -coordonnées image (ligne, colonne)-en un autre système de coordonnées (coordonnées carte) en utilisant une transformation polynomiale

II.6.2) RECTIFICATION D'UNE IMAGE SPOT PAR RAPPORT A UNE IMAGE TM GEOREFERENCEE SOUS ERDAS

Existe 6 étapes :-Visualisation des images dans deux viagers-Lancer Géométrie correction Tools-Collecter les points d'appuis-Calculer la matrice de transformation

- Rechantions nage
- Vérifier le processus de rectification

➤ **Ortho rectification d'une paire d'image**

- Variation d'échelle au sein de chaque image
- Environ 100 pixels de recouvrement entre les images gauche et droite
- Test de production automatique d'ortho réalisé

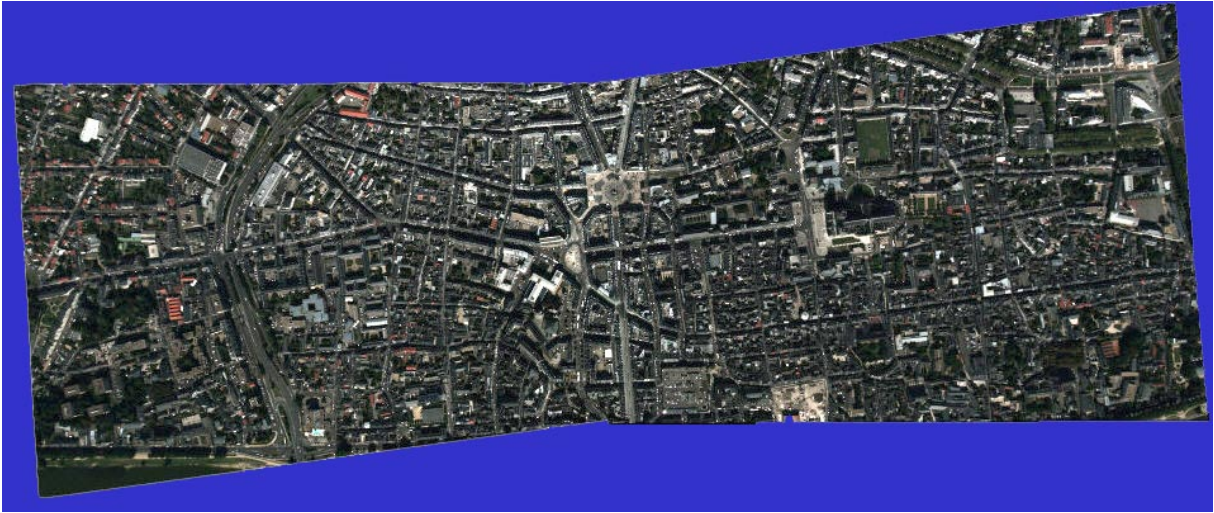


Figure II-1: Une paire d'images acquises sur O



Figure II-2: Une paire d'images acquises sur

➤ **Autres types de rectification**

❖ Redressement

- simple transformation polynomiale

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \quad (II.1)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 \quad (II.2)$$

- Z ignoré (applicable seulement en terrain plan)
- Pas aussi rigoureuse que l'approche précédente respectant les règles de la photogrammétrie

➤ **Utilisations des Ortho images**

❖ Gestion des ressources naturel

- Forte

- patrimoines rural
- agriculture
- Pacification urbaine
- gestion des ressources urbanites
- patrimoines urban
- couverture des comminutes urbanites
- Construction
- pipeline
- ❖ Applications militaires

II.6) PRINCIPE D'ACQUISITION

II.7.1) AERIEN

A- Le plan de vol :

Le principe de l'acquisition aérienne est assez simple : un avion équipé d'une caméra survole l'altitude constante la zone d'intérêt, suivant des axes de vol rectilignes prédéfinis par un plan de vol

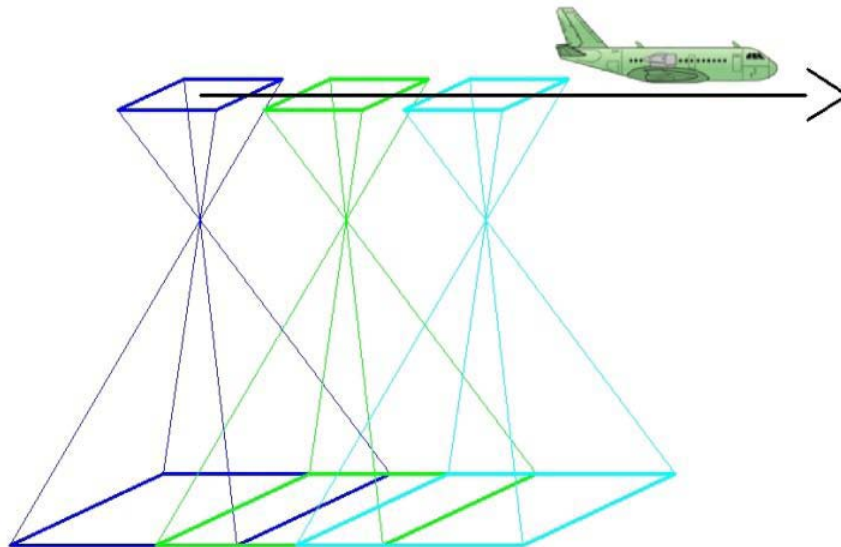


Figure II-3 : Acquisition des images le long de l'axe de vol.



Figure II-4 : Illustration d'un plan de vol et d'acquisition5

Ce dernier est établi au préalable :

- En respectant certaines règles comme le recouvrement : 60% des photos en longitudinal et 30 % en transversal. Ces valeurs sont bien entendu variables en fonction des missions.
- En fonction des spécifications du client. Celles-ci vont en effet conditionner les paramètres De vol : l'altitude, la taille de pixel sol, ou encore la précision de localisation.

Blés éléments embarqués :

La centrale inertielle a pour rôle d'enregistrer les Attitudes de l'avion autour des 3 axes que sont :

- l'axe de lacet,
- l'axe de roulis,
- Et l'axe de tangage.

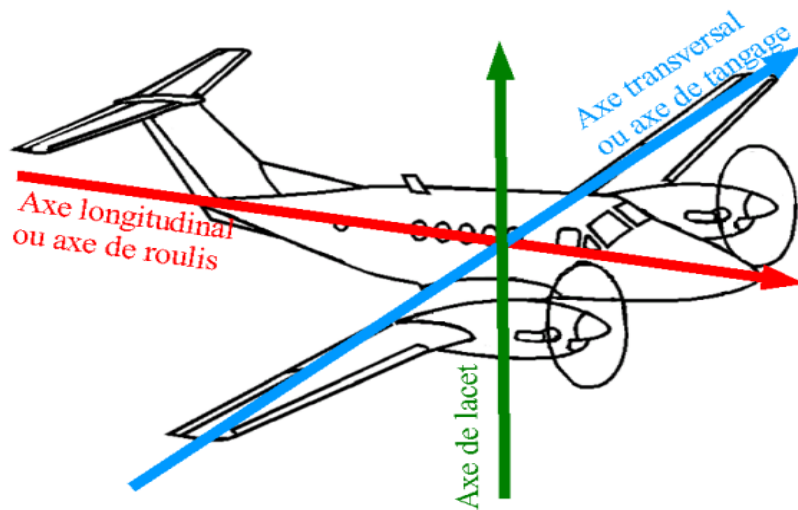


Figure II-5: Les 3 axes6

Le GPS pour enregistrer les coordonnées du centre de chaque cliché.

En associant les données inertielles et GPS, on obtient ainsi au cours du vol, la position dans l'espace

De chaque image au moment de son acquisition, garantie des précisions attendues [5][6]

II.7.2) SATELLITE

Dans le domaine de la topographie, ce sont les satellites d'observation de la terre qui nous intéressent, et plus particulièrement les "imageurs" opérant dans le domaine du visible et à THR8 (pixel sol $\leq 2,5$ m). Car ce sont les plus à même de pouvoir prétendre concurrencer l'aérien.

II.7) L'utilisation de l'ortho photo plan dues le cadastre :

Les ortho photo plans sont des photographies aériennes qui ont été traitées pour éliminer les déformations dues aux reliefs et à la perspective.

On obtient alors des photos avec des qualités métriques (c'est à dire des photos sur lesquelles on peut faire des mesures) ou autrement dit qui sont parfaitement superposables à une carte.

Pour effectuer ce redressement, on utilise un MNA (Modèle Numérique d'Altitude) ou un MNT (Modèle Numérique de Terrain) obtenu à l'aide de courbes de niveau ou de points d'altitude

II.8) La télédétection

II.9.1) Définition

La télédétection est une technique d'observation à distance par la mesure et le traitement du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par l'objet étudié, dans le but d'en tirer des informations concernant sa nature, ses propriétés et son état (TADJROUNI, 2006).

La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (Pouchain, 2001).

La figure suivante (figure I.) montre les différentes étapes, qui couvrent le processus de la télédétection, du début à la fin (TADJROUNI, 2006).

II.9.2) Caractéristiques des images numériques

Une image peut être présentée et affichée en format numérique en divisant l'image en petits morceaux de taille et de formes égales, que nous nommons pixels. La luminosité de chaque pixel est représentée par une valeur numérique (figure I.9).

Dans l'image de la figure I.9, l'image est composée de pixels. Chaque pixel a été doté d'une valeur représentant les différents niveaux de luminosité. L'ordinateur affiche chaque valeur numérique comme un niveau de luminosité. Les capteurs enregistrent alors électroniquement l'énergie en format numérique (en rangées de chiffres). Ces deux différentes façons de représenter et d'afficher les données de télédétection, par des moyens photographiques ou numériques, sont interchangeables car elles représentent la même information (mais chaque conversion peut engendrer une perte de précision) (1).

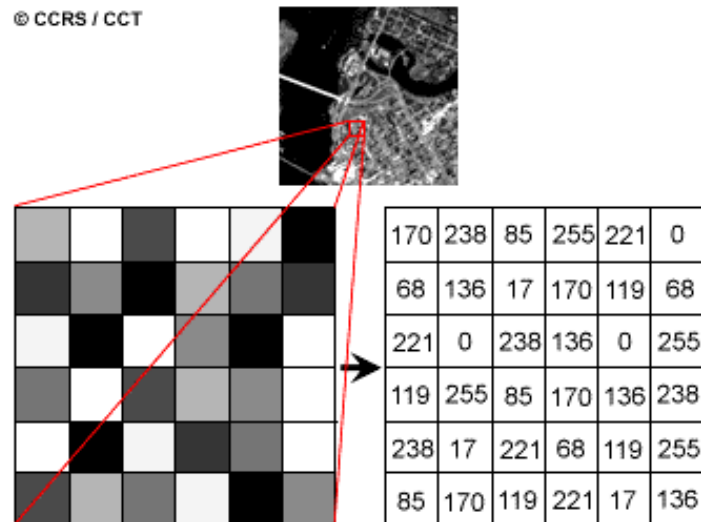


Figure II-6: L'image numérique (1).

II.9) Les différentes résolutions

II.10.1) Résolution spectrale

La résolution spectrale est l'aptitude d'un système de détection à distinguer des rayonnements électromagnétiques, de fréquences différentes. Plus le capteur n'est sensible à des différences spectrales fines (intervalles de longueurs d'onde étroits), plus la résolution spectrale du capteur n'est élevée.

II.10.2) Résolution spatiale

La résolution spatiale ou géométrique est la distance la plus petite permettant de discriminer deux objets voisins. En d'autres termes, c'est la superficie de la surface terrestre représentée par un pixel.

II.10.3) Résolution temporelle

La résolution temporelle d'un radiomètre est le changement que peut rapporter ce radiomètre entre deux dates pour une surface particulière. Cette résolution est très intéressante pour le suivi d'un phénomène à évolution dans le temps (études multi dates).

II.10.4) Résolution radiométrique

Elle est définie comme le seuil de sensibilité du radiomètre, c'est-à-dire la plus faible intensité réfléchie ou émise par la scène que le capteur est capable de détecter dans chaque bande spectrale (Robin, 1995)

II.10) Relation résolution spatiale / échelle cartographique

La télédétection est un moyen très commode pour la création des données planimétriques et de les introduire dans un SIG, d'où les images satellites à très haute résolution spatiale présentent un excellent support pour la cartographie.

Mais avec cette cartographie se rattache la notion d'échelle, qui est liée directement avec la résolution spatiale des images utilisées, la relation est simple : une résolution spatiale élevée permet d'obtenir une plus grande échelle.

Pour mieux expliquer cette relation, nous avons pris comme exemple un tableau établi par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES, France), et qui donne une idée sur la meilleure échelle possible à obtenir pour différentes résolutions spatiales, sans perte de clarté ni de qualité (voir tableau II.1). [4]

Tableau II-1 Image QUICKBIRD multi spectrale (région d'Alger) [7]

Résolution image (mètre)	Echelle cartographique
1000	1 / 500 000
30	1/80000
20	1/50000
10	1/24000
5	1/12000
1	1/2000

Un autre exemple donné par le CNES, mais cette fois-ci, basé sur l'erreur graphique du document cartographique qui correspond à 0.2 mm, et la taille du pixel. La relation entre ces grandeurs est exprimée par :

$$1/E : \text{Facteur d'échelle.} \quad 1/E = 2 \times 0.2/r$$

R : Taille du pixel, en MM.

Ainsi, nous établissons le tableau suivant (tableau II.3), qui donne les échelles

Tableau II-2 : Relation résolution spatiale / échelle cartographique, basée sur L'erreur graphique [9]

Taille de pixel	Echelle cartographique
20 m	1/50 000
10 m	1/25000
5 m	1/12500
1 m	1/2500

A chaque résolution spatiale correspond des applications cartographiques, dont le tableau ci-dessous (tableau II.4) présente quelques-unes :

Tableau II-3 :Résolutions spatiales et les applications thématiques, qui peuvent en être tirées [9]

Résolution image (mètre)	Application cartographique
1000	<p>Evaluer les éléments de végétation au niveau d'une province.</p> <p>Détecter des événements régionaux (sécheresse désertification, invasion, etc.).</p>
80	<p>Cartographier les structures géologiques régionales.</p> <p>Evaluer la santé de la végétation dans une région relativement vaste.</p>
20_30	<p>Localiser les aéroports, centres- villes, banlieues,</p> <p>centres commerciaux complexes sportifs et industriels,</p> <p>couvert forestiers et terres agricoles de grande superficie.</p> <p>Opérer une classification générale des</p>

	terrains.
10	Localiser et cartographier les bâtiments, cours d'eau, routes, terrains de sport, terrains agricoles et rues transversales. Opérer une classification des terrains de faible superficie.
1	Identifier et cartographier les éléments de plus d'un mètre carré : (Plaques d'égouts, bancs, voitures, abris de bus, routes nationales, trottoirs, équipements publics, clôtures, arbres et buissons isolés. Différencier les types de bâtiments

II.11) Satellite d'observation de la Terre – LANDSAT

Le programme Landsat est un des plus anciens programmes d'observation de la surface terrestre des États-Unis. Un de ses premiers objectifs était l'évaluation des volumes de récolte céréalière en URSS et aux États-Unis afin d'anticiper l'évolution des cours, voire de les influencer si nécessaire.

Sept satellites Landsat ont été lancés depuis le 23 juillet 1972. Le dernier, Landsat 7 a été lancé le 15 avril 1999.

Les instruments embarqués sur les satellites Landsat ont permis l'acquisition de plusieurs millions d'images. Elles constituent des ressources uniques pour l'étude des changements climatiques, l'utilisation des sols, la cartographie, la gestion de l'habitat ; ainsi que pour de nombreuses autres applications dans les domaines de l'agriculture, la géologie, la sylviculture, l'éducation etc.

Tous les satellites de la série LANDSAT ont une orbite héliosynchrone subpolaire inclinée à 98°2, avec un cycle de 26 jours (www2).

II.13.1) Première génération LANDSAT 1, 2, 3

Résolution des images de l'instrument MSS (Multi Spectral Scanner), 80 mètres en multi spectral (trois bandes dans le vert, le rouge et le proche infrarouge), et 120 mètres en infrarouge thermique (pour le cas de Landsat-3) (www2).

MSS - Multi spectral Scanner

Tableau II-4 : Bandes spectrales MSS (Landsat1, 2, 3).

Bandes spectrales (μm)	0.5 - 0.6 (vert)
	0.6 - 0.7 (rouge)
	0.7 - 0.8 (infrarouge)
	0.8 - 1.1(infrarouge)
Bande thermique (μm)	10.4 - 12.6 (infrarouge thermique)

II.13.2) Deuxième génération LANDSAT 4, 5

Toujours équipés de l'instrument MSS, mais sans caméra de télévision, doté d'un instrument à Balayage perfectionné, le TM (Thématique Mapper), dispose de sept canaux, dont six ont une Résolution spatiale de 30 m et l'un a une résolution de 120 m dans l'infrarouge thermique (www2).

Tableau II-5 : Bandes spectrales TM (Lindsay 4, 5).

Bandes (μm)	45 - 52
	52 - 60
	63 - 69
	76 - 90
	1.55 - 1.75
	10.4 - 12.5
	2.08 - 2.35

II.13.3) Troisième génération Landsat-7

L'instrument ETM+ de Landsat 7 dispose de 8 bandes de fréquences (www2).

Tableau II-6 :Bandes spectrales ETM+ (Landsat-7).

ETM - Enhanced Thématique Mapper	
Bandes multi spectrales : résolution 30 m	
6 bandes (µm)	0.45 - 0.52
	0.52 - 0.60
	0.63 - 0.69
	0.76 - 0.90
	1.55 - 1.75
	2.08 - 2.35
Bande thermique multi spectrale : résolution 60 m	
Bande (µm)	10.4 - 12.5
Bande panchromatique : résolution 15 m	
Bande (µm)	0.5 - 0.9

II.12) Cadastre et l'apport de SPOT-5

Les cartes à des échelles de 1/50000e, 1/25000e et le 1/10000e constituent des outils de base pour l'établissement du cadastre. Pour certains pays, où la planification des activités cadastrales se prépare sur la base des cartes topographiques anciennes, l'imagerie satellitaire à haute résolution spatiale de SPOT-5 comporte un potentiel significatif pour la cartographie. L'investigation du potentiel cartographique d'ortho image de SPOT-5 pour le suivi cadastral a montré que la précision de localisation dépend directement de la taille et de la forme de Propriété, de la topographie de zone, du type d'occupation de sol ainsi que de l'échelle de L'ortho image utilisée pour l'identification. L'ortho image de SPOT-5 est un intéressant choix pour la cartographie. Cependant, pour les petites propriétés; cadastre urbain et l'identification de bâtiments, il est recommandé d'utiliser les méthodes traditionnelles. [8]

II.13) Définition de la Spationaute

En cartographie, avec des images satellitaires, on peut produire des spationautes. Il s'agit d'une carte, avec en fond, une image spatiale.

Sur cette image, ramenée dans la géométrie de la carte, nous avons superposé plusieurs Couches (informations, toponymie) interprétées sur les images (réseaux routiers, réseaux Ferrés) ou issues de données exogènes (toponymie). À la différence d'une Carte topographique classique, une spationaute peut être réalisée très rapidement et est accessible à un prix très attractif, selon la quantité d'information souhaitée. Évidemment,

Plus le nombre d'informations sera grand, plus la carte sera onéreuse. Les spationautes Conviennent parfaitement aux grands espaces peu occupés par l'homme (parcs nationaux par Exemple), et de façon générale aux régions pauvres en information géographique. [9]

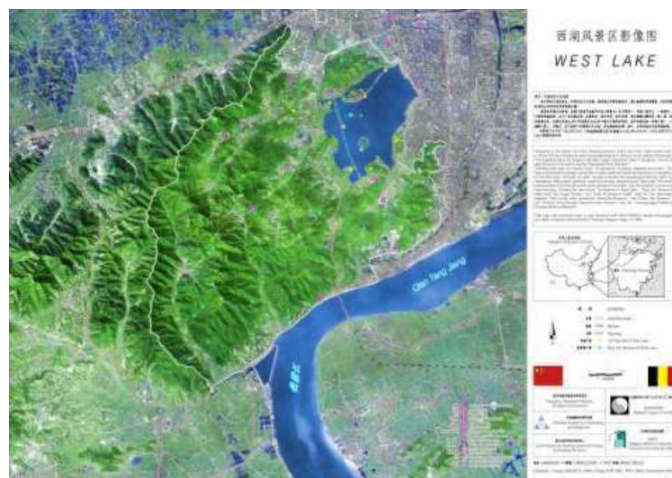
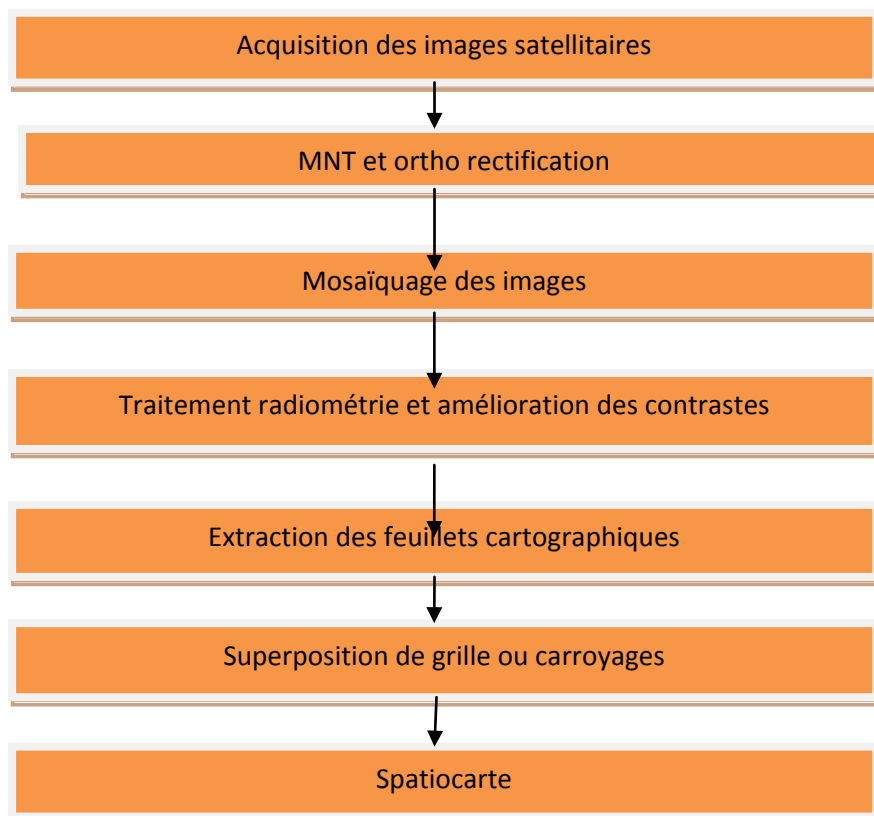


Figure II-7 : Exemple de spatiocarte [9]

II.15.1) La chaîne de production des spatiocartes



Après avoir sélectionné les images (archives ou nouvelles acquisitions en programmation), il faut, premièrement les ramener en superposition par rapport aux cartes. Pour ce faire, l'on

Utilisera des points d'appui. Il s'agit de points dont on connaît les coordonnées cartographiques et que l'on peut identifier sur les images.

Ces points d'appui peuvent provenir de cartes existantes ou être acquis par des techniques GPS. On identifiera également des points homologues entre les images dans les zones de Recouvrement. On utilisera également les paramètres d'orbite, les données sur la position et le Mouvement du satellite, etc. Tout cela permettra de déterminer un modèle géométrique par Image qui permettra de rectifier les images et de les rendre superposables aux cartes.

Deuxièmement, on ortho rectifie les images en utilisant un modèle numérique de terrain pour Supprimer les déformations dues au relief. Les images rectifiées et superposables aux cartes ne suffisent pas : leur découpage et leur orientation ne correspondent pas à ce que l'on a l'habitude d'utiliser en cartographie.

C'est pour cela que, dans un troisième temps, on va mosaïquer les images, c'est à- dire les Assembler et les découper en feuilles cartographiques. Au passage, on éliminera les différences radiométriques entre les images (harmonisation des images prises à des dates différentes).

Les traitements radiométriques qui suivent permettent d'améliorer la qualité de l'image : Adaptation des dynamiques, adaptation du contraste ou de la luminosité, filtrage, etc.

Pour obtenir une spatio-carte, il faudra, dans un quatrième temps, ajouter un ensemble D'éléments de repérages cartographiques (coordonnées, échelle, légende, index des coupures, Informations relatives à la projection, légende des surcharges, index des spatio-cartes, échelle Graphique, etc.). Enfin, la dernière étape sera l'ajout des surcharges, à partir des cartes existantes (routes, toponymie, etc.).

Le produit final est numérique. Il y aura donc des livraisons en support numérique (cédérom, Dévidé, etc.), mais également des éditions sous forme papier (impression sur un traceur ou en Offset). [9]

II.14) SPOT 5 :

Le système SPOT a été engagé en 1978 par le gouvernement français sur une base Essentiellement nationale, avec la participation de la Belgique et de la Suède, ces pays Contribuant à 4% des coûts du programme.

Les satellites SPOT permettent de découvrir des objets d'une dizaine de mètres sur Chacune des images de 60 kilomètres de côté. Recul, détail, répétitivité et souplesse d'emploi Par une programmation au jour le jour sont autant d'atouts qui font des satellites SPOT un

Outil fort utile dans bien des domaines. L'augmentation de la résolution va néanmoins de pair avec une diminution de la vue globale du paysage et une limitation de la répétitivité des Observations ; la fréquence des passages du satellite au-dessus d'un même point diminue.

Le 4 mai 2002, une fusée Ariane 4 a lancé SPOT 5 (figure 3). Les appareils emportés Par SPOT 5 sont repris, en comparaison avec les satellites anciens de la famille SPOT, en Annexe 2. SPOT résout les problèmes, mentionnés ci-dessus, par la possibilité de prendre des Données obliquement, une même région peut ainsi être observée par un même satellite environ tous les 4 jours.

Les données satellites envoyées par SPOT 5 sont de très haute résolution spatiale, et Ont ouvert la porte à un grand nombre de nouvelles applications. Cependant, cette grande Quantité d'informations pose des problèmes de stockage, de transmission et de traitement

II.15) Conclusion

Les cartes à des échelles de 1/50000e, 1/25000e et le 1/10000e constituent des outils de base pour l'établissement du cadastre. Pour certains pays, où la planification des activités cadastrales se prépare sur la base des cartes topographiques anciennes, l'imagerie satellitaire à haute résolution spatiale de SPOT-5 comporte un potentiel significatif pour la cartographie. L'investigation du potentiel cartographique d'orthoimage de SPOT-5 pour le suivi cadastral a montré que la précision de localisation dépend directement de la taille et de la forme de propriété, de la topographie de zone, du type d'occupation de sol ainsi que de l'échelle de l'orthoimage utilisée pour l'identification. L'orthoimage de SPOT-5 est un intéressant choix pour la cartographie. Cependant, pour les petites propriétés; cadastre urbain et l'identification de bâtiments, il est recommandé d'utiliser les méthodes traditionnelles [Corlazzoli, 2004].

Référence

- [4] **Se reporter au glossaire des termes techniques en page 62**
- [5] **Source : www.lebarmy.gov.lb/French/GeographicMain.asp**
- [6] **: www.wikipedia.fr**
- [7]

LIST DES TABLEAUX

III.	CHAPITRE III ORTHO RECTIFICATION ET.....	35
	SPATIOCARTOGRAPHIE.....	35
III.1)	INTRODUCTION :	35
III.2)	DEFINITION D'UNE ORTHO IMAGE :	35
III.3)	AVANTAGES DE L'ORTHO RECTIFICATION :	37
III.4)	LA PROCEDURE DE L'ORTHO RECTIFICATION :	37
III.4.1)	<i>La modélisation géométrique:</i>	37
III.4.1.1)	Modélisation physique :	38
III.4.1.2)	Modélisation mathématique polynomiale :	38
III.4.1.3)	Méthode hybride :	38
III.4.2)	<i>Le redressement différentiel :</i>	38
III.4.2.1)	La méthode directe (top down méthode) :	38
III.4.2.2)	La méthode indirecte (Botton up méthode) :	39
III.5)	DEFINITIONS DE LA SPATIOCARTE :	39
III.6)	CONTENU D'UNE SPATIOCARTE :	39
III.7)	HABILLAGE ET SURCHARGE DE LA SPATIOCARTE:.....	40
III.7.1)	Les surcharge :	40
III.7.2)	L'habillage :	41
III.8)	CLASSIFICATION DES SPATIOCARTES :	41
III.9)	LA SPATIOCARTE DE BASE ET THEMATIQUE :	41
III.10)	CHAINE DE TRAITEMENT EN STATIOCARTOGRAPHIE [WWW3] :	42
III.10.1)	Acquisition des images satellitaires :	42
III.10.2)	Modèle numérique de terrain et l'ortho rectification :	42
III.10.3)	Mosaïquée des images :	42
III.10.4)	Traitement radiométrie et amélioration des contrastes :	42
III.10.5)	Extraction des feuillets cartographiques :	43
III.10.6)	Superposition de grille ou carroyages :	43
III.11)	EVALUATION DE LA QUALITE DE LA SPATIOCARTE :	43
III.11.1)	Qualités métriques :	43
III.11.2)	Qualités cartographiques :	43

List des figures

figure Iii-1 :Schema General De L’ortho Rectification [Source : Ign] 36
 Figure Iii-2 : (A) Image Ortho Rectifiee, (B) Image Brute 36
 Figure Iii-3 :De La Projection Centrale A La Projection Orthogonale 37
 Figure Iii-4 :Schema Du Modele Geometrique..... 38
 Figure Iii-5 : Exemple De Spatiocarte [Source : Usgs] 40
 Domaine D’utilisation Des Spatiocartes 44

III. CHAPITRE III ORTHO RECTIFICATION ET SPATIOCARTOGRAPHIE

III.1) Introduction :

Aujourd’hui, la cartographie à partir des images satellitaires ou bien la spatiocartographie, possède un intérêt major pour la cartographie, en général, et l’on constate que son domaine d’utilisation s’élargit jour en jour. Mais, afin que cette image devient métrique, il faut qu’elle soit corrigée des différents défauts: c’est le principe d’ortho rectification.

Ce chapitre vient pour définir ces notions, et surtout le produit ‘spationaute’, son contenu, la classification des spationautes, les données nécessaires pour son élaboration et son domaine d’utilisation.

III.2) Définition d’une ortho image :

Une ortho image est une image numérique (photographique ou satellitaire), corrigée des déformations dues au relief du terrain, et à l’inclinaison de l’axe de prise de vues (figures III.1 et III.2).

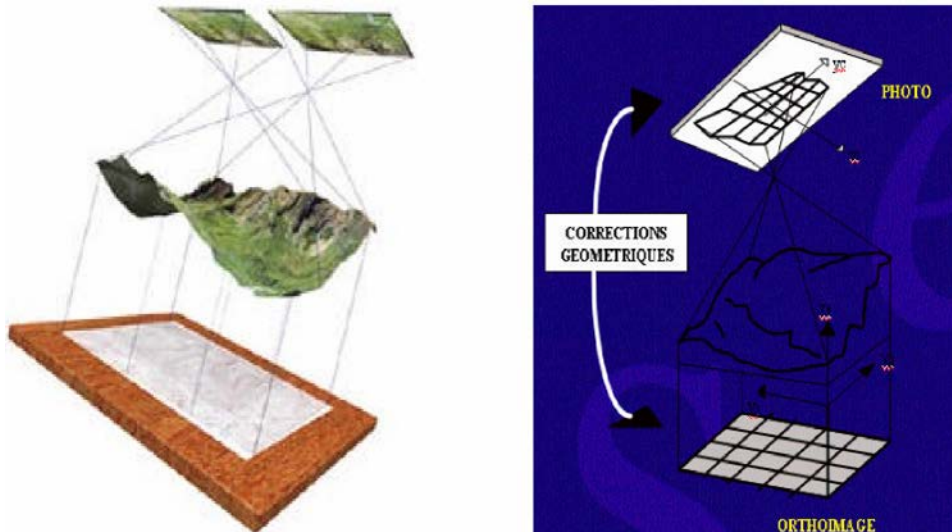


Figure III-1 :Schéma général de l’ortho rectification [Source : IGN]

Elle est donc un produit superposable à une carte (géo référencée), et facilement intégrable dans un SIG ou dans des logiciels de DAO. Elle permet de mesurer les longueurs, les surfaces d’objets visibles à l’écran, telles que routes, parcelles, etc.

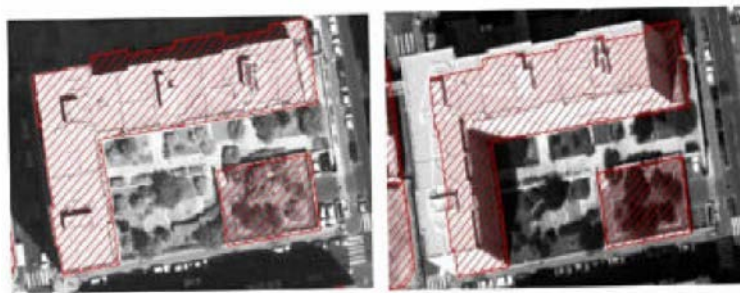


Figure III-2 : (a) image ortho rectifiée, (b) Image brute

L'ortho rectification est le processus qui transforme la projection centrale, qui est l'image, en une vue orthogonale de l'espace objet, avec une échelle constante (figure III.3), cela est fait par l'élimination des différentes distorsions existantes sur l'image [Jeff, 2004].

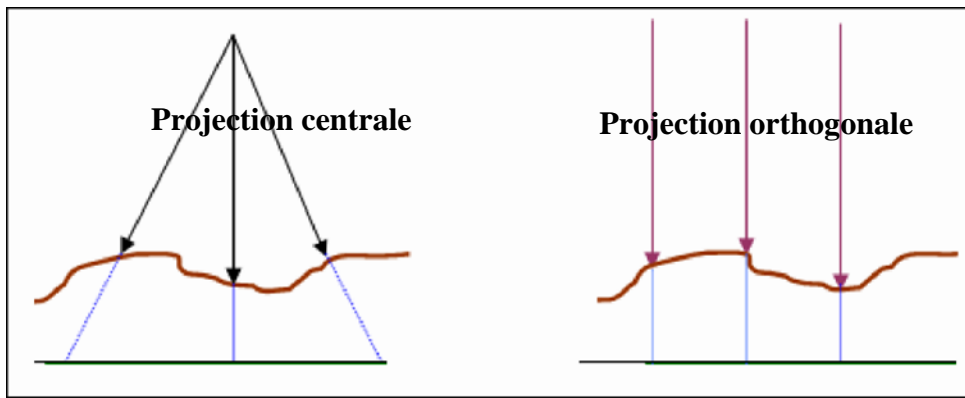


Figure III-3 :De la projection centrale à la projection orthogonale

Projection centrale

III.3) Avantages de l'ortho rectification :

Les ortho photos ou les ortho images présentent des avantages significatifs, comparés aux cartes conventionnelles [Aman] :

- Les ortho images ont la même qualité géométrique des cartes mais elles sont plus riches en informations ;
- L'utilisateur peut mesurer des distances et dessiner sans le stereorestituteur ; > Coût de production relativement bas ;
- Leur génération est automatique ;
- Une couche importante dans les SIG ;
- Plus présentable et plus facile à lire que la carte.

III.4) La procédure de l'ortho rectification :

III.4.1) La modélisation géométrique:

Les modèles géométriques représentent la relation mathématique (modèles de déformation) entre les coordonnées dans l'image brute et les coordonnées dans le système de référence utilisé (carte, autre image de référence,...) qui est celui de l'image corrigée à construire (figure III.4).

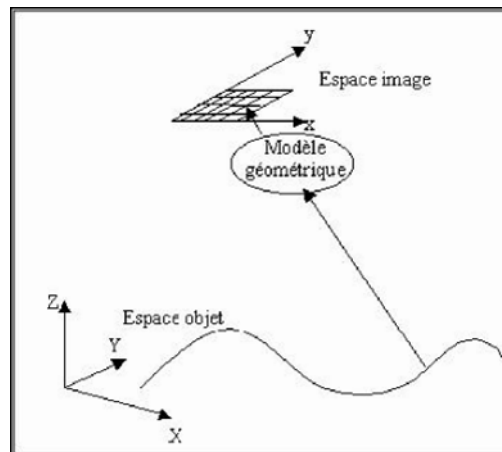


Figure III-4 :Schéma du modèle géométrique.

Trois cas peuvent se présenter

III.4.1.1) Modélisation physique :

On connaît les modèles de déformation avec une grande précision : il suffit donc de modéliser la prise de vue en prenant en compte les déformations connues ; on parle de « modèle de prise de vue

III.4.1.2) Modélisation mathématique polynomiale :

On ne connaît pas les modèles de déformation : on estime alors ces déformations à l'aide de Points d'appui que l'on connaît, par leurs positions sur le terrain et dans l'image brute.

III.4.1.3) Méthode hybride :

On les connaît mais avec une précision insuffisante : on calcule alors le modèle de prise de vue et on le recale à l'aide de quelques points d'appui La construction de l'image corrigée ou rectification, correspond au calcul de la valeur de chaque pixel de l'image corrigée, par interpolation entre les pixels voisins, dans l'image brute.

III.4.2) Le redressement différentiel :

Le redressement différentiel est une technique de correction de chaque élément de l'image, des effets du terrain et du capteur, elle peut être accomplie de deux manières différentes :

III.4.2.1) La méthode directe (top down méthode) :

En partant des coordonnées photographiques vers les coordonnées terrain,

III.4.2.2) La méthode indirecte (Bottom up méthode) :

Dans cette méthode, le redressement de l'image se fait en partant de l'ortho photo graphie sous forme de matrice de pixels d'une taille déterminée. Ainsi, pour chaque paire de coordonnées (X_a , Y_a) de l'ortho photo, on détermine l'altitude correspondante $Z_a = f(X_a, Y_a)$, à partir du MNT dont on dispose. Le point de coordonnées (X_a , Y_a , Z_a) est ensuite projeté sur la photographie en utilisant les équations de colinéarité pour obtenir les coordonnées photographiques correspondantes. Ces coordonnées seront ensuite corrigées, si nécessaire, des différentes distorsions (optiques, courbure terrestre, réfraction,...), avant la transformation en coordonnées images [Ettarid].

III.5) Définitions de la spatiocarte :

- Carte dont le fond est une image, et non pas un dessin, obtenue par satellite (mosaïquage de plusieurs scènes brutes, ayant fait l'objet d'une correction géométrique rigoureuse), sur lesquelles ont été rajoutées des informations complémentaires.
- C'est un document cartographique ayant pour fond des données image, recueillies par les satellites d'observation de la Terre, combinées éventuellement avec des éléments annexes tirés, par exemple, de cartes existantes, de base de données ou résultant de l'interprétation des données images elles même [Mehimmedetsi, 2003].

III.6) Contenu d'une spatiocarte :

Le fond d'image de la spatiocarte résulte de l'extraction d'une portion d'image ou d'un assemblage d'images (mosaïqué), selon un découpage qui pourra être celui de la cartographie de base (standardisation). La spatiocarte (figure III.5) présente l'information sur l'occupation du territoire. On y retrouve les toponymes, par exemple, et l'interprétation des couleurs, des textures et des formes permettent de déterminer :

- Information forestière : essences feuillues, mélangées, résineuses, coupes forestières ;
- Information agricole : grandes cultures annuelles ou pérennes ;
- Information sur les agglomérations urbaines ;
- Information sur l'hydrographie: lacs, rivières, etc. ;
- Information sur le réseau routier, etc.

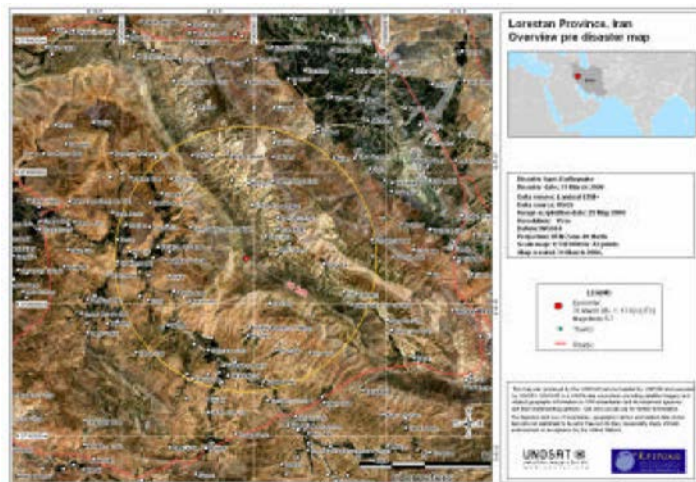


Figure III-5 : Exemple de spatiocarte [Source : USGS]

Et comme toute carte, ce produit spatiocarte contient certaines informations graphiques et textuels nécessaires à son usage.

III.7) Habillage et surcharge de la spatiocarte:

Trois sortes de données complémentaires peuvent être utilisées en fonction des besoins de l'utilisateur : des données géométriques (localisation de repère, carroyage, etc.), topographie et infrastructure (complément pour l'interprétation de l'image), et informations générales pour l'utilisation de la spatiocarte (légende, titre, références, etc.) [CNES].

III.7.1) Les surcharge :

Elles correspondent aux données topographiques.

Les éléments linéaires, ponctuels, surfaciques ou textuels ajoutés à l'image dépendent étroitement du cahier des charges et donc des spécificités du produit (quelles informations voulons-nous mettre en évidence sur la spatiocarte ?). Les objectifs peuvent être résumés comme suit :

- > Informations altimétriques, relief (courbes de niveau, points cotés) ; > Toponymie ;
- > Limites administratives ;
- > Réseau routier et ferroviaire, occupation du sol.

III.7.2) L'habillage :

Un certain nombre d'indications périphériques à l'image, ou habillage, doivent figurer, comme dans tout document cartographique. Dans le cas de spatiocartes, l'information périphérique peut être scindée en deux entités :

- Les éléments relevant de la cartographie traditionnelle (titre de la feuille, référence de la feuille, amorces et croisillons géographiques et/ou cartographiques, déclinaison magnétique, échelle alphanumérique et graphique, tableau d'assemblage général du pays, type de projection et ellipsoïde utilisé, légende complète des signes et figurés ajoutés, copyrights image et carte) ;
- Les éléments spécifiques à la spatiocarte : tableau d'assemblage des scènes utilisées, avec pour chaque scène : le capteur, couverture géographique de la scène (KJ, pour SPOT ; ou orbite et numéro de scène sur l'orbite pour LANDSAT), date de prise de vue, canaux utilisés, mode de prise de vue, niveau de prétraitement, traitements réalisés, origine et fiabilité des données topographiques, légende thématique si nécessaire.

Cette liste peut être allégée en fonction du but poursuivi. Néanmoins, le produit final devra au moins présenter des informations permettant le repérage et la localisation géographique et/ou cartographique sur l'image; en particulier une ébauche de carroyage (échelle géographique et/ou cartographique).

III.8) Classification des spatiocartes :

On peut les classer en deux grandes familles [CNES] :

- A vocation topographique : dont le fond image et les surcharges permettent une utilisation topographique, le fond d'image est prépondérant par rapport à tout type d'interprétation.
- A vocation thématique : dont le fond image a été partiellement ou entièrement interprète afin de représenter un ou plusieurs thèmes analysés.

III.9) La spatiocarte de base et thématique :

Le degré de l'interprétation et les surcharges ajoutées à l'image permettent de définir deux types de produits :

- La spatiocarte dite de base ou cartographique dans laquelle la donnée image n'est pas interprétée. Le document est un extrait d'image ou une mosaïque d'images rectifiées

et rehaussées. Il est généralement présent selon un découpage cartographique standard.

Des éléments de planimétrie (toponymes, réseaux. etc.) et/ou d'altimétrie (courbes de niveaux, point cotes) peuvent être ajoutés et associés à une légende.

- La spatiocarte thématique dans laquelle l'image est interprétée pour extraire un ou plusieurs thèmes caractérisés sur le document par des codes thématiques, associe une légende, qui indique la nature de certains objets, des éléments de planimétrie et/ou d'altimétrie peuvent être ajoutés.

III.10) Chaîne de traitement en spatio-cartographie [www3] :

III.10.1) Acquisition des images satellitaires :

Après avoir sélectionné les images (archives ou nouvelles acquisitions en programmation), il faut, premièrement les ramener en superposition par rapport aux cartes. Pour ce faire, l'on utilisera des points d'appui. On identifiera des points homologues entre les images dans les zones de recouvrement. On utilisera également les paramètres d'orbite, les données sur la position et le mouvement du satellite, etc. Tout cela permettra de déterminer un modèle géométrique par image qui permettra de rectifier les images et de les rendre superposables aux cartes.

III.10.2) Modèle numérique de terrain et l'ortho rectification :

Deuxièmement, on ortho rectifie les images en utilisant un modèle numérique de terrain pour supprimer les déformations dues au relief. Les images rectifiées et superposables aux cartes ne suffisent pas : leur découpage et leur orientation ne correspondent pas à ce que l'on a l'habitude d'utiliser en cartographie.

III.10.3) Mosaïquée des images :

Dans un troisième temps, on va mosaïquer les images, c'est-à-dire les assembler et les découper en feuilles cartographiques. Au passage, on éliminera les différences radiométriques entre les images (harmonisation des images prises à des dates différentes).

III.10.4) Traitement radiométrie et amélioration des contrastes :

Les traitements radiométriques qui suivent permettent d'améliorer la qualité de l'image : adaptation des dynamiques, adaptation du contraste ou de la luminosité, filtrage, etc.

III.10.5) Extraction des feuillets cartographiques :

Les coordonnées des pixels dans l'image sont en ligne, colonne (p, q). Il s'agit essentiellement de passer de manière automatique en une gestion des pixels en coordonnées cartographiques.

III.10.6) Superposition de grille ou carroyages :

Pour obtenir une spatiocarte, il faudra, ajouter un ensemble d'éléments de repérage cartographique (coordonnées, échelle, légende, index des coupures, informations relatives à la projection, légende des surcharges, index des spatiocartes, échelle graphique, etc.).

III.11) Evaluation de la qualité de la spatiocarte :

Six critères sont retenus pour évaluer la qualité cartographique de spatiocartes qui peuvent être regroupés en deux rubriques [CNES]:

III.11.1) Qualités métriques :

- 1- Exactitude et précision du traitement géométrique de l'image ou de la mosaïque servant de Fond ;
- 2- Cohérence du système de représentation cartographique : découpage, format, habillage.

III.11.2) Qualités cartographiques :

- 1- Richesse et fiabilité de l'information : information image et surcharges ;
- 2- Mise en place de l'information, rigueur des données et des processus cartographiques ;
- 3- Esthétique (cartographique) de l'ensemble du document ;
- 4- Qualité de l'édition.

Les contrôles de qualité doivent intervenir à chaque étape du processus d'élaboration de la spatiocarte.

Domaine d'utilisation des spatiocartes

Il découle tout naturellement des caractéristiques principales énoncées ci-dessus que les domaines principaux d'utilisation des spatiocartes se situent actuellement dans les secteurs suivants [CNES]:

- Cartographie d'urgence ;
- Cartographie de zones difficilement accessibles ;
- Cartographie nécessitant un "suivi" des phénomènes ; > Mise à jour des cartes traditionnelle
- SIG et bases de données géo référencées ; > Urbanisme et cadastre ;
- Etc.

List de matières

IV.	CHAPITRE IV APPLICATION- PROCEDURE TECHNIQUE	44
IV.1)	INTRODUCTION :	44
IV.2)	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :	44
IV.3)	VALIDATION DU POTENTIEL GEOMETRIQUE POUR CHAQUE ORTHO IMAGE :	46
IV.4)	LOGICIELS UTILISES :	45
IV.5)	OUTILS INFORMATIQUES :	45
IV.6)	VERIFICATION DE L'ORTHO IMAGE, ISSUE DE MNT – CARTE TOPO :	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
IV.6.1)	<i>Mesure de superficies</i> :	46
IV.6.2)	<i>Mesure de distances</i> :	47
IV.6.3)	<i>Calcul des écarts des coordonnées de points</i> :	49
IV.7)	DISCUSSIONS DES RESULTATS OBTENUS :	50
IV.8)	MODALITES DE CONDUITE DES OPERATIONS CADASTRALES, EN ZONES STEPPIQUES	50
IV.8.1)	Réunion des documents :	51
IV.8.2)	Etablissement d'un plan d'ensemble du périmètre urbain de la commune :	51
IV.9)	CORRECTION ET INTERPRETATION DE L'ORTHO IMAGE	51
IV.10)	PREPARATION DES PLANS CROQUIS DE DELIMITATION :	51
IV.10.1)	Opération de délimitation, en milieu urbain :	51
IV.10.2)	Opération de délimitation, en milieu rural :	52
IV.10.3)	Délimitation du domaine public, en zones rurales :	52
IV.11)	AUTRES PRODUITS :	52
IV.12)	LIMITES DE L'UTILISATION DE SPOT -5 :	53
IV.13)	ALS AT -2 AU SERVICE DU CADASTRE :	53

List des tableaux

TABEAU IV-1 ;	TABEAU DES TOLERANCES ET DES ECARTS (SURFACES).....	47
TABEAU IV-2 :	TABEAU DES TOLERANCES ET DES ECARTS (DISTANCES).	48
TABEAU IV-3	TABEAU DES ECHELLES EN FONCTION DE CE90	50

List des figures

FIGURE IV-1 :	LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE IV-2 :	N REPARTITION DES PARCELLES.....	46
FIGURE IV-3	.ILLUSTRE LES RESULTATS DES TOLERANCES ET LES ECARTS SUR LES MESURES DE DISTANCES :	48

IV. CHAPITRE IV APPLICATION- PROCEDURE **TECHNIQUE et **juridique****

IV.1) Introduction :

Dans cette partie nous présentons le déroulement pratique de notre étude, qui vise à appliquer

Les différentes étapes de l'instruction pour faciliter par la suite la critique de cette dernière, sur le

Plan non seulement juridique mais aussi technique.

Notre application va s'effectuer sur la commune d'El Bayadh qui rentre dans la catégorie des

Zones steppiques. Le choix s'est porté sur cette commune pour les raisons suivantes :

- Disponibilité de la donnée cadastrale numérique et de l'image satellitaire traitée (image Spot-5 ortho rectifié) ;
- Diversité de relief ;
- Occupation hétéroclite de l'espace.

Dans cette étude, nous avons utilisé une image satellite type SPOT-5, le choix est porté sur Ce type d'image en raison de la résolution spatiale (2,5 m), jugée suffisante pour restituer L'information en zones steppiques.

L'image utilisée est corrigée des différentes déformations et présentée sous forme d'ortho image pour qu'on puisse l'exploiter dans notre projet après vérification de sa qualité géométrique en fonction des précisions exigées par le cadastre.

IV.2) Présentation de la zone d'étude :

La commune d'El Bayadh est une commune steppique Algérienne, située au Nord -Ouest de

L'Algérie, délimitée par les parallèles 33°, 2674 et 33°, 9179 Nord, et les méridiens 0, 7923 et

1°, 5866 Est, couvrants une superficie de (48 783 Ha).

La commune d'El Bayadh est délimitée territorialement comme suit :

Au Nord-Est par les communes de Stettin et Chergui ;

A l'Ouest par les communes de Rognasse ; El méhara et Kaf El Ahmar ;

A L'Est par les communes de Gassouilla et Stettin ;

Au Sud par les communes d'Ain el orak et Krakda.

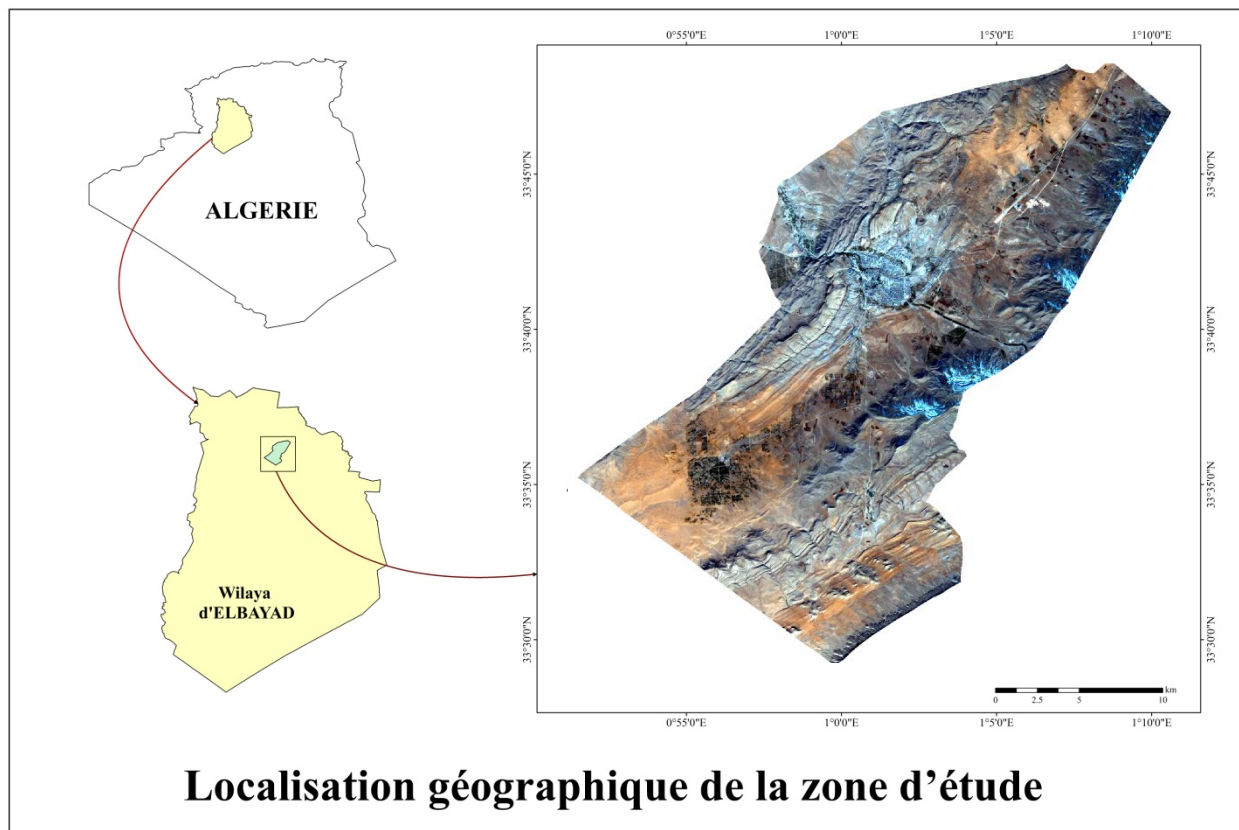


Figure IV-1 : Localisation de la zone d'étude

IV.3) Logiciels utilisés :

Nous avons utilisé 1 logiciel :

- Arc GIS version 10.1 pour la vectorisation de cartes scannées, l'analyse spatiale et autres opérations.

IV.4) Outils informatiques :



- PC portables:

- Marque HP

- Intel(r)coré(Tm) i3-2670qmcpu2.20ghz ;
- Ram 6go;
- Lecture DVD;
- Windows 8 Edition intégral;
- Système d'exploitation 64bits ;

IV.5) Validation du potentiel géométrique pour chaque ortho image :

La validation de la qualité géométrique des ortho images se fait sur la base de trois types de mesures : surfaciques, linéaire (distances) et ponctuelles (les points).

IV.6.1) Mesure de superficies :

Le calcul des superficies des parcelles agricoles a été réalisé à partir d'un lever topographique direct (sur terrain, par un levé GPS), voir figure IV.2



Figure IV-2 : Répartition des parcelles

En ce qui concerne les tolérances applicables, on a utilisé des formules empiriques, utilisées par le service du cadastre, pour vérifier les contenances des îlots et parcelles. Les formules données par l'instruction N° 16 du 24 Mai 1998, relative à la conduite des opérations cadastrales d'immatriculation foncière, modalités techniques relatives à l'organisation des travaux du cadastre général et à la confection des documents cadastraux, sont comme suit:

$$E_p = \frac{E}{5000} \times \sqrt{S} \quad E_m = 1.5 \times \frac{E}{5000} \times \sqrt{S} \quad T = 4 \times \frac{E}{5000} \times \sqrt{S}$$

Où

E: dénominateur de l'échelle,

S: surface (en ca),

Ep: erreur probable,

Em: erreur moyenne,

T: tolérance

Le résultat du calcul des contenances des parcelles et les précisions est présenté dans le tableau IV.1

Tableau IV-1 ;Tableau des tolérances et des écarts (surfaces).

Parcelle	Surface cal	Surface-spatiocarte	Tolérance	Ecart
1	51741	50821,007	112.71	- 919.993
2	115724	115409,041	169.85	- 314.959
3	161937	162685,96	201.67	748.96
4	193769	193191,6	219.76	-577.4

L'analyse des résultats obtenus par les deux méthodes topographique et numérique montre que toutes les différences de surfaces sont dans la tolérance.

IV.6.2) Mesure de distances :

Le calcul de la tolérance des distances est fait à partir de la formule suivante

$$Tr (cm) = 200 + \frac{D (m)}{10}$$

Tr (cm) : tolérance en centimètre.

D : la longueur réelle du mesurage (m).

Pour les distances supérieures à 800m, on tiendra pour D la valeur constante de 800 mètres. Ce contrôle est reporté sur l'imprimé 'Classement des écarts', dans l'instruction du cadastre.

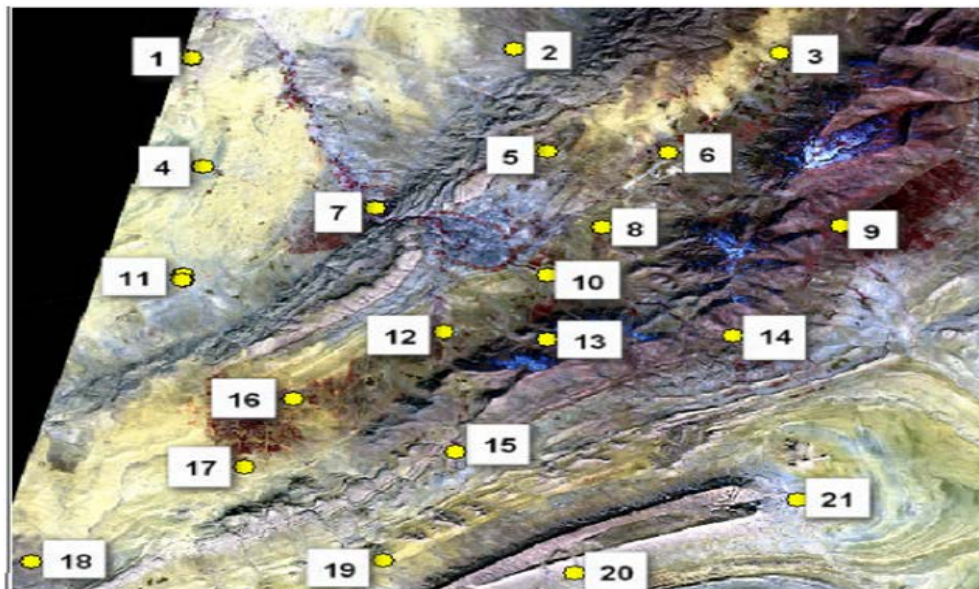


Figure IV-3. illustre les résultats des tolérances et les écarts sur les mesures de distances :

Tableau IV-2 : Tableau des tolérances et des écarts (distances).

Distance	Distan ce réelle	Distan ce musé	Toléra nce (m)	Ecart(m)
Dist 6-8	11620, 0394	11614, 16121	2.8	5,88
Dist 6-12	13564, 6345	13562, 01828	2.8	2,62
Dist 6-11	8581,5 6573	8580,5 9332	2.8	0,97
Dis 9-8	8695,2 3413	8695,50 7477	2.8	-0,27
Dist8-11	7653,3 6513	7648,28 0886	2.8	5,08
Dist 9-11	3525,6 4696	3526,81 0559	2.8	-1,16
Dist 17-8	16056, 0489	16054, 44168	2.8	1,61
Dist 11-17	16052, 1525	16045, 66538	2.8	6,49
Dist 12-17	10954, 1556	10949, 81458	2.8	4,34

D'après les résultats du tableau IV.2, en remarque qu'il y cinq valeurs de distances qui sont dans la tolérance, et que quatre valeurs sont hors tolérance.

IV.6.3) Calcul des écarts des coordonnées de points :

Le calcul précis des coordonnées des points, est fait avec la formule statistique suivante :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Où :

σ_x : L'écart type

x_i : La valeur mesurée.

\bar{x} : La moyenne arithmétique.

n : nombre de mesures.

• La norme NMAS :

Les précisions standard, sont déterminées par l'utilisation des normes de National Mapping Accuracy Standards (normes nationales de précision cartographique, Etats-Unis).

• Précision horizontale :

Pour des cartes à publier dans des échelles plus grand que le 1/20 000e, pas plus que 10% des points mesurés dépassent la tolérance de 0.84666 mm (1/30 niches) à l'échelle de la carte.

Et pour les cartes à une échelle plus petite que le 1/20 000e, cette tolérance est de 0.508 mm (1/50 niches). L'U.S NMAS exige que pas plus de 10% des points sur la carte dépassent la tolérance

Le NMAS utilise l'indice CE90 (tableau IV. 3), qui est l'erreur à un intervalle de confiance de 90% pour évaluer la qualité des documents, ces quantités peuvent être interprétées comme suit :

90% des bonnes mesures sont dans un cercle de rayon CE90 mesure et un centre de "coordonnées moyennes" (qui sont considérées comme approximation des vraies valeurs).

La connaissance de la précision géométrique après l'ortho rectification est nécessaire afin de garantir une fiabilité du document produit. Cette précision est reliée directement au modèle mathématique utilisé, à la précision du MNT, à l'erreur sur la mesure humaine et autres sources d'erreurs

$$CE90 = 2,146 \times \sigma_x$$

Tableau IV-3 Tableau des échelles en fonction de CE90

Echelle de carte	CE90
1/10 000	8,47
1/25 000	12,7
1/100 000	50,8
1/250 000	127
1/500 000	254
1/1000 000	1016

IV.6) Discussions des résultats obtenus :

D'après ces résultats, la formule du paragraphe IV. 8.1.2, pour le calcul des distances, n'est plus valable pour les distances supérieures à 800 mètres (ça vérifie la remarque signalée dans l'instruction du cadastre). Donc, l'appui des contrôles sera basé essentiellement sur les écarts sur les coordonnées des points d'appui.

On peut dire qu'avec une image SPOT-5, super mode, et un MNT issu d'une carte de 1/50000e, on peut atteindre l'échelle de 1/10 000e, pour obtenir un document métrique.

Le MNT – SRTM peut donner une échelle identique, ce qui offre une solution optimale pour les services du cadastre, afin de réaliser des spatonautes en zones non couvertes par des cartes topographiques.

IV.7) Modalités de conduite des opérations cadastrales, en zones steppiques

Nous allons présenter, à travers ce paragraphe, quelques propositions techniques et recommandations juridiques concernant l'établissement du cadastre en zones steppiques, afin de bien mener les travaux futurs dans ce domaine.

La plupart des propositions, qui seront présentées par la suite, sont inspirées de l'instruction n° 16 du 24 mai 1998 relative à la conduite des opérations cadastrales et d'immatriculations foncières, et ce pour la raison de rester sous l'ossature organisationnelle de ladite instruction.

On présentera, par la suite, quelques propositions concernant l'établissement du cadastre steppique, en utilisant la spatocarte, comme support de base, avec les limites de son utilisation.

IV.8.1) Réunion des documents :

En plus des documents cités dans l'instruction (ortho photos, restitutions, cartes, etc.), on propose d'insérer les documents et produits suivants :

- Images Spot 5, super mode de 2,5 mètres de résolution spatiale (niveau 3, produit ortho rectifié) ou autres images de résolution spatiale similaire d'autres capteurs, sinon ;
- L'ajout d'un modèle numérique de terrain (MNT) et points d'appui, pour un produit ortho rectifié ;
- Mission GPS sur terrain, pour une opération de contrôle et d'ajustement ;
- Traitements numériques de l'image (amélioration du contraste, découpage communal, spatonaute) ;

IV.8.2) Etablissement d'un plan d'ensemble du périmètre urbain de la commune :

Après l'opération de délimitation du territoire communal, avec ses trois phases (travaux de reconnaissance, établissement des croquis visuels et la rédaction du procès-verbal), nous procédons à la délimitation du périmètre urbain.

La spatiocarte établie va nous permettre de constituer un plan d'ensemble de toute l'agglomération de la commune, qui sera représentée sur une ou plusieurs feuilles de format utile de 83 cm X 60 cm, à l'échelle du 1/10 000ième.

Nous suggérons de respecter les règles prescrites dans l'instruction, en matière de :

- Découpage en secteurs, en milieu urbain, et
- Le découpage en sections (milieu urbain et rural).

Il est à noter, ici, que le sectionnement débute sur un tirage papier de la spatiocarte, en utilisant le gabarit correspondant, puis le technicien du cadastre reporte ces nouvelles limites sur l'image

Numérique.

IV.8) Correction et interprétation de l'ortho image

L'ortho image acquise dans le cadre de notre application, a subit des traitements radiométriques d'amélioration du contraste afin de faciliter l'interprétation des objets notamment en milieu urbain, ce qui nous a aidé à bien contrôler la cohérence entre l'ortho image et la restitution utilisée.

IV.9) Préparation des plans croquis de délimitation :

IV.10.1) Opération de délimitation, en milieu urbain :

Avec l'échelle obtenue (le 1/10 000ième), la délimitation des îlots de propriété, en milieu urbain, est devenue impraticable (de point de vue cadastre). On suggère une nouvelle opération de délimitation, qui se réalise sur un nombre entier d'îlots (bloc d'îlots). Le

technicien du cadastre commence à numériser, sur écran, les limites des blocs d'îlots afin d'obtenir un maximum de détails planimétriques. Un tirage graphique sur une feuille de format A3 (42 cm x 59,4 cm), comme sous croquis, permet par la suite de réaliser un complètement topographique sur terrain de chaque bloc d'îlots.

IV.10.2) Opération de délimitation, en milieu rural :

Pour le milieu rural, où l'étendu surfacique est considérable, on suggère de reporter le maximum de détails visibles sur l'image (parcelles agricoles, oasis, terrains de parcours, réseau hydrographique, etc.), ensuite, comme dans le procédé classique, un complètement topographique sur terrain.

IV.10.3) Délimitation du domaine public, en zones rurales :

Concernant le domaine public, en dehors de la délimitation classique, on propose de réaliser une nouvelle couche d'information (cartographie). Cette fois-ci, une cellule au niveau de chaque direction wilaya sera instaurée (les wilayas steppiques sont concernées), est chargée de réaliser des plans et cartes reportant tous les détails et limites du domaine public, que ce soit naturel ou artificiel, et ce en zones rurales. C'est-à-dire, une cartographie prompte, afin de satisfaire les besoins nationaux en matière d'investissement économique. L'objectif est de faire la distinction entre tout ce qui est domaine de l'Etat de celui des propriétaires privés.

IV.10) Autres produits :

Parmi les différents bureaux disponibles au niveau de chaque direction wilaya de cadastre, on distingue le bureau des travaux spéciaux. Ce dernier est chargé de réaliser des levés et travaux topographiques au profit des autres services étatiques (travaux publics, hydraulique, aménagement de territoire, etc.). On propose, pour ce bureau, une nouvelle tâche qui est la réalisation :

- Des couches altimétriques ou modèles numériques de terrain - MNT (par numérisation, par couples d'images, soit par commande directe du produit). Le MNT, déjà utilisé pour l'ortho rectification, ne doit pas rester dans l'archive des services du cadastre, pourrait être utilisé ultérieurement.
- Autres produits cartographiques, dérivés de l'images SPOT-5, comme la carte d'occupation du sol, carte de l'indice de végétation (NDVI), carte de risque de désertification, pour chaque commune, sa réalisation est confiée au même bureau, et ce

pour s'engager dans les programmes nationaux de développement pour lutter contre les fléaux naturels qui menacent ces zones steppiques (désertification, criquets, etc.).

Une masse considérable d'informations sera élaborée, où les techniciens du cadastre participeront d'une manière efficace dans le développement économique du pays. Le service du cadastre restera comme toujours au service d'autres utilisateurs de l'information numérique géoréférencée.

IV.11) Limites de l'utilisation de SPOT -5 :

L'outil spatial a prouvé son apport en matière de cartographie des grands étendus. SPOT-5 nous a permis d'obtenir une échelle optimale, qui peut servir énormément aux travaux préparatoires du cadastre en zones steppiques. Reste sa résolution spatiale de 2,5 mètres qui nous a limité en milieu urbain. Le cadastre Algérien qui a pour objectif l'inventaire exhaustif de la propriété foncière, ne peut se servir efficacement avec une telle résolution, dans les centres d'agglomérations et groupements d'îlots.

IV.12) ALS AT -2 au service du cadastre :

Un deuxième satellite algérien, successeur du premier réussi ALSAT- 1, sera mis en orbite dans le futur proche. Dénommé ALSAT-2, ce satellite qui survola à une altitude de 600 km, doté de quatre canaux avec une répétitivité améliorée et résolution spatiale de 2,5 mètres, pouvait contribuer énormément dans les opérations d'établissement du cadastre en zones steppiques, et recommandé également pour les zones sahariennes.

Références bibliographiques

- [1] AYMAN HABIB: « Cours de photogrammétrie ». Université de Calgary, Canada. CNES: Centre National des Etudes Français, France. www.cnes.fr
- [2] CORLAZZOLI M., A., FERNANDEZ O. L. B., 2004: « SPOT 5 Cadastral validation project in Izabal, Guatemala ». ISPRS 2004. www.isprs.org/istanbul2004/comm1/papers/54.pdf
- [3] DEGAÏCHIA F., 2004: « Potentiel cartographique des images IKONOS ». GEO, ISPRS 2004.
ETTARID MOHAMED: « Cours de photogrammétrie », Institut d'Agronomie et de Vétérinaire, IAV – Rabat, Maroc.
- [4] FRASER CLIVE, 2003: George Vozikis, Clive Fraser, Josef Jansa, Alternative Sensor Orientation Models For High Resolution Satellite Imagery. Band 12 "Publikationen der DeutschenGesellschaftfürPhotogrammetrie, FernerkundungundGeoinformation", Bochum, pp. 179- 186. 2003.
- [5] ISSAM BOUKERCH, 2006: « Intégration de l'imagerie satellitale à THR spatiale dans la filière cartographique – Elaboration et actualisation d'une carte numérique à grande échelle

- Application à la confection d'une Orthoimage de la région d'Arzew. ». Mémoire de Master, CRASTE- LF, Maroc, 2006.
- [6] IGN: Institut Géographique National, France. www.ign.fr
JEFF ZHIZONG XU, 2004: « The relation function model (RFM) in photogrammetry: Method and accuracy ».
- [7] LILA HARICHENE, 2005: « Elaboration d'une procédure de contrôle et de suivi des travaux cadastraux réalisés par GEF (Terrain et bureau) ». Mémoire d'ingénieur d'Etat, option cadastre, soutenu au CNTS. Juillet 2005.
- [8] MEHIMMEDETSI SAMIR, 2003: « Traitement et analyse des données GPS de la mission 'Spatiocartographie' de l'INCT ». Mémoire d'ingénieur d'Etat, option petite échelle, soutenu au CNTS. Juillet 2003.
- [9] MISSOUMI ABDELKADER: « Cours du cadastre général ». Module enseigné en Quatrième année, pour les ingénieurs d'Etat, option cadastre, CNTS.
- [10] ROBIN M., 1995 : « La télédétection ». Fac de Géographie, Nathan Université, 2004. THOMAS POUCHIN, 2001: « Cours de télédétection ». <http://perso.club-internet.fr/tpouchin>
- [11] TOUTIN THIERRY, 2002: Thierry Toutin, R. Chénier, Y. Carbonneau, 3D model for highresolutionimages: exempleswithquickbird, ikonos and éros. Proceedings of Joint International Symposium onGeospatialTheory, Processing and Applications (ISPRS, IGU, CIG), Ottawa, Ontario, Canada, July 8-12-2002 CD-ROM.
- [12] USGS: United State Géologique Survey, Etats-Unis. www.usgs.gov

Sites Internet:

www1: http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter1/01_f.php

www2: <http://www.spotimage.fr>

www3: http://eduscol.education.fr/D0217/espace_education_lasselin

www4: <http://rockyweb.cr.usgs.gov/nmpstds/nmas647.html>