

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : métiers de la ville

Spécialité : géomatique et gestion du foncier

Par : BENTATA Hanafi

Sujet

**Etablissement de cadastre général des agglomérations secondaires en utilisant la
photogrammétrie aérienne**

Application par drone sur douar Ouled Ben Rahou commune de Ghazaouet

Soutenu publiquement, le 30 / 06 / 2025 , devant le jury composé de :

Mr HAMZAOUI Fethi

Université de Tlemcen

Président

Mme SELKA Imene

Université de Tlemcen

Examinatrice

Mr MEBARKI Abdelkader

Université de Tlemcen

Encadrant

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous commençons par remercier Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné le courage, la volante, l'amour du savoir et surtout la patience pour pouvoir produire ce modeste travail.

Nous tenons particulièrement à remercier notre encadreur Monsieur MEBARKI Abdelkader géomètre expert foncier, pour avoir dirigé ce travail, et nous avoir guidé et conseillé toute au long de notre projet. Nous le remercions pour l'attention qu'il a portée à notre travail.

Ce travail est l'aboutissement d'un long cheminement scolaire qui a nécessité de la part de nombreuses personnes des sacrifices pour notre personne et qu'il nous fait plaisir de remercier.

Nous remercions vivement Monsieur HAMZAOUI Fethi pour le privilège qu'il nous accord en président de jury, Madame SELKA Imene pour l'honneur qu'ils nous font en acceptée de participer à ce jury analyser et d'évaluer ce modeste de travail.

J'exprime ma sincère reconnaissance envers toutes les responsables et professeurs de département d'Architecture, en particulier Mr Chef Département Mr HAMDAOUI Karim pour l'aide, l'orientation et les conseils précieux pendant la période de notre formation dans le département.

Dédicaces

C'est grâce à Allah que j'ai pu achever ce modeste travail. Je le dédie à :

Mes très chers parents.

A ma femme qui aidée à élaborer ce travail.

A Monsieur MEBARKI Abdelkader géomètre expert foncier

A mes frères.

A toute ma grande famille.

A monsieur le chef département HAMDAOUI Karim

A tous les enseignants de département d'architecture

A tous ceux qui m'ont, de près ou de loin, aidé à élaborer ce travail.

A tous mes amis de la promotion géomatique et gestion de foncier.

BENTATA Hanafi

Résumé

Dans un contexte de croissance urbaine rapide et de pression sur les ressources foncières, ce mémoire se concentre sur l'établissement d'un cadastre général des agglomérations secondaires, avec une application spécifique sur les poches vides du douar Ouled Ben Rahou. L'objectif principal de cette recherche est de fournir une méthode efficace et précise pour la gestion foncière en utilisant la photogrammétrie aérienne avec une prise de vue par drone.

La méthodologie adoptée repose sur l'utilisation de drones équipés de caméras haute résolution pour réaliser des survols de la zone d'étude, permettant ainsi la collecte d'images aériennes. Ces images sont ensuite traitées à l'aide de logiciels spécialisés, tels que PIX4D, pour générer des orthophotos et des modèles numériques de terrain (MNT). Grâce à ces outils, les limites cadastrales des parcelles peuvent être digitalisées avec précision.

Les résultats de cette étude ont montré une amélioration significative de la précision et de l'efficacité par rapport aux méthodes cadastrales traditionnelles. L'utilisation de la photogrammétrie a permis non seulement de réduire le temps nécessaire à la collecte de données, mais également d'augmenter la fiabilité des informations géographiques obtenues.

Les implications de ce travail soulignent l'importance croissante de la technologie drone dans la gestion cadastrale moderne, ainsi que la nécessité d'intégrer ces données dans les systèmes de gestion foncière pour une planification urbaine durable. En perspective, cette méthodologie pourrait être étendue à d'autres zones géographiques, favorisant ainsi une meilleure gestion des ressources et une planification urbaine efficace.

Mots clés : cadastre, photogrammétrie, photographie aérienne, drone, douar Ouled Ben Rahou Ghazaouet.

ملخص

في سياق النمو الحضري السريع والضغط على الموارد الأرضية، يركز هذا البحث على إنشاء سند عام للتجمعات الثانوية، مع تطبيق خاص على الجيوب الفارغة في دوار أولاد بن رحو. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو توفير طريقة فعالة ودقيقة لإدارة الأراضي باستخدام التصوير الفوتوغرافي الجوي عبر الطائرات بدون طيار.

تعتمد المنهجية المعتمدة على استخدام الطائرات بدون طيار المجهزة بكاميرات عالية الدقة لإجراء تصوير للمنطقة المدروسة مما يسمح بجمع الصور الجوية، ثم يتم معالجة هذه الصور باستخدام برامج متخصصة لإنشاء صور أورتوفوتو ونماذج رقمية للتضاريس. بفضل هذه الطريقة يمكن رقمنة حدود الأراضي بدقة عالية وفي وقت وجيز.

أظهرت نتائج هذه الدراسة تحسناً كبيراً في الدقة والكفاءة مقارنة بالطرق التقليدية للمسح حيث لم يقلل استخدام التصوير الفوتوغرافي الجوي من الوقت المطلوب للدراسة وجمع المعطيات فحسب، بل زاد أيضاً من موثوقية المعلومات الجغرافية التي تم الحصول عليها.

تسلط نتائج هذا العمل الضوء على الأهمية المتزايدة لتكنولوجيا الطائرات بدون طيار في إدارة مسح الأراضي، فضلاً عن الحاجة إلى دمج هذه البيانات في أنظمة إدارة الأراضي من أجل التخطيط الحضري المستدام. في المستقبل، يمكن توسيع هذه المنهجية لتشمل مناطق جغرافية أخرى، مما يعزز إدارة الموارد بشكل أفضل والتخطيط الحضري الفعال.

الكلمات المفتاحية: مسح الأراضي، الفوتوغراممري، التصوير الجوي، الطائرة بدون طيار، دوار أولاد بن رحو، غزوات.

Abstarct

In a context of rapid urban growth and pressure on land resources, this thesis focuses on the establishment of a general cadastre for secondary agglomerations, with a specific application on the vacant pockets of Douar Ouled Ben Rahou. The main objective of this research is to provide an efficient and accurate method for land management using aerial photogrammetry by drone.

The adopted methodology is based on the use of drones equipped with high-resolution cameras to conduct surveys of the study area, allowing for the collection of aerial images. These images are then processed using specialized software, such as PIX4D, to generate orthophotos and digital terrain models (DTMs). With these tools, the cadastral boundaries of parcels can be digitized with precision.

The results of this study showed a significant improvement in accuracy and efficiency compared to traditional cadastral methods. The use of aerial photogrammetry not only reduced the time required for data collection but also increased the reliability of the geographic information obtained.

The implications of this work highlight the growing importance of drone technology in modern cadastral management, as well as the need to integrate this data into land management systems for sustainable urban planning. In the future, this methodology could be extended to other geographical areas, thereby promoting better resource management and effective urban planning.

Keywords: cadastre, photogrammetry, aerial photography, drone, douar Ouled Ben Rahou Ghazaouet.

Sommaire

Remerciements	II
Dédicaces.....	III
Résumé	IV
ملخص.....	V
Abstarct.....	VI
Sommaire.....	VII
Table des illustrations.....	IX
Liste des acronymes.....	XIII
Introduction générale	15
Chapitre I: Le cadastre général en Algérie	19
1. Introduction.	20
2. Généralités (cadastre en Algérie)	21
3. Aspects et missions du cadastre	22
4. Les différents types de cadastre utilisés à travers le monde et l’Algerie.....	24
5. Procédure d’établissement du cadastre général	24
6. La documentation cadastrale	27
7. Du cadastre général au cadastre multifonctionnel	32
7. Agglomérations secondaires et les poches vides.....	34
8. Conclusion.	36
Chapitre II : Notion de base de la photogrammétrie	37
1. Introduction.	38
2. Définition de photogrammétrie.	38
3. Historique.	39
4. Principe de la Photogrammétrie.	40
5. Notions théoriques fondamentales.....	40

6. La Restitution.	45
7. Quelques notions de photographie.	47
8. Paramètres de prises de vue aérienne.....	50
9. Place du drone dans l’acquisition des données.	53
10. Traitement des données acquises.	58
11. Conclusion.....	62
Chapitre III : Application par drone de cadastre des agglomération secondaire sur douar Ouled Ben Rahou commune de Ghazaouet.....	63
1. Introduction.	64
2. Situation Géographique de douar Ouled Ben Rahou.	64
3. Prise de vue aérienne.	65
4. Détermination des paramètres du plan de vol.	65
5. Planification de notre mission.	74
6. Opération de prise de vue.	84
7. Préparation de traitement des photos aériennes.....	85
8. Phase de traitement.....	94
9. La vectorisation.	104
9. Intégration des données de vectorisation dans le SIG.....	107
10. plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou.....	111
11. Travaux d’enquête foncière.	112
12. Conclusion.....	116
Conclusion générale	118
Bibliographie	121
Table des matières	128

Table des illustrations

Figures.

Figure 1. Les différents types de cadastre utilisés à travers le monde et l’Algerie.	24
Figure 2. Procédure d’établissement du cadastre général en Algérie.....	26
Figure 3. Documentation cadastrale.	27
Figure 4. Exemple de plan cadastral de mecheria.	28
Figure 5. Désignation d’un îlot de propriété.	29
Figure 6. Notion d’îlot primitif.	30
Figure 7. Dimensions d’un plan de section.....	30
Figure 8. Etat d’avancement des opérations d’établissement du cadastre général en Algérie- situation 31/12/2017.	32
Figure 9. Principe de la vision en relief.....	40
Figure 10. Schéma d’un couple stéréoscopique	40
Figure 11. Zone stéréoscopique.....	41
Figure 12. Recouvrement longitudinale et transversal.	42
Figure 13. Zone de recouvrement longitudinale.....	42
Figure 14. Illustrations des différentes distorsions possibles lors du passage de la lumière dans l’optique.	44
Figure 15. Classification des appareils de restitution.	45
Figure 16. Type de restitution au niveau de l’INCT.....	46
Figure 17. Processus de restitution.....	47
Figure 18. Illustration des différentes tailles de capteurs issue de « Synthèse des outils et technologie 3D ».....	48
Figure 19. Illustration de l’influence de chacun des paramètres sur la qualité du cliché photographique.	49
Figure 20. Schématisation de la hauteur de vol par rapport au point de décollage.	52
Figure 21. Photographie de deux drones de même type mais de dimensions différentes (A gauche, le drone Sensefly ebee mesurant 0.76 m d’envergure et à droite le drone « LeBoreal » mesurant 4.20 m d’envergure.	55
Figure 22. Photographie de deux drones Dji, à gauche le Dji phantom 4 pro et à droite Dj Matrice 600.....	56

Figure 23. Représentation des patchs, des plans moyennés et de la ligne de rupture à l'aide de la méthode de Briese.....	60
Figure 24. Carte de localisation de village Ouled Ben Rahou.	65
Figure 25. Périmètre de la zone d'étude.	66
Figure 26. Limite de la zone de prise de vue.....	66
Figure 27. Photographie du drone Dji mavic mini 2 et ses accessoires.	68
Figure 28. Illustration des différents champs de vision en fonction de la focale de l'objectif.....	70
Figure 29. Photos des cibles utilisées, à droite cible de 50 cm ² et à gauche celle d'1 m ²	73
Figure 30. Application drone harmony (dh).....	74
Figure 31. La zone d'étude de douar Ouled Rahou.....	75
Figure 32. Limite de la zone de prise de vue douar Ouled Rahou.	76
Figure 33. Le point de départ de drone Dji mavic pro.	77
Figure 34. Le point d'arrivée de drone Dji mavic pro.....	78
Figure 35. Connexion au drone Dji mavic pro.	79
Figure 36. Détermination de la hauteur de vol de pour la prise de vue.....	79
Figure 37. Valeur de recouvrement longitudinal et transversal.....	80
Figure 38. Inclinaison de camera de drone Dji mavic pro.....	81
Figure 39. Drone Dji mavic pro utilisée dans notre mission.	82
Figure 40. Stationnement de GPS lors de la prise de vue aérienne.	82
Figure 41. GPS Leica ICON 9.....	83
Figure 42. Modèle d'une photo aérienne capturée par le drone Dji mavic pro dans douar Oled Ben Rahou.	85
Figure 43. Logiciel de traitement PIX4D.	85
Figure 44. Création un nouveau projet.	88
Figure 45. Importation des photos.....	89
Figure 46. Système de coordonnées choisi pour le traitement.	90
Figure 47. Les orientations des images Oméga, Phi, Kappa (ω , ϕ , κ).	91
Figure 48. Modèle d'options de Traitement.	91
Figure 49. Points de Contrôle au Sol (GCP).	92
Figure 50. Carte de ligne de vol Dji mavic mavic pro.	93
Figure 51. Fenêtre d'aperçu des photos.....	93
Figure 52. Options de traitement sur PIX4D Mapper.	94
Figure 53. Lancement de traitement initial.....	95

Figure 54. Création d'un Nuage de Points Sparse.....	95
Figure 55. Fin de traitement initial.	96
Figure 56. Nuage de Points.	97
Figure 57. Maillage.	98
Figure 58. Fin de l'étape de nuage de points et maillage.	99
Figure 59. Préparation de MNS, Orthomosaique et indice.....	100
Figure 60. L'orthophoto de Douar Ouled Ben Rahou.	101
Figure 61. Modèle Numérique de Surface MNS de douar Ouled Ben Rahou.	102
Figure 62. Visualisation de l'opération de prise de vue dans le logiciel PIX4D.....	103
Figure 63. Couche des photos aérienne de douar Ouled Ben Rahou	103
Figure 64. Etape de vectorisation.	104
Figure 65. Vectorisation des parcelles.....	105
Figure 66. Vue en 3D sous différents angles de parcelle.	105
Figure 67. Vectorisation des voiries.	106
Figure 68. Etape de l'exportation des données.....	106
Figure 69. Format de vecteur de vectorisation.	107
Figure 70. Importation des données de vectorisation dans ArcGis.	107
Figure 71. Superposé le vecteur avec l'orthophoto de Ouled Ben Rahou.....	108
Figure 72. Numérotation des sections et des ilots.	109
Figure 73. Calcul géométrique des coordonnées et des surfaces.	109
Figure 74. Création de plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou.....	110
Figure 75. Fiche d'enquête foncière.	113
Figure 76. Nature juridique et origine de propriété.	113

Tableaux.

Tableau 1. Mission du cadastre fiscal	23
Tableau 2. Extrait d'une matrice cadastrale.....	31
Tableau 3. Extrait d'un état de section.....	31
Tableau 4. Avantages et inconvénient des deux types de drone inspiré (+ : mauvais, ++++ : excellent).....	56
Tableau 5. Tableau des différentes logiciels de traitements en photogrammétrie	59

Planches.

Planche 1. Plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou.....	111
---	-----

Liste des acronymes

ANC	: Agence Nationale du Cadastre.
SIG	: Système d'Information Géographique.
APC	: Assemblée Populaire Communale.
FIG	: Fédération internationale des Géomètres
3D	: Trois Dimension
PME	: Petites et Moyennes Entreprises
PDAU	: Plan Directeur d'Aménagement Urbain
POS	: Plan d'Occupation de Sol
INCT	: Institut National de Cartographie et de Télédétection
CCRS/CCT	: Canada Centre for Remote Sensing / Centre canadien de télédétection
PPA	: Point Principal d'Autocollimation
PPS	: Point Principal de Symétrie
IGN	: Institut Géographique National
ISO	: International Organisation for Standardization
GSD	: Ground Sample Distance
GCP	: Ground Control Point
UGCS	: Universal Ground Control Software
USA	: United States of America
GNSS	: Global Navigation Satellite System.
SASP	: Systeme Aéronautique Sans Pilote
DGACM	: Direction Générale de l'Aviation Civile et Météorologie
Dji	: Dà-Jiang Innovations
GPS	: Global Positioning System
GLONASS	: Global Navigation Satellite System

CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor
FOV	: Field of View
APN	: Appareil Photo Numérique
GSM	: Global System for Mobile Communication
RGP	: Réseau de Gestion de Périphériques
dh	: Drone harmony
WGS84	: World Geodetic System 1984
MNS	: Modèle Numérique de Surface
GBD	: Géographique Data Base

Introduction générale

Dans un contexte de croissance démographique rapide et d'urbanisation croissante, la gestion foncière et l'aménagement du territoire deviennent des enjeux cruciaux pour les collectivités locales, notamment dans les agglomérations secondaires. Ces zones, souvent négligées par les politiques publiques, font face à des défis spécifiques en matière de planification, de réglementation et de gestion des ressources. Parmi ces défis, l'absence de cadastre fiable et à jour constitue un obstacle majeur pour le développement durable et la gestion des espaces urbains.

Le territoire de notre projet, comme beaucoup d'autres, souffre d'une informalité foncière et d'un manque de données précises sur l'occupation du sol. Ces poches vides représentent un potentiel inexploité pour l'aménagement de nouveaux services, d'habitations ou d'espaces publics. En effet, la mise en place d'un cadastre efficace est essentielle de disposer d'une cartographie précise et à jour qui facilite la prise de décision pour garantir une gestion optimale des ressources, faciliter l'accès aux services publics, et encourager l'investissement dans le développement local.

Cette étude vise tout d'abord à examiner l'état actuel du cadastre dans ces agglomérations en identifiant les lacunes et les enjeux de la gestion foncière. Ensuite, elle explorera l'utilisation de la photogrammétrie comme méthode innovante pour la collecte de données géospatiales, permettant d'effectuer des relevés précis des terrains, y compris des poches vides. De plus, l'impact de ces poches sur le développement urbain et la qualité de vie des habitants sera évalué, en identifiant les opportunités d'aménagement qu'elles offrent. Enfin, des recommandations concrètes seront proposées pour la réhabilitation et l'intégration de ces espaces dans une démarche de développement durable, en prenant en compte les besoins des communautés locales. En somme, ce projet vise à initier une réflexion sur la gestion foncière des agglomérations secondaires via une approche technologique moderne, contribuant ainsi à une meilleure planification urbaine et à un développement durable des territoires.

Cependant, l'établissement d'un cadastre classique peut être long, coûteux et complexe, en particulier dans des zones où les infrastructures sont limitées et où les données sont souvent incomplètes. Face à ces défis, la photogrammétrie aérienne par drone se présente comme une solution innovante et efficace pour la collecte de données géospatiales. Cette technologie permet d'obtenir des relevés topographiques précis, d'analyser l'occupation du sol et de cartographier les poches vides en un temps réduit et à moindre coût.

Dès lors, la problématique centrale projet se de notre formule ainsi *«Comment l'utilisation de la photogrammétrie aérienne par drone peut-elle faciliter l'établissement d'un cadastre général efficace et durable des agglomérations secondaires, en particulier pour la gestion et la valorisation des poches vides dans le douar Ouled Ben Rahou ?»*.

Pour répondre à cette question, notre étude s'articulera autour des différentes étapes de la mise en place du cadastre, allant de la collecte des données aériennes à leur traitement et analyse. Nous examinerons également les implications de cette approche pour les politiques de gestion foncière et d'aménagement du territoire, en considérant les attentes et les besoins des communautés locales. Ce projet a pour ambition de non seulement fournir une base de données solide pour le douar Ouled Ben Rahou, mais également de proposer un modèle reproductible pour d'autres agglomérations secondaires confrontées à des problématiques similaires.

Notre projet de fin d'étude repose sur trois axes fondamentaux. Premièrement, nous postulons que l'utilisation de la photogrammétrie aérienne par drone permet de collecter des données géospatiales avec une précision et une rapidité supérieures à celles des méthodes de relevé traditionnelles, facilitant ainsi l'établissement d'un cadastre efficace. Deuxièmement, nous croyons que la cartographie des poches vides à l'aide de cette technologie contribuera à une meilleure planification et gestion urbaine à Ouled Ben Rahou, en favorisant la réhabilitation de ces espaces inexploités. Enfin, nous affirmons que l'implication des communautés locales dans le processus de collecte et d'analyse des données augmentera l'acceptation et la mise en œuvre des recommandations, garantissant ainsi un développement durable pour la région.

L'intérêt de notre recherche réside dans sa capacité à apporter des solutions pertinentes et innovantes pour la gestion foncière dans les agglomérations secondaires. En fournissant des outils modernes, elle vise à améliorer la gestion des ressources foncières, favorisant ainsi une planification urbaine plus efficace. De plus, en ciblant les poches vides, notre projet aborde un enjeu crucial pour le développement territorial, contribuant à la réhabilitation de ces espaces non exploités et à l'amélioration des conditions de vie des habitants. L'utilisation de la photogrammétrie aérienne par drone représente une approche novatrice pour la collecte de données, adaptable à d'autres contextes, ce qui peut servir de modèle pour des études futures. Enfin, en impliquant les acteurs locaux, la recherche cherche à renforcer la sensibilisation sur les enjeux fonciers et à encourager une participation active dans le processus de développement.

La méthodologie de notre projet est structurée en trois chapitres principaux, chacun abordant des aspects clés de l'établissement du cadastre général et de l'application de la photogrammétrie par drone. Le Chapitre I traite du cadastre général en Algérie, en présentant ses missions, et la procédure d'établissement. Il explore également les différents types de cadastre utilisés à travers le monde, ainsi que la documentation cadastrale, tout en soulignant l'évolution vers un cadastre multifonctionnel. Le Chapitre II se concentre sur la photogrammétrie, en définissant le concept, en retraçant son historique, et en expliquant les principes fondamentaux et la restitution des données, tout en introduisant des notions de photographie essentielles à la collecte d'images aériennes. Enfin, le Chapitre III applique la prise de vue aérienne par drone spécifiquement dans le douar Ouled Ben Rahou, visant à créer une base de données intégrée dans un système d'information géographique (SIG) pour améliorer la gestion foncière de la région. Cette approche méthodologique holistique permet de combiner théorie et pratique pour répondre aux enjeux de gestion foncière dans les agglomérations secondaires.

Chapitre I:

Cadastre générale en Algérie

Introduction

Dans un monde où la pression sur l'espace terrestre augmente en raison de l'urbanisation rapide, de la croissance démographique et des enjeux environnementaux, la nécessité d'un cadastre fiable et accessible devient encore plus pressante. Il fournit des données précises et actualisées qui sont essentielles pour la planification urbaine, le développement économique et la gestion des ressources naturelles. De plus, un cadastre bien structuré permet d'établir des bases solides pour la collecte des impôts fonciers, garantissant ainsi des revenus pour les gouvernements tout en promouvant une fiscalité juste.

Actuellement, l'information sur le territoire fait l'objet de plusieurs recherches par les acteurs de gestion du territoire tels que le service du cadastre et le service de l'urbanisme dont les Tentatives visent parfois à améliorer la procédure générale d'établissement des documents (plans cadastraux, etc.), ou bien à utiliser d'autres données provenant de diverses sources.

Ce chapitre aura pour mission de donner une vision générale de l'état actuel du cadastre en Algérie à travers la description de sa procédure générale d'établissement, les sources de données utilisées et les documents fournis pour avoir une meilleure idée de la situation du cadastre en Algérie.

Le cadastre qu'il soit rural ou urbain apparaît ainsi comme l'état civil de la propriété foncière.

1.1. Généralités (cadastre en Algérie)

1.1.2. Définition de cadastre :

Le cadastre constitue le support physique de la propriété foncière. Par le cadastre on entend l'ensemble des documents établis méthodiquement sur la base de levés topographiques (délimitation) 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 comporte essentiellement deux documents :

- ❖ Documentation graphique : le plan cadastral
- ❖ Documentation littérale : la matrice cadastrale

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

- Définition pratique en Algérie :

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 :

- Enquête et délimitation des biens ;
- Détermination des droits et des charges ;
- Publication ;
- Tenue à jour des données

1.1.2. But du cadastre :

Le but du cadastre est la délimitation de toutes les parcelles du territoire pour permettre la protection des droits y afférant.

Le territoire étant l'élément principal de la constitution d'un Etat, le cadastre, une fois achevé, permet donc de définir avec précision la portion de terre sur laquelle telle ou telle wilaya exerce sa souveraineté. **(ANC 2002).**

1.1.3. Les avantages d'un cadastre :

Le cadastre, par son organisation très fluide, permet :

- L'établissement d'un système d'enregistrement, bien conduit, entraînant 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 spécifiant les limites de chaque propriété pour l'instauration de relations de bon voisinage.
- L'imposition est rendue plus facile, la terre étant considérée comme une source de revenu, et pour en collecter légalement, le cadastre est indispensable.
- Le cadastre fournit des informations très intéressantes, facilitant l'exécution de travaux d'importance nationale, tels que : planification, statistiques, urbanisme...

1.2. Aspects et missions du cadastre

Le cadastre peut se présenter principalement sous trois aspects permettant de classer en trois types de cadastre : Aspect fiscal (cadastre fiscal) ; aspect juridique (cadastre juridique) et l'aspect technique (cadastre technique).

1.2.1. Cadastre juridique :

C'est le cadastre légal. Il a pour objet, l'identification du propriétaire d'une parcelle, il suppose que soient connus : le statut juridique de la parcelle : titre de propriété (lettre d'attribution, permis d'occuper, concession urbaine d'habitation, concession rurale d'habitation, titre provisoire, titre foncier, bail), la source et preuve d'acquisition, les charges sur la parcelle (hypothèque, gage, mise à la disposition, etc....) ; les droits et servitudes y afférents ; son état et ses limites exactes.

1.2.2. Cadastre fiscal :

Le recensement exhaustif de tous les biens fonciers et la définition des assiettes ou bases des impôts (valeur locative et valeur vénale) sont les garants d'une plus grande justice fiscale et d'une maximisation certaine du rendement des impôts liés au foncier et du contrôle de leurs recouvrements.

La fiscalité cadastrale ou foncière est donc le système de perception de l'impôt sur la propriété foncière. C'est un système d'information foncière qui assure la gestion de

l'ensemble des informations permettant d'évaluer les biens fonciers et de déterminer les bases des taxes foncières ou afférentes aux fonciers (taxes foncières sur les propriétés bâties et non bâties).

Le tableau ci dessous résume les missions du cadastre fiscal

LE CADASTRE	LES BIENS	LES PROPRIETAIRES
LOCALISE	Commune, lieu-dit, rue et numéro (repérage sur le plan cadastral)	Adresse postale
IDENTIFIE	Numéro de plan cadastral et numéro de la parcelle	Nom et prénom pour les personnes physiques, siège social, dénomination, forme juridique pour les personnes morales.
DECRET	Limite d'emprise, nature de culture des terrains, caractéristiques....	Nature des droits : propriétaires, usufruitiers ...
CALCUL	<i>Les bases d'impositions</i> des parcelles et des locaux	
MET A JOUR	En permanence toutes ces données	

Tableau 1. Mission du cadastre fiscal

1.2.3. Cadastre technique

Il poursuit plusieurs objectifs et est à la fois un instrument de gestion du foncier et des équipements (voirie, ligne téléphonique, réseau d'eau, électricité, etc....) et un outil d'aide à la prise de décision, en matière d'urbanisme et d'aménagement.

Il doit contenir une information mise à jour sur la configuration du parcellaire, les limites des propriétés, leur usage, leur mode d'occupation, leur équipement ainsi que sur les servitudes susceptibles d'avoir un impact sur l'affectation des parcelles et leur mise en valeur, sa mission est essentiellement basée sur les travaux topographiques cadastraux. La figure 1 résume les principales missions du cadastre en Algérie et dans d'autres pays du monde.

1.2.4. Les différents types de cadastre utilisés à travers le monde et l'Algérie

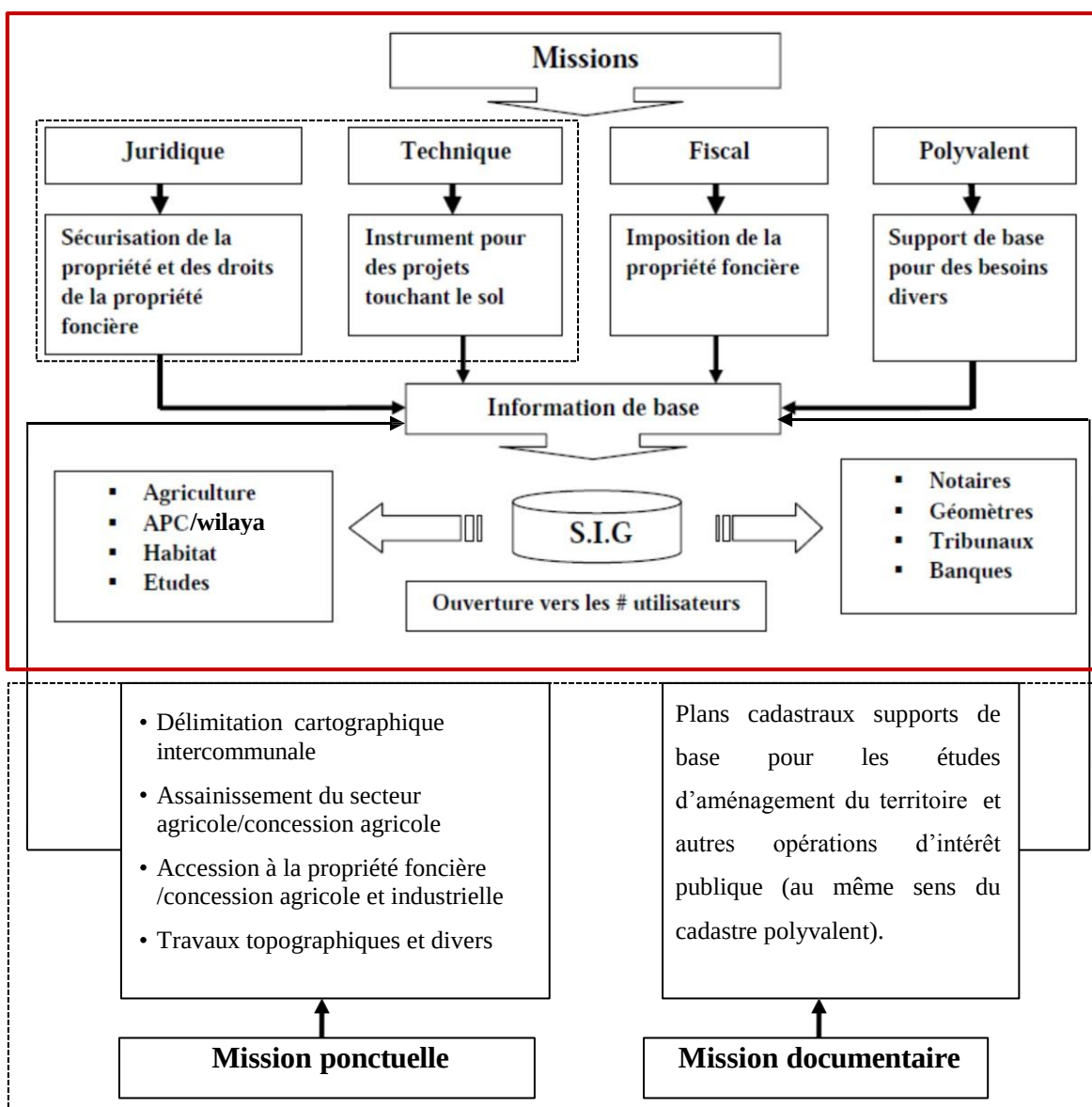


Figure 1. Les différents types de cadastre utilisés à travers le monde et l'Algérie

Source ANC

1.3. Procédure d'établissement du cadastre général

La procédure d'établissement de la documentation foncière générale en Algérie, comprend des travaux de bureau administratifs et techniques qui servent à l'ouverture officielle des opérations cadastrales et à la préparation des documents cartographiques et photographiques supports de délimitation des propriétés sur terrain (figure 5). Les travaux de terrain comprennent trois types :

1.3.1. L'enquête foncière comporte :

- La constatation du droit de propriété immobilière et des autres droits réels

immobiliers et les charges si elles existent

- La détermination de la superficie et le bornage
- la désignation de la consistance physique
- la représentation graphique au moyen d'un plan support de délimitation.

1.3.2. Délimitation : la conformité entre le plan croquis et les limites des propriétés sur terrain avec la présence des propriétaires.

1.3.3. Topographie : Complètement sur terrain par des levés directs.

1.4. Procédure d'établissement de la documentation foncière générale

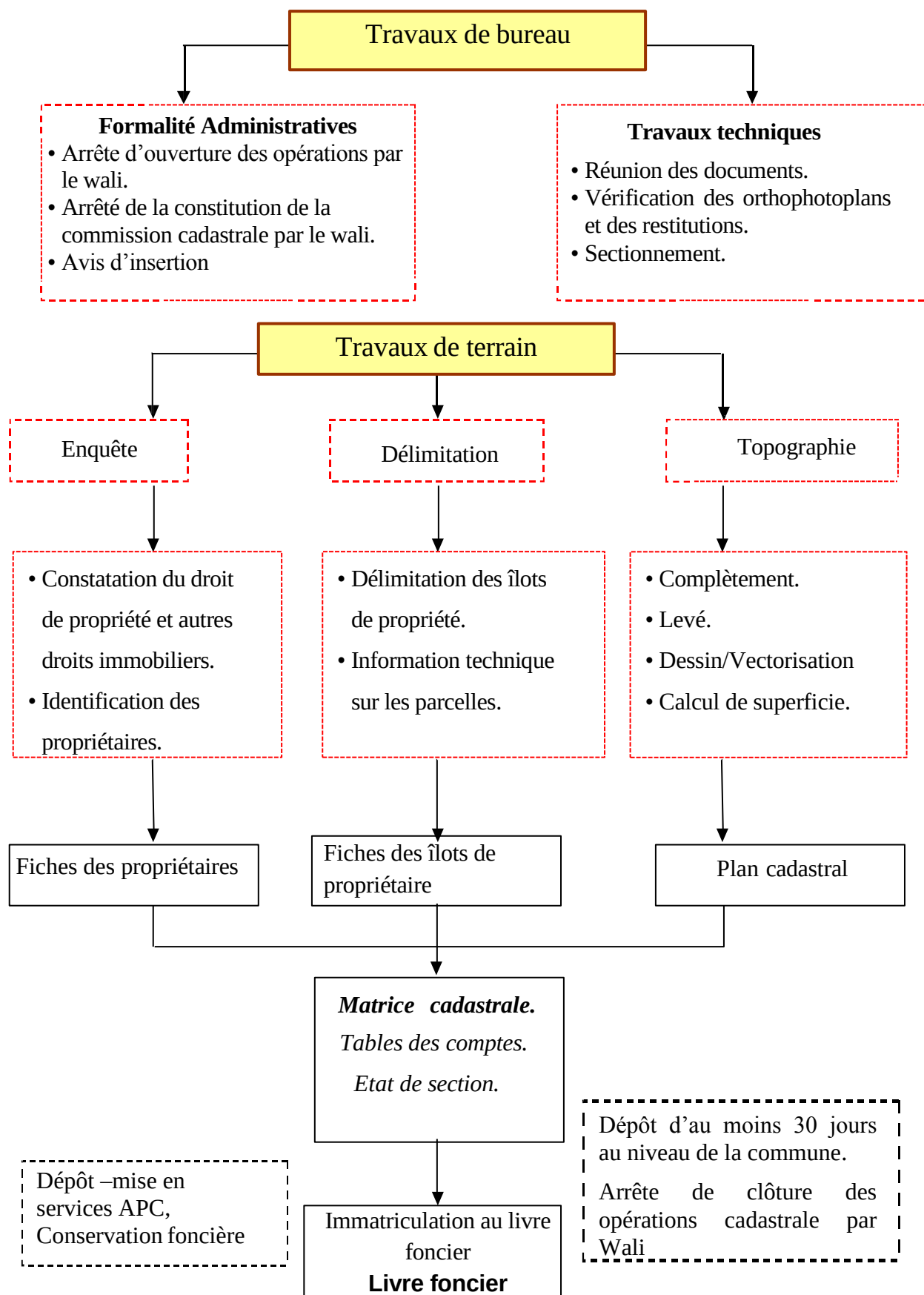


Figure 2. Procédure d’établissement du cadastre général en Algérie

Source : Mr.Chaib Mokrane, 2010

1.5. La documentation cadastrale

Le cadastre est chargé du recensement de toutes les propriétés foncières, de la recherche de leurs propriétaires, de la définition des limites de propriété.

Cet inventaire donnera naissance à une documentation :

- Graphique : plan cadastral.
- Littérale : matrice cadastrale et état de section.

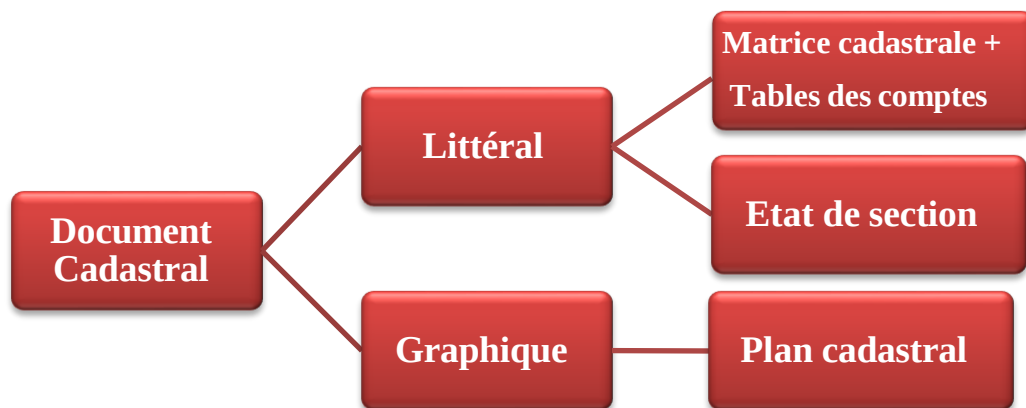


Figure 3. Documentation cadastrale

1.5.1. Documents graphiques :

a. 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.

Le plan cadastral donne la représentation graphique du territoire communal dans tous les détails, de son morcellement en parcelles ou en îlots de propriété. Le numérotage s'effectue par îlot de propriété à l'intérieur duquel figurent en traits discontinues les subdivisions (parcelles) affectées d'une lettre indicative a, b, c...

Le format utile (76cm x 51,4cm) et le format extérieur (84cm x 59,4cm). Les indications principales portées sur le plan sont les suivantes :

- Les limites communales, de sections, de lieux-dits, des parcelles ;
- La matérialisation des limites (mur, haie, clôture, fossé, talus, ...);
L'emprise des voies de communications (chemin, route, pont, voie ferrée) ;
- L'hydrographie (lac, étang, cours d'eau, puits, ..) ;

- Les constructions (bâtiments, édifices publics, calvaires, ...) ;
- Les signes de mitoyenneté ;
- Le quadrillage de la feuille, les points de canevas et leurs coordonnées ;
- Les bornes et repères (points géodésiques, bornes de propriété, ...) ;
- La toponymie (nom de commune, sections, lieux-dits, rues, cours d'eau...) ;
- Les numéros de section, d'îlots et des parcelles.

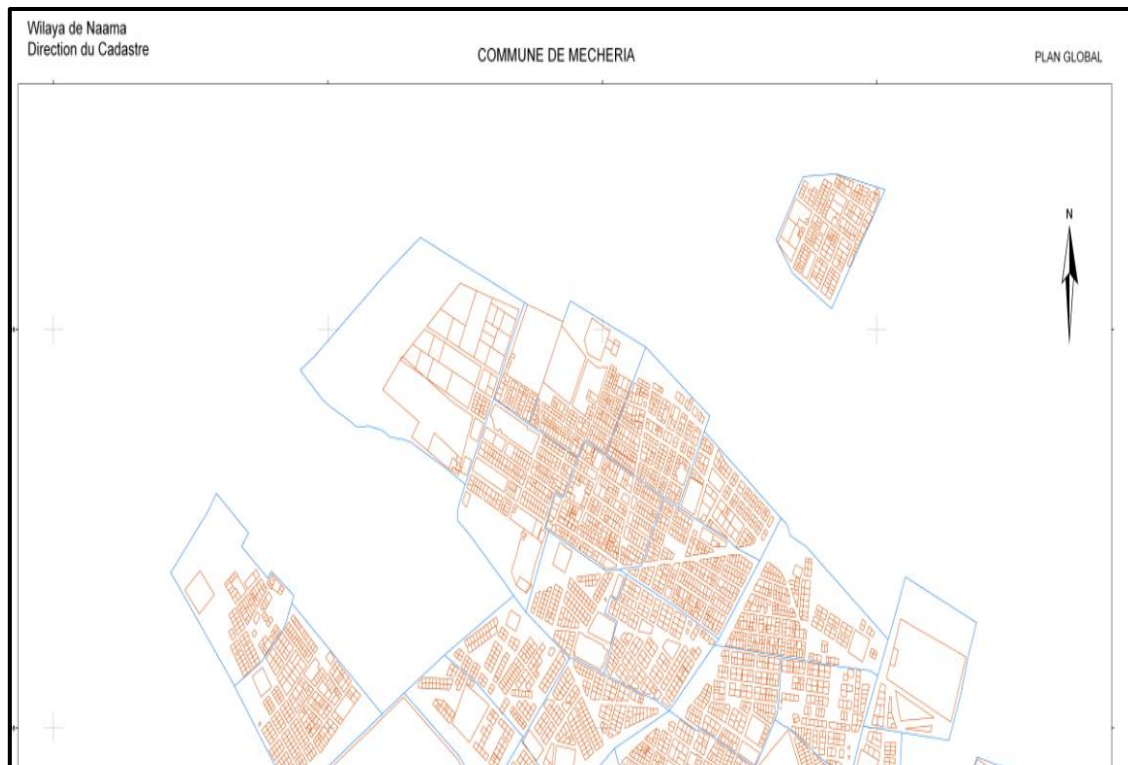


Figure 4. Exemple d'un plan cadastral de mecheria

➤ **La section cadastrale**

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.

Echelle :

Le service du cadastre peut utiliser des échelles différentes pour dessiner les diverses sections d'une commune. Le choix de l'échelle est dicté par le degré de morcellement du parcellaire et par la nature de zones à lever.

Zones urbaines : 1/500 (zones urbaines très denses)
 1/1000 (zones urbaines peu denses)
 Zones rurales : 1/2000 ou 1/2500 (zones rurales très morcelées)
 1/5000 (zones rurales peu morcelées)
 Zones steppiques et sahariennes : Zones à exclure du cadastre steppique et saharien
 (échelles identiques aux zones rurales et urbaines).
 En dehors des zones à exclure : échelle du 1/20000 à 1/200000.

➤ **Îlot de propriété**

L'îlot de propriété est constitué par l'ensemble des parcelles contiguës frappées des mêmes droits et des mêmes charges, appartenant à un même propriétaire ou à une même indivision dans un même lieu-dit et formant une unité foncière indépendante selon l'agencement donné à la propriété. La parcelle cadastrale est une portion de l'îlot de propriété d'un seul tenant, présentant une même nature d'occupation du sol.

Désignation

Les îlots de propriété sont identifiés par un numéro attribué par section dans un ordre continu à partir de l'unité. Les parcelles cadastrales, sont désignées au plan cadastral par une lettre minuscule a, b, c...

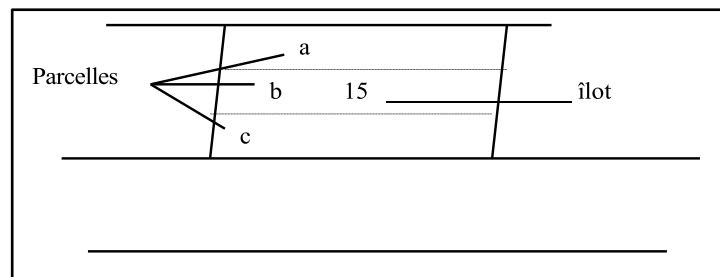


Figure 5. Désignation d'un îlot de propriété

Îlot primitif

Les îlots de propriétés primitifs sont ceux qui figurent à l'origine sur le plan minute et qui ont fait l'objet du numérotage initial. Lors de l'apparition de nouveaux îlots au plan cadastral, lesquels reçoivent un numéro pris à la suite du dernier numéro attribué dans la section, l'indication de l'îlot primitif (pour les îlots issus d'une division) ou de le l'îlot primitif voisin (îlot pris sur le domaine public) permet de retrouver facilement la position de ces nouveaux îlots sur le plan cadastral.

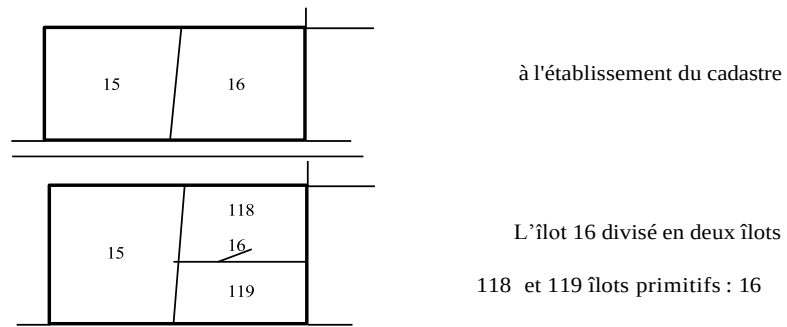


Figure 6. Notion d'îlot primitif

➤ **Signes conventionnels (employés dans le dessin du plan)**

Des signes conventionnels ont été retenus pour représenter :

- Les limites (communales, de sections, de lieu-dit, d'îlot de propriété et de parcelles)
- Les détails topographiques
- L'hydrographie
- Les constructions

Le dessin

-Le format utile : (76 x 51,4) cm

-Le format extérieur: (84 x 59,4) cm.

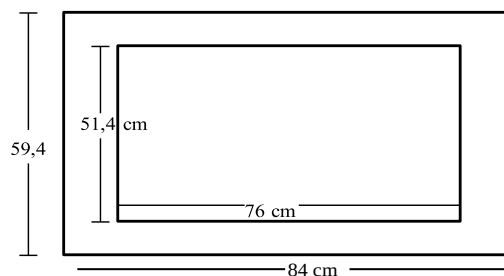


Figure 7. Dimensions d'un plan de section

1.5.2. La documentation littéraire (les registres)

a. La matrice cadastrale

La matrice cadastrale est un registre qui donne par compte de propriétaire, la nomenclature des îlots lui appartenant sur le territoire d'une commune, avec pour chaque îlot, la désignation de la section, du numéro d'îlot détaillé en parcelles et leurs contenances respectives (voir Tableau 2). La matrice cadastrale fournit par ailleurs des informations à caractère économique concernant le sol, son occupation et les objets qu'il supporte.

Matrice cadastrale

Wilaya : Alger

Nom ou raison sociale : ADLLADUI

Né ou constitué le : 16/04/71

A : Alger

Adresse ou siège : 19 Rue AÏT ALI Bouzid

Commune : DE DELY IBRAHIM

Numéro national : 0000000000

Nature ou profession : Fonctionnaire

Prénom du père : Akli

Prénom du grand père : Akli Ben Ammar

Mutation				Se ct	Ilot	Par	Nj	E x	Contenance			Nature d'occupation Du sol	Nature du sol	Objets supportés
Entrée		Sortie							HA	A	C A			
Année	Tire	Année	Année											
01/01 94	00019			01	0007	a				11	25	Sol de bâtiment	Argile irriguée	Construction
TOTAUX.....					01	01				11	25			

Tableau 2. Extrait d'une matrice cadastrale

Source ANC

b. L'état de section

L'état de section est un registre où les états sont classés dans l'ordre topographique, c'est-à-dire l'ordre des sections et des numéros d'îlots, et où est indiqué, pour chaque îlot, le numéro de compte du propriétaire.

ETAT DE SECTION				23/05/2001
WILAYA : ALGER				
COMMUNE : CASBAH				
SECTION : 004				PAGE N° 1
Ilot	Lot	N° Compte	Tire de	
0007		160700000600161		
000		160700000600162		
0010		160700000600160		

Tableau 3. Extrait d'un état de section

Source ANC

1.6. Du cadastre général au cadastre multifonctionnel

1.6.1. Etat d'avancement des travaux cadastraux :

L'avancement considérable du cadastre général sur l'ensemble du territoire a ouvert les pistes de réflexion vers la mise en place d'un système multifonctionnel, ce qui a été traduit par le projet du programme d'Appui à la mise en œuvre de l'Accord d'Association P3a entre l'Algérie et l'Union Européenne.

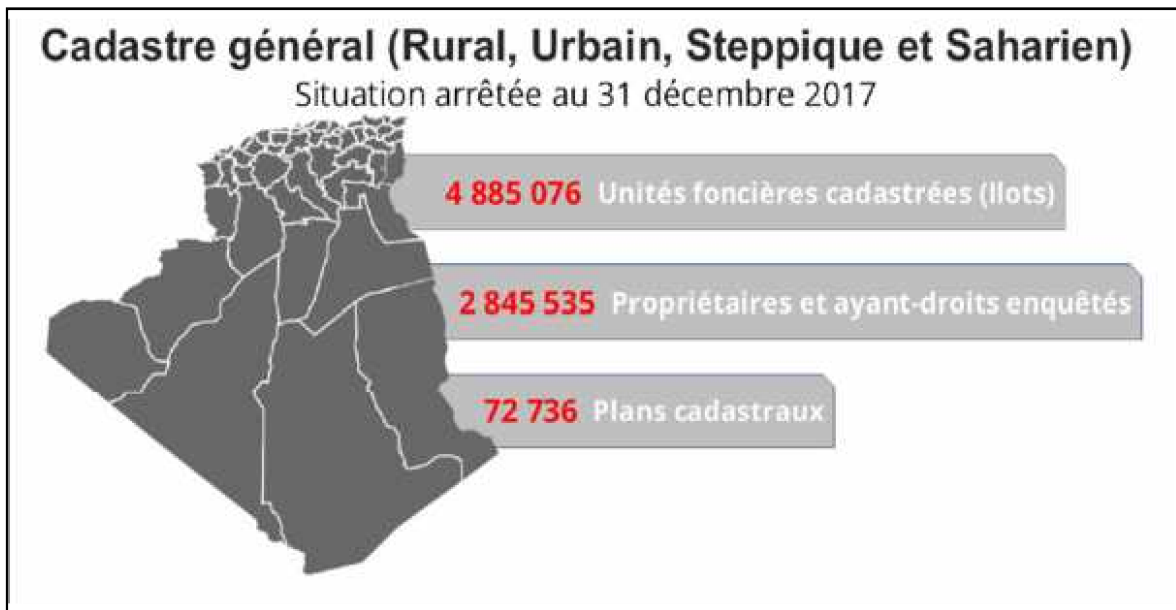


Figure 8. Etat d'avancement des opérations d'établissement du cadastre général en Algérie -situation 31/12/2017 Source : ANC 2018.

Le projet de jumelage en renforçant les capacités de l'Agence Nationale du Cadastre va doter le gouvernement d'outils de référence dans le choix des décisions et des politiques d'amélioration de la gestion intégrée de l'information domaniale et foncière dans le cadre du plan stratégique de modernisation des finances publiques.

A l'issue de jumelage, les 3 résultats suivants devront avoir été réalisés :

- **Résultat 1.** Dans l'objectif de mise en place d'un cadastre multifonctionnel avec une emphase fiscale, un système d'information permettant la gestion intégrée et synchronisée des données domaniales, foncières, cadastrales et le partage de l'information avec les utilisateurs de données géographiques est opérationnelle.
- **Résultat 2.** Les propositions de révision des textes existants et la rédaction d'un nouveau texte traitant de l'utilisation de la donnée numérique sont disponibles.
- **Résultat 3.** Le plan de formation est réalisé et mis en œuvre. [ANC, 2018]

1.6.2. Contraintes techniques

L'Agence Nationale du Cadastre « ANC » travaille actuellement avec deux bases de données indépendantes : une base attributaire et une base géographique. La vision est de mettre en place un cadastre moderne, répondant aux normes internationales (Concept Cadastre 2014 de la Fédération internationale des Géomètres FIG), pouvant intégrer une infrastructure de données spatiales et permettant au citoyen et à l'utilisateur un accès distant sécurisé et réglementé. Cependant, certains problèmes liés à la nature des territoires à cadastrer et aux erreurs commises lors du déroulement des travaux cadastraux, ont diminué la qualité et affecté la fiabilité de la donnée cadastrale.

1.6.3. La procédure d'établissement du cadastre

La situation foncière reste caractérisée, dans de nombreux cas, par une indétermination des droits de propriété et une nature juridique mal définie pour de nombreuses terres notamment dans les régions steppiques et sahariennes et les difficultés rencontrées en zones montagneuses qui nécessitent des procédures particulières qui tiennent compte de la nature du terrain, de la dominance de la micropropriété et de l'occupation des sols :

- **Détection des zones à exclure** : en zones steppiques et saharienne, l'ANC doit définir ces zones et les exclure du cadastre steppique et saharien pour les cadastrer ultérieurement par les procédés usuels d'établissement du cadastre général.
- **Morçèlement de la propriété** : la propriété peut subir un partage successif à cause de l'héritage jusqu'à où elle contient juste quelques arbres d'olives dans une superficie qui ne dépasse pas quelques mètres carrés (exemple 200 m²).
- **Densité de l'occupation du sol** : en raison du climat, la faible superficie et la nature montagneuse du terrain la population procède à une activité d'agriculture mixte, où on peut trouver plusieurs types de légumes dans la même parcelle que les oliviers.

1.6.4. Fiabilité des données cadastrales

Contrairement au cas précédents qui se trouvent à une échelle régionale, ce deuxième type d'anomalies, se pose soit à l'échelle des zones rurales, urbaines, d'un quartier ou même d'un îlot. Comme exemples, nous avons choisi les cas de figure suivants :

- **Problèmes à l'échelle locale « d'ordre technique »** :

On trouve le cas des chevauchements des limites intersections et intercommunales et des écarts intolérables en superficies.

- **Problèmes à l'échelle locale « d'ordre juridique » :**

Le meilleur exemple est l'absentéisme des propriétaires en milieu urbain qui nécessite de revoir la procédure en vigueur et la proposition d'une nouvelle démarche de l'enquête foncière.

- **Problèmes à l'échelle locale « d'ordre mixte (technique et juridique) » :**

Le cas d'établissement d'un cadastre 3D qui donne une représentation exhaustive de la copropriété en milieu urbain.

1.7. Agglomérations secondaires et les poches vides

Le cadastre général en Algérie joue un rôle fondamental dans la gestion et l'organisation de l'espace urbain et rural. Au sein de cette dynamique, les concepts d'agglomérations secondaires et de poches vides revêtent une importance particulière pour une planification territoriale efficace.

1.7.1. Définition des agglomérations secondaires

Les agglomérations secondaires en Algérie désignent des espaces urbains intermédiaires qui ne sont pas des métropoles majeures comme Alger, Oran ou Constantine, mais qui jouent un rôle significatif dans le tissu économique, social et administratif du pays. Ces agglomérations sont souvent caractérisées par un certain développement urbain et économique, tout en étant moins peuplées et moins denses que les grandes villes.

1.7.2. Caractéristiques des agglomérations secondaires

a. Population

Les agglomérations secondaires ont une population variant de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers d'habitants. Elles sont souvent des centres de services pour les zones rurales environnantes.

b. Economie locale

Ces agglomérations abritent des activités économiques variées, notamment des commerces, des petites et moyennes entreprises (PME), ainsi que des industries légères. Elles sont considérées comme des pôles de développement régional.

c. Infrastructure

Elles disposent de certaines infrastructures essentielles, telles que des établissements scolaires, des centres de santé, des marchés et des réseaux de transport, bien que ces infrastructures soient généralement moins développées que dans les grandes villes.

d. Role administratif

Les agglomérations secondaires peuvent servir de sièges administratifs pour les collectivités locales, facilitant l'accès aux services publics et à l'administration pour les populations environnantes.

1.7.3. Poches vides

Les poches vides dans le cadastre général font référence à des zones de terrain qui ne sont pas cadastrées ou qui ne contiennent pas d'informations cadastrales précises (n'existe pas de PDAU et POS). Ces poches peuvent également désigner des segments de territoire qui ne sont pas occupés ou développés, et qui ne sont pas enregistrés dans le système cadastral.

1.7.4. Caractéristiques des poches vides

Elles peuvent se caractériser par :

a. Absence de titre de propriété

Ces zones peuvent ne pas avoir de documents légaux prouvant la propriété, ce qui engendre des incertitudes quant aux droits fonciers.

b. Difficultés d'aménagement

Les poches vides compliquent la planification et le développement urbain, car elles peuvent créer des zones non intégrées dans le réseau urbain existant.

c. Risques des conflits fonciers

L'absence de cadastre dans ces zones peut mener à des litiges, des occupations illégales et des conflits entre différents utilisateurs de la terre.

d. Impact sur le développement durable

Les poches vides peuvent freiner le développement économique et social d'une région, en limitant les capacités d'aménagement et d'exploitation des terres.

1.8. Importance de la gestion efficace des agglomérations secondaires dans le cadastre général en Algérie

La gestion efficace des agglomérations secondaires et des poches vides est essentielle pour plusieurs raisons :

1.8.1. Gestion Foncière

L'établissement d'un cadastre fiable dans ces agglomérations permet de sécuriser les droits de propriété et de gérer efficacement les ressources foncières, réduisant ainsi les conflits liés à la propriété.

1.8.2. Planification urbaine

Un cadastre précis aide les autorités à élaborer des plans d'aménagement du territoire adaptés aux besoins des agglomérations secondaires, en tenant compte de leur croissance démographique et de leur développement économique.

1.8.3. Collecte des impôts

Le cadastre permet également d'optimiser la collecte des impôts fonciers, générant des revenus pour les municipalités qui peuvent être utilisés pour le développement local et l'amélioration des services publics.

1.8.4. Développement durable

Un cadastre bien structuré contribue à une gestion responsable des ressources naturelles et à la protection de l'environnement, en facilitant la planification de l'utilisation des terres.

Conclusion

Le cadastre en Algérie revêt une importance cruciale pour la gestion foncière et le développement durable du territoire. Ses missions, qui incluent la sécurisation des droits de propriété, la facilitation des transactions immobilières et l'optimisation des ressources fiscales, en font un outil indispensable pour les autorités publiques et les acteurs économiques.

La procédure d'établissement du cadastre général, bien que complexe, est essentielle pour créer un registre foncier fiable qui serve d'assise à une gestion efficace et transparente des terres. En outre, l'exploration des différents types de cadastre utilisés à travers le monde et leur adaptation au contexte algérien permettent d'identifier des meilleures pratiques qui pourraient améliorer le système cadastral national.

La documentation cadastrale, en garantissant l'exactitude et la disponibilité des informations foncières, joue également un rôle fondamental dans la transparence et la confiance des usagers. Ainsi, le renforcement du cadastre en Algérie est un enjeu majeur pour favoriser une planification urbaine cohérente, encourager les investissements et garantir un développement équilibré des territoires.

Chapitre II

Notion de base de la photogrammétrie

Introduction

La photogrammétrie, discipline qui consiste à obtenir des mesures précises à partir d'images photographiques, émerge comme une technologie clé dans le domaine de l'arpentage et de la gestion des terres. En Algérie, où la gestion des ressources foncières est essentielle pour le développement économique et social, l'intégration de la photogrammétrie dans le cadastre offre des perspectives prometteuses.

Le cadastre, en tant que registre public des biens fonciers, joue un rôle crucial dans la sécurisation des droits de propriété, la planification urbaine, ainsi que dans la gestion des ressources naturelles. L'utilisation de la photogrammétrie dans ce contexte permet de produire des données géospatiales précises et actualisées, facilitant ainsi la création et la mise à jour des plans cadastraux. Grâce à des techniques modernes de capture d'images, telles que celles fournies par les drones et les caméras numériques, les professionnels peuvent obtenir des modèles 3D détaillés du terrain, ce qui améliore considérablement l'exactitude des mesures et la visualisation des propriétés.

De plus, la photogrammétrie réduit le temps et les coûts associés aux méthodes traditionnelles de levé topographique. En permettant une acquisition rapide des données, elle contribue à une gestion plus efficace des biens publics et privés, tout en minimisant les conflits liés aux limites foncières. En outre, dans un pays comme l'Algérie, où les défis géographiques et environnementaux sont variés, la photogrammétrie offre une flexibilité qui peut s'adapter aux spécificités locales.

2.1. Définition de la photogrammétrie

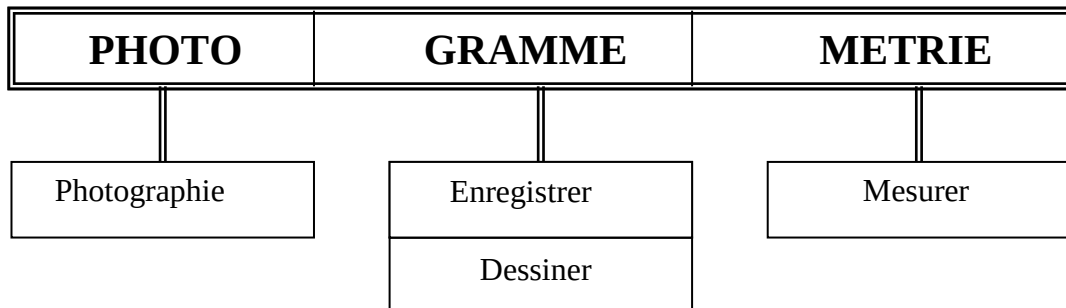
La photogrammétrie est une science qui permet d'obtenir des renseignements (informations) qualitatifs et quantitatifs à partir d'une ou de plusieurs photographies prises par une caméra. C'est une science qui consiste à prendre des mesures sur des photographies, en vue de définir la forme, la position et les dimensions des objets dont leurs images apparaissent sur ces photographies.

Autre définition :

La photogrammétrie est une technique qui permet de faire des mesures à partir de photos aériennes ou à partir de données enregistrées automatiquement et pouvant être transformées en images (cas des méthodes les plus récentes telles que le radar et le Lidar). La photographie et le traitement d'images exigent des techniques spéciales, ainsi que des appareils et logiciels adaptés.

Comme son origine l'indique :

- Photo = lumière
- Gramma = dessin, écriture
- Métron = mesure



2.2. Historique

La photogrammétrie est une science relativement jeune. On peut distinguer quatre périodes principales dans son développement.

- **La métrophotographie (1850/1900) :** C'est l'application à une photographie simple, des règles simples de géométrie perspective :
 - Aimé LAUSSDAT (français) en 1894 établi les premiers levés par photographie terrestre ;
 - Meydenbaur (allemand) en 1858 a établi les premières levées de plan de monuments ; c'est à lui que revient le nom PHOTOGRAMMETRIE.
- **Stéréophotogrammétrie terrestre (1900/1920) :** Pulfrich (allemand) fut l'inventeur de la stéréophotogrammétrie, où on utilise la vision binoculaire pour l'identification des points homologues dans un couple de photos.
- **La photogrammétrie aérienne (1920/1960) :** Scheimpflug (Autrichien) a établi la base des techniques de photogrammétrie (mission de prise de vue et restitution). Après la 1ère guerre mondiale, il y a eu la construction des stéréo restituteurs pouvant recevoir des clichés dans des conditions d'orientation quelconques.
- **La photogrammétrie aérienne (1960/aujourd'hui) :** L'utilisation des modèles mathématiques sur calculateurs (ordinateurs) pour effectuer les travaux d'aérotriangulation et de restitution. Il y a aussi l'introduction des données issues des capteurs numériques, à savoir les satellites, les caméras numériques, les Lidars et les radars.

2.3. Principe de la photogrammétrie

La photogrammétrie utilise le principe de la vision en relief. Cette technique permet d'estimer la troisième dimension (la profondeur ou bien le Z) d'un objet vu à partir de deux angles différents (c'est le principe de la vision binoculaire chez l'homme).



Figure 9. Principe de la vision en relief
Source INCT

2.4. Notions théoriques fondamentales :

2.4.1. Couple stéréoscopique :

Ensemble de deux photographies prises chacune d'un point de vue différent, présentant une partie commune. La figure suivante illustre un couple stéréoscopique de deux prises de vues par un avion le long d'un axe de vol.

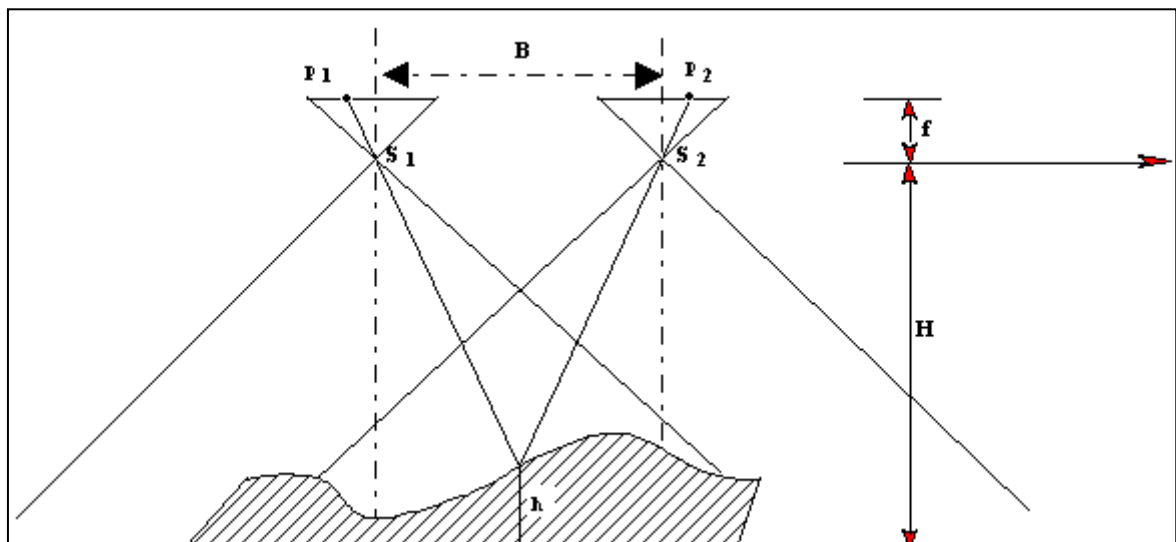


Figure 10. Schéma d'un couple stéréoscopique
Source INCT

a. Photos d'un couple stéréoscopique

Les deux photos suivantes représentent une zone stéréoscopique entre deux photos aérienne :



Figure 11. Zone stéréoscopique

Source CCRS/CCT

b. Base de prise de vues :

Distance séparant les deux positions de l'objectif lors de la prise de vues de deux clichés voisins, formant couple stéréoscopique.

La distance **B** dans la figure 10 représente la base de Prise de vue.

2.4.2. Recouvrement :

Dans une couverture photographique aérienne, proportion dans laquelle une photographie recouvre la zone visible sur une photographie voisine. Le recouvrement se chiffre par un pourcentage.

- **LONGITUDINAL** : C'est un recouvrement entre deux photos adjacentes au long de la même ligne de vol.
- **TRANSVERSAL (latéral)** : C'est un recouvrement entre deux lignes de vol adjacentes

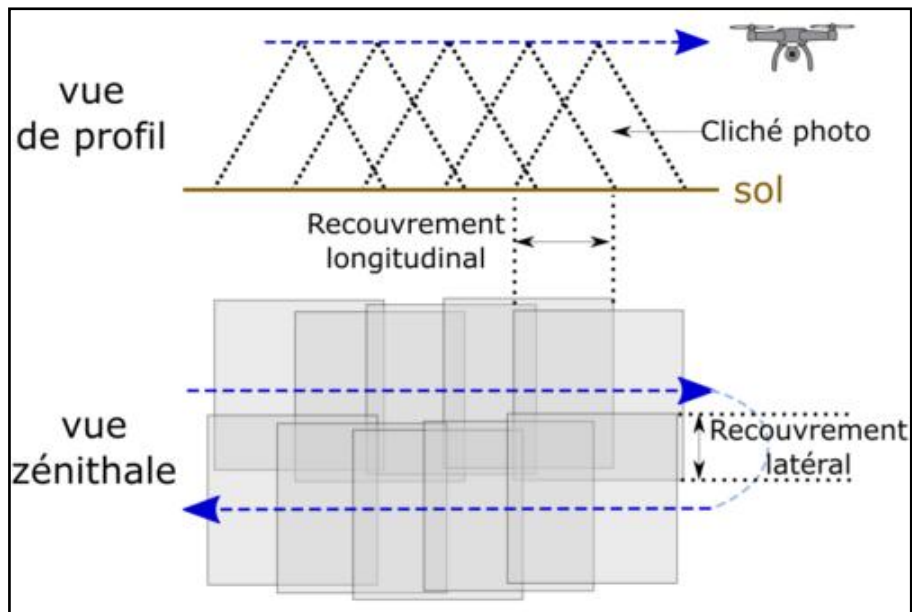


Figure 12. Recouvrement longitudinale et transversal
Source ausohnum.hypotheses.org

a. Zone de recouvrement longitudinale entre les deux photos aérienne :

La figure suivante (figure 13) représente la zone de recouvrement longitudinale entre deux photos aériennes de la figure 11 :



Figure 13. Zone de recouvrement longitudinale
Source CCRS/CCT

2.4.3. La stéréo-restitution :

Repris de l'humain, le principe de stéréoscopie est l'observation d'une même image sous deux points de vue différents. Cette observation du couple stéréoscopique présentant une

partie commune, appelée recouvrement, permet de recréer la perception du relief dans une scène.

La restitution doit être conduite méthodiquement, elle commence généralement par le tracé des structures planimétriques ensuite les structures altimétriques. L'ordre du tracé est généralement le suivant :

- Planimétrie (Bâtis, Ponts, Route, Chemins de fer,...)
- Hydrographie (Oueds, Conduites, Barrage ...)
- Végétation (Forêt, Bois, culture...)
- Altimétrie (Courbes de niveau, points coté)

Après avoir codifié les différents objets et séparer l'altimétrie en points cotés et courbes de niveau (orographie), on aura quatre fichiers en format dxf qui sont Planimétrie, Hydrographie, Orographie et Points cotés.

La qualité de la restitution stéréoscopique est basée sur le rapport B/H correspondant respectivement à la base (distance entre deux prises de vue photographique) et la hauteur de prise de vue. Ce rapport peut être plus ou moins élevé en fonction du type d'acquisition des clichés.

2.4.3. Les différentes orientations :

a. L'orientation interne

Chaque caméra a ses propres paramètres internes qui sont les suivants :

- Le point principal d'autocollimation (PPA) : il s'agit de l'intersection de l'axe optique et du plan image.
- La distance principale (p) : correspondant à la distance entre le point principal et la lentille (appelée focale).
- Le centre de distorsion / point principal de symétrie (PPS) : point dans l'image où la distorsion est supposée nulle.
- Les coefficients de distorsion (a, b et c) : ce sont les coefficients du polynôme modélisant les distorsions optiques telle que l'illustre la figure 14. Il existe plusieurs modèles permettant de modéliser les différentes distorsions. En effet, avec l'évolution des systèmes optiques, (lentilles asphériques par exemple), les modèles de distorsions optiques ont dû être réétudiés [Tournadre, 2015].

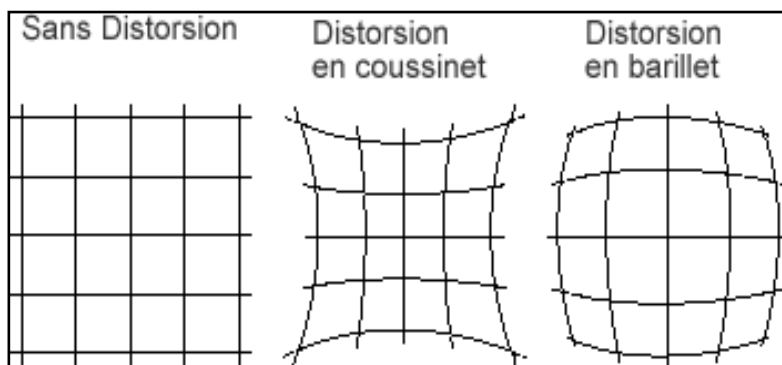


Figure 14. Illustrations des différentes distorsions possibles lors du passage de la lumière dans l'optique

Source : www.thomassinclairlabs.com

Il existe différents protocoles de calibration interne d'un appareil photographique [Murtiyoso, 2016]. La plus connue est la calibration en laboratoire à l'aide d'un polygone d'étalonnage permettant de calculer les paramètres internes du boîtier. A l'issue de cette étape, il est ensuite nécessaire d'appareiller les images ensemble, ce qui correspond à l'orientation relative.

b. L'orientation relative :

L'objectif de cette étape est de déterminer l'orientation des images les unes par rapport aux autres afin de reconstruire le stéréomodèle et pouvoir recréer le relief. Les paramètres à déterminer sont donc les 3 vecteurs translatifs (T_x , T_y , T_z) et rotatifs (ω , ϕ , κ) ainsi que le facteur d'échelle (λ). C'est à l'issue du calcul de similitude 3D et la mise en œuvre de la méthode des moindres carrés que ces paramètres vont être déterminés [Boulianne, 2017]. En photogrammétrie analogique, cette orientation était faite pour chaque couple d'images à l'aide de la méthode des 6 points de Gruber. Les évolutions en traitement d'image couplées à la photogrammétrie ont rendu ce processus automatique.

L'orientation relative consiste à orienter les 2 clichés du couple l'un par rapport à l'autre en leur donnant les positions relatives qu'ils occupaient lors de la prise de vues pour éliminer la parallaxe.

c. L'orientation absolue :

L'image ainsi constituée après l'orientation relative est une maquette rigide à laquelle il faut faire subir des variations d'échelle et des basculements jusqu'à ce que les points de calage coïncident avec ceux du terrain en planimétrie et altimétrie (compte tenu de l'échelle bien sur).

En d'autre terme, faire basculer l'image c'est déplacer l'ensemble des 2 chambres de restitution comme un bloc jusqu'à ce que les verticales du terrain soit parallèles à l'axe z de l'appareil de restitution.

Le but de l'orientation absolue est de donner à cette image l'échelle voulue et un orientation bien défini par rapport aux axes de l'appareil de restitution.

L'orientation absolue qui fournit les 7 paramètres, à savoir :

- * Mise à l'échelle
- * 3 rotations (K, Φ, Ω)
- * 3 translations X_0, Y_0, Z_0

2.5. La Restitution

La restitution est l'opération qui permettra d'extraire les éléments nécessaires à l'établissement de la cartographie d'un site, elle consiste en une détermination et représentation en trois dimensions d'un objet, à partir de modèle stéréoscopiques (couples de clichés).

La restitution est la détermination et représentation en trois dimensions d'un objet, à partir de photographies stéréoscopiques, obtenues à l'aide d'une chambre métrique. Après calage d'un couple stéréoscopique dans un appareil de restitution photogrammétrique, on procède à un enregistrement numérique des données saisies.

2.5.1. Classification des appareils de restitution:

Les appareils de restitution permettent à un opérateur humain de se sentir immergé dans une représentation tridimensionnelle du monde réel grâce à la vision stéréoscopique.

Il existe trois générations d'appareils de restitution :

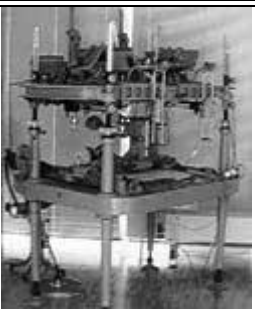
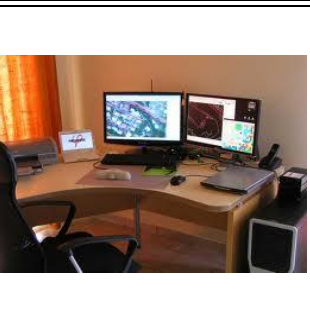
		
Analogique	Analytique	Numérique

Figure 15. Classification des appareils de restitution

Source INCT

➤ **Appareil Analogique** :(obsolète)

source de données *analogique* : photographies aériennes en diapositif.

résultat *analogique* : vecteur restitué sur couche à graver.

➤ **Appareil Analytique** : (en cours de disparition)

source de données *analogique* : photographies aériennes en diapositif.

résultat *numérique* : vecteur restitué au format numérique.

➤ **Appareil Numérique** :

source de données *numérique* : photographies numériques.

résultat *numérique* : vecteur restitué au format numérique.

2.5.2. Type de restitution au niveau de l'INCT :

Au niveau de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection, il existe deux types d'appareils de restitution:

- Restitution analytique.
- Restitution numérique.

Restitution Analytique



Restitution Numérique



Figure 16. Type de restitution au niveau de l'INCT

Source INCT

2.5.3. Organigramme de processus de restitution :

L'organigramme suivant illustre les étapes suivies lors de la restitution

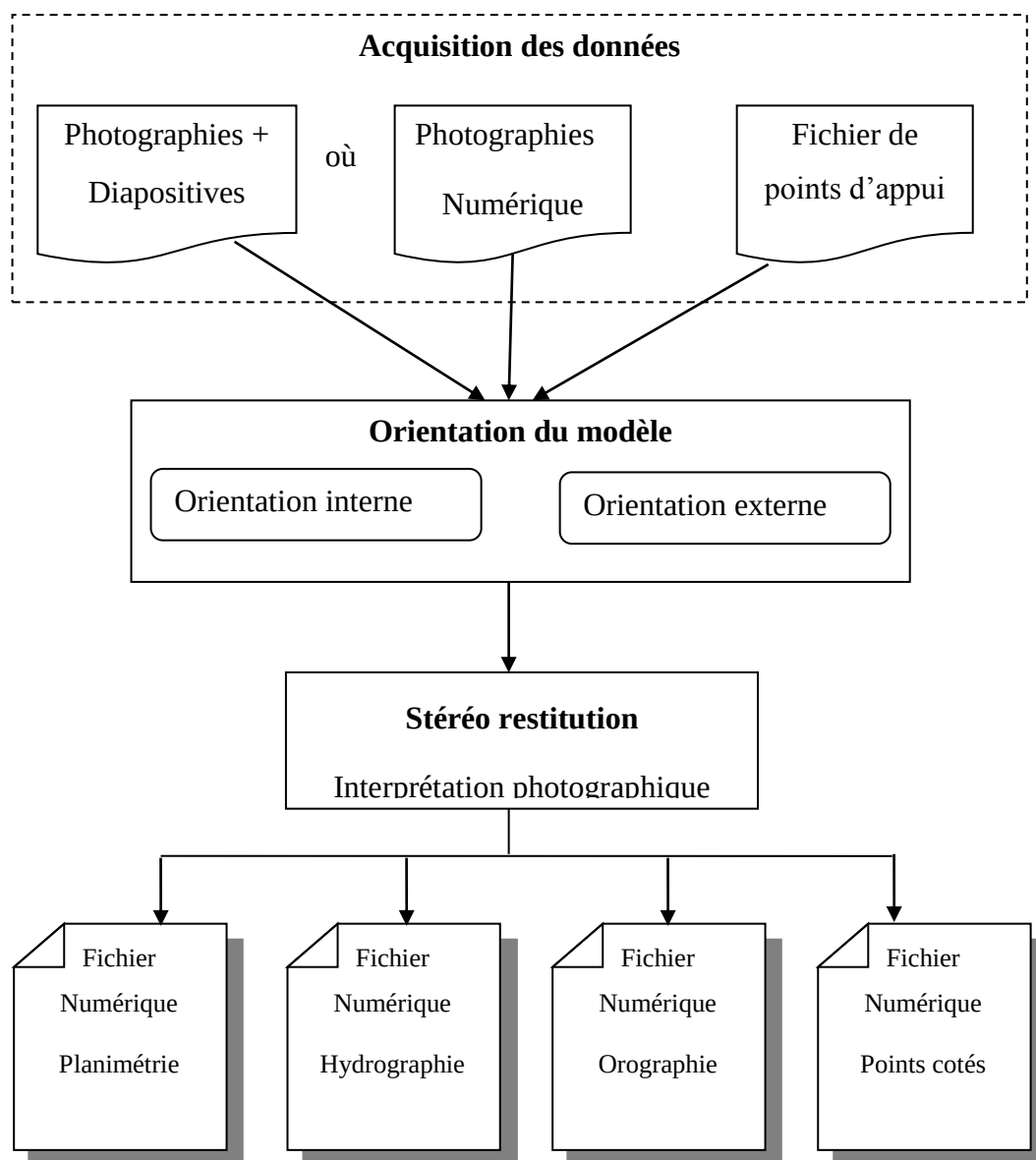


Figure 17. Processus de restitution
Source INCT

2.6. Quelques notions de photographie

L'appareil photographique est une somme de différents objets qui permettent d'enregistrer une image. Ces objets peuvent être décomposés de la manière suivante :

- Le capteur, il peut être de différentes tailles et de différents types (figure 18). Constitués de photosites, ceux-ci permettent de capter et d'enregistrer la lumière reçue.
- L'optique, appelé aussi objectif, peut être de différentes tailles permettant de prendre une scène avec plus ou moins de recul. Il est constitué de plusieurs groupes

de lentilles et est défini par sa longueur focale, son ouverture et son champ de vision.

- L'obturateur, il permet d'exposer le capteur à la lumière pendant un temps donné (de quelques secondes à quelques millisecondes).
- Le diaphragme, il permet de contrôler l'ouverture de l'objectif et par conséquent la quantité de lumière reçue par le capteur. Il est noté souvent « f » sur l'objectif.

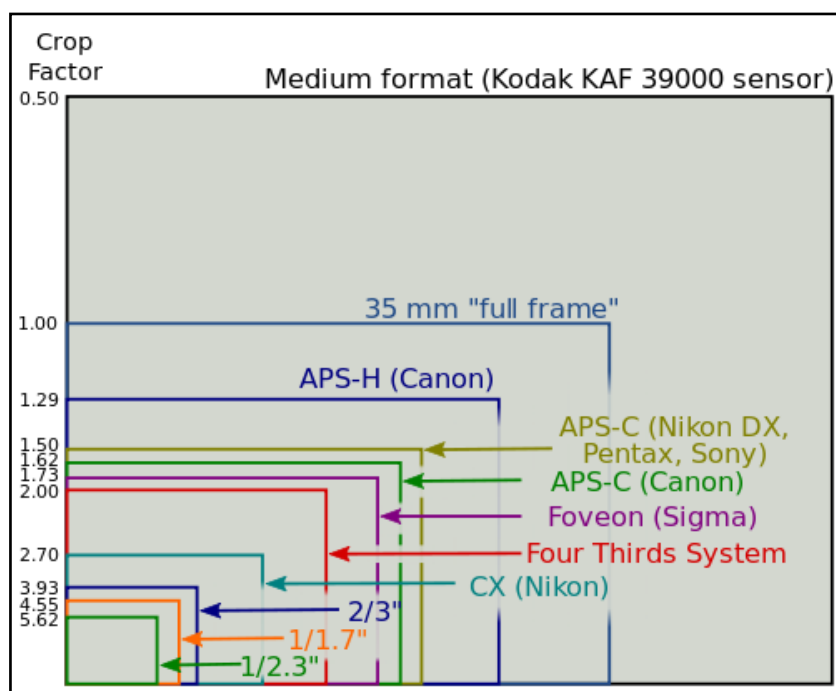


Figure 18. Illustration des différentes tailles de capteurs issue de « Synthèse des outils et technologie 3D »

Source : Rédigé par Anthony Pamart

Tous ces paramètres ont donc une influence sur le type de prise de vue que l'on veut réaliser. Il est donc important de choisir le bon capteur photographique. Tous les appareils ne sont pas faits pour la photogrammétrie mais certaines entreprises ou laboratoires se sont mis à créer des produits adaptés comme la « Camlight » de l'IGN utilisée dans différents travaux de recherche [Souchon et al. 2014].

2.6.1. Les recommandations

Lors d'une prise de vue, trois paramètres sont déterminants pour avoir un cliché de bonne qualité (netteté et bien exposé). De plus, il est important que les images aient la même exposition car les algorithmes de détection de points d'intérêt se basent principalement sur une reconnaissance de la radiométrie des pixels.

Ce sont ces trois paramètres qui permettent de régler l'appareil photographique :

- La vitesse de l'obturateur permet de contrôler la durée d'exposition du capteur. Une basse vitesse permet de fixer des scènes relativement fixes contrairement à une vitesse élevée qui permet de fixer des objets mobiles. En fonction de cette vitesse, le capteur recevra plus ou moins de lumière.
- L'ouverture notée « f » permet de contrôler la quantité de lumière qui traverse l'objectif. Cette ouverture permet aussi de gérer la profondeur de champs (zone où l'image est nette).
- La sensibilité du capteur est aussi un point important. Nommée ISO, celle-ci permet de contrôler la sensibilité du capteur à la lumière. Ainsi, plus l'ISO est élevée, plus les scènes sont lumineuses mais présentent, en contrepartie, plus de « bruit » et inversement pour une ISO plus faible.

La figure 19 illustre l'influence des trois paramètres essentiels pour avoir une photographie bien exposée.

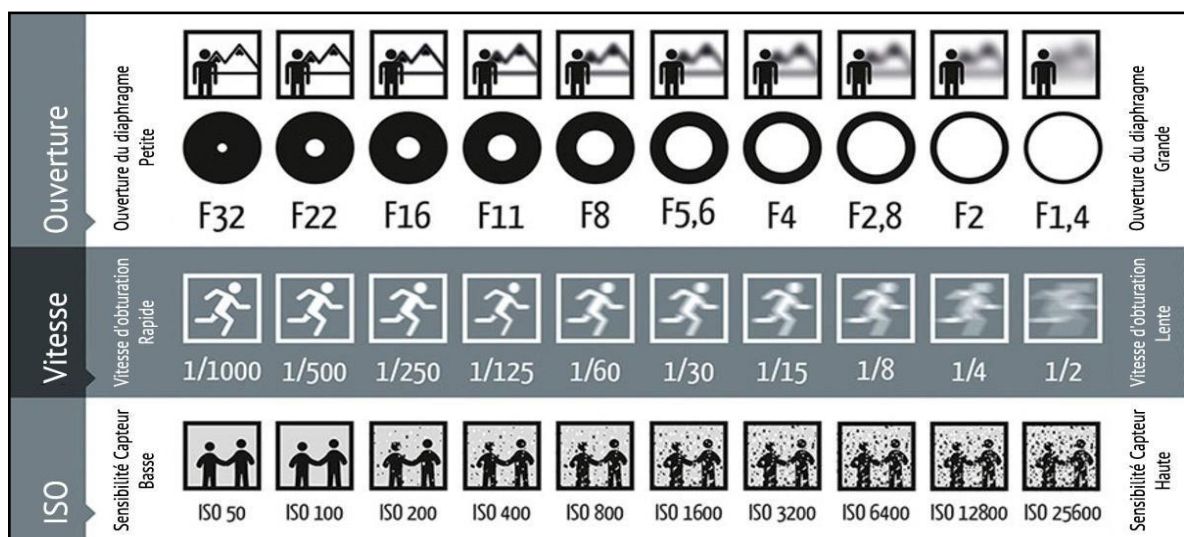


Figure 19. Illustration de l'influence de chacun des paramètres sur la qualité du cliché photographique

Source Illustration issue du site Objectif-cooljeff.com.

Dans le cadre d'une prise de vue par drone, il est important de prendre en compte ces paramètres car le déplacement de celui-ci et donc de la caméra, peut créer un flou sur l'image ce qui compromettrait la reconstruction 3D. Il est donc plus prudent de mettre la vitesse de l'obturateur sur une vitesse élevée tout en laissant l'ISO au plus bas et une grande ouverture tout en minimisant le flou créé par la profondeur de champs. Enfin, la mise au point doit être en mode manuel pour que la scène soit nette, même si la hauteur de vol, souvent de l'ordre de 20 à 150 mètres, projette la scène à l'infini du point de vue de la mise au point.

2.7. Paramètres de prises de vue aérienne

2.7.1. Les facteurs modifiables

a. La taille du pixel au sol (GSD en anglais) et la hauteur de vol

Cette notion s'intéresse à la résolution que l'on peut obtenir en fonction de la hauteur de vol. Cette hauteur est un facteur important à prendre en compte. En effet, en fonction de la surface à couvrir, de la longueur focale et du GSD, il est essentiel de déterminer une bonne hauteur de vol. Le GSD est la distance entre le centre de deux pixels contigus au sol. Elle est très importante car elle permet de déterminer la résolution et la précision du rendu photogrammétrique. Il est coutume de dire que la précision escomptée d'un relevé par photogrammétrie est de l'ordre d'une à deux fois le GSD en planimétrie et de une à trois fois le GSD en altimétrie [Latitude Drone]. Attention tout de même, le GSD n'est pas le seul paramètre à prendre en compte pour la précision du relevé. La formule permettant de calculer le GSD est la suivante :

$$GSD = t * \frac{H}{f}$$

Les variables correspondent respectivement à la taille du pixel du capteur (t), la hauteur de vol en mètre (H) et la focale en millimètres (f).

Il faut donc faire un compromis entre la résolution au sol et le volume des données possible à traiter. En effet, l'emprise au sol d'une photo dépend de la taille du capteur et de la longueur focale (à hauteur de vol fixe). Plus la hauteur de vol est basse, plus l'emprise du cliché est petite et donc plus le volume des données augmentent du fait du grand nombre de photographies à acquérir.

b. Le taux de recouvrement et le rapport B/H

A la base de la stéréoscopie, le recouvrement est le point fondamental de la reconstruction tridimensionnelle. En fonction du plan de vol, il peut y avoir jusqu'à deux types de recouvrement, le type longitudinal et le type transversal.

- Le recouvrement longitudinal, est celui pris à la suite de deux clichés successifs sur une même ligne de vol.
- Le recouvrement transversal est quant à lui, celui où deux bandes d'images se chevauchent entre elles.

Lorsque que l'on fait des acquisitions aériennes avec un drone, il est recommandé de réaliser un recouvrement élevé de l'ordre de 80% dans un axe et de 60% entre les axes [Pierrot Deseilligny et al., 2011 ; Charlet, 2019].

De plus, le rapport B/H influence la qualité du modèle 3D final. Plus le rapport est proche de 0 et plus l'angle d'intersection des rayons perspectifs homologues est petit, ce qui crée une intersection moins nette des rayons perspectifs et une moins bonne détermination de la composante altimétrique du levé. Cependant, les meilleurs résultats en termes de précision ont fait remarquer que le rapport B/H était aux alentours de 0,2 [Pierrot Deseilligny et al., 2011].

c. Le réseau de points de contrôle et de vérification

Afin de pouvoir réaliser le géoréférencement du modèle de façon précise, il faut placer des points de repères au sol. Il existe trois types de repères (appelés aussi GCP), les points d'appuis planimétriques, altimétriques et les points de vérification (Control Points). Souvent, les deux premiers types ne forment qu'un seul point. Enfin, les points de vérification permettent de contrôler nos données après leur traitement afin d'estimer les erreurs de positionnement.

D'un point de vue mathématique, seulement 3 points d'appuis sont nécessaires pour réaliser la transformation spatiale entre les coordonnées « modèle » et les coordonnées « terrain ». Cependant, le photogrammètre en utilise bien plus, souvent issus de l'aérotriangulation [Boulianne M., 2017]. Il est donc important de déterminer le nombre de points d'appuis et leur répartition sur l'ensemble du terrain à relever pour avoir un bon calcul de l'aérotriangulation.

Une étude menée en 2013 sur le Théâtre Romain à Vintimille (Italie) a montré l'importance des points de contrôle au sol. En effet, ces points ont permis d'atténuer considérablement les déformations du modèle 3D et réduit de manière importante l'effet « bowl² » [Nocerino & al., 2013].

Une seconde étude, menée en 2017 sur 3 glaciers Suisses, fait l'expérience de l'influence du nombre et de la disposition des GCP. On constate que 5 à 7 GCP par km² sont nécessaires au minimum pour atteindre une précision convenable en 3D [Gindraux & al., 2017]. Un grand nombre de GCP ne semble donc pas utile (sauf dans certains cas dégénérés).

Il est donc important de bien répartir les GCP et les points de vérifications sur le pourtour de la zone de levé et au centre de celle-ci, d'une part pour réduire les déformations

éventuelles et d'autre part, afin d'avoir un bon géoréférencement des données acquises.

Il est donc important de bien répartir les GCP et les points de vérifications sur le pourtour de la zone de levé et au centre de celle-ci, d'une part pour réduire les déformations éventuelles et d'autre part, afin d'avoir un bon géoréférencement des données acquises.

2.7.2. Les facteurs externes

a. La topographie du terrain

Le relief du terrain a aussi une influence sur la reconstruction 3D du modèle issue des clichés acquis lors de la prise de vue. Le principe même de la hauteur de vol du drone est défini selon son point de décollage. Si la zone est très escarpée, le drone ne sera pas à la même hauteur selon sa position sur la zone de levé, principe illustré sur la figure 20. De plus, nous avons vu précédemment que le GSD est fonction de la hauteur de vol, il se peut donc que celle-ci ne soit pas uniforme sur toute la zone relevée ce qui provoque une hétérogénéité de la précision du modèle.

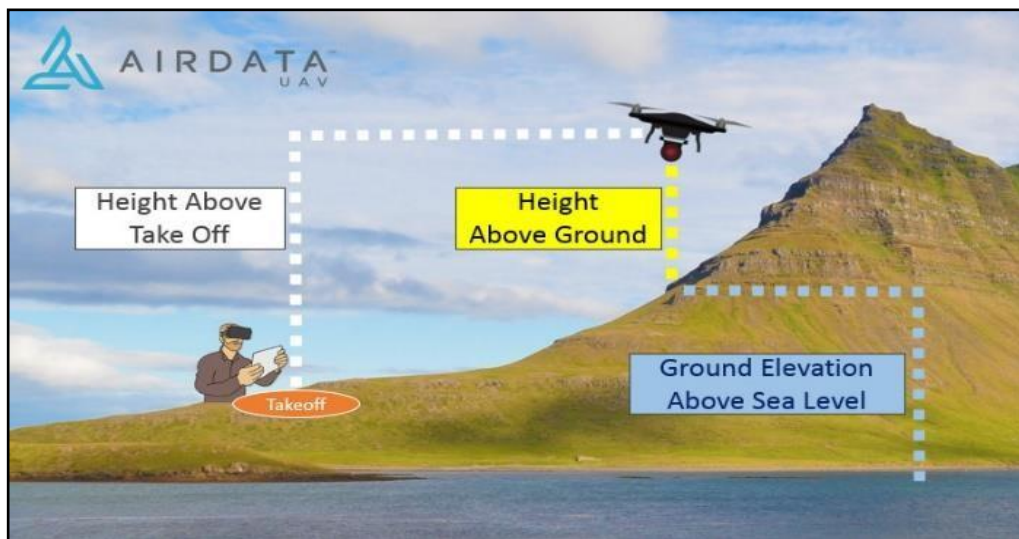


Figure 20. Schématisation de la hauteur de vol par rapport au point de décollage

Source Airdata.com

Le principe même de la photogrammétrie est la prise de vue de ce que l'on voit. Si la couverture végétale est dense, seul le sursol sera pris en compte et non pas la topographie réelle du terrain, ce qui peut être gênant selon le type de rendu souhaité.

Enfin, sur une zone escarpée le recouvrement ne sera pas constant, cela pourrait donc provoquer des zones de faible recouvrement ne permettant pas la restitution 3D.

Il faut donc adapter notre plan de vol en fonction du relief du terrain. Il existe certains planificateurs de vol qui permettent de prendre en compte la topographie du terrain

afin d'avoir une hauteur de vol constante suivant la topographie, comme « Tap2Map » ou encore « UgCS ».

b. Les conditions météorologiques

Plusieurs contraintes météorologiques existent et peuvent influencer à la fois les paramètres de vol du drone mais aussi la qualité des clichés acquis [Dandois et al, 2015].

- Le vent, paramètre très important car si sa vitesse est trop élevée, le drone peut ne pas pouvoir maintenir sa trajectoire et potentiellement s'écraser. Le vent peut aussi avoir une influence sur la qualité de la reconstruction du modèle tridimensionnel.
- La luminosité de la scène est aussi un paramètre à prendre en compte. En effet, la faiblesse du contraste sur les clichés due à un temps nuageux peut rendre difficile la détection des points homologues dans les clichés, résultant en une augmentation de l'erreur de positionnement des points du modèle tridimensionnel.

2.8. Place du drone dans l'acquisition des données

2.8.1. Bref historique de l'évolution des drones

L'aéronef télépiloté a vu le jour à la fin de la Première Guerre Mondiale. C'est aux USA que le premier projet d'avion sans pilote est né, il a été nommé «Hewitt-Sperry automatic airplane ».

C'est lors de la guerre froide que les premiers drones à vocation essentiellement militaire voient le jour. En effet, les USA développent le drone pour des missions de surveillance dangereuses dans des environnements nommés « 3D » pour « Dull, Dirty and Dangerous » (répétitives, sales et dangereuses) afin d'éviter toutes pertes humaines [Brisset, 2004]. Depuis les années 80, les armées du monde entier profitent de ces outils pour surveiller mais aussi pour se défendre à l'image du drone « Prédator » des USA.

Du fait de l'évolution des technologies de l'aéronautique, de la robotique et de la miniaturisation, d'autres catégories de drones sont apparues. Le premier avion miniaturisé est ainsi développé dans les années 80 par AeroVironement [Brisset, 2004].

Enfin, la démocratisation des drones et l'essor de l'aéromodélisme a mis en avant le drone civil tel qu'on le connaît actuellement. Il existe aujourd'hui une variété impressionnante de drone, allant de quelques grammes à plus d'une tonne.

2.8.2. Les différents types de drones

Les drones peuvent être catégorisés en fonction de leur taille et de leur puissance permettant également de définir leurs usages (capacité de charge, hauteur de vol et leur rayon d'action). On peut donc les classer en 4 catégories distinctes, les drones de grande taille, de moyenne taille, et les catégories micro et nano drones [Anderson et Gaston, 2013]. Nous ne parlerons ici que des drones des catégories micro et nano permettant les vols à des fins de cartographie et de photogrammétrie. Les autres catégories peuvent faire de même mais la législation est différente du fait de leurs poids et de leur dangerosité pour les tiers.

a. Voilures fixes

Classé dans la catégorie des drones micro et nano, ce type d'Unmanned Aerial Vehicle (UAV) est constitué d'un corps en mousse dur de type polystyrène et est propulsé par un moteur. D'une envergure comprise entre 1 à 3 m environ, cet engin volant permet de voler à des vitesses élevées (50 à 120 km/h) et est très peu sensible au vent. La légèreté de ce système lui permet d'avoir un rayon d'action de plusieurs kilomètres et une autonomie importante (une à plusieurs heures). Leur trajet est contrôlé par un logiciel de pilotage automatique permettant un guidage du drone grâce au récepteur GNSS embarqué.

Cependant, ces systèmes ont tout de même des inconvénients :

- Le premier est le système permettant la mise en vol, souvent effectuée à partir d'une rampe de lancement, pour des drones de grande envergure comme « le Boréal » illustré dans la figure figure 21.
- L'atterrissage est aussi un point critique car il est réalisé par une glisse contrôlée sur le sol. Il faut un espace large pour pouvoir le faire atterrir. Ce type de manœuvre peut endommager les capteurs se trouvant très souvent en dessous du fuselage (Lidar ou appareil photographique).
- Enfin, il faut une envergure importante pour pouvoir emporter des charges conséquentes, à l'image du drone « le Boréal », mesurant 4,20 mètres d'envergure et pouvant soulever jusqu'à 5 kg de charge utile (figure 21.).



Figure 21. Photographie de deux drones de même type mais de dimensions différentes (A gauche, le drone Sensefly ebee mesurant 0.76 m d'envergure Source www.sensfly.com, à droite le drone « LeBoreal » mesurant 4.20 m d'envergure Source www.boreal-uas.com)

b. Voilures tournantes

Ce type de drone diffère de la forme d'une aile volante. Appelés aussi multi-copter, ils sont constitués de 1 à 8 moteurs appelés « rotor » placés tout autour du corps du drone (figure 22.). Cette forme permet au drone de soulever des charges plus lourdes que les ailes volantes (à dimension égale). De plus, leur configuration permet une manœuvrabilité accrue ainsi qu'un vol stationnaire ou seulement vertical. C'est pourquoi, ils peuvent décoller et atterrir à la verticale du point lancement. Ils sont donc plus simple d'utilisation que les ailes volantes même si les plans de vol automatisés réduisent considérablement les contraintes de vol.

Cependant, ces drones ont une autonomie assez restreinte, leur rayon d'action est donc plus limité. De plus, ils sont aussi plus sensibles aux conditions météorologiques comme le vent par exemple [Eissenbess, 2009].



Figure 22. Photographie de deux drones DJI, à gauche le DJI Phantom 4 Pro et à droite DJ Matrice 600.

Source www.dji.com.

2.8.3. Type de drone et usage respectif

Ces deux types de drones sont tous deux complémentaires et permettent de réaliser diverses missions de photogrammétrie aérienne. Reposant, l'un sur le principe de la portance, générée par l'accélération de l'air sur l'aile, tel un avion et l'autre reposant sur le principe de portance mais générée par les hélices en rotation, ils ne permettent pas un vol de même configuration. Il est donc important de récapituler l'ensemble des avantages et inconvénients des deux types de drones, éléments illustrés sur le tableau 4.

Type de drone	Rayon d'action	Autonomie	dépendance au vent	Manoeuvrabilité	capacité de chargement
Aile volante	++++	++++	++	++	+
multi-rotor	++	++	+	++++	++

Tableau 4. Avantages et inconvénient des deux types de drone inspiré (+ : mauvais, ++++ : excellent)

Source Eissenbess, 2009

Les drones ailes volantes sont donc mieux adaptés à des missions de grande envergure, avec des capteurs plus légers. Les drones multiroteurs, eux, sont plus enclin à des missions de dimension plus réduite, dans des milieux plus difficiles d'accès avec des capteurs plus lourds. Ils permettent aussi de réaliser des missions en vol vertical.

2.8.4. Application des drones en géomatique

Les drones sont de plus en plus utilisés de nos jours. Leur usage ne se cantonne pas seulement à la surveillance comme dans le cadre de missions pour l'armée. Ils peuvent être aussi utilisés par d'autres domaines comme l'agriculture, la gestion forestière, l'archéologie, la gestion de situation d'urgence, la modélisation 3D [Nex & Remondino, 2014] ainsi que l'auscultation d'ouvrage linéaire [Tournadre, 2015].

Les drones sont donc utilisés dans des domaines très variés depuis l'agriculture jusqu'à l'auscultation d'ouvrages. C'est donc un moyen très intéressant pour pouvoir acquérir des données à la fois rapidement mais aussi et surtout de pouvoir les acquérir sans pour autant être physiquement sur le site, certains pouvant être dangereux.

2.8.5. La législation en vigueur

Le décret présidentiel n° 21-285 du 13 juillet 2021 en Algérie fixe les règles et réglementations relatives à l'utilisation des systèmes aéronautiques sans pilote (SASP), communément appelés drones. Ce décret a été établi pour encadrer l'usage de ces appareils, tant à des fins civiles que commerciales, tout en garantissant la sécurité aérienne et la protection de la vie privée.

Ce décret représente un cadre juridique essentiel pour la régulation des systèmes aéronautiques sans pilote en Algérie. Il vise à garantir la sécurité des opérations aériennes tout en permettant l'évolution de cette technologie dans un cadre légal approprié. Les utilisateurs de drones doivent se conformer à ces réglementations pour assurer une utilisation sécurisée et responsable de ces appareils.

Voici quelques points clés du décret présidentiel 21-285 :

➤ **Définition des Systèmes Aéronautiques sans Pilote :**

Le décret précise ce que l'on entend par systèmes aéronautiques sans pilote, incluant les drones civils et commerciaux.

➤ **Conditions d'Utilisation :**

Les opérations avec des drones doivent se faire dans le respect des réglementations en matière de sécurité aérienne.

L'utilisation des drones en milieu urbain ou au-dessus des zones habitées est strictement réglementée.

➤ **Autorisation et Enregistrement :**

Les utilisateurs de drones doivent obtenir une autorisation préalable de la Direction Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (DGACM).

Les drones doivent être enregistrés pour assurer leur traçabilité.

➤ **Obligations des Opérateurs :**

Les opérateurs doivent respecter des directives spécifiques concernant la formation et la qualification pour piloter des drones, ainsi que les exigences en matière d'assurance.

➤ **Réglementation des Zones de Vol :**

Le décret détermine les zones interdites ou restreintes pour le vol des drones, incluant les zones militaires, les aéroports et d'autres zones sensibles.

➤ **Sanctions :**

Des sanctions sont prévues en cas de non-respect de la législation en vigueur, allant de l'amende à la confiscation des appareils

2.9. Traitement des données acquises

2.9.1. Les logiciels de traitements photogrammétriques

La photogrammétrie a été remise au goût du jour grâce au développement de méthodes de détection automatique de points caractéristiques. De nombreux logiciels ont effectivement été développés et ces derniers peuvent être classés en deux catégories (tableau 5.).

Les logiciels commerciaux ont un avantage certain, ils permettent un traitement des données quasi-automatique pour la plupart et sans connaissance (ou presque) de la photogrammétrie. Cependant, ce sont des solutions dont on ne peut pas ou très faiblement moduler les caractéristiques selon nos besoins.

Les logiciels open-sources eux, ont l'avantage d'être modulables permettant alors de greffer des plugins de nos choix. De plus, le plus grand avantage est qu'ils sont totalement gratuits voir le tableau 5.

	Développeur	Type de Logiciel	Type de prise de vue	Généralités
	Agisoft	Commercial payant	Aérienne, Terrestre	Traitement de gros volume de données, nécessite une grande puissance de calcul
	Pix4D SA	Commercial payant	Aérienne, Terrestre,	Possibilité de traiter des vidéos
	DroneDeploy	Commercial payant	Aérienne	Plateforme cloud permettant de se passer d'une grande puissance de calcul
	Laboratoire MATIS de l'IGN	OpenSource Gratuit	Aérienne, terrestre	Logiciel totalement modulable, non intuitif, pour les "chercheurs"
	AliceVision	OpenSource Gratuit	Aérienne, terrestre	Impossibilité de mettre à l'échelle le modèle (pas de GCP)
	J.L. Schönberger	OpenSource Gratuit	Terrestre	Modulable, deux types d'interfaces

Tableau 5. Tableau des différents logiciels de traitements en photogrammétrie

Source sculpteo.com

Une fois les données traitées, il est nécessaire d'extraire les informations voulues. Plusieurs méthodes existent pour les extraire de manière semi-automatique ou automatique.

2.9.2. Quelques notions d'extraction automatique de contour d'objet dans une image

a. La méthode par filtrage :

Dans une image, les contours définissant un objet (comme la voirie par exemple) peuvent être déterminés par filtrage. En effet, le contour correspond aux hautes fréquences de l'image. En appliquant un filtre de type « passe haut », comme le filtre de Robert, de Prewitt ou de Sobel, il est possible de calculer le gradient de l'image dans toutes les directions et de sélectionner le gradient maximum afin d'en ressortir les contours. Enfin, à l'aide d'un seuillage, il est possible de sélectionner certains contours uniquement [Simonetto, 2019].

b. La transformée de Hough

Développée en 1962 par Paul Hough, cette méthode permet de détecter dans une image, des objets paramétrés comme des droites, des cercles et des ellipses ainsi que des éléments plus complexes. Le principe est de passer de l'image à 2 dimensions à un espace à N dimensions correspondant aux paramètres des objets recherchés (droite, cercle, etc...). Le but est de déterminer le nombre de pixels décrivant cette forme dans une « nappe d'accumulation ». Le pic dans cette nappe d'accumulation va nous permettre de déterminer les paramètres de la forme paramétrée dans l'image.

Cette méthode peut aussi être utilisée pour reconnaître des formes dans un nuage de points 3D (plans, sphères, cylindres...) [Simonetto, 2019].

2.9.3. Méthode d'extraction de lignes de rupture dans un nuage de points

a. Les travaux de Christian Briesse :

L'extraction de lignes de rupture par la méthode de Christian Briesse dans un nuage de points repose sur l'approximation de plans le long de cette ligne [Briesse, 2004]. La méthode est semi-automatique. Il faut tout d'abord tracer un premier segment proche de la ligne de rupture dans le nuage de points. De plus, des paires de plans (appelées « left patch » et « right patch »), dans une zone restreinte de part et d'autre de ce segment, vont être déterminées. A l'issue de cette détermination, l'intersection de ces plans va donner une droite qui sera la ligne de rupture (figure 23). Cette génération va se faire tout le long de la ligne jusqu'à que celle-ci ne puisse plus être calculée.

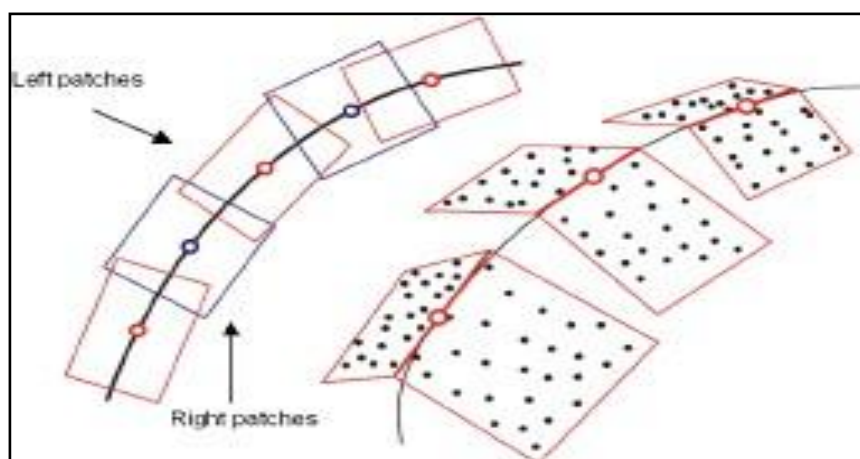


Figure 23. Représentation des patches, des plans moyennés et de la ligne de rupture à l'aide de la méthode de Briesse

Cette méthode a la particularité de pouvoir générer des lignes de rupture dans un nuage de points non encore classifié. En effet, elle repose aussi sur des tests permettant de limiter les erreurs dues à ces points. Chaque point du nuage (dans la zone proche de la ligne de rupture) se verra attribuer un poids inversement proportionnel à sa distance à la ligne de rupture. Cela permet donc de ne pas prendre en compte les points trop éloignés de celle-ci.

Cette méthode est donc très intéressante pour déterminer les caractéristiques morphologiques du terrain relevé.

Nous avons donc vu dans l'état de l'art l'ensemble des informations permettant de mettre en pratique le relevé par drone pour le récolement de lotissement, à la fois en termes de technique mais aussi en nous intéressant à la législation en vigueur et à venir.

Conclusion

Ce chapitre a été dédié à l'exploration des notions fondamentales de la photogrammétrie, un domaine clé dans la collecte et l'analyse de données géospatiales. Nous avons commencé par examiner les principes de la photogrammétrie, qui reposent sur l'analyse des images pour reconstruire des informations géométriques sur les objets en trois dimensions ainsi que l'explication de la base de prise de vue, le recouvrement, les différentes orientations, la restitution.

Les paramètres de prise de vue aérienne ont été discutés en détail, en soulignant leur impact sur la précision et la clarté des données collectées. Des éléments tels que l'altitude de vol, l'angle de prise de vue et la résolution des capteurs sont déterminants pour la qualité finale des produits photogrammétriques.

La place du drone dans l'acquisition des données a été présentée comme une révolution technologique, offrant une souplesse et une efficacité inégalées par rapport aux méthodes traditionnelles. Les drones permettent d'accéder à des zones difficilement atteignables et de capturer des données à haute résolution tout en réduisant les coûts et le temps de collecte.

Enfin, nous avons conclu avec le traitement des données acquises, une étape essentielle pour convertir les images brutes en informations analytiques. Ce processus, qui implique l'utilisation de logiciels de photogrammétrie avancés, permet de produire des modèles tridimensionnels et des orthophotos utiles pour des applications variées.

En résumé, ce chapitre a posé les bases théoriques indispensables à la compréhension de la photogrammétrie et de son application dans divers domaines. Ces notions fondamentales seront cruciales pour les analyses et les études de cas à venir dans notre mémoire, établissant un socle solide pour la mise en œuvre réussie de projets basés sur la photogrammétrie.

Chapitre III
Application par drone de cadastre des
agglomérations secondaires sur douar
Ouled Ben Rahou commune de Ghazaouet

INTRODUCTION :

Le choix de la zone du village Ouled Ben Rahou pour l'établissement d'un cadastre général des poches vides s'inscrit dans une démarche stratégique de valorisation des espaces ruraux en Algérie. Situé dans la commune de Ghazaouet, dans la wilaya de Tlemcen, ce village se distingue par son environnement naturel riche et ses caractéristiques socioculturelles uniques. Cependant, il fait face à des défis liés à l'abandon et à la sous-utilisation de certaines terres, ce qui en fait un candidat idéal pour une étude approfondie.

L'absence de cadre réglementaire tel que le Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU) et les Plans d'Occupation des Sols (POS) souligne l'urgence d'une intervention visant à structurer et à optimiser l'utilisation des terres. Ce projet de cadastre général a pour objectif non seulement de cartographier les poches vides, mais également de proposer des solutions d'aménagement durable, en tenant compte des besoins et des aspirations des habitants.

Ce choix de zone repose sur plusieurs critères fondamentaux : la nécessité d'une meilleure gestion des ressources foncières, l'amélioration des conditions de vie des résidents et la promotion d'un développement économique local. En intégrant des technologies modernes comme la photogrammétrie par drone, cette initiative vise à fournir des données précises et actualisées, essentielles pour guider les décisions d'aménagement et soutenir les initiatives de revitalisation du village.

Ainsi, l'étude du village d'Ouled Ben Rahou représente une opportunité précieuse pour explorer les potentiels inexploités de cette région, promouvoir un développement durable et renforcer le tissu social et économique local.

3.1. Situation Géographique de douar Ouled Ben Rahou

Le douar Ouled Ben Rahou est situé dans la commune de Ghazaouet, qui se trouve dans la wilaya de Tlemcen. Voici quelques détails sur sa situation :

3.1.1. Localisation

- Wilaya : Tlemcen
- Région : Nord-Ouest de l'Algérie
- Commune : Ghazaouet

- Proximité :

- Le douar est situé à proximité de la mer Méditerranée, ce qui offre un accès maritime.
- Il se trouve également à environ 70 km à l'ouest de la ville de Tlemcen, le chef-lieu de la wilaya.

3.1.2. Coordonnées géographique :

- **Latitude** : 35° 04' 39" Nord
- **Longitude** : 001° 51' 20" Ouest

3.1.3. Carte de localisation :

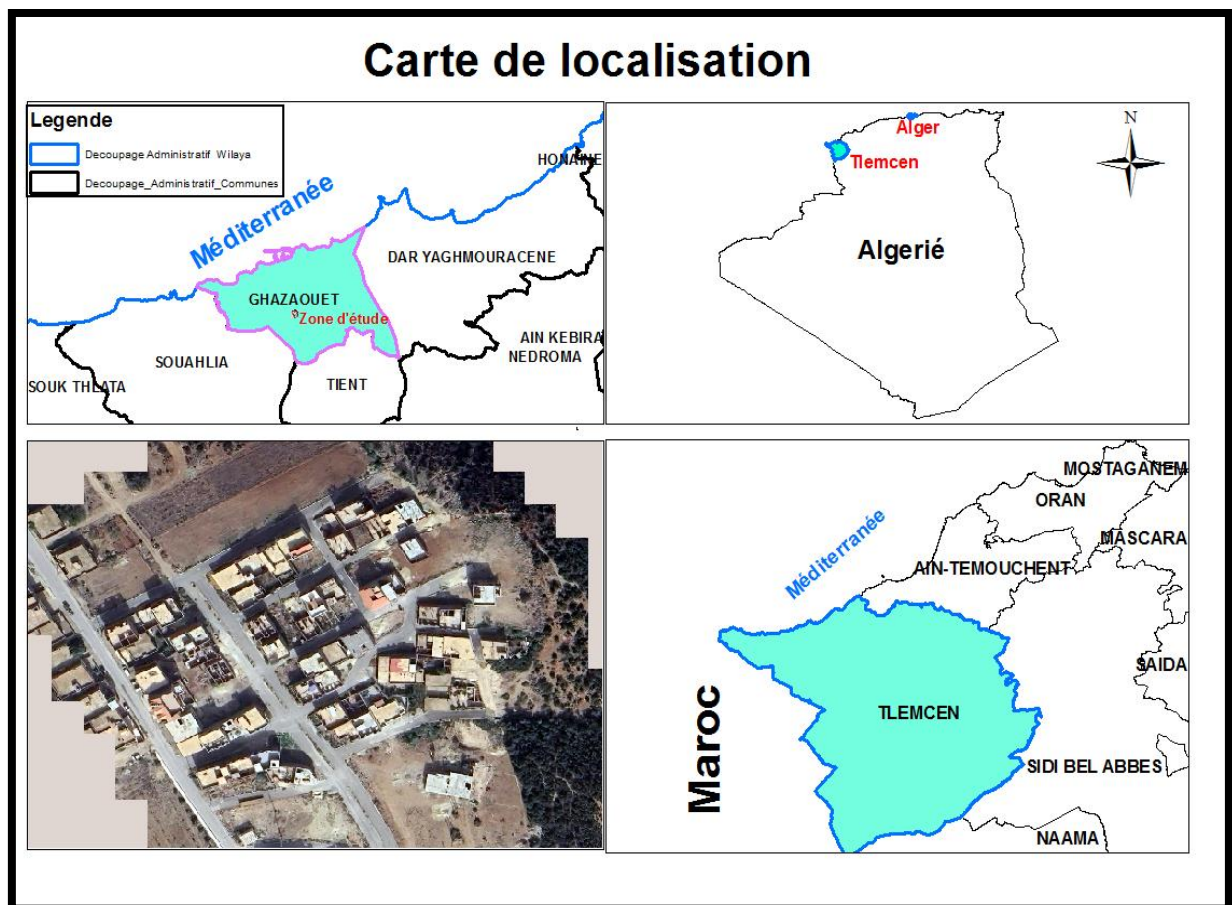


Figure 24. Carte de localisation de village Ouled Ben Rahou

3.2. Prise de vue aérienne :

3.2.1. Périmètre de la zone d'étude :

Pour identifier la limite de la zone d'étude du douar Ouled Ben Raho en superposant les extraits de plan cadastral de la commune de Ghazaouet sur une image satellite provenant de Google Earth.

Cette méthode vous permet de visualiser les parcelles et d'examiner les zones des poches vides de manière efficace.



Figure 25. Périmètre de la zone d'étude

3.2.2. Limite de la zone de prise de vue

Vous pouvez efficacement limiter la zone de prise de vue pour le douar Ouled Ben Rahou, en traçant un rectangle ou un polygone qui couvre tout le périmètre des poches vides sur le plan cadastral. Vous pourrez assurer une couverture complète de la zone d'étude. Cela vous permettra de ne négliger aucun détail important.



Figure 26. Limite de la zone de prise de vue

3.2.3. Préparation Pré-vol

La préparation d'un plan de vol pour la prise de vue par drone du douar Ouled Ben Rahou nécessite une approche méthodique pour garantir des résultats optimaux. Voici les étapes à suivre pour établir un plan de vol efficace :

a. Obtention des Autorisations :

L'obtention des autorisations nécessaires est une étape essentielle avant de procéder à des prises de vue aériennes par drone, notamment dans le cadre d'un projet comme celui du douar d'Ouled Ben Rahou, qui nécessite une approche minutieuse et organisée. En respectant les réglementations en vigueur et en préparant soigneusement les documents nécessaires, vous pouvez garantir que votre projet se déroule sans accroc et dans le respect des lois locales. Cela permet également de rassurer la communauté et les autorités sur l'objectif et la sécurité de votre mission.

b. Reconnaissance du Terrain :

La reconnaissance de terrain est une étape cruciale avant d'effectuer une mission de prise de vue aérienne par drone. Elle permet de s'assurer que le vol se déroulera en toute sécurité et que les données collectées seront pertinentes et de qualité. Voici les étapes à suivre pour réaliser une reconnaissance efficace du terrain dans le douar d'Ouled Ben Rahou :

- **Déplacement dans le douar** : Se déplacer à pied ou en véhicule pour examiner les différentes zones du douar, en prenant note des caractéristiques géographiques et des infrastructures.
- **Identification des Obstacles** : Noter la présence d'obstacles naturels (arbres, collines) et artificiels (bâtiments, lignes électriques, routes) pouvant affecter le vol du drone.

c. Évaluation des Conditions Météorologiques : Vérifier les prévisions météorologiques pour choisir un jour avec peu de nuages et peu de vent. Cela garantit une meilleure qualité d'image.

- **Vérification des Conditions** : Utiliser des applications ou des sites météorologiques pour vérifier les prévisions (vent, nuages, pluie).
- **Choix du Moment** : Planifier le vol durant les périodes de bonne visibilité, idéalement par temps ensoleillé et sans vent fort.

3.2.4. Moyens à disposition

a. Le vecteur drone : Drone Dji mavic pro est un drone très apprécié pour la prise de vue aérienne, offrant une combinaison de performances, de portabilité et de facilité d'utilisation.



Figure 27. Photographie du drone Dji mavic pro et ses accessoires

Source Dji.com site officiel de drone Dji

b. Caractéristiques de drone Dji mavic pro

Voici un aperçu détaillé de ses caractéristiques qui le rendent particulièrement adapté pour la photographie et la vidéographie aériennes :

➤ **Poids:**

Environ 743 grammes, ce qui le rend léger et facile à transporter, ainsi que exempt d'enregistrement dans de nombreux pays.

➤ **Dimensions:**

Compact et pliable, ce qui facilite son rangement et son transport

- Plié (sans hélices) : $198 \times 83 \times 83$ mm (L $\times$ l $\times$ H)
- Déplié (avec hélices) : $245 \times 198 \times 83$ mm (L $\times$ l $\times$ H)
- Distance de vol maximale 15,7 km
- Vitesse de montée maximale 5 m/s
- Vitesse de descente maximale 3,5 m/s
- Vitesse horizontale maximale (au niveau de la mer, sans vent) 16 m/s.
- Vitesse maximale : environ 65 Km/h en mode sport.

➤ **Durée maximale de vol:**

Environ 31 minutes par charge, selon les conditions de vol.

➤ **Système mondial de navigation par satellite et de Sécurité (GNSS):**

- **GPS/GLONASS/GALILEO:** Il est également équipé d'une centrale inertielle et d'un capteur GNSS réceptionnant uniquement les données issues des constellations de satellites GLONASS et GPS. Ce capteur permet au drone de se positionner en 3 dimensions pour un positionnement et une navigation précis.

➤ **Détection d'obstacles:**

Capteurs orientés vers le bas pour éviter les collisions lors de l'atterrissage.

- **Altitude maximale de décollage :** Le DJI mavic pro a une hauteur de vol maximale de 4000 mètres (environ 13 123 pieds) au-dessus du niveau de la mer.

- **Batterie:** Le DJI Mavic pro utilise une batterie LiPo (lithium-polymère) de 2S 3830 mAh, permettant une autonomie de vol d'environ 27 minutes en conditions idéales.

Il est recommandé d'acheter des batteries supplémentaires pour prolonger les sessions de vol, surtout si vous prévoyez de faire plusieurs vols en une seule sortie.

c. L'appareil photographique embarqué (Caméra de Dji mavic pro)

La caméra embarquée est une caméra solidaire du drone et de la nacelle stabilisatrice. Il n'y a donc aucune possibilité de changer l'appareil photo.

Le rectangle rouge dans la figure 28 montre l'angle de champs de vision de notre drone

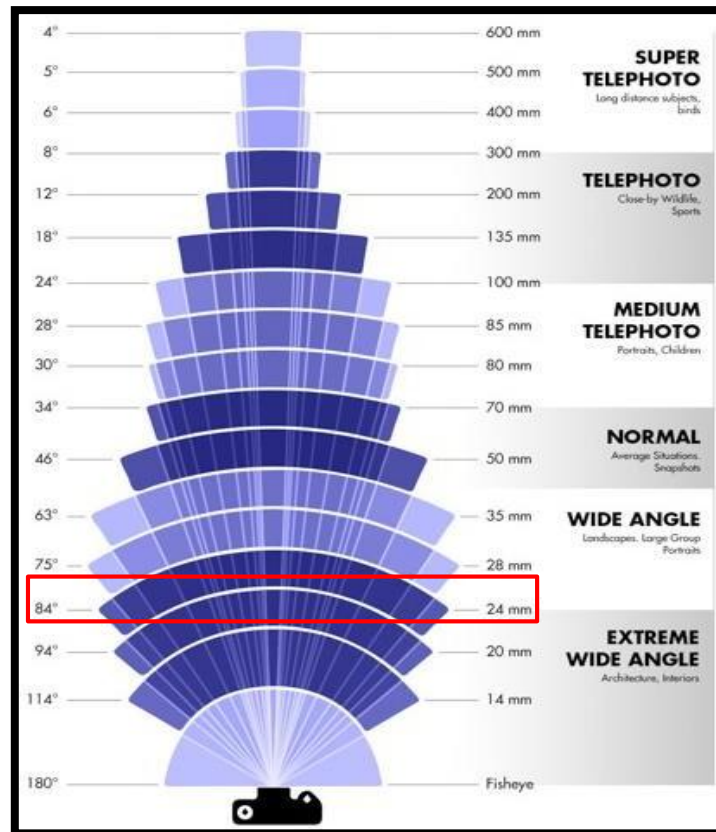


Figure 28. Illustration des différents champs de vision en fonction de la focale de l'objectif.

Source expertphotography.com

d. Caractéristique de Caméra de drone **Dji mavic pro** :

Voici les principales caractéristiques de la caméra du DJI Mavic pro :

- **Type de capteur:** Cette caméra est constituée d'un capteur CMOS 1/2.3 pouces
- **Résolution:** 12 mégapixels (MP) pour des photos nettes et détaillées.
- **Résolution vidéo:** Capable d'enregistrer en 4K à 30 images par seconde
- **Objectif:** f/2.8, ce qui permet de capturer des images claires même en condition de faible luminosité. Cet objectif correspond à une focale de 24 mm en focale équivalente. Cette focale équivalente nous permet de déterminer quel est le type d'objectif monté sur cet appareil. Ici, la focale étant de 24 mm, elle correspond à un objectif grand angle doté d'un champ de vision élevé.
- **Champ de vision (FOV):** 84°, permettant de capturer des paysages larges et panoramiques

Sur la figure 28, le champ de vision de l'appareil photo est de 84°. Nous avons voulu voir si ces données étaient exactes et avons donc calculé les champs de vision sur la largeur et la hauteur du capteur. Ces données sont importantes pour connaître l'emprise de

l'image sur le sol à une hauteur déterminée.

Pour déterminer ces données, il nous a fallu utiliser la formule du champ de vision (FoV) qui est la suivante :

$$Fov = 2 * \text{Arctan} \left(\frac{l_{\text{capteur}}}{2f} \right)$$

3.3. Détermination des paramètres du plan de vol

3.3.1. Hauteur de vol et GSD

Comme précisé précédemment, la hauteur de vol maximale sur l'emprise de notre zone est de 100 m. Afin d'obtenir une précision des données se rapprochant le plus d'un levé par station totale, nous avons déterminé le GSD moyen. Nous avons vu dans la littérature que la précision d'un relevé photogrammétrique dépendait entre autres de la résolution de l'image obtenue et donc du GSD au sol. Nous nous sommes fixé un GSD d'environ 1 cm afin d'obtenir une précision en planimétrie équivalente à 1 à 2 fois le GSD et une précision altimétrique de 1 à 3 fois la valeur du GSD [Latitude drone].

Afin d'obtenir la hauteur de vol, nous avons utilisé la formule suivante permettant de relier le GSD et la hauteur de vol :

$$GSD = t * \frac{H}{f}$$

- Où ici la taille du pixel sol (GSD) est de 1 cm
- Où t est la taille du photosite qui est de 1,56 μm
- Et la focale est de 24 mm

La hauteur de vol déterminée à l'issue du calcul est donc de 50 m. Cette hauteur de vol théorique respecte ainsi la réglementation. Nous avons pour autant choisi une hauteur de vol de 50 m pour plusieurs raisons. D'une part, nous ne savions pas exactement la hauteur de la ligne haute tension qui se trouvait sur la zone et nous ne souhaitons pas risquer une éventuelle collision.

3.3.2. Taux de recouvrement

Nous avons vu précédemment que le taux de recouvrement est important pour la restitution 3D par photogrammétrie. Différents développeurs de logiciel comme Pix4D ou encore Metashape recommandent un fort taux de recouvrement pour une bonne reconstruction par photogrammétrie. Nous avons donc opté pour un recouvrement de 80% pour le recouvrement longitudinal et de 75% pour le recouvrement inter bande

(transversale).

3.3.3. Vitesse du vecteur drone

La vitesse optimale pour un drone comme le DJI mavic pro lors de la prise de vue dépend de plusieurs facteurs, notamment le type de prise de vue, les conditions météorologiques, et le type de caméra utilisée.

Pour des prises de vue réussies avec le DJI mavic pro, une vitesse de vol de 2 à 5 m/s (environ 7 à 18 km/h) est généralement recommandée, en tenant compte des conditions de vol et des techniques de prise de vue. Il est important de tester et d'ajuster la vitesse en fonction de votre environnement et de vos objectifs spécifiques.

3.3.4. Réglage de l'appareil photo numérique

Sur le terrain, nous avons réalisé l'ensemble des photographies en mode manuel. L'objectif était de pouvoir contrôler en temps réel les valeurs prises par l'APN lors des prises de vue. En effet, l'APN en mode automatique, détermine les meilleurs paramètres (vitesse, ouverture, ISO) afin de réagir aux conditions d'exposition de l'appareil photo. Nous avons vu précédemment que la montée en ISO du capteur peut être néfaste pour la reconstruction photogrammétrique. Le choix du mode manuel a donc été privilégié pour cette prise de vue. Nous avons donc pris soin de régler les paramètres de l'appareil photo sur l'ISO 100 (limite le grain dans l'image), une vitesse d'obturateur comprise entre 1/400 et 1/1000 et une ouverture comprise entre f/2.8 à f/10.

Ces paramètres nous ont permis de garder la même exposition tout au long de la prise de vue afin que la radiométrie des objets vus dans chaque image soit sensiblement la même.

3.3.5. Inclinaison de la Caméra du DJI mavic pro

L'inclinaison de la caméra du DJI mavic pro fait référence à l'angle que la caméra peut adopter par rapport à l'horizontale, ce qui permet de capturer des images sous différents angles.

La caméra du DJI mavic pro peut être inclinée de -90 degrés (vers le bas) à +20 degrés (vers le haut). Cela signifie qu'elle peut pointer directement vers le sol ou légèrement vers le haut, ce qui est utile pour capturer des prises de vue aériennes ou des vidéos dans différentes directions.

Cette capacité d'inclinaison permet de capturer des images du terrain ou des objets avec une perspective variée.

3.3.6. Relevé du réseau de points de contrôle et de vérification (GCP)

Nous avons donc déterminé les différents paramètres de prises de vue afin de mener à bien notre relevé par photogrammétrie aérienne par drone. Afin de contrôler notre levé et le géoréférencer, il a été important de mettre en place un réseau de points connus au sol avant de lancer l'acquisition des données sur le terrain. En effet, notre drone ne dispose pas d'une antenne GNSS permettant le géoréférencement direct des clichés avec une précision centimétrique.

Sur notre zone test, nous avons donc disposé au préalable 14 GCP. En suivant les conseils des études réalisées sur les GCP, nous avons donc installé les cibles sur le pourtour de notre zone de levé ainsi qu'au centre afin de contraindre notre relevé sur l'ensemble de la zone. Deux types de cibles ont été mises en place. Les cibles utilisées ont été réalisées en interne à l'aide de grands panneaux de plastique alvéolé. Les premières cibles ont une dimension d'1 m² et sont de couleur rouge et blanche. Les secondes cibles réalisées pendant ce TFE ont une dimension de 50 cm² et sont de couleur noir et blanche. En effet, nous nous sommes aperçus que le contraste entre les deux couleurs des cibles rouge et blanche était faible (figure 29). Ce mauvais contraste ne permettait donc pas un pointage optimal des cibles dans le logiciel PIX4D (vue en partie 3.8.6).

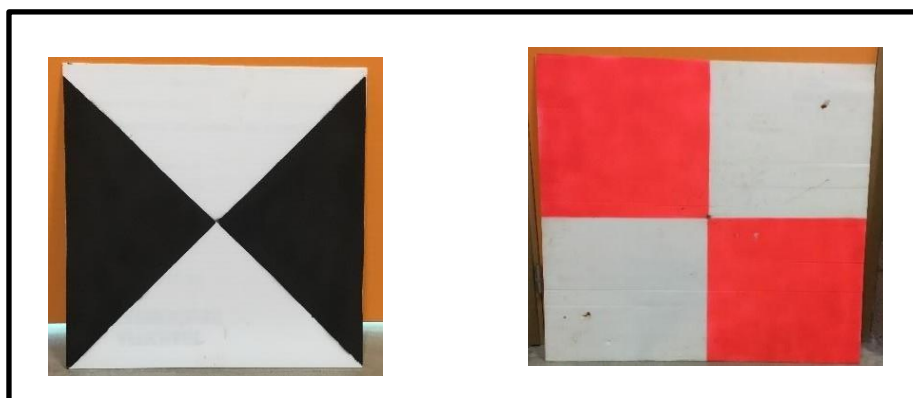


Figure 29. Photos des cibles utilisées, à droite cible de 50 cm² et à gauche celle d'1 m²

a. Le relevé par la méthode GNSS

Afin de relever les cibles préalablement implantées, nous avons utilisé la méthode NRTK. Cette méthode nécessite un récepteur GNSS avec une connexion GSM afin de pouvoir capter le réseau internet. Un seul récepteur est nécessaire. La deuxième antenne, appelée communément « pivot », est souvent rattachée à un réseau GNSS permanent. Grâce à la

connexion internet, cette méthode permet d'avoir un positionnement en temps réel avec une précision absolue de 2 à 5 cm en fonction de différents paramètres. En effet, cette connexion internet permet de transmettre au mobile (notre récepteur GNSS sur site) toutes les corrections calculées par les antennes RGP proches de notre site d'étude. Une fois ces corrections reçues, notre pivot peut alors calculer ses propres coordonnées. Il suffit donc d'initialiser le récepteur GNSS puis de le connecter au réseau internet pour avoir les coordonnées instantanément. Pour mesurer les points, nous avons stationné nos points pendant 15 secondes. Nous avons ainsi obtenu, à l'issue de cette campagne de mesures, nos 14 points d'appui et de contrôle.

3.4. Planification de notre mission :

On utilise l'application drone harmony (dh) pour la préparation de drone Dji mavic pro pour notre mission de prise de vue de douar Ouled Rahou.

3.4.1. Définition de l'application drone harmony : est un outil puissant pour la planification et la gestion des missions de drones, offrant des fonctionnalités qui améliorent l'efficacité et la sécurité des opérations de vol. Que ce soit pour la cartographie, l'inspection ou la photographie, cette application permet aux utilisateurs de maximiser les capacités de leur drone tout en simplifiant le processus de planification.



Figure 30. Application drone harmony (dh)

3.4.2. Définition de la Zone de Vol

a. Carte de zone : Utilisez la carte ou l'image satellitaire intégrée pour zoomer sur la zone de douar Ouled Ben Rahou.



Figure 31. La zone d'étude de douar Ouled Rahou

3.4.3. Limite de la Zone :

Tracez une zone polygonale ou rectangle sur l'image satellitaire pour délimiter la zone à couvrir du vol de douar Ouled Rahou lors. Cela peut être fait en cliquant sur plusieurs points pour former un polygone.



Figure 32. Limite de la zone de prise de vue douar Ouled Rahou

-Assurez-vous que la zone limitée inclut tous les points d'intérêt.

3.5. Configuration des Paramètres de Vol :

3.5.1. Définir le Point de Départ de drone :

Utilisez votre doigt pour déplacer l'image satellitaire et localisez le point de départ souhaité dans la zone limitée.



Figure 33. Le point de départ de drone Dji mini 2

-Le point de départ est en vert.

3.5.2. Déterminer le Point d'Arrivée :

Déplacez-vous dans la zone limitée sur l'image satellitaire pour localiser votre point d'arrivée. Cela peut être un point spécifique d'intérêt ou une zone à couvrir.

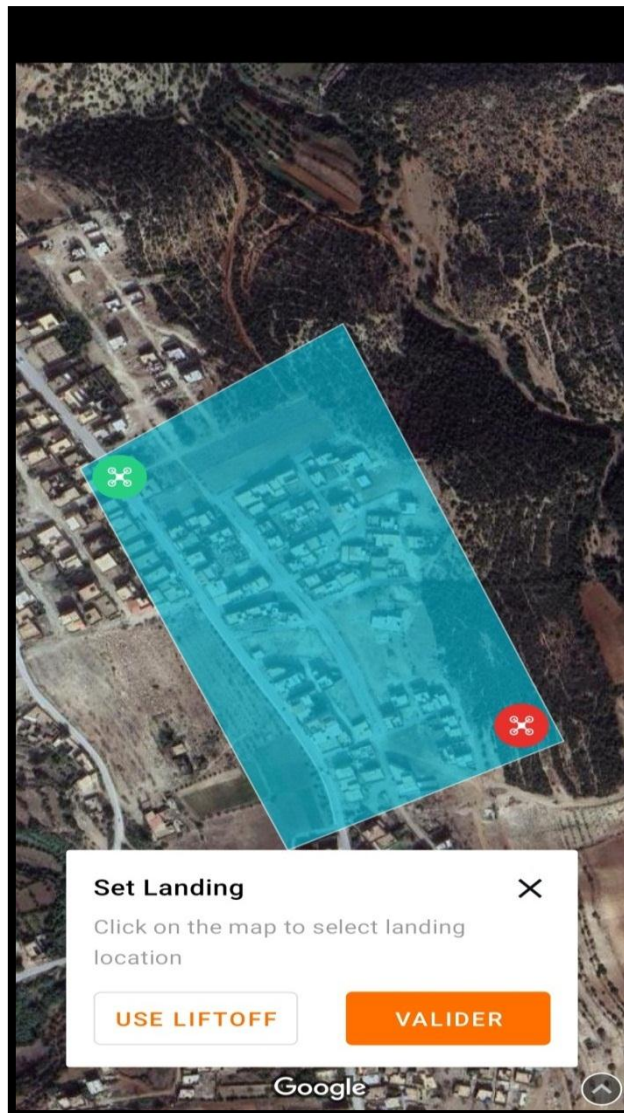


Figure 34. Le point d'arrivée de drone Dji mini 2

-Le point de d'arrivée est en rouge.

3.5.3. Connexion au drone Dji mavic pro :

Allumons notre drone et connectons-le à l'application via fréquence.

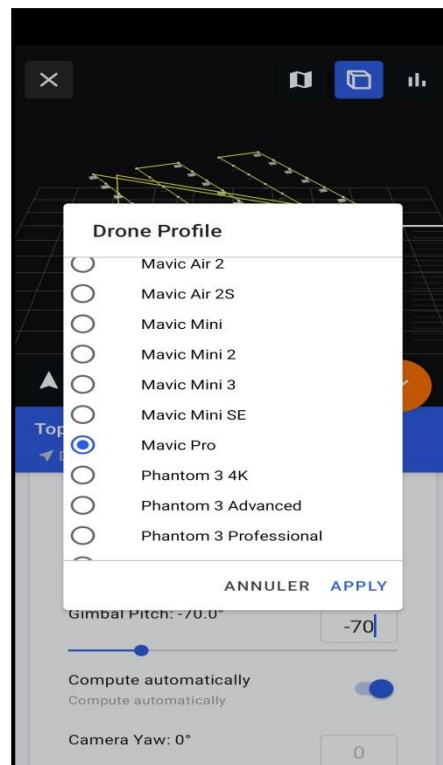


Figure 35. Connexion au drone Dji mavic pro

3.5.4. Hauteur de vol :

Pour un GSD de 1cm, la hauteur de vol déterminée est 50m.

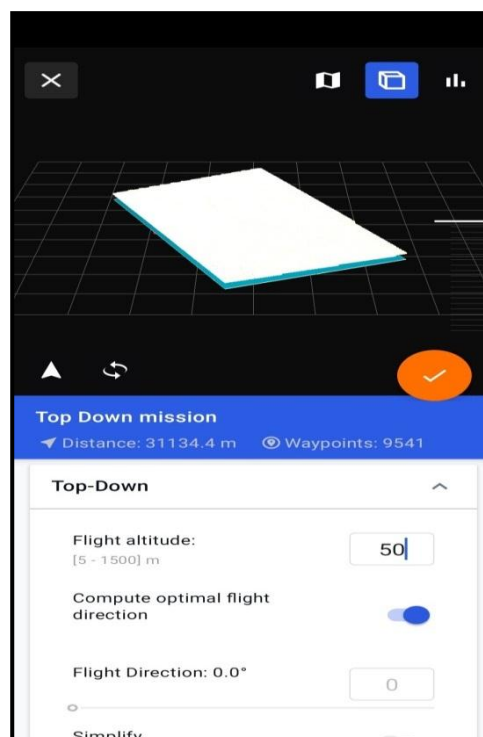


Figure 36. Détermination de la hauteur de vol de pour la prise de vue

3.5.5. Vitesse de Vol :

La vitesse adaptée à notre mission est 2m/s. Cette vitesse de est souvent optimale pour des missions de prise de vue avec un drone car elle favorise la stabilité, le contrôle de l'image et la sécurité du vol. Cela permet d'obtenir des résultats de haute qualité, que ce soit pour la photographie ou la vidéographie. En prenant en compte ces facteurs, les pilotes de drones peuvent maximiser la qualité de leur travail tout en garantissant des vols en toute sécurité.

3.5.6. Configuration du Recouvrement :

- **Recouvrement Longitudinal** : le pourcentage de recouvrement longitudinal est 80%.
- **Recouvrement Longitudinal** : le pourcentage de recouvrement transversal est 75%.

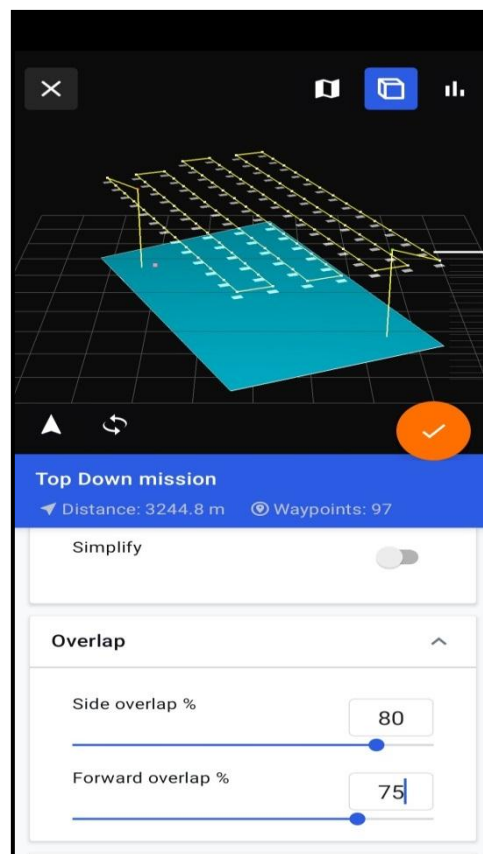


Figure 37. Valeur de recouvrement longitudinal et transversal

3.5.7. Paramètres de la Caméra

a. Mode de prise de vue :

Configurez le mode de prise de vue soit photo ou vidéo et la résolution (12 MP pour les photos).

b. Inclinaison de la Caméra :

Ajuster l'angle d'inclinaison de la caméra (-70°) pour capturer des perspectives et des angles spécifiques.

L'inclinaison de caméra à -70° offre une approche créative et technique pour capturer des photos du village d'Ouled Ben Rahou, permettant de rendre compte de la richesse du lieu sous un angle nouveau et captivant. Cela peut non seulement améliorer la qualité de vos images, mais aussi contribuer à une meilleure narration visuelle de l'environnement local.

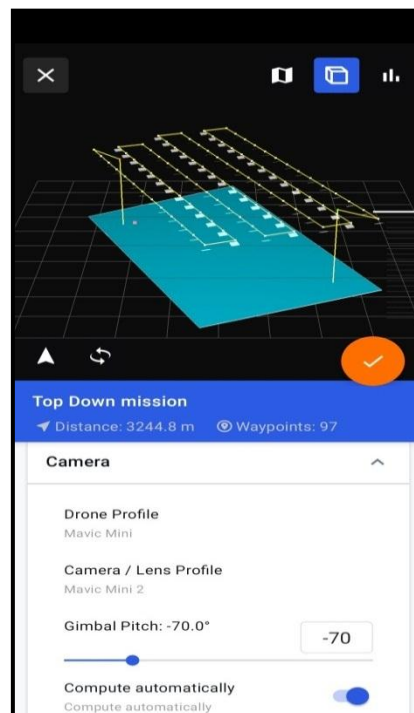


Figure 38. Inclinaison de camera de drone Dji mavic pro

3.5.8. Vérification de Drone :

Assurez-vous que le drone est en bon état de fonctionnement. Vérifiez les hélices, la batterie, et les capteurs.



Figure 39. Drone Dji mavic pro utilisée dans notre mission

3.6. Stationnement de GPS lors de la prise de vue aérienne avec drone

Stationner un GPS lors de la prise de vue pour déterminer les points de contrôle au sol (GCP). Cette opération est essentielle pour garantir la précision des données géospatiales. En suivant ces étapes pour le positionnement et l'enregistrement des points de contrôle au sol.



Figure 40. Stationnement de GPS lors de la prise de vue aérienne

3.6.1. Définition de GPS utilisé (Leica ICON 9)

Leica ICON 9 est un récepteur GNSS avancé qui combine des technologies de positionnement précises avec une interface utilisateur intuitive, permettant aux professionnels de collecter et d'analyser des données géospatiales avec une grande efficacité. Il est capable de recevoir des signaux de plusieurs systèmes de satellites, y compris GPS, GLONASS, GALILEO et BeiDou, offrant ainsi une couverture globale et une précision accrue dans divers environnements de travail.



Figure 41. GPS Leica ICON 9

3.6.2. Caractéristiques de GPS Leica ICON 9

Voici un aperçu des caractéristiques principales :

a. Technologie GNSS Multi-Systèmes

Le Leica ICON 9 prend en charge plusieurs constellations de satellites, permettant une plus grande précision et une fiabilité du positionnement, même dans des zones difficiles.

b. Précision Centimétrique

Grâce à la technologie RTK (Real-Time Kinematic) et au traitement différentiel, cet appareil peut atteindre une précision de quelques centimètres, ce qui est crucial pour des applications nécessitant une haute exactitude.

c. Interface Utilisateur Tactile

Équipé d'un écran tactile convivial, le Leica ICON 9 permet une navigation facile à travers les menus et les fonctionnalités, simplifiant ainsi le processus de configuration et de fonctionnement.

d. Durabilité et Résistance

Conçu pour une utilisation sur le terrain, le GPS Leica ICON 9 est robuste et résistant à l'eau et à la poussière, ce qui le rend adapté aux conditions de travail difficiles.

e. Connectivité

L'appareil dispose de capacités de connectivité par Bluetooth et Wi-Fi, facilitant l'intégration avec des appareils mobiles et d'autres systèmes de mesure.

f. Autonomie de la Batterie

La durée de vie de la batterie est optimisée pour permettre une utilisation prolongée sur le terrain sans nécessité de recharge fréquente

3.7. Opération de prise de vue :

Après la prise de vue dans le douar Ouled Ben Rahou, nous obtenons un total de 145 clichés. Ces résultats présentent plusieurs avantages importants dans le cadre de notre projet de cadastre des poches vides dans le douar Ouled Ben Rahou.

Voici quelques points clés :

- ❖ **Documentation Visuelle** : les photos fournissent une documentation visuelle essentielle des poches vides, permettant de visualiser leur emplacement, leur taille et leur état. Cela est crucial pour une évaluation précise et complète du terrain.
- ❖ **Analyse Spatiale** : grâce à ces clichés, vous pouvez effectuer une analyse spatiale qui vous aidera à identifier les zones avec un potentiel pour le développement ou la revalorisation. Cela peut également permettre de mieux comprendre la distribution des poches vides dans le village.
- ❖ **Sensibilisation et Communication** : ces images peuvent être utilisées pour sensibiliser les parties prenantes (habitants, autorités locales, investisseurs) à l'importance du projet. Un bon visuel peut renforcer l'impact de votre présentation et faciliter la communication autour des enjeux liés aux poches vides.
- ❖ **Évaluation des Besoins** : les photos peuvent aider à identifier les besoins spécifiques de chaque zone. Par exemple, certaines poches vides peuvent nécessiter une intervention immédiate, tandis que d'autres peuvent être réhabilitées à moyen ou long terme.
- ❖ **Base de Données** : ces clichés peuvent être intégrés dans une base de données géographique (SIG) pour le suivi et l'analyse, facilitant ainsi la gestion des informations relatives aux poches vides. Cela permet également de mettre à jour les informations au fur et à mesure des évolutions du terrain.
- ❖ **Suivi des Progrès**
En prenant des photos à différentes étapes du projet, vous pourrez suivre les progrès réalisés dans la réhabilitation des poches vides. Cela constitue une forme de témoignage de l'impact de vos interventions



Figure 42. Modèle d'une photo aérienne capturée par le drone Dji mavic pro dans douar Oled Ben Rahou

3.8. Préparation de traitement des photos aériennes

La phase de traitement après la prise de vue avec le logiciel PIX4D est essentielle pour transformer vos clichés pris avec le drone en modèles 3D, en orthomosaïques, et en cartes géographiques exploitables.

3.8.1. Logiciel utilisé

PIX4D Mapper est un logiciel spécialisé dans la photogrammétrie et la modélisation 3D, conçu pour traiter des images aériennes capturées par des drones et générer des plans, des modèles 3D, des orthomosaïques et d'autres produits géospatiaux.

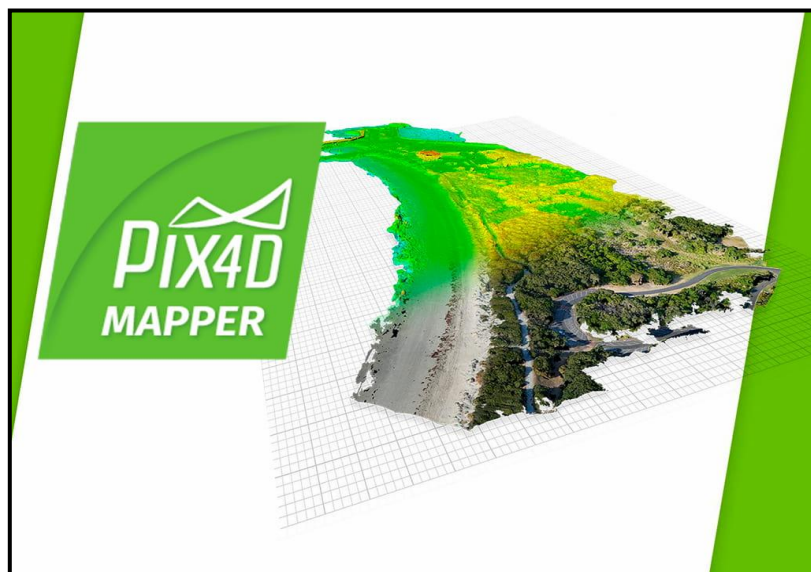


Figure 43. Logiciel de traitement PIX4D

a. Définition

PIX4D Mapper est un outil avancé qui permet aux utilisateurs de transformer des photographies aériennes en données 3D précises et en cartes géographiques. Il est largement utilisé par des professionnels dans divers domaines, tels que l'agriculture, la construction, l'urbanisme, l'archéologie, et la gestion des ressources naturelles.

b. Caractéristiques Principales :

▪ Photogrammétrie Avancée :

PIX4D Mapper utilise des algorithmes sophistiqués pour analyser les images et créer des modèles 3D à partir de points de vue multiples. Il peut identifier des caractéristiques communes entre les images pour générer des nuages de points et des surfaces.

▪ Création d'Orthomosaïques :

Le logiciel peut générer des orthomosaïques de haute résolution qui combinent plusieurs images pour créer une vue aérienne précise et rectifiée, essentielle pour les applications de cartographie.

▪ Modèles 3D :

PIX4D Mapper permet de créer des modèles 3D détaillés à partir des images, ce qui est utile pour visualiser des sites, des infrastructures, et des paysages de manière réaliste.

▪ Analyse de Données :

Le logiciel offre des outils d'analyse intégrés qui permettent aux utilisateurs d'évaluer la qualité des données et d'extraire des informations spécifiques, comme les surfaces, les volumes, et les distances.

▪ Interface Utilisateur Intuitive :

L'interface est conçue pour être conviviale, facilitant la navigation et le traitement des données même pour ceux qui ne sont pas experts en photogrammétrie.

▪ Rapports de Qualité :

PIX4D Mapper produit des rapports détaillés qui évaluent la précision des résultats obtenus et soulignent les éventuelles erreurs ou zones nécessitant des ajustements.

- **Intégration avec SIG :**

Les résultats produits peuvent être exportés vers des systèmes d'information géographique (SIG) pour une analyse plus approfondie, permettant aux utilisateurs d'intégrer les données dans des projets plus larges.

c. Applications Variées

Utilisé dans divers secteurs :

- **Agriculture de Précision** : Pour la surveillance des cultures et l'évaluation des rendements.
- **Construction et Génie Civil** : Pour le suivi de chantiers et l'inspection d'infrastructures.
- **Urbanisme** : Pour la planification et la gestion des territoires.
- **Archéologie** : Pour documenter et analyser des sites archéologiques.

3.8.2. Création d'un nouveau projet

Ouvrez le logiciel PIX4D Mapper et créez un nouveau projet Douar Ouled Ben Rahou

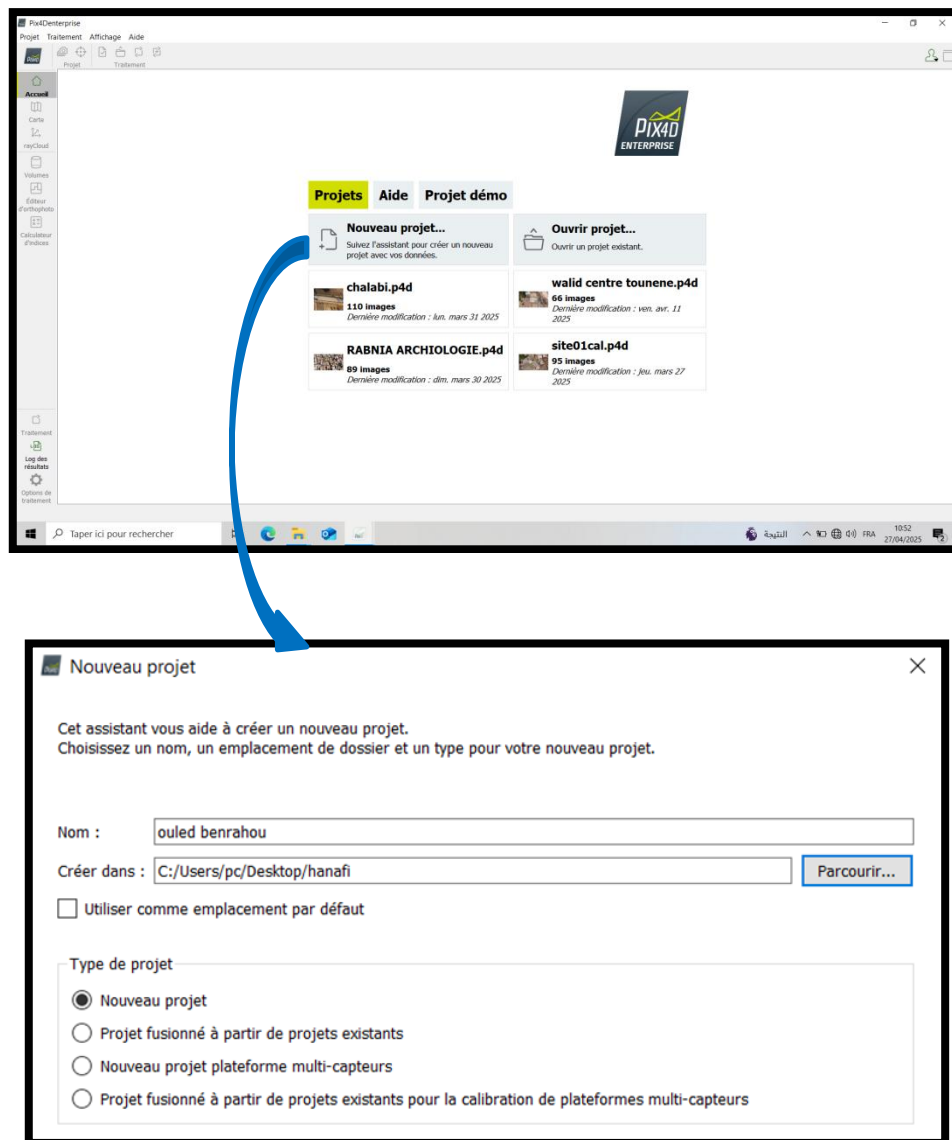


Figure 44. Création un nouveau projet

3.8.3. Importation des photos aérienne

Ajouter les photos (145 photos) qui couvrir douar Ouled Ben Rahou au projet en les important depuis le dossier de stockage (hanafi). Assurez que toutes les images sont correctement chargées.

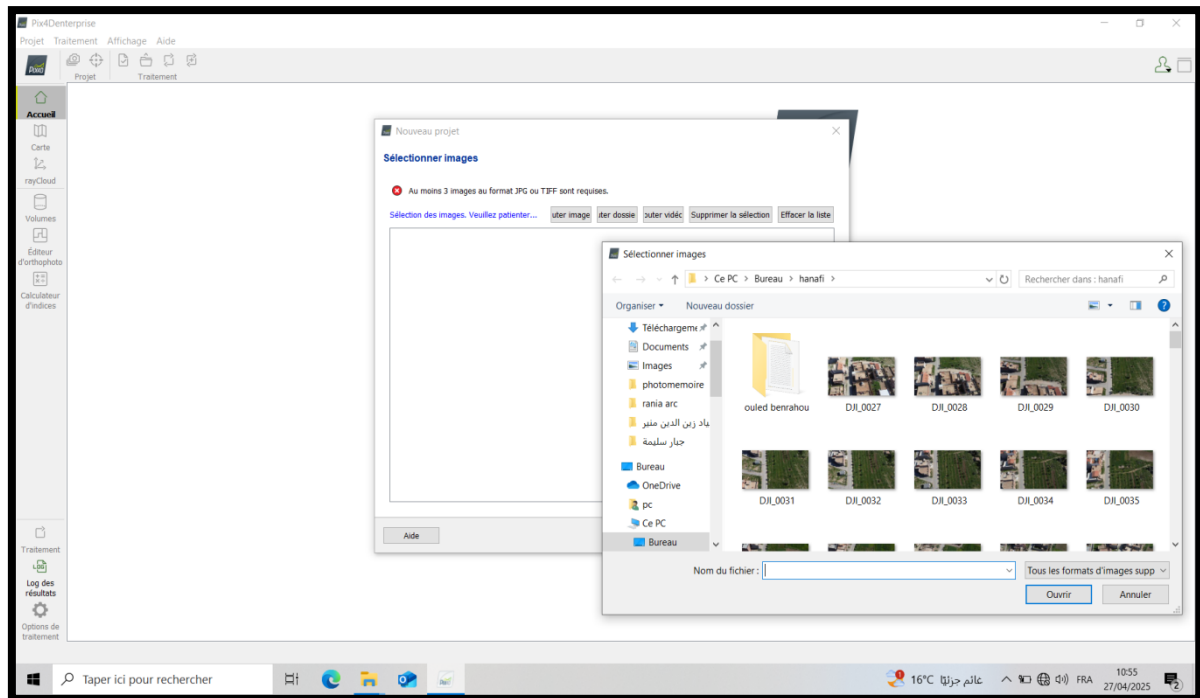


Figure 45. Importation des photos aériennes de douar Ouled Ben Rahou

3.8.4. Configuration du Projet

a. Définir le Système de Coordonnées

Choisir le système de coordonnées géographiques (World Geodetic System 1984 WGS84)

- Les images prises par un drone sont généralement automatiquement géolocalisées.
- Les drones Dji mavic mavic équipés de systèmes GPS capturent des informations de position (latitude, longitude, et parfois altitude) lors de chaque prise de vue. Ces métadonnées GPS sont automatiquement enregistrées avec chaque image.

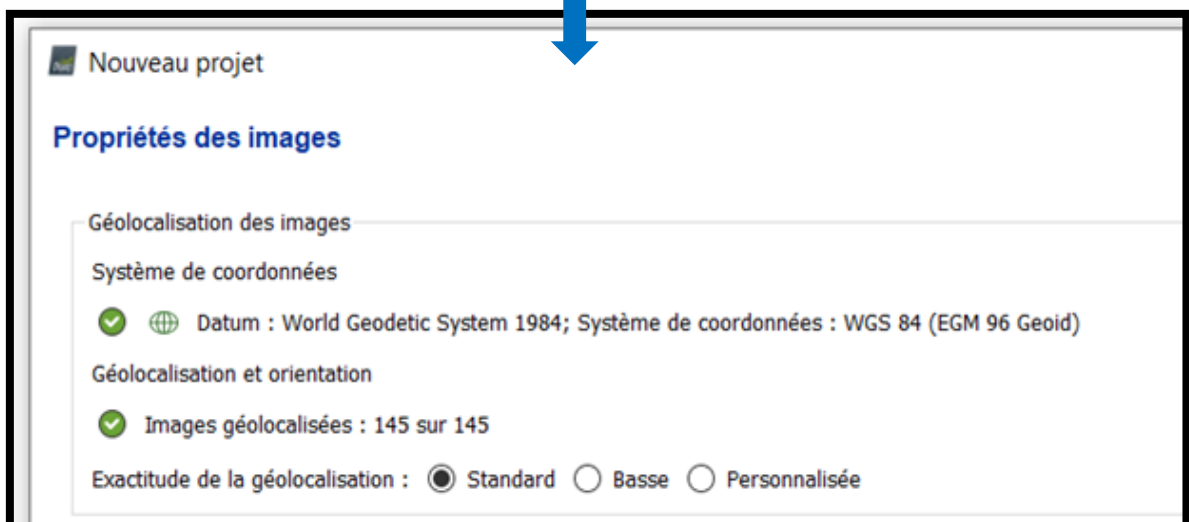
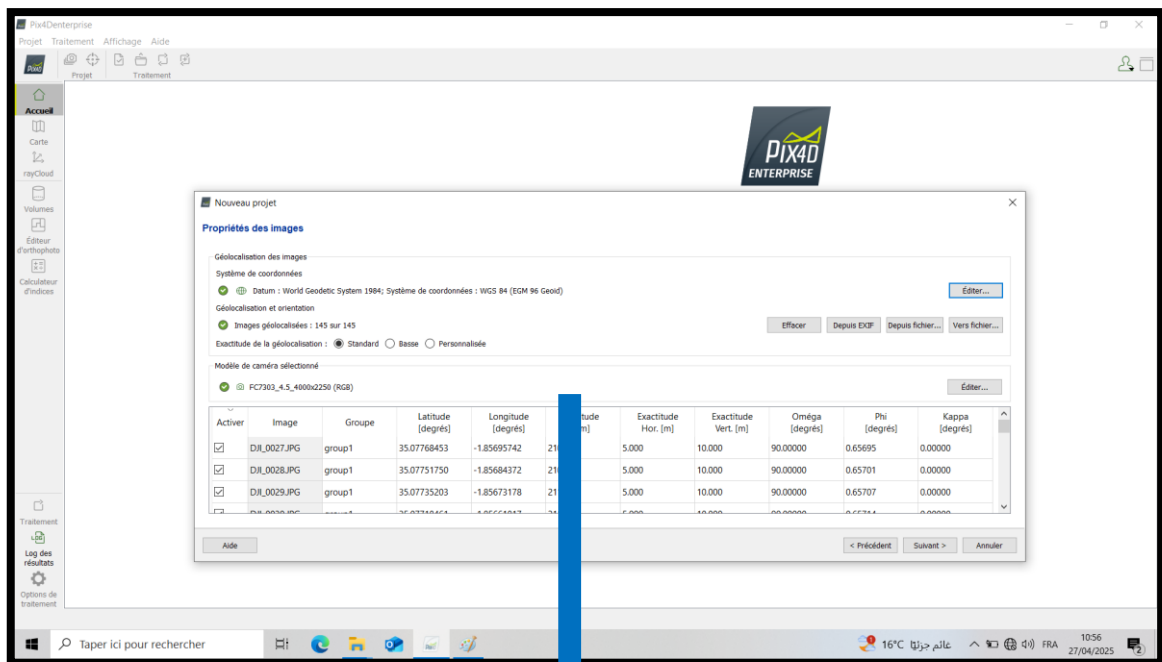


Figure 46. Système de coordonnées choisi pour le traitement

b. Les orientations Oméga, Phi, Kappa (ω , ϕ , κ)

Les orientations oméga, phi et kappa sont des paramètres essentiels pour la calibration des images. Ces angles représentent la rotation de la caméra autour de trois axes différents, ce qui est crucial pour assurer que les images sont correctement alignées dans l'espace 3D.

-Grâce à un processus automatique basé sur des algorithmes avancés de photogrammétrie, PIX4D calcule et optimise ces angles pour produire des résultats précis et fiables.

-Dans l'interface de PIX4D, vous pouvez visualiser les angles oméga, phi et kappa pour chaque image après le traitement.

Modèle de caméra sélectionné
FC7303_4.5_4000x2250 (RGB) Éditer...

Activer	Image	Groupe	Latitude [degrés]	Longitude [degrés]	Altitude [m]	Exactitude Hor. [m]	Exactitude Vert. [m]	Oméga [degrés]	Phi [degrés]	Kappa [degrés]
☒	DJI_0027.JPG	group1	35.07768453	-1.85695742	210.915	5.000	10.000	90.00000	0.65695	0.00000
☒	DJI_0028.JPG	group1	35.07751750	-1.85684372	210.915	5.000	10.000	90.00000	0.65701	0.00000
☒	DJI_0029.JPG	group1	35.07735203	-1.85673178	211.015	5.000	10.000	90.00000	0.65707	0.00000
☐	DJI_0030.JPG	group1	35.07718454	-1.85661872	211.015	5.000	10.000	90.00000	0.65714	0.00000

Aide < Précédent Suivant > Annuler

Figure 47. Les orientations des images Oméga, Phi, Kappa (ω , ϕ , κ)

3.8.5. Modèle d'options de Traitement

Déterminer le type de traitement approprié (3D).

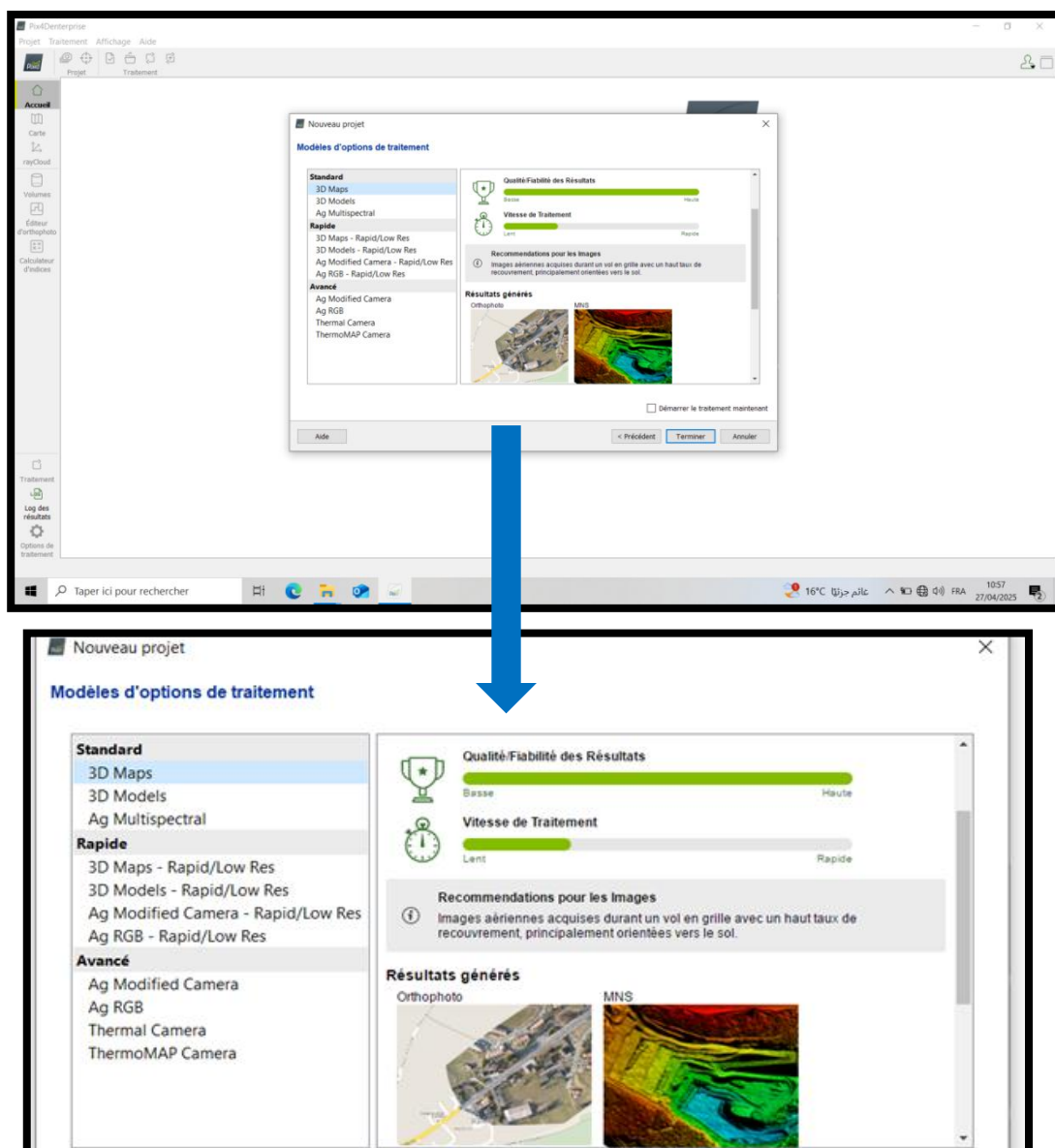


Figure 48. Modèle d'options de Traitement

3.8.6. Amélioration par des Points de Contrôle au Sol (GCP)

Les points de contrôle au sol (GCP) sont fondamentaux dans PIX4D Mapper pour assurer la précision et la fiabilité des modèles 3D générés à partir de données aériennes. Leur utilisation garantit que les résultats sont géographiquement référencés, de haute qualité et conformes aux normes requises pour diverses applications professionnelles. En intégrant des GCP dans le flux de travail de photogrammétrie, les utilisateurs peuvent tirer le meilleur parti de leurs données aériennes et optimiser leurs analyses et décisions.

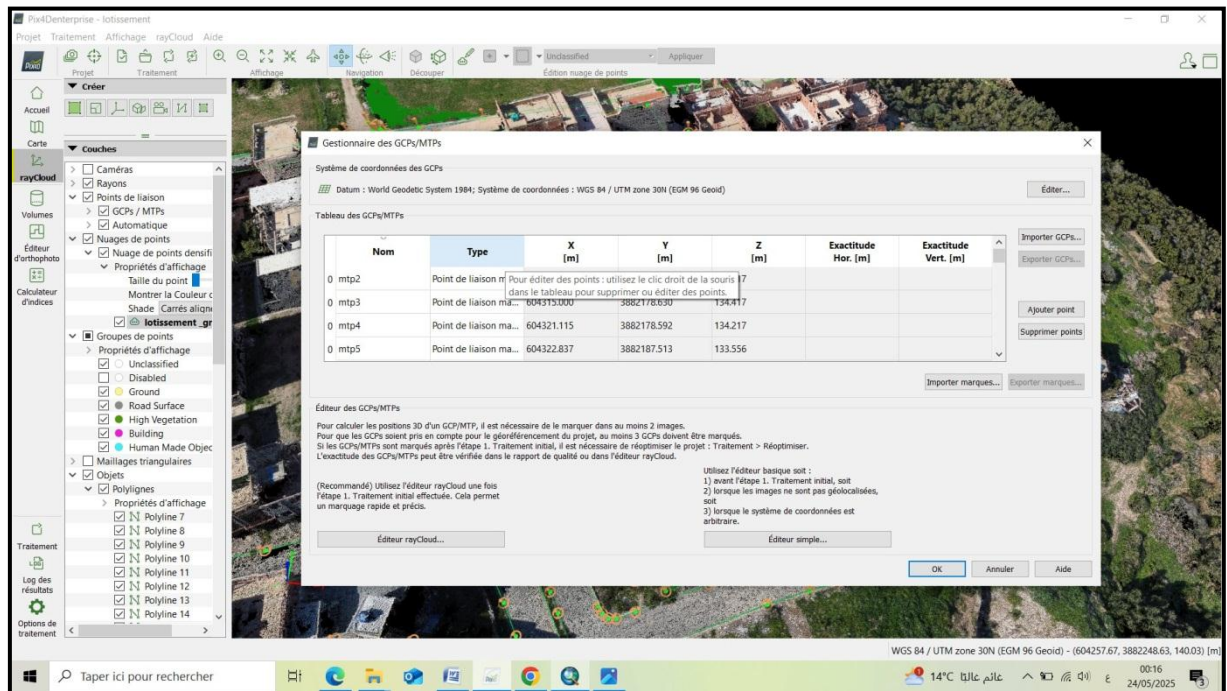


Figure 49. Points de Contrôle au Sol (GCP)

3.8.7. Carte des clichées

Après la configuration des paramètres du projet dans **PIX4D**, le logiciel génère automatiquement la ligne de vol et indique les points de clichés (ou les positions des images) sur la carte Pour la prise de vue du douar Ouled Ben Rahou.

- 10 lignes de vol.
- 145 clichées.

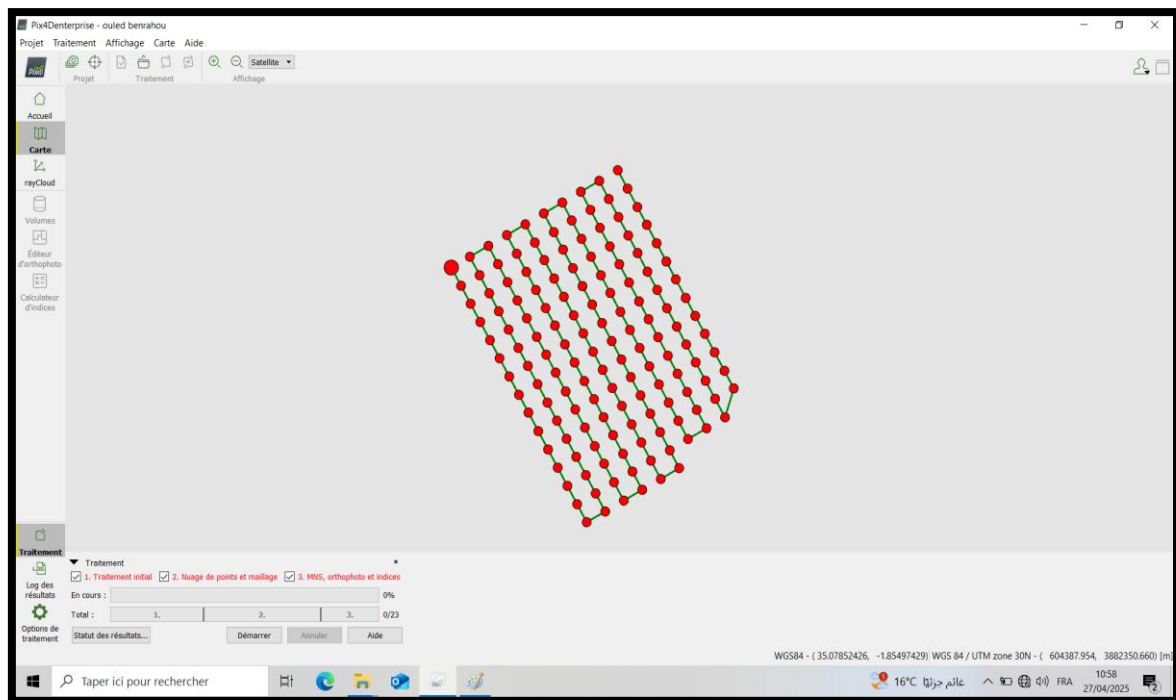


Figure 50. Carte de ligne de vol Dji mavic pro

a. Fenêtre d'aperçu des photos

Lorsque vous sélectionnez un cliché dans la ligne de vol sur PIX4D, le logiciel affiche la photo correspondante dans la fenêtre d'aperçu.

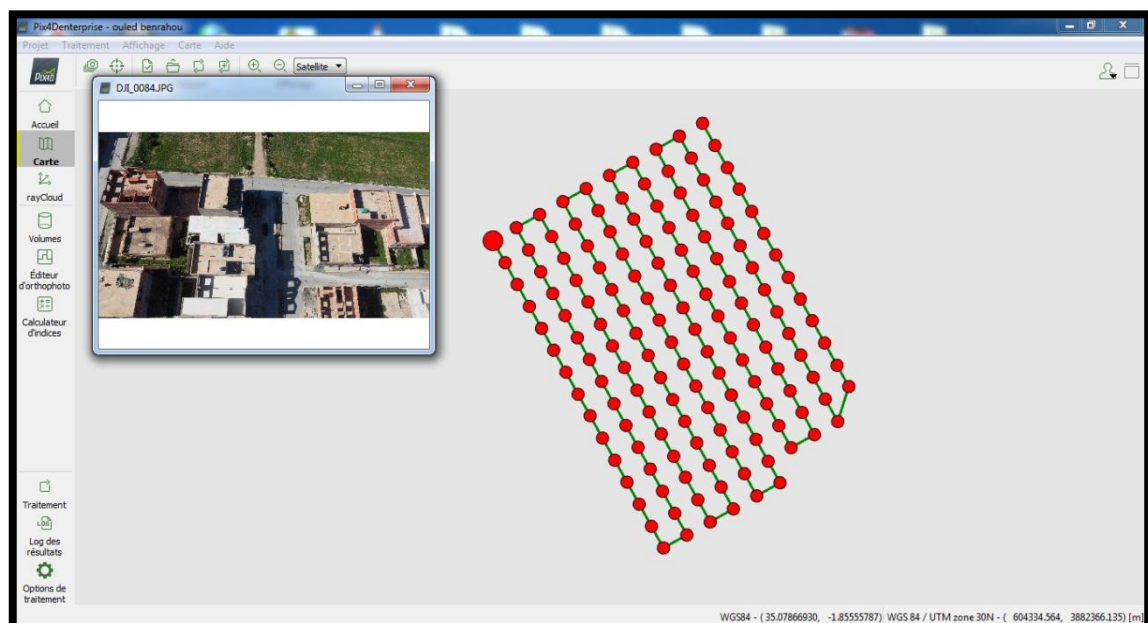


Figure 51. Fenêtre d'aperçu des photos

3.9. Phase de traitement

Dans la phase de traitement des photos aériennes on a des options de traitement, tellesque le traitement initial, le nuage de points, le maillage, le MNS (Modèle Numérique de Surface), l'orthomosaique et les indices, représentent différentes étapes ou types de produits générés lors du processus de traitement des images.

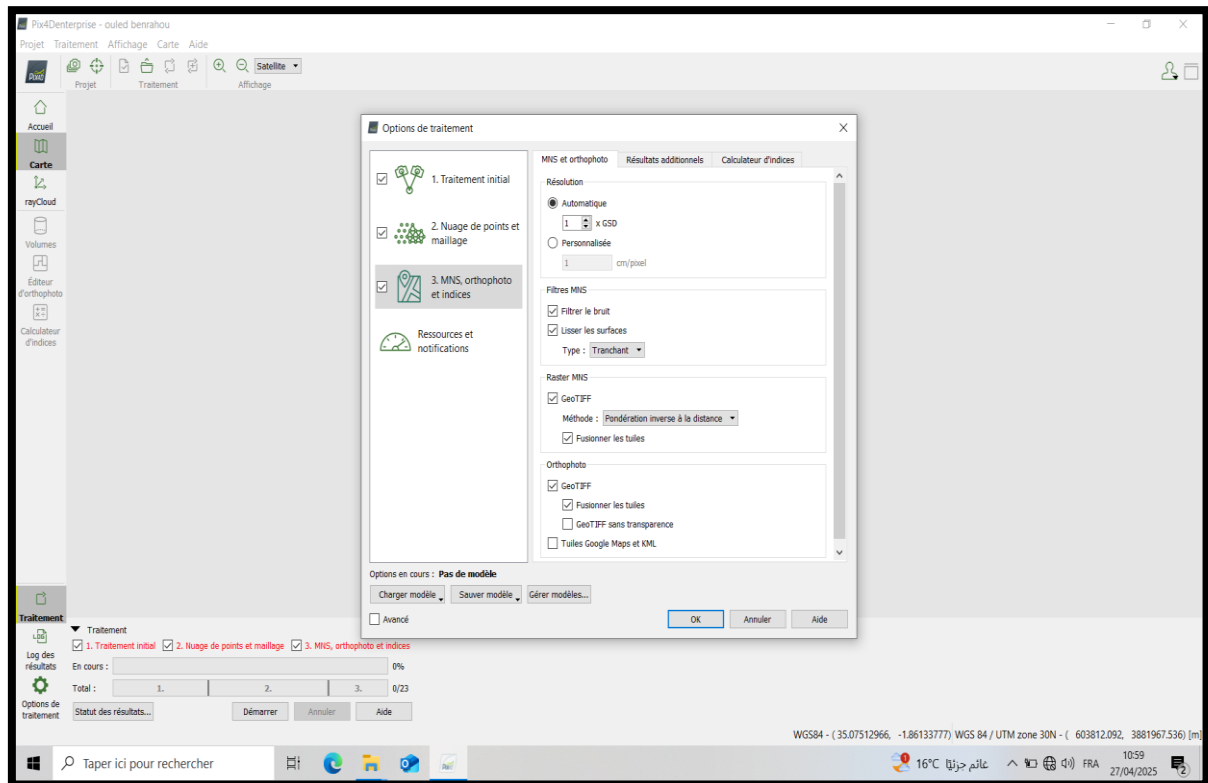


Figure 52. Options de traitement sur PIX4D Mapper

6.9.1. Traitement Initial :

a. Alignement des Images

C'est la première étape du traitement, où le logiciel aligne les images capturées en utilisant les métadonnées (comme les informations GPS) et les caractéristiques visuelles. Cela permet de créer un nuage de points initial à partir des images.

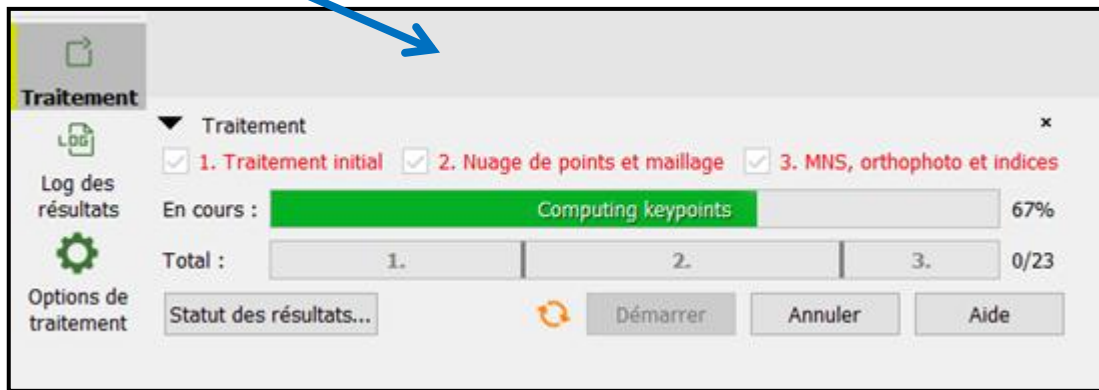
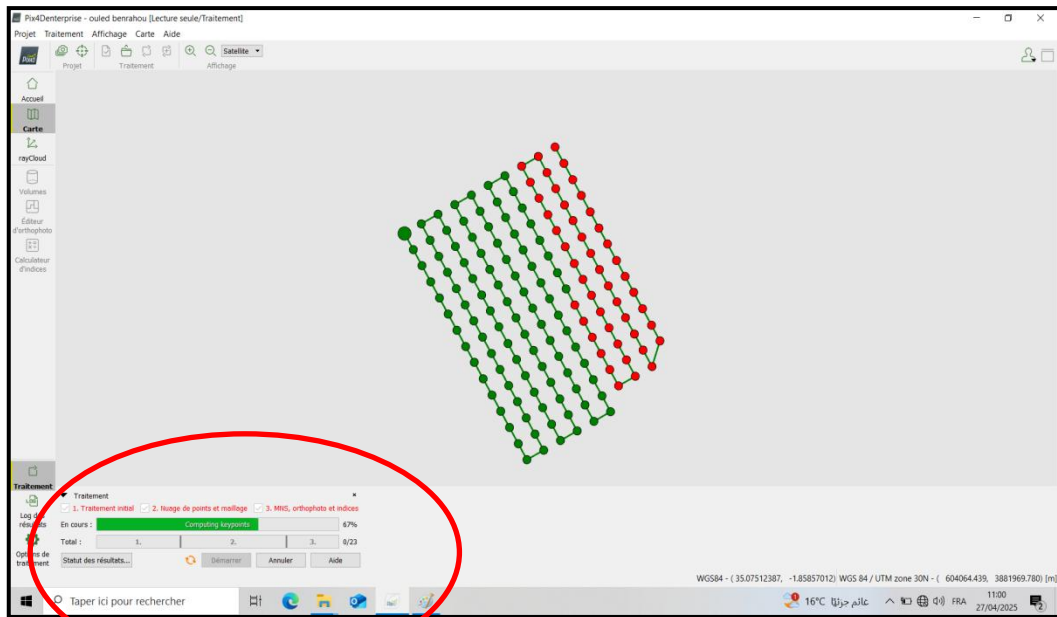


Figure 53. Lancement de traitement initial

b. Création d'un Nuage de Points Sparse

Au cours du traitement initial, un nuage de points clairsemé est généré, représentant les points 3D visibles dans les images. Cela sert de base pour les étapes ultérieures.

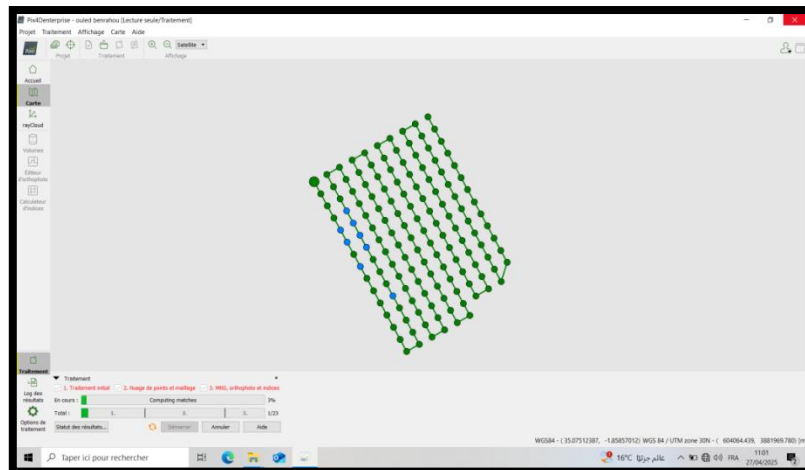


Figure 54. Création d'un Nuage de Points Sparse

c. Fin de traitement initial :

La fin du traitement initial dans PIX4D permet de s'assurer que les images sont correctement alignées et que le nuage de points sparse est généré avec succès. Cela constitue une base solide pour les étapes suivantes de traitement, garantissant que les produits géospatiaux finaux seront précis et de haute qualité.

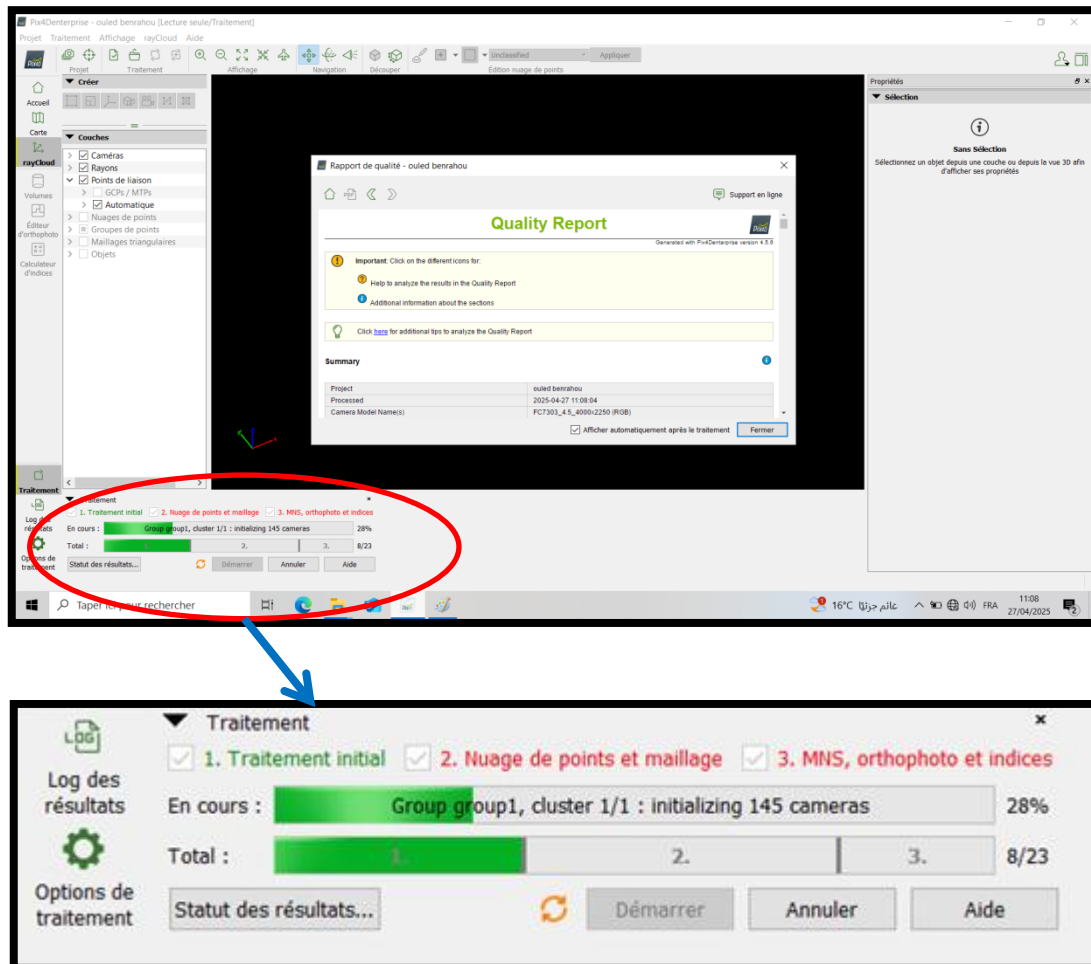


Figure 55. Fin de traitement initial

3.9.2. Nuage de points et maillage

Les étapes de création du nuage de points et du maillage sont essentielles pour produire des modèles 3D détaillés et précis à partir des images capturées.

a. Nuage de Points

- **Nuage de Points Dense** : Après le traitement initial, PIX4D peut générer un nuage de points dense, qui offre une représentation détaillée de la surface capturée. Ce nuage contient une grande quantité de points 3D, permettant une analyse précise de la topographie.

- **Filtrage et Nettoyage** : Des options de filtrage peuvent être appliquées pour supprimer les points erronés ou non pertinents, améliorant ainsi la qualité du nuage de points.

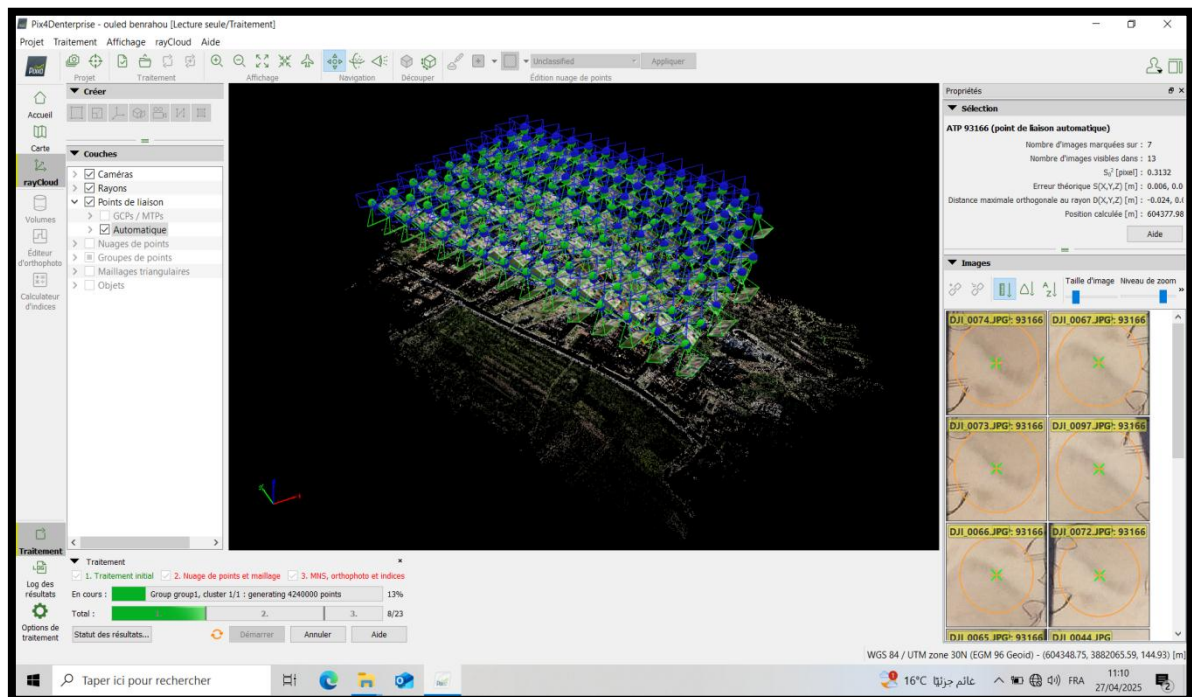


Figure 56. Nuage de Points

b. Maillage :

- **Création d'un Maillage 3D** : À partir du nuage de points dense, PIX4D peut générer un modèle maillé, qui est une représentation polygonale de la surface 3D. Ce maillage est souvent utilisé pour des visualisations et des analyses plus détaillées.
- **Texturation** : Le maillage peut être texturé avec les images d'origine pour créer une représentation réaliste de la surface, utile pour la présentation et l'évaluation visuelle.

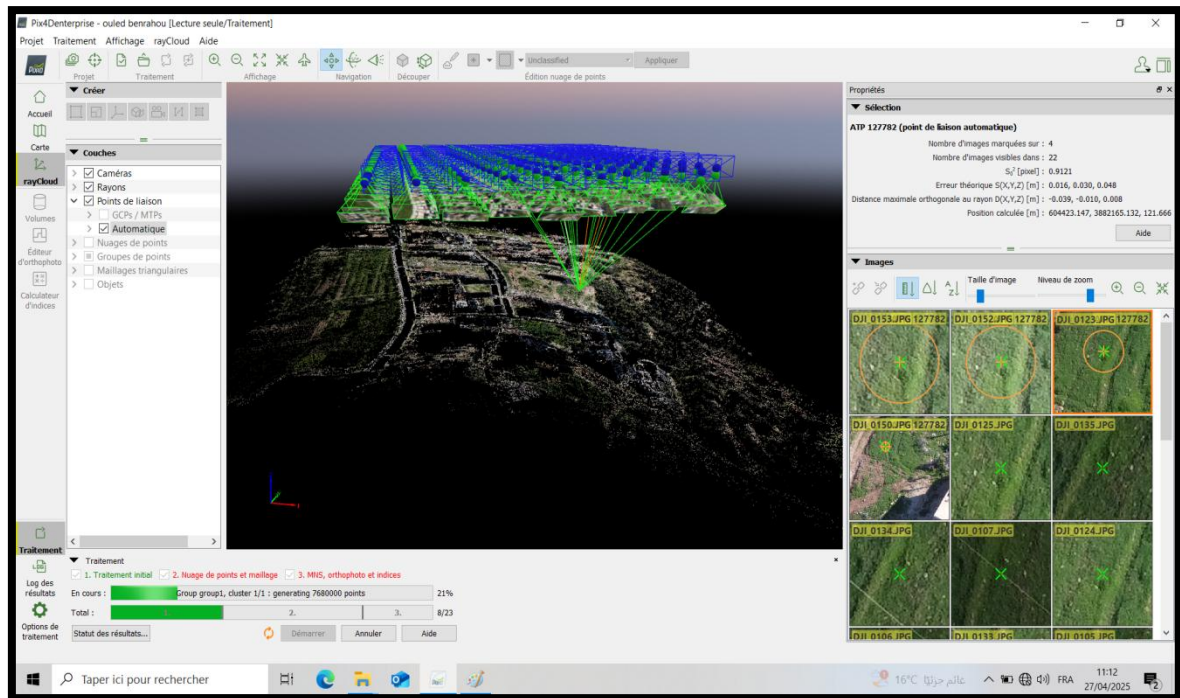


Figure 57. Maillage

c. Fin de l'étape de nuage de points et maillage

La fin des étapes de création du nuage de points et du maillage dans PIX4D est un moment clé où vous obtenez des résultats exploitables pour vos projets. Ces étapes permettent de transformer des images aériennes en modèles 3D précis et détaillés, facilitant ainsi l'analyse et la prise de décision dans divers domaines d'application. L'évaluation de la qualité, la visualisation des résultats, et l'exportation des données sont des éléments essentiels de cette phase finale.

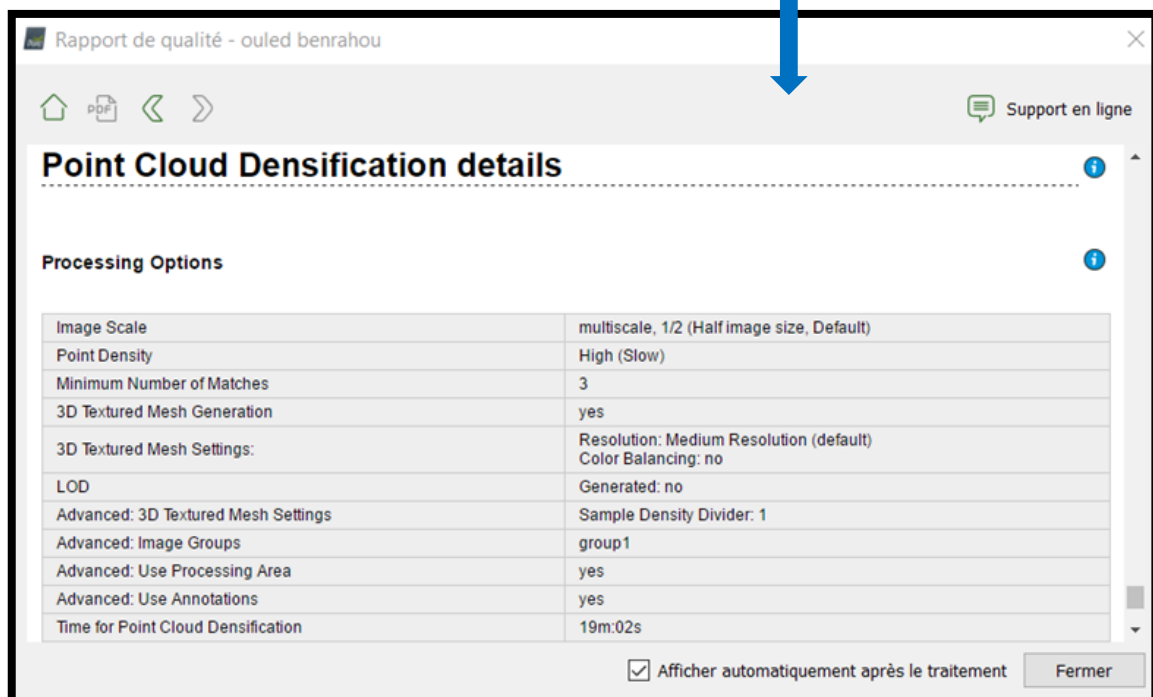
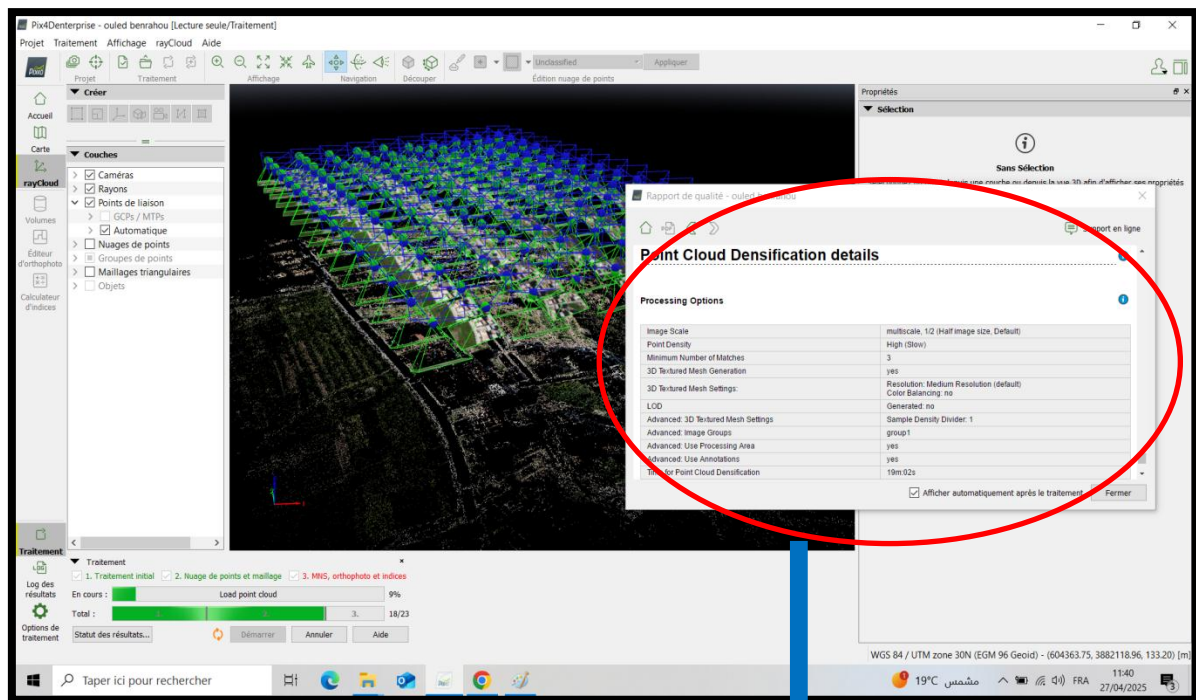
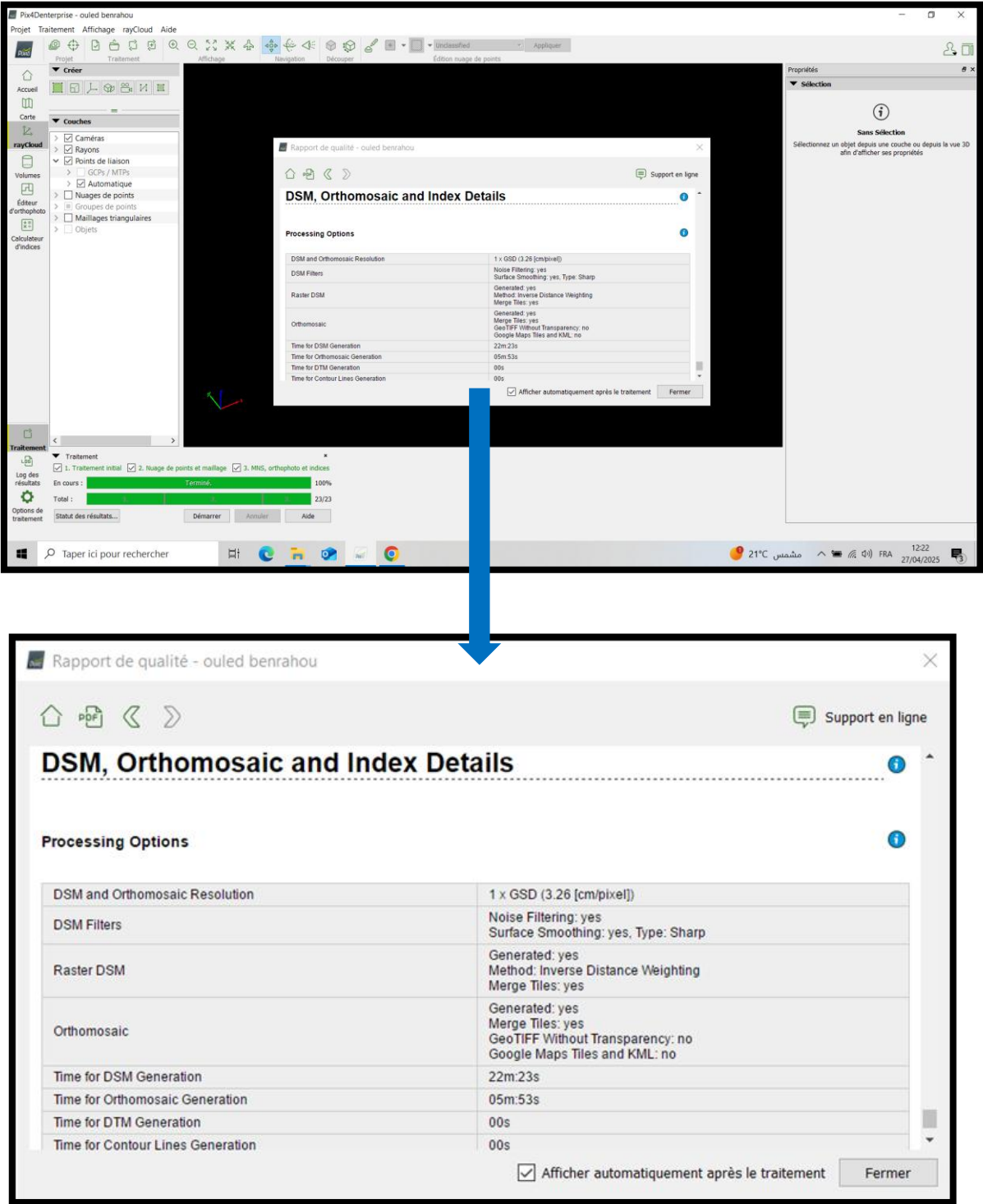


Figure 58. Fin de l'étape de nuage de points et maillage

3.9.3. Préparation de MNS, Orthomosaique et indices

La troisième étape de traitement dans PIX4D, comprenant la génération du MNS, de l'orthomosaique, et le calcul des indices, est essentielle pour obtenir des résultats géospaciaux précis et exploitables. Elle est essentielle pour obtenir une vue d'ensemble

précise et exploitable de la zone. Ces éléments fournissent des outils puissants pour la planification, l'analyse et la prise de décision, permettant de mieux comprendre et gérer les espaces vides tout en tenant compte des interactions environnementales et sociales.



3.10. Orthophoto

L'orthophoto fournit une image géoréférencée de la zone, permettant une visualisation claire et précise de l'aménagement du territoire. Cela est essentiel pour établir un cadastre des poches vides, car cela permet de voir toute la zone en une seule image.

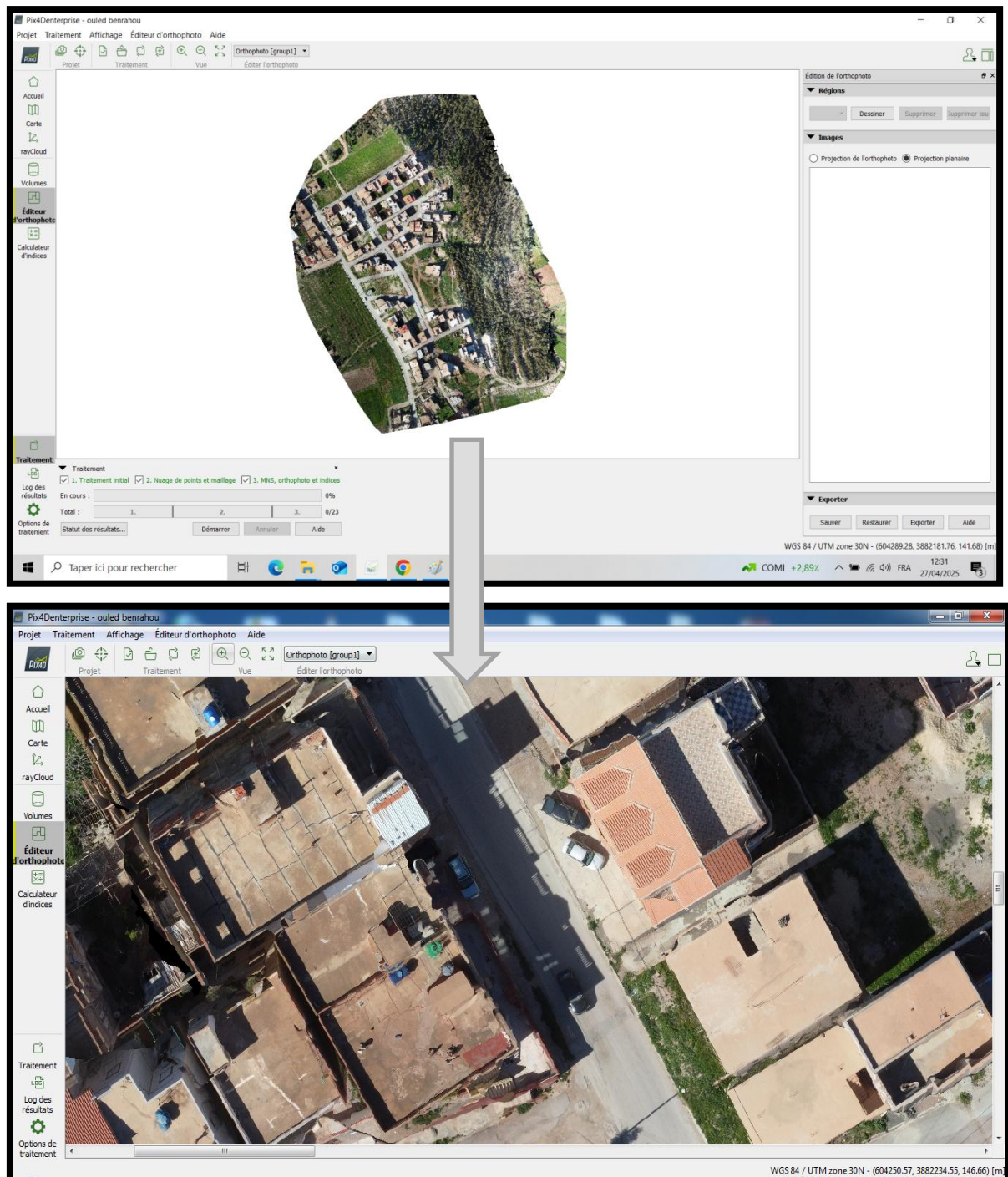


Figure 60. L'orthophoto de Douar Ouled Ben Rahou

3.11. MNS (Modèle Numérique de Surface)

Le MNS permet d'obtenir une représentation 3D précise du terrain, y compris les bâtiments, les routes et les autres infrastructures. Cela facilite la visualisation des poches vides et leur contexte dans le paysage.

Grâce au MNS, il est possible d'analyser la topographie de la zone, ce qui peut aider à identifier les poches vides, à comprendre leur accessibilité et à évaluer les impacts potentiels sur l'environnement.

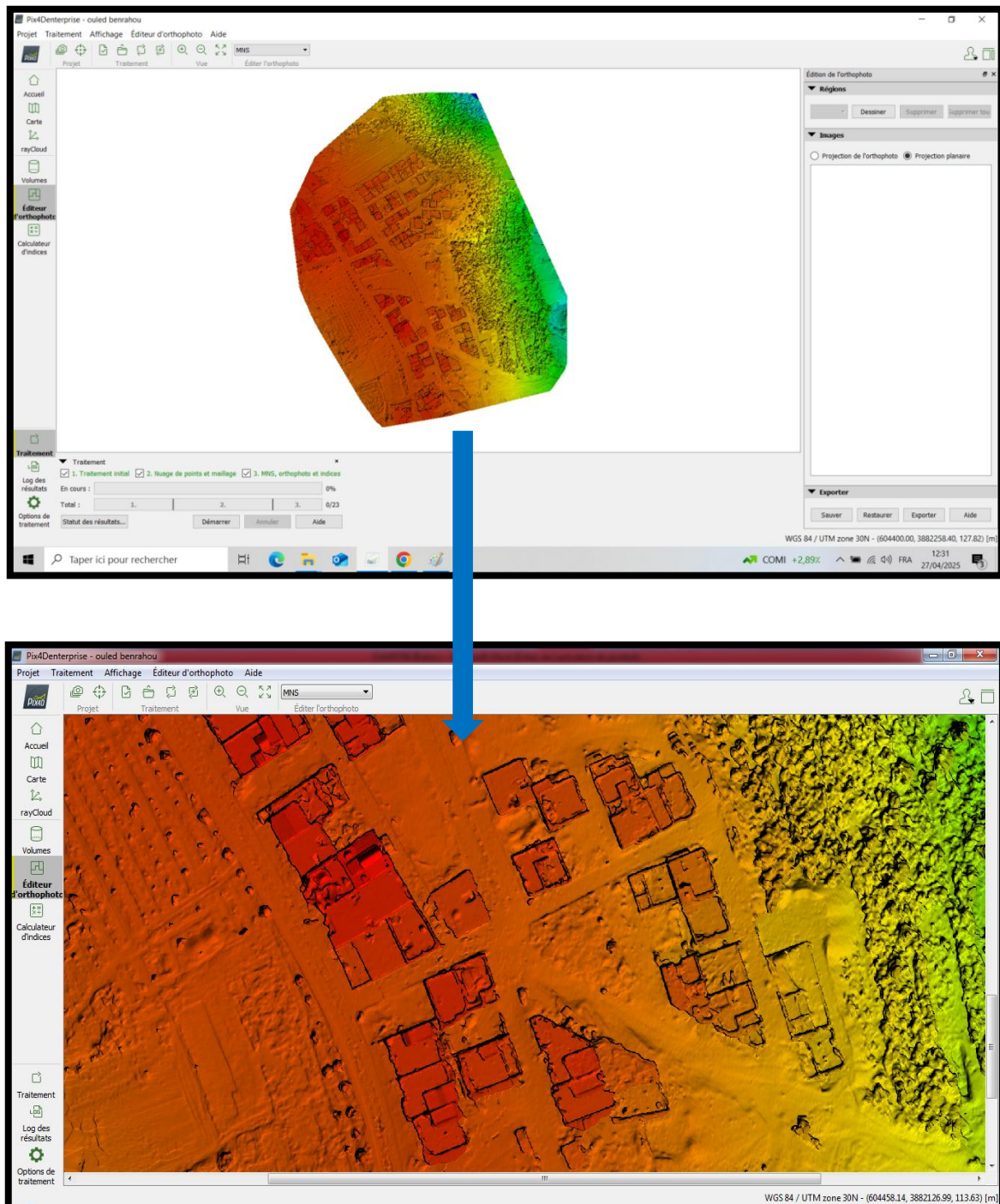


Figure 61. Modèle Numérique de Surface MNS de douar Ouled Ben Rahou

3.12. La visualisation de l'opération de prise de vue dans le logiciel PIX4D

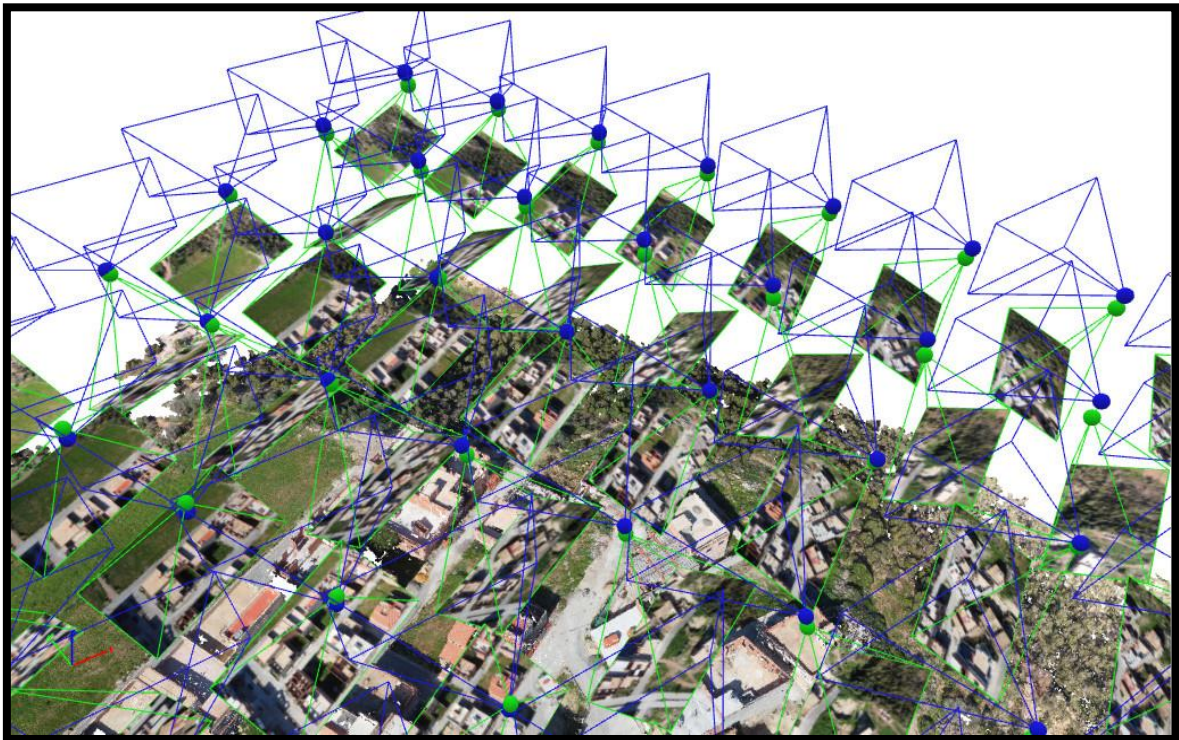


Figure 62. Visualisation de l'opération de prise de vue dans le logiciel PIX4D

3.12.1. Couche des photos aérienne de douar Ouled Ben Rahou :

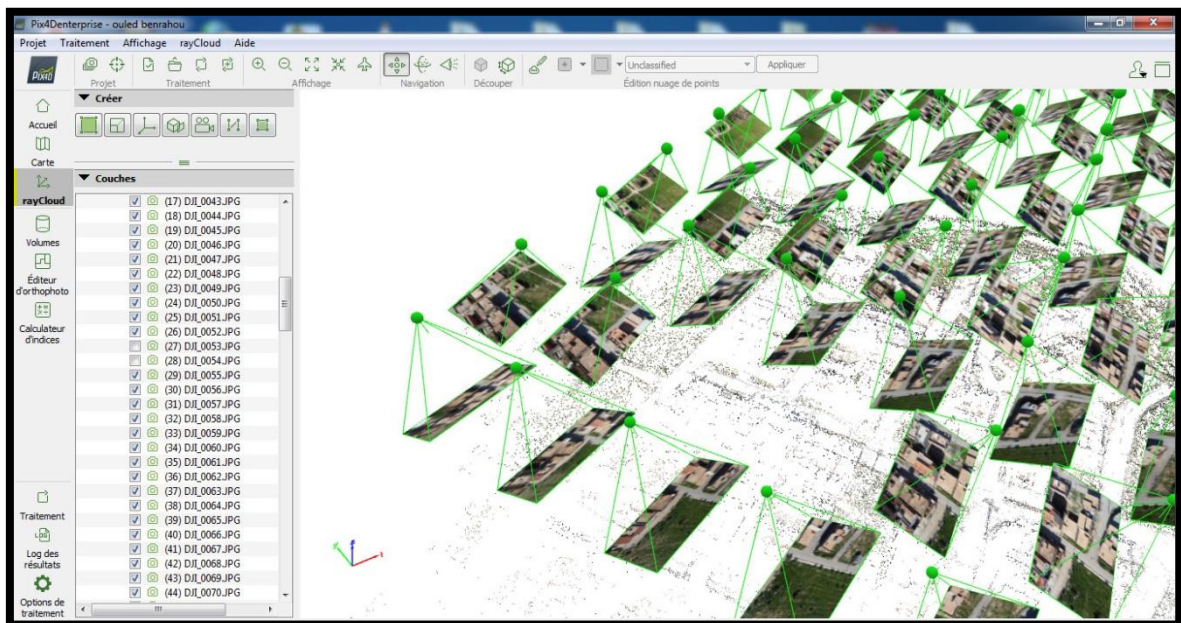


Figure 63. Couche des photos aérienne de douar Ouled Ben Rahou

3.13. La vectorisation:

Après avoir obtenu les orthophotos et le Modèle Numérique de Surface (MNS) via PIX4D, La vectorisation des parcelles (ou des îlots) de la zone d'étude (Ouled Ben Rahou) sur PIX4D est une étape essentielle pour intégrer les données géospatiales dans le cadastre. En suivant ces étapes, vous pourrez produire des données précises et exploitables qui contribueront à une meilleure gestion foncière et à un développement durable dans le douar Ouled Ben Rahou.

La vectorisation consiste à convertir les données de nuage de points en entités géométriques (comme des polygones et des points) qui représentent les limites des parcelles et des voiries visible sur l'orthomosaique à l'aide de logiciels PIX4D.

Assurez-vous que le nuage de points est correctement généré et visible dans l'interface de PIX4D.

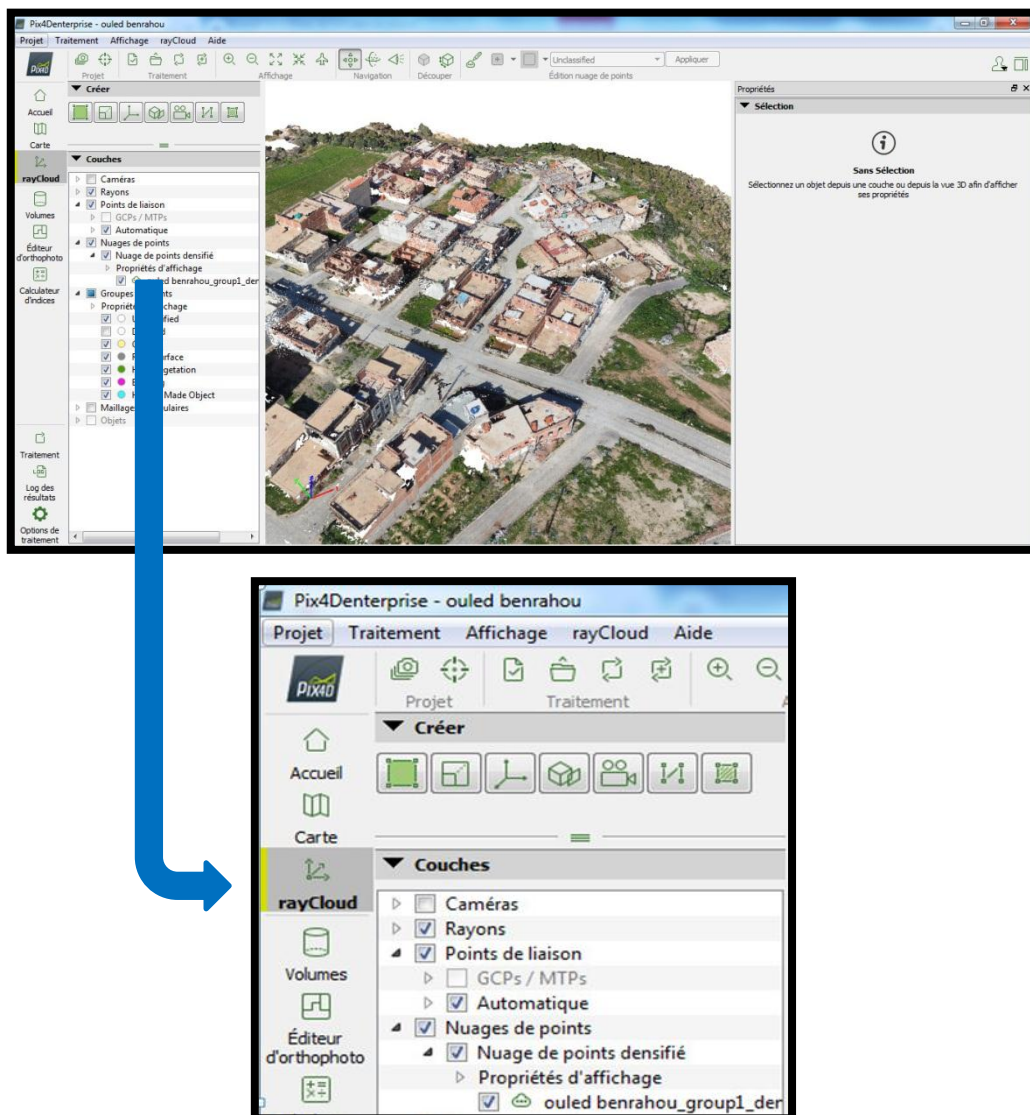


Figure 64. Etape de vectorisation

3.13.1. Vectorisation des parcelles

Les outils de vectorisation permettent de dessiner manuellement ou automatiquement des polygones en suivant les contours visibles des parcelles dans le nuage de points.

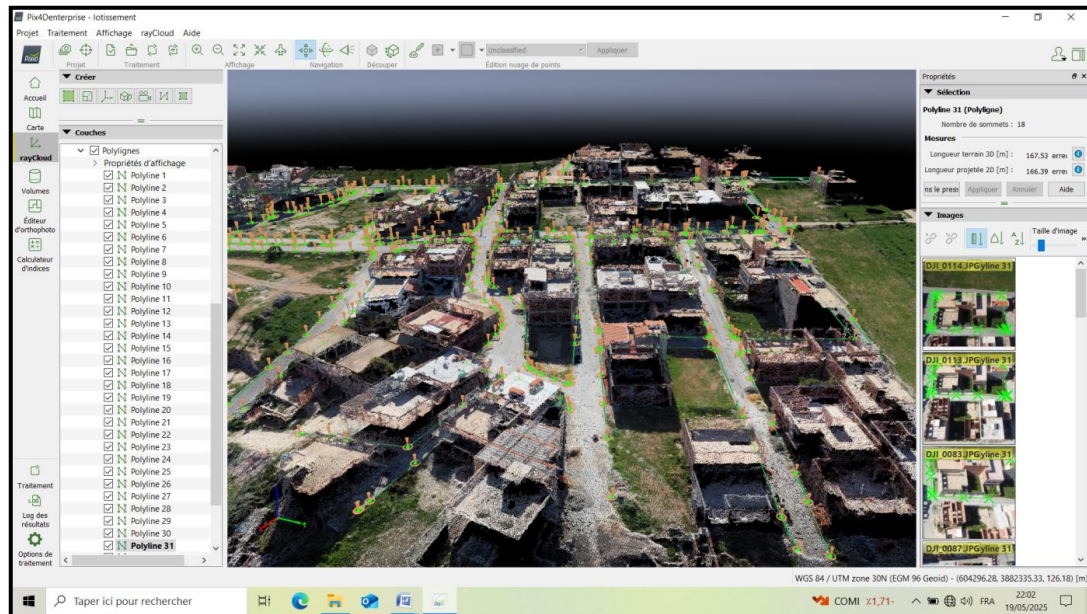


Figure 65. Vectorisation des parcelles

3.13.2. Perspective 3D

Passer à la vue 3D pour mieux visualiser la topographie et les caractéristiques du terrain. Cela vous permettra de mieux comprendre la disposition des parcelles et des éléments environnants.

Lorsque vous cliquez sur un point spécifique sur une photo pour la digitalisation, Le logiciel peut afficher la vue du point sous différents angles, souvent à partir des images capturées par le drone. Cela vous permet de voir le point dans un contexte tridimensionnel et d'évaluer son environnement.



Figure 66. Vue en 3D sous différents angles de parcelle

3.13.3. La vectorisation des voiries :

La vectorisation des voiries consiste à créer des entités vectorielles représentant des routes et des chemins à partir d'un orthomosaïque ou d'un nuage de points généré par le logiciel, souvent sous forme de polygones, point ou de polygones.

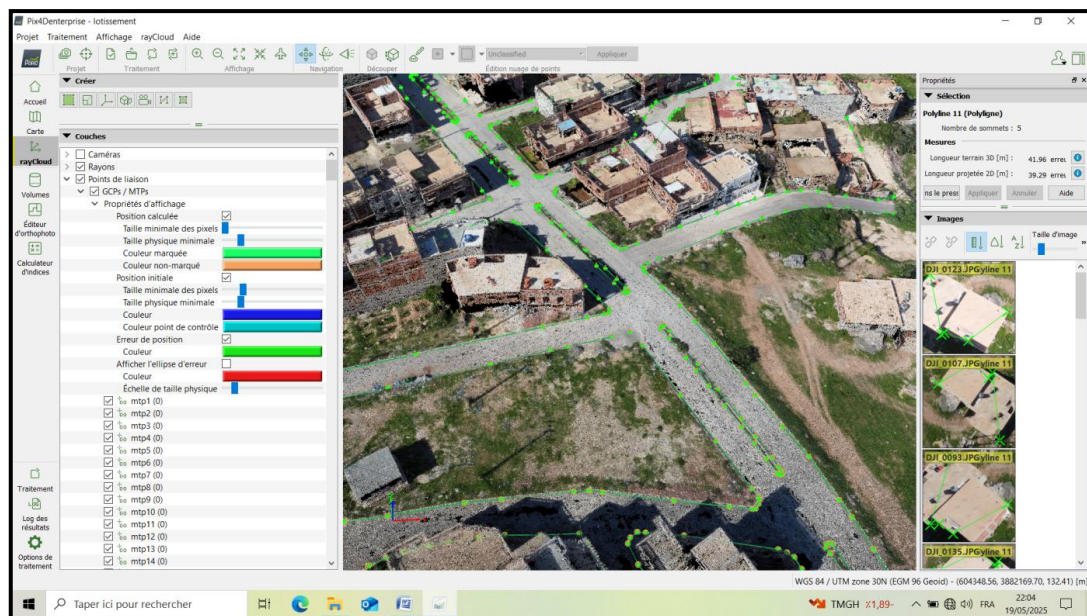


Figure 67. Vectorisation des voiries

3.13.4. Exportation des Données

Une fois que vous avez terminé la vectorisation dans PIX4D, il est essentiel d'exporter ces données dans un format compatible pour intégrer le vecteur dans le système de cadastre.

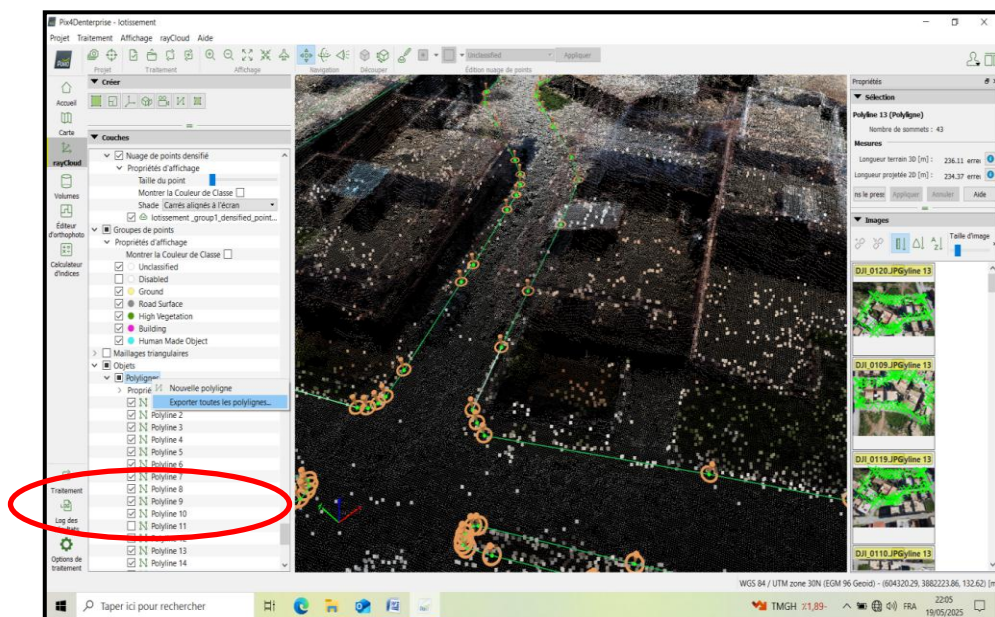


Figure 68. Etape de l'exportation des données

a. Choisir le Format d'Exportation

Exporter le vecteur de vectorisation en format Shape file, ce qui est idéal pour une utilisation dans des logiciels SIG. Cela vous permettra de gérer et d'analyser les données cadastrales de manière efficace.

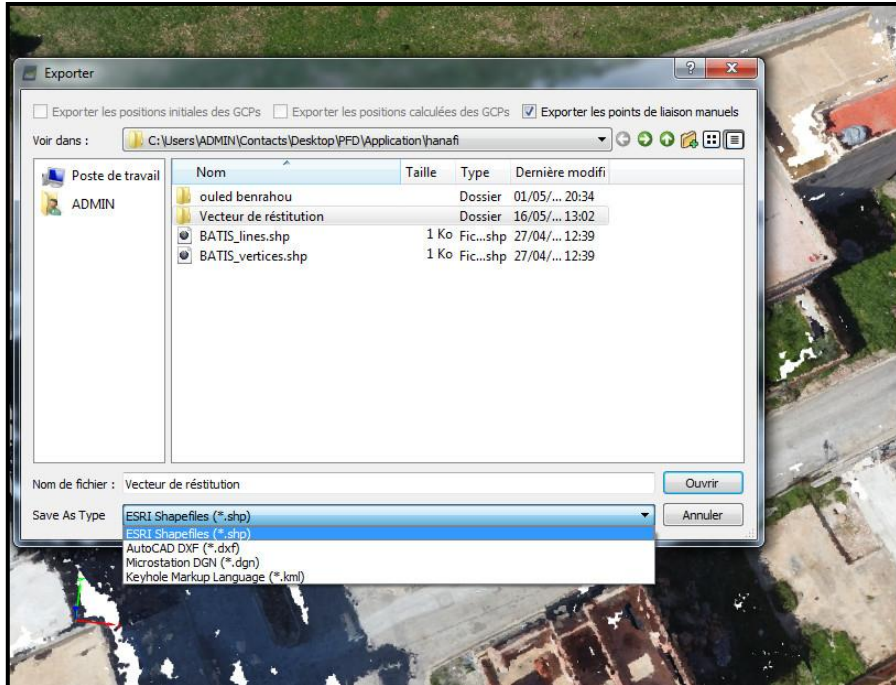


Figure 69. Format de vecteur de vectorisation

3.14. Intégration des données de vectorisation dans le SIG

3.14.1. Importation des données de vectorisation dans ArcGis

L'intégration des données vectorisées de douar Ouled Ben Rahou dans un logiciel SIG (Système d'Information Géographique) est une étape cruciale pour l'analyse, la gestion et la visualisation des informations géographiques à but l'utilisation cartographique et cadastrale.

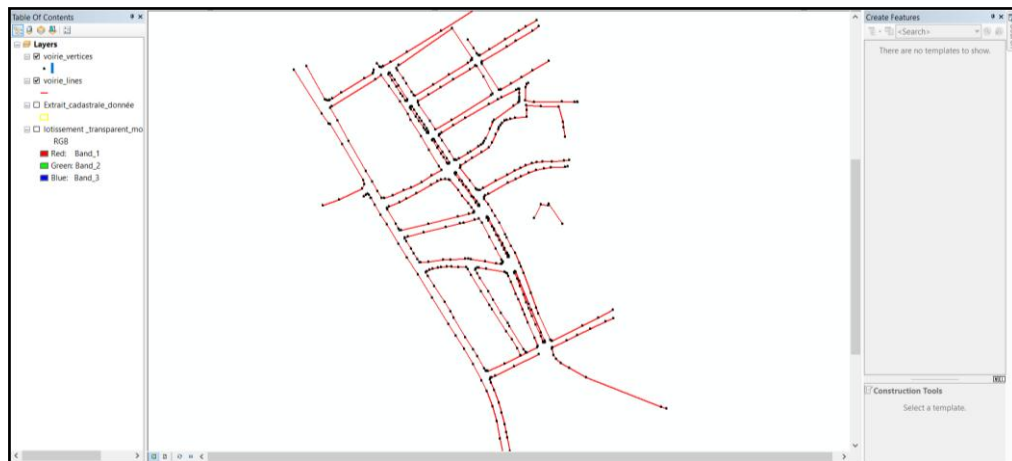


Figure 70. Importation des données de vectorisation dans ArcGis

3.14.2. Contrôle des vecteurs par l'orthophoto

Ajouter l'orthophoto de douar Ouled Ben Rahou dans ArcGIS pour valider et contrôler les données vectorielles.

En utilisant l'orthophoto comme référence visuelle, vous pouvez effectuer des ajustements nécessaires pour garantir la précision et l'exactitude de vos données. Cela est particulièrement important dans des contextes tels que la gestion cadastrale ou l'urbanisme.

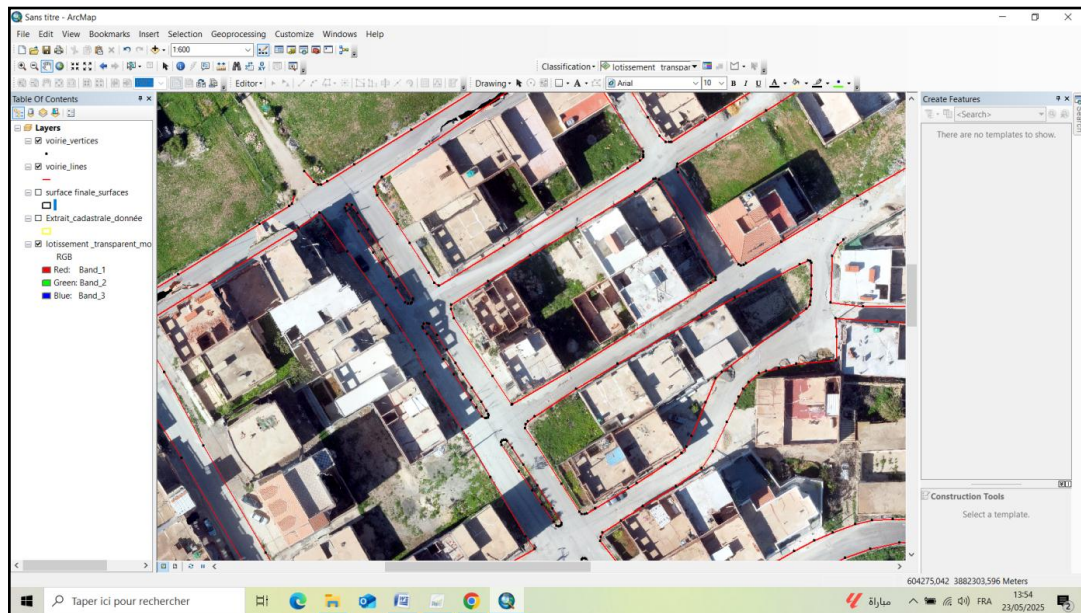


Figure71. Superposé le vecteur avec l'orthophoto de Ouled Ben Rahou

3.14.3. Création d'une base de données géographique (GBD)

La création d'une base de données géographique (GBD) est une étape essentielle pour gérer des informations spatiales et attributaires. Une GBD permet de stocker, d'organiser et d'analyser des données géographiques, facilitant ainsi la prise de décisions basées sur des analyses spatiales.

3.14.4. Gestion de la table d'attribue

a. Numérotation des sections et des îlots

Remplir la table d'attributs de base de données géographique (GBD) avec des numéros des sections et des îlots inconnus de douar Ouled Ben Rahou pour créer un plan cadastrale.

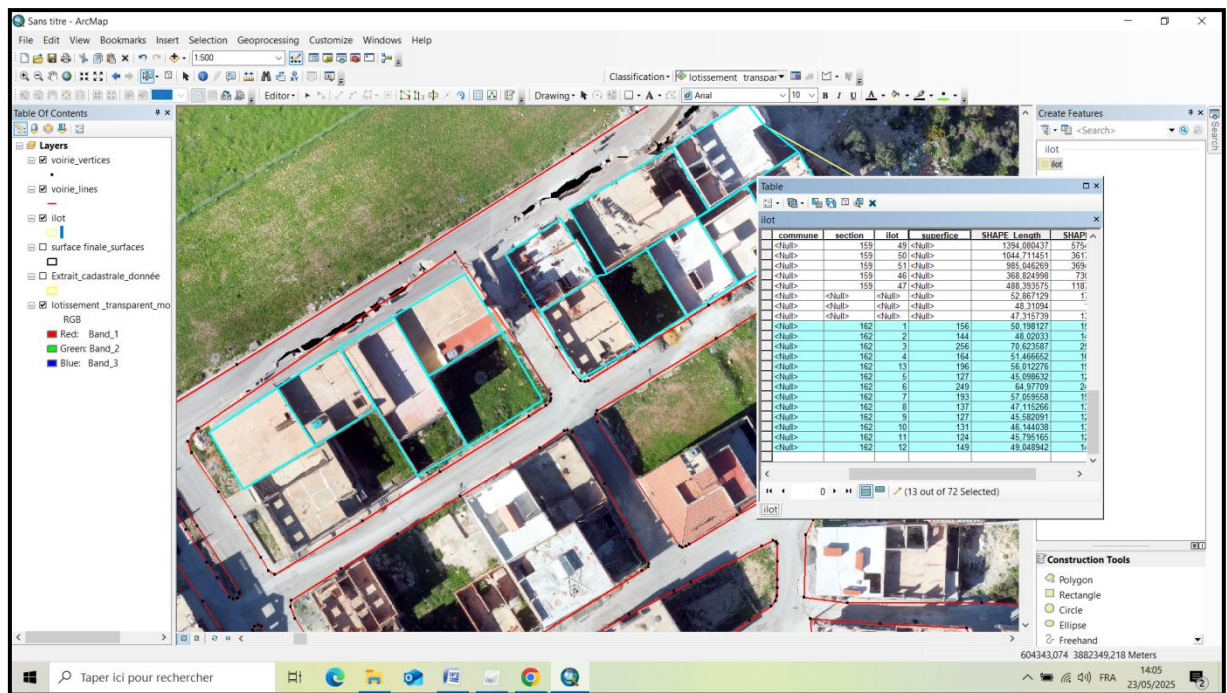


Figure 72. Numérotation des sections et des ilots

b. Calcul géométrique des coordonnées et des surfaces

Faire un calcul géométrique sur ArcGis pour calculer les surfaces des ilots et déterminer ces coordonnées.

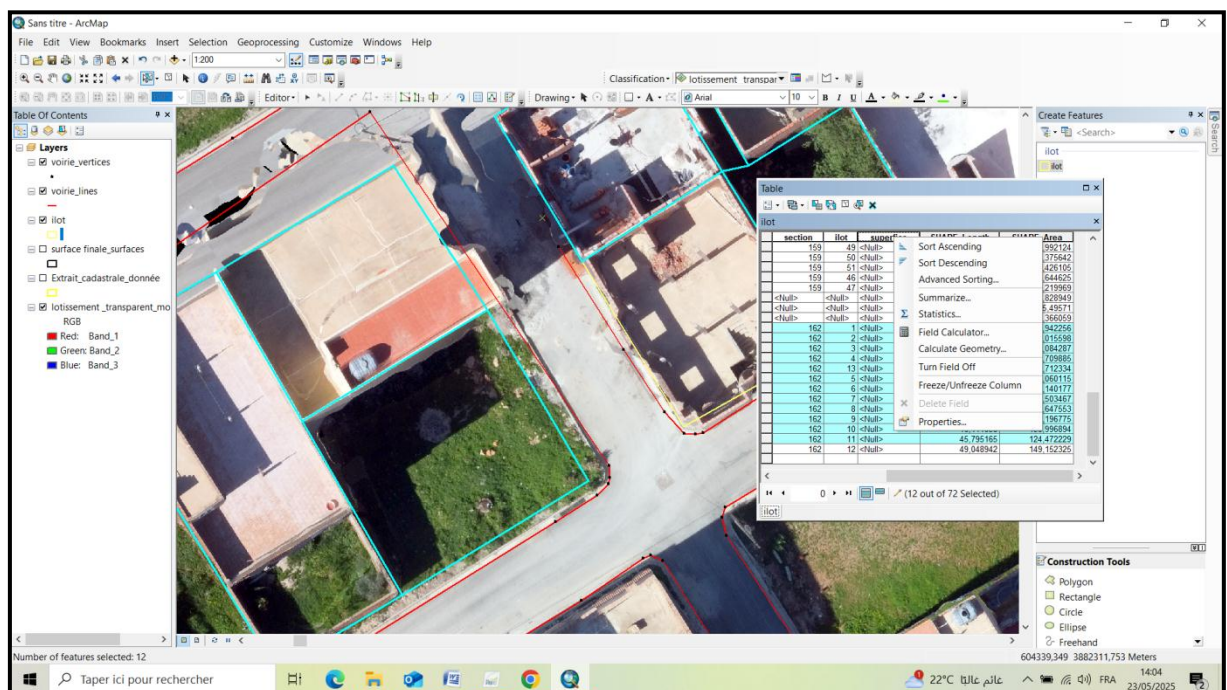


Figure 73. Calcul géométrique des coordonnées et des surfaces

3.14.5. Création de plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou :

La création d'un plan cadastral pour le douar Ouled Ben Rahou nécessite une approche méthodique, de la collecte de données à la visualisation finale. En suivant ces étapes, vous pourrez élaborer un plan utile pour la gestion foncière, le développement urbain, et la planification communautaire. Assurez-vous d'impliquer les parties prenantes tout au long du processus pour garantir que le plan répond à leurs besoins et attentes.

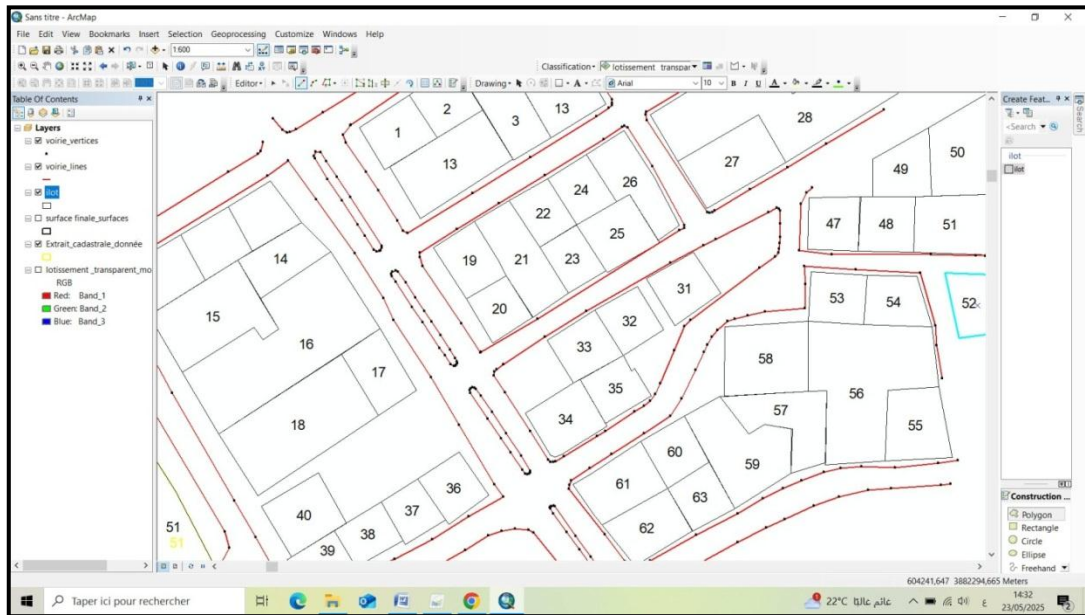


Figure 74. Création de plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou

3.15. Plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou

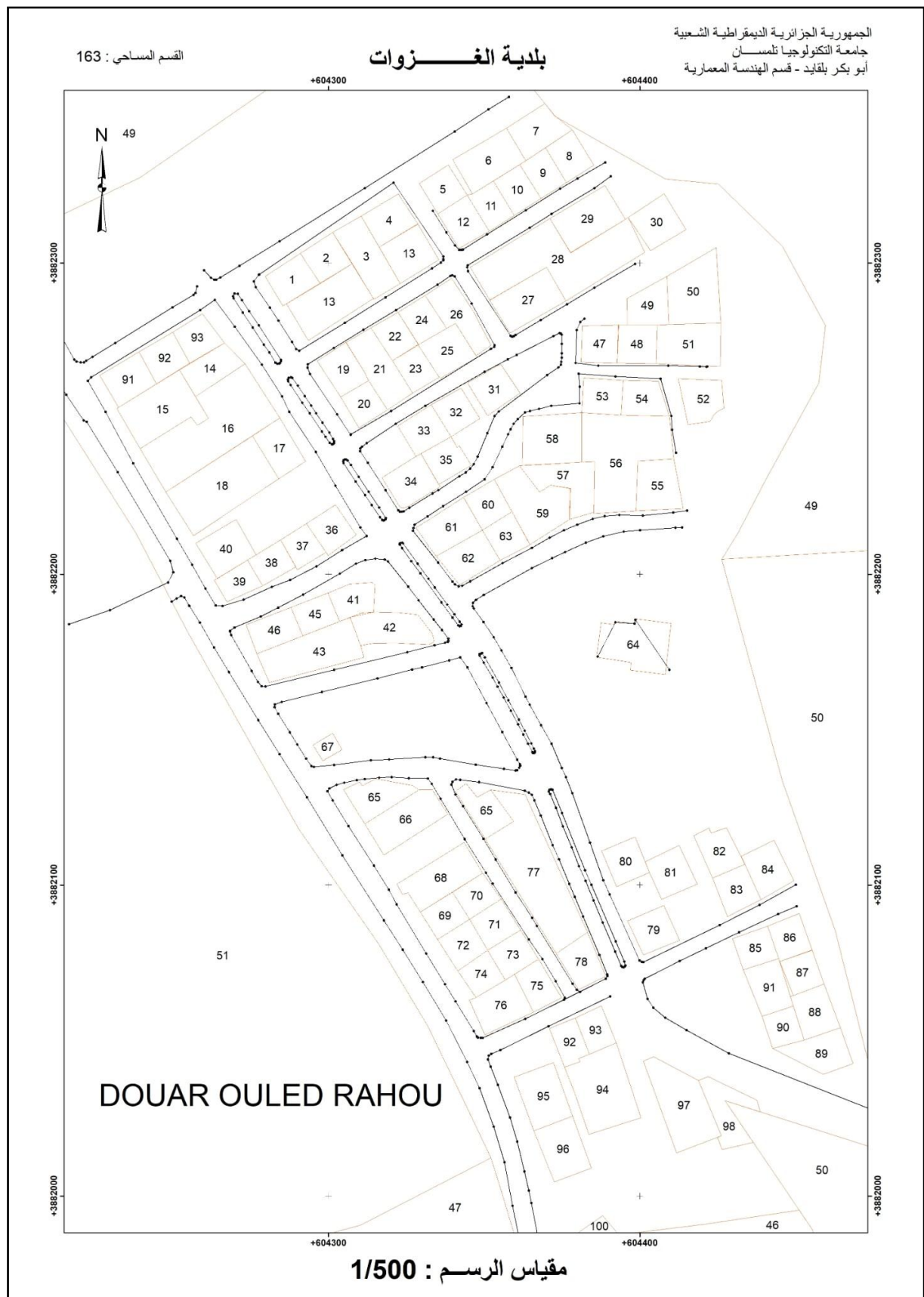


Planche 1. Plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou

3.16. Travaux d'enquête foncière

L'enquête a pour objet de recueillir :

- Tous les éléments nécessaires à la constatation du droit de propriété et des autres droits réels ou charges pesant sur la propriété ;
- Les renseignements relatifs à l'identification des ayants-droit ;
- Les informations de caractère juridique à l'îlot de propriété.

Elle s'applique indistinctement à tous les immeubles délimités au titre de l'établissement du cadastre quelque soit leur nature juridique et le statut particulier de leurs propriétaires ou occupants.

3.16.1. La procédure

L'enquête est conduite par l'enquêteur parallèlement aux opérations de délimitation.

La constatation des droits s'effectue soit sur titre délivré conformément à la législation en vigueur, soit, en l'absence de titre, par voie d'investigations. Elle implique l'identification des ayants-droit (propriétaire et détenteurs de droits réels). L'enquêteur ne doit pas perdre de vue que son rôle est purement descriptif, en ce sens qu'il doit se borner à recueillir les prétentions, à consulter et à examiner attentivement les pièces justificatives.

Les investigations doivent tendre à déterminer les droits de propriété, divis ou indivis, les faits de possession et tous les autres droits de charges, ainsi que le mode d'exploitation.

3.16.2. Tenue de la fiche d'enquête foncière

Pour chaque îlot enquêté, les données résultant de l'enquête sont consignées sur la fiche d'enquête, pour faciliter la mission de l'enquêteur, le questionnaire après, présenté sous forme de fiche d'enquête foncière a été élaboré. (Modèle T7). L'entête de cette fiche destinée à recevoir les indications quant à l'îlot de propriété et à son propriétaire doit être soigneusement rempli, afin d'éviter d'éventuelles confusions, (identiques à celles portées par le délimitateur sur la fiche de propriétaire).

Pour plus information sur le modèle T7 voir l'annexe n° 04.

إنشاء المسح العام ETABLISSEMENT DU CADASTRE GENERAL بطاقة التحقيق العقاري FICHE D'ENQUETE FONCIERE			
ملكية Propriété :		خاص ☐ عام ☐ Privée ☐ Publique ☐	
Wilaya : Commune : Lieu-dit : Nom de l'immeuble : Numéro de section :	ولاية بلدية ليكوان المعلوم اسم العقار رقم القسم	الاسم و اللقب أو اسم الشركة للمالك الذي يقيد في سجل المسح Nom et prénom ou raison sociale du propriétaire à inscrire à la matrice cadastrale 	
Numéro de l'ilot de propriété		Numéro de compte	
مؤقت :		مؤقت :	
نهائي :		نهائي :	
الطبيعية القانونية و أصل الملكية I - NATURE JURIDIQUE et ORIGINE DE PROPRIETE			
1/1) - NATURE JURIDIQUE ACTUELLE ET REFERENCES CADASTRALES OU TOPOGRAPHIQUES :			
ملك أو ملكية خاصة BIEN MELK OU PROPRIETE PRIVEE		فردي Individual.....	متنازع عليها Contesté.....
		علم (شعبي) En Indivision.....	غير متنازع عليها Non Contesté.....

Figure 75. Fiche d'enquête foncière

3.16.3. Nature juridique et origine de propriété

Le cadre I - intitulé " Nature juridique et origine de propriété " devra faire ressortir d'une manière claire et nette, la situation juridique de l'immeuble. A cette fin, tous les cas qui peuvent se présenter au cours de ses investigations ont été prévus et, il suffira à l'agent de mettre une croix sur la case correspondante pour la détermination de cette situation.

الطبيعية القانونية و أصل الملكية I - NATURE JURIDIQUE et ORIGINE DE PROPRIETE			
1/1) - NATURE JURIDIQUE ACTUELLE ET REFERENCES CADASTRALES OU TOPOGRAPHIQUES :			
ملك أو ملكية خاصة BIEN MELK OU PROPRIETE PRIVEE		فردي Individual.....	متنازع عليها Contesté.....
		علم (شعبي) En Indivision.....	غير متنازع عليها Non Contesté.....
الأملاك الوطنية BIEN DOMANIAL		الدولة Etat.....	خاص Privé.....
		الولاية Wilaya.....	
		البلدية Commune.....	عام Public.....
ملكية وقف PROPRIETE WAKF		خاص Privée.....	
		عام Publique.....	
أصل الملكية 1/2) - ORIGINE DE PROPRIETE :			
ثبتت أو أسست الملكية طبقا للإجراءات العقارية الإلزامية La propriété a été constatée ou constituée en vertu de la procédure foncière suivante (1) :			
		ميسجلة Homologuée	غير مسجلة Non Homologuée
اسم الدواير السابق أو أرض الموضع Nom de l'ex-Douar ou territoire des situation (2) :			
رقم المجموعة (في حالة عدم وجود الإحداثيات، كوتبوليت) N° du groupe (lorsqu'il n'existe que le sénatus consulte) :			
طبيعة المجموعة NATURE DU GROUPE :			
Arch.	تابع للبلدية Communal	تابع للأملاك الدولة Domanial	ملك عام Domaine public
			ملك Melk

Figure 76. Nature juridique et origine de propriété

3.17. Fiches de renseignement cadastral

Les fiches T3, T4, T5, T7, T8, T9 et T10 sont des documents essentiels dans le cadre du cadastre et de la gestion foncière, notamment lors de l'élaboration de projets dans des agglomérations secondaires comme celle du douar Ouled Ben Rahou. Chacune de ces fiches a un rôle spécifique qui contribue à l'organisation, la planification et la gestion des terres.

Voici un aperçu des rôles de chacune de ces fiches :

3.17.1. Fiche d'identification des Parcelles T3 (voir Annexe n°01)

- **Rôle** : Permet de recenser et d'identifier les parcelles de terrain dans la zone projetée. Elle contient des informations sur les limites, la superficie et l'usage des terres.
- **Importance** : Essentielle pour établir un inventaire précis des ressources foncières et pour la planification de l'aménagement du territoire.

3.17.2. Fiche des données Topographiques T4 (voir Annexe n°02)

- **Rôle** : Fournit des données topographiques sur les parcelles, y compris la pente, l'élévation et les caractéristiques physiques du terrain.
- **Importance** : Aide à évaluer la faisabilité de projets de construction et à déterminer les meilleures pratiques d'aménagement en fonction de la géographie locale.

3.17.3. Fiche de propriétés et Droits Fonciers T5 (voir Annexe n°03)

- **Rôle** : Enregistre les droits de propriété associés à chaque parcelle, y compris les propriétaires, les baux et les servitudes.
- **Importance** : Cruciale pour clarifier la situation juridique des terres et éviter les conflits fonciers. Elle aide également à assurer la sécurité juridique des transactions foncières.

3.17.4. Fiche d'usages et Affectations des Terrains T7 (voir Annexe n°04)

- **Rôle** : Documente les différents types d'usages des parcelles (résidentiel, commercial, agricole, etc.) et les affectations réglementaires.
- **Importance** : Permet de s'assurer que les projets respectent les réglementations d'urbanisme et de planification, et guide le développement futur de l'agglomération.

3.17.5. Fiche d'infrastructures Existantes T8

- **Rôle** : Recueil des informations sur les infrastructures présentes (routes, réseaux électriques, eau, assainissement, etc.).
- **Importance** : Indispensable pour la planification des services publics et la coordination des projets d'infrastructure dans le cadre de l'agglomération.

3.17.6. Fiche d'étude Environnementale T9

- **Rôle** : Évalue les impacts environnementaux potentiels des projets de développement sur le site.
- **Importance** : Aide à identifier les mesures nécessaires pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement local et à promouvoir des pratiques de développement durable.

3.17.7. Fiche d'évaluation Économique T10

- **Rôle** : Analyse les implications économiques des projets fonciers, y compris les coûts, les bénéfices et la rentabilité.
- **Importance** : Essentielle pour justifier les investissements dans les projets d'aménagement et pour assurer leur viabilité financière à long terme.

Conclusion

Ce chapitre a illustré l'application pratique de la photogrammétrie par drone dans l'établissement d'un cadastre général pour le douar Ouled Rahou. À travers une série d'étapes méthodiques, nous avons démontré comment les principes théoriques de la photogrammétrie peuvent être appliqués à un cas concret, tout en répondant aux besoins spécifiques de la zone étudiée.

Nous avons d'abord détaillé la situation géographique de Douar Ouled Rahou, un élément clé pour comprendre les enjeux et les spécificités du cadastre dans cette région. Cette compréhension a permis d'adapter notre approche en fonction des caractéristiques géographiques et des besoins locaux.

Ensuite, nous avons présenté la planification de notre mission avec le drone Harmony, on détermine les paramètres de vol telle que la hauteur de vol, le recouvrement, l'inclinaison de caméra. Cette planification a permis d'optimiser le temps de vol et de garantir une couverture complète de la zone d'étude.

La prise de vue par le drone DJI Mavic Pro a été réalisée avec succès, démontrant les capacités de cet appareil à capturer des images aériennes de haute qualité. Les résultats obtenus (145 photos) ont constitué la base pour les étapes suivantes du traitement des données.

Le traitement des photos aériennes avec PIX4D Mapper a permis de transformer ces images en données spatiales exploitables. La création d'une orthophoto et d'un Modèle Numérique de Surface (MNS) a été essentielle pour visualiser et analyser les caractéristiques topographiques du douar.

La vectorisation des orthophotos a suivi, facilitant la conversion des données raster en formats vectoriels, essentiels pour la mise à jour du cadastre. Ce processus a permis de créer des représentations précises et exploitables des limites et des infrastructures présentes dans la zone.

L'intégration des données dans un Système d'Information Géographique (SIG) a constitué une étape clé pour la gestion et l'analyse des données cadastrales. Cela a permis non seulement de visualiser les informations, mais aussi de les analyser de manière dynamique et interactive.

Enfin, l'enquête financière sur Douar Ouled Rahou a complété notre étude en fournissant des informations essentielles pour la planification et le développement

économique de la région. Cette enquête a permis d'évaluer les besoins et les attentes des habitants, garantissant que le cadastre soit un outil efficace au service de la communauté.

Ce chapitre a démontré l'efficacité de la photogrammétrie par drone dans l'établissement d'un cadastre général. En intégrant des méthodes modernes de collecte et de traitement des données, nous avons pu produire des résultats précis et pertinents, favorisant ainsi une meilleure gestion des ressources et une planification urbaine durable pour Douar Ouled Rahou. Les étapes réalisées dans ce chapitre constituent un modèle qui peut être reproduit dans d'autres agglomérations secondaires, renforçant l'importance de l'innovation technologique dans le domaine du cadastre.

Conclusion générale

Le monde de la topographie est rythmé par les évolutions technologiques du secteur comme par exemple, le développement d'appareils topographiques plus précis. Malgré cela, les méthodes de relevé n'ont que peu évolué depuis plusieurs années. Pour autant, les découvertes dans d'autres secteurs offrent elles aussi de nouvelles opportunités dans le cadre de notre projet.

L'établissement d'un cadastre général des agglomérations secondaires, en particulier pour la gestion et la valorisation des poches vides dans le douar Ouled Ben Rahou, représente un défi majeur dans un contexte de développement urbain rapide et d'urbanisation croissante. Notre mémoire a exploré comment l'utilisation de la photogrammétrie aérienne par drone peut apporter des solutions efficaces et durables à cette problématique.

Au fil de notre recherche, nous avons mis en lumière plusieurs aspects clés qui démontrent que la photogrammétrie par drone représente une solution innovante et efficace. Dans un premier temps, nous avons analysé le contexte géographique et socio-économique du douar Ouled Rahou, mettant en évidence les défis liés à la gestion foncière et à la valorisation des terrains vacants. Cette analyse a permis de contextualiser l'importance d'un cadastre précis et accessible.

Nous avons ensuite détaillé les étapes de l'application pratique de la photogrammétrie, en commençant par la détermination des paramètres de vol essentiels pour garantir la qualité des données acquises. La planification de la mission, la prise de vue par drone, et le traitement des images grâce à des logiciels spécialisés comme PIX4D Mapper ont été réalisés avec succès. Ces étapes ont permis de produire des orthophotos et des Modèles Numériques de Surface (MNS) d'une grande précision, qui sont des outils indispensables pour la cartographie et la gestion des ressources foncières.

L'intégration des données collectées dans un Système d'Information Géographique (SIG) a également constitué un point central de notre étude. Cette intégration permet non seulement de visualiser les informations cadastrales de manière dynamique, mais aussi d'effectuer des analyses spatiales qui soutiennent la prise de décision en matière de planification urbaine et de développement durable.

Notre projet a mis en évidence l'importance de l'enquête financière pour évaluer les opportunités de valorisation des poches vides dans le douar. Cette démarche a permis de

relier les aspects techniques de la photogrammétrie aux réalités économiques et sociales du terrain, renforçant ainsi la pertinence de notre recherche.

Les résultats de notre mémoire confirment que l'utilisation de la photogrammétrie aérienne par drone constitue une approche efficace et durable pour l'établissement d'un cadastre général des agglomérations secondaires. Cette méthode permet non seulement d'améliorer la précision et la rapidité de la collecte des données géographiques, mais également de favoriser une gestion foncière intelligente et adaptée aux besoins des communautés locales. Les recommandations issues de cette étude peuvent servir de base pour des projets futurs dans d'autres localités, contribuant ainsi à une meilleure gestion des territoires et à la valorisation des ressources foncières en Algérie.

Bibliographie

Ouvrages

CHARLET Christophe. 2019, Du bon usage des drones. École Supérieure des Géomètres et Topographes, Le Mans.

SIMONNETTO Elisabeth. 2018, Cours de photogrammétrie, École Supérieure des Géomètres et Topographes, Le Mans,

Vincent Chatelon. 2014 Définition d'une solution de photogrammétrie par drone aérien

Thèses et mémoires

- Vincent Chatelon. 2014 Définition d'une solution de photogrammétrie par drone aérien [Diplôme d'ingénieur de CNAM, Ecole supérieure des géomètres topographes].

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01334037>

Texte de loi

Le décret présidentiel n° 21-285 du 13 juillet 2021 en Algérie fixe les règles et réglementations relatives à l'utilisation des systèmes aéronautiques sans pilote (SASP).

Site web

- Institut National de Cartographie et de télédétection
<http://www.inct.mdn.dz/>
- Centre Canadien de télédétection
<https://ressources-naturelles.canada.ca/science-donnees/science-recherche/centre-recherche/centre-canadien-teledetection>
- Illustration des différentes tailles de capteurs issue de « Synthèse des outils et technologie 3D »
<https://cv.hal.science/anthony-pamart>
- Objectif cooljeff photogramme
<https://objectif-cooljeff.com/aucun-acces/>
- Drone Data Management and Flight Analysis | Airdata UAV
<https://airdata.com/>

- Photographie de deux drones de même type

www.sensfly.com

www.boreal-uas.com

- Photographie de deux drones Dji

www.dji.com

- Sculpteo 2009

<https://www.sculpteo.com/en/>

- Expert photography

expertphotography.com

Annexes

Annexe n° 01 : Fiche d'identification des Parcelles T3

Source ANC

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية		الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	
ولاية: _____ بلدية: _____ رئيس المجلس البلدي الشعيبي: _____ الموقع: _____ إلى من: _____ (1)	ولاية: _____ بلدية: _____ رئيس المجلس البلدي الشعيبي: _____ الموقع: _____ إلى من: _____ (1)		
نشتوف باعلامكم أنه في إطار عمليات تأسيس مسج الأراضي العام لخاص عليه الأمر رقم 74/75 المؤرخ في 12 نوفمبر 1975 والمرسوم رقم 62/76 المؤرخ في 25 مارس 1976، لمتغير والمتدبا المرسوم التنفيذي رقم 134-92 المؤرخ في 1992/04/07، سينتقل تقني مسج الأراضي المعين من طرفنا إلى عين المكان يوم: _____ للتشروع في عمليات التثبث للملكية وتحديد الأراضي المكتشفة في (2)		نشتوف باعلامكم أنه في إطار عمليات تأسيس مسج الأراضي العام لخاص عليه الأمر رقم 74/75 المؤرخ في 12 نوفمبر 1975 والمرسوم رقم 62/76 المؤرخ في 25 مارس 1976، لمتغير والمتدبا المرسوم التنفيذي رقم 134-92 المؤرخ في 1992/04/07، سينتقل تقني مسج الأراضي المعين من طرفنا إلى عين المكان يوم: _____ للتشروع في عمليات التثبث للملكية وتحديد الأراضي المكتشفة في (2)	
يقع إجراء هذه وجوبا بمحضض الملاكين ونوي الحقوق الثابتة والمجورين الملك المعني بالأمر أو بحضور من يتوب عنهم و عليه فكل رجو منكم الحضور شخصيا أو بواسطة وكيلكم عند إجراء عمل تقني مسج الأراضي حتى يمكن ليكن. (1) أن تقدموا له الرسوم والخرائط وكل ما لديكم من وثائق الاخرى التي قد تكون في حوزتكم والتي تساعد على إجراء هذه (العملية). (2) وأن تعطوا له جميع الاضاحات اللازمة وأن تثبتوا له حقوقكم و نلقت خصوصا إلتياهاكم إلى ضرورة حضوركم شخصيا أو بواسطة من يتوب عنكم في المكان و (البلدية) المعين		يقع إجراء هذه وجوبا بمحضض الملاكين ونوي الحقوق الثابتة والمجورين الملك المعني بالأمر أو بحضور من يتوب عنهم و عليه فكل رجو منكم الحضور شخصيا أو بواسطة وكيلكم عند إجراء عمل تقني مسج الأراضي حتى يمكن ليكن. (1) أن تقدموا له الرسوم والخرائط وكل ما لديكم من وثائق الاخرى التي قد تكون في حوزتكم والتي تساعد على إجراء هذه (العملية). (2) وأن تعطوا له جميع الاضاحات اللازمة وأن تثبتوا له حقوقكم و نلقت خصوصا إلتياهاكم إلى ضرورة حضوركم شخصيا أو بواسطة من يتوب عنكم في المكان و (البلدية) المعين	
رئيس المجلس الشعيبي البلدي		رئيس المجلس الشعيبي البلدي	

Annexe n° 02 : Fiche des données Topographiques T4

Source ANC

FICHE D'IDENTIFICATION DES PARCELLES		TABLEAU GENERAL DES CODIFICATIONS	
WILAYA: _____ COMMUNE: _____ SECTION: _____ ADRESSE: _____		NATURE JURIDIQUE MODALITES D'APPROPRIATION OU DE POSSESSION DROIT ET CHARGES NATURE D'OCCUPATION DU SOL MODE D'UTILISATION OBJET SUPPORTE NATURE DU SOL	
I - DESIGNATIONS DES PARCELLES II - PROPRIETAIRE III - PROPRIETE IV - DROITS ET CHARGES		NOTE: _____	

Source ANC

126

Source ANC

[illegible]

Table des matières

Remerciements	II
Dédicaces.....	III
Résumé (01p).....	IV
ملخص.....	V
Sommaire.....	VII
Table des illustrations.....	IX
Introduction générale.....	15
1 Chapitre I: Cadastre générale en Algérie.....	19
Introduction.	20
1.1 Généralités (cadastre en Algérie).	21
1.1.1 Définition de cadastre.	21
1.1.2 But du cadastre.....	21
1.1.3 Les avantages d'un cadastre.....	22
1.2 Aspects et missions du cadastre.....	22
1.2.1 Cadastre juridique.	22
1.2.2 Cadastre fiscal.....	22
1.2.3 Cadastre technique.....	23
1.2.4 Les différents types de cadastre utilisés à travers le monde et l'Algerie...	24
1.3 Procédure d'établissement du cadastre général.	24
1.3.1 L'enquête foncière comporte.	24
1.3.2 Délimitation.	25
1.3.3 Topographie.	25
1.4 Procédure d'établissement de la documentation foncière générale.....	25
1.5 La documentation cadastrale.....	27
1.5.1 Documents graphiques.	27

a	Le plan cadastral.	27
1.5.2	La documentation littérale (les registres).....	31
a	La matrice cadastrale.	31
b	L'état de section.	31
1.6	Du cadastre général au cadastre multifonctionnel.	32
1.6.1	Etat d'avancement des travaux cadastraux.....	32
1.5.2	Contraintes techniques.	33
1.5.2	La procedure d'établissement du cadastre.	33
1.5.2	Fiabilité des données cadastrales.	33
1.7	Agglomérations secondaires et les poches vides.....	34
1.7.1	Définition des agglomérations secondaires.	34
1.7.2	Caractéristiques des agglomérations secondaires.	34
a	Population.....	34
b	Economie locale.	34
c	Infrastructure.	34
d	Role administratif.	35
1.7.3	Poches vides.....	35
1.7.4	Caractéristiques des poches vides.....	35
a	Absence de titre de propriété.....	35
b	Difficultés d'aménagement.	35
c	Risques des conflits fonciers.	35
d	Impact sur le développement durable.....	35
1.8	Importance de la gestion efficace des agglomérations secondaires dans le cadastre général en Algérie.....	35
1.8.1	Gestion Foncière.	35
1.8.2	Planification urbaine.	36
1.8.3	Collecte des impôts.....	36

1.8.4	Développement durable.	36
	Conclusion.	36
2	Chapitre II: Notion de base de la photogrammétrie	37
	Introduction.	38
2.1	Définition de la photogrammétrie.	38
2.2	Historique.....	39
2.3	Principe de la photogrammétrie.	40
2.4	Notions théoriques fondamentales.	40
2.4.1	Couple stéréoscopique.	40
a	Photos d'un couple stéréoscopique.	41
b	Base de prise de vues	41
2.4.2	Recouvrement.	41
a	Zone de recouvrement longitudinale entre les deux photos aérienne.....	42
2.4.3	La stéréo-restitution.....	42
2.4.4	Les différentes orientations.	43
a	L'orientation interne.	43
b	L'orientation relative.	44
c	L'orientation absolue.....	44
2.5	La Restitution.	45
2.5.1	Classification des appareils de restitution.....	45
2.5.2	Type de restitution au niveau de l'INCT.	46
2.5.3	Organigramme de processus de restitution	46
2.6	Quelques notions de photographie.	47
2.6.1	Les recommandations	48
2.7	Paramètres de prises de vue aérienne.....	50
2.7.1	Les facteurs modifiables	50
a	La taille du pixel au sol (GSD en anglais) et la hauteur de vol.	50

b	Le taux de recouvrement et le rapport B/H.	50
c	Le réseau de points de contrôle et de vérification.	51
2.7.2	Les facteurs externes	52
a	La topographie du terrain.	52
b	Les conditions météorologiques.	53
2.8	Place du drone dans l'acquisition des données.	53
2.8.1	Bref historique de l'évolution des drones	53
2.8.2	Les différents types de drones	54
a	Voilures fixes.	54
b	Voilures tournantes.	55
2.8.3	Type de drone et usage respectif	56
2.8.4	Application des drones en géomatique	56
2.8.5	La législation en vigueur	57
2.9	Traitement des données acquises.	58
2.9.1	Les logiciels de traitements photogrammétriques	58
2.9.2	Quelques notions d'extraction automatique de contour d'objet dans une image	59
a	La méthode par filtrage.	59
b	La transformée de Hough.	60
2.9.1	Méthode d'extraction de lignes de rupture dans un nuage de points	60
a	Les travaux de Christian Briesse.	60
	Conclusion.	62
3	Chapitre III: Application cadastre des agglomération secondaire en utilisant la photogrammétrie par drone sur douar Ouled Ben Rahou.	63
	Introduction.	64
3.1	Situation Géographique de douar Ouled Ben Rahou.	64
3.1.1	Localisation.	64
3.1.2	Coordonnées géographique.	65

3.1.3	Carte de localisation.....	65
3.2	Prise de vue aérienne.....	65
3.2.1	Périmètre de la zone d'étude.....	65
3.2.2	Limite de la zone de prise de vue.....	66
3.2.3	Préparation Pré-vol.	67
a	Obtention des Autorisations.	67
b	Reconnaissance du Terrain.....	67
c	Évaluation des Conditions Météorologiques.....	67
3.2.4	Moyens à disposition.....	68
a	Le vecteur drone.	68
b	Caractéristiques de drone Dji mavic pro.	68
c	L'appareil photographique embarqué (Caméra de Dji mavic pro).....	69
b	Caractéristique de Caméra de drone Dji mavic pro.....	70
3.3	Détermination des paramètres du plan de vol.....	71
3.3.1	Hauteur de vol et GSD.	71
3.3.2	Taux de recouvrement.	71
3.3.3	Vitesse du vecteur drone.	72
3.3.4	Réglage de l'appareil photo numérique.	72
3.3.5	Inclinaison de la Caméra du DJI mavic pro.....	72
3.3.6	Relevé du réseau de points de contrôle et de vérification (GCP).....	73
a	Le relevé par la méthode GNSS.....	73
3.4	Planification de notre mission.....	74
3.4.1	Définition de l'application drone harmony.	74
3.4.2	Définition de la Zone de Vol.	74
a	Carte de zone.	74
3.4.3	Limite de la Zone.....	75
3.5	Configuration des Paramètres de Vol.....	76

3.5.1	Définir le Point de Départ de drone.	76
3.5.2	Déterminer le Point d'Arrivée.	77
3.5.3	Connexion au drone Dji maveric pro.....	78
3.5.4	Hauteur de vol.....	79
3.5.5	Vitesse de Vol.....	80
3.5.6	Configuration du Recouvrement.....	80
3.5.7	Paramètres de la Caméra.....	81
a	Mode de prise de vue.....	81
b	Inclinaison de la Caméra.	81
3.5.8	Vérification de Drone.	81
3.6	Stationnement de GPS lors de la prise de vue aérienne avec drone.....	82
3.6.1	Définition de GPS utilisé (Leica ICON 9).	82
3.6.2	Caractéristiques de GPS Leica ICON 9.	83
a	Technologie GNSS Multi-Systèmes.....	83
b	Précision Centimétrique.	83
c	Interface Utilisateur Tactile.....	83
d	Durabilité et Résistance.	83
e	Connectivité.....	83
f	Autonomie de la Batterie.....	83
3.7	Opération de prise de vue.....	84
3.8	Préparation de traitement des photos aériennes.	85
3.8.1	Logiciel utilisé.	85
a	Définition.....	86
b	Caractéristiques Principales.....	86
c	Applications Variées.....	87
3.8.2	Création d'un nouveau projet	87
3.8.3	Importation des photos aérienne.	88

3.8.4	Configuration du Projet.	89
a	Définir le Système de Coordonnées.	89
b	Les orientations Oméga, Phi, Kappa (ω , ϕ , κ).....	90
3.8.5	Modèle d'options de Traitement.	91
3.8.6	Amélioration par des Points de Contrôle au Sol (GCP).	92
3.8.7	Carte des clichés.....	92
a	Fenêtre d'aperçu des photos.	93
3.9	Phase de traitement.....	94
3.9.1	Traitement Initial.	94
a	Alignement des Images.	94
b	Création d'un Nuage de Points Sparse.	95
c	Fin de traitement initial.	95
3.9.2	Nuage de points et maillage.....	96
a	Nuage de Points.	96
b	Maillage.....	97
c	Fin de l'étape de nuage de points et maillage.....	98
3.9.2	Préparation de MNS, Orthomosaique et indices	99
3.10	Orthophoto.	101
3.11	MNS (Modèle Numérique de Surface).	102
3.12	La visualisation de l'opération de prise de vue dans le logiciel PIX4D.	103
3.12.1	Couche des photos aérienne de douar Ouled Ben Rahou	103
3.13	La vectorisation.	104
3.13.1	Vectorisation des parcelles	105
3.13.2	Perspective 3D	105
3.13.3	La vectorisation des voiries	106
3.13.4	Exportation des Données	106
a	Choisir le Format d'Exportation.	107

3.14	Intégration des données de vectorisation dans le SIG.....	107
3.14.1	Importation des données de vectorisation dans ArcGis	107
3.14.2	Contrôle des vecteurs par l'orthophoto	108
3.14.3	Création d'une base de données géographique (GBD)	108
3.14.4	Gestion de la table d'attribue	108
a	Numérotation des sections et des ilots.....	108
b	Calcul géométrique des coordonnées et des surfaces.....	109
3.14.5	Création de plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou	110
3.15	Plan cadastral de Douar Ouled Ben Rahou	111
3.16	Travaux d'enquête foncière	112
3.16.1	La procédure	112
3.16.2	Tenue de la fiche d'enquête foncière	112
3.16.3	Nature juridique et origine de propriété	113
3.17	Fiches de renseignement cadastral	114
3.17.1	Fiche d'identification des Parcelles T3	114
3.17.2	Fiche des données Topographiques T4	114
3.17.3	Fiche de propriétés et Droits Fonciers T5	114
3.17.4	Fiche d'usages et Affectations des Terrains T7	114
3.17.5	Fiche d'infrastructures Existantes T8	115
3.17.6	Fiche d'étude Environnementale T9	115
3.17.7	Fiche d'évaluation Économique T10	115
	Conclusion.....	116
	Conclusion générale	118
	Bibliographie	121