

SOMMAIRE

	Pages
REMERCIEMENT	i
RESUME	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES PHOTOS.....	v
GLOSSAIRE.....	vi
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : ORIGINALITE DU BASSIN VERSANT DE LA NOSIVOLO ET DEMARCHÉ DE RECHERCHE.....	2
CHAPITRE I : NOSIVOLO UN BASSIN VERSANT MARQUE PAR LA TECTONIQUE .	3
CHAPITRE II : LA DEMARCHE DE RECHERCHE.....	21
PARTIE II : LA DEFORESTATION ET LA DYNAMIQUE DU BASSIN VERSANT NOSIVOLO	34
CHAPITRE III : LE CHANGEMENT DE LA COUVERTURE VEGETALE ET LA PERTURBATION DU BILAN HYDRIQUE DU BASSIN VERSANT DE NOSIVOLO	35
CHAPITRE IV : L'EROSION DIFFERENTIELLE ET LE SYSTEME AGRAIRE DU BASSIN VERSANT DE NOSIVOLO	42
PARTIE III : LE CHANGEMENT D'HYDROGEOMORPHOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT NOSIVOLO	50
CHAPITRE V : LES PROCESSUS GEODYNAMIQUES DANS LE VERSANT DE NOSIVOLO	51
CHAPITRE VI : LA METAMORPHOSE DU RIVIERE NOSIVOLO.....	57
CONCLUSION GENERALE	63
BIBLIOGRAPHIE	64
ANNEXES.....	66
TABLE DES MATIERES	69

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Liste des cyclones qui ont touché le district de Marolambo	9
Tableau 2 : La variation annuelle de température	10
Tableau 3 : Les caractéristiques de la rivière Ambodivoangy	13
Tableau 4. : Le relevé des hauteurs des eaux en 1969	14
Tableau 5 : le relevé des hauteurs d'eau de la Rivière Nosivolo en 1976 en mois Décembre	16
Tableau 6 : Les valeurs des coefficients de ruissellement.....	19
Tableau 7 : Les circuits d'observation des travaux de terrain.....	28
Tableau 8 : La description des enquêtes	29
Tableau 9 : la méthode de prélèvement des sédiments utilisés lors les travaux de terrain	30
Tableau 10. Le taux de déforestation	37
Tableau 11. La Répartition de la population par âge et par sexe	39
Tableau 12. La Formule du génie rural	41

LISTES DES FIGURES

	Pages
Figure 1. : La représentation en 3D du bassin versant Nosivolo.....	04
Figure 2 : la carte topographie du District de Marolambo	05
Figure 3 : la Carte géologique du bassin versant Nosivolo.....	07
Figure 4. : Le diagramme ombro- thermique	10
Figure 5 : la variation journalière de la Nosivolo en 1969.....	15
Figure 6 : la variation journalière de la Nosivolo en 1976 en Décembre.....	17
Figure 7 : La carte de localisation de sous bassin versant Nosivolo	27

Figure 8 : la Carte de l'évolution de l'occupation de l'espace en 2011	35
Figure 9 : la Carte de l'évolution de l'occupation de l'espace en 2019	36
Figure 10 : La déstabilisation de la base de versant par l'augmentation du chenal	51

LISTE DES PHOTOS

	Pages
Photo 1 : la Bouteille remplie d'eau	31
Photo 2 : la Bouillage et prélèvement de résidus	31
Photo 3 : la Femme entraîne de labourer la terre dans une parcelle de culture déjà brûlée	48
Photo 4 : la Culture sur brûlis.....	48
Photo 5 : la Coulée boueuse jetant directement dans la rivière.....	53
Photo 6 : le Glissement de terrain	53
Photo 7 : l'Erosion de la berge	53
Photo 8 : la Production secondaire, apports internes en transit.....	54
Photo 9 : la Production secondaire, apports internes en transit.....	54
Photo 10 : la Production secondaire, apports internes en transit.....	54
Photo 11 : la Forte érosion de la berge.....	58
Photo 12 : la Terrasse sableuse facilement érodable.....	58
Photo 13 : l'Ensablement de la rivière Nosivolo en 2011	59
Photo 14: l'Ensablement de la rivière Nosivolo en 2019.....	59
Photo 15 : l'Ensablement de la rivière Nosivolo en 2011	60
Photo 16 : l'Ensablement de la rivière Nosivolo en 2019.....	60
Photo 17 : le glissement du terrain de versant Marolambo	61
Photo 18 : Bloc pierre déposé par les affluents de la rivière Nosivolo	61

GLOSSAIRES

Bassin versant : le bassin versant est une section de cours d'eaux (exutoire) est définie comme la surface drainée par ces cours d'eau et ces affluents en amont de la section.

Compétence : capacité maximal des transports d'alluvions, aptitude d'un fluide pour déplacer des éléments d'une taille donnée.

Crue : augmentation du débit moyen de cours d'eau

Débit : volume d'eau écoulée en un point donné pendant l'unité de temps.

Étiage : les niveaux les plus d'un cours d'eau

Suspension : déplacements des matériaux plus ou moins fins par une cours d'eau au niveau de surface

Turbidité : teneur en trouble, en boues, d'un cours d'eau

Tavy : culture sur brûlis

INTRODUCTION

La déforestation dans le monde tropical est un problème environnemental crucial de cette fin de deuxième millénaire. L'ampleur des dégradations est de 15 à 20 millions d'hectares par an dans les années 1980. Pour Madagascar, la couverture forestière a été évaluée à 9 220 040 hectares perdue chaque année à Madagascar entre 2005 et 2010, soit à 0,4% par an (MEEF¹, 2014). Le plus élevé concerne les forêts sèches de l'ouest avec une perte de 0,9% et 0,8% par an pour la période, pour les Régions de Boeny et d'Atsimo Andrefana. En terme de superficie, les régions d'Atsimo Andrefana et de Menabe sont les plus touchées en ayant perdu près de 66 000 ha et 26 000 ha entre les deux dates c'est-à-dire la moitié des superficies perdues se trouvent dans ces deux régions. Les forêts de basse altitude situées à moins de 400 m d'altitude sont plus touchées que les forêts de haute altitude, et les forêts épineuses et les forêts sèches restent plus menacées par rapport aux forêts humides. Ainsi, 44% des forêts naturelles ont disparu ces 60 dernières années à Madagascar et depuis 2005 le rythme s'accélére. Or, la morphologie fluviale dépend de l'évolution spatio-temporelle de la couverture forestière.

La géodynamique fluviale est régie par l'héritage ancienne et actuelle du cours d'eau. Pour étudier la géodynamique fluviale, il est nécessaire de rendre compte la fonction du sous bassin versant car la celle-ci joue un rôle majeur dans le dynamique fluviale, conditionne l'importance et la compétence des écoulements par son altitude, pente, la lithologie et le climat.

Dans le district de Marolambo, les paysans détruisent la forêt pour avoir du terrain de culture. Or les impacts de ce système de culture semblent actuellement ressentis. C'est la raison pour laquelle que le secteur et le thème ont été choisis : « *l'influence de la déforestation sur l'hydrogéomorphologie dans le sous bassin versant Nosivolo* »

¹ Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et de la Forêt

PREMIERE PARTIE : L'ORIGINALITE DU SOUS BASSIN VERSANT DE LA NOSIVOLO ET LA DEMARCHE DES RECHERCHES

La première partie de notre travail de recherche permet de donner la particularité de notre zone de recherche et de montrer tous les étapes de la réalisation de notre Mémoire de recherche.

CHAPITRE I : NOSIVOLO UN SOUS BASSIN VERSANT MARQUE PAR LA TECTONIQUE

1.1 Une topographie accidentée

Le sous bassin versant du Nosivolo se localise dans la façade orientale de notre Pays. Cette façade montre la cicatrice et l'individualisation de Madagascar au super continent de Gondwana suivant la direction NNE-SSW. Cette fissuration constitue une érosion régressive de l'Est vers l'Ouest. La façade orientale forme un front d'attaque sur la haute terre centrale en entraînant des grands escarpements montagneux faillée et fortement disséqué.

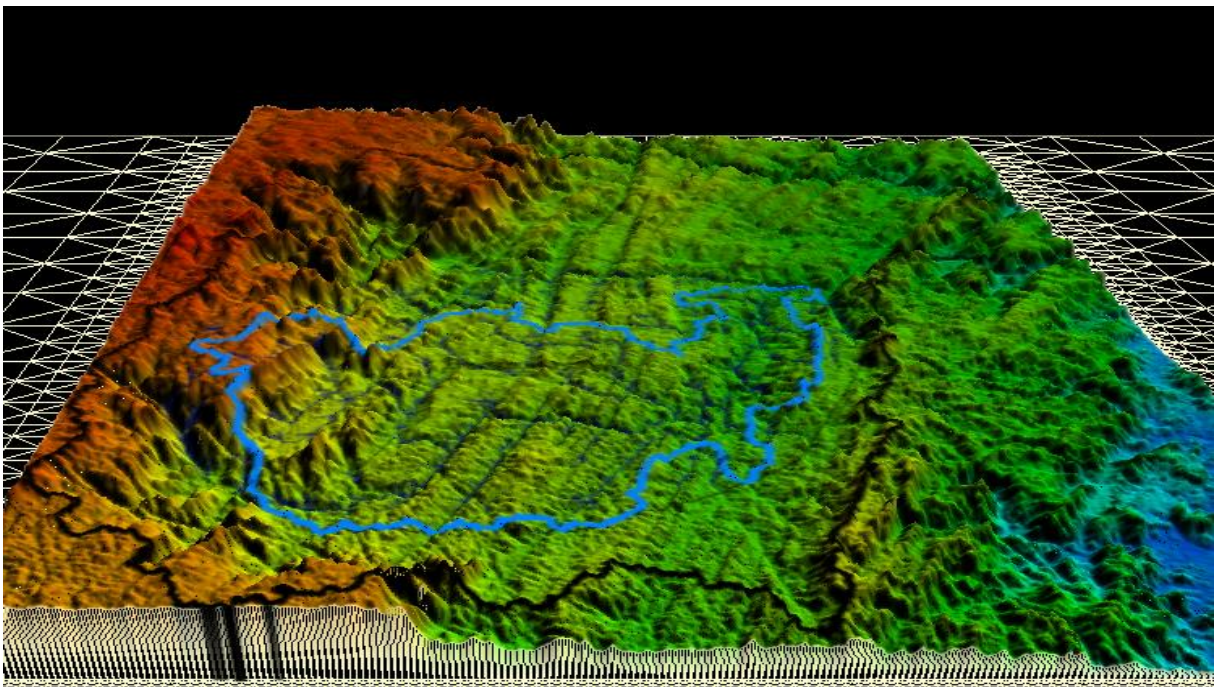
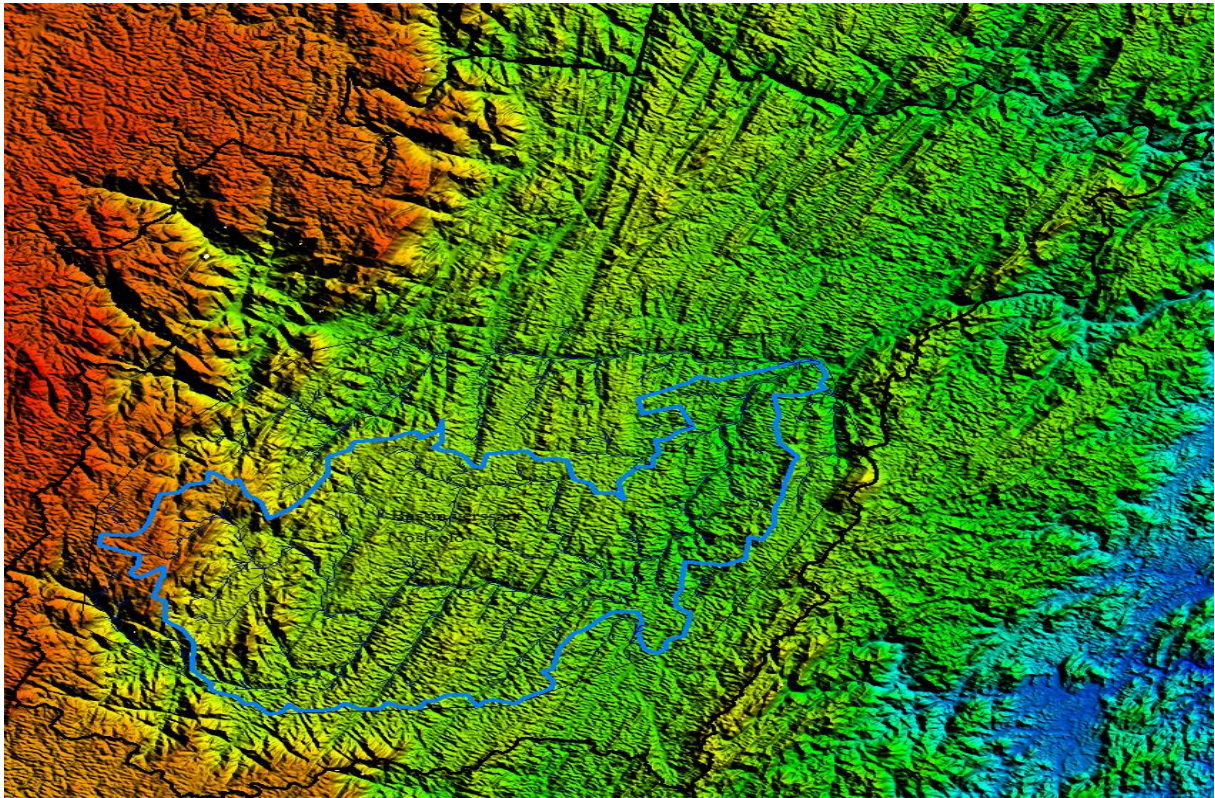
Cette partie est marquée par la succession de collines souvent en pente raide. Leur altitude croît de l'est vers l'ouest. L'élévation d'altitude est brutale en passant dans la zone appelée « zone de la première falaise ou gradin intermédiaire » de la côte Est de Madagascar. Cette falaise constitue une faîtière de 700m à 800m d'altitude. Cette faîtière sépare la zone des basses collines à l'est de la falaise, et la zone des hautes collines. Son point culminant se situe à 830 m au PK² 85.5km de la route Mahanoro-Marolambo. L'altitude diminue au fur et mesure de l'ouest jusqu'à la ville Marolambo et est caractérisé par la pente très faible. Elle oscille entre 450 m et 800 m dans la zone des hautes collines.

Les vallées sont peu étroites et ne suffisent pas la riziculture. La population locale a brûlée les forêts et transformée en tavy. Une érosion intense a donné aux massifs un aspect arrondi caractéristique des formations montagneuses jeunes.

Le climat de la longue lisière orientale dépend étroitement l'originalité physique de cette région. La retombée du socle cristallin qui de gradins en paliers étagées descente des hautes terres sur une dénivellation de 1200 m. presque partout battue par le courant de secteur Est et apporte des masses d'air humides et déversent leurs précipitations en contact du rivage puis lors d'ascension du gradin. C'est la zone « au vent d'alize »

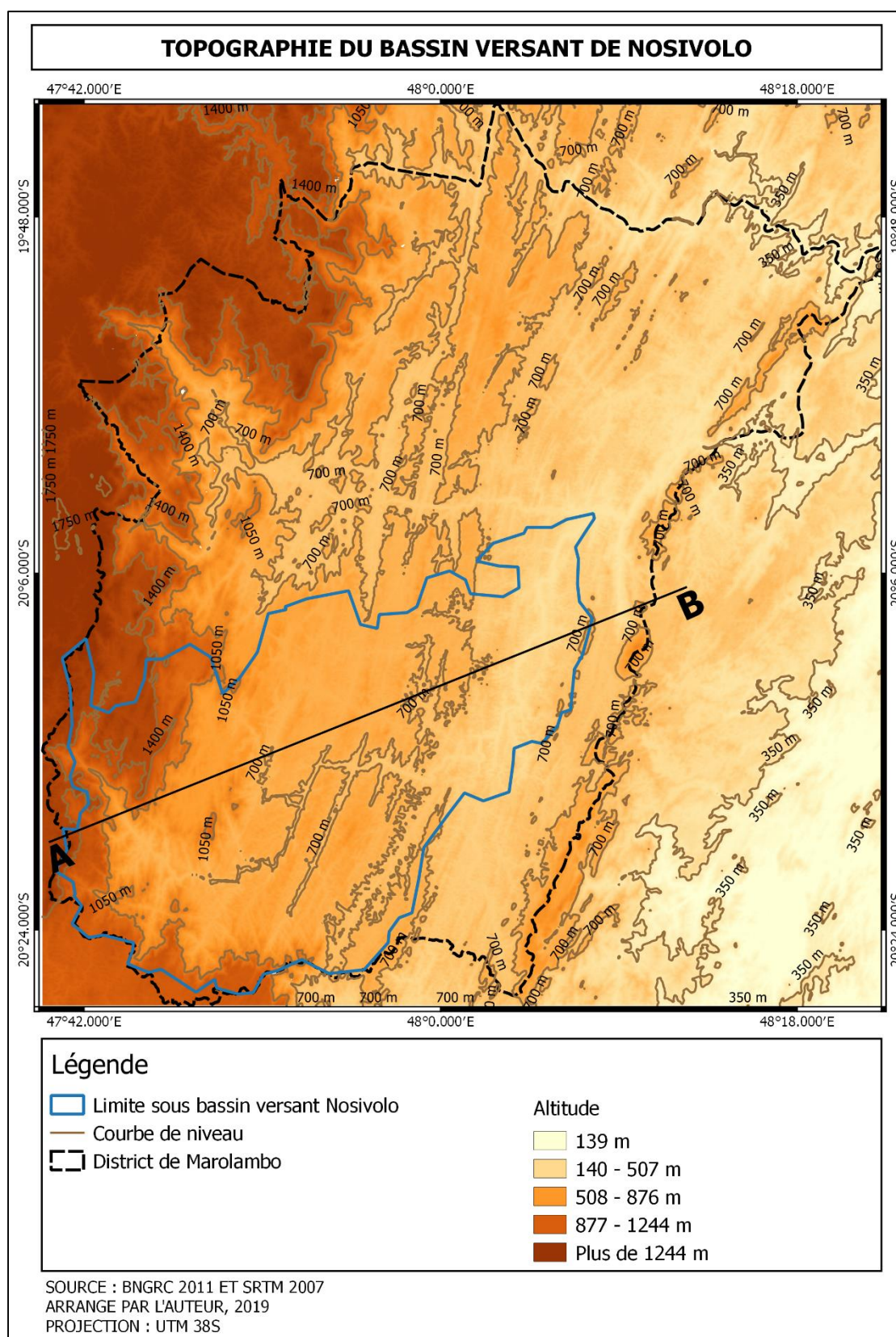
² Point Kilométrique

Figure 1 : Présentation en 3D du sous bassin versant Nosivolo



Source : NMT SRTM, arrangée par l'auteur

Figure 2 : la carte topographie du District de Marolambo



1.1.1 Les caractéristiques du sous bassin versant Nosivolo

Le sous bassin versant Nosivolo a une surface de 2610,60 km². Le périmètre de ce sous bassin est à peu près de 276,76 km avec l'altitude varie maximale de 330 à 1671 m. La pente moyenne est de l'ordre de 17,07 %. En réalité, le sous bassin versant est marqué par une forte dénivellation environ de 1300 m qui est à l'origine d'un relief très contrasté. Cela est confirmé par d'autre indice comme l'indice de compacité K.

1.1.2 L'indice de compacité K

L'indice de compacité K est un indice qui sert utiliser par les hydrologues lors de la caractérisation de la forme du sous bassin versant. On note alors que l'indice de capacité de GRAVELIUS est le rapport entre le périmètre et le surface du sous bassin versant. L'indice K caractérise le sous bassin versant en trois formes :

- Sous bassin versant ramenée ou arrondi,
- Sous bassin versant allongé,
- Sous bassin versant ramifié.

Si $K = 1$, le sous bassin versant est un cercle, et si $K > 1$, il a une forme allongé.

L'indice de compacité est donne par la formule de : $K = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$

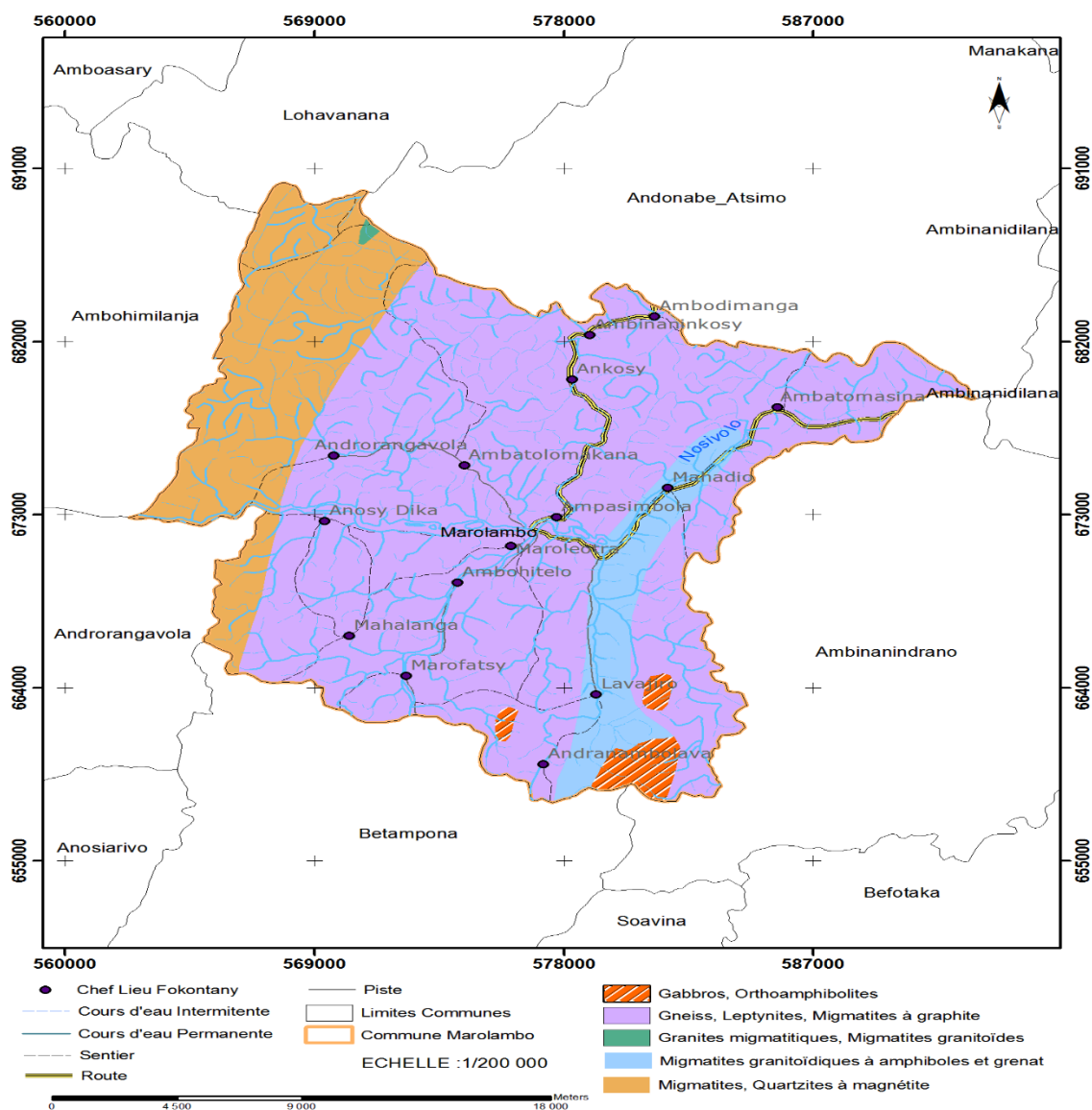
$$K = 0,28 \frac{276,76}{\sqrt{2610,6}} = 1,51$$

Le résultat des calculs que nous avons effectué donne $K = 1,51$ pour le versant de Nosivolo. Donc, Nosivolo se développe dans le cadre d'un sous bassin versant allongée.

1.1.3 L'importance de la tectonique dans la structure du sous bassin

La structure tectonique du sous bassin versant Nosivolo tient un rôle capital dans l'organisation des reliefs. Comme la façade orientale correspond à la cicatrice de la rupture et l'individualisation de Madagascar par rapport au super continent Gondwana qui sont faillé et métamorphisé, les roches du sous bassin versant Nosivolo sont presque des roches métamorphiques. Dans ce cas, la région de sous bassin versant Nosivolo a un relief de montagne multiface forestier et des hautes collines convexes.

Figure 3 : la carte géologie du sous bassin versant Nosivolo



Source : NMT SRTM, arrangée par l'auteur

1.2 Le climat humide de la façade Est

La façade orientale est liée à la retombée du socle cristallin sur l'océan indien des hautes terres et coiffée par le vent du secteur Est, reçoives de humidité abondante. Le climat de la côte Est de Madagascar est un climat hyper-humide sans saison sec : des décembres à avril existent une saison très pluvieux et très chaud pendant laquelle les pluies apportent de 60 à 80

% des totaux annuels. Dès Mai à Novembre, les pluies diminuent en intensité, en volume et en fréquence. On ne peut plus parler de saison sèche car la forme des reliefs engendre toujours des ascendances susceptibles d'entraîner des avers, bruines ou même véritable pluies. Mais le type de temps anticyclonique domine et les plus persistants sur la côte Est de Madagascar. Le plus dominant est les régimes d'alize. Les masses d'air humides charriées par les vents d'Est délivrent leurs eaux sur la plaine côtière et sur le versant bordant les hautes terres. La brise de mer et la brise de terre ont une grande importance climatique sur le littoral.

1.2.1 Le type de temps

L'alizé de secteur Est régit le climat de la majeure partie de l'année. Il est commandé par les courants de haute pression subtropicale. Si la haute pression arrive près de Madagascar, on a un type de temps anticyclonique car l'alizé est actif ou modéré. En outre, si l'alizé se trouve loin de la rive, on type de temps dépressionnaire puisque il y a une influence dépressionnaire méridionale et boréale.

1.2.2 Les cyclones tropicaux

Les régions orientales Malgaches ont été frappées 69 fois par les cyclones tropicaux entre 1920 et 1972. Ceux-ci proviennent des régions habituelles de cyclogenèse de l'océan Indien du sud-ouest et surviennent essentiellement en été (DONQUE G.). Le passage cyclonique sur la grande Ile cause des dommages considérables, celle-ci favorise l'érosion du sol, des glissements des terrains, des inondations.

On note que la saison cyclonique à Madagascar débute généralement en Novembre de l'année précédente pour finir en Avril de l'année en cours. L'envergure d'un cyclone peut varier entre 500 et 1500 km de diamètre. Donc l'effet cyclonique ressenti sur la zone d'étude varie en fonction de la distance de passage.

Les cyclones dans cette liste sont les systèmes qui sont passés au plus près de la zone d'étude pendant la période considérée. Il se peut que pendant certaines années aucun cyclone ne passe assez près de la zone d'étude.

Tableau 1 : Liste des cyclones qui ont touché le District de Marolambo entre 2008 et 2018

Saison	Nom	Période de passage	Intensité maximale atteinte lors du passage au plus près du District	Force du vent moyen correspondant (km/h)
2010	FAMI	03/02/2010	Dépression Tropicale	Inf. à 61
	HUBERT	11/03/2010	Dépression Tropicale	Inf. à 61
2011	BINGIZA	14/02/2011	Cyclone Tropical	Sup. à 118
2012	GIOVANNA	14/02/2012	Cyclone Tropical	Sup. à 118
2013	-	-	-	-
2014	-	-	-	-
2015	-	-	-	-
2016	-	-	-	-
2017	ENAWO	08/03/2017	Tempête Tropicale	62 à 117
2018	AVA	05/01/2018	Cyclone Tropical	Sup. à 118
	ELIAKIM	17/03/2018	Dépression Tropicale	Inf. à 61

Source : Direction Générale de la Météorologie / Direction des Recherches et Développement Hydrométéorologiques Ampandrianomby

Entre 2010 et 2018 (tableau 1), le sous bassin versant Nosivolo est touché par 08 cyclones dans 8 ans. Cette zone peut traverser deux cyclones par ans comme 2010 et 2018.

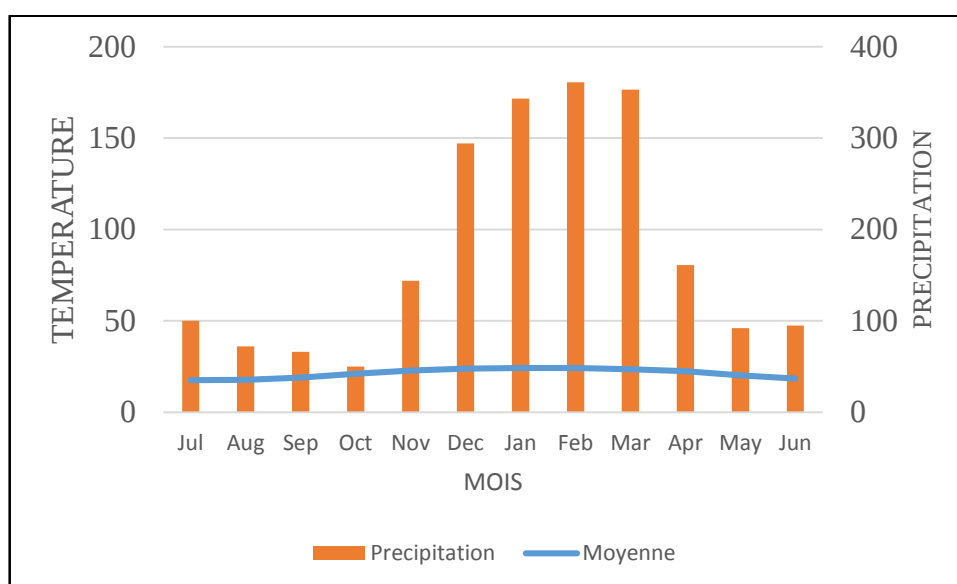
Le sous bassin versant de Nosivolo se localise dans la partie orientale de Madagascar. Le climat est caractérisé par la retombée du socle cristallin sur l’océan indien des hautes terres. Le vent du secteur Est apportent de l’humidité abondante. D’où, le climat du sous bassin est le climat hyper-humide. On ne rencontre plus la saison sèche dans cette zone.

Le climat du District de Marolambo se subdivise en deux saisons :

- la saison très pluvieuse et très chaude (entre mois de décembres à avril) qui se représente 60 à 80 % précipitations annuelles.
- La saison pluvieuse et fraîche (entre Mai à Novembre) et durant lesquelles la quantité pluviométrique diminue au fur et mesure leurs intensités, leurs volumes et leurs fréquences.

La partie orientale de notre pays ne rencontre plus des mois sec (figure 1). Car les reliefs engendrent toujours des ascendances susceptibles d’entraîner des avers, bruines ou même véritable pluies. Grace à la présence de vent dominant du secteur Sud- Est, le type de temps de cette zone est de type de temps dépressionnaire. Les masses d’air humides charriées par l’Alizé délivrent leurs eaux sur la plaine côtière et sur le versant bordant les hautes terres.

Figure 4 : le diagramme ombro-thermique du District de Marolambo



Source : Direction Générale de la Météorologie, 2018

1.2.3 Les éléments du climat

➤ La température

Le maxima de température se trouve en Janvier (30°C) enregistre les plus forte chaleurs, exceptionnellement en décembre et quelquefois en février mais la différence entre les mois d'été sont de l'ordre de quelque dixième de degrés seulement. Le minima a lieu en juillet ou Aout et la encore avec seulement quelque dixième.

Tableau 2 : la variation mensuelle des températures maximal et minimal en 2014

2014	jan	fev	Mars	Avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	Nov	dec
T°Max	30,7	30,0	30,2	28,8	27,6	25,7	24,3	25,0	26,1	28,2	29,2	30,6
T°Mim	23,7	23,5	23,1	21,2	19,6	18,9	17,8	17,4	17,6	21,1	22,2	24,4

Source : Service météorologique Antananarivo)

➤ **Les précipitations**

La plupart des pluies est apportée par le vent du secteur Est. Les pluies orographiques sont primordiales. La quantité pluviométrique annuelle est presque supérieure à 1500 mm. Les maxima sont enregistrés là où le flux frappe perpendiculairement sur les côtes. Exemple : Tamatave 3420 mm ; Maroantsetra 3680 mm

Le relief s'accroît dans l'arrière-pays, lors de l'ascension des gradins des reliefs et le rivage provoque un phénomène d'ascendance et les pluies orographique se forme, le vent du secteur Est humide déverse leur précipitation sur celle-ci.

➤ **L'influence des cyclones tropicaux**

La grande quantité d'eau tombe durant le passage cyclonique peut être due à la convergence entre l'alizé et la mousson qui engendre de vigoureuse ascendances et une convergence intertropicale. Les cyclones tropicaux apportent des maximums de pluie durant leur passage. Exemple : Marolambo en 14 janvier 1954 ; 225,0 mm en 24 heure

1.3 Le régime hydrologique

Les fleuves de la côte orientale sont courts. Leurs régimes hydrologiques sont rapides grâce aux montagnes multifacettes et accidenté. La plupart des rivières de la cote Est suivent les failles. La rivière Nosivolo circule dans la bande synclinale gneissico-migmatitique.

La région de Marolambo est drainée par les grandes rivières Sandranamba et Nosivolo. C'est-à-dire que la rivière de Sandranamba coule dans la direction NO – SE et elle n'est pas longue, mais elle est rapide et irrégulière. D'où, le régime hydrologique est torrentiel. Tandis que celle de Nosivolo conflue avec les petites rivières de Sakara et de Sahave à l'entrée du village d'Ambodivoara. Leur direction tend vers SO – NE. Leurs confluences constituent le plus grand cours d'eau de la région. Dans son cours moyen, elle présente un angle droit. Les deux cours d'eau ne sont pas navigables en général, sauf pour quelques sections de faible longueur. Ceci est dû à l'abondance de rocher dans leurs cours et à l'irrégularité de leurs débits. Des crues violentes balaient tout sur leur passage pendant la période pluviale. De nombreux rapides, chutes et cascades longent les cours d'eaux. Certaines de ces chutes peuvent atteindre 100 m à 200 m. Par contre, des bancs de sables affleurent pendant la période sèche.

1.3.1 Le régime du sous bassin versant et caractéristique de la rivière Nosivolo

Sous un climat hyperhumide, précipitation annuelles 2000 mm, pour le secteur mieux arrose plus de 3000 mm où les vents sont perpendiculaire au rivage avec une température autour de 20 à 25°C dans une saison peu contrasté, en saison fraîche les précipitations mensuelles dépassent les 1000 mm. Une évapotranspiration potentielle annuelle comprise entre 1000 et 1300 mm.

Les sous bassins reposent sur les formations du socle cristallin profondément altérés en latérites, recouverte par des végétations dense ombrophile très souvent dégradé en « *savoka* ». La forte pente et une couverture végétale dense sont souvent dégradées en *savoka*. Par ailleurs, les débits de crue sont très élevés. On estime alors que le débit de point spécifique médian est de l'ordre de 300 et 1200 l/s/km et celle de décennaux de l'ordre de 1000 et 2700 l/s/km (ONE, 2011).

1.3.2 La compétence et la dynamique de la rivière Nosivolo

➤ La compétence de la rivière Nosivolo

En raison de la forte pente et une déforestation massive (0,5 % pour un terrain de 2ha entre 2005-2010 selon ONE) diminuent peu à peu la couverture forestière. C'est la raison pour laquelle qu'en période de décrue le niveau de la rivière Nosivolo diminue et période de crue le volume d'eau augmente. En période de crue, la rivière Nosivolo a une compétence très forte surtout en période cyclonique et la hauteur des eaux augmente aussi.

➤ La dynamique de la rivière Nosivolo

Le fleuve de la côte Est sont rapide et courts. Ils ont vitesse rapide, car la côte est un gradin de faille. Donc des nombreux failles sont traverse par les rivières en forme des chute d'eau les long de leur parcours avant le déversement dans le fleuve de Mangoro et en mer.

La rivière Nosivolo tire sa source dans la falaise betsimisaraka³ et surtout dans le corridor Fandriana-Marolambo. C'est-à dire que la plupart des cours d'eau alimentent la rivière Nosivolo et viennent de ces zones.

1.3.3 La caractéristique de la rivière Nosivolo

La rivière Nosivolo a un régime hydrologique pérenne, elle coule toute l'année mais en période de crue et ou moment des cyclones Nosivolo prend un régime torrentielle. Son débit et sa compétence augmente considérablement. La rivière Nosivolo suit la direction du pendage des couches c'est-à- dire la rivière orthoclinale. Tandis que son affluent Sandranamby est perpendiculaire au couche.

Tableau 3 : les caractéristiques de la rivière Ambodivoangy

	En période de crue (décembre-mars)	En période de décrue (septembre-novembre)
Largeurs (m)	50	30
Profondeur (m)	10	60 cm
Couleur	Couleur terre cuite, du fait du reflet rouge rappelant la couleur de l'altérité issue de la dégradation ferralitique/latérite	Couler terre cuite (rouge)

Source : Observation et enquête personnelle de l'auteur, novembre 2018

Ce tableau nous informe que la largeur et la profondeur de la rivière Nosivolo changent en fonction des périodes, par contre ses couleurs restent rougeâtres en toutes saisons. Ce qui montre que les actions érosives continuent toute l'année.

³ Groupe ethnique qui loge la côte orientale

Tableau 4 : le relevé des hauteurs d'eau dans la station météorologique Marolambo, 1969.

Jours	Hauteur à 6 heures	Hauteur à 18 heures
1	285	295
2	300	306
4	275	260
5	300	291
6	263	250
7	243	229
8	218	212
9	208	204
10	195	190
11	188	184
12	190	187
13	195	188
14	196	192
15	196	197
16	197	194
17	193	198
18	190	194
19	186	191
20	184	187
21	185	183
22	190	186
23	200	185
24	250	193
25	258	202
26	265	254
27	262	260
28	268	264
29	268	266
30	256	270

Source : service hydrologique de la Direction Générale de la Météorologie Ampandrianomby, 1964.

Figure 5 : la variation journalière de la Nosivolo en 1969

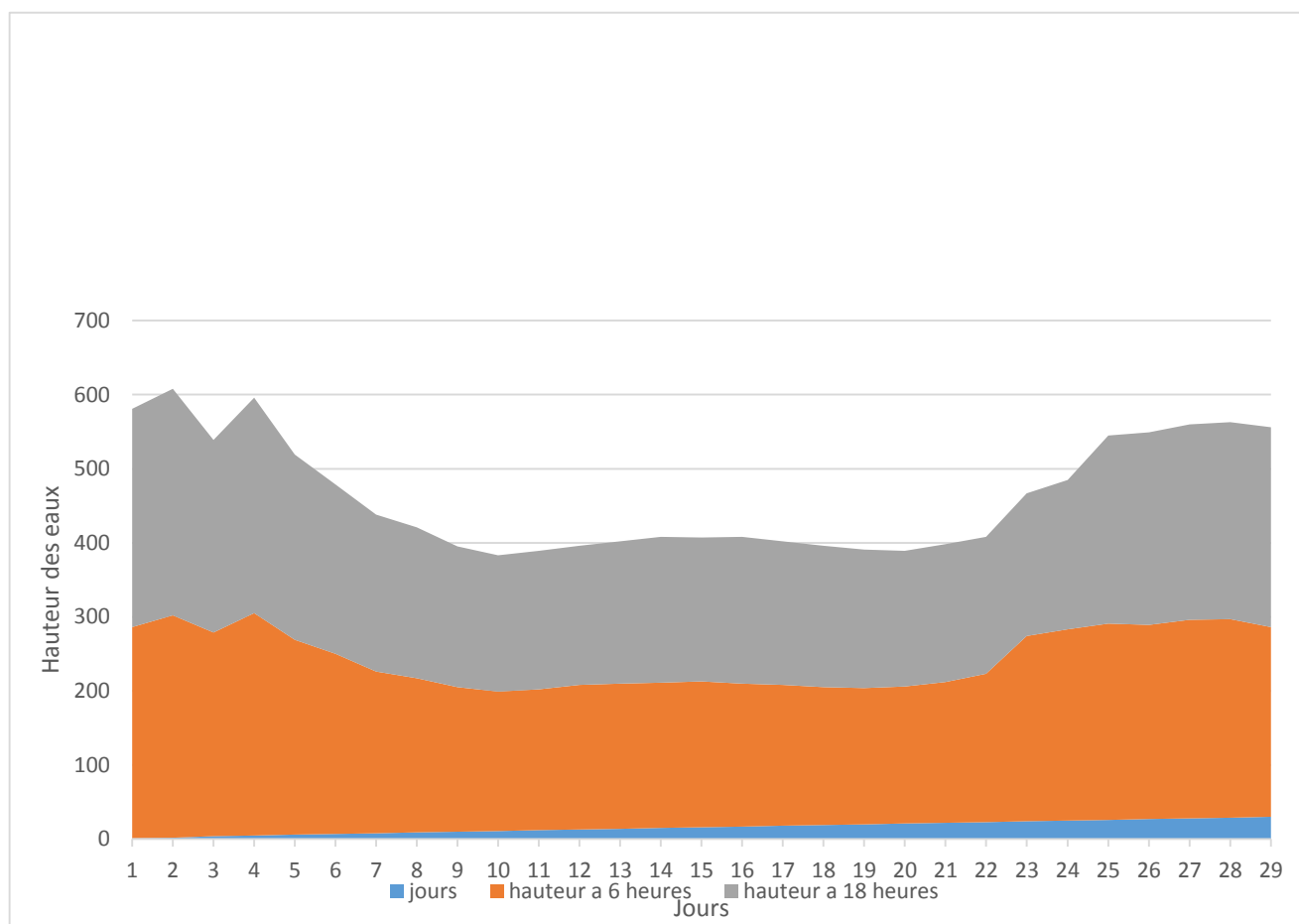
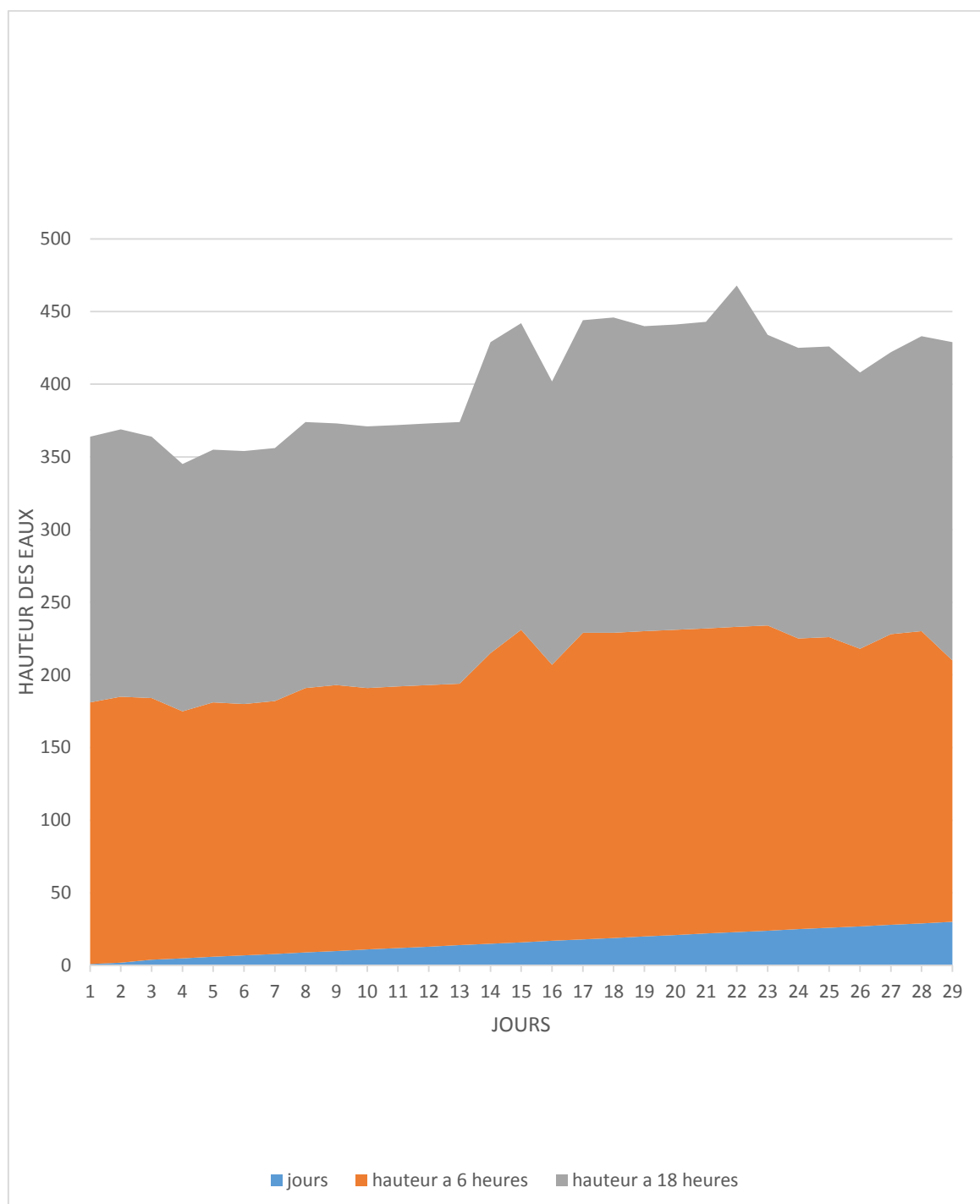


Tableau 5 : le relevé des hauteurs d'eau de la Rivière Nosivolo en 1976 en mois de Décembre.

Jours	Hauteur à 6 heures	Hauteur à 18 heures
1	180	183
2	183	184
4	180	180
5	170	170
6	175	174
7	173	174
8	174	174
9	182	183
10	183	180
11	180	180
12	180	180
13	180	180
14	180	180
15	200	214
16	215	211
17	190	195
18	211	215
19	210	217
20	210	210
21	210	210
22	210	211
23	210	235
24	210	200
25	200	200
26	200	200
27	191	190
28	200	194
29	201	203
30	180	219

Source : POPO Gabriel, 1976

Figure 6 : la variation journalière de la Nosivolo en 1976 en Décembre



Source : service hydrologique Ampandrianomby, 1976

1.3.4 Le débit et la vitesse

Le débit est le volume d'eau qui traversant une section transversale de l'écoulement, par unité de temps. Pour calculer le débit d'eau pluvial, on va utiliser la formule rationnelle qui valable pour une petite versant comme Nosivolo.

Formule rationnelle :

$$Q=0,278 C I S$$

Avec : Q : débit d'eau pluvial en m³/s

C : coefficient de ruissellement

I : intensité de pluie en mm/h

S : superficie du sous bassin versant en km²

C dépend de la couverture végétale du sous bassin versant. En principe un sous bassin versant est couvert par des différents couches de végétation, à chaque couche un coefficient de ruissellement est associe.

Le coefficient de ruissellement est de :

$$C=\frac{S_1C_1+S_2C_2+\dots+S_nC_n}{S_1+S_2+\dots+S_n}$$

Le coefficient de ruissellement est également en fonction de la pente du terrain.

Tableau 6 : les valeurs du coefficient de ruissellement.

Nature de la couverture	C	Pente du terrain I
Plates-formes et chaussée de route	0,95	-
Terrain dénudé ou végétation incouvrante ou labour frais	0,70 0,75 0,80 0,85	I < 5% 5% < I < 10% 10% < I < 30% 30% < I
Culture couvrante Petite brousse	0,52 0,60 0,72 0,80	I < 5% 5% < I < 10% 10% < I < 30% 30% < I
Brousse dense Savane à sous-bois	0,30 0,36 0,42 0,50	I < 5% 5% < I < 10% 10% < I < 30% 30% < I

1.4 La nature pédologique du sous bassin versant

Les sols des régions de Marolambo sont de type ferralitique. Dans la forêt, le sol est couvert d'humus. Les plaines et les vallées, notamment dans les plaines Androrangavola et Ambohimilanja, sont constitués de quelque rares terres alluviales. Les sols peu évolués sont facilement érodable de par leur richesse en sable et limons.

1.5 Les végétations du sous bassin versant

Les formations végétales dans la région de Marolambo sont formées par des forets ombrophiles sempervirente en générale.

➤ **La forêt dense**

Actuellement, la forêt dense de l'Est se recule du fait de la culture sur brûlis, et se localise dans les zones inaccessible ou hostile.

➤ **La forêt dégradée**

Le district de Marolambo est un paysage de montagne multiface forestière et collines convexes, le bas-fond peu étroit. Celle-ci pousse les paysans d'occupe le flanc de la colline pour cultiver le riz. Suite à la mise en feu successive, les forêts se dégrade est se transforme peu à peu en *savoka*⁴.

⁴ Forêt secondaire

CHAPITRE II : LA DEMARCHE DE RECHERCHE

2.1 Conception du travail de recherche

La démarche de recherche que nous avons adoptée est de déductive. En tenant compte les données fournies par les images satellites et éclaircie par les renseignements bibliographiques, nous avons pu formuler des hypothèses .Notre démarche visait à confirmer ces dernier, par les biais des travaux de terrain, desquels, des données furent issues, dépouillées et analysées.

2.1.1 La phase de recherche bibliographique

➤ Les ouvrages consultés :

En matière de travaux bibliographique, nous avons consulté des ouvrages pouvant nous renseigner sur le présent du thème et les sites concernés. Nous avons recueilli ces ouvrages au sein de la bibliothèque de la Géographie et de l'université d'Antananarivo. Nous nous sommes penchés également sur les mémoires et les thèses disponibles en ligne. Nous avons choisi le sous bassin versant Nosivolo et le thème que nous avons abordé est « *l'influence de la déforestation sur l'hydrogéomorphologie dans le sous bassin versant Nosivolo* »

A partir d'exploration bibliographie, voici les différents concepts concernant cette recherche sur le sous bassin-versant et l'hydrogéomorphologie ayant permis de mener des recherches approfondies concernant le sous bassin-versant de la rivière de Nosivolo et les impacts de la déforestation sur cette rivière.

2.1.2 SOUS BASSIN VERSANT ET HYDROGEOMORPHOLOGIE.

Le titre de recherche étant : « *l'influence de la déforestation sur l'hydrogéomorphologie dans le sous bassin versant Nosivolo* ». Il est nécessaire d'expliquer brièvement le terme hydrogéomorphologie, sous bassin-versant, sédimentologie fluviale, déforestation et le changement climatique.

➤ La notion hydrogéomorphologie

Le concept d'hydrogéomorphologie ou géomorphologie fluviale n'a été formalisé comme discipline à part entière que récemment, à la suite des premiers travaux de synthèse

réalisés dans les années 1950 aux Etats-Unis notamment. En France, le pionnier fut Jean Tricart avec les études qu'il réalisa sur les manifestations morphologiques de la torrentialité des rivières cévenoles, languedociennes et catalanes suite aux crues de 1957 et 1958. Il est initié aussi les études sur la géomorphologie des cours d'eau d'Afrique occidentale, l'ensemble dans la perspective d'un aménagement du territoire respectueux des milieux fluviaux.

L'objectif de cette discipline est d'étudier la dynamique fluviale (débits, crues, etc.) et les formes qui en résultent (morphologie fluviale). Autrement dit, l'hydromorphologie fluviale s'intéresse aux processus physiques qui régissent le fonctionnement des cours d'eau. Ainsi, l'hydrogéomorphologie est l'étude de l'évolution géomorphologique des cours d'eau et cette discipline tient compte de la géologie (substrat d'écoulement), de la sédimentologie, de l'hydraulique, de l'hydrologie, de la biologie et de l'écologie fluviale.

➤ **Le sous bassin versant : définition et caractéristique**

Le sous bassins versant est la surface drainée par un cours d'eau principal avec ses affluents, surface qui collecte les eaux fluviales. Il est aussi une surface plus ou moins importante dans laquelle s'organise tout un chevelu de réseau hydrographique hiérarchisé ou pas, alimenté par les eaux pluviales, Nivales, glaciaires et les sources. Le sous bassin-versant est délimité par des lignes de partage des eaux encore appelées *interfluves*. Il joue un rôle majeur dans la dynamique fluviale car il conditionne l'importance et la compétence des écoulements :

- superficie : importance du réseau hydrographique
- altitude (pente) : compétence des écoulements
- lithologie : importance de l'érosion
- débit solide
- climat / conditions météorologiques : quantité d'eau disponible.

➤ **La sédimentation fluviale**

Le phénomène dans lequel un cours d'eau transporte des sédiments (soit par suspension, soit par charriage ou saltation) et les déposent à un endroit donné. De ce fait, dans un sous bassin versant, la sédimentologie ainsi que l'érosion sont fonction du caractère de ce sous bassin-versant d'une part, et de la dynamique fluviale d'autre part. Mais cette dynamique fluviale est aussi fonction du sous bassin-versant. En effet les sédiments résultent en partie des travaux des cours d'eau et théoriquement, les dépôts fluviaux sont de type granodécroissants ;

c'est-à-dire que les éléments grossiers se localisent au fonds (à cause du mouvement en charriage) et les éléments fins en surface (mouvement en suspension).

➤ La variabilité climatique

Evolution naturelle du climat depuis l'ère précambrien jusqu'à nos jours et on parle de changement climatique si on observe un changement pertinent de la valeur moyenne de température mondiale au minimum en 30 ans : par exemple entre 1960 et 2000. Ce phénomène influe la dynamique fluviale car les irrégularités des précipitations entraînent des variabilités des crues ainsi que des débits des cours d'eau, d'où la modification de la dynamique fluviale.

Dans ce cadre de conceptualisation, nous nous sommes basés sur quelques ouvrages : **-NEUVY (G.), 1991, « *L'Homme et l'eau dans le domaine tropical* », Ed. Masson, Paris Milan-Barcelone-Bonn, 227p.** Cet ouvrage décrit le rôle important de l'eau pour l'Homme dans tous ces aspects : agricole, sanitaire, alimentation, au niveau pédologique ainsi qu'au niveau des formations végétales. Pour cela, l'auteur essaye d'apporter une contribution scientifique en partant d'abord du cycle de l'eau et ces différentes phases. L'auteur analyse aussi les précipitations atmosphériques ainsi que leurs conséquences sur les débits et crues des cours d'eau. Il souligne que les valeurs de débits varient proportionnellement avec les précipitations, mais sont aussi fonction de la pente et superficie du sous bassin-versant. Cet ouvrage nous a présenté beaucoup d'intérêt et a orienté nos réflexions car l'auteur affirme que « Lorsqu'un fleuve en crue, à forte pente débouche dans une plaine alluviale quasi horizontale, il sort de son lit avec une force érosive telle qu'il creuse souvent un nouveau lit. La décrue est tout aussi brutale et provoque une décantation des matériaux solides, particulièrement là où la vitesse est moindre, notamment dans l'ancien lit. Ainsi se constitue un obstacle d'alluvions qui, au moment de la baisse de niveau de l'eau, interdit au fleuve de reprendre son ancien lit.

➤ **Concernant les sites**

- ✓ **Le Mémoire de DEA en géographie à l'université d'Antananarivo soutenue par Rahaeisoa Antoine Clara, (2004) intitulé : étude Bio-écologique d'un poisson, Katria, Sparks, CICHLIDAE endémique de la rivière nosivolo, Marolambo :**

Le sous bassin versant Nosivolo est une zone humide riche en espèces echtyophones endémique. Il abrite actuellement une vingtaine d'espèce qui sont menacés de disparaître à cause de l'incapacité de la société à ménager les ressources naturelles. Le paysage agraire est désordonné et parcellisé par le nombre de population qui ne cesse de croître. Alors la pêche considérée comme une distraction est devenue une activité émergente entraînant une diminution du nombre des poissons endémiques devant ceux introduit, plus compétitifs dans une rivière qui souffre d'ensablement.

- **Le Mémoire de maîtrise en géographie de RAMARATSIALONINA Eddy Christian(2005), contribution à la valorisation du corridor forestière Fandrina-Marolambo : cas des krisiansy, Andohariana et D'Ambodivoara :**

Le corridor forestier Fandriana – Marolambo dispose de potentialités basées sur les ressources naturelles et culturelles. Ces potentialités souffrent pourtant de la dégradation due à son exploitation irrationnelle et l'action de déforestation. La population riveraine du corridor est constituée de Betsimisaraka dans la partie Est et de Betsileo dans la partie Ouest, qui sont tous des agriculteurs. Ces derniers exploitent la forêt de façon traditionnelle. Ils défrichent et brûlent la forêt pour obtenir des espaces à cultiver. Ils exploitent en même temps les ressources ligneuses et non ligneuses de la forêt pour satisfaire les besoins locaux. On observe l'avancement rapide de la dégradation de la forêt de l'est.

- **Madagascar tribune.com, septembre 2017**

Nosivolo septième site de Ramsar de Madagascar, Nosivolo est officiellement le septième site de Ramsar de Madagascar le 17 septembre 2010, la convention de Ramsar⁵ est une traite internationale pour la convention et l'utilisation durable des zones humides, visant à enrayer la dégradation et la perte de zones humides en reconnaissant les fonctions écologiques fondamentales de celles-ci ainsi que leur valeur économique, culturelle, scientifique et

⁵ Ville en Iran

récréative. La rivière Nosivolo est riche en poisson endémique, malgré la richesse en poisson endémique, la rivière Nosivolo est menacé par la dégradation du sous bassin versant et les cours d'eau ainsi que la biodiversité dulcicole alors que la rivière Nosivolo a une richesse en poisson endémique.

2.1.3 L'élaboration problématiques et hypothèse des recherches

➤ La problématique des recherches

La région Atsinanana est l'une des régions qu'on trouve des forêts dense humide sempervirente. Mais à présent ce forêt humide de la côte Est de Madagascar subit une déforestation due à l'action anthropique, la forêt de la basse altitude subit une forte déforestation tandis que la forêt des hautes altitudes reste car inaccessible et impropre à la culture, la fameuse parabole : « quand la forêt de l'Est est disparue » semble désormais une réalité, la forêt de l'Est commence à perdre sa surface et victime de déforestation due aux activités humaines depuis l'arrivée des proto-malgache⁶. Aujourd'hui, les effets de la déforestation dans la région sont visibles. Par conséquent, nous nous posons la question suivante : « ***Dans quelle mesure la déforestation influe-t-elle sur l'hydrogéomorphologie du fleuve de Nosivolo ?*** »

De cette question principale viennent les questions de recherches secondaires suivantes : Quel lien existe-t-il entre la déforestation et la morphologie du rivière Nosivolo ? Quelle est l'impact de la déforestation dans le sous bassin versant Nosivolo et leur évolution au cours du temps.

L'objectif global de cette étude est d'analyser le lien entre la déforestation et la dynamique fluviale de la rivière Nosivolo. Et l'objectif spécifique y est d'évoquer la conséquence de la déforestation sur la rivière et sur le sous bassin versant aussi enfin d'identifier les interrelations.

➤ Les hypothèses des recherches

La déforestation dans cette localité transforme l'hydrogéomorphologie du bassin versant de Nosivolo. L'objectif global de notre travail de recherche est d'analyser le lien entre la déforestation et la dynamique fluviale de la rivière Nosivolo. De même, cette recherche évoque

⁶ Migrant et ancêtre malgache et ces eux constitue le peuple malgache

la conséquence de la déforestation sur la rivière et sur le bassin versant aussi enfin d'identifier les interrelations. C'est-à-dire que :

- La nature topographique et le problème des parcelles rizicoles favorisent le défrichement des forêts:
- La déforestation constitue les facteurs de la diminution des quantités d'eau et perturbe le bilan hydrique en engendrant le débordement de la rivière lors de la saison des crues.

2.1.4 Conceptualisation du travail de recherche : questionnaire et cartographie

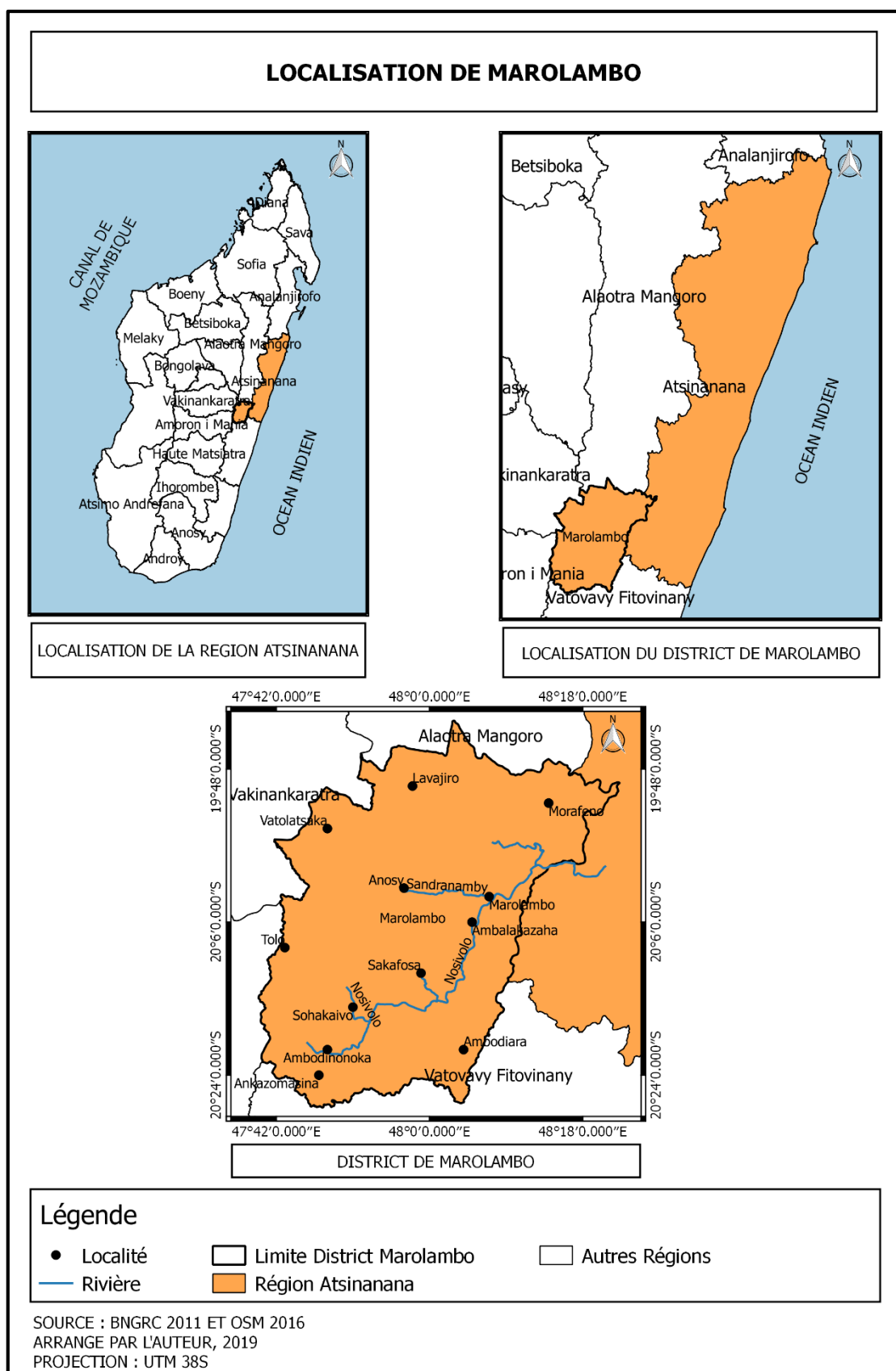
Nous avons utilisés le système d'information géographique (SIG) pour l'observation, l'analyse et la représentation de notre étude et en particulier pour l'exploitation des données cartographiques existantes et la création de carte relative à notre sujet d'études. Le questionnaire est sous forme de type d'interview semi-structure qui repose sur une écoute guidée suite à quelques questions prédéfinies des personnes ressources et des représentants administratifs locaux et les enquêtes avec les paysans.

2.2 Le travail sur le terrain

2.2.1 Observation et description de la zone de recherche

Notre travail de recherche se situe dans, la partie Est de Madagascar dans le district de Marolambo. La rivière Nosivolo Prend sa source sur la falaise Betsimisaraka, au niveau du corridor Fandriana. Cette rivière se localise entre la longitude 48° et 48°18' E et la latitude 20° et 20°24'S. Le sous bassin versant de Nosivolo constitue une unité administrative : le district de Marolambo. Le district de Marolambo se localise entre 48° et 48°18' de longitudes est et 20° et 20°24' de latitudes sud. Ce district se trouve dans la région Antsiranana qui compose le sous bassin versant oriental malgache.

Figure 7 : la localisation de sous bassin versant Nosivolo



2.2.2 La collecte des données : sites d'observation, taux d'échantillonnage

Les travaux de terrain ont constitué les étapes suivantes de notre démarche, qui nous ont permis de vérifier ces hypothèses.

➤ L'observation sur le site et le collecte de données sur le terrain

De l'amont en aval du sous bassin versant Nosivolo, les travaux de terrain que nous avons effectués s'étaient déroulés sur les trois sites : Ambodivoahangy, Androrangavola, Marolambo.

Tableau 07 : les circuits d'observation des travaux de terrain

Sites	dates	spécificités
Ambodivoangy : ➤ A Ambinanindrano ➤ A Ambalapaiso ➤ A Mangabe	22 octobre-27 octobre 2018	• Point de départ de rivière Nosivolo • Amont du sous bassin versant • Une zone d'érosion intense
Androrangavola : ➤ A Sahatsara ➤ A Ambohitagnala ➤ A Betampona	28 octobre-03 novembre 2018	• Zone de déforestation • forte densité de population
Marolambo : ➤ A Ampasibola ➤ A Maroleotra	04 novembre-10 novembre 2018	• Zone de rencontre deux rivière Nosivolo et Sandranamby

Source : Auteur, novembre 2018

En tout, les travaux de terrains proprement dite ont duré deux semaines, mais vu l'enclavement et la difficulté d'accès sur le site qui montre bien les faits à étudier, l'étude sur terrain dure un mois.

➤ L'enquête sur le terrain

Les enquêtes que nous avons effectuées ont été réparties en deux types :

- Les ISS ou Interview Semi-Structurée des personnes ressources et des représentants administratifs locaux ;
- les enquêtes ménages avec les paysans et enquêtes surtout pendant les jours de marchés.

Tableau 08 : la description des enquêtes

Types d'enquêtes	sites	Compositions des cibles	Taux d'échantillonnages
Interview semi Structurée (ISS)	Ambodivoangy	Président VOI, Chef Fokontany, Maire de la commune	
	Androrangavola	Maire de la Commune, Chef Fokontany, Anciens personnels des eaux et forêt	
	Marolambo	Personnel du Durrel Personnel des eaux et forêt	
Enquêtes ménages	Ambodivoangy	paysans	8,06%
	Androrangavola	paysans	24,06%
	Marolambo	paysans	12,05%

Source : Auteur, novembre 2018

Les objectifs de ces enquêtes étaient d'avoir des données qualitatives qui complètent les analyses, les observations ainsi que les mesures effectuées.

➤ La mesure sur le terrain

Les mesures ont été utiles pour : quantifier les sédiments en suspension transportés par les réseaux hydrographiques dans le site de Marolambo. Nous ne disposions pas d'équipements adéquats pour ces mesures, alors nous avons élaboré des méthodes simples.

Tableau 9 : la méthode de prélèvement des sédiments utilisés lors les travaux de terrain

Types de mesures	Outils utilisés	procédés
La quantification des sédiments en suspension transportés par les réseaux hydrographiques	Trois bouteilles de 1,5 litre, une marmite, des feux, des bois morts.	• Puiser 1,5 litre d'eau au milieu de la rivière • Faire bouillir • Enlever les résidus • Le pesé après

Source : Auteur, novembre 2018

Faute de dispose d'instrument de mesure adéquats et professionnels, mais en capitalisant les connaissances mathématiques acquises antérieurement, et usant de simple logique, nous avons pu mettre à profit les moyens de bord pour obtenir des résultats relativement fiables.



Photo 01: bouteille remplie de l'eau de la rivière Nosivolo et sandranamby pour la quantification des matières en suspension.



Photo 02 : bouillage et après prélèvement des résidus,

2.2.3. Le traitement des données : logiciels utilisés

Comme outils, nous avons exploité des bases de données et des fonds de cartes en utilisant des différents types de logiciels de SIG.

➤ Les logiciels utilisés

Les cartes et les fonds de cartes ont été traités par les logiciels suivants :

- Global Mapper : pour dresser les profils
- Google Earth : pour les images satellites
- QGIS 2.14.5 : pour les analyses spatiales et géographiques

➤ **Les bases de données et les fonds de carte**

Pour ces derniers, nous avons utilisé :

- Les cartes de rasters
- Les cartes vectorielles
- Le modèle numérique de terrain

2.2.4 Les limites et problèmes rencontrés

Est-il besoin de souligner que des problèmes et obstacles ont gêné la réalisation des travaux sur terrain, et qu'il y a lieu de les évoquer ; l'accès dans le district de Marolambo est difficile car la route est longue et la zone est très enclavée. Depuis Ambodipoina, Ambodivoangy, Androrangavola, Marolambo, jusqu'à Menagisy dans le district de Mahanoro, nous avons dû faire à pied. De plus, l'insécurité règne par l'existence de dahalo. Mais la principale limite est les temps de la réalisation de ce devoir, les problèmes rencontrés c'est l'insuffisance des données, documents, car nous disposons que de quelques données très insuffisantes.

CONCLUSION DE LE PREMIERE PARTIE

La déforestation est un problème pour les pays en voie de développement comme Madagascar. Dans la côte Est de Madagascar, la déforestation est due à la culture sur brûlis. Le relief dans cette zone est très accidenté et cela pousse les paysans à défricher les forêts. L'impact de la déforestation sur les écosystèmes est inéluctable. Dans le district de Marolambo, les effets de la déforestation est tangible.

Dans ce cas que nous avons choisi cette thème pour montre les effets de la déforestation, notre thème s'intitule de : « l'influence de la déforestation sur l'hydrogéomorphologie dans le sous bassin versant Nosivolo ». Dans le cadre de la réalisation de cette recherche, nous avons choisi le district de Marolambo pour valider ce thème. Durant les travaux des recherche, nous allons visiter ces lieux, faire des enquêtes et prospection, prendre des photos.

PARTIE II : LA DEFORESTATION ET LA DYNAMIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT NOSIVOLO

La deuxième partie concerne l'analyse l'interrelation entre la dynamique la couverture forestière et les évolutions du sous bassin versant.



CHAPITRE III : LE CHANGEMENT DE LA COUVERTURE VEGETALE ET LA PERTURBATION DU BILAN HYDRIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT DE NOSIVOLO

3.1. La dynamique des paysages forestiers

La conversion de la forêt en savane qui est des formations largement représentée à Madagascar puisqu'elles couvrent plus 70% du territoire (Rakotoarimanana et al, 2008). La dynamique de forêt en savane ou zone culture est causé par la défriche sur brûlis (Grinand, 2010).

Figure 8 : la Carte de l'évolution de l'occupation de l'espace en 2011

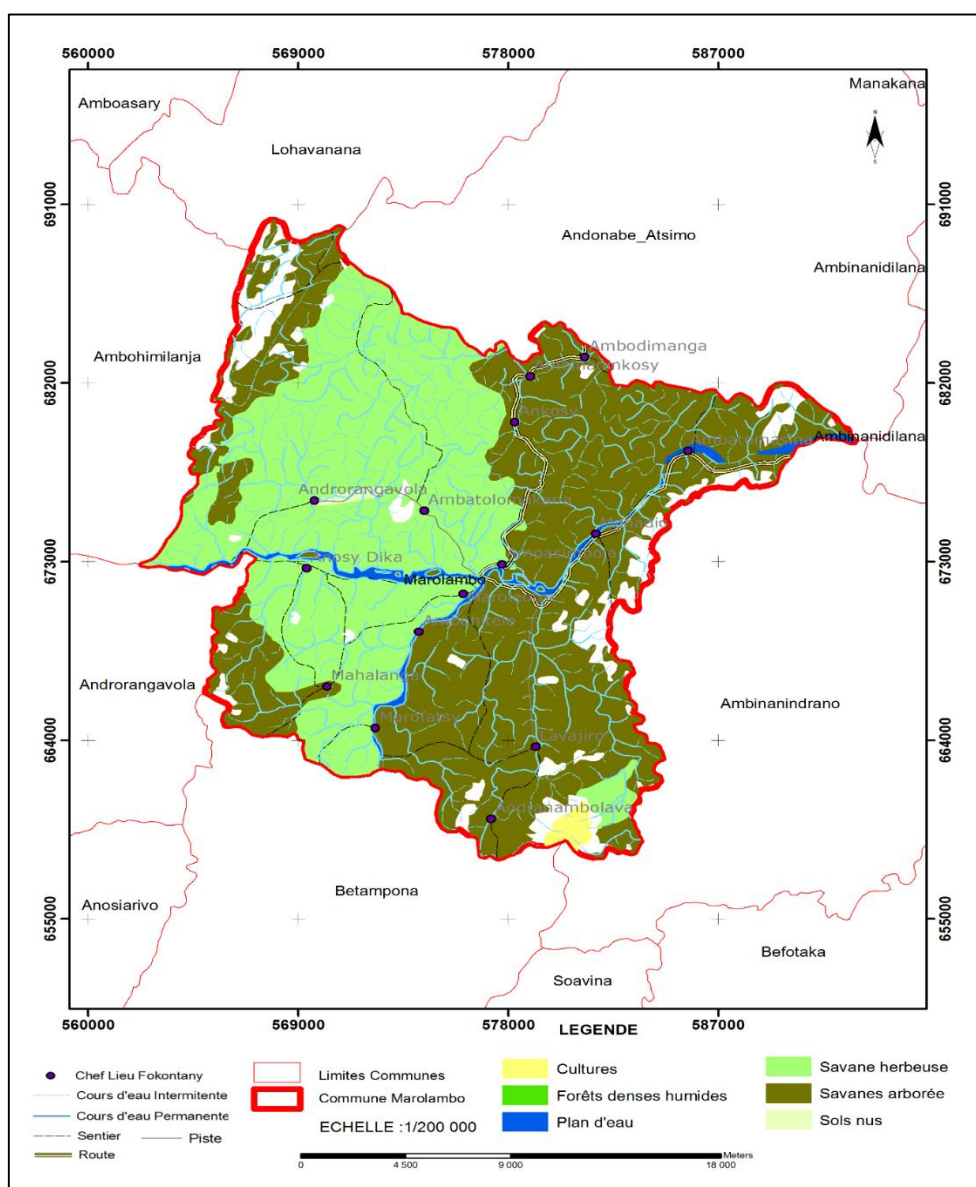
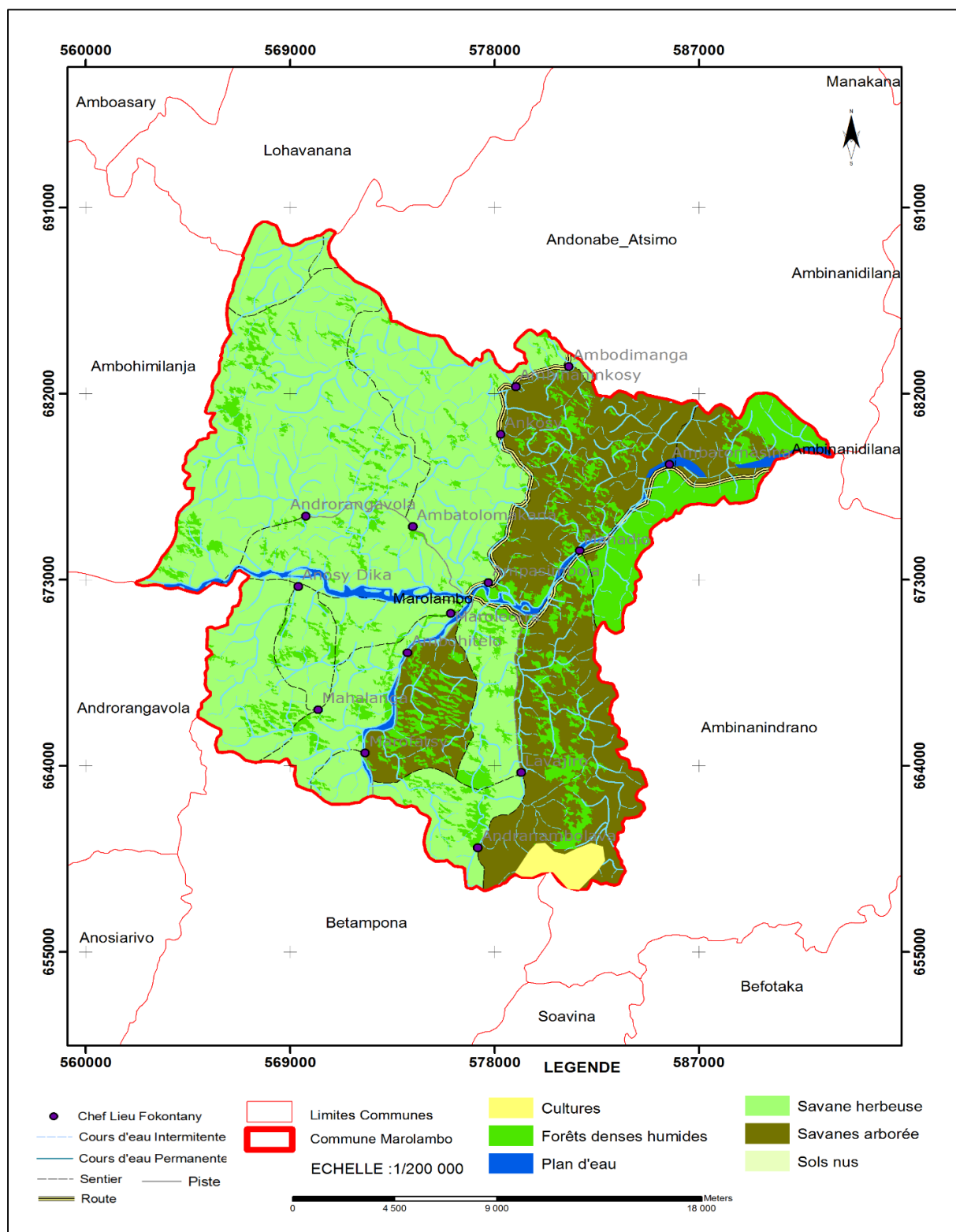


Figure 9 : la Carte de l'évolution de l'occupation de l'espace en 2019



Source : CI VEGMAD 2007,

Arrangée par l'auteur, 2018

Ces deux cartes montrent l'évolution de l'occupation de l'espace entre 2000 et 2019, la forêt dense humide perd peu à peu leur surface tandis que la savane herbeuse occupe beaucoup des places. Mais le plus touché est la forêt des basses altitudes.

3.1.1. Les dynamiques suivantes le gradient d'altitude

Une étude des forêts tropicales en Afrique montre que les forêts de basse altitude subissent un fort changement avec un taux de changement de 11% (1990). L'étude sur la forêt de montagne à Madagascar ressortit que l'agriculture a fait disparaître les majeures parties des forêts naturelles de basse altitude à l'Est de Madagascar par contre la forêt de montagne difficilement accessible et des reliefs accidentés donc faible dégradation de forêt (Rabetaliana et al., 2003). Le taux de perte des forêts de basse altitude est de 0,5 % /an selon ONE en 2013.

3.1.2. Les causes de la dégradation du forêt de basse altitude

Les modes d'utilisation des terres sont fortement influencés par le gradient d'altitude du terrain. Les résultats : la topographie de terrain influence le mode d'utilisation des terres à cause d'indisponibilité de terre aménageable et l'extension du terrain de culture pour satisfaire aux besoins des populations. Ce qui implique le défrichement de la forêt pour répondre en nouvelle terre agricoles de la population (Brimont et al. 2015)

Tableau 10 : le taux de déforestation

	2 ha		Auteur 1 ha	
	sèche	Humide	sèche	humide
2005-2010	0,6	0,5		
2004-2014			0,8	0,3

Source : office national pour l'environnement (ONE)

La superficie des forêts humides de l'Est de Madagascar a ainsi été estimée à 4,5 millions d'hectares en 2005, 4,4 millions d'hectares en 2010 et 4,3 millions d'hectares en 2013. Le taux de déforestation annuel a augmenté de 0,5% à 0,9% entre les deux périodes étudiées.

➤ La civilisation betsimisaraka

Comme nous savons que les peuples malgaches ont des origines différentes : Indonésienne, Malaisienne et Africaine et Arabe, tous les ancêtres Malgaches ont tous ces civilisations qu'ils caractérisent l'une de l'autre. Lorsque tous ces ancêtres Malgache arrivent ici, ils n'abandonnent pas leur culture mais ils ont développé ici. Les Malaisiennes et les Indonésiennes ont déjà la connaissance de travail de fer et le feu, et en plus la culture du riz pluviale. Lorsque les ancêtres malgaches arrivent à Madagascar, ils commencent détruire la forêt et les endroits

dans leur circonscription. *Selon certains auteurs c'est le début d'un gaspillage écologique.* La zone orientale malgache est victime de cette civilisation fondée sur la culture itinérante là.

✓ **Les paysans ancrés dans leur tradition**

La population de Marolambo est composée des Betsimisaraka environ 85% et le reste sont des immigrants venus de la haute terre comme : le Betsileo, Merina et quelque antandroy et antaisaka. La majorité des immigrants Betsileo habite dans la région d'Ambodimbona limitrophe de Fandriana, tandis que les Merina sont nombreux à Androrangavola et Ambohimilanja limitrophe d'Antsirabe et d'Ambatolampy. La plupart des paysans s'installent dans la forêt pour la culture et la chasse, la cueillette. L'agriculture constitue la principale activité de la population et occupe 94 % de la population active et 06% répartie dans l'artisanat, commerce et l'administration.

Le système productif est marqué par l'agriculture extensive entraînant une forte utilisation de l'espace forestier. Les bas-fonds sont transformés en rizières et la colline transformée en savoka en terrain de culture.

✓ **La valeur sociale de la forêt**

La forêt tient une place importante dans la société Betsimisaraka. La relation qui lie le peuple Betsimisaraka avec la forêt est très particulière. La forêt est peuplée d'esprit des ancêtres et la force de la nature qui la possède la forêt. Ainsi, avant d'effectuer un défrichement, un des arbres de la parcelle à défricher est considéré comme arbre sacré et protecteur. Lieu d'incantation avant le défrichement et d'offrandes après. Il s'agit ici de demander de pardon et la bénédiction des esprits pour les avoir chassés de leur terre et pour avoir pris leur place. Pour les Betsimisaraka, la forêt a une valeur très importante car celle-ci fortifie la liaison entre les hommes et les ancêtres, la forêt est peuplée l'esprit des ancêtres.

✓ **La place de la forêt dans la société betsimisaraka**

La forêt joue un rôle essentiel dans la subsistance de la population des Betsimisaraka. Par ailleurs, la forêt est aussi utilisée par les Betsimisaraka pour se procurer du bois de construction, ainsi que du charbon, destiné au chauffage à la cuisine, mais la place centrale de la forêt est l'assurance de la population par les biais de la pratique de « tavy ».

➤ **la Pression démographique**

La pression démographique est la principale de la destruction de la forêt de basse altitude en plus 80% de la population Malgaches sont des paysans et le nombre de la population rurale augmente aussi. Roger Brunet⁷ : « *l'espace est une dimension intrinsèque de la société chaque*

⁷ Géographe française, fondateur de la géographie classique

société construite sa propre espace ». Donc l'augmentation de la population signifie qu'il faut plus des terres et d'espace pour cultiver.

✓ Une population jeune mal répartie dans l'espace

La pyramide des âges montre une base large. Le sommet pointu reflète la faible espérance de vie de la population, inférieur à 50 ans. Donc, c'est une population jeune. Les jeunes sont un handicap et un atout dans le développement. Ils constituent une main d'œuvre nécessaire pour stimuler l'économie. Mais, Les jeunes gaspillent les ressources naturelles faute de moyens technique et financier. La pyramide des âges permet aussi de déterminer le rapport de dépendance c'est à dire le rapport entre les personnes dépendantes ou à charge par rapport à des personnes qui appartiennent à la tranche d'âge active. Ce rapport est égal à 54% C'est-à-dire que 100 adultes d'âge actif assurent le soutien de 54 personnes. Une personne ne produit que 2Kg de riz par jour en moyenne. Alors qu'un chef de ménage fait vivre quatre à cinq personnes. De ce fait la population intensifie l'exploitation de l'espace comme la diminution de la période de jachère, la colonisation de forêt primaire.

Tableau 11 : Répartition de la population par âge et par sexe

Ages	Masculin	féminin
5 – 0	1279	1289
11 – 6	876	1048
17 – 12	825	892
23 – 18	725	800
29 – 24	679	700
35 -30	549	605
41 – 36	433	560
41 – 36	383	397
53 – 48	307	335
53 – 48	298	324
60	216	208

Source : enquête personnelle

3.2. La perturbation des régimes hydrologiques du Sous bassin Versant du Nosivolo

Une fois que les forêts sont défrichées, celle-ci n'arrive plus à assurer leur rôle dans la protection de l'écosystème environnante car leur destruction accélérée le ruissèlement en nappe ou en diffus.

3.2.1 Les rôles de la forêt

Actuellement les forêts subissent des destructions, or la forêt tient un rôle important dans la régulation et l'alimentation de la nappe phréatique et contre l'érosion de la berge et du versant.

➤ La nappe phréatique et les forêts

La couverture végétale assure la protection du sol et infiltration par l'intermédiaire du système racinaire et la porosité qu'elle induit. Ce qui est certains, c'est que la forêt contribue grandement à la conservation de l'eau in situ.

➤ les forêts et le ruissellement

La couverture végétal régularisent l'infiltration, si la forêt n'est plus là, l'eau de pluies va se ruisselle directement vers le ruisseau, les lacs et aussi le talweg. Or, le ruissellement est d'autant plus important que la pente soit plus forte, si le sol est saturé d'eau le ruissellement est plus intense. L'eau qui n'est pas évaporée s'écoule de façon purement superficielle, en proportion d'autant plus considérable que la perméabilité du sol est plus faible. Dans la région à terrain imperméable, le réseau hydrographique est très serré, alors qu'il est très lâche lorsque les terrains sous-jacents sont perméables.

✓ Estimation de débit de crue

Pour estimer le débit de crue, on va utiliser deux formule empirique déjà emploie à Madagascar :

- **La formule du génie rural**

Pour estimer des crues extrêmes, le Bureau Centrale d'Etude de la Direction du Génie Rural a observé les débits des enregistre dans l'ensemble de l'île, et il publie en 1971 une méthode d'estimation des crues.

Tableau 12 : Formule : formule du génie rural

régimes	Régimes des côtes	Régimes des plateaux
formules	$Q = 135. S^{0,5}$	$Q = 6,5 S^{0,8}$

Avec la surface **S** du sous bassin versant en km² et **Q** le débit de la crue exprime en m³/s.

- **Formule du S.O.G.R.E.H**

La formule de société Grenobloise d'Etude d'Aménagement Hydraulique propose la formule ci -après :

Formule de **S.O.G.R.E.H**

$$Q = 11.S^{0,8}$$

Avec la surface **S** du sous bassin versant en km² et **Q** le débit de la crue exprime en m³/s.

Donc on a : $Q = 11. (2610,6^{0,8}) = 22973,28 \text{ m}^3/\text{s}.$

On estime alors que le débit de crue dans le sous bassin versant Nosivolo est de 22973,28 m³/s.

CHAPITRE IV : L'EROSION DIFFERENTIELLE ET LE SYSTEME AGRAIRE DU SOUS BASSIN VERSANT DU NOSIVOLO

4.1. Le système agraire dans le sous bassin versant Nosivolo

4.1.1 Les systèmes agraires

Après ce que nous avons dit précédemment que la côte orientale Malgache est victime d'une culture itinérant sur brulis qui ravage peu à peu la surface des couvert forestière dans ce région. Par contre ces systèmes sont parfaitement adaptés dans cette zone car la région dont nous avons parlé est un paysage de montagne, des collines profondément accidentées, forte pente, et les systèmes hydrographique très encaissent. Donc la mise en valeur de l'espace dans cette partie orientale surtout dans le district de Marolambo est conditionnée par ces conditions physiques du terrain. Dans cette région orientale les bas-fonds sont très étroits donc insuffisant pour la population toujours croissant.

➤ Le terroir agricole

Selon les régions, on trouve des paysages ruraux organisés des manières différentes. Dans le pays Betsimisaraka le système de culture est hérité des ancêtres, le terrain agricole est aussi hérité des ancêtres. Dans les pays Betsimisaraka et comme dans la région des Marolambo, les paysans cultive dans les endroits accessibles et aptes à la culture, seules les zones inaccessibles et sacré, inadaptée par la culture reste. Chaque paysans a sa propre terroir mais actuellement, il y a métayage car les populations augmente, l'augmentation de la population signifie que il faut avoir plus de terre pour vivre et exploitée. *Franckiline RAFIZANDRATIANA*⁸ : « Aujourd'hui, nous sommes obligées d'entendre notre surface de culture car notre famille est devenu nombreux malgré cette initiation d'étendre la surface cultivé, nous rencontrons des problèmes, quelque fois la pluie arrivent tôt, quelque fois trop tard et cela réduise le rendement. Trop des pluies favorise la mauvaise herbe et trop ensoleillée est fatal pour les riz ».

⁸ Femme paysanne de la commune rurale Androrangavola, district Marolambo

4.1.3 La désorganisation du paysage agraire

L'organisation de l'espace est régie par le mode ancestral car la terre appartient aux ancêtres.

➤ Une appropriation foncière traditionnelle

Le partage de la terre suit la tradition ancestrale. Tous les descendants des ancêtres ont droit à un champ. La famille du chef de village ou Tangalamena a la priorité dans l'obtention de parcelles à cultiver. La répartition de terres s'effectue ensuite en fonction de l'ancienneté des familles. Chaque enfant se voit attribuer sa part de terre de manière équitable. Un ménage peut emprunter la terre d'un autre. Le mode d'appropriation foncière se fait alors par héritage. Un ménage ne peut pas délimiter une surface boisée sans une autorisation du responsable des Eaux et Forêts. Cette politique a pour objectif de contrôler le brûlis de forêt. Le partage du champ suit ultérieurement le mode ancestral.

➤ La parcellisation des champs de culture

Le paysage agraire qui résulte de l'exploitation de la forêt présente plusieurs caractères spécifiques. Le plus important résulte de la dispersion des champs de culture autour du village et l'irrégularité de leur forme. Les maisons se regroupent en petit village. Le village est le lieu où les gens pratiquent la fête comme la circoncision ou sambatra. La population ne se regroupe que deux à trois mois par an dans le village. Elle habite dans la maison de tavy. Les champs doivent se situer autour du village pour faciliter la communication entre le gardien du village et la population. Les champs de tavy d'un ménage sont dispersés pour permettre au sol de se régénérer en éléments fertilisants. L'irrégularité de la forme des champs est due à la multiplicité des propriétaires. Un flanc de colline appartient en moyenne à trois ménages. La superficie du champ dépend de sa localisation. Les champs des rives mesurent en moyenne 7m². La taille des parcelles est le résultat du partage des terres séculaires. Ce sont les champs des rives qui sont les plus morcelés.

4.2. Les mouvement de masse

L'agriculture change les paysages et les pressions sont fortes sur l'environnement dont certains peuvent être causés des problèmes comme la dégradation et pollution de l'écosystème.

4.2.1 Les types des mouvements de masse

Dans les sous bassins versant Nosivolo, on observe des différents types d'érosion. Le plus spectaculaire est le glissement de terrain, les éboulements, et enfin l'érosion de berge de la rivière.

4.2.2 Le Genèse de l'érosion

L'érosion se déclenche lorsque la couverture végétale n'assure plus la protection du sol ; dans la zone tropicale et intertropicale, la déforestation est le premier responsable du mouvement de terrain. Donc, les activités de l'homme jouent également un rôle primordial dans cette formation.

➤ Les facteurs morphologiques

La topographie conditionne la formation de l'érosion. Des glissements de terrain peut se produire sur les versant montagneux et au niveau des point d'inflexion.

L'érosion peut se former et s'évoluer par :

- Des mouvements de masse par le biais de glissement de terrain ou par ravinement, placés sur les flancs de colline ; ils évoluent considérablement jusqu'à produire une excavation gigantesque.
- Par le soutirage : cela se manifeste sous l'effet de la fluctuation du niveau de la nappe d'arènes sableuses qui se crée au contact du substratum rocheux, et provoque un affaissement aboutit à l'élargissement des lavaka.

➤ Les facteurs géologiques

Les gneiss et les granites, les micaschistes constituent les souches géologiques du sous bassin versant Nosivolo. Ces roches ont des facies moins cohérents et susceptibles d'une forte érodibilité. De plus, les roches du socle sont très altérées ; se trouvant au-dessus du niveau sain imperméable, elles supportent de profondes couches latéritiques formant d'importants aquifères. L'eau contenue dans la nappe aquifère ne peut circuler normalement du fait que les matériaux constituant ces roches sont très fins et que l'indice de porosité est très faible. Par

conséquent il y a une forte rétention d'eau à l'intérieur du sol, la nappe phréatique se transforme en coulée boueuse et se décape en grande masse facilement.

➤ **Les pentes**

La pente (longueur, forme et surtout inclinaison), joue un rôle important dans le phénomène de la formation de l'érosion. L'inclinaison du versant modère ou accélère la vitesse de l'écoulement.

- **La déclivité de la pente :** Après acquisition d'une grande vitesse, l'eau de ruissellement devient plus active. Or, cette vitesse croît avec la raideur de la pente. Plus une pente est raide, plus le terrain est sensible à l'érosion superficielle. Moins de matériau se perd au cours d'une averse, quand la pente est faible.
- **La courbure de la pente :** la courbure d'une pente est conditionnée à la fois par la géologie du terrain et par le paléoclimat qui couvrait la zone à l'époque.
 - ✓ **Courbure longitudinale :** les pentes convexes sont vulnérables aux points d'inflexion car l'eau de ruisselante acquiert la vitesse maximale en ces points. Par contre une pente concave casse la vitesse et permet plus d'infiltration aux points d'inflexion.
 - ✓ **Courbure transversale :** la nature de l'écoulement (diffus ou concentré) dépend de la nature de la courbure longitudinale de la pente du terrain. Le ruissellement est concentré pour la pente courbée vers l'intérieur. L'action de l'écoulement est forte en cet endroit.

➤ **Les facteurs climatiques**

Durant toute l'année, les sols sont exposés aux fortes températures, surtout en cas d'absence de couvertures végétales ; par conséquent, lors de violentes précipitations, le décapage est très important, ce fort décapage s'explique par la faible capacité de sol à retenir le ruissellement.

Autrement dit le climat sur la formation de l'érosion selon les cas suivants :

- Durant la saison sèche, le sol subit un assèchement, allant au moins jusqu'à 2 ou 3 m de profondeur. Des fentes de dessiccation peuvent apparaître en surface, et déclenche des effondrements ou glissement de terrain.
- De plus, durant la saison sèche, la structure du sol est désorganisée. Les agrégats sont fragilisés par l'assèchement. Dès les premiers orages, ces agrégats se désagrègent sous l'effet de la grosse averse et en plus la nappe phréatique se situe à son niveau plus bas du sol. Pendant la saison de pluie, le volume de la nappe phréatique augmente. la surface piézométrique atteint son niveau le plus haut, cependant l'existence de l'argile sur l'horizon B et le soubassement de roche saine contraignent les eaux de la nappe à s'écouler latéralement.
- De même, la fluctuation saisonnière de la nappe phréatique favorise, le long du contact entre versant et bas-fonds, l'installation des sapements qui peuvent évoluer en lavaka comme dans les hautes terres centrales, mais ce phénomène commence visible dans les côtes orientale à cause de la pratique des tavy.

➤ **La végétation**

La végétation a également des influences sur la formation des lavaka par :

- Leur taille : la forêt ombrophile de la cote Est Malgache très efficace contre l'érosion du sol par rapport aux autres forêts. Par contre, les steppes, les pseudos steppe ou les arbustes peuvent fléchir ou même s'arracher quand la charge hydrodynamique est trop importante.
- Leur racine : les végétaux à longue racine et à forte ramification protègent mieux le sol. Une longue racine retient une importante épaisseur de matériau et la forte ramification protège une surface plus large.

- La notion d'évapo-transpiration : il s'agit d'un phénomène naturel transformant une partie de l'eau contenue dans une plante en vapeur. Par ses racines, une plante va puiser dans la profondeur du sol, une quantité d'eau nécessaire à son développement et à sa survie. Cette eau puisée va se dégager sous forme de vapeur à une certaine température. La quantité d'eau évaporée dépend de la nature et de la fréquence de la végétation. Les végétaux de grandes tailles et à larges feuilles dégagent une quantité plus élevée d'eau. L'évapo-transpiration des plantes diminue la teneur en eau contenue dans le sol. La capacité de rétention du ruissellement par la forêt est beaucoup plus forte par rapport à la savane.

➤ Les facteurs anthropiques

Dans le monde tropical, la principale cause de la destruction de la forêt est le défrichement. Le système agricole pratiqué par les paysans est l'une des principales causes. Les « tavy » détruisent les couvertures végétales et dénudent les sols. Outre les causes liées aux conditions naturelles, les activités humaines participent activement à l'érosion. En général, les formations de l'érosion sont étroitement liées à la déforestation sur la côte orientale Malgache.

Dans la partie du sous bassin versant Nosivolo, avec la modification de la couverture végétale, la pente forte, les eaux de ruissellement provoquent des glissements de terrain, des coulées boueuses.



Photo 03: femme entrain de labouré la terre avec la parcelle de culture déjà brulé



Photo 04 : culture sur brûlis

Source : clichés de l'auteur, octobre 2018

CONCLUSION DEUXIEME PARTIE

La corrélation entre la dynamique de la couverture forestière et celle du sous bassin versant est une relation inséparable. Les évolutions du sous bassin versant dépendent de la couverture végétale. Les forêts jouent un rôle capital dans la stabilisation du sous bassin versant par ces moyens naturels. Elles régularisent l'érosion hydriques et retient les sols. Mais, celle-ci dépende de l'action anthropique, car l'homme modifie l'espace pour leur besoins.

PARTIE III : LE CHANGEMENT D'HYDROGEOMORPHOLOGIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT NOSIVOLO

Dans le cas précédent nous avons étudié les processus et le dynamique des couvertures forestière et du sous bassin versant car l'évolution de celle-ci favorise le développement de l'hydrogéomorphologie. Ces deux phénomènes sont interdépendants.

CHAPITRE V : LES PROCESSUS GEODYNAMIQUES DANS LE VERSANT DE NOSIVOLO

5.1. Les apports de charge de fond

Les apports de charge de fond des rivières viennent normalement des versants aux alentours et aussi les stockages sur le lit majeur et lit mineur.

5.1.1 Les apports externes

Comme son nom l'indique, ce sont des apports de charge venant de l'extérieur du cours d'eau ou de sa plaine alluviale.

- Production primaire

Il s'agit de production de sédiment grossière qui arrive quasi-directement au cours d'eau par l'érosion, cône des éboulis, glissement de terrains.

Ce type de production primaire ne se rencontre que dans des conditions particulières : têtes de sous bassins montagnards pas ou peu végétalisés, vallées encaissées aux versants proches du cours d'eau. Ces sources des productions primaires se développent rapidement dans le versant Nosivolo sous l'effet de la déforestation et le caprice du climat. Et dû aussi au large part de l'activité anthropique visant à accélérer les processus de l'érosion.

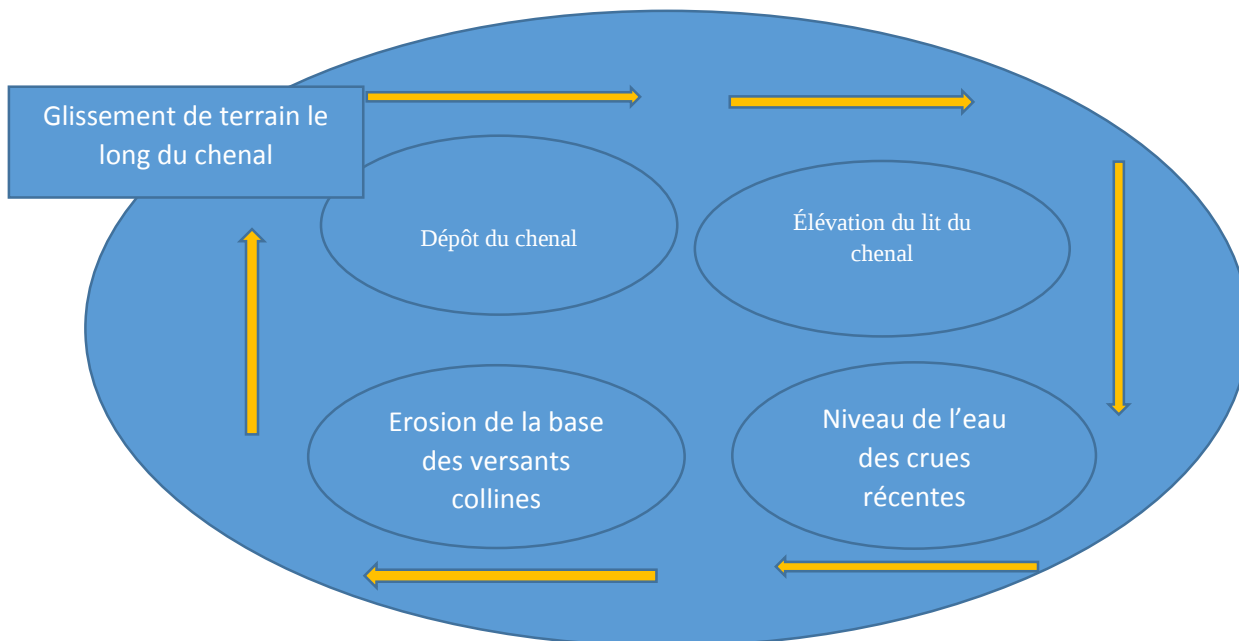


Figure 10: La déstabilisation de la base du versant par l'augmentation de la largeur du chenal

- Production secondaire

Il s'agit des apports des affluents, constitués eux- même des apports externes et internes. La production secondaire provient par des torrents granulométriques des ruisseaux ou par apports de charge de fond caillouteuse par un affluent qui construit son cône alluvial dans le cours d'eaux principal.

5.1.2 Les apports internes

Les apports internes sont ceux mobilisables au sien du cours d'eau elle-même, ou de son lit majeur.

Ce stocke se présent sous deux formes :

- Le stocke disponibles dans le lit mineur lui- même
- Le stocke du lit majeur et des terrasses, déposées lors de période climatique actives et réinjecté progressivement dans le cours d'eau par le processus de l'érosion latérale.



Photo 05 : coulée boueuse jetant
directement dans la rivière



Photo 06 : glissement de terrain



Photo 07: érosion de la berge

Source : cliché de l'auteur, octobre 2018



Photo 08, 09,10 :

Production secondaire : apports
interne en transit



Cliché de l'auteur, octobre 2018

5.2 Les dynamiques de la rivière Nosivolo

Dans des conditions naturelles relativement constantes, les rivières tendent à établir une combinaison dynamique stable entre deux types de variables.

- Les variables de contrôle comme le débit liquide et le débit solide qui jouent à l'échelle du sous bassin versant mais sous la condition du climat et de la couverture végétale qui entretient les écoulements et protège les versant à l'érosion.
- Les variables de réponses jouent aussi sur les traçons du cours d'eau comme de la largeur et la sinuosité et de la pente locale. Celle-ci permettent à la rivière de s'ajuste aux mutations des variable de contrôle.

Parmi les variables des contrôles, deux sont fondamentales et régissent en grande partie la dynamique fluviale :

- Le débit liquide qui est couple à la pente donne au cours d'eau sa puissance.
- le débit solide ou charge alluviale de fond composée de sédiment grossier

5.2.1 Les conditions physiques de la rivière Nosivolo

Parmi d'autre variable de contrôle, des divers processus géodynamique interviennent comme : la pente, la caractéristique sédimentologie du fonds du li et des berges.

➤ Les pentes

La morphologie du fond de la vallée dépend de leur genèse. Comme nous savons que la cote Est Malgache est succession des escarpements de faille, celle-ci donne pour la côte orientale Malgache une décente brusque et accidentée et en pente forte. Cet accident fondamental suivi par le soulèvement de Madagascar suivant la même direction NNE-SSW a provoqué une érosion régressive de l'Est vers l'Ouest. Les reliefs de la côte orientale Malgache ont un type de relief jeune, car les systèmes hydrographiques sont très encaissées et subissent une érosion latérale.

Les pentes jouent donc un rôle primordiale dans la morphologie du lit de la rivière et la berge car celle-lui qui conditionne la vitesse de l'écoulement et l'apport en matériaux. La pente et la topographie de la rivière prend une place important dans le dynamique fluviale.

➤ **La Caractéristique sédimentologie de la berge**

Les berges de la rivière Nosivolo sont caractérisées par des matériaux grossières et matériaux fins et mixtes. Les matériaux grossières proviennent des versant par gravites pendant le période cyclonique ou les rivières avaient des compétences très fort. Les matériaux fins et mixtes sont emportés par la rivière à moindre compétence.

Toutes les charges de fond et les matériaux de la berge se répartissent le long de la rivière Nosivolo. Comme la rivière Nosivolo a un style fluvial anastomosé, les matériaux et le charge de fond sont bloc par celle-ci.

➤ **Les végétations de la berge**

La végétation de la berge constitue une meilleure protection contre l'agressivité de la rivière. Mais actuellement, l'homme commence à défricher se zone pour cultiver le riz. Les arbres et les arbustives et certains espèces de plante herbacées sont capable d'assure la couverture de la berge grâce à leur système racinaire qui est une barrière efficace contre l'érosion de la rive. Mais ces processus sont largement fonction de la structure des dépôts lés long du cours d'eau et la rivière.

Chapitre VI : LA METAMORPHOSE DU RIVIERE NOSIVOLO

Les apports externes venant du versant et les apports interne en transit de la rivière ont des effets directs sur la morphologie et l'évolution du lit d'une rivière.

6.1. La nature du lit rivière

La rivière Nosivolo est caractérisée par l'abondance des roches sur son lit. Des nombreux chute et cascade logent les cours d'eau. Certaine chute peut atteindre de 100 m à 200m. La rivière Nosivolo circule et sillonne le bas- fond des hautes collines et les montagnes multiface forestiers du sous bassin versant Nosivolo. Le rivière Nosivolo coule sur une lit roché c'est à dire des roche saine et suit les sens des pendages des couches.

6.2. Les évolutions des styles de la rivière

L'évolution de la rivière et en relation avec les apports internes et externe de celle-ci mais la plupart de ces apports viennent de l'érosion du versant et la berge aussi.

6.2.1 L'érosion de la berge

Durant la période cyclonique ou pluvieuse, la berge de la rivière Nosivolo subissent une érosion intense. Comme nous avons dit dans les chapitres que nous traitons avant que la rivière Nosivolo est marquée par la présence de faille et de la nombreuse chute et cascade dans leur parcours. Donc, elle coule très rapide et c'est ça entraine de remblaiement et déblaiement sur les rives ou moment de cyclone et lors des grands crues.



Photo 11: forte érosion de la
berge



Photo 12 : terrasse sableuse
facilement érodable par la rivière.

Source : cliché de l'auteur, octobre 2018

6.2.2 L'ensablement de la rivière Nosivolo

Après le passage cyclonique et en période de grande crue. On observe des changements du lit de la rivière. Ces phénomènes changent durant quelque année voir des dizaines d'année.



Photo 13 : image de 2011



Photo 14 : image de 2019

Source : Google earth



Photo 15 : image 2011



Photo 16 : image 2019

Source : Google earth

D'après ces photos, on peut dire que les bancs de sable sur les lits de la rivière change de forme, et deviennent de plus en plus épaisse.

L'augmentation des apports internes et externes contribuent considérablement à la mutation du lit de la rivière.



Photo 17 : le glissement du terrain de versant Marolambo



Photo 18 : Bloc pierre déposé par les affluents de la rivière Nosivolo



Photo 19 : Incendie de feux de brousse dans le sous bassin de Nosivolo

CONCLUSION DE TROISIEME PARTIE

Les processus géodynamique de la rivière Nosivolo change les styles de celle-ci. Les apports internes et externes venant du versant entraînent des mutations sur le sédiment de la berge et le lit. La mutation de la sédimentation de la rive et la berge tient l'évolution de ce fleuve. Cette métamorphose de la rivière Nosivolo. Le première responsable de la métamorphose de la rivière est les dynamiques de la couverture forestière et du sous bassin versant c'est à dire la dégradation de la forêt favorise les érosions hydriques sur les versant d'autant plus que les reliefs de la versant du Nosivolo sont forte pente. Donc, les productions primaire et secondaire sont très développées.

CONCLUSION GENERALE

L'impact de la déforestation sur l'hydrogéomorphologie est inéluctable. Les forêts jouent un rôle primordial dans la stabilisation du sous bassin versant. L'importance, cause et conséquence de la crise hydro-climatique et morpho-climatique actuelle à Madagascar sont les déforestations.

Le déboisement dans les sous bassins versant d'origine anthropique est dû à l'augmentation rapide de la population et à l'utilisation des techniques primitives. Les buts majeurs est de créer un champ pour la culture du riz. En effet, l'érosion hydrique s'accélère, la modification de l'importance et la granulométrie des apports fluviaux sur la rive augmente. Dans ce cas, le complexe sol-végétation ne jouant plus son rôle de régulateur au moment de la pluie. Les crues sont de plus en plus considérables et brutales. La gravité des phénomènes d'érosion à Madagascar est donc liée à une rupture de l'équilibre morpho-climatique.

La dynamique de la rivière Nosivolo dépend de l'évolution de la couverture forestière en dessus car les deux phénomènes sont en relations. L'eau et la forêt sont deux choses inséparables. La destruction de forêt est donc un problème majeur pour la vie.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- AUJAS L., 1914 : « *Notes sur l'histoire des Betsimisaraka* », Bulletin de l'Académie Malgache, Tome IV, Antananarivo, 50 pages
- 2- BOURDIEC F., 1974 : « *Hommes et paysages du riz à Madagascar* », FTM, Antananarivo, 255-270 pages.
- 3- BULLETIN DU RESEAU EROSION 20, 2000 : « *influence de l'homme sur l'érosion* » Volume 2: sous bassins versants, élevage, milieux urbain et rural, 593 pages.
- 4- BUFFIN (T.), 2012 : « *Hydrogéomorphologie d'un cours d'eau* », INPACQ, Drummondville, 34 pages.
- 5- CHAPERON (P.), DANLOUX (J.), FERRY (L.), 1993, « *Fleuves et rivières de Madagascar* », Ed. ORSTOM, Paris, 883 pages.
- 6- DEMANGEOT (J.), 1976 : « *Les espaces naturels tropicaux* », Ed. MASSON, Collection géographie, Paris- New York, Barcelone-Milan, 143 pages.
- 7- DUFOURNET, 1972 : « *Régimes Thermiques et Pluviométriques de différents domaines climatiques de Madagascar* » Ed. INRAT, Tananarive, 82 pages.
- 8- DUSSARRAT B., RALAIMARO J., 1993 : « *caractérisation hydrogéologiques du sous bassin versant emboîtés sur socle altéré en zone tropical d'altitude : exemple des hautes terres de Madagascar* », 64 pages.
- 9- FAO, 1993 : « *Guide pratique d'aménagement des sous bassins-versants : étude et planification* », FAO, Rome, 186 pages.
- 10- FOURNIER F. , 1954 : « *Influence des facteurs climatiques sur l'érosion du sol estimations des transports solides effectués en suspension par les cours d'eau* » publication n°38 de l'association internationale de l'hydrologie, assemblée générale de Rome, tome III : « *office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer* », 1954, 288 pages.
- 11- FOURNIER .F.1960 : « *climat et érosion* », PUF., Paris
- 12- GERARD A.: « *Problèmes socio-économiques des communautés villageoises de la Côte orientale malgache* ». In: Tiers Monde, tome 9, n°33, 1968, 129-160 pages
- 13- LAULANIE H., 2004 : « *Le riz à Madagascar : un développement en dialogue avec les paysans* », Editions AMBOZONTANY – KARTHALA, Antananarivo – Paris, 288 pages.
- 14- LE MALAVOI J.R., et BREVAR J.P. : « *éléments d'hydromorphologie fluviale* » office nationale de l'eau et des milieux aquatiques, 2007, 228 pages.
- 15- NEUVY (G.), 1991 : « *L'Homme et l'eau dans le domaine tropical* », Ed. Masson, Paris-Milan-Barcelone-Bonn, 227 pages.

- 16-PERRIER DE LA BATHIE H. 1921** : « la végétation malgache ». Ann. Mas, clou. Marseille, troisième série, 9.
- 17-RABEVAZAH, F. 2008** : « *Analyse de la succession végétale dans le corridor forestiers de Fandrina-Marolambo et proposition de plan de restauration de la zone de coupure sakalava* ».mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronomes, options eaux et forêt, école supérieur en science agronomique, université d'Antananarivo, 27 Août 2008, 67 pages.
- 18-RADASIMALALA V., 2008** : « *élaboration d'un schéma d'aménagement des sites de conservation de poisson endémique et menacé de le rivière Nosivolo* ».mémoire de maitrise, département de géographie, université d'Antananarivo, 18 Avril 2008, 138 pages.
- 19-RAHARISOA A., 2011** : « *étude bio-écologique d'un poisson : katria katria, Sparks, 2004, cichlidue endémique de la rivière Nosivolo, Marolambo* ». Mémoire pour l'obtention diplôme d'études approfondies, département de biologie animale, université d'Antananarivo, 26 Août 2011, 50 pages.
- 20-RAKOTONIRINA L., 2017** : « *les changements induits par les activités du projet soritr'asa fampandrosoana synodam-paritany Nosivolo sur le niveau de vie de la population* ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome au grade master, école supérieurs des sciences agronomiques, université d'Antananarivo, 16 janvier 2017, 50 pages.
- 21-ROCHEFORT, 1976** : « *Economie géographique et aménagement du territoire* », Tome1, SEDES, ParisV, 159 pages
- 22-TSALEFAC M.** : « *Sécheresse, déforestation et érosion sur les montagnes de l'Ouest du Cameroun* », In: Cahiers d'outre-mer. N° 185,47e année, Janvier-mars 1994,105-122 pages.

ANNEXES

Annexe 1 : le relief en schiste et cipolin



Annexe 2 : La cicatrisation de l'érosion



Annexe 3 : La culture sur brulis ou « Tavy »



Annexe 4 : La partie vide laissée par la coupe bois naturel



TABLES DE MATIERE

REMERCIEMENT	i
RESUME.....	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES PHOTOS.....	v
GLOSSAIRE.....	vi
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : ORIGINALITE DU SOUS BASSIN VERSANT DE LA NOSIVOLO ET DEMARCHE DE RECHERCHE.....	2
CHAPITRE I : NOSIVOLO UN SOUS BASSIN VERSANT MARQUE PAR LA TECTONIQUE.....	3
I.1 Une topographie accidentée.....	3
I.1.1 Les caractéristiques du sous bassin versant Nosivolo	5
I.1.2 L'indice de compacité K	5
I.1.3 L'importance de la tectonique dans la structure du sous bassin.....	5
I.2 Le climat humide de la façade Est	6
I.2.1 Le type de temps.....	7
I.2.2 Les cyclones tropicaux	7
I.2.3 Les éléments du climat	9
I.3 Le régime hydrologique	10
I.3.1 Le régime du sous bassin versant et caractéristique de la rivière Nosivolo	11
I.3.2 La compétence et la dynamique de la rivière Nosivolo	11
I.3.3 La caractéristique de la rivière Nosivolo.....	12

I.3.4 Le débit et la vitesse	18
I.4 La nature pédologique du sous bassin versant	20
I.5 Les végétations du sous bassin versant	20
CHAPITRE II : LA DEMARCHE DE RECHERCHE.....	20
II.1 Conception du travail de recherche	21
II.1.1 Phase de recherche bibliographique	21
II.1.2 sous bassin versant et hydrogéomorphologie.....	21
II.1.3 L'Elaboration problématiques et hypothèse des recherches	26
II.2. Travail sur terrain	27
II.2.1 Observation et description de la zone de recherche	27
II.2.2 La collecte des données : sites d'observation, taux d'échantillonnage.....	27
II.2.3 L'observation sur le site et le collecte de données sur le terrain.....	27
II.2.4 L'enquête sur le terrain	27
II.2.5 Le mesure sur le terrain.....	29
II.2.6 Le traitement des données : logiciels utilisés.....	31
II.2.7 La limites et problèmes rencontres	31
CONCLUSION DE LE PREMIERE PARTIE	32
PARTIE II : LA DEFORESTATION ET LA DYNAMIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT NOSIVOLO	33
CHAPITRE III : LE CHANGEMENT DE LA COUVERTURE VEGETALE ET LA PERTURBATION DU BILAN HYDRIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT DE NOSIVOLO	34
III.1. La dynamique des paysages forestiers	34
III.1.1. Les dynamiques suivantes le gradient d'altitude	36
III.1.2. Les causes de la dégradation du foret de basse altitude.....	36
III.2. La perturbation des régimes hydrologiques du Sous bassin Versant du Nosivolo	39

III.2.1 Les rôles de la forêt.....	39
CHAPITRE IV : L'EROSION DIFFERENTIELLE ET LE SYSTEME AGRAIRE DU SOUS BASSIN VERSANT DU NOSIVOLO.....	42
IV.1. Le système agraire dans le sous bassin versant Nosivolo.....	42
IV.1.1 Les systèmes agraires	42
IV.1.2 Le terroir agricole	42
IV.1.3 La désorganisation du paysage agraire	43
IV.2. Les mouvement de masse	44
IV.2.1 Les types des mouvements de masse.....	44
IV.2.2 la Genèse de l'érosion	44
CONCLUSION PARTIELLE.....	49
PARTIE III : LE CHANGEMENT D'HYDROGEOMORPHOLOGIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT NOSIVOLO	50
CHAPITRE V : LES PROCESSUS GEODYNAMIQUES DANS LE VERSANT DE NOSIVOLO	51
V.1. Les apports de charge de fond.....	51
V.1.1 Les apports externes.....	51
V.1.2 Les apports internes	52
V.2 Les dynamiques de la rivière Nosivolo	55
V.2.1 Les conditions physiques de la rivière Nosivolo	55
CHAPITRE VI : LA METAMORPHOSE DU RIVIERE NOSIVOLO.....	57
VI.1. La nature du lit rivière.....	57
VI.2. Les évolutions des styles de la rivière.....	57
VI.2.1 l érosion de la berge.....	57
VI.2.2 l'ensablement de la rivière Nosivolo	59
CONCLUSION TROISIEME PARTIE.....	61

CONCLUSION GENERALE	62
BIBLIOGRAPHIE	63
ANNEXES.....	65