

# ESSAI DE DIAGNOSTIC HYDROGRAPHIQUE VIA SIG : CAS DU DISTRICT DE BETAFO

**1-RAVERONIRINA Harimbola Sahondra**  
Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences (INGE)  
**2- HERITAHINA Rambiloson**  
Maitre de Conférences HDR  
Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences (INGE)  
**3- RAZANADRANAIVO Dinamalala Faniriantsoa**  
Maitre de Conférences  
Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences (INGE)  
**4- RANDRIANJA Roger**  
Professeur Titulaire  
Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences (INGE)

## RESUME

Dans le contexte actuel de changement climatique, l'étude hydrographique regroupe un système où l'état de lieu relatif à l'eau occupe une place centrale. La spatialisation des facteurs hydrographiques est alors essentielle pour mieux comprendre le mécanisme. L'usage du SIG (Système d'Information Géographique) a permis de faire état de lieu des facteurs explicatifs du relief et ceux du réseau hydrographique dans les grandes divisions du relief de Betafo, Région du Vakinankaratra.

**Mots-clés : hydro-géomorphologie-spatialisation-SIG-facteurs-grandes divisions**

## ABSTRACT

In the current context of climate change, hydrographic study brings together a system in which the state of play relating to water occupies a central place. The spatialization of hydrographic factors is therefore essential to better understand the mechanism. The use of GIS (Geographic Information System) has made it possible to identify the explanatory factors of the relief and those of the hydrographic network in the major divisions of the Betafo relief, Vakinankaratra Region.

**Keywords: hydro-geomorphology-spatialization-GIS-factors-major division**

## **I-INTRODUCTION**

Betafo appartient à la partie centre-Ouest des Hautes Terres Centrales de Madagascar. Le paysage géomorphologique du District de Betafo est façonné par le volcanisme de l'Ankaratra, dans la partie Sud-Est de celui-ci et la presque totalité de la zone d'étude. Les données hydro climatiques sont conditionnées par cette situation d'être à cheval par rapport aux grandes répartitions du relief, subissant ainsi l'impact différencié de l'ascension orographique des masses d'air et de leur descente progressive avec l'effet de Foehn y associé.

Devant la dégradation quantitative et qualitative de l'eau, faire état de lieu de l'hydrographie dans la zone d'étude est primordial. En termes de diagnostic hydro géomorphologique, Betafo a un réseau hydrographique dense avec des cours d'eau dont l'encaissement est en adaptation avec son relief accidenté présentant une dissymétrie Nord-Sud.

## **II- MATERIELS**

L'hydrographie a ses spécificités qui reposent en même temps sur les formes du relief et les besoins quotidiens en eau qui se répartissent entre les ménages et les pratiques culturelles. La cartographie a représenté les principales ressources naturelles en eau. Les enquêtes ont servi de sources d'informations selon témoignages de la population concernée.

Après dépouillement, classement et représentation graphique des résultats d'enquêtes, des interprétations objectives ont pu être déduites. Les enquêtes ont été administrées avec 100 individus adultes et jeunes issus de ménages différents du Chef-lieu de District, c'est-à-dire de la Commune Urbaine de Betafo. Lesquels ont été choisis d'une manière équiprobable entre les 5 Fokontany. Tous ont bien voulu donner de réponses claires et en donner des explications claires.

L'objectif est de dégager à partir des cartes thématiques par rapport à la répartition hydrographique. Des images satellites produites par Landsat 7 et Landsat 8 sont travaillées pour sources actualisées d'informations. Elles sont comparées aux données de terrain. Ensuite, des cartes géologiques et topographiques du FTM (Foiben-Taosarintanin'i Mdagasikara) (Feuilles M49, M50, N49, N50) sont utilisées pour le référencement géographique sur la zone d'étude.

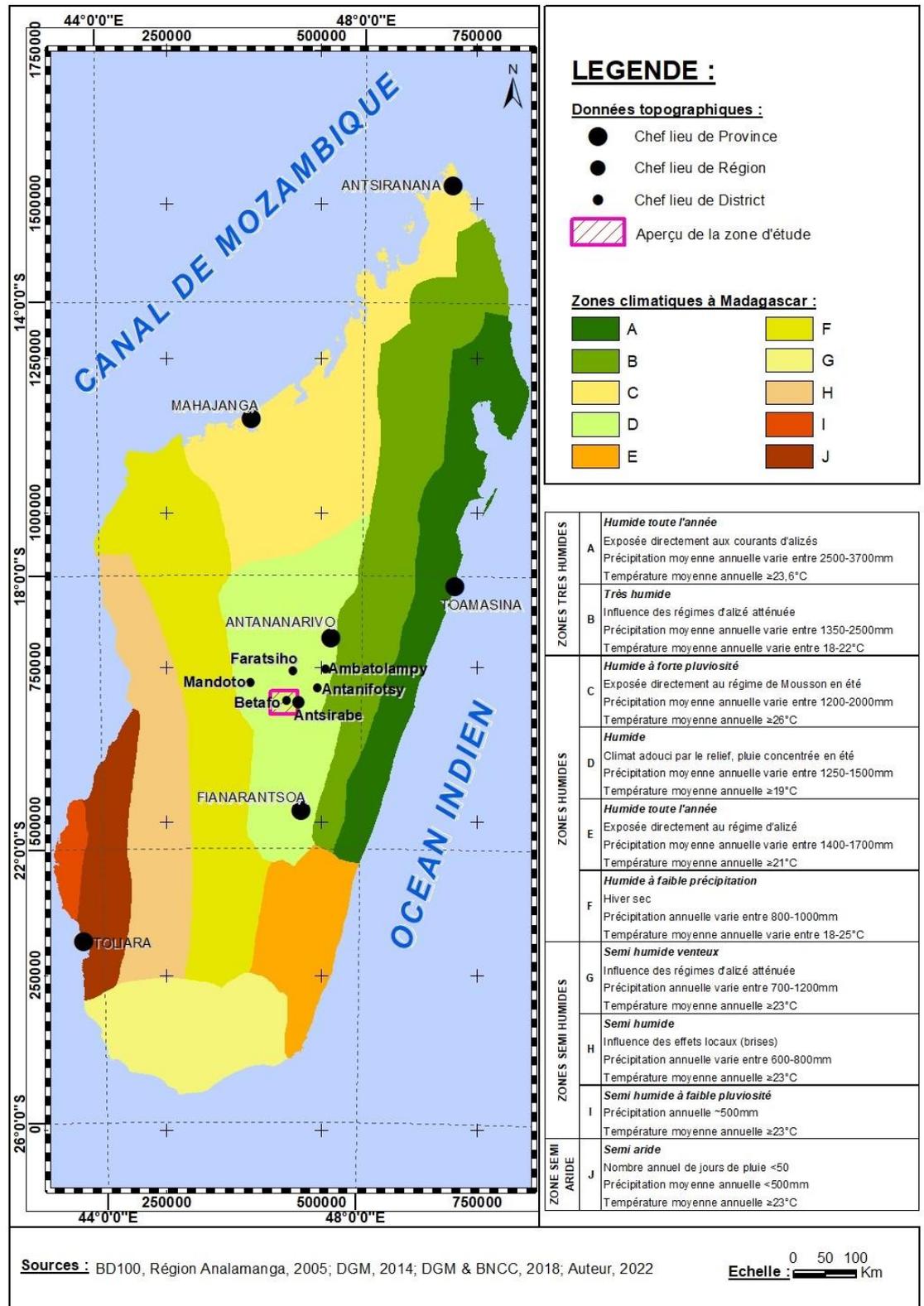
Plus concrètement, des fonds de cartes numérisées BD 100 et BD 500 sur Madagascar

où la Région Vakinankaratra a servi pour outils cartographiques de base. En outre, lesdites données numérisées sont recoupées avec des Cartes topographiques FTM scannées et les Images ASTER&SRTM, USGS, 2017 et ont aidé pour outils de repérage non seulement administratif, mais également environnemental. Les cartes ont été montées sous Logiciel Arc GIS.

## **II.1. Zone d'étude**

Les conséquences du volcanisme d'un côté et de l'état du relief sous le vent de l'alizé engendrent un climat tropical d'altitude doux à deux saisons contrastées, avec une longue saison sèche. La température y est homogène. Tandis que ces cours d'eau prennent naissance dans les reliefs élevés et les zones de plus haute altitude. Il en résulte un réseau hydrographique dense en adaptation avec le relief, généralement accidenté topographiquement.

**Carte 1 :**Appartenance de Betafo au climat tropical humide du Moyen-Ouest de la région du Vakinankaratra



## **II.2. Méthodes**

Les travaux se fondent sur des approches synchroniques par l'étude de la dynamique pluviale actuelle et l'analyse des contraintes dans les vallées. C'est ainsi que ce travail servira d'élément de réflexion pour la réalisation de diagnostic hydro climatique et environnemental. De telles approches synchroniques valorisent les éléments explicatifs de l'espace géographique, du bassin-versant à partir de l'analyse des acquis antérieurs pour compléter des informations.

### *II.2.1. Choix du sujet*

Les épanchements volcaniques expliquent l'originalité physique de cette zone, surtout en matière climatique et hydrologique. Son climat est du type tropical d'altitude à deux saisons contrastées. Quant à son hydrologie, les cours d'eau prennent source dans les hauts reliefs et y forment un réseau dense tandis que la forme de leur encaissement appelle à un certain aménagement pour faire profiter aux paysans agro-éleveurs.

### *II.2.2. Problématique*

« Betafo peut-il être qualifié encore de château d'eau du Vakinankaratra ? »

### *II.2.3. Limites de l'étude*

Parmi les 8 des 12 communes de Betafo, le Chef-lieu du District et ses communes situées au voisinage des principaux axes routiers ont pu être franchies. Les données topos climatiques de GIZ(Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) sont exploitées faute de données de stations météorologiques. Les évaporations et évapotranspirations ne sont pas abordées. Les bassins versants et les eaux superficielles sont tracées à partir des images satellites. En outre, les enquêtes sur terrain ont concerné 100 ménages seulement du Chef-lieu du District.

## **III-RESULTATS ET DISCUSSIONS**

Les ressources en eau et la répartition hydrographique ont montré certaine abondance avec cinq principaux bassins versants et cinq cours d'eau pérennes dont deux d'entre eux sont les plus importants. Une certaine dissymétrie Nord et Nord-Est -Sud et Sud-Ouest. Les principaux résultats et les discussions se sont focalisées sur le paysage hydro géomorphologique et leur impacts pratiques par rapport aux conditions physiques et hydrologiques du milieu.

### III.1. RESULTATS

Les résultats cartographiques ont défini les caractéristiques climatiques, les principaux cours d'eau, l'étendue des bassins versants et l'orientation de leur drainage respectif. Tandis que les résultats d'enquêtes ont fourni certains comportements socio-économiques des ménages de Betafo.

#### III.1.1. Résultats cartographiques pour le District de Betafo

Les cartes établies ont représenté la répartition climatique dont celle de la pluviométrie, de la température, ainsi que de la correspondance entre hydro pédologie, pendage et topographie, et hydrographie.

##### III.1.1.1. Caractéristiques climatiques

Les composantes climatiques dégagent une zonalité qui se concrétise par la répartition climatique qui se répercute à travers les données hydrologiques et la qualité hydro morphologique du milieu.

##### III.1.1.2. Répartition pluviométrique dans la zone d'étude

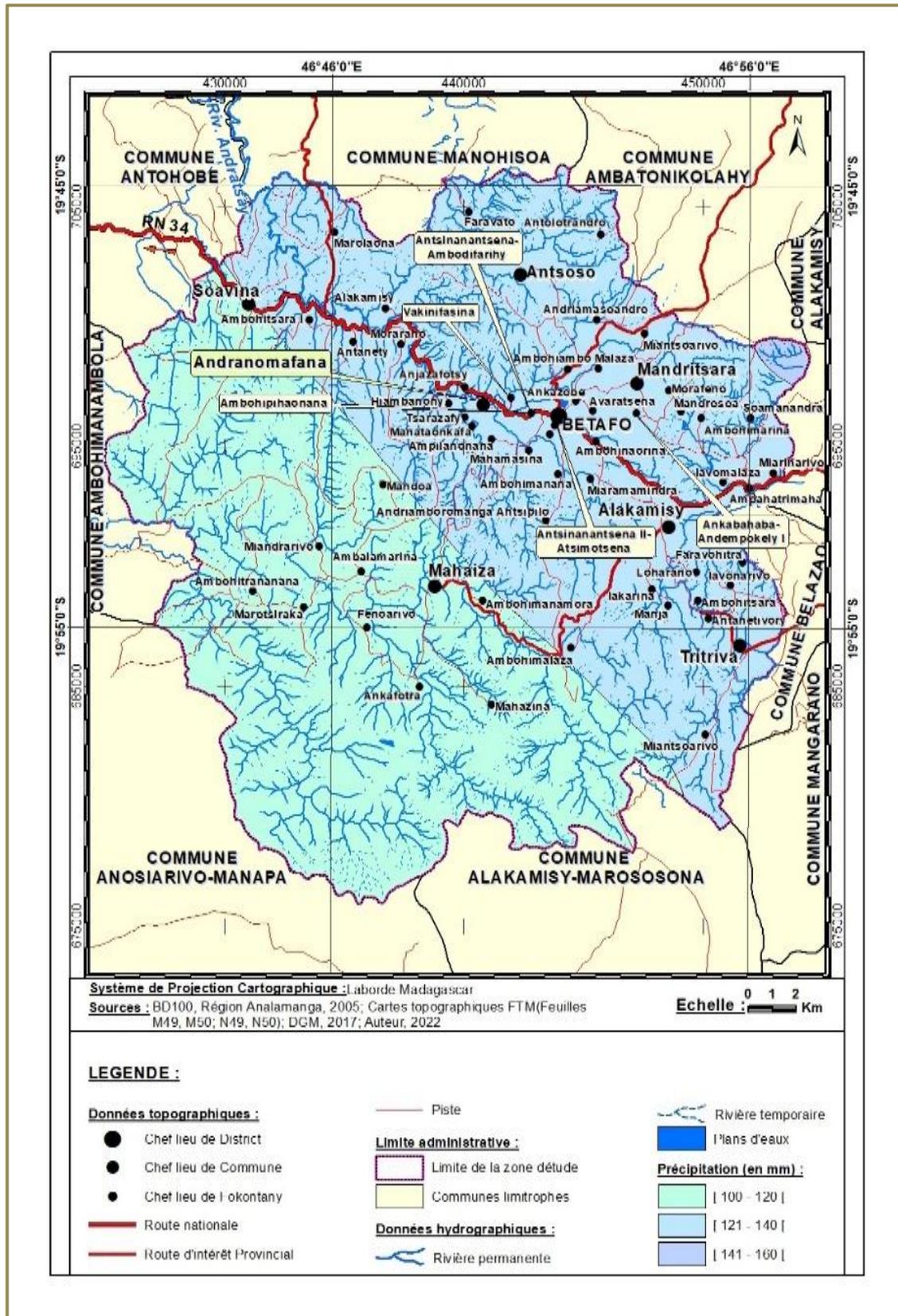
La zone d'étude figure trois sous-zones de précipitations maximales journalières. Cela va de 100 à 120 mm au Sud et Sud-Ouest de Betafo, puis de 121 à 140mm vers le Centre, et enfin, de 141 à 160mm par jour vers le Nord et Nord-Est de la zone d'étude.

**Tableau 1** :Précipitation maximale journalière dans la zone d'étude

ID	Précipitation maximale (mm)	Superficie en Km <sup>2</sup>	Superficie en %
1	120	295,354	47,53
2	160	2,970	0,48
3	140	323,082	51,99
	<b>TOTAL</b>	<b>621,406</b>	<b>100,00</b>

**Source** : BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

**Carte 2 :** Une légère différence locale de la précipitation maximale journalière de la zone d'étude



### III.1.1.3. Homogénéité thermique dans la zone d'étude

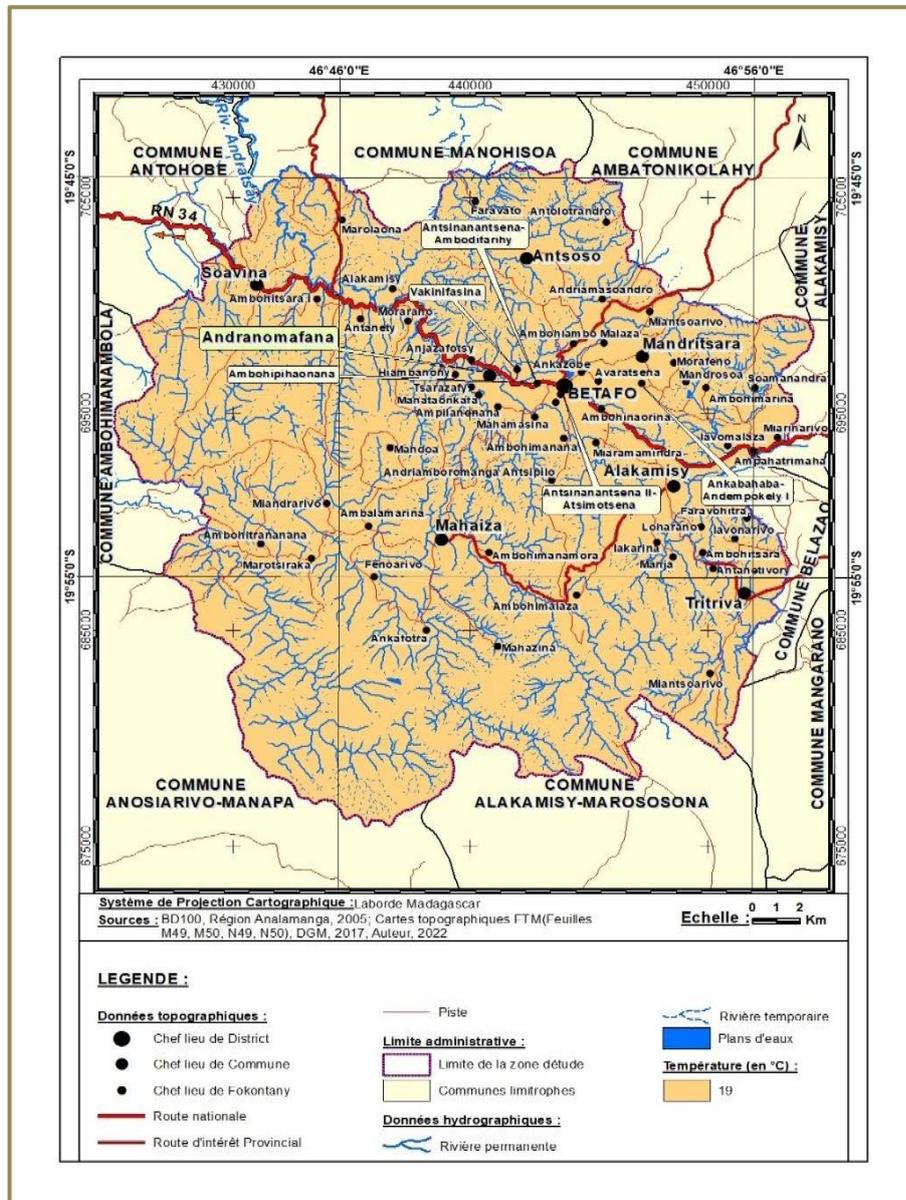
La température moyenne de la zone d'étude se situe à 19°C.

**Tableau 2 :** Température moyenne annuelle dans la zone d'étude

ID	Température moyenne (en °C)	Superficie en Km <sup>2</sup>	Superficie en %
1	19	621,406	100,00
<b>TOTAL</b>		<b>621,406</b>	<b>100,00</b>

**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

**Carte 3 :** Une homogénéité thermique relevée dans la zone d'étude



### III.1.1.4. Données hydro pédologiques de la zone d'étude

Les caractéristiques hydro pédologiques de la zone d'étude sont fonction de l'altitude et de l'exposition au soleil et au vent du relief. C'est ainsi que la topographie et le pendage y jouent un facteur essentiel.

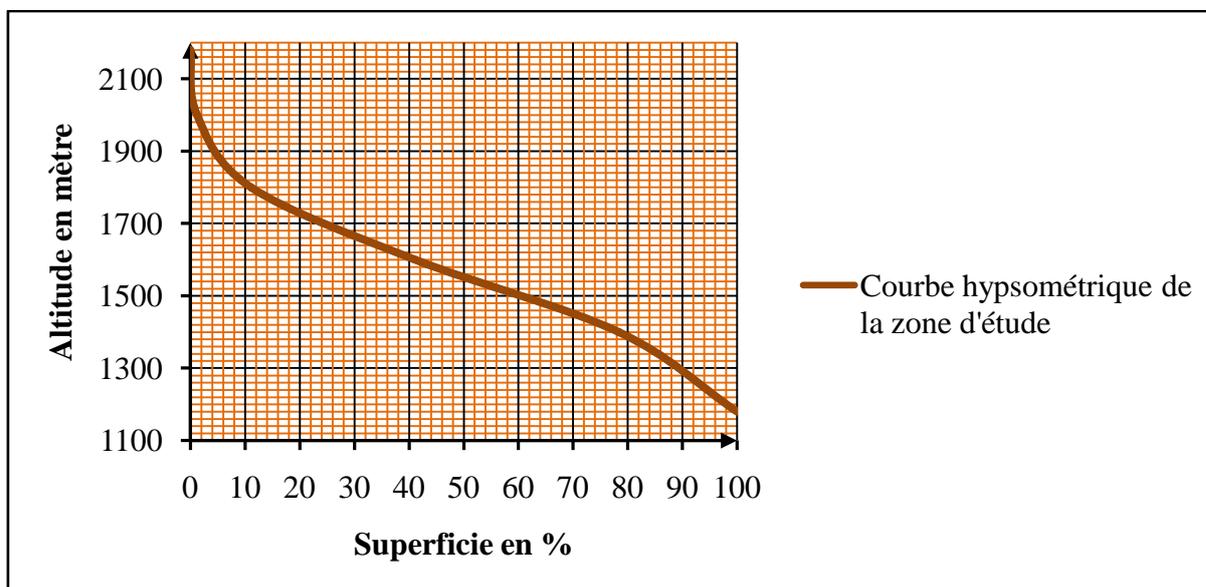
#### III.1.1.4.1. Relief et hydrographie de la zone d'étude

Le tableau des zones altimétriques et la courbe hypsométrique montrent des différences d'altitude qui se situent entre 1 180 et 2 180m. <sup>1</sup>

**Tableau 3 :** Zones altimétriques de la zone d'étude

Altitude en mètre	Superficie en Km <sup>2</sup>	Superficie en %
[ 2 000 - 2 180 [	7,528	1,21
[ 1 800 - 2 000 [	61,433	9,89
[ 1 600 - 1 800 [	186,253	29,97
[ 1 400 - 1 600 [	231,769	37,30
[ 1 180 - 1 400 [	134,423	21,63
<b>TOTAL</b>	<b>621,406</b>	<b>100,00</b>

**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

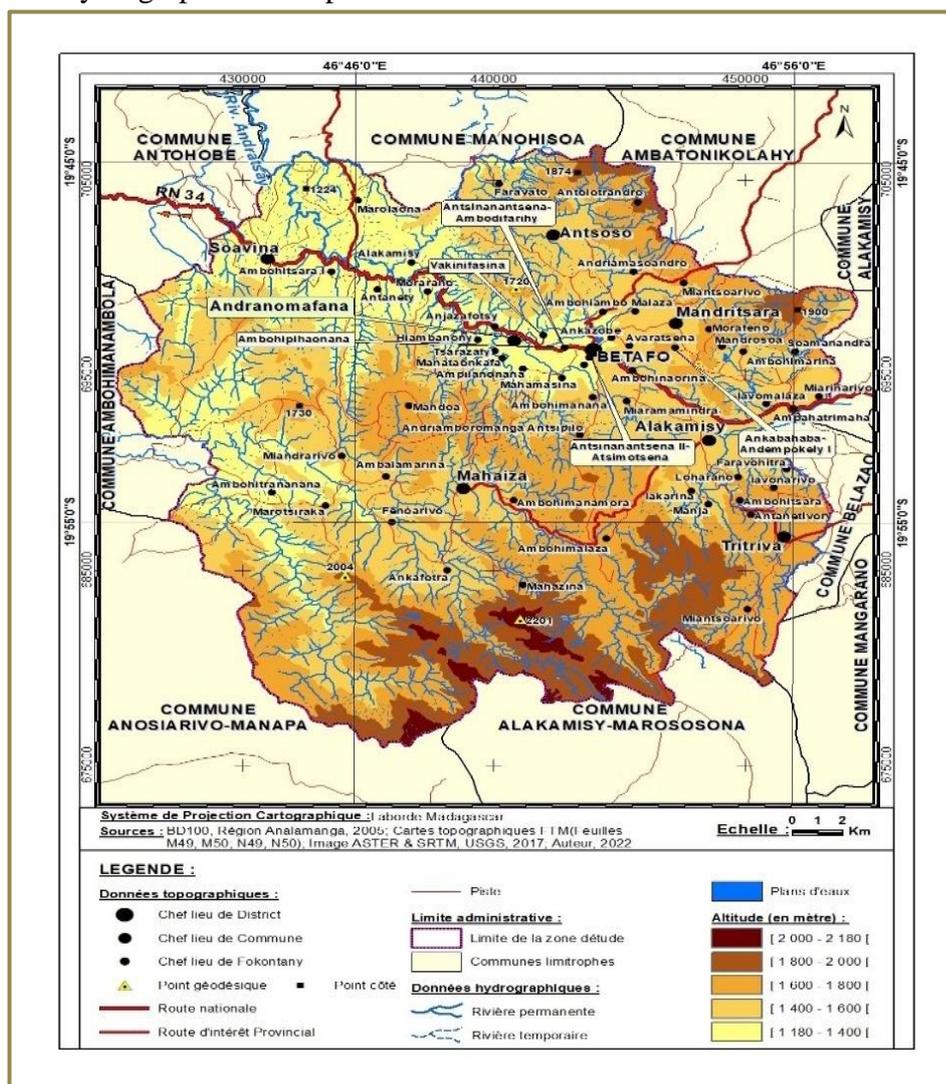


Altitude minimale=1 180m	Altitude moyenne=1 550m	Altitude maximale=2 180m
--------------------------	-------------------------	--------------------------

**Figure 1 :** Courbe hypsométrique de la zone d'étude

**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

**Carte 4** : Une hydrographie en adaptation au relief de la zone d'étude



### III.1.1.4.2. Pendage et topographie de la zone d'étude

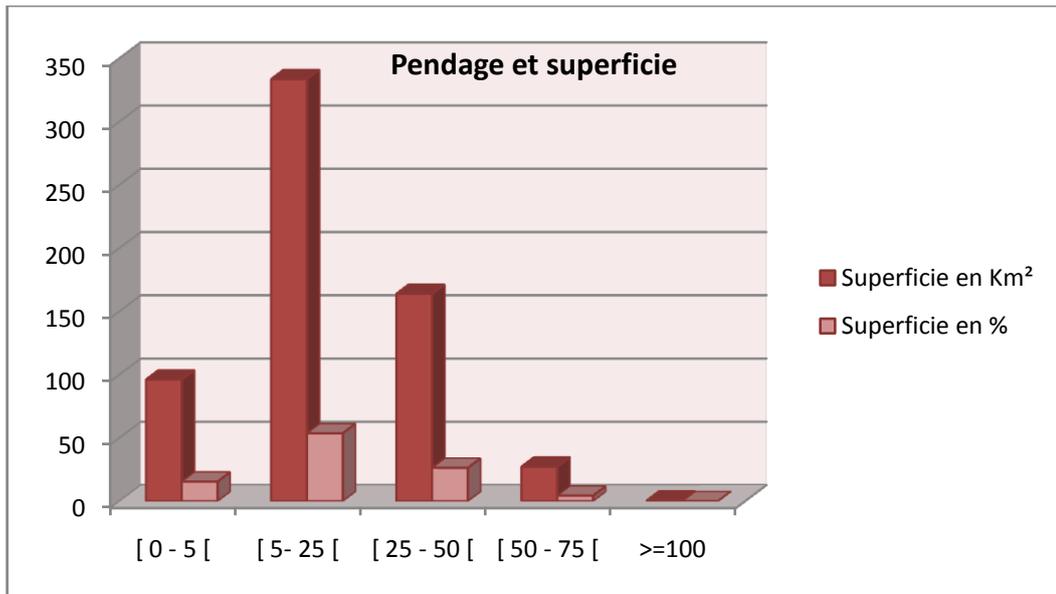
Le pendage et la topographie se lient aux caractéristiques physiques du milieu. On y voit une succession de pentes

#### a. Hétérogénéité du relief

La structure du pendage montre une prédominance de 5-25% et 25-50%. Ce qui signifie un certain accident de relief qui est prééminent.

**Tableau 4** : Analyse spatiale de pente topographique de la zone d'étude

Classe de pente en %	Superficie en Km <sup>2</sup>	Superficie en %
[ 0 - 5 [	96,129	15,47
[ 5- 25 [	333,607	53,69
[ 25 - 50 [	163,924	26,38
[ 50 - 75 [	27,271	4,39
>=100	0,475	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>621,406</b>	<b>100,00</b>

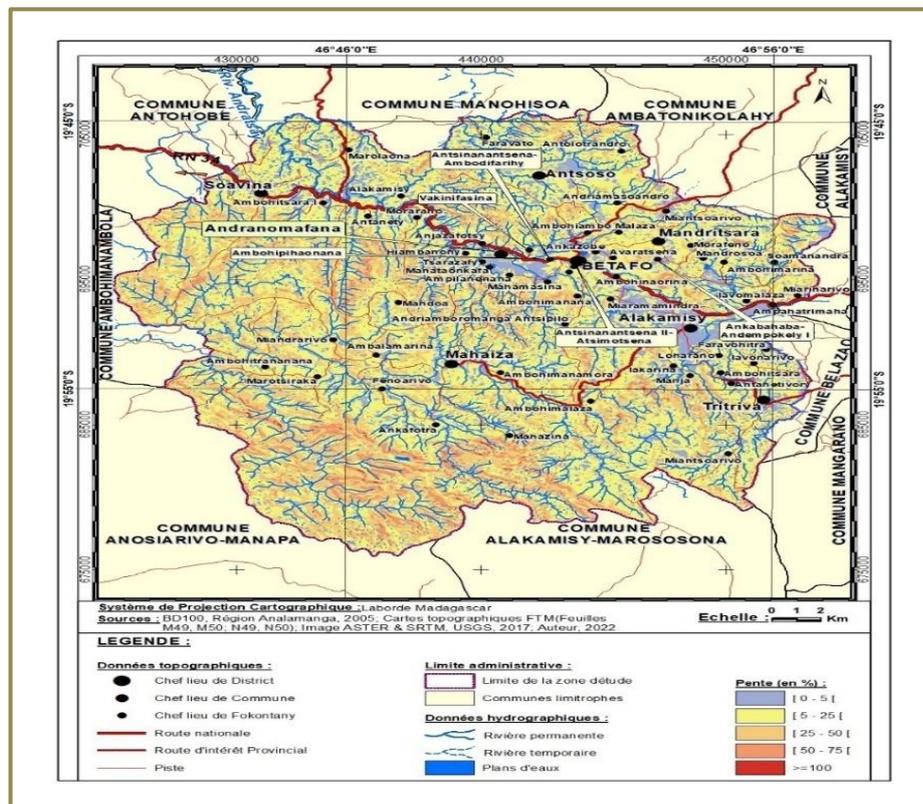


**Figure 2 :** Répartition de pente topographique de la zone d'étude

**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

Partout les pentes les plus faibles 0-5% correspondent aux zones basses et bas-fonds plats des vallées ou des surfaces planes.

**Carte 5 :** Carte planimétrique d'un relief multipendage de la zone d'étude



#### b. Divergence du drainage fonction du pendage

Le pendage et la direction de drainage s'effectuent selon l'orientation du relief. Le drainage emprunte tous les sens de directions. Le drainage est orienté vers toutes les directions en empruntant les tracés du relief, entre autres les hauts reliefs et les pendages. Les chiffres du tableau montrent une prédominance de la direction vers l'Ouest, le Nord-Ouest et Sud-Ouest. Celle de l'Est, Nord-Est et Sud-Est est relativement plus rare surtout vers le Sud. Quant à la superficie plane, l'eau y stagne.

**Tableau 5 :** Un système dense de drainage dans la zone d'étude

Type de rivière	Longueur (en Km)	Longueur (en %)
Rivière permanente	939,795	59,75
Rivière temporaire	633,176	40,25
<b>TOTAL</b>	<b>1 572,971</b>	<b>100,00</b>

**Source :** Carte topographique FTM au 1/100 000.

La longueur totale donne le total de celle de la rivière permanente et celle de la rivière temporaire. La densité de drainage moyenne en km/km<sup>2</sup> présente la longueur totale en km divisée par la superficie de la commune en km<sup>2</sup>.

**Tableau 6 :** Un drainage multidirectionnel

Direction de drainage	Superficie en Km <sup>2</sup>	Superficie en %
Plane	68,72	11,06
Nord	61,603	9,91
Nord-Est	90,618	14,58
Est	56,622	9,11
Sud-Est	55,735	8,97
Sud	45,023	7,25
Sud-Ouest	87,25	14,04
Ouest	73,178	11,78
Nord-Ouest	82,657	13,30
<b>TOTAL</b>	<b>621,406</b>	<b>100,00</b>

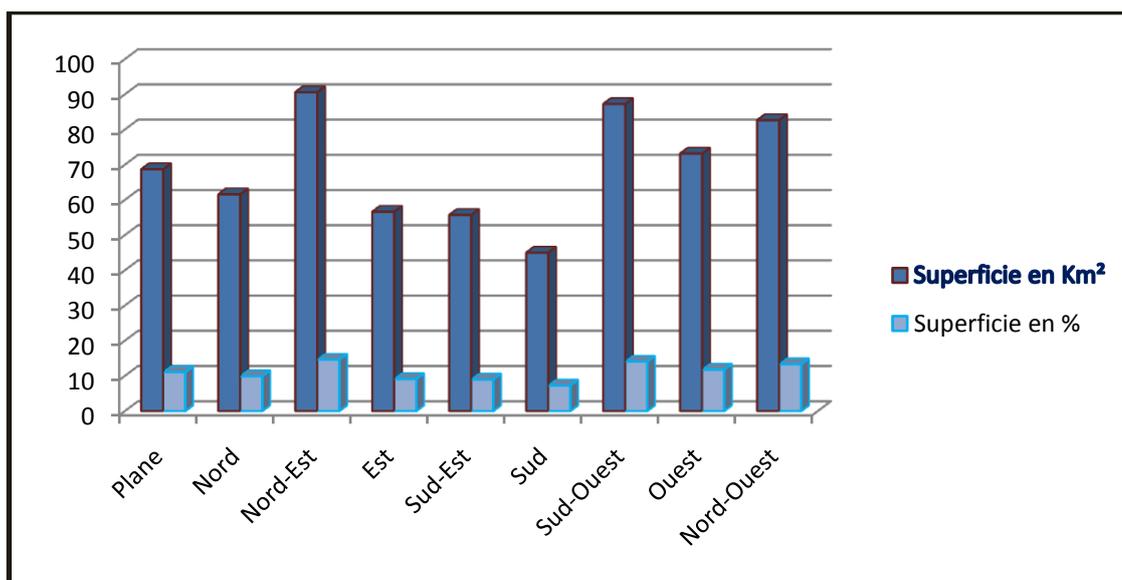
**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

La carte et le tableau ci-dessus montrent une direction privilégiée vers l'Ouest du drainage dans Nord-Ouest, Ouest, Sud-Ouest avec  $82,25+73,25+82,657\text{km}^2= 238,157\text{km}^2$ , soit  $14,04+11,78+13,30\%= 39,12\%$ . Vers le Sud et Sud-Est  $45,023+55,735= 100,758\text{km}^2$  soit  $7,25+8,97= 16,22\%$ . Vers le Nord, Nord-Est et Est  $61,603+90,618+56,622= 208,845\text{km}^2$  soit  $9,91+14,58+9,11= 33,6\%$ .

### c-Adaptation entre pentages et direction des drainages

De part et d'autre de la RN34, au Nord-Est et au Sud-Sud-Ouest de la zone d'étude existent des hauts reliefs dépassant les 2 000m d'altitude. Ils témoignent respectivement à la bordure Sud-Sud-Est du massif de l'Ankaratra et de la pointe Nord-Nord-Est du massif de l'Itremo.

Le graphique ci-dessous représente les directions des drainages qui se calquent sur les pentages ou l'orientation du relief. De même, les superficies concernées par ces pentages et ces directions de drainage présentent une certaine homogénéité, entre 9 et 14% des superficies dans chaque cas.



**Figure 3 :** Répartition spatiale de la direction de drainage

**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

#### III.1.1.5. Réseau hydrographique dense

Cinq bassins versants composent le système hydrographique de la zone, à savoir selon leur ordre d'importance :

- au Centre, Nord, Est et Nord-Est, le plus vaste constitué par l'Iandratsay ;
- au Sud et Sud-Ouest, plus étendu également formé par l'Ipongy ;

-au Sud-Est l'Isandra qui est moins vaste de même qu'à l'Ouest l'Ikolopiana et le Vinaninomy.

### III.1.1.5.1. Importance quantitative et qualitative du drainage dans la zone d'étude

Etant donné que l'eau conditionne l'implantation humaine et l'exploitation économique plus ou moins favorables d'une zone, on peut dire la zone d'étude serait l'une des moyennement arrosées de Madagascar.

**Tableau 7 :**Densité de drainage par Commune

Nom de la Commune	Rivière permanente	Rivière temporaire	Longueur totale (en Km)	Superficie de la Commune (en Km <sup>2</sup> )	Densité de drainage moyenne (en Km/Km <sup>2</sup> )
Alakamisy-Anativato	44,201	25,437	69,638	32,408	2,15
Andranomafana	66,708	38,323	105,031	30,362	3,46
Antso	84,177	57,727	141,904	42,782	3,32
Betafo	72,985	45,07	118,055	54,95	2,15
Mahaiza	347,191	243,699	590,89	241,743	2,44
Mandritsara	64,541	37,622	102,163	49,078	2,08
Soavina	195,79	149,924	345,714	130,791	2,64
Tritriva	64,202	35,374	99,576	39,293	2,53
<b>TOTAL</b>	<b>939,795</b>	<b>633,176</b>	<b>1572,971</b>	<b>621,406</b>	

**Source :** BD 100 Région Vakinankaratra 2005 ; Cartes topographiques FTM (Feuilles M49, M50, N49, N50) ; Images ASTER&SRTM, USGS, 2017, Auteur 2022.

Le tableau ci-dessus expose les types de rivières : permanentes et temporaires, dont les plus importantes concernent la commune rurale de Mahaiza. La longueur totale de rivières y est de 590,89km pour une superficie drainée de 241,743km<sup>2</sup>. En ce qui concerne l'ensemble, la densité de drainage la plus remarquable concerne les communes d'Antso et d'Andranomafana avec plus de 3km drainée/km<sup>2</sup>. Dans la commune de Soavina, la longueur des rivières est de 345,714km pour permettre de drainer une superficie de 130,791km<sup>2</sup>.

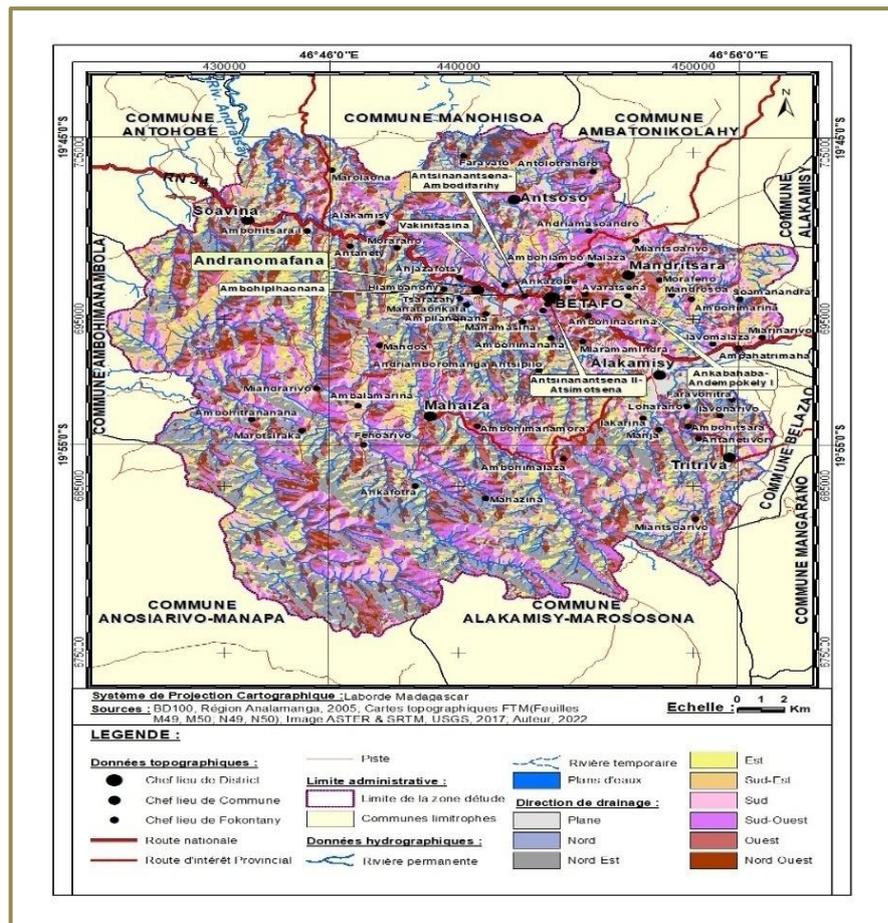
### III.1.1.5.2. Zone suffisamment drainée

Deux principaux cours d'eau drainent la zone d'étude : la rivière de Lohalambo au Nord et d'Iandratsay au Sud qui sont des affluents de la Tsiribihina qui se déverse par la suite

dans le canal de Mozambique. Quant au régime hydrologique, ces rivières sont bien alimentées tout le long de l'année par le château d'eau formé par le massif de l'Ankaratra et le ruisseau de Sahamaloto de la Commune Rurale (CR) de Mandritsara pour le Lohalambo ; et alimenté par le massif de Tritriva, le lac d'Andraikiba et la rivière d'Ambatonitsobohana pour l'Iandratsay. Cependant, elles présentent des crues parfois violentes en saison des pluies.

En ce qui concerne la longueur des rivières, les plus longues correspondent à celle de Mahaiza et Soavina. Il s'en suit la longueur de rivières d'Andranomafana, d'Antsoaso et de Tritriva. Les densités de drainage les moyennes de densité de drainage sont celles des autres communes rurales. Ce qui signifie que l'eau est présente partout, tandis que la densité, la surface concernée et la longueur totale demeurent en moyenne plus de 2km/km<sup>2</sup>. Bref, la densité et l'intensité des rivières permettent d'apprécier le degré de besoins ou d'offres de sauvetage à l'environnement naturel.

**Carte 12 :** Direction de drainage



### III.1.2. Résultats d'enquêtes au niveau de la Commune urbaine de Betafo

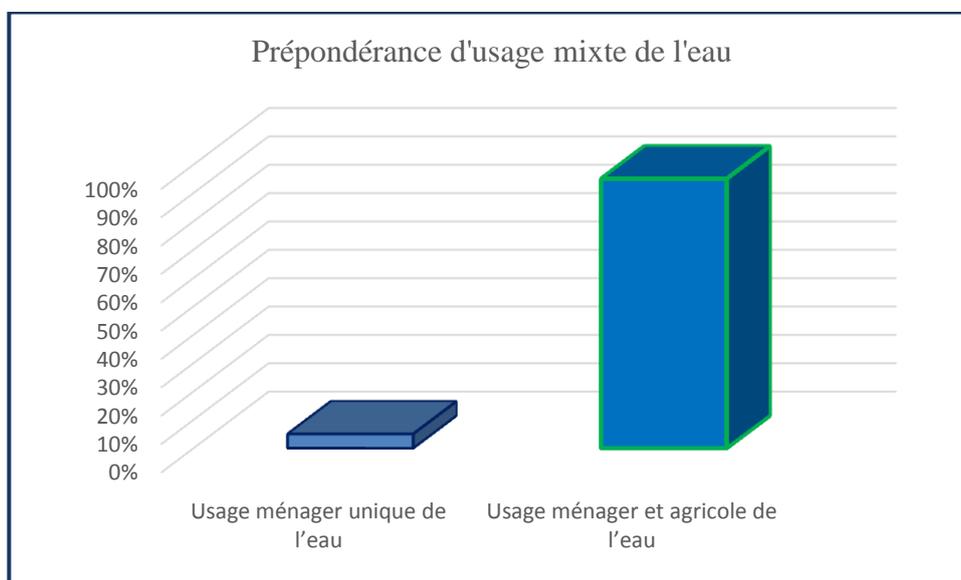
Les enquêtes avec des questions directes ont été effectuées en 2022. Les thématiques ont porté sur la gestion, l'utilisation et la tendance d'évolution constatée de la quantité ou la qualité de l'eau dans cette localité.

#### III.1.2.1. En matière de gestion et consommation d'eau

Si l'eau existe d'une manière abondante, la priorité pour les habitants est de l'utiliser essentiellement pour les besoins du ménage et ensuite de l'affecter à l'agriculture et inversement. La presque totalité des habitants se lancent dans l'agriculture associée à l'élevage.

**Tableau 7 :**Prépondérance de l'usage mixte d'eau

	Nombre	%
Usage ménager unique de l'eau	5	5%
Usage ménager et agricole de l'eau	95	95%
TOTAL	100	100%



**Figure 4 :** Utilité de l'eau pour usage à la fois ménager qu'agricole dans une zone prioritairement agricole

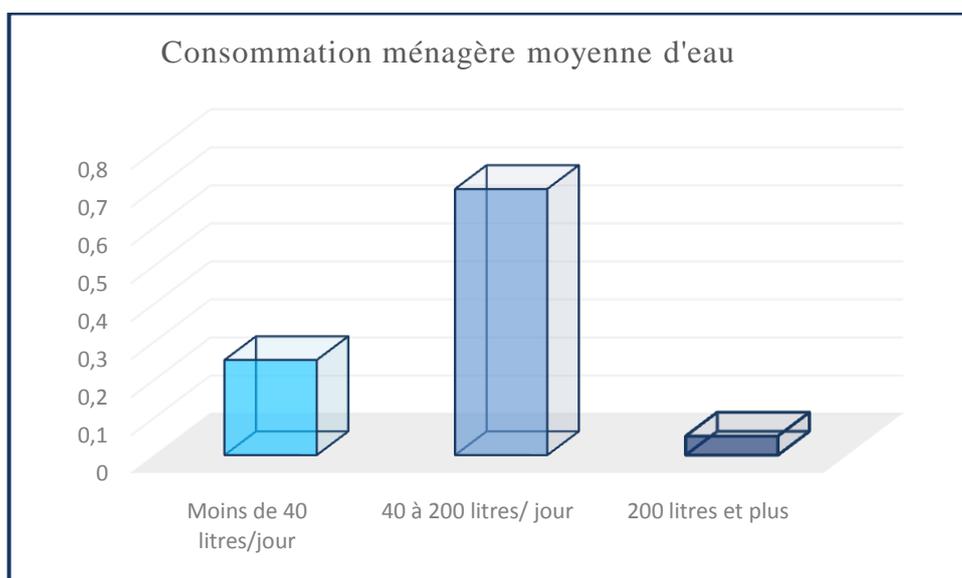
**Source :** Enquête, Mars 2023.

### III.1.2.2. En matière de consommation d'eau

La consommation d'eau ménagère moyenne se situe dans les 70% des cas entre 40 et 200 litres par jour. Très rarement, la consommation remonte à plus de 200 litres par jour. En ce qui concerne le mode de procuration de l'eau, les infrastructures socio-collectives sont privilégiées à 80%, le mode mixte à 10%, mais il y a encore ceux qui puisent de l'eau selon le mode traditionnel libre.

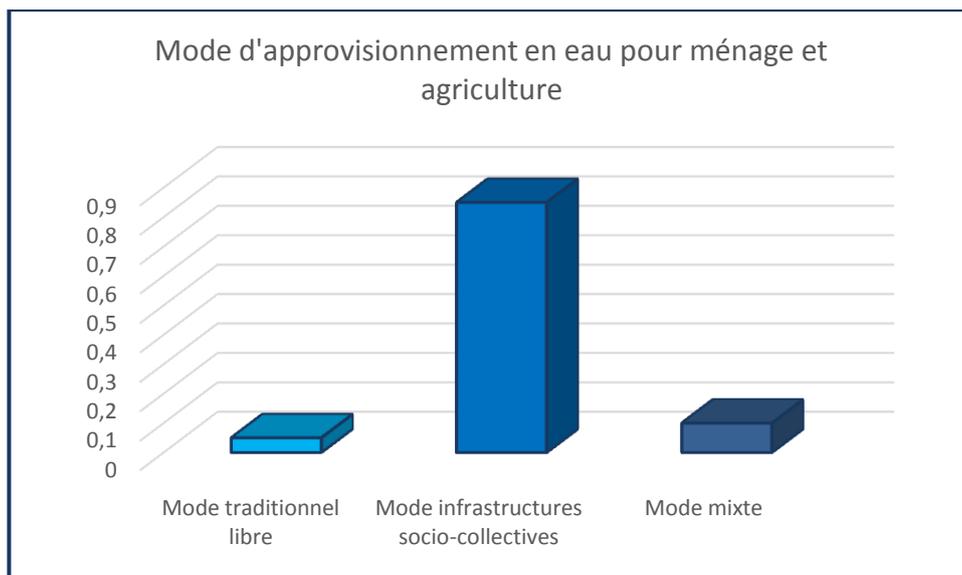
**Tableau 8** : Répartition de la consommation d'eau

	Nombre	%
▪ Consommation ménagère moyenne de l'eau		
Moins de 40 litres/jour	25	25%
40 à 200 litres/ jour	70	70%
200 litres et plus	5	5%
▪ Consommation ménagère et agricole de l'eau		
Mode traditionnel libre	5	5%
Mode infrastructures socio-collectives	85	85%
Mode mixte	10	10%



**Figure 5** : Utilité de l'eau dans une zone prioritairement agricole

**Source** : Enquête, Mars 2023.



**Figure 6** : Prépondérance du mode d’approvisionnement en eau via infrastructures socio-collectives

**Source** : Enquête, Mars 2023.

### III.1.2.3. En matière de perspectives

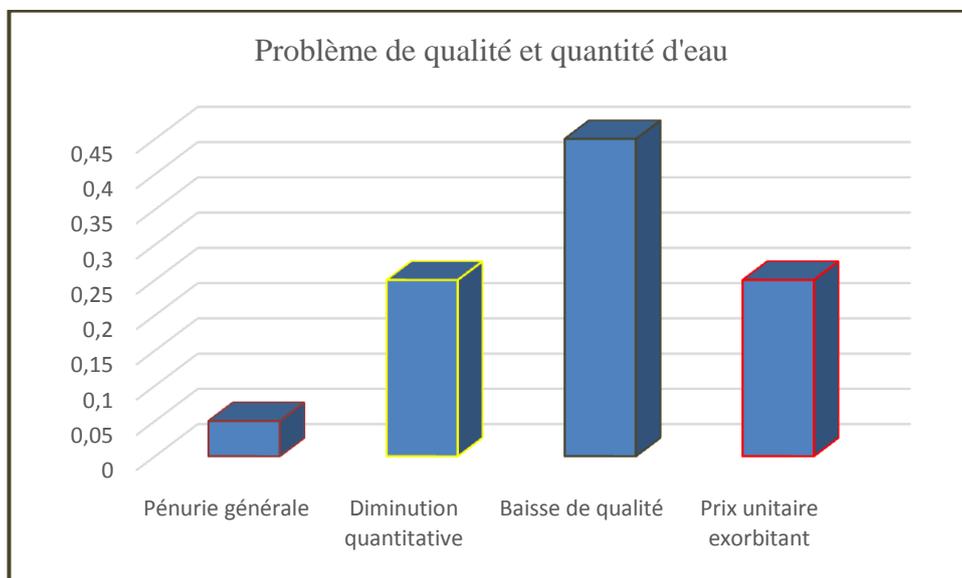
En ce qui concerne le niveau de difficulté constaté en ce qui concerne l’accès à l’eau, le ravitaillement connaît certaines difficultés. En effet, les problèmes évoqués sont liés surtout à la diminution quantitative de débit, mais aussi à la baisse de qualité et au prix exorbitant.

**Tableau 9** : Niveau de difficulté d’accès à l’eau

	Nombre	%
▪ Problèmes généraux relatifs à l’eau		
Pénurie générale	5	5%
Diminution quantitative	25	25%
Baisse de qualité	45	45%
Prix unitaire exorbitant	25	25%
▪ Consommation ménagère et agricole de l’eau		
Fréquence des situations extrêmes d’excès ou de pénurie	5	5%
Conflits dans la gestion de l’eau communautaire via infrastructures socio-collectives	85	85%
Aucun problème	10	10%

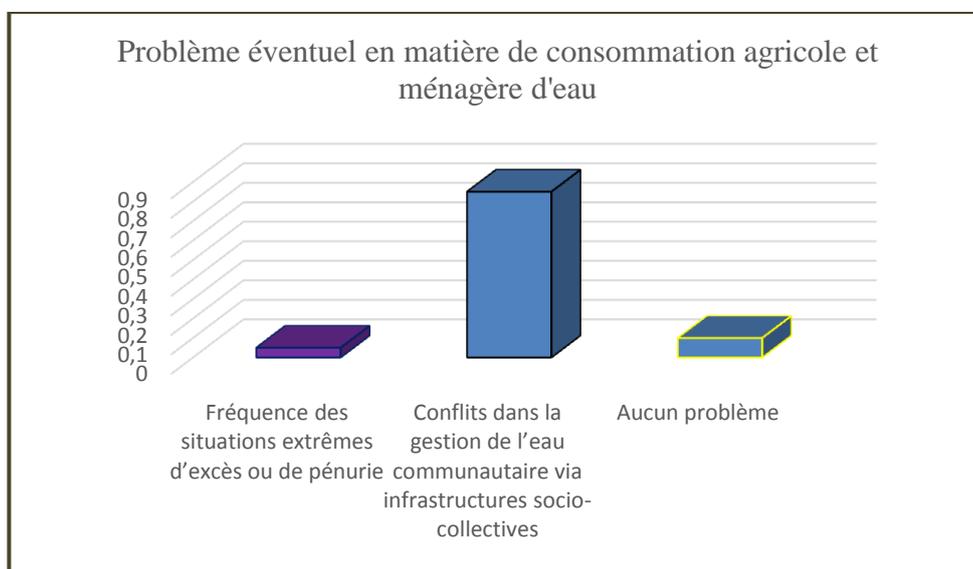
**Source** : Enquête, Mars 2023.

Par rapport à la consommation ménagère et agricole d'eau, seulement 10% des enquêtés ne rencontrent aucun problème. Pour 85%, des conflits ont lieu dans la gestion de l'eau communautaire via infrastructures socio-collectives. Les situations extrêmes de pénurie et d'excès d'eau ne se rencontrent qu'à 5% des cas.



**Figure 6** : Constats de problèmes de qualité et de quantité d'eau

**Source** : Enquête, Mars 2023.



**Figure 5** : Fréquence des conflits dans la gestion de l'eau communautaire

**Source** : Enquête, Mars 2023.

## III.2. DISCUSSIONS

Les représentations cartographiques que les résultats d'enquêtes ont montré aussi bien les attraits de Betafo par ses richesses en eau que les risques de son déperissement dus à des facteurs et indices variés qui remettent en cause ses qualités. Des signes annonciateurs des perturbations hydro climatiques se manifestent aujourd'hui.

### *III.2.1. Climat généralement favorable en léger changement*

La douceur du climat résulte du fait de la localisation à cheval entre la partie Est et Ouest du Vakinankaratra et Centre-Sud des Hautes Terres Centrales de Madagascar. Cependant, la morphologie du paysage et les pratiques insouciantes de la population se doublent du manque de système concret de correction de certains abus dans l'exploitation des ressources naturelles.

### *III.2.2. Risques climatiques prouvées à cause de certaine agression hydrique*

L'équilibre environnemental dans un écosystème donné est fonction de la préservation ou de la restauration de la nature. Celle-ci joue le rôle de régulateur thermique et ainsi du mécanisme climatique et hydrologique. La prise de conscience, les volontés et la mise en œuvre des actions tardent à venir. Cela demande beaucoup d'années alors que le rythme de réchauffement actuel est de 0,05°C/10ans.

### *III.2.3. Baisse de qualité et de quantité de l'eau*

La baisse de qualité est liée au mode de vie et aux pratiques communautaires insouciantes. La pollution de l'eau pourrait être liée aux pratiques agricoles où l'usage excessif d'engrais et de pesticides chimiques qui se terminent principalement dans les eaux de surface, il y a aussi les déchets non recyclables comme l'usage des bouteilles et emballages en sachets plastiques au marché. Cependant, aucun dispositif de restauration ou de purification d'eau n'existe jusqu'ici parce que l'eau y tombe et coule en évidence. Pour la baisse quantitative de l'eau surtout en certaine période de l'année, c'est dû aux pertes en eau, liées à la rupture du cycle de l'eau et l'absence de couverture forestière qui devrait jouer un rôle dans la régulation topo climatique, et donc hydrologique.

### *III.2.4. Signes annonciateurs des difficultés dans la gestion de l'eau*

Etant donné l'exigence d'eau dans cette zone, l'on constate qu'elle devient de plus en plus rare car faisant l'objet de difficulté de branchement et de partage. Pourtant, l'on constate que la couverture végétale naturelle a presque partout disparu. De ce fait, la régénération de cette végétation demande beaucoup d'années, et en conséquence la restauration ou la préservation de l'eau.

### **III.3. CARACTERISATION ET DETERMINATION DES FACTEURS DE PREDICTIONS**

Les facteurs de prédictions regroupent les conditions climatiques et hydrologiques de la zone d'étude. Les indicateurs d'aggravations d'insuffisance ou de mauvaise gestion d'eau s'annoncent. Alors, le climat demeure tropical d'altitude, cependant, d'autres facteurs interviennent et vont au détriment de l'originalité climatique de cette localité.

#### *III.3.1. Prévisions de certaines aggravations*

Les constatations ont relevé que les eaux superficielles sont en train de devenir de plus en plus rares. En effet, 25 à 20 ans auparavant, des manifestations de phénomènes d'excès d'eau se sont manifestés où la gratuité de la distribution partout à gogo d'eau potable. Aujourd'hui, des faits d'extrêmes d'excès et de pénurie d'eau ont lieu, en période de crue ou d'étiage respectif, avec déversement desdits excès et en revanche des assèchements des zones auparavant humides. Parmi les ménages enquêtés qui utilisent des eaux de robinets, ils paient en moyenne 10 000 à 20 000 Ariary par mois. Aujourd'hui, des études sur les possibilités de forages des eaux de profondeur sont en cours de se multiplier à cause de ce problème.

#### *III.3.2. Urgence des actions environnementales et écologiques*

Les cartes sur les caractéristiques hydrologiques et les résultats des enquêtes ont révélé certaine dégradation quantitative et qualitative de l'eau. En effet, à part le déséquilibre saisonnier dans la répartition de l'eau, on suppose une distorsion dans le cycle de l'eau. En outre, une dichotomie Nord et Nord-Est-Sud et Sud-Ouest s'observe en matière hydrologique. Par conséquent, des mesures d'ordre environnemental et écologique s'avèrent être urgentes.

Les actions environnementales correspondent à des mesures permettant de faire face aux actuels dangers environnementaux, à savoir le réchauffement, la désertification, la pollution des éléments du milieu naturel : l'eau, l'air et le sol. Malgré le paysage verdoyant caractéristique de Betafo, certaines pratiques insouciantes ont provoqué des dégâts environnementaux sensibles, à savoir la pollution de tels éléments.

### **IV-CONCLUSION**

Malgré l'abondance en eau de Betafo, des constats alertant ne permettent plus de le qualifier de château d'eau du Vakinankaratra. Les cours d'eau y sont nombreux. Cependant, des images satellites avec des montages cartographiques après recoupements des données et informations ont relevé que deux des cinq bassins versants sont importants. Et les résultats d'enquêtes ont évoqué certains signes de dégradations des eaux de surface.

Par conséquent, une étude quantitative prévisionnelle de l'effet de la mise en œuvre des mesures environnementales et écologiques pour une économie de l'eau. Les espaces boisés et leur constitution afin de rétablir l'équilibre l'autorégulation dans le cycle de l'eau.

Les études menées sur Betafo démontrent l'utilité permanente de l'eau dans un pays où plus de 80% de la population demeure agricole. Pratiquement, l'abondance hydro géomorphologique n'est plus à démontrer, de même que les conditions favorables aux activités humaines. Cependant, le rythme accéléré d'exploitation de la terre se double de la surexploitation des terrains exigus par microparcéllisation d'où le risque de pollution de l'eau. Les soucis environnementaux sont presque laissés pour compte, allant au profit de l'agriculture vivrière ouverte aux marchés. D'où se présente l'urgence des actions environnementales et écologiques afin de sauver le devenir de Betafo et de sa population qui est dynamique.

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions tous ceux qui, de près ou de loin contribué à la réalisation de cet article : les divers responsables du site de publication, de l'équipe de relecture, des pairs, du District et de la Commune Urbaine de Betafo. Nous ne pouvons pas oublier les personnes enquêtées qui ont tous bien voulu répondre au questionnaire simple mais fort instructif.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- CAMBERLIN Pierre :METEOROLOGIE et CLIMATOLOGIE, Centre de Recherches de Climatologie, Biogéosciences Université de Bourgogne / CNRS, UE1 SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT, Licence Professionnelle Agriculture, durabilité, nouvelles technologies, 83 pages.
- GUYOT G. 2013 : Climatologie de l'environnement. De la plante aux écosystèmes, Masson. (2e édition).
- PARCEVAUX S. de, HUBER L. 2007 : Bioclimatologie. Concepts et applications. Quae.
- BELTRANDO G. 2004 : Les climats, processus, variabilité et risques. Armand-Colin.
- HUFTY A. 2001 : Introduction à la climatologie. De Boeck.
- JAVELLE J.P, ROCHAS, PASTRE, HONTARREDE, BEAUREPAIRE, JACOMY 2000 : La météorologie du baromètre au satellite : mesurer l'atmosphère et prévoir le temps. Delachaux et Niestlé.
- DUBREUIL P., Initiation à l'analyse hydrologique, Masson. (2e édition), ORSTOM, 226 pages.
- ROCHEM., Hydrologie de surface, ORSTOM, Gauthier-Villar Paris, 431 Pages.
- PAYET Evelyne, DUMAS Pascal, PENNOBER Gwenaëlle, Modélisation de l'érosion hydrique des sols sur un bassinversant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana, in La modélisation en sciences de l'environnement : approches et questionnements, Volume 11,

Numéro 3, Décembre 2011.