



# CARACTERISATION PHYSIQUE DU BASSIN DU KOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
**MASTER EN INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES**  
OPTION : EAUX SOUTERRAINES

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 15 Octobre 2014 par

**Mahadi BREME**

**Travaux dirigés par : Ing. Nestor Fiacre COMPAORE**

Assistant Technique du Projet PADI-BF101

**Dr. Mahamadou KOÏTA** Enseignant-chercheur à la Fondation 2iE

Jury d'évaluation :

Président : **Angelbert BIAOU**

Membres et correcteurs :

**Mahamadou KOITA**

**Nestor COMPAORE**

**Justine TIROGO**

**Fowe TAZEN**

**Promotion [2013/2014]**

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il m'est très agréable de remercier tous ceux qui m'ont apporté une aide précieuse à l'élaboration de ce document. Je voudrais tout d'abord adresser mes vifs remerciements au projet PADI-BF 101 pour la réalisation de cette étude.

A Monsieur Nestor Fiacre COMPAORE, Ingénieur du Génie rural et Assistant Technique du projet PADI-BF 101 qui m'a accueilli comme stagiaire puis m'a guidé comme maître de stage.

J'ai bénéficié constamment de son soutien à tous les niveaux. Il s'est toujours montré disponible et a mis à ma disposition les moyens logistiques et financiers, il a une simplicité incroyable d'un encadreur, il a toujours prêté une oreille attentive à mes préoccupations.

Les simples mots écrits ici ne suffisent pas pour vous remercier Monsieur, sincèrement au fond de moi je vous remercie et serai reconnaissant à jamais. Qu'Allah vous élève davantage et vous garde encore longtemps sur cette terre.

Au Docteur Mahamadou KOÏTA, notre tuteur pédagogique qui ma a guidé tout au long de ma formation et du mon stage.

C'est un immense plaisir aussi pour moi de remercier chaleureusement le personnel du projet qui durant mon stage m'ont soutenu et guidé principalement. A Monsieur Ahmed KAM, gestionnaire de la Base des Données au sein du projet (Midekor Akoly, Elie Serge Gaetan SAURET, Aboubacar Sidiki DJIRE ; Alfred BADO).

Aux Co-stagiaires (Noël BETAN, Yacouba FOFANA et SANOU Simone) avec qui j'ai passé un bon moment de partage de savoir inoubliable durant ce stage,

A tous les étudiants de M2-IRH de la promotion

Je tiens à remercier ma famille et mes amis pour le soutien inconditionnel qui m'ont apporté durant toute cette formation pédagogique.

## Table des matières

REMERCIEMENTS .....	2
LISTE DES FIGURES.....	5
LISTE DES TABLEAUX.....	6
RESUME.....	7
ABSTRACT .....	8
ABREVIATIONS ET SIGLES .....	9
I- INTRODUCTION GENERALE .....	10
I.1 Contexte du projet .....	10
I.2 Problématique de l'étude.....	10
I.3 Objectif.....	12
II- GENERALITES DE LA ZONE D'ETUDE .....	13
II.1 Situation géographique du bassin.....	13
II.2 Climat .....	14
II.3 Végétation.....	14
II.4 Relief .....	15
II.5 Sols .....	15
II.6 Géologie.....	16
II.7 Hydrographie .....	17
III- MATERIEL ET METHODES .....	19
III.1 Matériel.....	19
III.2 Méthodologie.....	21
III.2.1 Télédétection .....	21
III.2.1.1 Repérage de la zone d'étude sur les images disponible.....	22
III.2.1.2 Le mosaïquage de scènes DEM 30 .....	22
III.2.1.3 Le masque .....	23
III.2.1.4 Traitement des images satellitaires .....	23

III.2.2	Maillage.....	24
III.2.3	Site d'échantillonnage .....	25
III.2.4	Levé topographique.....	26
III.2.4.1	Mode opératoire du DGPS.....	26
III.2.4.2	Données collectées.....	27
III.2.5	Interpolation .....	28
III.2.6	Extraction du réseau hydrographique et délimitation de bassin versant.....	29
IV-	RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	31
IV.1	Corrélation .....	31
IV.2	Modèle numérique de terrain.....	32
IV.3	Digitalisation du réseau hydrographique du bassin.....	34
IV.3.1	Hillshade.....	34
IV.3.2	La pente .....	35
IV.3.3	Le réseau de drainage du bassin du Kou.....	36
IV.4	Comparaison du MNT existant avec le MNT élaboré.....	39
IV.4.1	Comparaison entre le réseau hydrographique numérisé et réseau de la IGB... 46	
V-	CONCLUSION ET PERSPECTIVE .....	47
VI-	ANNEXES .....	50

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude .....	13
Figure 2: Evolution de la topographie du bassin du Kou du Sud au Nord.....	15
Figure 3: Formations géologiques du bassin versant de kou .....	17
Figure 4: Réseau hydrographique du bassin versant.....	18
Figure 5: Composantes du DGP.....	20
Figure 6: Mosaïque du bassin versant kou .....	23
Figure 7: Maillage de la zone d'étude.....	25
Figure 8: Choix de site d'échantillonnage.....	26
Figure 9: Principe de fonctionnement du DGPS.....	27
Figure 10: Interpolation IDW.....	29
Figure 11: Méthode de création le réseau hydrographique et délimitation de bassin versant .	30
Figure 12: Corrélation Z terrain –Z Image.....	31
Figure 13: Modèle numérique de terrain en nuance de gris.....	33
Figure 14: Modèle numérique de terrain en fausses couleurs.....	34
Figure 15: Hillshade .....	35
Figure 16: Carte de pente .....	36
Figure 17: La carte du réseau hydrographique issu du MNT.....	37
Figure 19: Superposition de MNT avec le réseau hydrographique en 3D.....	38
Figure 20: MNTz en fonction de MNT1 .....	40
Figure 21: MNT Sud-ouest en fonction de MNT1.....	41
Figure 22: Histogramme MNT1.....	42
Figure 23: Histogramme MNT Sud-Ouest.....	42
Figure 24: Histogramme MNT Z.....	43
Figure 25: Ecart d'altitudes MNT1 –MNT Sud-Ouest .....	45
Figure 26: Ecart d'altitudes MNT1 –MNT Z.....	45
Figure 27: Confrontation des réseaux hydrographique .....	46

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Caractéristiques image Aster.....	22
Tableau 2: Coordonnées des piézomètres et borne géodésique servant la référence.....	28
Tableau 3:Caractéristique paramétriques du bassin .....	35
Tableau 4: Variantes Statistique de différents MNT.....	43

# RESUME

La présente étude vise à élaborer un modèle numérique de terrain pour le bassin versant du Kou et à reconstituer la morphologie du réseau hydrographique de ce bassin.

Les images que nous avons utilisées sont des images ASTER 2011 avec une résolution de 30m Le levé topographique s'est réalisé par échantillonnage sur différents sites du bassin par un levé au GPS Différentiel (DGPS).

Le résultat du modèle numérique du terrain donne une idée sur les différentes altitudes sur l'ensemble du bassin versant de l'amont à l'aval (Peni636.23 m à Toukoro 266.69m).

Un réseau hydrographique de type dendritique est extrait de ce modèle numérique et le contour du bassin est délimité.

Concernant la validation des résultats, le réseau extrait à partir du Modèle Numérique du Terrain(MNT) ne se superpose pas avec exactitude à celui du réseau hydrographique de l'IGB.

Les écarts sont métriques entre les ruisseaux, le réseau du Modèle Numérique du Terrain élaboré est surestimé par rapport au réseau de l'IGB.L'apport du Modèle Numérique du Terrain dans le domaine hydrologique semble avantageux vu les résultats obtenus dans cette étude.

En ce qui concerne la comparaison entre les différents modèles numériques du terrain les études statistiques montrent que le Modèle Numérique du Terrain élaboré est plus précis que le Modèle Numérique du Terrain Sud-ouest qui manque beaucoup de précision et le Modèle Numérique du Terrain de l'IGB.

## Mots clés:

---

1- Elévation

2-Image ASTER

3-Bassin de Kou

4-Réseau Hydrographique

5-MNT

# ABSTRACT

This study aims to develop a digital terrain model for Kou watershed and reconstruct the morphology of the Kou network River.

The images we used are 2011 ASTER image with a resolution of 30 m. The topographic survey was conducted by sampling at different sites of the basin by a Differential GPS surveying (DGPS).

The result of the digital Elevation model gives an idea of the different elevations throughout the watershed upstream to downstream (Peni 636, 23m Toukoro 266, 69 m).

From this result it is inferred a dendritic drainage system type and then a delineation of watershed that represents 1823 km<sup>2</sup> in area.

On the validation results, the network extracted from the Digital Terrain Model (DEM) does not overlap exactly with that of the river system of the IGB.

The differences between the streams are metric; the network of Digital Terrain Model developed is overestimated compared to the IGB network.

The contribution of the Digital Terrain Model in the water area seems beneficial results seen in this study.

Regarding the comparison between the different digital terrain models statistical studies show that the Digital Terrain Model developed is more accurate than the Digital Terrain Model Southwest and the Digital Terrain Model of the IGB

## Key words:

---

1-Elevation

2-ASTER image

3-Basin of kou

4-Hydrographical network

5-MNT

# ABBREVIATIONS ET SIGLES

<b>2iE</b>	: Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement
<b>3D</b>	: Vue en trois dimensions
<b>ASTGTM2</b>	: ASTER Global Digital Elevation Model
<b>APEFE</b>	: Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger
<b>ASTER</b>	: Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer
<b>BD</b>	: Base de Données
<b>BNDT</b>	: Base Nationale de Données Topographiques
<b>DEM</b>	: Digital Elevation Model
<b>DGPS</b>	: Differential Global Positioning System
<b>GPS</b>	: Global Positioning System
<b>IDW</b>	: Inverse Distance Weight
<b>IGB</b>	: Institut Géographique du Burkina Faso
<b>MNT</b>	: Modèle Numérique de Terrain
<b>PADI- BF 101</b>	: Projet d'Appui à la Gestion Durable des Eaux Souterraines pour l'Agriculture Irriguée
<b>SIG</b>	: Système d'Information Géographique
<b>UTM</b>	: Universal Transverse Mercator
<b>VREO</b>	: Programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest du Burkina Faso
<b>WGS</b>	: World Geodetic System
<b>WBI</b>	: Wallonie-Bruxelles International

# **I- INTRODUCTION GENERALE**

## **I.1 Contexte du projet**

Le projet "Appui à la gestion durable des eaux souterraines pour l'agriculture irriguée " est un projet de la coopération belge qui intervient dans les régions des Hauts-Bassins, des Cascades et du Plateau Central. La région dispose d'un contexte hydrogéologique et de la formation géologique favorable à l'accumulation d'importantes ressources en eau, dû à la présence de vastes bas-fonds agricoles aménagés (3260 ha dans la vallée du Kou), (INSD. 2009).

L'objectif de ce projet est de délivrer aux gestionnaires des ressources en eaux souterraines, les outils et les connaissances scientifiques nécessaires à une exploitation durable de ces ressources.

La nappe alluviale regorge une réserve importante pourrait, en fonction de ses potentialités, constituer une ressource alternative et complémentaire aux eaux de surface pour la satisfaction des besoins en eau pour l'irrigation. Le bassin du Kou est un sous bassin du Mouhoun Supérieur, avec une superficie de 1823 Km<sup>2</sup>. La population résidente est estimée actuellement à 644 000 habitants (Lorenzini, 2007). Elle est essentiellement regroupée dans l'agglomération urbaine de Bobo-Dioulasso, seconde ville du Burkina Faso.

## **I.2 Problématique de l'étude**

Le bassin du Kou est situé dans le bassin sédimentaire de la bordure sud-ouest de Taoudéni. Les grès de ce bassin abritent d'importants aquifères qui contribuent à l'alimentation en eau potable de la ville de Bobo-Dioulasso et des autres localités de la région.

Ces aquifères contribuent également à l'alimentation en eau de nombreuses activités jouant un rôle économique essentiel pour la région: cultures irriguées, production d'eau minérale.

A l'heure actuelle, l'extension et le fonctionnement de ces aquifères est encore mal connue. Par ailleurs, l'étude des pollutions anthropiques a été en grande partie non étudiée.

Depuis quelques décennies les pressions exercées sur ces aquifères deviennent de plus en plus intenses: augmentation des prélèvements d'eau, rejets accrus de polluants dans l'environnement etc. Ces pressions se traduisent par une dégradation de l'état quantitatif et qualitatif de celles-ci. Pour que les gestionnaires de la ressource puissent accompagner ce développement et le réglementer, il convient de disposer des moyens techniques nécessaires à

la gestion de ces ressources afin que chaque usager dispose de l'eau en quantité suffisante et en qualité.

La rivière Kou, principal cours d'eau pérenne du bassin est intensivement exploitée pour l'agriculture irriguée. Du fait de cette pression croissante, sa source a vu ses débits en étiage diminué de 2,3 m<sup>3</sup>/s, en 1960 à 1,93 m<sup>3</sup>/s en 1986 ; 1,74 m<sup>3</sup>/s en 1992 et 1,6 m<sup>3</sup>/s en 2008 (Lorenzini G., 2008; Sogreah Ingénierie, 1993; Traoré et Gombert, 1997).

L'abondance de ces ressources en eau a mené au développement de nombreuses activités qui sont directement ou indirectement dépendantes de Lien avec la chute des débits

Les différents usagers et les ressources en eau exploitées dans le bassin du Kou de l'amont vers l'aval peuvent se résumer en cinq(05) groupes:

- 1- les industries: elles exploitent directement les aquifères du bassin sédimentaire par les forages;
- 2- l'ONEA : exploite les aquifères sédimentaires à travers les sources de Nasso et les forages à gros débit ;
- 3- l'hydraulique villageoise les aquifères du bassin sédimentaire par des forages ;
- 4- les maraîchers en bordure du Kou et du canal d'amenée : exploitent la rivière et l'aquifère alluvial ;
- 5- le périmètre de Bama exploite les eaux restant du Kou qui lui est approvisionnée grâce à un canal long de près de 11km.

### **I.3 Objectif**

Une partie importante des activités du projet est consacrée à l'étude de l'aquifère alluvial qui pourrait être utilisée comme ressource en eau alternative pour certains usagers du bassin.

Une des informations essentielles à cette étude est de disposer d'une bonne description de la topographie de la zone d'étude. En effet, cette information est utile pour reconstituer la morphologie de la surface de l'aquifère, les directions et les sens d'écoulements des eaux.

L'objectif de ce travail est d'élaborer un modèle numérique de terrain du bassin du Kou(MNT).Une fois ce MNT élaboré, celui-ci sera exploité pour reconstituer le réseau de drainage dans le bassin du Kou qui pour l'instant n'est connu qu'avec une faible précision.

## II- GENERALITES DE LA ZONE D'ETUDE

### II.1 Situation géographique du bassin

Le bassin du Kou est situé dans le sud-ouest du Burkina Faso. Il appartient à la région de Haut-bassin et de la province de Houet. Il englobe la ville de Bobo-Dioulasso, deuxième ville du pays. Le bassin du Kou est un sous bassin en rive droite du bassin transnational du Mouhoun Supérieur, anciennement appelé bassin de la Volta Noire et qui s'étend du Burkina Faso jusqu'au Ghana. Le bassin du Kou renferme une rivière pérenne: le Kou, à laquelle s'associent quelques affluents temporaires et d'importantes sources dont celles de Nasso et de Pesso.

Ce bassin se trouve entre les longitudes 4°00 O à 4°30 O et les latitudes 11°00 N 11°30 N couvre une superficie de 1823km<sup>2</sup> (figure1).

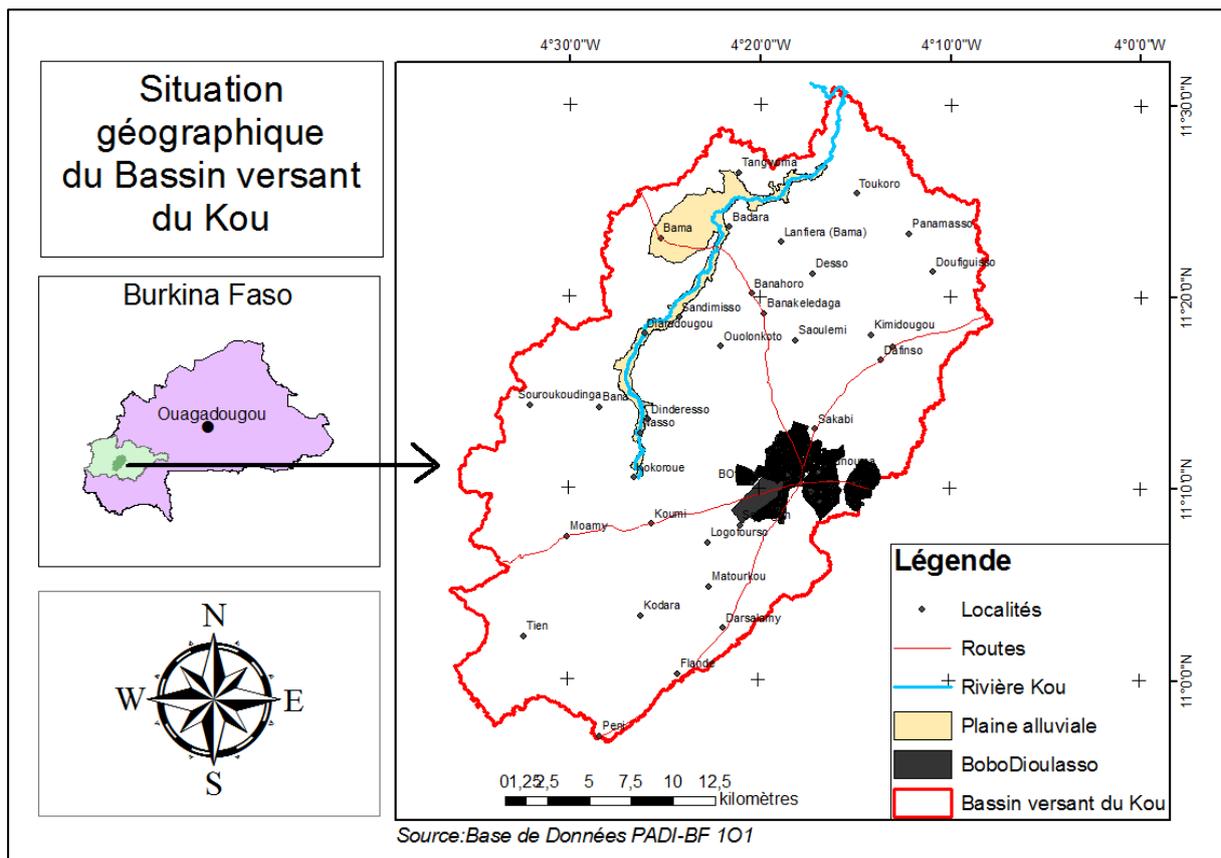


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

## II.2 Climat

Le bassin du Kou est situé dans la zone soudanienne du pays et le climat est caractérisé par deux types de saisons :

Une saison sèche qui s'étale d'octobre à avril, caractérisée par des vents secs originaires des hautes pressions sahariennes qui soufflent du nord-est au sud-ouest ;

Une saison des pluies qui s'étale de mai à septembre, caractérisée par des vents humides provenant des hautes pressions océaniques de l'hémisphère sud. Les mois de juillet à août concentrent le maximum des pluies. Les températures moyennes mensuelles varient entre 13°C(mois froid) et 37°C(mois chaud).

La pluviosité moyenne annuelle varie entre 900 mm et 1200 mm tandis que l'évaporation potentielle moyenne annuelle est de l'ordre de 2000 mm (Traoré et al. 2007). La pluviométrie est caractérisée par une variabilité spatiale (Brocarl, 2001 ; wellens et al. 2003). On y rencontre des cours d'eau qui coulent toute l'année ainsi que des mares, des lacs et des sources (mare aux hippopotames, Guinguette, Pesso,).

## II.3 Végétation

La végétation de la zone d'étude est caractérisée par le grand développement d'un tapis graminéen continu à prédominance de savane et de forêts claires. Les espèces ligneuses présentent une densité de peuplement. On rencontre des îlots de forêts (forêts classées des sources du Kou, Dinderesso) et quelques surfaces reboisées par les services forestiers. Ces forêts d'une superficie de 10400ha constituent un milieu humide qui joue un rôle protecteur pour les eaux souterraines.

La strate arborée est constituée de *ButyrespernumParkii*, *ParkiaBiglobosa*, *Bombax Costatum*, et d'*ElacisGuinensis*. À côté de ces espèces naturelles, les services de l'environnement ont introduit des espèces exotiques comme le teck, l'eucalyptus, le gmélinas, le neem etc. les zones inondables du bassin sont très peu fournies en arbres.

Par ailleurs, on rencontre des forêts galeries éparses dans le périmètre Nasso-Guinguette constituées de plus de 250 essences dont une grande partie joue un rôle important dans la pharmacopée locale. Certaines essences particulièrement recherchées, comme *Rauwolfia vomitoria* et *Moghania faginea* dont les extraits servent notamment dans le traitement de l'hypertension sont menacées de surexploitation (UICN, 1994).

## II.4 Relief

En amont du bassin du Kou, la falaise de Banfora se trouve à environ 500 m d'altitude, la topographie s'abaisse progressivement jusqu'à 300 m vers le Nord et le Nord-Est (figure2). Le relief est vallonné avec des pentes faibles. Il concentre dans les zones de dépressions et les bas-fonds, les sources de la Guinguette et quelques émergences diffuses. Les bas-fonds de maraîchage Bama/Badara au nord du bassin constituent les zones de faible topographie. L'altitude moyenne est d'environ 407 m (Sauret, 2007).

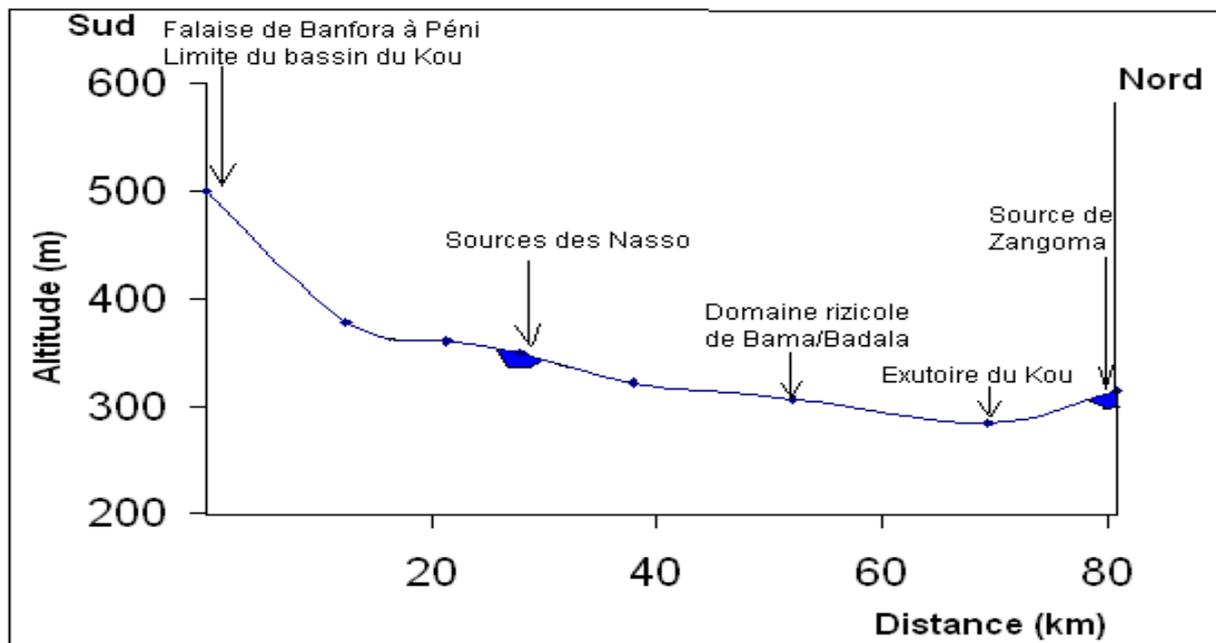


Figure 2: Evolution de la topographie du bassin du Kou du Sud au Nord

## II.5 Sols

Les études morpho-pédologiques, commanditées par le Projet GE/Eau, (Barro, 2004), montrent qu'en fonction de la texture, six (6) grands groupes de sols peuvent être considérés, dans le bassin versant du Kou. Les sols argileux contenant pondéralement au moins 35% d'argile. Ils représentent 6,28% des sols du bassin versant.

Les sols argilo-sableux, caractérisés par 35% ou plus d'argile, et 20 à 45% de sable. Ces sols représentent 9,92% des sols du bassin versant.

Les sols limoneux, ayant un taux de limon supérieur à 80%, et un taux d'argile inférieur à 12%. Ces sols occupent 25,67% du bassin.

Les sols sablo-limoneux qui contiennent, soit 20% ou moins d'argile, avec un pourcentage de limon de plus de deux fois celui de l'argile, supérieur à 30%, et 52% ou plus de sable ; soit moins de 7% d'argile ; moins de 50% de limons, et entre 43% et 52% de sable.

Les sols limono ou limoneux argileux, contenant de 27 à 40% d'argile, et moins de 20% de sable. Ils représentent 36,85% des sols du bassin.

Les sols limono-sableux, qui contiennent 25% ou plus de sable très grossier, grossier et moyen, et moins de 50% de sable fin ou très fin.

Ces différents sols ont un faible niveau de fertilité, et une réserve en eau limitée, qui varie avec leur situation topographique. Ils subissent de façon très accrue le lessivage du ruissellement, et de l'érosion hydrique. La plupart de ces sols sont de couleur plutôt claire, car pauvres en matière organique.

## **II.6 Géologie**

Les formations superficielles sont représentées par les latérites, les alluvions argileuses ou sablo-argileuses et les formations de recouvrement. Les formations de recouvrement sont des formations de décomposition du substratum gréseux. Elles sont constituées de sables plus ou moins argileux, à argiles plus ou moins sableuses avec une épaisseur atteignant près de 40m par endroit.

La nature géologique du bassin versant de Kou et de formations sédimentaires. (Ouédraogo 2008) quatre formations essentiellement gréseuses, carbonatées et argileuses qui s'empilent les unes sur les autres en couches subhorizontales qui sont :

1. la formation de Grès à yeux de Quartz ou Grès à Granules de Quartz (GGQ) ;
2. la formation des Grès Fins Roses (GFR) ;
3. la formation de Grès Fins Glauconieux (GFG) ou Grès de Sotuba ;
4. la formation des Silstones Argilites et Carbonates de Guéna Sourou Koudinga (SAC1).

L'épaisseur de la lithologie de ces formations est difficile à estimer. D'après Bronner et al. (1980), l'épaisseur des sédiments au nord de Bobo-Dioulasso pourrait atteindre 2000 m.

L'ensemble des formations du bassin est recoupé par des dykes de dolérites, post-tectoniques, d'extension kilométrique, qui s'érige à l'affleurement sous forme de chaînes de collines ou des collines isolées, alignées suivant une direction sud sud-ouest – nord nord-est.

Ces formations sont intensément diaclasées et compartimentées par des failles à rejets verticaux, grossièrement parallèles et orientées sud est – nord-ouest.

La géologie détaillée du bassin versant du Kou est composée de la manière suivante (figure3).

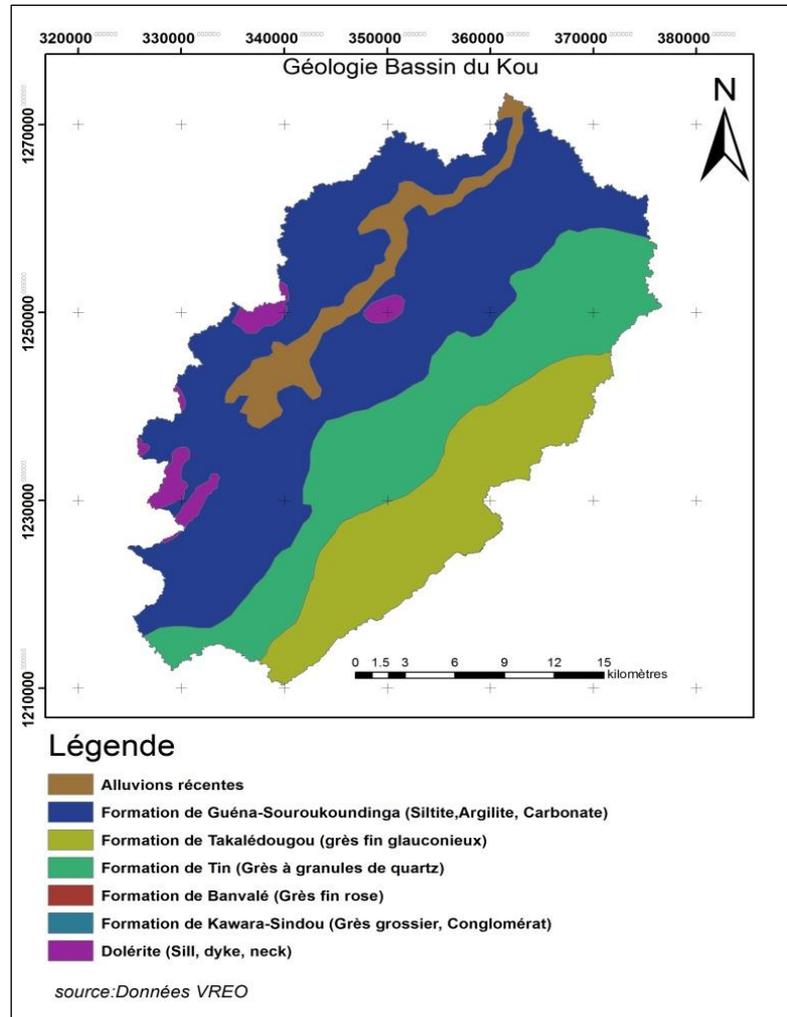


Figure 3: Formations géologiques du bassin versant de kou

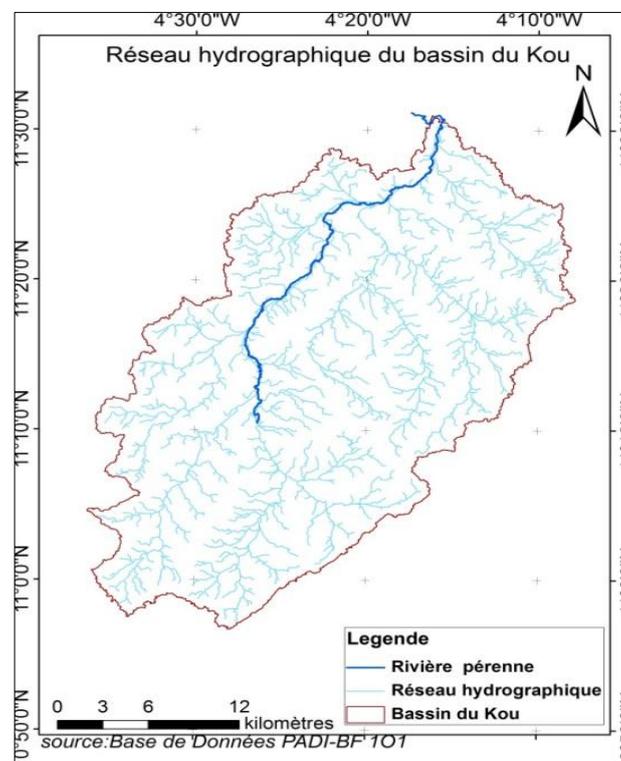
## II.7 Hydrographie

La rivière du Kou est pérenne et prend sa source à Kodara au Sud-Ouest de Bobo-Dioulasso à une altitude de plus de 500m. Elle draine les eaux de surface de neuf sous bassins (Sauret, 2007). On distingue :

- en amont de la rivière Kou, les sous bassins du Yengué, Suo, Farakoba et du Kiéné
- en aval, les sous bassins du Bango, du Wé, du Niamé et du Yakouba.

Elle est principalement alimentée par sources sont les sources de Nasso, situées à 15Km à l'ouest de la ville, qui consistent en 3 grandes sources : la Guinguette, l'ONEA I et l'ONEA II auxquelles s'ajoutent les cours d'eaux de Yengué, Suo, FarakobaKiéné, le Niamé, le Bingbélé et la source de Pesso.

Une autre rivière, le Wolo de faible débit, draine aussi une partie des eaux de surface à l'Est du Kou. D'un point de vue hydrogéologique, les sources de Nasso/Guinguette constituent les émergences des eaux souterraines dans les zones faillées (Dakouré, 2003; Sauret, 2008; Sogreah Ingénierie, 1993). Ces sources alimentent en aval, la rivière Kou qui coule du sud vers le nord du bassin (figure 4).



**Figure 4: Réseau hydrographique du bassin versant**

## III- MATERIEL ET METHODES

La réalisation de ce travail nécessite des matériels appropriés et une méthodologie bien détaillée.

### III.1 Matériel

Pour la collecte des données, le traitement ainsi que la réalisation du levé topographique, un ensemble de matériel a été utilisé lors du travail. Il s'agit de :

- Matériel informatiques (bureau).
  - ✓ ENVI 4.3 : nous permet de faire la mosaïque, le masque de la zone d'étude et traiter l'image satellitaire avec un certain nombre de filtres ;
  - ✓ Arcgis 9.3 : permet de déterminer, la pente, le maillage de la zone d'étude permettant aussi de rehausser les images satellitaires et en définitif établir un MNT des images Aster ;
    - Les modules ArcSwat et ArcHydro seront utilisés pour la délimitation du bassin versant et l'extraction du réseau hydrographique de ce bassin à partir du MNT élaboré ;
  - ✓ Surfer 9.2: modélisation de MNT avec le réseau hydrographique
  - ✓ Le logiciel XLSAT : pour les traitements statistiques ;
  - ✓ Excel, Word, représentations graphiques et le traitement de texte.
- Matériel terrain:
  - ✓ Une boussole;
  - ✓ Les images ASTGTM2 N10 W005 et ASTGTM2 N11 W005
  - ✓ GPS ordinaire;
  - ✓ DGPS....

Le « differential global positioning system : DGPS » ou le système de positionnement global différentiel. Il sert à déterminer les coordonnées géographiques et les altitudes des points de notre maillage avec une précision de l'ordre du centimètre. Le DGPS que nous avons utilisé est de marque LEICA geosystems® Cs10 (Figure 5).



Figure 5: Composantes du DGP

## III.2 Méthodologie

### III.2.1 Télédétection

-La télédétection est l'ensemble de connaissances et techniques utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques et biologiques des objets par des mesures effectuées à distance sans contact matériel avec ceux-ci.

-Système d'Information Géographique (SIG) est une base de données, dont toutes les informations contiennent une référence géographique qui est déterminée par un pair de coordonnées spatiales. Quant aux possibilités de son utilisation, un SIG se distingue considérablement d'une base de données conventionnelle. Les bases de données conventionnelles peuvent contenir aussi des informations spatiales (ex. adresses). Mais seulement avec le géo-référencement, des relations spatiales entre les données peuvent être déterminées exactement (mesure des distances ou des surfaces, calcul des surfaces nouvelles issues de la superposition des surfaces avec des attributs différents etc.) et sont ensuite visualisées sous la forme d'une carte (Klaus-Dieter Albert).

-Le format raster est composé d'objets déterminant un décor. Cet ensemble d'objets est constitué de points juxtaposés (Pixels), dont la taille et le nombre vont déterminer la résolution. A chaque pixel est assignée une valeur numérique représentant une couleur. Les valeurs numériques varient de 0 à 255 représentant une grande variation au niveau des nuances de gris. Les pixels de même niveau de gris, par conséquent de même valeurs numériques (isovaleurs) sont appelés des surfaces, et sont représentés par des polygones.

- Le capteur ASTER ou «Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer» a été développé par un consortium regroupant la NASA, le gouvernement japonais, des entreprises privées et des groupes de recherche. Il se trouve à bord du satellite Terra, lancé le 18 décembre 1999. ASTER fournit des images avec 15 bandes spectrales et une résolution spatiale de 15 m dans le spectre visible dont les caractéristiques sont présentées sur le tableau 1. La résolution spectrale élevée d'ASTER convient pour identifier des matériaux de surfaces et est idéale pour les études géologiques, la dynamique de la végétation, les écosystèmes et le contrôle des catastrophes naturelles.

Les images de ce capteur ont été obtenues à partir du site Internet d'EOS (Earth Observation System ou Système d'Observation de la Terre) à travers le centre LPDAAC (The Land

Processes Distributed Active Archive Center) qui est établi comme une partie d'EOS. Il est chargé de la réception, de la correction, de l'archivage et de la distribution des images ASTER.

**Tableau 1: Caractéristiques image Aster**

pays	USA
Date de lancement	18 Décembre 1999
Utilisation	Température, émissivité, réflectance et élévation
Bandes	14 visible – IRT
Taille de pixel	15cm dans 1 -3 bandes
Fauchée (largeur de la bande d'acquisition)	60Km
Résolution spatiale	15m, 30m et 90m
Altitude	705Km
Méthode de balayage	Transversal
Périodicité	16jours
Angle de prise de vue	+ou – 24°(VNIR) et 8.55° (SWIR and TIR) à partir de Nadir

### ***III.2.1.1 Repérage de la zone d'étude sur les images disponible***

Les images que nous avons utilisées sont des images ASTER, datant du 15 Mars 2011 avec une résolution de 30 m. La source du dossier est composée de 64 images dont (ASTGTM2 N04W002 à ASTGTM2 N12W003). Nous avons repéré deux images ASTGTM2 N10 W005 et ASTGTM2 N11 W005 qui couvrent la zone d'étude du bassin du Kou. C'est une scène géo référencée selon le système de projection WGS 84 zone 30. L'acquisition des images est en mono bandes, qui sont téléchargées à partir de site :

<http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html>

### ***III.2.1.2 Le mosaïquage de scènes DEM 30***

Le Bassin versant du Kou est à cheval sur deux scènes DEM, la scène Nord dans laquelle s'étend la plus grande partie du bassin et la scène Sud dans laquelle se situe l'autre portion du bassin voir (figure 6). Une mosaïque consiste à mettre ensemble deux images afin d'obtenir une seule image unique et complète du bassin versant du Kou. La géométrie de deux images provenant d'un seul capteur rendant ainsi possible la fusion de données.

Les images ASTGTM2 N10 W005 et ASTGTM2 N11 W005 couvrent tout le bassin du kou alors que la plaine alluviale se trouve juste sur la scène Nord de l'image DEM N11W005.

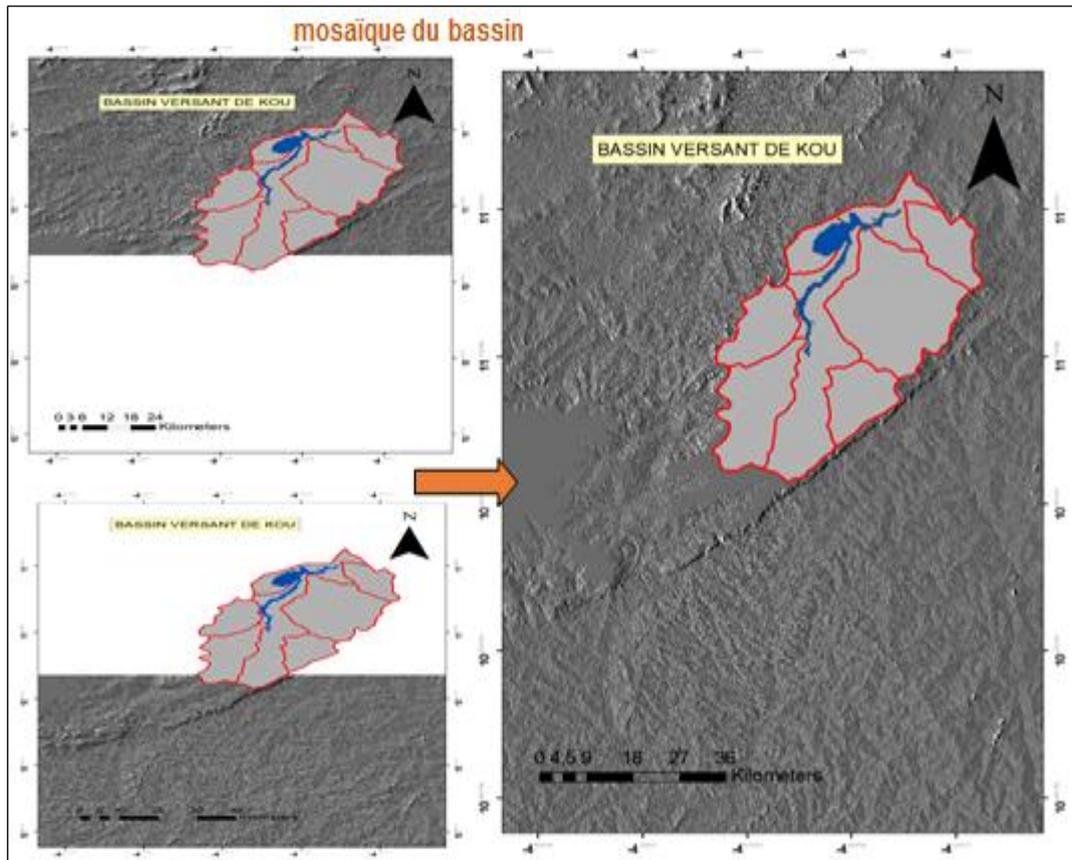


Figure 6: Mosaïque du bassin versant kou

### III.2.1.3 Le masque

Il peut être important, pour affiner une étude, de masquer certaines zones de la scène car pour essayer de travailler juste avec le fichier vecteur extrait de la zone d'étude à partir des images ASTER de qui était mosaïqué sur l'étape précédente ; ainsi ce pour limiter la zone d'étude pour envoyer à des différemment traitement.

### III.2.1.4 Traitement des images satellitaires

Le traitement numérique des images peut recourir à divers procédés dont le formatage et la correction des données, le rehaussement numérique pour faciliter l'interprétation visuelle ou même la classification automatique des cibles et des structures entières. Nous n'avons pas procédé à des corrections radiométriques ou encore des corrections géométriques car nous avons utilisé une image ASTER en mono bande spectrale.

Les fonctions de rehaussement ont pour but d'améliorer l'apparence de l'image pour aider l'interprétation et l'analyse visuelle.

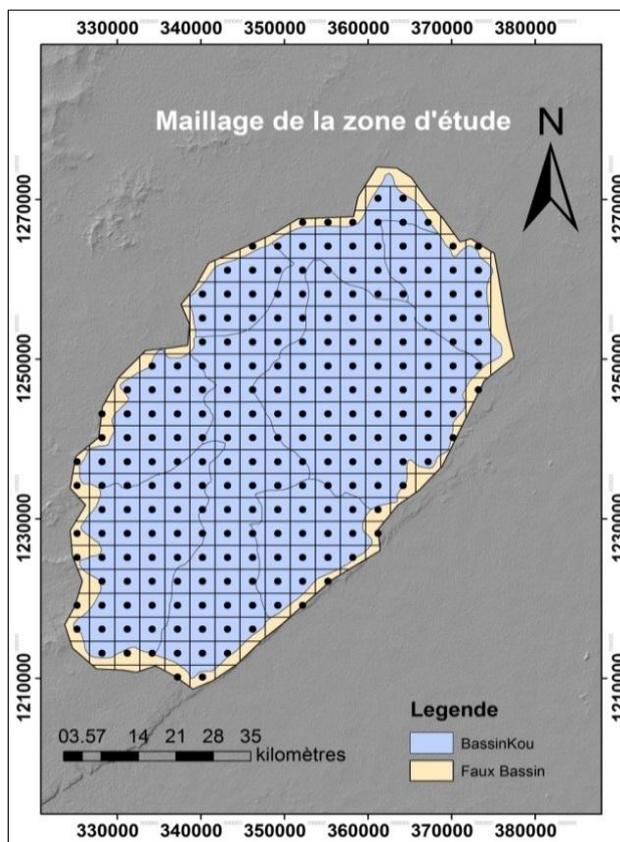
Les fonctions de rehaussement permettent l'étirement des contrastes pour augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène,

Le traitement que nous avons utilisé sur Envi suivant des différents filtres, qui renforce les contrastes locaux et pour un rehaussement meilleur nous avons utilisé les outils arcgis qui permettent de diffuser la plus grande visibilité de l'image.

### **III.2.2 Maillage**

Le maillage permet de subdiviser la zone d'étude en petites unités de surface. A chaque maille correspond une valeur d'altitude image qui est ensuite convertie en altitude terrain par le biais d'une relation linéaire d'interpolation pour chaque point de maille.

L'ensemble des nœuds, définis par leurs coordonnées dans un repéré bien défini selon le système de projection, ensuite nous avons créé un nouveau faux bassin, dans le but de mailler une surface plus grande que le bassin versant du Kou (figure7) une Superficie de 2364 Km<sup>2</sup>, pour qu'il n'y ait pas un problème d'interpolation au niveau des lignes de crêtes. L'outil « feature class » sous arcgis génère automatiquement et de circonscrire le bassin versant du Kou et le faux bassin qui l'incorpore. Le choix de la finesse du maillage est une importance capitale c'est ainsi que nous avons créé un maillage régulier (maille carrée) de 100m x 100m de côté pour avoir de points rapprochés les uns aux autres pour faciliter l'interpolation et avoir une bonne corrélation des altitudes, nous avons choisi cette maillage dans le but d'avoir un MNT beaucoup plus précis car les études antérieurs montrent qu'ils ont pris un maillage de 250m x 250m.



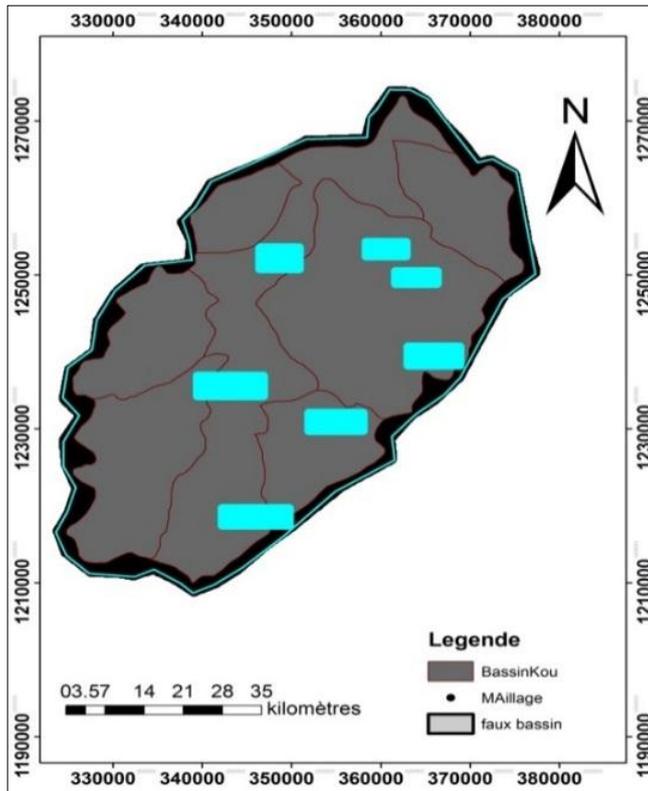
**Figure 7: Maillage de la zone d'étude**

Une définition simple, générale et commode de l'échantillonnage le décrit comme « une portion distincte de la masse et représentative des qualités de l'ensemble » Le levé d'échantillonnage sur le terrain doit permettre de se faire une idée de l'ensemble qualitative et représentative pour toute la zone d'étude.

Pour effectuer de l'échantillonnage d'étude, nous avons effectué un choix totalement aléatoire de site, sans aucune autre considération que les critères de positionnement de piézomètres nivelés où on peut placer l'appareil (station de base) ainsi que la marche des levés de points avec la station mobile, car on peut rencontrer des obstacle naturel ou entropique au cour de randonné. La précision et la représentativité conviennent de sélectionner soigneusement le site d'étude à échantillonner pour qu'il soit représentatif sur tout le bassin. Puis à extrapoler pour tous les nœuds de maillage à partir des résultats du levé topographique.

Nous avons choisi sept (7) sites de levé topographique représentatif tout au long du bassin voir (figure 8); Pour chaque site le levé se fait comme suit : on place la base de stationnement du DGPS au pied d'un piézomètre et avec le mobile on choisit une direction de façon rectiligne suivant un pas de maille ou un pas de mesure successif (100 m) pour chaque site on lève en moyenne 25 points.

Au total 205 points de mesure ont été levés soit une randonnée de 20Km dans tout le bassin, le choix de site d'échantillonnage est basé sur le positionnement des piézomètres nivelés dans tous le bassin.



**Figure 8: Choix de site d'échantillonnage**

### III.2.4 Levé topographique

La détermination des coordonnées géographiques (latitudes, longitudes et altitudes) sont indispensables pour les différents points du maillage afin d'aboutir à des interprétations et des représentations spatiales.

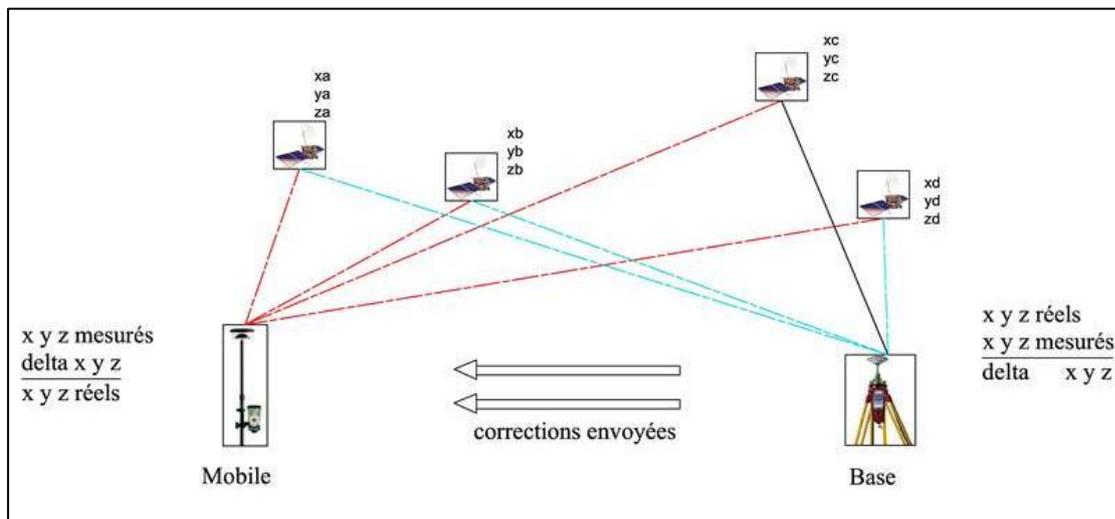
L'acquisition des données topographique son été faite sur le terrain dans de différents sites du bassin. Elle requiert de la précision centimétrique mais doit aussi répondre à certaines normes de représentation impliquant les projections et les systèmes de coordonnées. Le nivellement topographique est le moyen qui permet d'obtenir une meilleure altimétrie des points mais sur une grande surface, cette méthode nécessite beaucoup de temps et une bonne accessibilité du terrain. Nous avons donc eu recours au DGPS ou encore GPS différentiel.

#### III.2.4.1 Mode opératoire du DGPS

Le GPS différentiel (en anglais Differential Global Positioning System : DGPS) est une amélioration du GPS. Il utilise un réseau de stations fixes de référence qui transmet l'écart entre les positions indiquées par les satellites et leurs positions réelles connues. En fait le récepteur reçoit la différence entre les pseudo-distances mesurées par les satellites et les véritables pseudo-distances et peut ainsi corriger ses mesures de positions. Le DGPS est une

évolution positive de GPS. Le principe est basé sur le fait qu'en des points voisins, les effets des erreurs de mesure, comme d'ailleurs les effets des erreurs ajoutées volontairement, sont très semblables: il suffit donc d'observer en un point connu les variations des mesures, et de les transmettre à un récepteur observant les mêmes satellites, pour permettre à celui-ci de corriger une grande partie des erreurs de mesure, qu'elles soient liées au satellite, aux conditions de propagation (effets troposphériques). On a utilisé un système de deux stations dont le principe est résumé sur la (Figure 9); une station de base et une station mobile. La station de base (annexe1) installée sur un point de référence dont les coordonnées (X, Y, Z) sont connues reçoit les coordonnées issues des satellites et les compare avec les coordonnées réelles de la station de base. La différence entre ceux-ci constitue l'erreur commise. La station de base détermine les corrections et les transmet en temps réel par une connexion radio à la station mobile (annexe 2) et on obtient alors des coordonnées corrigées.

Pour notre étude nous avons considéré la référence de station de base sur des différents piézomètres, qui ont été nivelés auparavant .et la station mobile qui rote autour de la station de base suivant une trajectoire permettant de laisser en connexion les deux(2) appareils de mesure émetteur-récepteur à une distance moyenne de 1500 m.



**Figure 9:Principe de fonctionnement du DGPS**

### III.2.4.2 Données collectées

La précision du DGPS dépend de la disponibilité des satellites et de la distance entre les deux récepteurs. En gardant une distance maximale de 2000m, on a relevé les coordonnées des plusieurs points à partir de nos références. Nos références sont les piézomètres et une borne géodésique placée à l'entrée de Bobo-Dioulasso en venant de Ouagadougou dont les

caractéristiques sont présentées dans le tableau2. Le temps de la mesure dépend de la précision recherché.

Au total 205 points d'altitudes ont été levé sur le terrain.

**Tableau 2:Coordonnées des piézomètres et borne géodésique servant la référence**

Nom référence	X	Y	Z nivelé(m)
Borne33	368487,237	1233701,67	427,277
ps01	347203,293	1252020,9	306,71
Pz12	360757,73	1253339,81	331,66
Pz05	363854,696	1250420,54	344,52
Pz18	342266,964	1235213,2	360,3
Pz02	353108,533	1230734,43	406,2
P42	344791,5	1218397,09	451,171

### III.2.5 Interpolation

Les techniques d'interpolation permettent d'estimer des valeurs situées sur des lieux non échantillonnés, à partir de données mesurées, localisées dans l'espace.

A partir d'un ensemble de points échantillonnés de manière aléatoire ou non, on peut modéliser une surface continue.

Il existe deux méthodes d'interpolation

Les méthodes déterministes et les méthodes géostatistiques (stochastiques) :

Le choix de la méthode va dépendre :

- ✓ du type de données (facteur étudié)
- ✓ du type d'échantillonnage (régulier, aléatoire, ...)
- ✓ de la distribution spatiale de points
- ✓ du temps de traitement
- ✓ de la capacité de l'ordinateur (mémoire vive, disque dur).

Les méthodes déterministes sont des méthodes mathématiques à plusieurs paramètres, surtout il est important la représentativité des données d'échantillonnage sur le terrain afin d'avoir une bonne interpolation.

Ex. Triangulation, Inverse des distances (IDW), Splines

Pour notre interpolation nous avons utilisé IDW (Inverse Distance Weight) c'est une technique qui attribue à chaque site retenu dans la sélection l'altitude qui est inversement proportionnelle à la distance entre le site et le point à estimer (figure 10).

Chaque point à une influence locale qui diminue avec la distance. Le nombre de points ou les points à prendre en compte dans un rayon défini sont spécifiés lors du traitement des données. L'inverse de distance détermine la valeur des cellules en calculant une moyenne pondérée à partir des valeurs de points du voisinage. La pondération est inversement proportionnelle à la distance séparent le centre de la cellule des points du voisinage.

Son avantage :

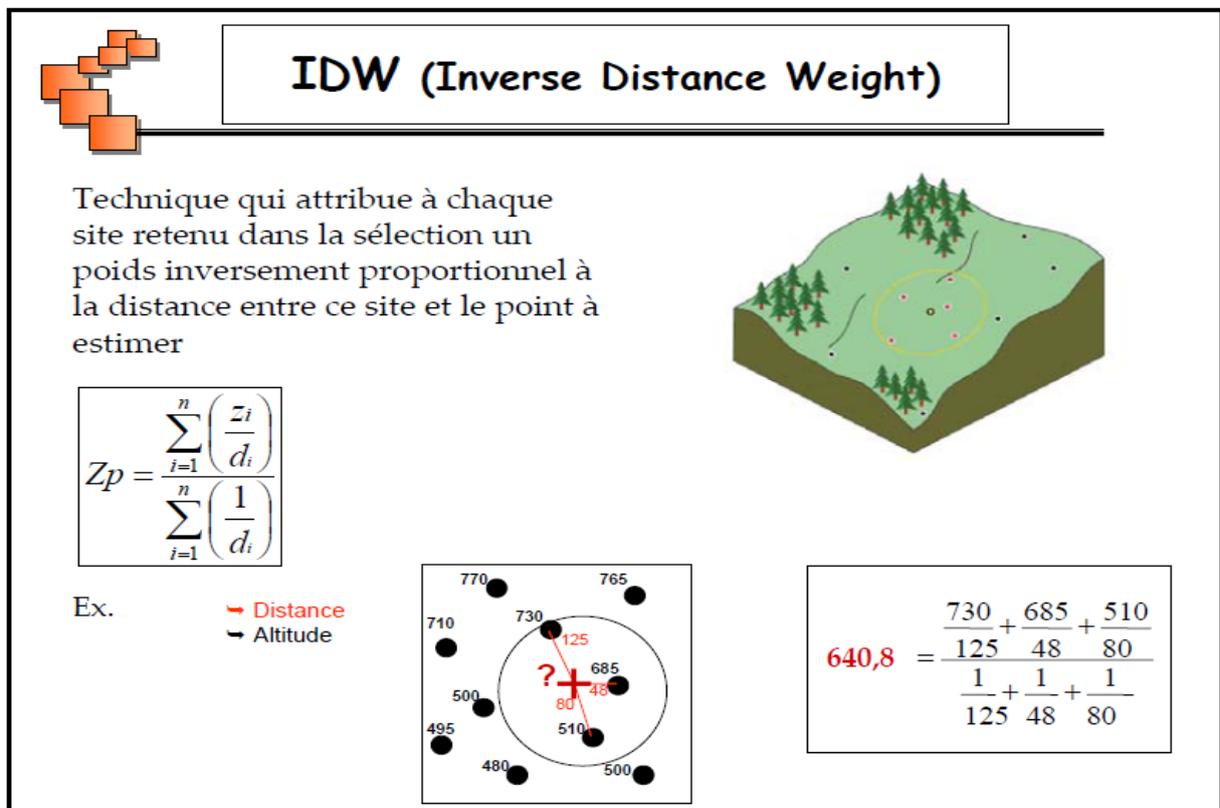


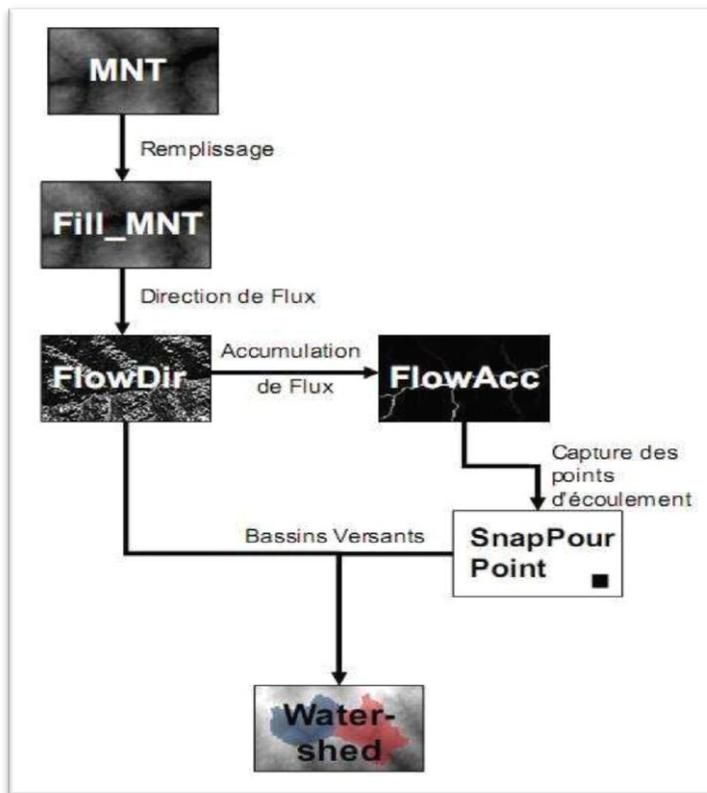
Figure 10: Interpolation IDW

### III.2.6 Extraction du réseau hydrographique et délimitation de bassin versant

Avec Hydro Tools : après récupération du MNT, on procède d'abord par la correction des erreurs, matérialisées par des puits (Demargne, 2001); puis on calcule la direction des écoulements et les lieux d'accumulation. Ces dernières seront enfin utilisées pour extraire le réseau hydrographique et délimiter le bassin versant du Kou.

Ces différentes étapes représentées par la (figure 17) ci-dessous sont :

- filtrage du MNT et élimination des dépressions ;
- détermination du sens d'écoulement des eaux de surface;
- détermination de l'accumulation d'écoulement ;
- extraction du réseau de drainage ;
- extraction du bassin versant ;



**Figure 11: Méthode de création le réseau hydrographique et délimitation de bassin versant**

# IV- RESULTATS ET INTERPRETATIONS

## IV.1 Corrélation

Dans l'optique de s'approcher plus de la réalité terrain, une correction des données obtenues à partir des images satellitaires ASTER est réalisée en utilisant une méthode statistique.

La corrélation est un coefficient statistique qui met en évidence la relation qui pourrait exister entre deux variables.

Connaissant la longitude, la latitude et l'altitude de chaque point à l'issue du maillage, on applique un coefficient de corrélation linéaire pour avoir l'altitude terrain pour tous les nœuds de maillage.

Précisément on doit à une corrélation positive, c'est-à-dire à toute augmentation de Z image correspond une augmentation au niveau de Z terrain. Les deux variables varient dans le même sens et avec une intensité similaire voir la figure ci-dessous.

En considèrent les deux variable Z image et Z terrain (205 points d'altitudes ont été corrélés), la figure 11 donne un coefficient de corrélation de 96% .Cette valeur est très proche du chiffre 1 ce qui signifie qu'il y'a une liaison très forte entre ces variables et la relation linéaire suivante :  $Z_{\text{terrain}} = 0,987 \times Z_{\text{image}} + 4,673$ .

Cette relation a permis de corriger les données de l'image Aster (181633 points).

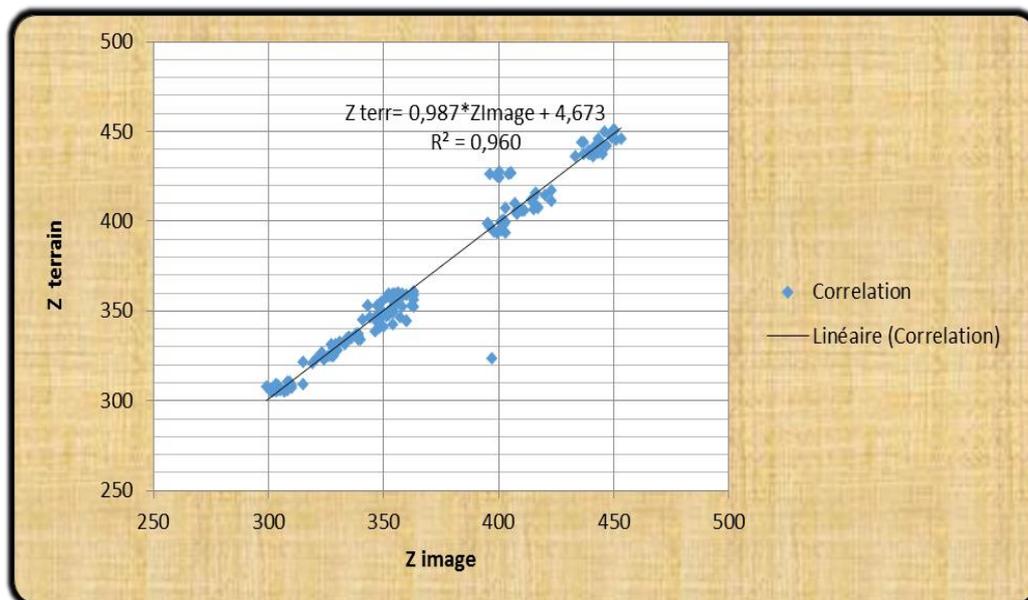


Figure 12:Corrélation Z terrain –Z Image

## IV.2 Modèle numérique de terrain

Le modèle a été généré et interpolé à partir des points levés sur le terrain par le DGPS. Cet ensemble de données étant géoreféréncé dans un système de projection bien précis (Clarke, Lambert, WGS 84...).

La structure d'un MNT est représentée par des nœuds réguliers en X et Y où, chaque nœud contient une valeur d'altitude Z.

Le pas d'une maille nous a donné une idée sur la finesse donc sur la précision du MNT.

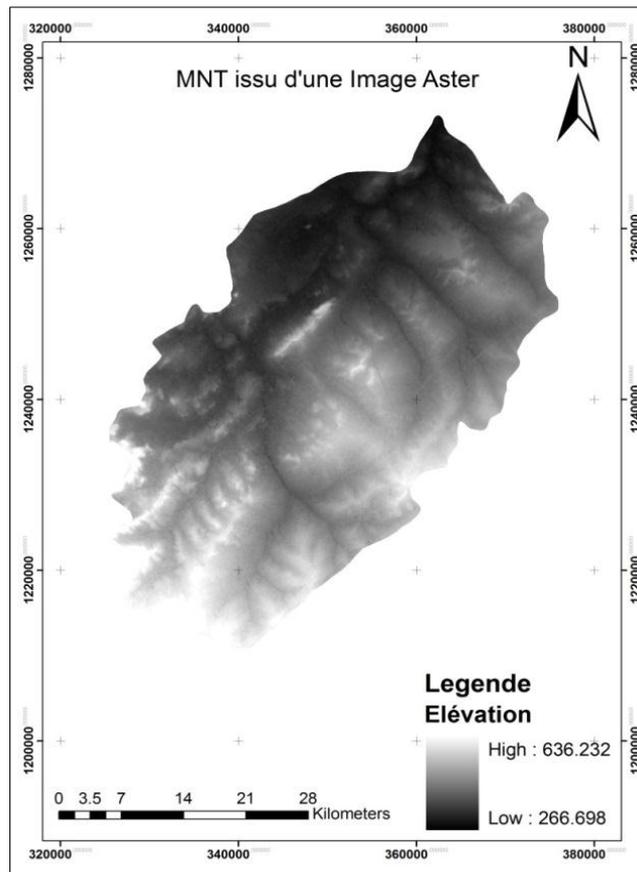
Dans cette étude le maillage que nous avons utilisé est constitué de maille carrée

100 m \* 100 m. Cette résolution est la plus fine que nous avons utilisé au regard de la superficie de la zone d'étude (1823 Km<sup>2</sup>).

Le système de maillage est constitué de 181633 mailles, dont chacune d'entre elles nécessite une altitude corrigée. Pour pouvoir générer le MNT sous Arcgis, plusieurs outils ont été utilisés, il y a entre autre l'outil « feature class », dont le principe consiste à créer le nœud de chaque maille avec des coordonnées X, Y et pour l'altitude Z et l'outil « extract values Raster ». Plus le nombre de points est élevé, plus l'on peut parler d'une bonne finesse du MNT obtenu. Après une correction de l'altitude de tous les nœuds on a passé à la dernière étape qui est l'interpolation qui permet de ressortir un MNT définitif (figure13).

Le MNT est exploité pour :

- l'extraction du réseau hydrographique du bassin versant ;
- l'analyse géomorphologique et le sens des écoulements de l'eau surface.



**Figure 13:Modèle numérique de terrain en nuance de gris**

Le modèle numérique de terrain (MNT) est simplement une représentation statistique de la surface continue du sol, par un grand nombre de points choisis, connus en X, Y et Z (respectivement longitude, latitude et altitude), dans un système de coordonnées définis.

Le résultat du MNT projeté ici en fausses couleurs avec les différentes localités, donne une idée sur la variation approximative de l'élévation de chaque zone ou localité de l'amont vers l'aval. L'altitude générale de notre modèle varie entre 636,232m et 266,698m ;

les localités les plus élevées sont : Peni, Noumoudara, Tien et les localités de plus faible altitudes sont : Badara, Toukora et tangwoma.

Pour mieux représenter les variations de la topographie, les altitudes ont été subdivisées en plusieurs classes de couleur (figure 14).

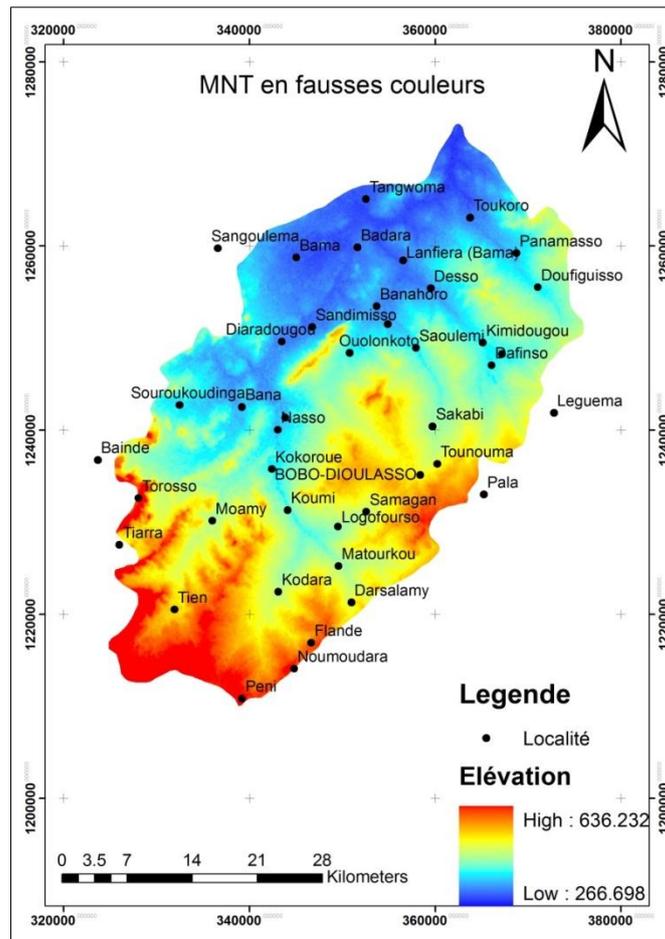


Figure 14:Modèle numérique de terrain en fausses couleurs

## IV.3 Digitalisation du réseau hydrographique du bassin.

### IV.3.1 Hillshade

Le Hillshade est le dérivé du modèle numérique de terrain élaboré et qui nous a donné une vision globale de l'élévation sous une forme en 2D et permet de faciliter le calcul de pente et l'extraction du réseau hydrographique. Ce mode de transformation des données du MNT permet de visualiser les formes du relief et d'identifier les discontinuités existantes entre les zones de morphologie différente. Cette étape est importante elle consiste à créer un relief ombragé à partir du MNT élaboré ; nous avons pris par défaut l'altitude et l'angle de la source d'illumination au-dessus de l'horizon, pour l'Azimut  $315^\circ$  et l'Altitude 45m, puisque ces valeurs fournissent des résultats optimaux en utilisant un hillshade (figure 15). Son but est de mettre en évidence les différentes analyses à partir des formes morpho métriques en surface. Partant de cette étape il est facile d'extraire un réseau hydrographique.

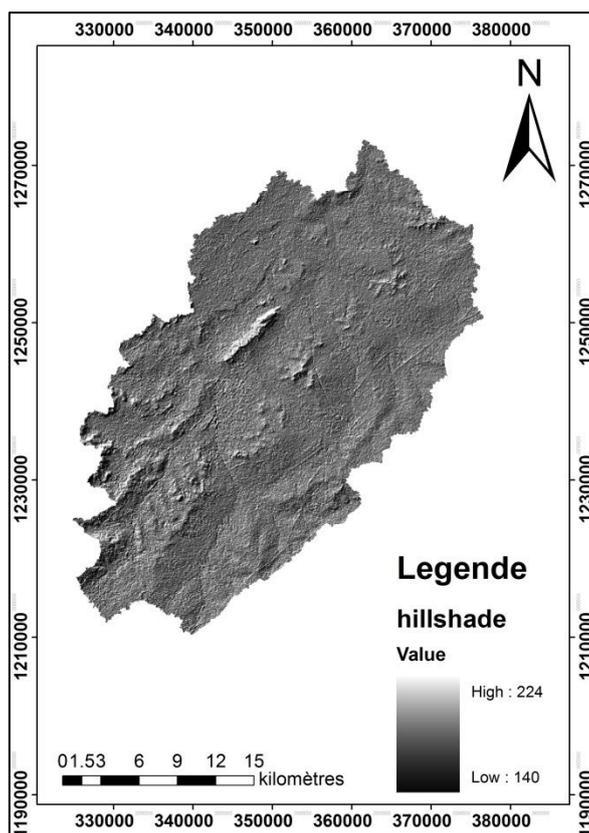


Figure 15:Hillshade

### IV.3.2 La pente

La pente est une des données fondamentales à partir de laquelle le réseau hydrographique sera déterminé.

C'est le facteur moteur qui détermine la vitesse avec laquelle l'eau va s'écouler pour se rendre à l'exutoire (figure16). La pente moyenne est le rapport entre la dénivelée maximale  $H_{\max}$  du cours d'eau et sa longueur totale  $L$ . Ces paramètres sont regroupés dans le tableau3.

Tableau 3:Caractéristique paramétriques du bassin

Superficie (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Longueur du réseau (km)	$H_{\max}$ (m)	$H_{\min}$ (m)
1 822,11	382	1 553,38	580,79	296,55

$$P_{\text{moy}} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$$

$$P_{\text{moy}} = 0,18 \text{ m/km} \quad \text{Soit} \quad 0,018\%$$

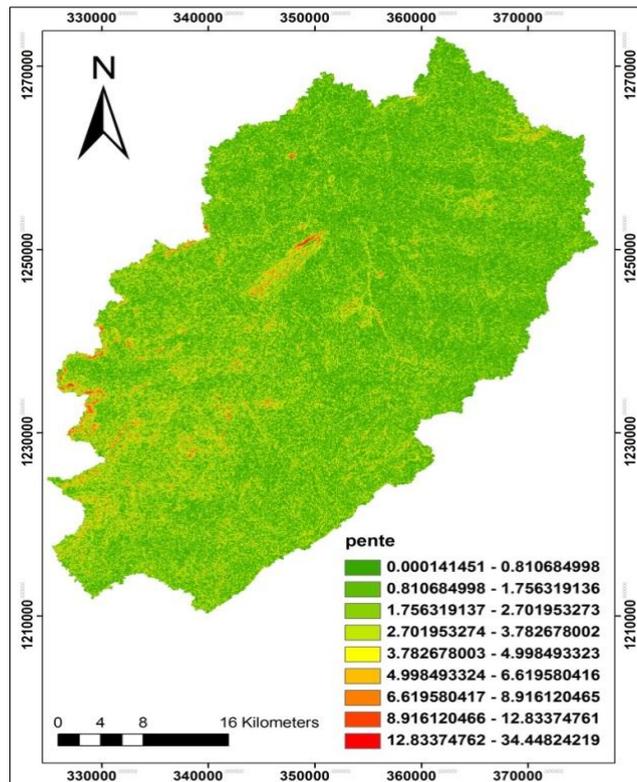


Figure 16: Carte de pente

### IV.3.3 Le réseau de drainage du bassin du Kou

Le but de cette étape est d'extraire le réseau hydrographique du bassin versant du Kou à partir du MNT élaboré avec le logiciel Arcgis et son extension HydroTools et arcswat; puis de le superposer avec le modèle numérique de terrain afin de vérifier le calage entre le MNT élaboré et le réseau hydrographique.

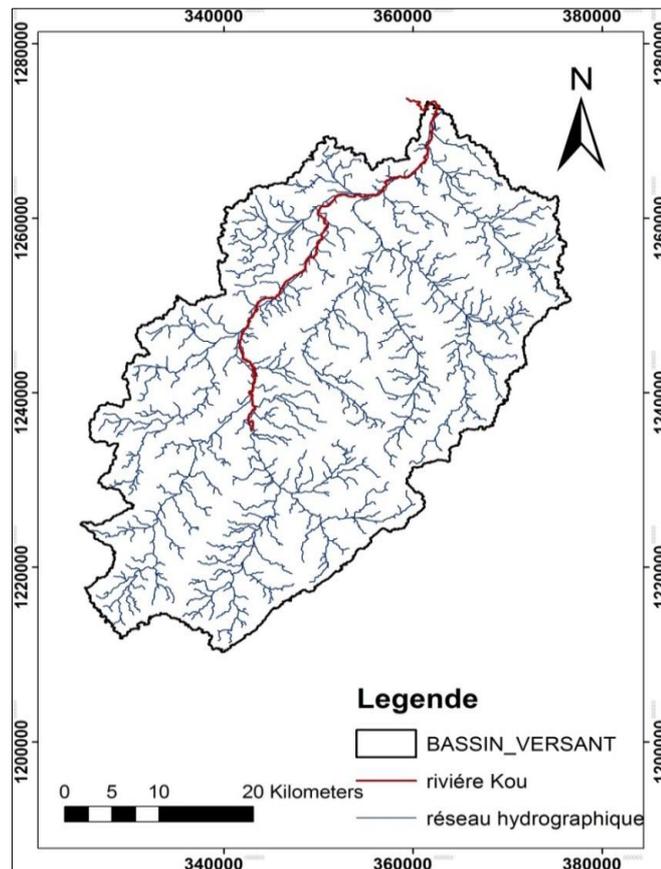
Dans le bassin versant, la topographie ou l'ensemble de pentes définit la trajectoire des écoulements et l'organisation du drainage ou réseau hydrographique, celui-ci dépend de l'alimentation en eau. A cet effet, l'ensemble des cours d'eau, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement linéaire de la surface topographique représente le réseau hydrographique qui est une des caractéristiques les plus importantes du bassin versant et peut prendre une multitude de formes.

Dans ce contexte, nous nous intéressons à l'extraction des paramètres topographiques permettant de numériser le réseau hydrographique du bassin versant du Kou.

Les données morpho métriques conditionnent les modalités de l'écoulement sur le bassin Versant. Ce sont essentiellement le relief, la pente et le réseau hydrographique. Toutes ces caractéristiques ont été déterminées à partir du MNT qui est déjà élaboré.

D'après l'analyse topographique et hydrographique, l'eau circule dans le bassin versant du Kou du sud vers le nord.

La hiérarchisation du réseau hydrographique laisse apparaître des cours d'eau de plusieurs ordres. Le réseau hydrographique extrait du bassin du Kou est de type dendritique (figure 17) et constitué d'innombrables branches, parmi les branches des réseaux certains cours d'eau sont à écoulement temporaire, d'autres sont pérennes telle que de la rivière Kou.



**Figure 17: La carte du réseau hydrographique issu du MNT**

Les longueurs du cours d'eau sont la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux du bassin versant. Cette distance parcourue est exprimée en kilomètres, la longueur de l'ensemble du réseau hydrographique sur tous le bassin est de 1553,38 km.

Il y a un embranchement des segments de cours d'eau d'une section à une autre ou même d'un sous bassin à un autre sous bassin, qui draine la plus grande surface. Le type de formations géologiques qui affleurent dans les bassins versants a une influence sur la répartition des écoulements superficiels.

En effet, un bassin formé de matériaux très perméables avec une couverture végétale continue aura en général une densité de drainage faible assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles. Par ailleurs, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, comme des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de

drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement des eaux superficielles aux dépens de l'infiltration ce que nous avons constaté au niveau de la plaine alluviale de Kou et il existe également une étroite relation entre les écoulements superficiels et souterrains, en particulier au niveau des sources de Nasso, Pesso et sur la zone inondable de la plaine alluviale.

## VI .4 Précision et validation du MNT

Evaluer la qualité d'un MNT consiste à vérifier la fidélité avec laquelle il décrit la surface topographique. En ce qui concerne la vérification de cette précision, l'on doit utiliser un repère, qui ne varie pas beaucoup dans le temps. L'indicateur le plus utilisé pour vérifier cette validité est le réseau hydrographique.

Une représentation dans l'espace en superposant le réseau hydrographique au MNT élaboré du bassin, l'on pourra facilement s'en convaincre.

Ainsi, si les erreurs sont très grandes, il y aura des incompatibilités du réseau hydrographique avec le MNT.

La confrontation du nouveau réseau hydrographique digitalisé avec le modèle numérique de terrain du bassin de Kou, nous constatons que le modèle est bien calé selon la géomorphologie du bassin donc le MNT est un MNT absolu (figure18).

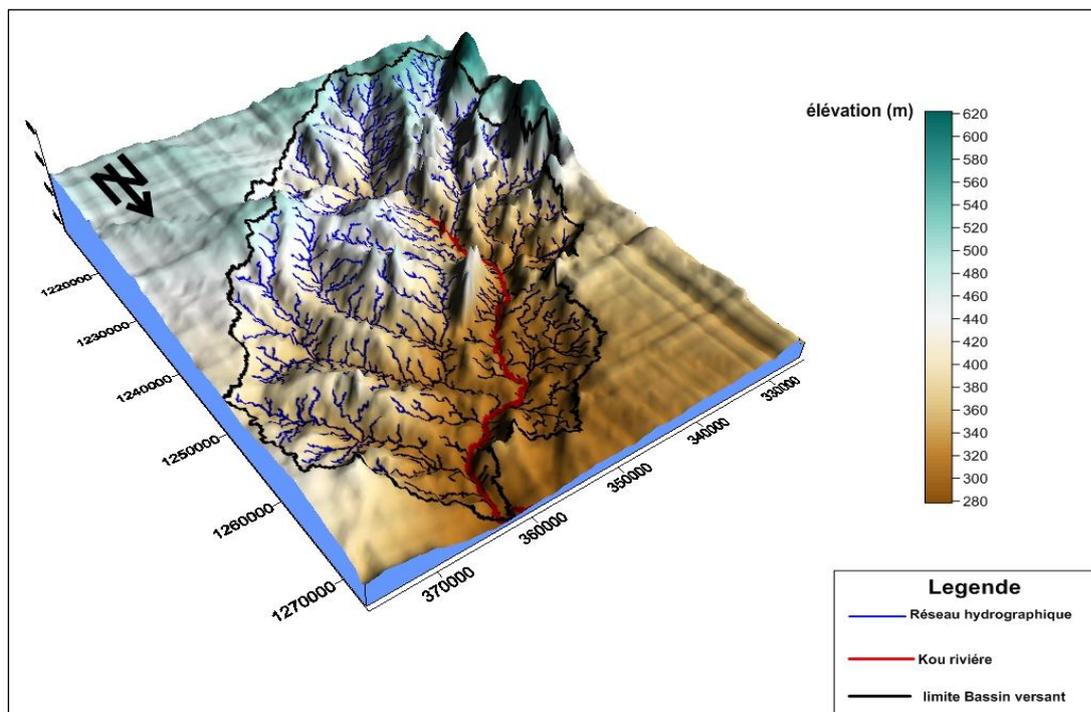


Figure 18: Superposition de MNT avec le réseau hydrographique en 3D

## IV.4 Comparaison du MNT existant avec le MNT élaboré

Avant de procéder à l'analyse des paramètres statistiques une définition des différents paramètres est nécessaire :

Le mode : est la valeur de la variable (ou de la classe) correspondant au plus grand effectif ou à la plus grande fréquence. Dans le cas où les classes n'ont pas la même amplitude, il faut ramener toutes les classes à la même amplitude pour définir la classe modale;

La médiane : est la valeur de la variable telle qu'il y ait autant d'observations, en dessous d'elle qu'au-dessus ou, ce qui revient au même, la valeur correspondant à 50% des observations.

Le Quartile (Q25 ; Q75) :c'est la valeur telle que 25% ou 75% des observations lui sont inférieures;

La moyenne arithmétique : c'est le centre de gravité des valeurs d'une série statistique;

L'écart type: c'est la racine carré de la variance;

La variance : c'est la moyenne arithmétique du carré des écarts à la moyenne;

La distribution symétrique : c'est une distribution de type normal dont la moyenne arithmétique correspond à la médiane ;

La distribution asymétrique : c'est une distribution de type normal dont la moyenne géométrique correspond à la médiane.

Deux modèles numériques de terrain sont disponibles au PADI BF-101

- ✓ Un modèle numérique de terrain élaboré par le projet pour tout le sud –ouest du Burkina Faso (nommé MNT Sud-Ouest) : ce modèle a été conçu par le projet "Eaux souterraines ".ce modèle a été généré à partir d'un ensemble des points levés avec précisions (points levés au DGPS, points topographiques de l'IGB, etc.). La taille des mailles du MNT sud –Ouest est de 250 m x 250m.
- ✓ Un modèle topographique de l'IGB : nommé MNT c'est un modèle mis en place par l'institut Géographique du Burkina Faso(IGB). Il a été conçu à partir de la photogrammétrie (photos aériennes). L'ensemble des points de l'IGB est obtenu à partir des photos aériennes, a été généré sur une échelle de 1 /200000 avec une précision de l'ordre du dixième du dénominateur de l'échelle soit une précision de 20m (source IGB).

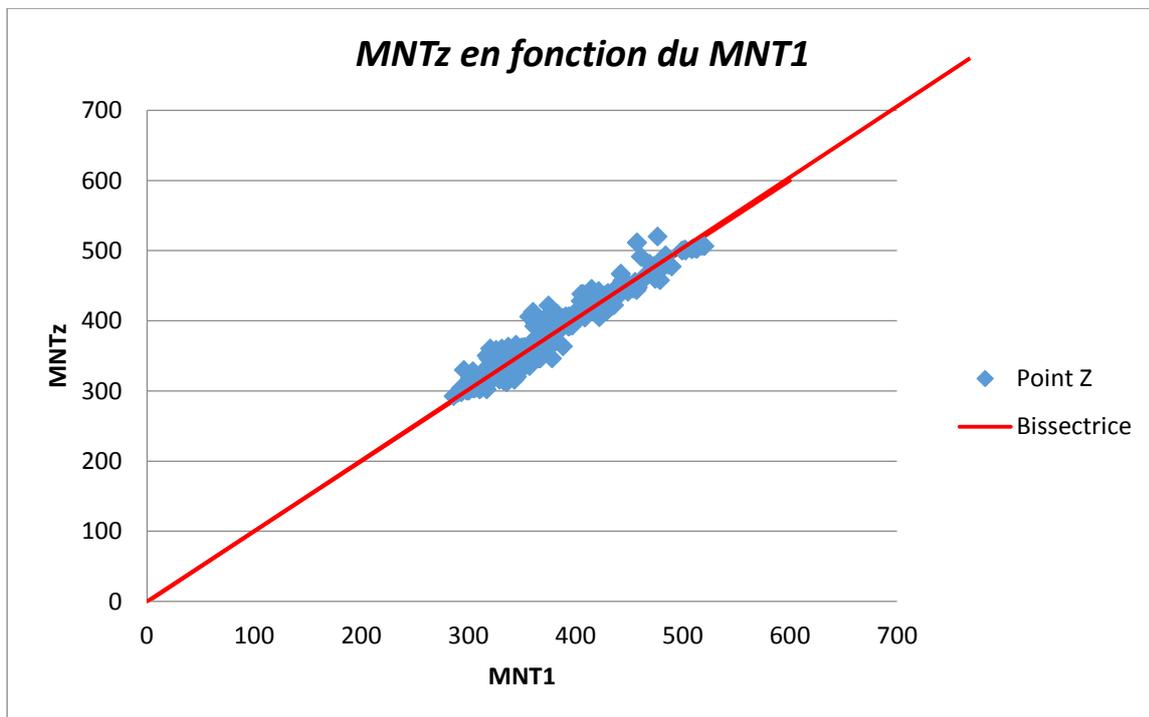
Il s'agit de mener une étude comparative entre le MNT existant et le MNT élaboré pour voir la plus grande précision possible, les données sont représentées sous une forme

d'histogramme et détaillées par des analyses statistiques (minium ; maximum ; moyenne ; médiane ; écart type et variance).

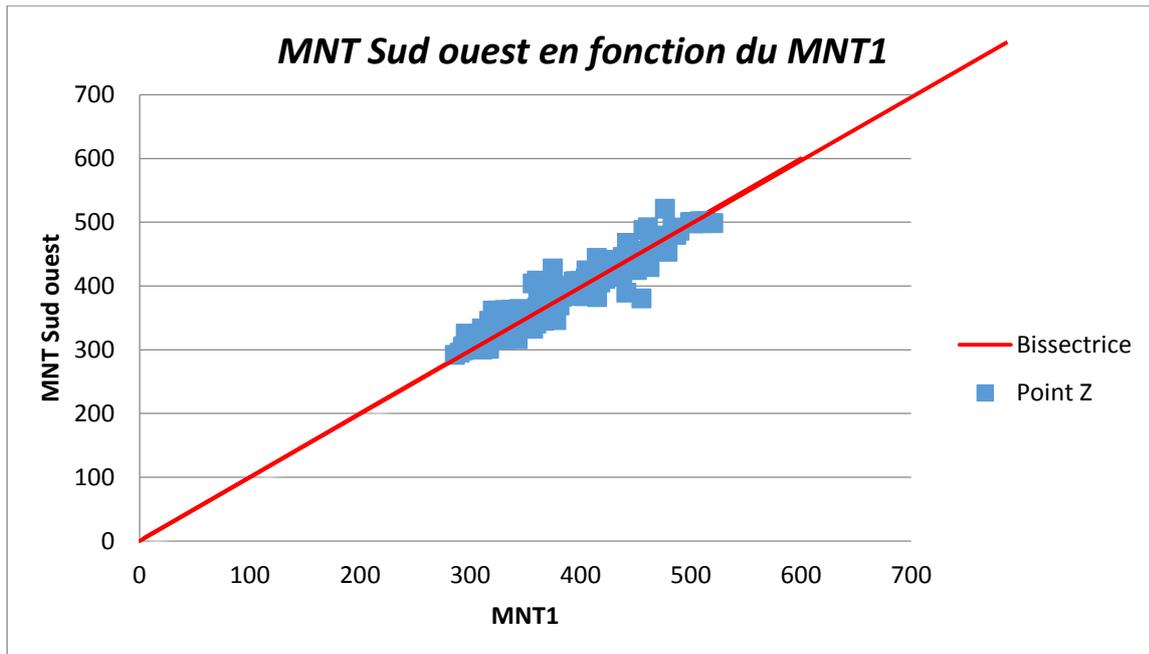
Les données que nous avons utilisées pour cette comparaison sont les données de tous les points des ouvrages hydrauliques du bassin du Kou (puits, forages, piézomètres, micro piézomètres....) et toutes des localités (villages).

Au total 460 points levés dans toute la zone d'étude pour tous les trois (3) MNT.

Extraire les points d'altitudes de tous ces points et comparer deux à deux pour essayer de voir la différence d'altitude entre le MNT élaboré avec le MNT sud-ouest et le MNT élaboré avec le MNT z.



**Figure 18:**MNTz en fonction de MNT1



**Figure 19: MNT Sud-ouest en fonction de MNT1**

D'après la figure 19 et la figure 20, les distributions spatiales des valeurs entre le MNT Sud-Ouest et MNT1 le MNT1 et MNTz sont réparties tout au long de la ligne bissectrice.

Dans ces cas le nuage de points est plus ou moins bien aligné le long de la bissectrice. Pour cela, les deux MNT tendent à évoluer ensemble. Par suite, les deux modèles tendent vers une même réalité.

Dans l'optique de parfaire la comparaison, un transfert des coordonnées d'altitudes de tous ces points sur le logiciel de statistique XLSAT a été réalisé pour calculer tous les paramètres statistiques du tableau 5 et de réaliser les figures 21,22 et 23.

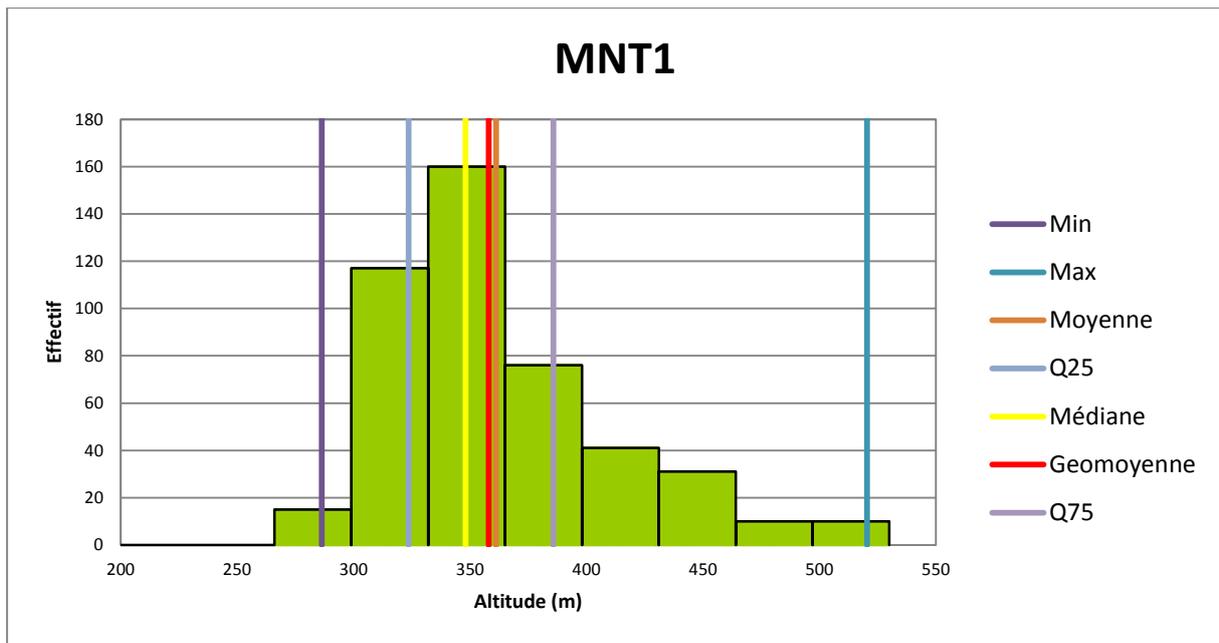


Figure 20: Histogramme MNT1

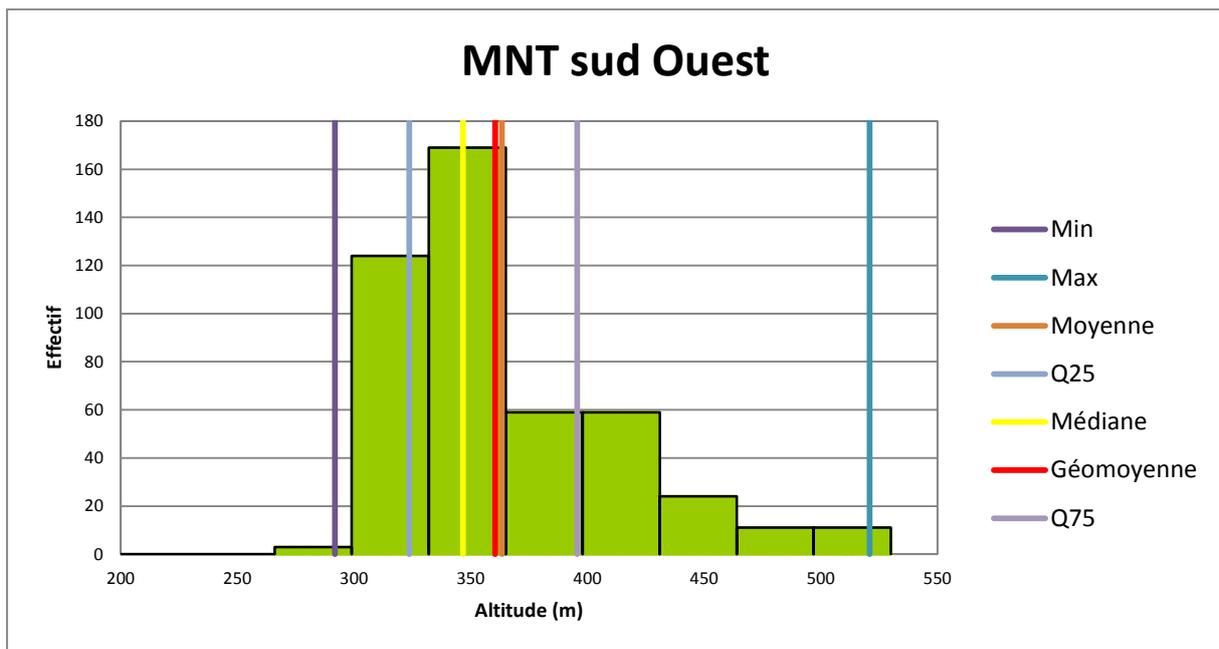


Figure 21: Histogramme MNT Sud-Ouest

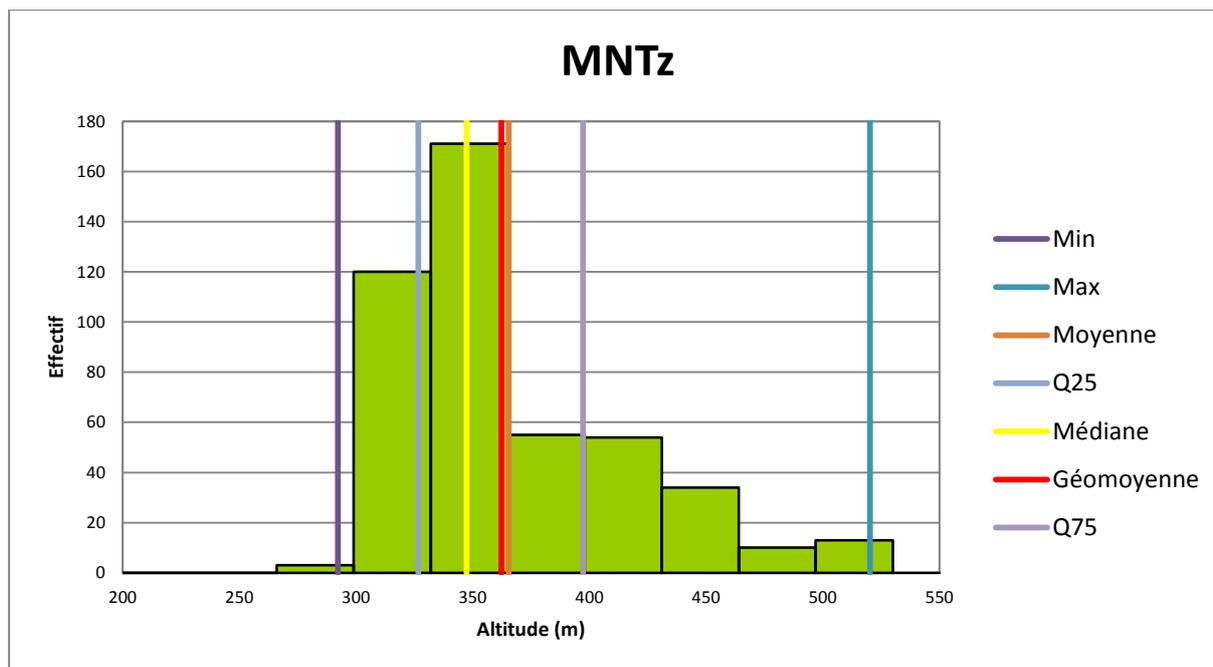


Figure 22: Histogramme MNT Z

Tableau 4: Variantes Statistique de différents MNT

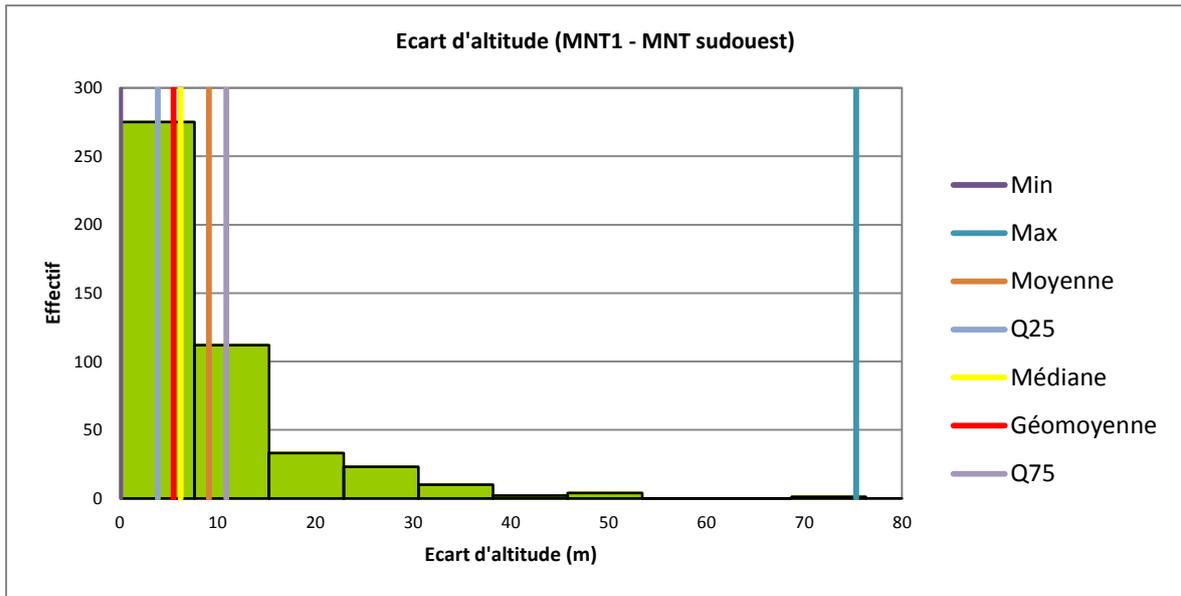
	Min	Max	Moyenne	Q25	Médiane	Q75	Variance	Ecart type	Geomoyenne
MNT1	286.295	520.418	361.126	323.590	348.033	385.732	2489.144	49.891	357.933
MNT Sudouest	291.791	520.922	363.403	323.639	346.720	395.548	2339.583	48.369	360.407
MNTz	292.254	520.215	365.359	326.625	347.362	397.255	2503.197	50.032	362.175
MNT1 - MNTSW	0.013	75.312	9.092	3.854	6.206	10.875	84.503	9.193	5.485
MNT1 - MNTz	0.009	53.762	9.272	3.349	6.925	11.039	76.894	8.769	5.826

On constate qu'il y a une distribution asymétrique dans les différents histogrammes ci-dessus

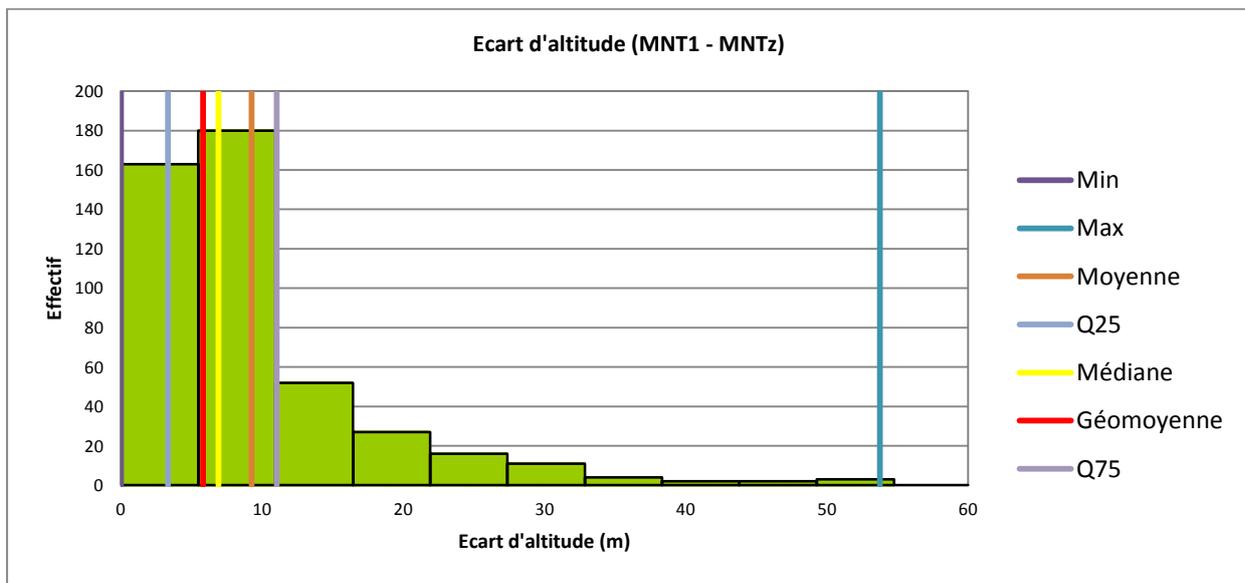
- ✓ Les paramètres statistiques montrent que les altitudes Min du MNT1 et MNT Sud-Ouest sont respectivement 286.29 m et 291.79 m tandis que les Max sont relativement égales (520 m). Leurs moyennes arithmétiques sont à peu près semblables, tandis que leur médiane est légèrement différente 348.03 m pour le MNT1 et 346.72 m pour le MNT sud-ouest. Ce qui veut dire que 50% des points ont une altitude égale à 348.03m pour le MNT1 contre 346.72 m pour le MNT Sud-

Ouest. L'analyse du tableau révèle que 25 % des points des échantillons du MNT1 et du MNT Sud-Ouest ont des altitudes égales à 323.59 m. Par contre le 3<sup>ème</sup> quartile de ces échantillons est différent. On déduit le modèle MNT1 sous-estime la valeur des altitudes par rapport au MNT Sud-Ouest. Au regard des valeurs des écarts type et les intervalles inter quartile, on peut dire que les altitudes ont sensiblement la même dispersion dans les deux modèles.

- ✓ Les altitudes Min du MNT1 et MNT z sont respectivement 286.29 m et 291.253 m tandis que les Max sont encore approximativement égales (520 m). Quant à la médiane, elle montre que 50% des points de l'échantillon ont une altitude de 348.03 m pour le MNT1 contre 347.36 m pour le MNTz. On ne déduit que le modèle MNT1 à tendance à sous-estimer la valeur des altitudes par rapport au MNTZ. Les différents quantiles sont aussi différents entre les deux modèles. Les écarts de distance entre les quantiles (Q50-Q25) et (Q75-Q50) montrent que la dispersion est plus grande pour le MNTz contrairement au MNT1.
- ✓ Le tableau des valeurs des écarts entre MNT1-MNT Sud-Ouest et MNT1-MNTz montre que le MNT1 est différent des deux autres MNT. La moyenne de ces écarts de 10 m. l'écart observé entre les deux MNT existant est important. Selon les proportions de différents paramètres, donc nous estimons que nous avons apporté des réponses sur la précision de MNT pour le bassin versant de Kou.



**Figure 23: Ecart d'altitudes MNT1 –MNT Sud-Ouest**



**Figure 24: Ecart d'altitudes MNT1 –MNT Z**

#### IV.4.1 Comparaison entre le réseau hydrographique numérisé et réseau de la IGB

Le réseau hydrographique issu de l'IGB et celui extrait du MNT élaboré, nous montre qu'il y a une bonne concordance entre les deux. On constate globalement une superposition des cours d'eau principaux entre le réseau de l'IGB et celui du MNT. Cependant au niveau des cours d'eau secondaire et tertiaire on observe quelques décalages et/ou ajouts voir même l'inexistence de certaines branches de cours d'eau secondaires et tertiaires au niveau du réseau de l'IGB (figure 26). La différence se traduit en effet par l'évaluation de la distance entre la longueur totale du tronçon du réseau hydrographique de l'IGB 1331 Km et le nouveau réseau dérivé du MNT 1553 Km soit une différence de 222 Km.

Cette différence peut aussi s'expliquer par la qualité et la précision des données ; notons que l'image que nous avons utilisée est une image ASTER de résolution 30m, qui date 2011 alors que le réseau de l'IGB est issu des cartes topographiques de 1954.

Nous remarquons qu'après plusieurs décennies le réseau hydrographique a pris une grande expansion dans tout le bassin.

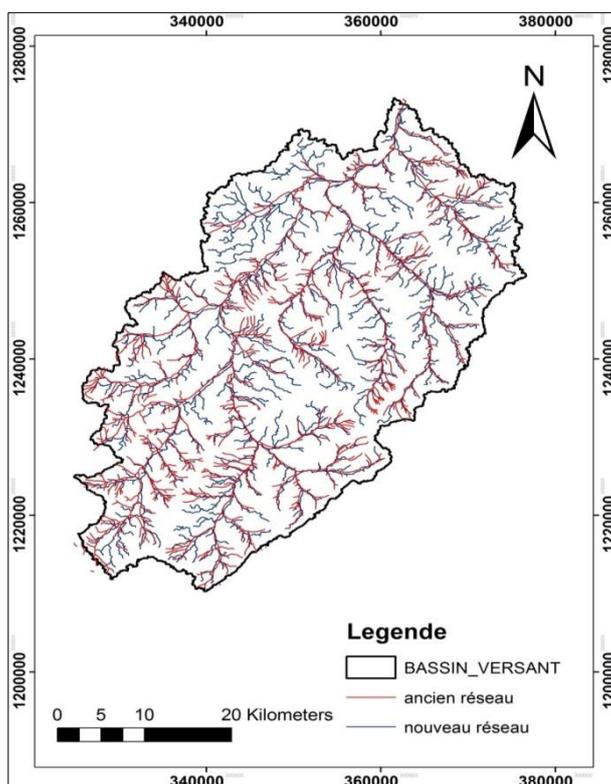


Figure 25: Confrontation des réseaux hydrographique

## V- CONCLUSION ET PERSPECTIVE

La présente étude a permis de modéliser la surface topographique du bassin versant du Kou par l'élaboration du modèle numérique de terrain (MNT) le plus précis possible ainsi qu'une digitalisation de son réseau hydrographique. Au départ de cette étude les difficultés rencontrées étaient essentiellement le choix de sites d'échantillonnage et la méthode d'interpolation. Les forages nivelés nous ont servi comme repère de site d'échantillonnage et la méthode d'inverse de distance comme méthode d'interpolation. Les interprétations de ce modèle numérique de terrain nous a permis d'élaborer une carte de pente et l'extraction du réseau hydrographique.

La morphologie du bassin résultant du MNT élaboré confirme l'état de la connaissance du relief de la zone. Cependant quelques inadéquations sont perceptibles entre les réseaux secondaires et tertiaires des cours d'eau issus du réseau de l'IGB et le nôtre. Les résultats obtenus sont plus satisfaisants. En effet des points choisis de façon aléatoire donnent une bonne précision. Il est à signaler que l'élaboration d'un MNT parfait réside de la qualité des données, de la méthode d'interpolation et surtout des logiciels utilisés.

Comme recommandations nous suggérons les résultats du nouveau réseau hydrographique doit confirmer ou infirmer à partir de vérification sur le terrain des plusieurs points des cours d'eau. Une compilation des résultats des différentes campagnes de nivellement au DGPS effectué dans le bassin du Kou afin d'améliorer la fonction de corrélation utilisée pour la correction du DEM. L'utilisation des logiciels autre que arcgis comme PCI Géomatica. L'utilisation d'images avec une précision encore plus précises comme les images de Quickbird.

Plus précisément la qualité du MNT présente relativement une précision exacte du terrain pour être utilisée dans des recherches très précises pour des études tel que la modélisation hydrogéologique, nivellement des points ou toute autre activité pour les ressources en eau souterraine du bassin de grande précision.

# Bibliographie

## Ouvrages et article:

**Assoma V. (2005) :** Combinaison d'image Ros de radarsat-1 et d'ers-2, et ETM+ de Landsat-7 pour la cartographie des potentialités hydrogéologiques des aquifères de socle fracturé : cas de bassin versant de Koué à l'ouest de la cote d'ivoire. Mémoire pour l'obtention (DEA) en science de la terre. Université de cocody .104 p.

**Antoine S. (2012):** Contribution des SIG et Télédétection à la Connaissance des Aquifères du socle dans le sous bassin de la Sirba : extraction du réseau de fractures majeures. Mémoire pour l'obtention de Master en Infrastructure et réseaux hydrauliques (2iE). 52 p.

**Talnan J. (2009):** Répartition Spatiale, Gestion et Exploitation des Eaux Souterraines. Thèse de Doctorat .Université de Paris Est .141 p.

**Frédéric R. (1997) :** Caractérisation d'erreurs sur un modèle numérique de terrain en fonction de zones morphologiques. Bulletin d'information scientifique et technique de l'IGN n° 75 (2006/1) PAGES 95

**Charles S. (2003). :** Essai de Synthèse d'une image Géographique par combinaison de Données Satellitaire et d'un MNT. Mémoire pour l'obtention (DEA). Université de Liège. .104 p.

**Hussein H. (2011):** Les Apports d'un SIG dans la Connaissance des Évolutions de l'Occupation du sol et de la limitation du risque érosif dans la plaine de la Bekaa (Liban). Thèse unique de Doctorat. Université d'Orléans. .41 p.

**Pascal B. (2008):** Mapping Groundwater Intrinsic Vulnerability Using a new physically based modeling in Kou basin Bobo-Dioulasso/Burkina Faso. Mémoire pour l'obtention de Master en Eau et Environnement (2iE).63 p.

**Noufou G. (2009):** Élaboration d'un Modèle Numérique de terrain pour le bassin du Kou. Mémoire pour l'obtention de Master en Eau et Environnement (2iE).67 p.

**Bachir S. (2003):** Système d'Informations Hydrogéologiques a Référence Spatiale (sihrs) et discontinuités pseudo-images pour la cartographie thématique des ressources en eau de la région semi-montagneuse de man (ouest de la côte d'ivoire). Thèse unique de Doctorat. Université de Cocody .227 p.

**Noël B. (2013):** Caractérisation de l'Hydrodynamisme de la plaine alluviale de karfiguela. Mémoire pour l'obtention de Master en Infrastructure et réseaux hydrauliques (2iE).76 p.

**Elie S. (2013):** Etude des Potentialités Hydrogéologiques d'une Plaine Alluviale en relation avec les eaux souterraines et de surface dans un contexte d'agriculture irriguée (Burkina Faso).Thèse de doctorat. Université de Liège (ULG). 215 p.

**Sompothi Z. (2011):** Caractérisation Hydrologique des Sous-Bassins de la Sandougou en vue de la définition d'espaces de gestion et de valorisation des ressources en eau au profit des communautés. Mémoire pour l'obtention de Master en Eau et Environnement (2iE).73 p.

#### Sites internet

GPS différentiel : [http://fr.wikipedia.org/wiki/GPS\\_diff](http://fr.wikipedia.org/wiki/GPS_diff)

<http://www.forumsig.org/showthread.php/36072-Valeurs-limites-d-interpolation-IDW-et-Krigeage>

<http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html>

# VI- ANNEXES

Annexe1 : Stations DGPS

<b>Station Mobile</b>	<b>Station de Base</b>
-----------------------	------------------------



Annexe 2 : Les points levés sur le terrain (DGPS)

FID	Shape *	REF	X	Y	Z_TERRAIN	Z Image
0	Point	B33	368487.237	1233701.67	427.277	405
1	Point	GPS001	368484.584	1233701.24	427.024	405
2	Point	GPS002	368534.401	1233683.05	426.52	396
3	Point	GPS003	368529.91	1233630.25	424.489	400
4	Point	GPS004	368477.615	1233630.98	424.925	399
5	Point	GPS005	368482.808	1233674.73	426.318	404
6	Point	GPS006	368472.792	1233794.87	428.075	400
7	Point	GPS007	365519.807	1239730.22	323.67	397

8	Point	GPS008	368468.905	1233706.94	426.914	405
9	Point	GPS009	368486.3	1233700.51	427.112	405
10	Point	PS01	347203.3	1252021	306.71	305
11	Point	GPS0001	347210.023	1252020.5	306.771	305
12	Point	GPS0002	347211.997	1252019.33	306.424	305
13	Point	GPS0003	347131.685	1252051.98	306.078	307
14	Point	GPS0004	347042.727	1252098.48	305.704	307
15	Point	GPS0005	346965.863	1252139.55	305.588	303
16	Point	GPS0006	346975.921	1252231.48	305.566	301
17	Point	GPS0007	347062.616	1252210.28	305.472	302
18	Point	GPS0008	347156.86	1252193.43	305.567	307
19	Point	GPS0009	347265.539	1252163.22	305.958	308
20	Point	GPS0010	347343.967	1252111.62	306.682	301
21	Point	GPS0011	347418.953	1252051.38	307.1	302
22	Point	GPS0012	347499.289	1251988.2	307.753	303
23	Point	GPS0013	347552.16	1251923.68	308.032	299
24	Point	GPS0014	347617.281	1251854.11	308.394	309
25	Point	GPS0015	347680.494	1251792.17	309.137	315
26	Point	GPS0016	347743.481	1251713.82	310.797	309
27	Point	GPS0017	347679.546	1251634.16	310.939	308
28	Point	GPS0018	347580.95	1251671.91	309.209	303
29	Point	GPS0019	347486.814	1251711.4	308.386	310
30	Point	GPS0020	347278.168	1251757.61	308.829	304
31	Point	GPS0021	347183.501	1251795.51	308.077	309
32	Point	GPS0022	347085.59	1251817.23	307.055	310
33	Point	GPS0023	347088.896	1251920.07	306.352	304
34	Point	GPS0024	347147.977	1252009.77	306.291	305
35	Point	P03	365524.947	1239708.28	393.79	399
36	Point	GPS0001	365522.049	1239709.87	393.659	399
37	Point	GPS0002	365625.962	1239685.27	394.093	398
38	Point	GPS0003	365728.656	1239664.61	397.087	396
39	Point	GPS0004	365830.966	1239660.34	398.114	402
40	Point	GPS0005	365924.473	1239656.75	399.941	403

41	Point	GPS0006	365901.16	1239556.88	400.788	402
42	Point	GPS0007	365829.028	1239557.65	399.47	401
43	Point	GPS0008	365808.98	1239459.33	400.161	401
44	Point	GPS0009	365707.335	1239456.24	398.384	402
45	Point	GPS0010	365679.121	1239354.09	398.991	395
46	Point	GPS0011	365679.064	1239354.07	398.975	395
47	Point	GPS0012	365583.855	1239364.22	397.723	396
48	Point	GPS0013	365541.114	1239424.87	396.335	401
49	Point	GPS0014	365576.183	1239563.38	395.29	401
50	Point	GPS0015	365545.377	1239659.29	393.908	403
51	Point	PZ05	363854.696	1250420.54	344.52	360
52	Point	GPS0001	363853.48	1250428.83	344.558	360
53	Point	GPS0002	363879.912	1250492.88	342.954	354
54	Point	GPS0003	363901.258	1250574.05	340.559	348
55	Point	GPS0004	363912.509	1250648.02	337.285	338
56	Point	GPS0005	363825.798	1250670.22	338.753	346
57	Point	GPS0006	363747.123	1250667.31	341.423	350
58	Point	GPS0007	363633.698	1250634.84	344.162	347
59	Point	GPS0008	363547.124	1250594.43	346.601	349
60	Point	GPS0009	363470.468	1250554.13	347.974	351
61	Point	GPS0010	363394.128	1250524.89	348.988	350
62	Point	GPS0011	363445.206	1250487.55	349.152	354
63	Point	GPS0012	363561.437	1250471.02	347.979	352
64	Point	GPS0013	363641.129	1250471.22	346.672	344
65	Point	GPS0014	363712.155	1250493.16	345.539	341
66	Point	GPS0015	363786.567	1250380.04	346.557	357
67	Point	GPS0016	363772.789	1250277.74	347.843	347
68	Point	GPS0017	363752.414	1250174.68	349.944	353
69	Point	GPS0018	363742.188	1250060.99	351.383	353
70	Point	GPS0019	363719.64	1249968.11	352.603	363
71	Point	GPS0020	363640.77	1250016.09	353.01	362
72	Point	GPS0021	363600.524	1250071.28	352.547	358
73	Point	GPS0022	363656.694	1250153.24	350.426	354

74	Point	GPS0023	363705.89	1250245.84	348.897	349
75	Point	GPS0024	363771.157	1250320.97	347.389	351
76	Point	PZ12	360757.73	1253339.81	331.66	329
77	Point	GPS001	360754.835	1253329.63	331.827	327
78	Point	GPS002	360745.059	1253274.38	332.757	331
79	Point	GPS003	360718.796	1253181.37	334.924	336
80	Point	GPS004	360682.881	1253109.49	337.771	339
81	Point	GPS005	360785.756	1253122.64	335.947	339
82	Point	GPS006	360893.222	1253102.39	334.932	334
83	Point	GPS007	360978.311	1253056.75	334.08	340
84	Point	GPS008	361066.072	1252986.59	334.48	339
85	Point	GPS009	361141.466	1252909.31	335.337	335
86	Point	GPS010	361232.7	1252852.51	335.23	335
87	Point	GPS011	361370.636	1252874.77	331.625	333
88	Point	GPS012	361467.273	1252953.45	329.447	328
89	Point	GPS013	361476.018	1253059.18	327.263	323
90	Point	GPS014	361409.382	1253134.1	324.451	324
91	Point	GPS016	361368.707	1253200.55	326.284	323
92	Point	GPS017	361329.228	1253293.9	325.633	327
93	Point	GPS018	361277.328	1253416.67	321.557	315
94	Point	GPS019	361205.457	1253486.36	321.159	319
95	Point	GPS020	361095.13	1253510.84	323.369	324
96	Point	GPS021	360965.397	1253555.42	324.988	328
97	Point	GPS022	360863.964	1253609.18	325.369	327
98	Point	GPS023	360754.318	1253678.79	325.328	326
99	Point	GPS024	360657.349	1253755	323.701	321
100	Point	GPS025	360754.59	1253600.1	327.265	328
101	Point	GPS026	360764.72	1253485.2	328.486	330
102	Point	GPS027	360774.982	1253384.54	330.792	329
103	Point	PZ02	353108.533	1230734.43	406.2	410
104	Point	GPS001	353111.399	1230724.19	406.273	411
105	Point	GPS002	353128.038	1230849.79	406.275	410
106	Point	GPS003	353144.992	1230966.31	406.174	408

107	Point	GPS004	353181.936	1231089.77	404.236	408
108	Point	GPS005	353286.452	1231068.77	406.183	409
109	Point	GPS006	353398.471	1231060.5	407.521	403
110	Point	GPS007	353509.546	1231093.62	407.481	417
111	Point	GPS008	353591.838	1231074.35	410	407
112	Point	GPS009	353693.377	1231039.66	412.267	414
113	Point	GPS010	353759.854	1230995.24	414.619	420
114	Point	GPS011	353817.298	1230929.61	417.481	423
115	Point	GPS012	353733.908	1230886.5	416.196	416
116	Point	GPS013	353612.876	1230880.77	413.661	415
117	Point	GPS014	353499.607	1230846.89	411.507	423
118	Point	GPS015	353403.057	1230823.38	410.106	415
119	Point	GPS016	353273.114	1230788.98	408.165	417
120	Point	GPS017	353172.962	1230764.83	406.624	415
121	Point	PZ42	344791.5	1218397.09	451.171	450
122	Point	GPS001	344592.738	1218402.74	446.86	449
123	Point	GPS002	344490.066	1218355.87	444.123	437
124	Point	GPS003	344372.305	1218290.28	440.822	443
125	Point	GPS004	344259.234	1218251.29	438.351	443
126	Point	GPS005	344179.854	1218312.21	437.45	439
127	Point	GPS006	344104.184	1218411.47	436.31	441
128	Point	GPS007	344059.127	1218521.58	437.508	445
129	Point	GPS008	343987.4	1218644.86	437.728	437
130	Point	GPS009	343861.808	1218721.15	436.496	433
131	Point	GPS010	343928.566	1218828.75	438.107	439
132	Point	GPS011	344021.427	1218814.31	439.555	439
133	Point	GPS012	344126.015	1218826.5	441.284	442
134	Point	GPS013	344221.745	1218799.65	442.891	445
135	Point	GPS014	344221.144	1218678.58	441.851	442
136	Point	GPS015	344314.437	1218588.55	442.492	447
137	Point	GPS016	344412.844	1218522.16	443.984	436
138	Point	GPS017	344526.28	1218429.68	445.715	451
139	Point	GPS018	344583.283	1218364.03	446.108	453

140	Point	GPS019	344689.462	1218233.64	446.22	443
141	Point	GPS020	344771.001	1218281.85	448.436	449
142	Point	GPS021	344788.351	1218331.94	449.779	450
143	Point	GPS022	344789.127	1218396.65	450.957	450
144	Point	GPS023	344707.096	1218450.94	449.807	446
145	Point	GPS024	344603.838	1218403.09	447.101	449
146	Point	PZ18	342266.964	1235213.2	360.3	356
147	Point	GPS001	342272.162	1235216.62	360.005	356
148	Point	GPS002	342204.394	1235286.55	360.911	363
149	Point	GPS003	342123.51	1235365.03	359.952	358
150	Point	GPS004	342045.742	1235442.15	359.53	354
151	Point	GPS005	341957.065	1235512.44	359.904	355
152	Point	GPS006	341883.27	1235600.27	359.529	352
153	Point	GPS007	341842.348	1235718.1	358.853	360
154	Point	GPS008	341792.276	1235814.27	358.696	355
155	Point	GPS009	341721.272	1235938.06	358.725	358
156	Point	GPS010	341722.317	1236066.99	358.131	357
157	Point	GPS011	341656.594	1236178.06	357.495	351
158	Point	GPS012	341708.122	1236271.27	356.546	363
159	Point	GPS013	341805.504	1236365.12	355.057	355
160	Point	GPS014	341917.407	1236369.85	353.173	355
161	Point	GPS015	341996.519	1236288.06	353.011	347
162	Point	GPS016	342040.23	1236216.12	353.179	343
163	Point	GPS017	342045.429	1236210.01	353.27	343
164	Point	GPS018	342106.489	1236020.39	354.141	348
165	Point	GPS019	342110.373	1235879.82	355.021	349
166	Point	GPS020	342142.358	1235771.06	355.517	355
167	Point	GPS021	342168.495	1235657.35	356.177	355
168	Point	GPS022	342174.686	1235551.13	356.931	353
169	Point	GPS023	342219.544	1235435	357.26	356
170	Point	GPS024	342251.597	1235332.24	358.812	363

Annexe 3: Les points utilisés pour la comparaison de différents MNT

FID	NOM	MNT1	MNT sud-ouest	MNTz
0	Peni_ESO_01	518.026611	498.538086	506.560669
1	Peni_ESO_02	511.910675	498.538086	502.959259
2	Peni_ESO_03	509.870148	498.538086	502.959259
3	Sokourani_ESO_01	502.385803	497.948792	501.39444
4	Peni_ESO_06	484.050751	482.521606	493.049713
5	Noumdara_ESO_05	513.384521	501.584473	502.405823
6	Noumdara_ESO_01	508.453033	501.493042	501.81424
7	Noumdara_ESO_03	502.749695	500.058472	500.019501
8	Noumdara_ESO_04	501.651825	500.034515	501.045227
9	Noumdara_ESO_02	499.604431	500.058472	500.019501
10	GptBakary_F1	476.686584	520.921936	520.21521
11	Finlande_F1	461.217743	492.138672	491.508057
12	P44	483.873077	491.620392	491.508423
13	P42	449.958313	449.725708	451.245117
14	Balan Kongo_ESO_01	448.909393	449.725708	451.245117
15	Darsalamy_F2	463.357117	461.852234	461.533844
16	Filande_ESO_01	477.727081	463.220032	469.675598
17	Yessora_ESO_01	415.009491	444.11438	445.306213
18	Yessora_ESO_02	421.604309	441.089813	442.230957
19	Darsalamy_F3	474.590363	455.079071	459.253418
20	Kokoura_F1	479.076904	453.284119	457.752167
21	Natie_F1	469.279633	471.517242	481.466309
22	Tien_F1	442.358826	467.474335	466.938171
23	Tien_F2	442.358826	467.474335	466.938171
24	P41	474.027008	479.021912	478.745087
25	Nantié_ESO_01	438.422119	445.579895	447.293091
26	Darsalamy_ESO_04	415.812347	425.263886	423.803101
27	Darsalamy_ESO_01	423.455261	424.415222	423.998047
28	Darsalamy_F1	415.826355	423.602478	421.185089
29	Darsalamy_3	432.129456	425.124207	426.096527

30	Darsalamy_ESO_02	429.210541	425.124207	426.096527
31	Darsalamy_ESO_03	411.281036	419.436859	417.855621
32	Darsalamy_F1	409.423981	419.436859	415.788147
33	Me_F1	409.423981	419.436859	415.788147
34	Kodara_F1	425.987366	435.43573	428.959534
35	Kodara_F2	395.632904	407.451538	395.463501
36	P38	400.398071	407.451538	398.791809
37	Pz13	418.602783	411.647339	422.463196
38	Liesso_F1	449.043457	444.078613	441.460327
39	F4	418.761444	411.647339	422.463196
40	Jirma	425.184235	413.857422	422.479553
41	Farakoba_F2	427.994781	437.129822	436.837616
42	Farakoba_F1	429.411133	429.448364	420.836426
43	P40	428.750244	429.448364	413.00708
44	Matourkou_ESO_05	396.868683	406.988281	406.485046
45	Matourkou_ESO_04	393.961243	406.624542	404.894836
46	Matourkou_F1	385.73172	395.794861	396.175781
47	Matourkou_F2	385.73172	395.794861	396.175781
48	Matourkou_F3	385.73172	395.794861	396.175781
49	Farakoba_ESO_01	404.560425	409.07605	409.079956
50	Matourkou_ESO_03	389.613037	394.415466	394.442932
51	Matourkou_ESO_02	400.790161	400.887695	399.727905
52	P39	398.027466	400.765442	400.104553
53	Matourkou_ESO_01	408.891785	409.999695	413.401978
54	P37	400.232636	387.798676	405.725708
55	P33	458.303711	445.033417	446.999817
56	P35	441.3591	436.991882	437.118103
57	Moamy_F1	408.727478	403.453918	404.273224
58	Lorofesso_F1	378.894165	382.460327	397.186798
59	Logofourouso_ESO_02	388.068756	397.953918	403.923096
60	Logofourouso_ESO_03	391.204071	395.615479	406.309021
61	P36	382.860748	386.436523	410.072235
62	Moamy_ESO_01	396.634918	395.96051	395.162354

63	Logofourouso_ESO_01	394.194397	402.094452	406.309021
64	Moamy_ESO_02	396.541077	398.891541	396.19696
65	Samagan_F2	456.807434	435.839905	447.079346
66	Samagan_F1	438.542572	436.648315	445.55072
67	P27	418.033997	405.409393	423.414368
68	Koumi_ESO_11	374.7677	387.222046	381.203369
69	Pz02	410.482117	393.963287	408.446045
70	Pz03	457.090851	454.818085	443.564819
71	Samogan_ESO_01	415.126465	382.264099	413.070435
72	P34	438.036316	417.028992	444.928284
73	P34 bis	438.036316	417.028992	444.928284
74	Samagan_F1	451.148926	425.092682	449.120209
75	Samagan_F2	451.148926	425.092682	449.120209
76	Koumi_ESO_10	370.3573	380.734009	374.55838
77	Koumi_F1	379.238495	399.53418	395.434357
78	Koumi_F2	379.238495	399.53418	395.434357
79	Torosso_F1	457.44574	487.513367	511.20813
80	Torosso_F2	457.44574	487.513367	511.20813
81	Koumi_ESO_02	371.964233	385.394959	378.402374
82	Samogan_ESO_03	408.852417	396.889618	427.842163
83	Koumi_ESO_03	369.823456	373.954041	378.402374
84	Samogan_ESO_02	404.958282	411.725525	427.842163
85	Koumi_ESO_01	368.902374	373.954041	378.402374
86	Koumi_ESO_09	380.531189	399.687012	399.580811
87	P28	365.963379	356.423828	359.357269
88	Koumi_ESO_04	375.566803	376.862274	380.016235
89	Koumi_ESO_05	372.439392	376.862274	380.016235
90	Koumi_ESO_06	376.897247	386.694	389.037903
91	P30	405.532562	424.576233	437.862671
92	Samogan_ESO_04	407.33432	398.801086	438.014923
93	Koumi_ESO_07	375.500549	375.622131	370.947266
94	Aval zone industrielle	441.760437	389.313812	444.792419
95	P32	489.952454	486.633606	477.294678

96	Koumi_SE2	361.632294	356.645081	358.26059
97	Pz27	462.888123	429.440796	457.46286
98	P29	427.085663	415.656311	434.524384
99	Pz14	427.085663	415.656311	434.524384
100	P31	455.530701	380.218567	455.354156
102	P01	363.272156	363.973267	375.476196
103	P26	363.272156	363.973267	375.476196
104	P26 Bis	440.420471	438.69342	438.871826
105	Pz24	376.3013	380.630615	374.386353
106	Pz19	441.932739	438.163452	439.933441
107	Brakina_Lafi	439.822968	439.984406	439.933441
108	Brakina_Biere	351.78952	345	359.476868
109	P25	360.973297	366.507172	364.641418
110	Pz18	352.483765	358.875366	362.502197
111	Kokoroué_ESO_02	418.550446	418.414856	425.938965
112	Pz28	348.744843	358.875366	358.623077
113	Kokoroué_ESO_03	347.03714	359.033142	358.623077
114	Kokoroué_ESO_04	347.875183	357.767181	357.419861
115	Kokoroué_ESO_01	443.904053	439.27124	442.370331
116	Pz29	368.823975	356.419434	363.296844
117	Kokoroué_F1	365.588257	397.265259	397.461578
118	Toukoro_F1	365.588257	397.265259	397.461578
119	Toukoro_F2	453.997986	443.054932	445.817535
120	P18	338.357178	346.460083	350.276489
121	PKO_01	336.756836	346.460083	350.276489
122	PKO_02	349.326202	346.403473	350.013336
123	Pz09	351.694824	351.715576	354.455383
124	Pz17	341.043671	346.460083	350.276489
125	Pk01bis	350.939941	346.419922	347.627869
126	Pz10	346.896271	352.687286	353.914398
127	Pz20 bis	343.842011	354.553467	349.52597
128	Pz16	359.903687	350.058167	346.13324
129	ONEA F2	375.703918	400.38501	400.796844

130	Niamsoumadougou_F1	347.672485	346.545715	346.106598
131	PN_08	358.727936	353.523987	358.760162
132	Pz11	347.370056	346.545715	346.106598
133	Pz08	395.318848	399.659271	401.174255
134	Dogona_ESO_01	395.318848	399.659271	401.174255
135	Dogona_ESO_02	344.187744	352.332977	346.174316
136	Pz15	341.697937	352.332977	346.141968
137	F3	378.09198	346.232666	346.21991
138	Pz07	338.273315	348.8685	346.141968
139	ONEA F1	365.745087	345.233582	345.900116
140	Pz07 bis	345.198395	352.060059	345.773743
141	P24	366.943573	345.233582	345.900116
142	PN_03	366.915222	345.233582	345.900116
143	PN_04	340.442505	352.060059	346.141968
144	PN_06	334.730042	347.185181	346.141968
145	PN01bis	351.516083	350.784912	348.458252
146	Pz22	356.828583	403.605835	405.70575
147	Samblatoukoro_ESO_04	342.322937	345.714233	345.465515
148	PN_07	360.517212	408.442627	412.713562
149	Samblatoukoro_ESO_03	343.042908	347.882263	346.388275
150	Pz23	394.576843	395.525757	397.867188
151	Dogona_F1	394.576843	395.525757	397.867188
152	Dogona_F2	337.932343	343.63385	344.728821
153	PN_32	337.932343	343.63385	344.728821
154	PN_33	337.932343	343.63385	344.728821
155	PN_26	338.220032	343.63385	344.728821
156	PN_19	338.220032	343.63385	344.728821
157	PN_34Bis	338.220032	343.63385	344.728821
158	PN_34	338.220032	343.63385	344.728821
159	PN_18	338.220032	343.63385	344.728821
160	PN_17	337.932343	343.63385	344.728821
161	PN_27	338.220032	343.63385	344.728821
162	PN_16	338.220032	343.63385	344.728821

163	PN_35	337.932343	343.63385	344.728821
164	PN_15	337.432587	343.63385	344.728821
165	PN_20	337.932343	343.63385	344.728821
166	PN_28	337.932343	343.63385	344.728821
167	PN_14	338.220032	343.63385	344.728821
168	PN_36	337.666931	343.63385	344.728821
169	PN_13	337.950348	343.63385	344.728821
170	PN_37	337.182556	343.63385	344.728821
171	PN_21	337.666931	343.63385	344.728821
172	PN_29	337.666931	343.63385	344.728821
173	PN_12	337.666931	343.63385	344.728821
174	PN_22	337.666931	343.63385	344.728821
175	PN_11	337.950348	343.63385	344.728821
176	PN_30	337.666931	343.63385	344.728821
177	PN_10	337.950348	343.63385	344.728821
178	PN_31	337.666931	343.63385	344.728821
179	PN_09	337.666931	343.63385	344.728821
180	PN_23	337.666931	343.63385	344.728821
181	PN_24	337.666931	343.63385	344.728821
182	PN_25	336.538208	343.63385	344.728821
183	PN_38	335.999634	343.63385	344.728821
184	PN_39	335.770142	343.63385	344.728821
185	PN_40	335.902771	343.63385	344.728821
186	PN_41	430.444702	437.295074	439.623291
187	P02	338.440491	343.63385	344.728821
188	Pz_Nas1	338.440491	343.63385	344.728821
189	Pz_Nas2	374.939606	427.41864	421.817505
190	Niassomadougou_F1	393.487549	391.980225	391.707214
191	P04	403.58313	404.356689	404.783966
192	Sakaby_SE1	333.666748	342.931519	343.923065
193	PN_42	335.141663	342.528168	344.559937
194	PN_43	344.855988	347.582459	344.864868
195	Nasso_ESO_02	352.187775	347.419708	347.554504

196	Nasso_ESO_01	363.061127	396.819611	401.011322
197	Samblatoukoro_ESO_02	349.312775	354.739258	349.764221
198	P22	383.428253	382.965179	387.514465
199	P23	370.472595	400.847839	401.658508
200	Samblatoukoro_ESO_01	340.577515	342.625854	342.447601
201	Nasso_ESO_03	397.181885	384.154816	392.918243
202	P03	336.028656	341.312836	341.538818
203	Nasso_ESO_04	354.723938	346.762909	359.858734
204	Pz01	384.053436	385.102112	386.463135
205	Sakaby_F1	384.053436	385.102112	386.463135
206	Sakaby_F2	334.961334	342.651001	348.230774
207	PDN_12	420.575531	425.951813	423.776062
208	P17	338.839661	340.233643	340.988709
209	Nasso_ESO_05	334.801666	342.599609	344.551392
210	Nasso_F1	334.801666	342.599609	344.551392
211	Nasso_F2	380.863373	384.782166	386.883423
212	Sakabi_F1	336.946564	341.363647	342.98468
213	Nasso_ESO_06	436.197052	418.195892	421.945129
214	P19	337.291992	338.456055	340.12384
215	PDN_14	326.867798	348.039551	348.433716
216	PDN_03	342.156494	338.667664	348.914673
217	Dinderesso_ESO_01	335.882477	338.901276	347.541626
218	Dinderesso_ESO_02	333.379089	337.999146	339.284027
219	PDN_11	335.703979	337.999146	339.284027
220	PDN_09	333.744476	337.999146	339.284027
221	PDN_08	332.993927	337.999146	339.284027
222	PDN_10	332.709991	337.999146	339.284027
223	PDN_05	333.533539	337.999146	339.284027
224	PDN_07	332.794037	337.999146	339.001404
225	PDN_06	332.785065	337.999146	339.001404
226	PDN_02	386.522125	391.819458	388.230835
227	Dogona_F1	332.909088	337.999146	339.001404
228	PDN_01	378.360077	383.051697	377.674744

229	Sagassiamasso_F1	378.360077	383.051697	377.674744
230	Sagassiamasso_F2	378.360077	383.051697	377.674744
231	Dorossiamasso_F1	378.360077	383.051697	377.674744
232	Dorossiamasso_F2	375.864532	374.333313	372.249695
233	Kiri_ESO_01	324.995819	330.187805	341.173035
234	Dinderesso_F1	344.698883	363.805054	365.740723
235	Bana_F1	380.242828	373.31485	380.010193
236	P05	325.9711	330.973694	345.589661
237	PDN_04	373.000244	374.451843	372.249695
238	Kiri_ESO_06	356.486969	357.75	355.284241
239	Souroukoudinga_F1	329.564087	356.665833	355.783508
240	Bana_ESO_03	368.20752	372.755798	370.764709
241	Kiri_ESO_02	346.046021	357.233917	347.182068
242	Souroukoudinga_ESO_02	346.116547	357.233917	347.182068
243	Souroukoudinga_ESO_01	329.868256	358.194336	354.069092
244	Bana_ESO_01	349.819305	355.939026	349.132294
245	Souroukoudinga_ESO_03	327.079498	322.430634	343.836121
246	P21	331.493835	362.192627	360.397491
247	Bana_ESO_04	319.017944	342.816284	346.080261
248	PSO_01	319.447571	342.816284	346.080261
249	PSO_02	329.837311	322.368164	340.175751
250	PDN_13	332.827026	357.028809	353.971069
251	Bana_ESO_02	322.102844	324.226013	335.466187
252	PSO_03	370.627502	368.765869	366.982117
253	Kiri_ESO_05	381.178619	369.158997	369.834045
254	P20	374.88385	368.549377	370.911102
255	P07	374.88385	368.549377	370.911102
256	P08	320.521881	361.2211	360.432098
257	Sossogna_SE3	325.828583	361.2211	358.289307
258	Sosogona_ESO_01	338.247223	338.914185	346.692688
259	GP-Dinderesso_F1	420.583313	424.415222	439.649994
260	P16	394.582214	399.079712	391.899353
261	P06	369.19342	363.370789	360.93158

262	Sagassiamasso_F1	317.342957	344.988983	350.236023
263	PSO_04	370.446167	362.966736	360.93158
264	Kiri_ESO_03	362.589691	364.278015	365.28479
265	Dafinso_ESO_15	362.058228	364.278015	365.28479
266	Dafinso_ESO_14	371.648041	361.4198	360.157532
267	Kiri_ESO_04	314.628845	320.001953	328.905853
268	PD_25	323.605621	330.942566	338.560944
269	Sosogona_ESO_02	358.019012	353.865173	351.901459
270	Dafinso_F1	427.666718	417.767181	424.316742
271	Farakoba_F1	362.532654	389.335327	395.835815
272	Sienne_F1	332.397827	333.362579	330.449921
273	Sansogoma_F1	337.462128	362.574036	363.129883
274	GP-Sourkoudinga_F1	361.684998	394.764282	392.006531
275	Siene_F1	359.663757	359.633484	361.206604
276	Dafinso_ESO_01	358.212128	353.193512	349.011353
277	Dafinso_ESO_02	325.447998	328.484863	333.830627
278	Diaradougou_ESO_01	354.115601	346.677307	348.116089
279	Dafinso_ESO_03	315.535339	321.950684	326.870972
280	PD_30	316.717133	321.582764	325.88736
281	PD_26	352.035187	352.572327	350.368317
282	Dafinso_ESO_07	349.122406	347.815613	342.021484
283	Dafinso_ESO_04	351.329803	343.367035	342.021484
284	Dafinso_ESO_05	390.365601	398.432922	399.768402
285	P14	347.767883	345.723755	346.965332
286	Dafinso_ESO_06	357.385193	355.872925	358.533295
287	Wolankoto_F1	357.385193	355.872925	358.533295
288	Wolankoto_F2	357.385193	355.872925	358.533295
289	Wolankoto_F3	388.25708	386.868744	363.51123
290	P09	313.112335	319.979187	322.554169
291	PD15	312.904297	319.979187	322.554169
292	PD13	319.966248	319.979187	322.554169
293	PD20	322.953186	319.979187	321.382355
294	PD22	312.874359	319.979187	322.554169

295	PD12	312.904297	319.979187	322.554169
296	PD11	313.893829	319.979187	322.554169
297	PD10	317.00708	319.979187	322.554169
298	PD17	319.778961	319.979187	322.554169
299	PD18	314.235657	322.524933	319.969269
300	Diaradougou_ESO_02	372.66925	359.692688	361.931
301	Diaradougou_F1	352.709808	348.552338	335.330811
302	Kimidougou_ESO_04	355.796631	357.496613	356.374695
303	Santidougou_F1	348.191742	343.858215	335.330811
304	Kimidougou_ESO_01	346.174988	341.772675	335.330811
305	P10	309.74472	315.448303	318.046967
306	PD_09	376.075684	375.175476	374.055054
307	Dafinso_F1	307.617371	313.783936	317.671997
308	PD_01	307.5784	313.783936	317.671997
309	PD_02	306.818176	313.783936	317.671997
310	PD_03	307.561249	313.783936	317.671997
311	PD_05	307.142578	313.783936	317.671997
312	PD_04	308.662109	313.783936	317.671997
313	PD_08	307.261902	313.783936	317.671997
314	PD_07	307.878326	313.783936	317.671997
315	PD_06	357.045471	332.710754	335.365204
316	Pz05	308.669434	319.716797	317.406464
317	PS_11	313.49942	313.047485	317.765778
318	PS_10	301.583832	321.054199	318.054016
319	PS_12	304.802429	323.461945	320.743652
320	Sandimisso_ESO_01	310.820953	333.324341	320.888275
321	Sandimisso_ESO_02	318.443024	342.061218	327.468811
322	Sandimisso_F1	326.839142	319.978027	320.116974
323	Banankeledara_ESO_03	323.543762	318.541718	318.127014
324	Banankeledara_ESO_02	345.476532	336.153778	320.270966
325	P11	305.036011	319.698975	315.545227
326	PS_01	302.235687	315.019775	319.573303
327	PS_03	308.252563	310.729401	312.354797

328	PS_04	309.345703	310.655792	312.354797
329	PS_05	309.345703	310.655792	312.354797
330	PS_06	307.358368	310.655792	312.354797
331	PS_07	306.992218	310.655792	312.354797
332	PS_08	316.083923	323.791748	321.893005
333	Banankeledara_ESO_01	306.802216	310.655792	312.354797
334	PS_09	322.310761	323.791748	334.336914
335	Pz06	320.500122	323.791748	344.297974
336	P13	300.9823	310.814392	312.201599
337	PS_02	304.893646	312.900269	311.282135
338	PS_13	329.834442	319.882141	324.827423
339	Pz12	331.909088	325.022675	317.137451
340	P12	306.684052	308.20462	309.797394
341	PB_09	332.356995	320.94165	319.960968
342	Desso_ESO_01	395.291992	403.310211	404.11322
343	Panamasso_F1	369.756866	361.474976	362.955505
344	Dofiguisso_ESO_03	308.132172	307.285217	309.397766
345	PB_06	316.700378	312.722931	312.526642
346	Desso_F1	322.352844	316.416748	319.65744
347	Desso_F2	362.754761	358.156342	349.785553
348	Dofiguisso_ESO_01	323.145355	316.97052	316.834045
349	Desso_ESO_03	347.773315	339.179321	336.803406
350	Dofiguisso_ESO_02	296.786591	304.454834	305.995453
351	PB_08	297.756927	304.170441	305.269348
352	PB_05	307.069031	312.845886	313.328339
353	Bama_ESO_05	306.409485	312.845886	309.372742
354	Bama_ESO_04	300.103088	303.514435	303.67218
355	PB_04	318.038849	322.050293	327.002075
356	Allemandkin_ESO_01	304.409149	304.181519	303.937225
357	Bama_ESO_02	303.58197	304.946472	303.994568
358	Bama_ESO_06	310.783997	322.042419	319.901245
359	Allemandkin_ESO_02	298.462372	304.908691	303.332153
360	Bama_ESO_07	305.819305	302.910522	303.194244

361	Bama_ESO_01	300.729309	302.843323	302.794678
362	Bama_ESO_03	295.136719	302.993439	302.964783
363	PB_07	298.490143	306.921722	302.964783
364	PB_01	304.522614	306.971252	311.461639
365	Laranfiara_ESO_01	308.333801	309.106506	305.551117
366	Laranfiara_ESO_02	309.623657	309.106506	305.551117
367	Laranfiara_ESO_03	339.99762	318.925842	319.693298
368	Panamasso_F1	339.99762	318.925842	319.693298
369	Panamasso_F2	300.585114	301.988495	303.064758
370	Lanfiara_F1	322.48764	319.979187	321.382355
371	PD19	313.078247	319.979187	322.554169
372	PD16	313.181732	319.979187	322.554169
373	PD14	319.188293	319.979187	322.554169
374	PD21	321.335663	319.979187	321.382355
375	PD23	350.045319	347.635437	357.885406
376	P15	311.696686	323.638733	320.511505
377	PzDia02	311.696686	323.638733	320.511505
378	PD_24	313.352081	323.638733	320.511505
379	PD_27	310.574127	323.638733	320.511505
380	PzDia01	357.487091	351.514038	346.874268
381	Dafinso_ESO_11	357.212646	351.514038	346.874268
382	Dafinso_ESO_12	358.750519	351.514038	346.874268
383	Dafinso_ESO_10	350.809174	346.065308	343.262573
384	Santidougou_ESO_01	355.037292	346.437866	346.874268
385	Dafinso_ESO_08	354.125824	346.437866	346.874268
386	Dafinso_ESO_13	355.310028	351.059631	346.874268
387	Dafinso_ESO_09	355.17627	344.67453	357.142242
388	Wolankoto_ESO_03	360.145142	340.937408	356.082336
389	Wolankoto_ESO_02	354.097137	342.710205	357.076904
390	Wolankoto_ESO_04	312.284729	319.978577	320.106476
391	PD_29	348.475067	337.937439	356.051453
392	Wolonkoto_F1	357.078857	340.658081	351.802277
393	Sahouleni_F1	361.542053	359.878937	358.819336

394	Kimidougou_ESO_06	315.126648	323.40564	321.541809
395	Diaradougou_F1	314.441406	323.40564	319.99472
396	Diaradougou_ESO_03	349.183258	338.123657	336.010132
397	Kimidougou_ESO_03	353.207062	344.422302	340.852905
398	Kimidougou_ESO_05	312.256653	317.239868	319.027466
399	PD_28	300.585114	301.988495	303.064758
400	Lanfiera_F2	298.235107	307.685913	301.158844
401	Badala_F1	298.235107	307.685913	301.158844
402	Badala_F2	307.464294	307.017395	304.539154
403	Bama_ESO_09	300.912903	302.078186	302.295471
404	Bama_F1	300.912903	302.078186	302.295471
405	Bama_F3	316.019379	320.000519	320.000122
406	Djirvial_F1	306.396729	312.011078	309.070679
407	Laranfiara_ESO_04	298.309143	305.283386	303.441711
408	Bama_ESO_08	329.395996	316.030731	315.737976
409	Panamasso_ESO_03	294.987885	305.816437	303.441711
410	Bama_F2	341.323944	319.934845	319.922119
411	Panamasso_ESO_02	300.287109	300.000214	299.999054
412	PB_02	343.157043	316.030731	315.796722
413	Panamasso_ESO_04	338.243744	319.961121	317.279785
414	Panamasso_ESO_01	333.278259	316.244385	314.242065
415	Panamasso_ESO_05	293.439758	298.535889	297.897156
416	PB_03	298.613831	300.648529	299.951111
417	Badala_ESO_01	315.412933	312.191406	313.584351
418	ToukoroBOBO_F1	315.412933	312.191406	313.584351
419	ToukoroBOBO_F2	290.452209	295.129944	297.271179
420	Badala_F3	286.295013	291.79071	292.253876
421	PB_05	311.019012	304.527466	303.850342
422	Toukoro_ESO_03	312.193848	301.31842	303.850342
423	Toukoro_ESO_04	315.288879	305.016785	306.30603
424	Toukoro_ESO_01	317.144379	301.31842	301.810394
425	Toukoro_ESO_02	293.374359	304.355804	303.943054
426	Kouroukan_ESO_01	520.417908	498.538086	506.560669

427	Tongogoma_F1	486.95813	479.970184	479.797058
428	Ziga_F2	443.81543	461.848755	457.280273
429	Siga_F1	419.796356	424.415222	419.681244
430	Ziga_F1	386.341156	400.046936	389.552185
431	Matourkou	397.323212	403.658203	402.945923
432	Logofourso	381.442688	389.440552	402.451294
433	Moamy	382.176544	394.965027	394.090607
434	Samagan	403.179871	383.64566	417.241577
435	Koumi	364.86322	373.954041	362.171875
436	BOBO-DIOULASSO	433.730469	419.462616	420.131836
437	Kokoroue	350.014679	358.875366	362.21698
438	Tounouma	422.43811	410.60376	404.698547
439	Nasso	337.876068	339.661133	340.988709
440	Sakabi	383.618927	388.862671	392.680908
441	Dinderesso	327.160919	335.716125	345.395691
442	Bana	328.579651	355.239929	349.153564
443	Souroukoudinga	352.562286	355.939026	349.132294
444	Dafinso	353.917511	346.677307	344.689789
445	Santidougou	348.64209	346.065308	341.744293
446	Ouolonkoto	347.062683	340.471863	356.776947
447	Saoulemi	343.863037	337.895538	344.196655
448	Kimidougou	343.818237	341.772675	330.191559
449	Diaradougou	314.150696	314.439392	318.1716
450	Sandimisso	304.213928	323.461945	327.725037
451	Banakeledaga	323.056183	320.72583	321.366943
452	Banahoro	311.377869	315.371368	315.980896
453	Desso	311.651794	311.734253	311.517944
454	Doufiguisso	350.409027	339.179321	334.21936
455	Lanfiera (Bama)	305.138855	303.92749	305.551117
456	Bama	299.599152	305.283386	303.441711
457	Panamasso	335.966034	316.606079	312.120575
458	Badara	308.542999	301.480835	306.671295
459	Toukoro	310.607758	299.998871	301.810394

