

# *Modélisation D'une Erosion Hydrique A Partir Des Photographies Aériennes Par Drone : Cas De L'érosion Bolikango A Delvaux, Dans La Commune De Ngaliema*

Mohamed Abdallah Abdallah

Assistant 2 / INBTP

Abdamohamed6@gmail.com



**Résumé** – La ville province de Kinshasa connaît une présence exponentielle des têtes d'érosion, surtout dans la commune de Ngaliema compte tenu de la topographie de cette dernière et de l'urbanisation anarchique, la population de cette entité territoriale se voit délaisser et préfère abandonner leurs parcelles menacées par des érosions pour trouver refuge dans des communes voisines. C'est ainsi que nous avons trouvé important d'aborder cette thématique, afin de proposer une démarche scientifique et technique qui pourra permettre à l'autorité de prendre des décisions responsables. Cet article se veut un guide technique sur la modélisation des phénomènes érosifs dans le souci d'avoir les données de base nécessaire pour bien projeter les études proprement dites sur la lutte antiérosive.

Nous avons eu à positionner les GCPs dans des endroits accessibles de notre site, pour corriger le MNE pendant le traitement, afin d'avoir un modèle réaliste de notre zone d'étude. L'idée ici est de modéliser la zone érosive grâce aux prises de vue aérienne par drone, et pour cela, il a fallu suivre toutes les étapes de manière scientifique et technique pour aboutir à un résultat escompté.

La zone considérée comme le bassin versant de l'érosion BOLIKANGO a une superficie estimée à 200 hectares, avec les levés ordinaires, c'est-à-dire station totale et autres, la tâche n'aurait pas été facile. La plus grande question était celle de trouver une approche qui prendra en compte le temps, la qualité des données, la précision du résultat attendu et les contraintes d'ordre sociétal car le travail devrait couvrir plusieurs zones frappées par la délinquance juvénile. La technique de drone combinée avec les GCPs mesurés par des techniques géodésiques répondait au mieux à cette problématique, raison pour laquelle nous avons adopté cette technique combinée, qui du reste nous a permis d'avoir des résultats impressionnants surtout sur la production du MNE qui, représentait sensiblement les comportements de l'érosion et avons constaté que la profondeur moyenne de cette érosion avoisinait 70 m sur une longueur totale de 1890 m.

C'est grâce à la photogrammétrie, que nous avons su avoir les données de manière précise, et avons pu cartographier de façon claire toutes les zones d'apport et définir précisément la position de la rivière MAKELELE par rapport à l'érosion BOLIKANGO. Cette rivière serait comme un exutoire naturel dans lequel les eaux peuvent être dirigées en cas d'une étude de la lutte antiérosive de cette érosion

**Mots clés** – modélisation, érosion hydrique, photographies aériennes et drone

## I. INTRODUCTION

La ville province de Kinshasa est à nos jours très menacée par des têtes d'érosion dont la cause probable reste la mauvaise gestion des eaux de pluie. Mais toutefois, la pluie n'est pas la seule cause de la présence des érosions ; l'urbanisation sans respect des prescriptions techniques et des réglementations urbanistiques conduit à l'occupation anarchique de certains coins de la Capitale, en plus de cela, l'on constate avec regret dans certains quartiers de la ville province de Kinshasa, l'inexistence des réseaux de collecte et d'évacuation des eaux de ruissellement ainsi que l'insuffisance des ouvrages d'assainissement dans d'autres quartiers. Après des averses, l'on observe une multiplication des têtes d'érosion, l'évolution des érosions, par conséquent la population se voit délaisser à son triste sort. D'une part, la population est aussi responsable de son propre malheur car elle transforme les réseaux d'assainissement en poubelle où elle se fait le luxe de jeter les ordures ménagères ainsi que d'autres

déchets ; d'autre part L'État a le devoir éminent de monter une politique urbanistique en tenant compte de notre propre réalité afin de bien gérer l'espace terrien en tout point de vue et de conscientiser la population sur des bonnes pratiques.

Après les averses, le phénomène érosif prend de l'ampleur en apportant la terre et en augmentant le volume ainsi que la profondeur de l'érosion tel est le cas de l'érosion **BOLIKANGO** à **LALOUX**, quartier **DELVAUX** dans la Commune de **NGALIEMA**.

La démarche pour lutter contre les érosions devrait être vue dans plusieurs angles dont le plus déterminant, c'est l'analyse de la cause de l'érosion ; la compréhension de cette dernière aidera suffisamment dans la collecte des données. Parmi les données, il y a des données topographiques, qui permettent l'élaboration des documents de base, entre autres le plan ou carte topographique, la carte de situation et les différentes coupes de terrain.

Pour bien comprendre l'influence en termes de profondeur, il est important de bien observer la troisième dimension, qui n'est rien d'autre que l'altitude et cela permettra aussi de quantifier la terre déjà emportée par l'érosion. C'est ainsi que dans cet article, il sera traité essentiellement : Modélisation d'une érosion hydrique à partir des photographies aériennes par drone : Cas de l'érosion **BOLIKANGO** à **DELVAUX**, dans la Commune de Ngaliema.

## **II. MÉTHODOLOGIE**

Pour atteindre les objectifs scientifiques fixés dans cette démarche, la méthodologie comprend les grandes lignes suivantes :

- *Procéder à la pré - reconnaissance du site de l'érosion, en exploitant des documents existants renseignant sur ladite érosion ;*
- *Procéder à la reconnaissance du site ;*
- *Implanter et construire les GCPs;*
- *Mesurer les GCPs à l'aide de GPS différentiel ;*
- *Préparer sur base de KML et autre la mission drone ;*
- *Procéder à la prise des photos, en respectant la hauteur de vol et les recouvrements de photos ainsi que d'autres paramètres techniques.*
- *Construire sur base des données de terrain l'orthophoto et le MNE.*

## **III. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

### **3.1. Implantation, Construction et détermination des Coordonnées de GCPs (Grounds controls points)**

En exploitant les résultats de la reconnaissance du site, sur base des données prélevées à l'aide de GPS garmin qui nous ont permis de créer un fichier KML. En considérant ce dernier, il a été question de positionner au bureau les points de contrôle grâce à l'application Google Earth. Après avoir étudié minutieusement l'emplacement des GCPs sur Google Earth, il était alors important de prélever sur environnement Google Earth les différentes coordonnées de GCPs, qu'on doit devoir chercher sur terrain pour les implanter et les construire suivant des normes techniques.

Ci – dessous les coordonnées prélevées sur Google Earth :

N°	X	Y	OBS
1	529314.52	9516122.12	GCP1
2	530142.63	9516258.16	GCP2
3	529731.55	9516619.82	GCP3
4	531533.56	9517130.89	GCP4
5	531267.00	9516766.00	GCP5
6	530637.83	9516718.66	GCP6

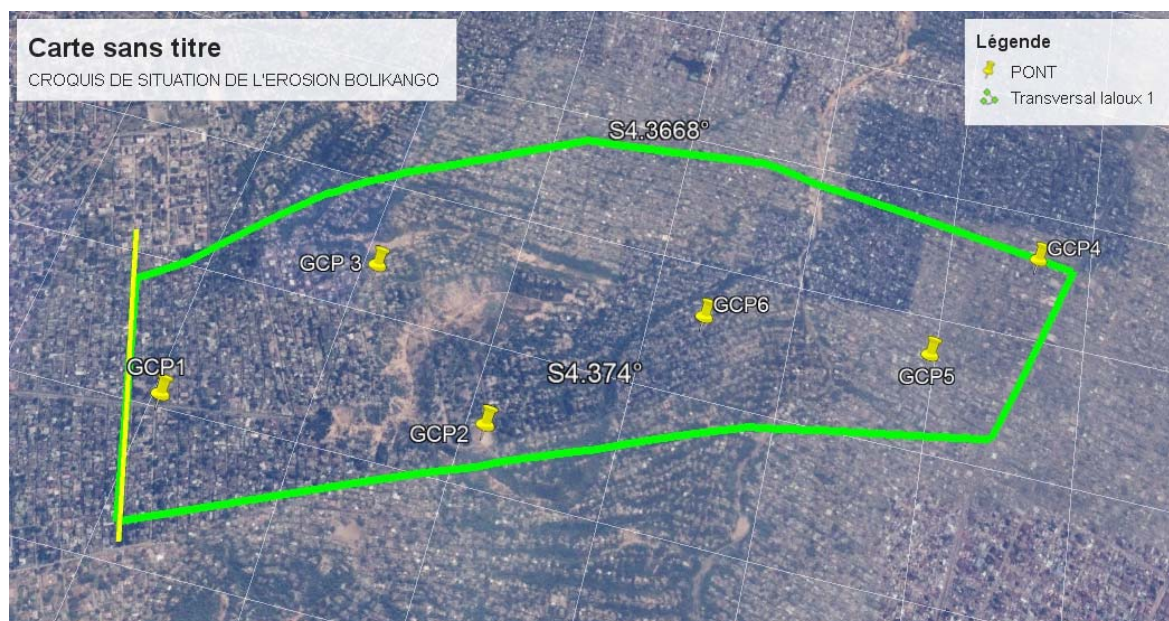


Figure .1 : ÉROSION BOLIKANGO

Source : Google Earth, 2023

En considérant les coordonnées Google Earth, il a fallu procéder à l'implantation sur terrain de ces points (GCPs) tout en tenant compte des contraintes et atouts du terrain. Nous sommes arrivés à implanter et à construire les GCPs, mais il est à noter que le GCP numéro 6 n'était pas implanté car il s'est posé un problème d'accessibilité. D'où au total nous avons eu à implanter et construire 5 GCPs.



Figure .2 : Illustration des GCPs

**Tous les GCPs étaient construits en béton et peints de la manière ci – haut.**

Une fois les GCPs étaient implantés et construits, il était alors très nécessaire de procéder à la détermination des coordonnées définitives de ces points sur base de GPS différentiel, tout en tenant compte de la précision recherchée, c'est ainsi



que l'éclairage sera établi pour choisir si les points seront déterminés soit en Statique ou Cinématique (RTK). En ce qui nous concerne, compte tenu des éléments probants influençant notre démarche entre autre l'aspect financier et la précision ainsi que la résolution recherchées, nous avons déterminé les coordonnées définitives en RTK en utilisant le GPS différentiel Stonex 950 A.

Ci – dessous les coordonnées définitives déterminées sur base de GPS différentiel Stonex 950 A :

Nom	Est	Nord	Hauteur	Code
c2	529529.338	9516177.954	417.325	base
GCP1	529309.283	9516128.008	419.830	ST
GCP2	529845.902	9516154.538	404.858	ST
GCP3	529546.646	9516461.789	404.057	ST
GCP4	529798.212	9516556.297	386.260	ST
GCP5	531285.893	9516813.269	311.579	ST

En comparant les coordonnées prélevées sur Google Earth et celles mesurées par GPS différentiel, l'écart est vraiment très prononcé, d'où l'importance de procéder aux mesurages précis des GCPs car ces coordonnées influencent les étapes de traitement au bureau surtout quand il s'agit de déterminer le MNE du site en étude. La précision du **MNE** ainsi que celle de l'**ortho mosaïque** sont tributaires de la précision des coordonnées de **GCPs**.

### 3.2. Préparation de la mission

Les données photogrammetriques étaient prises sur base de drone **Phantom 4 RTK** mais avant tout, il était question de préparer le plan de vol automatique sur base du fichier KML. La préparation peut se faire directement avec la RC du drone ou en utilisant les logiciels appropriés entre autres DJIFLIGHTPLANNER, DRONE DEPLOY ou autres. En ce qui nous concerne, nous avons utilisé dronedeploy.

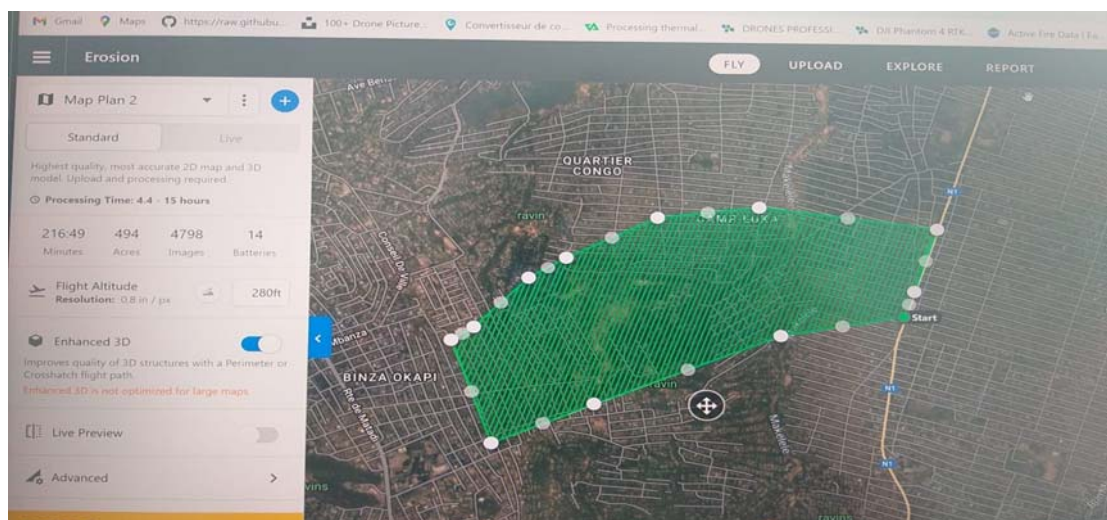


Figure .3 : plan de vol

Cette étape nous a permis de paramétrer le vol, en précisant la hauteur de vol et les recouvrements des photos (les taux de recouvrement des photos en longitudinal et transversal sont respectivement de 60% et 25 %). Il est à signaler que la zone à photographier avait pour superficie **200 hectares**. Compte tenu de la hauteur de vol qui était paramétrée à 80 m, finalement pour couvrir toute la zone, il a fallu 14 batteries donc la mission était de 14 x **25 minutes** (durée probable d'une batterie, normalement une batterie a 30 minutes d'autonomie), soit une mission de **350 minutes**, près de 6 heures de terrain.



Figure .4 : illustration d'une photo prise avec le drone Phantom 4 RTK

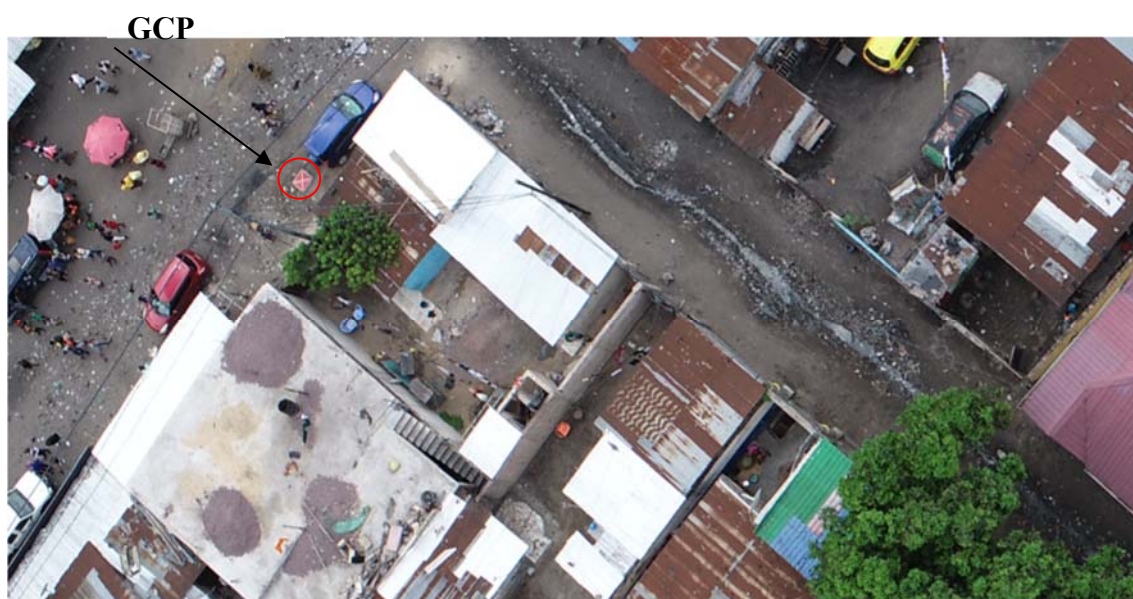


Figure .5 : Illustration de GCP sur une photo

L'érosion **BOLIKANGO** prend vraiment de l'ampleur et est à la base de déplacement de la population car les parcelles s'écroulent du jour au jour surtout après les événements pluvieux, voici à quoi ressemble cette érosion en 2023 :





Figure .5 : Illustration de l'érosion BOLIKANGO

Le traitement reste basique avec le logiciel, il suffit seulement de suivre les étapes et paramétrer chacune d'elle en fonction de la qualité de résultat voulu. Il est à noter que le traitement peut se faire par lot ou par étape. Et cela demande des ordinateurs très performants car le traitement peut prendre beaucoup de jours.

Pour notre cas, nous avons eu à traiter plus de 3000 photos et cela nous a coûté plus de 5 jours au bureau pour avoir les résultats finaux (Orthophoto, MNE...). Mais contrairement pour le temps au terrain il a fallu juste 5 heures pour tout finir avec les prises de vue, c'est-à-dire un jour et à cela il faut ajouter une journée de reconnaissance, deux journées de l'implantation et construction des GCPs et une journée pour les observations de GCPs à l'aide de GPS différentiel. D'où au total pour le terrain, il a fallu 5 journées. Tout traitement commence par un traitement initial qui n'est rien d'autre que l'alignement des photos et aérotriangulation et nuage des points.

Les grandes lignes pour le traitement se résument de la manière suivante :

- Ouvrir le logiciel et ajouter les photos
- Aligner les photos
- Construire un nuage dense
- Construire un maillage
- Construire une texture
- Construire un modèle tuilé
- Construire un MNE
- Construire une orthomosaïque

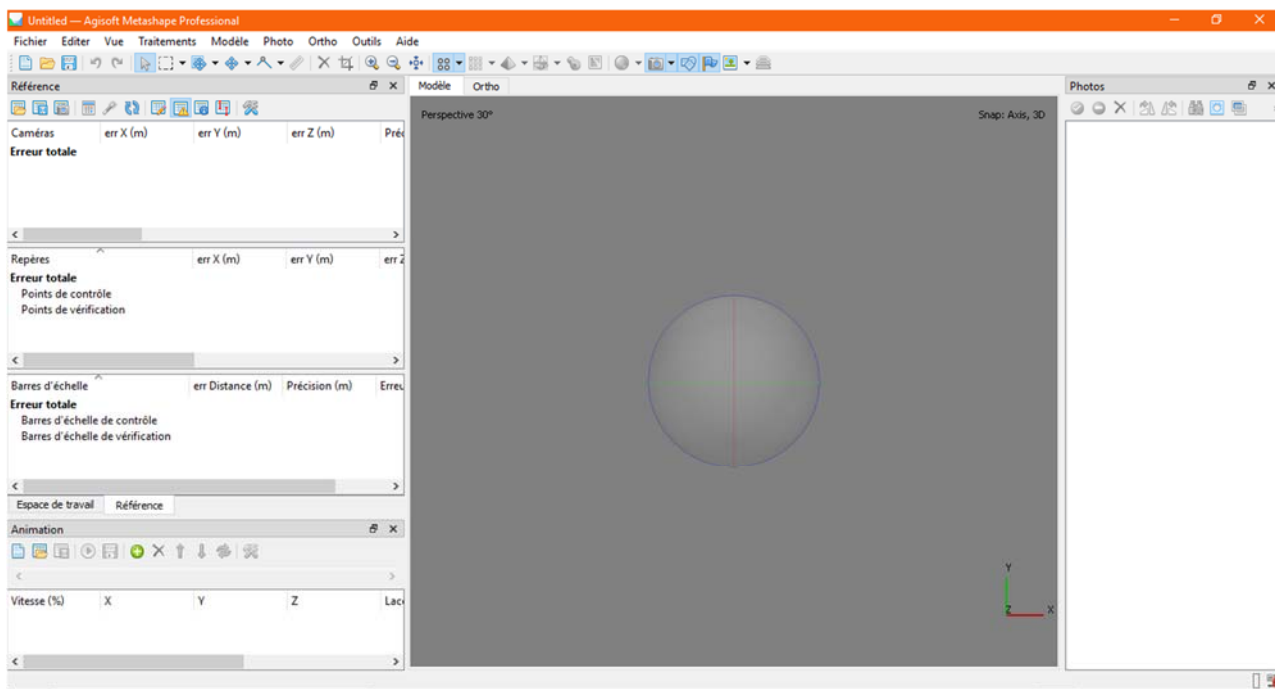


Figure .6 : Interface Agisoft metashape



Après le traitement initial, il était question de paramétrer les systèmes de projection pour créer une corrélation entre les systèmes de coordonnées de GCPs et du logiciel, une étape très importante qui facilite l'insertion des GCPs dans l'interface du logiciel.

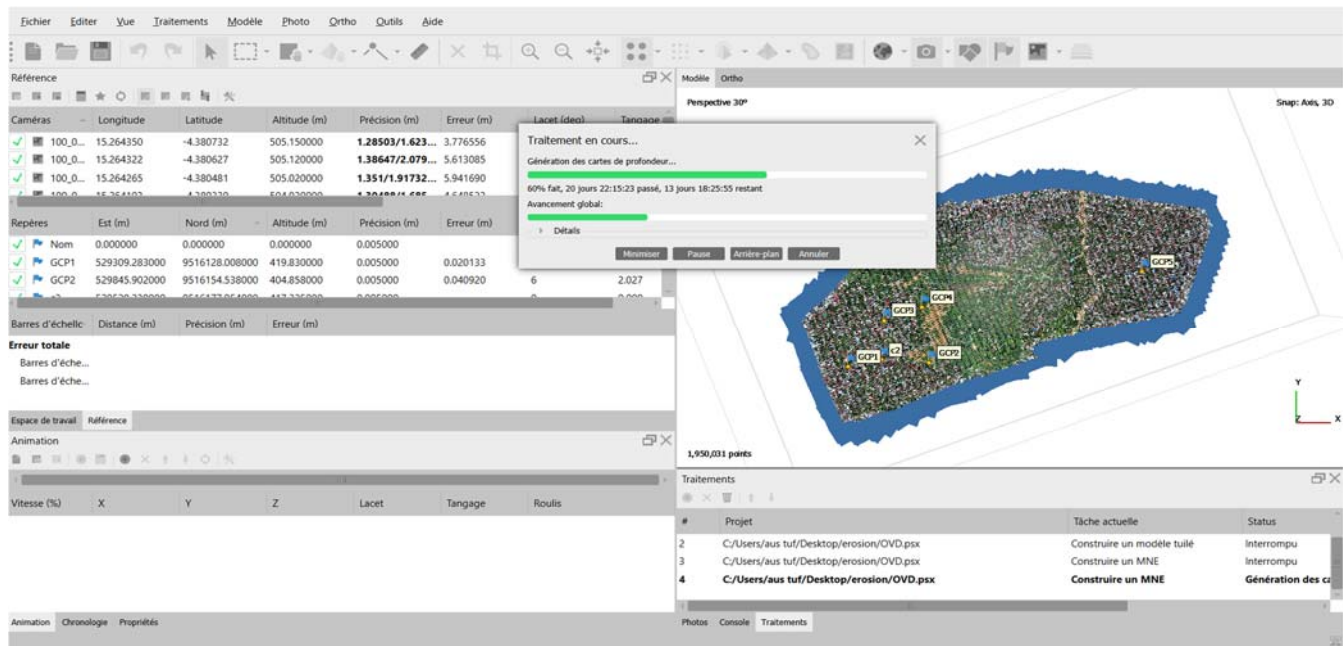


Figure .6 : processus de traitement, après calage des GCPs

Après traitement jusqu'à la construction d'une ortho mosaïque et d'un MNE, les deux fichiers étaient ramenés sur Arcgis pour continuer avec les analyses jusqu'à produire les courbes de niveau.

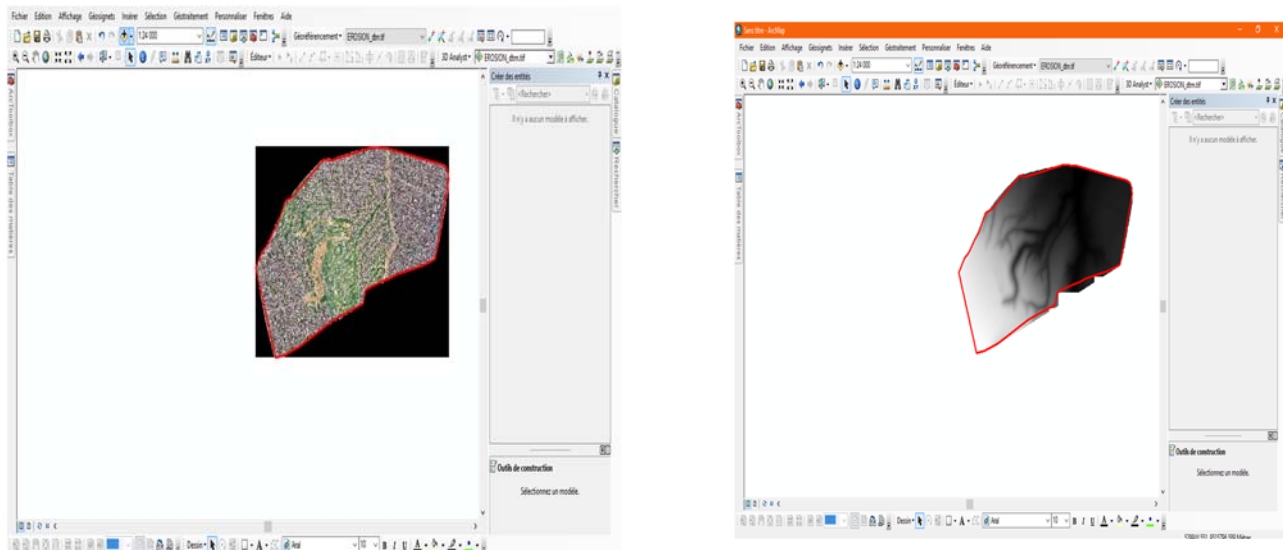


Figure .7 : Importation d'orthophoto et du MNE dans Arcgis



Sur base du MNE corrigé grâce aux altitudes des GCPs calculées par GNSS, nous avons pu produire les courbes de niveau, tout en signalant que les altitudes étaient converties pour trouver les altitudes ortho métriques à l'aide du fichier EGM 2008 afin d'avoir un modèle réaliste de la configuration du terrain avec une précision centimétrique.

Par ailleurs, il sied de préciser que le modèle numérique d'élévation ou de surface est sensiblement différent du modèle numérique de terrain, tout dépend aussi de la composition de terrain ainsi que de sa morphologie ou topographie.

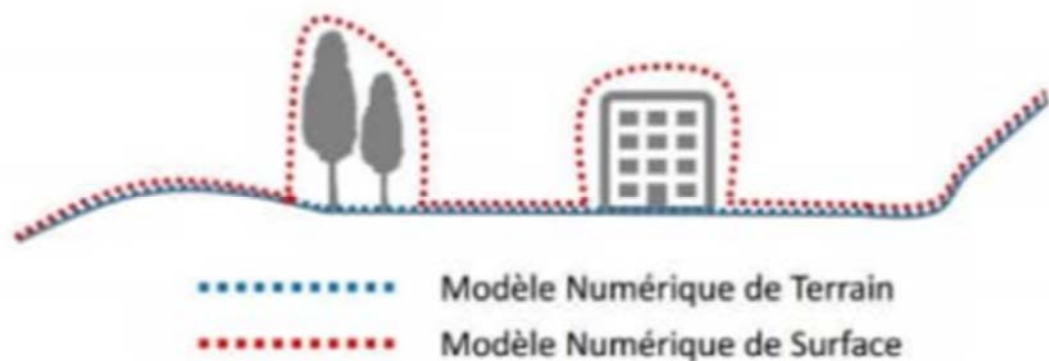


Figure .8 : illustration sur la différence pouvant exister entre le MNE OU MNS et MNT

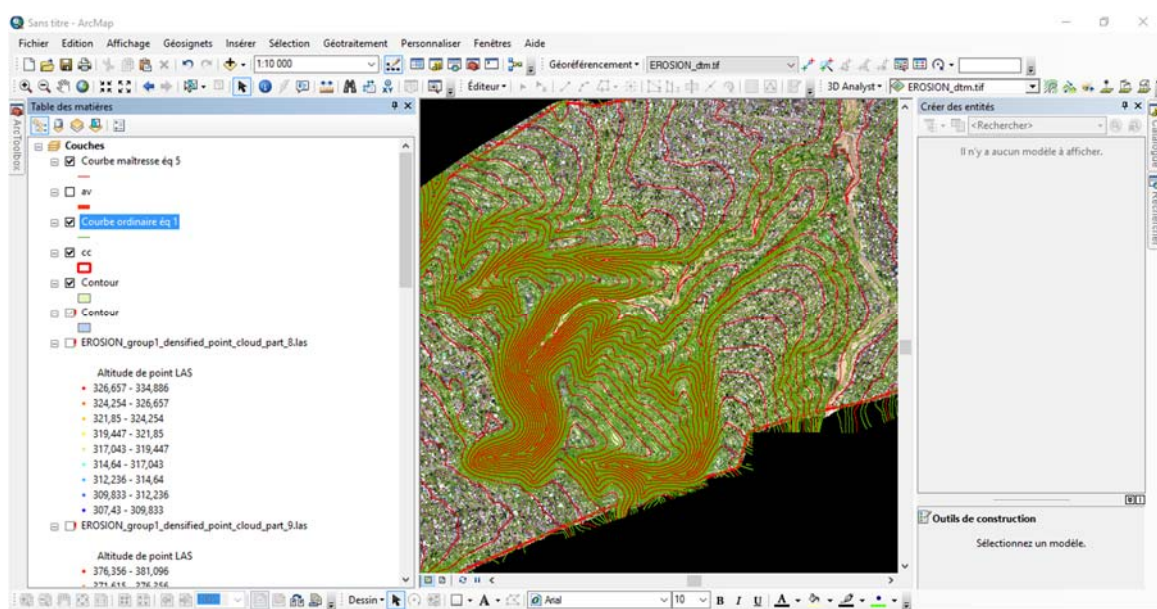


Figure .9 : Production des courbes de niveau

En exploitant les courbes de niveau, nous avons constaté que l'érosion a des profondeurs variées selon les sections mais toutefois la moyenne est estimée à 70 m et il est à signaler que le résultat du bureau est conforme à la réalité, car l'on a eu à entreprendre quelques mesures isolées relatives aux profondeurs de quelques sections, afin de les comparer avec les résultats du bureau.

Déjà avec les courbes produites, l'on sait remarquer l'érosion, là où les courbes sont vraiment rapprochées.

#### IV. CONCLUSION

Cette étude se veut un guide technique et scientifique pouvant permettre à tout le monde, surtout aux scientifiques d'avoir une idée précise sur l'exploitation de la photographie aérienne dans le but de produire les données techniques de base afin de

projeter de la meilleure manière les études relatives à la lutte antiérosive. L'article traite de la modélisation de l'érosion BOLIKANGO, quartier DELVAUX, commune de NGALIEMA à partir des photographies aériennes par drone. En effet, la commune de Ngaliema est parmi des communes de la ville de Kinshasa les plus menacées par des têtes d'érosion, raison pour laquelle nous avons eu à penser sur un aspect très capital de la problématique, qui se résume sur l'acquisition des données de base, car la maîtrise de ce phénomène érosif est aussi fonction de la qualité des données recueillies sur terrain.

L'étude dont nous avons eu honneur de présenter s'étend sur une zone de 200 hectares, et pour cela, compte tenu des objectifs fixés, il était question de matérialiser en premier lieu les GCPs et de déterminer les coordonnées définitives de ces derniers par GNSS et ensuite préparer la mission drone.

Nous avons eu à déterminer les coordonnées de tous les GCPs en RTK et avons profité de mesurer d'autres détails repartis au voisinage direct de l'érosion et aussi dans le sillon de l'érosion pour afin vérifier le résultat photogrammétrique produit au bureau. C'est ainsi que nous avons constaté une conformité entre les mesures prélevées sur terrain et les résultats de bureau, qui renseignent les mêmes valeurs, ce qui nous a permis de calculer par moyenne arithmétique des sections la profondeur de l'érosion **BOLIKANGO**.

Les photos ont été prises en une journée de terrain, soit une estimation horaire de 6 heures du temps de travail. Pour tout couvrir avec le drone Phantom 4 RTK, le vol était programmé à 80 m de hauteur et avons eu dans l'ensemble 3487 photos avec pour taux de recouvrement des photos en longitudinal et transversal respectivement de 60% et 25 %.

L'érosion **BOLIKANGO**, aujourd'hui a une profondeur moyenne de 70 m sur une longueur totale de 1890 m et est étendue sur une largeur moyenne de 115 m. LE traitement photogrammétrique était fait avec le logiciel Agisoft metashape et la suite des analyses avec l'arcgis 10. 8.

Ainsi nous demandons à l'autorité de pouvoir initier un projet de manière urgente pour venir en aide à la population, qui subit des atrocités produites par des érosions.

#### **RÉFÉRENCES**

- [1] CT Musungayi, Cours de photogrammétrique, GT4, INBTP/ NGALIEMA, 2014.
- [2] CT Vangu, Cours de cartographie générale, GT4, INBTP/NGALIEMA, 2014
- [3] Photogrammétrique numérique et perception 3 D : les nouvelles conquêtes, mars 2016
- [4] F. Gervais, Photogrammétrique et Imagerie géomatique : Element de photogrammétrique Cours de Photo – interprétation, février 2010
- [5] RANDRIANANTENAINA ANJA HARISON OLIVELI, Mémoire de fin d'études présenté et soutenu en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Géomètre – Topographe, Université d'Antananarivo, 2020.
- [6] Description des drones ou UVA <http://www.techno – science. net>
- [7] <http://www.wikipedia.net>