

L'Orthophotographie numérique au service du cadastre national

Mohamed ETTARID, Moha EL AYACHI, Elmakky ETTAQY and Mohamed EL YAMANI, Maroc

Key words: cadastre, land titling, MNT, orthophoto, accuracy.

SUMMARY

The cadastre in Morocco is of two types: a Juridical cadastre and a National cadastre. These two cadastres are characterized by a divergence in the objectives and the methods. To meet the needs of the different users efficiently, the ANCFCC undertook some reforms, notably strategic changes in the domain of the land-registry. This change aims, among others, the institution of a General cadastre that would integrate the juridical and technical information coming from the two present services of the cadastre. For this purpose, closeness between the two services, in particular concerning geometric quality of data, impose himself. This closeness would go through the improvement of the quality and the process of establishment of the national cadastre.

This paper aims to present the contribution of the digital orthophotos in this domain and to highlight the geometric quality of this document and the factors that it is necessary to master to guarantee a quality that answers the needs.

Some tests have been conducted on photos at 1/7500 scale, scanned to 14 and 32 microns to generate an orthophoto at 1/2000.

The obtained results showed that one could reach a precision of 30 cm on an orthophoto generated automatically with a digital terrain model derived automatically by correlation.

RESUME

Le cadastre au Maroc est de deux types: un Cadastre Juridique et un Cadastre National. Ces deux cadastres par une divergence dans les objectifs et les méthodes. Pour répondre efficacement aux besoins des différents utilisateurs, l'ANCFCC a entrepris des réformes, notamment des changements stratégiques dans le domaine du cadastre. Ce changement vise entre autre l'instauration d'un Cadastre Général qui intégrerait l'information foncière et cadastrale issue des deux services actuels du cadastre. Pour cela, un rapprochement entre les deux services, en particulier en matière de qualité géométrique des données, s'impose. Ce rapprochement passerait par l'amélioration de la qualité et du processus d'établissement du cadastre national.

Cet article vise à présenter l'apport de l'orthophotographie numérique dans ce domaine, ainsi la qualité géométrique de ce document et les facteurs qu'il faut maîtriser pour garantir une qualité qui répond aux besoins.

Des tests ont été conduits sur des photos au 1/7500 scannées à 14 et 32 microns pour générer une orthophoto au 1/2000.

Les résultats obtenus ont montré qu'on peut atteindre une précision de 30 cm sur une orthophoto générée avec un modèle numérique dérivé automatiquement par corrélation.

L'Orthophotographie numérique au service du cadastre national

Mohamed ETTARID, Moha EL AYACHI, Elmakky ETTAQY et
Mohamed EL YAMANI, Maroc

1. INTRODUCTION

Un cadastre, de façon général, est un inventaire public qui décrit de façon méthodique la propriété foncière, en se basant sur un levé régulier de ces limites, il donne une description plus ou moins détaillée destinée à répondre aux besoins individuels ou collectifs, notamment en matière fiscale, foncière, juridique et économique (Mondon, 1998).

Le cadastre a pour fonctions essentielles, dans les sociétés modernes, de garantir le droit de propriété et par conséquent d'éviter les conflits et de favoriser la stabilité d'une part, et d'autre part de fournir une assiette d'informations fiables et précises se rapportant au territoire, qui sert de support pour toute action visant à affronter les défis du développement économique, de la stabilité politique et sociale, de l'urbanisation, de l'expansion démographique et la protection de l'environnement

Le cadastre peut traditionnellement avoir trois missions qui donnent lieu à la classification suivante:

- *Cadastre fiscal*: qui est un inventaire général des propriétés foncières, dont l'objectif est de collecter l'information liée aux parcelles de terrain (propriétaire apparent, superficie, consistance, etc.) afin d'évaluer de façon objective la valeur de la propriété qui servirait de base à une imposition équitable.
- *Cadastre juridique*: qui a pour but la définition des droits sur les terrains et la sécurité de l'occupation foncière. C'est un cadastre qui peut être général ou sporadique. Les pays développés ayant les moyens ont généralisé leurs cadastres (environ 75% des pays d'Europe et de l'Amérique du Nord).
- *Cadastre polyvalent*: c'est un type de cadastre dont l'objectif est de remplir les deux fonctions fiscale et juridique. Il constitue une tendance moderne adoptée dans les cadastres récemment fondés ou en cours de réforme.

Au Maroc, l'Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie (ANCFCC), est l'organe officiel chargé de la production de l'information cartographique et de l'information foncière depuis 1913. La fonction de produire l'information foncière est confiée aux composantes spécialisées, que sont la conservation foncière (pour les aspects juridiques) et les cadastres national et juridique (pour l'information topographique, foncière et économique).

2. PRESENTATION DU CADASTRE MAROCAIN

2.1 Bref historique de la structure

La première structure administrative en 1953 pour mettre en œuvre le régime de l'immatriculation décrit par le Dahir du 12 août 1913. En 1924, le Service Chérifien de Topographie a été créé et rattaché au Service du Domaine sous tutelle de la Direction des Finances. Une division groupant le service de l'immatriculation et le service topographique chérifien a été créée en 1948 ; puis a été chargée en 1963 des activités de la géodésie et de la cartographie.

En 1972, cette structure a été transformée en Direction de la Conservation Foncière et des Travaux Topographiques (DCFTT); Puis transformée en 1994 en Direction de la Conservation Foncière du Cadastre et de la Cartographie (ACFCC). En janvier 2003, l'ACFCC a changé de statut et est passée agence sous le nom Agence National de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie (ANCFCC) dont les activités sont définies par la loi 58.00 (Bulletin Officiel 5036, 2002).

Le cadastre a constitué une activité et une attribution de cette structure administrative tout au long de son évolution. La Division du Cadastre de l'ANCFCC est l'organe responsable des deux formes de cadastres, Juridique et Nation.

2.2 Description deux types de cadastres

Le cadastre marocain est constitué de deux types de cadastres:

Le Cadastre Juridique est un cadastre numérique, dans le sens où toutes les limites de propriétés sont levées et compensées avec précision et rattachées au réseau géodésique national. Ainsi toute propriété est localisée dans le système de coordonnées Lambert en usage au Maroc. Les plans produits sont annexés au livre foncier. Le cadastre juridique marocain est un système moderne, efficace et sûr; cependant sa généralisation demeure difficile au vu du contexte national, et de là l'immatriculation reste facultative.

Le Cadastre National est un inventaire public géoréférencé de données concernant tous les immeubles, situés dans les communes rurales. Il est supposé contenir l'information topographique et économique (statut foncier de l'immeuble, situation, superficie, type de sol, plus values, état civil du propriétaire apparent, etc.) de chaque parcelle agricole. Les textes définitifs l'instaurant sont consignés dans le Dahir portant loi no. 1-73-163 du 31 Mai 1973. Le cadastre national est caractérisé notamment par une précision géométrique faible (limites des immeubles reportées graphiquement sur des orthophotoplans) et son caractère systématique (par rapport aux communes concernées). Le cadastre national favorise la dimension économique, mais selon une vision restreinte, qui consiste à répondre à des besoins formulés occasionnellement.

2.3 Perspectives de modernisation

A l'instar d'autres pays, le Maroc a entrepris une politique de réforme visant à moderniser le secteur du cadastre. Cette politique s'inscrit dans la tendance internationale de modernisation

du cadastre tel qu'il est recommandé dans la déclaration de la FIG (cadastre 2014, vision pour un système cadastral dans le futur) (Kaufman et Steudler, 1998). Cette politique de modernisation ressort clairement dans la stratégie de réforme initiée par l'ANCFCC (autrefois ACFCC) depuis le milieu des années quatre-vingt-dix et réitérée dans son plan d'action (1996-2005) qui vise un certain nombre d'objectifs à atteindre (Acfcc, 2002). L'un de ces objectifs vise le rapprochement des deux systèmes cadastraux existants, pour instaurer un système cadastral général qui héritera des avantages et évitera les limitations des deux formes actuelles. Ce cadastre général doit être vu comme une base foncière, exhaustive et précise d'un système d'information du territoire, destiné à servir une large gamme d'utilisateurs (figure 1.2 page 18) et(Acfcc,2002).

Une alternative qui va dans le sens de ce rapprochement consisterait à doter la documentation du cadastre national de la force juridique qui renforcerait davantage sa mission économique. Ceci passe nécessairement par l'amélioration de la qualité géométrique des ses plans parcellaires, afin que ces derniers répondent aux normes du cadastre juridique.

3. APPORT DE L'ORTHOPHOTOGRAPHIE NUMERIQUE

Dans ce sens la photogrammétrie numérique peut jouer un rôle important vu la flexibilité que présente cette technique en terme de rendement et de compatibilité avec les systèmes d'information géographique, la possibilité de superposition du vecteur et du raster pour la mise à jour (Heipke, 2000). L'orthophoto numérique, en particulier, présente un intérêt particulier pour le Cadastre National, vu l'expérience accumulée par l'ANCFCC ainsi les expériences concluantes menées par d'autres pays dans ce domaine.

3.1 Expériences d'autres pays

Alors que l'orthophotoplan n'est utilisé que comme support, sans valeur juridique, pour le Cadastre National au Maroc, on constate que dans un grand nombre de pays à travers le monde utilisent l'orthophoto comme document de base pour l'enregistrement foncier:

* dans un grand nombre de pays, l'orthophotographie numérique constitue une base pour l'enregistrement foncier ou la cartographie régulière

- En Angleterre, the Ordnance Survey utilise les orthophoto plans (1/1000 pour l'urbain et 1/2000 ou 1/5000 pour le rural) comme base pour l'enregistrement foncier.
- En Afrique du Sud, les cartes cadastrales sont obtenues par restitution, ou par délimitation des parcelles sur les orthophoto plans (Lester et Teversham, 1995).
- En Bulgarie, deux types de cadastres sont adoptés (le cadastre urbain et le cadastre rural). Le cadastre rural est basé sur les orthophoto plans au 1/5000 et 1/10000. Ce choix est justifié par la volonté de généraliser le cadastre (Katazarsky et Koleva, 1994).
- A Madagascar, le pays a favorisé la généralisation du cadastre, plutôt que la recherche de la haute précision, en adoptant l'orthophotoplan comme document de base (Rakotonirina, 1986).
- En Bavière, le BLVA (organisme chargé de la production de données cadastrales pour l'état de Bavière en Allemagne) a initié un programme d'orthophotos numériques depuis 1995).

- En Slovénie, les autorités ont entamé un programme d'établissement du cadastre numérique utilisant les orthophotos pour créer la mappe digitale (Triglav, 1998).
- En Slovaquie, un projet de SIT a été initié dans lequel ce système est basé sur la numérisation de la mappe cadastrale (au 1/1000 et 1/2000) qui sera superposée sur l'orthophoto numérique générée à l'échelle 1/5000.

Les exemples ci-dessus confirment, si besoin est, que l'orthophoto devient un outil efficace, rapide et moins couteux pour établir ou compléter la base foncière d'un cadastre systématique. Pour pouvoir intégrer le cadastre national dans le système d'immatriculation tel qu'il est pratiqué actuellement au Maroc, le problème de la grande précision géométrique se pose. Le choix des paramètres à adopter devient alors critique pour une orthophoto pouvant satisfaire ce besoin. Dans ce qui suit le processus de production et les facteurs déterminant la précision sont présentés.

3.2 Processus de production et facteurs déterminant la précision de l'orthophoto

3.2.1 Processus d'établissement

L'orthophotographie est un document photographique préparé à l'aide d'une photographie aérienne dans laquelle les déplacements de l'image causés par le relief et l'inclinaison de l'axe de la chambre de prise de vues ont été éliminés (Makarovic et Leberl, 1974). Pour cela la photo doit subir une transformation géométrique (rectification) suivie d'une interpolation des niveaux de gris des pixels transformés (ré-échantillonnage).

Pour la transformation géométrique, trois types de méthodes peuvent être utilisées (Novak, 1992):

- La méthode polynomiale
- La méthode projective
- La méthode de redressement différentiel

Les deux premières méthodes ne corrigent pas de façon adéquate l'effet du relief et ne tiennent pas compte de la géométrie de la prise de vue. Elles sont généralement utilisées pour la rectification de l'imagerie satellitaire. La rectification de la photographie aérienne utilise la dernière méthode, en se basant sur l'équation de la condition de colinéarité :

$$x - x_o = -c \frac{m_{11}(X_a - X_o) + m_{12}(Y_a - Y_o) + m_{13}(Z_a - Z_o)}{m_{31}(X_a - X_o) + m_{32}(Y_a - Y_o) + m_{33}(Z_a - Z_o)}$$

$$y - y_o = -c \frac{m_{21}(X_a - X_o) + m_{22}(Y_a - Y_o) + m_{23}(Z_a - Z_o)}{m_{31}(X_a - X_o) + m_{32}(Y_a - Y_o) + m_{33}(Z_a - Z_o)}$$

ou:

x, y : sont les coordonnées image dans le système des repères de centre.

x_o, y_o : sont les coordonnées du point principal dans le système des repères de centre.

X_a, Y_a, Z_a : coordonnées objet dans le système de coordonnées terrain.

X_o, Y_o, Z_o : coordonnées du centre de perspective dans le système de coordonnées terrain.

$m_{11}, m_{12}, \dots, m_{33}$: éléments de la matrice de rotation fonctions des angles Kappa, Phi et Oméga.

L'utilisation de ces équations suppose connus les paramètres positionnels (X_0 , Y_0 , Z_0) et angulaires (ω , ϕ , κ) de la photo, qui sont obtenus à partir d'une aérotriangulation ou d'un relèvement spatial, ainsi que la disponibilité d'un MNT couvrant la zone.

Le redressement peut être accompli soit de façon directe (Top-Down) dans un processus itératif allant des coordonnées-photo vers les coordonnées-terrain, ou d'une façon indirecte (Bottom-Up) allant des coordonnées terrain vers les coordonnées photo. Dans cette dernière méthode, qui est généralement utilisée, le redressement de l'image se fait en partant de l'orthophotographie sous forme de matrice de pixels de taille choisie. Pour chaque paire de coordonnées (X_a , Y_a) de l'orthophoto on détermine l'altitude $Z_a=f(X_a, Y_a)$ à partir du MNT généré par restitution ou dérivé par corrélation automatique. 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 photo. Ces coordonnées seront corrigées, si nécessaire, de la distorsion optique de la chambre de prise de vues, de la courbure terrestre et de la réfraction atmosphérique avant la transformation en coordonnées- image sur la base de l'inverse des paramètres déterminés lors de l'orientation intérieure (transformation d'Helmert ou affine).

Les pixels de l'image qui résultent de cette transformation ne correspondent pas nécessairement avec les pixels de la grille originale. Pour attribuer des valeurs radiométriques à ces pixels, le recours à un ré-échantillonnage est nécessaire. Pour ce faire, on utilise soit la méthode du plus proche voisin, soit l'interpolation bilinéaire ou la convolution cubique (Ettarid, 2001).

3.2.2 Facteurs influençant la qualité de l'orthophoto

L'information relative à la qualité métrique de l'orthophoto présente un grand intérêt, aussi bien pour le producteur que pour l'utilisateur (Chrisman, 1983). Celle-ci permet au producteur de renforcer son argumentation commerciale, et à l'utilisateur de se rendre compte des limites d'emploi du produit.

Pour avoir l'information sur la qualité géométrique de l'orthophoto, il suffit de passer en revue le processus de production de celle-ci (Holm, 2001). Ainsi, la qualité géométrique de l'orthophoto sera déterminée par *les conditions de prise de vue, la résolution de scannage, des orientations (points de contrôle), la densité et la qualité du MNT et du processus de rectification*.

Pour une discussion de la précision théorique et de l'évaluation de l'effet de chacun des différents facteurs, le lecteur est référé à (Ettaqy et El Yamani, 2002). Dans cet article, on va seulement présenter les précisions effectives obtenues dans l'expérimentation menée.

4. EXPERIMENTATION

Les tests qui vont suivre ont pour but de valider l'étude théorique de la précision et voir dans quelle mesure la précision géométrique de l'orthophoto générée peut répondre aux besoins du cadastre national.

4.1 Description des données, matériel et logiciel

La zone test couvre une partie de la vallée de Bouregreg, entre les villes Rabat et Salé (Maroc). Le choix de la zone est dicté par la proximité et la disponibilité des données requises pour la conduite des tests (Ettaqy et El Yamani, 2002). Le relief est plat sur la partie contenant le parcellaire est très accidenté sur la partie sud-ouest (les altitudes varient de 1 à 53 m).

4.1.1 Les données

Les données comprennent :

- Des photos aériennes à l'échelle 1/7500, prise avec une camera de focale 152 mm et un recouvrement longitudinal de 65%
- Le certificat de calibrage de la camera de prise de vues.
- Des points de contrôle déterminés par des méthodes conventionnelles sur le terrain avec une précision d'environ 15 cm, dont certains serviront pour l'orientation absolue et d'autres serviront comme point de vérification pour évaluer la qualité de l'orthophoto.
- Un modèle numérique de terrain (MNT). En fait, les tests se feront avec un MNT provenant d'une restitution photogrammétrique et un MNT dérivé par corrélation automatique à partir des photos même du test.

4.1.2 Le matériel et les logiciels

Le logiciel utilisé pour la génération automatique d'un modèle numérique du terrain et l'établissement de l'orthophoto numérique est le logiciel VirtuoZo de Supresoft implanté sur un Pentium III de 128 Mo de RAM. Les photos ont été scannées sur un scanner photogrammétrique DSW500 de LH systems appartenant au Service photogrammétrique de l'ANCFCC.

4.1.3 Méthodologie

D'abord, les photos sont scannées à une résolution de 14 microns (1814 dpi). D'autres images avec 32 microns de résolution (800 dpi) ont été dérivées des premières par ré-échantillonnage. Le scannage a été fait sur un scanner photogrammétrique DSW500 de LH Systems.

Après orientations (interne, relative et absolue) et créations des images épi polaires, le modèle numérique de terrain a été généré par corrélation automatique en incorporant les lignes caractéristiques du terrain importés d'un fichier de restitution photogrammétrique existante. Différents pas de la grille ont été utilisés (10, 5 et 1 m).

Des orthophotos ont été ensuite générées, à partir des deux résolutions, avec les deux types de MNT et avec différentes densités de ceux-ci.

Pour statuer sur la qualité géométrique des orthophotos produites deux types d'évaluations ont été menées: une évaluation qualitative (visuelle) dans laquelle on a essayé de voir dans quelle mesure les limites du parcellaire restitués manuellement correspondaient à leurs homologues sur l'orthophoto produite; Puis une évaluation quantitative exprimée par l'erreur

moyenne quadratique (RMS) calculée à partir des résiduelles sur les points de vérification (check points).

4.2 Présentation et discussion des résultats

4.2.1 Précision des orientations

Les orientations interne et relative ont été réalisées automatiquement par le logiciel VirtuoZo. L'orientation interne est faite en mesurant les huit repères de fond de chambre et a donné les erreurs moyennes quadratiques suivantes :

- Orientation interne

$$M_x = M_y = 8 \mu\text{m} \quad (\text{pour la résolution de } 32 \mu\text{m})$$

$$M_x = M_y = 3 \mu\text{m} \quad (\text{pour la résolution de } 14 \mu\text{m})$$

- Orientation relative

L'erreur moyenne quadratique résultante de l'orientation relative automatique a donné:

- $Em_q = 7 \mu\text{m}$, sur 86 points homologues identifiés sur l'image de résolution 32 μm .

- $Em_q = 4 \mu\text{m}$, sur 90 points homologues identifiés sur l'image de résolution 14 μm .

Nous constatons dans le cas des deux orientations que les erreurs moyennes quadratiques restent en dessous du 1/3 de la taille du pixel de l'image ou encore en dessous des tolérances recommandées par la commission européenne dans son guide sur la qualité des ortho-images (Ispra, 1999).

- Orientation absolue

L'erreur moyenne obtenue est 13 cm en planimétrie et de 17 cm en altimétrie. Cette précision semble un peu faible, selon les normes de l'Ispra(1999), en égard à la précision de 20 cm escompté sur le produit final ; mais tenant compte de la précision initiale sur les points de contrôle ainsi que de l'imprécision d'identification résultant de la définition des détails naturels pris comme points de contrôle en l'absence de toute signalisation préalable.

4.2.2 Evaluation de la qualité de l'orthophoto produite

Comme mentionné auparavant, l'évaluation de la qualité de l'orthophoto produite s'est faite selon deux approches: une évaluation qualitative suivie d'une évaluation quantitative.

4.2.2.1 Evaluation qualitative

Celle-ci a pour objectif d'analyser visuellement les décalages entre les détails restitués manuellement sur le couple stéréoscopique et leurs homologues sur l'orthophoto produite. Pour cela le fichier dxf est importé et est superposé sur l'orthophoto (image et vecteurs étant déjà géocodés). Au terme de ceci, on remarque que les limites du parcellaire coïncident parfaitement avec leurs homologues (figure 4.1 et 4.2).

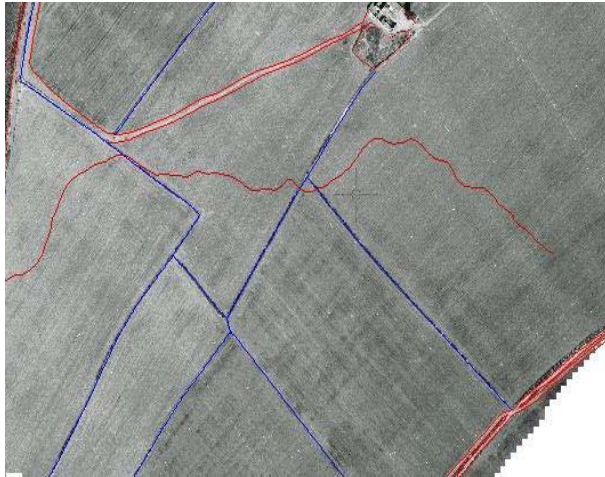


Figure 4.1 : Projection des limites du parcellaire sur l'orthophoto

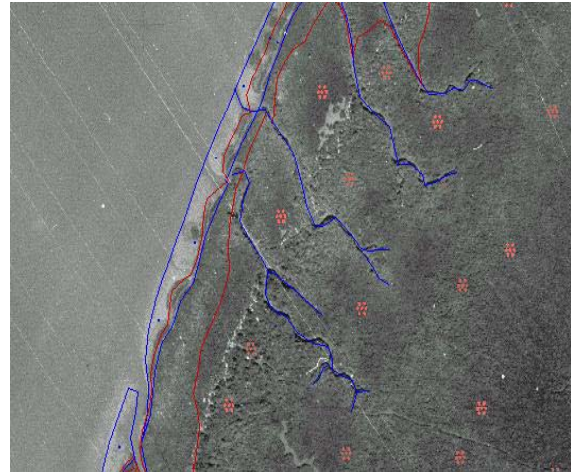


Figure 4.2 : Rive de Bouregreg et réseau hydrographique local



Figure 4.3: Limites construction (hauteur 4m)



Figure 4.4: Limites construction (hauteur 10m).

Par contre, les constructions sont décalées par rapport à leurs homologues sur l'orthophoto. Ce décalage est d'autant plus prononcé que les hauteurs des constructions sont importantes (figure 4.3 et 4.4). Ceci s'explique par le fait qu'on n'a pas généré une vraie orthophoto étant donné qu'on a utilisé un MNT et non un modèle de surfaces (DSM), et que même pour le MNT généré automatiquement, les altitudes ont été ramenées au sol lors de l'édition.

4.2.2.2 Evaluation quantitative

Malgré qu'on ait eu précédemment une idée sur le degré de coïncidence des détails restitués avec leurs homologues sur l'orthophoto, ceci ne nous permettait pas d'apprécier quantitativement l'ampleur de ce décalage. Aussi, dans cette approche on va essayer de quantifier cela en se basant sur les différences remarqués sur des points de référence.

Pour ce faire on a utilisé 15 points de vérification (check points) répartis dans tout le modèle. La précision est estimée par l'erreur moyenne quadratique (EMQ) calculée à partir des différences entre les coordonnées déterminées par levé direct sur le terrain par GPS et les coordonnées mesurées sur l'orthophoto générée. Les coordonnées orthophoto sont mesurées dans le module IGS de VirtuoZo. Les erreurs moyennes quadratiques sont présentées dans le tableau 4.1.

Type MNT et image utilisés	Pas du MNT utilisé		
	1 m	5 m	10 m
MNT manuel – résolution image 1814 dpi	0.22 m	0.28 m	0.27 m
MNT automatique- résolution image 800 dpi	0.42 m	0.45 m	0.37 m
MNT automatique- résolution image 1814 dpi	0.32 m	0.32 m	0.32 m

Tableau 4.1: Valeurs des erreurs moyennes quadratiques (EMQ) pour différentes combinaisons testées

Les principales constatations qui peuvent être tirées des résultats des tests sont résumées comme suit:

- L'introduction des lignes caractéristiques ont très peu d'influence sur la qualité des orthophotos générées; mais aident à réduire le temps d'édition des MNT générés automatiquement.
- Dans le contexte de cette expérimentation, des densités de MNT supérieurs à 10 m (comme pas de la grille), n'apporte pas un gain important dans la précision de l'orthophoto générée.
- L'orthophoto produite avec un MNT provenant d'une restitution manuelle semble plus précise que celle générée avec un MNT générée par corrélation à partir de l'image scannée à 14 microns (1814 dpi). Théoriquement on devait s'attendre à l'inverse, puisque la corrélation est supposée fournir des MNT plus précis. Ce fait ici peut être expliqué par le mauvais contraste et l'homogénéité de la zone couverte dans ce test.
- La précision (22 cm) de l'orthophoto générée à partir de l'image scannée à 14 microns (1814 dpi) semble répondre aux besoins du cadastre national pour une précision escomptée de 20 cm. Ce qui semble détériorer la précision ici est en grande partie la qualité des points de vérification dont la définition reste douteuse.

5. CONCLUSIONS

Au terme de cette expérimentation, l'orthophoto peut constituer un document utile pour le cadastre national qui pourrait servir de base pour l'immatriculation groupée. Pour assurer une meilleure qualité géométrique à l'orthophoto, une pré-signalisation s'impose, d'autant plus que, pour la plupart des cas, les limites du parcellaire sont ambiguës et n'offrent pas le contraste nécessaire pour les identifier sur l'orthophoto. En plus, si l'orthophoto est à utiliser dans des zones urbaines ou péri-urbaines, il faudrait générer de vraies orthophotos afin d'éliminer les décalages dus aux hauteurs des bâtiments.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs vifs remerciements au Service de Photogrammétrie et au service du Cadastre National de l'Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie, notamment Messieurs El Fouar, Bounejma et El Yamani pour leur contribution précieuse à la réussite de travail.

REFERENCES

- Acfcc,2002, Vers un Cadastre Général, Réunion annuelle des responsables de l'ACFCC.Chrisman N. R., 1983, The role of the quality information in the long term functioning ofgeographic information systems, Cartographica, Vol. 21, No. 213, pp. 79-87.
- Ettaqy E., et El Yamani M., 2002, L'orthophoto numérique au service du cadastre national, Mémoire de 3^{ème} cycle de la filière de Topographie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Ettarid M., 2001, Photogrammétrie Digitale, Notes de cours, Filière de Topographie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- Heipke C., 2000, Digital Photogrammetric Workstations, A review of the State-of-the-Art for topographic applications.
- Holm M., 2001, An integrated approach for ortho-image production, Institute for Photogrammetry (IFP), Stuttgart University.
- Ispra, 1999, Guidelines for quality checking of ortho imagery, Publication of European Commission, Joint Research Centre, 18-02-1999.
- Katazarsky I., et Koleva L, 1994, The place of photogrammetry in land reform and cadastre in Bulgaria, Proceedings of the FIG XX International Congress, Melbourne, Australia.
- Kaufman J., et Steudler D., 1998, Cadastre 2014, vision pour un système cadastral dans le futur, FIG 1998).
- Lester, K. J. et Teversham J., 1995, An overview of the cadastral system in South Africa, South African Journal of Surveying and Mapping, Vol. 23, Part 2, August 1995, pp. 103-113.
- Mondon E., 1998, Le savoir faire faire cadastral français, un atout pour l'export, Mémoire de diplôme de l'ESGT, le Mans, France.
- Novak K., 1992, Rectification of digital imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Journal, Vol. 58, No. 3, March 1992, pp. 339-344.Rakotonirina C., 1986, L'établissement d'un nouveau cadastre à Madagascar, Proceedings of the FIG XVIII International Congress, Toronto, Canada.
- Triglav J., 1998, Slovenian approach to the geolocation of digital cadastral maps on the basis of digital orthophoto maps, Cadastral congress Waeszawa, Varsovie.

BIOGRAPHICAL NOTES

Mohamed Ettarid est professeur de photogrammétrie à la filière de topographie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc. Il détient un diplôme de technicien topographe du Maroc (1972), un diplôme d'ingénieur topographe du Maroc (1978), un Master en

photogrammétrie de l'Université Laval, Canada (1982), un Master en géodésie (1988) et un Ph.D. en photogrammétrie (1992) de l'Ohio State University, USA.

Moha el Ayachi est professeur assistant à la filière de Topographie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc. Il détient un diplôme d'ingénieur d'état en topographie et prépare actuellement un Doctorat sur le cadastre marocain.

ELmakki Ettaqy et **Mohamed el Ayamani** sont des ingénieurs topographes de la filière de topographie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc, qui exercent actuellement dans le secteur privé.

CONTACTS

Mohamed Ettarid, Professeur
Département de Cartographie et de Photogrammétrie,
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,
B.P. 6202, Rabat-Instituts
MAROC
Email : m.ettarid@iav.ac.ma