

IV.2. La gestion des ressources en eau et ses acteurs dans le bassin versant de la Mandaratsy

IV.2.1. Les entités touchées par la gestion de l'eau à Madagascar

A Madagascar, la gestion de l'eau est cadrée légalement par un code de l'eau établi en 1999 (loi N° 98-029). D'après ce code de l'eau, les eaux de surfaces font partie du domaine public et l'**ANDEA**⁵ est l'organisme ayant le pouvoir de coordination de toute activité du secteur de l'eau au niveau national. Cet organisme a comme mission d'assurer la mise en place et l'optimisation de la gestion de l'eau selon le processus de la GIRE, à Madagascar. L'ANDEA est sous tutelle du ministère en charge de l'eau et fonctionne en collaborant étroitement avec les autres départements ministériels concernés par les ressources en eau.

Les **communes** urbaines et rurales sont les maîtres d'ouvrage pour tout programme de l'eau et de l'assainissement dans leurs territoires respectifs, mais elles peuvent déléguer la gestion à un **opérateur privé ou communautaire**. A ce titre, les communes ont la responsabilité d'assurer la qualité du service de l'eau et de l'assainissement fourni aux utilisateurs. A travers le Conseil communal, elles ont le devoir d'approuver les investissements liés aux systèmes d'approvisionnement en eau potable et doivent être consultés sur les programmes de développement du service public de l'eau et de l'assainissement les concernant.

La **JIRAMA** est une société d'État en charge de l'électricité et de l'alimentation en eau potable à l'échelle nationale. Sous tutelle du Ministère de l'énergie et des Mines, elle a été créée en 1975 en vue de réaliser les objectifs nationaux dans les secteurs de l'eau et de l'électricité. Une de ses activités principales est d'effectuer les opérations relatives à la production, au transport et à la distribution de l'eau potable.

IV.2.2. La gestion des ressources en eau dans le bassin versant de la Mandaratsy

Dans le bassin versant de la Mandaratsy, plusieurs acteurs et projets sont ou ont été impliqués dans la gestion des ressources en eau. On peut citer :

- la **JIRAMA** en tant qu'exploitant industriel de l'eau en amont du barrage d'Antarambivy depuis 1940,
- l'**OPCI Vohitraina Antarambivy**, une collectivité locale pour l'intérêt des habitants riverains au bassin versant,
- l'**APMM** pour la mise en place de plan d'aménagement du périmètre de reboisement et bassin versant de Mandaratsy/Antarambivy en 2004,
- la **coopération décentralisée du Grand Lyon et de la région Matsiatra Ambony** pour la mise en place de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) dans la région Matsiatra Ambony, y inclus le bassin versant de la Mandaratsy.

⁵ L'ANDEA ou Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement est une institution sous la tutelle du Ministère de l'eau. Elle a comme mission d'assurer la bonne gouvernance de l'eau à Madagascar selon le processus de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).

Les premiers aménagements liés aux ressources en eau sont effectués par la Société Malgache des Eaux quand celle-ci exploite le bassin hydrologique à partir de 1940 pour alimenter en eau une partie de la ville de Fianarantsoa. En 1956, le premier barrage est construit et la production d'eau commence en 1958. L'exploitation de l'eau est transmise à la JIRAMA en 1975. En 1984 la JIRAMA aménage les treize canaux de captages en vue d'augmenter la quantité d'eau captée au niveau du lac de retenue d'Antarambiby. Un premier rehaussement de 50 cm du barrage de retenue est effectué en 1994 pour augmenter la capacité du lac de retenue d'eau. Un autre rehaussement de 1 m de la hauteur du barrage est effectué en 2007. Ce rehaussement est une mesure prise suite à un tarissement du lac en novembre 2006, dû à l'insuffisance de précipitations des deux années successives 2005-2006, et qui a engendré une crise d'eau à Fianarantsoa. Il permet d'augmenter la capacité de stockage du lac de retenue et d'assurer l'approvisionnement en eau potable de Fianarantsoa plus longtemps en période d'étiage et quand l'insuffisance des pluies retarde la recharge du lac.

L'OPCI Vohitraina Antarambiby est une collectivité créée en avril 2003 et représente l'intérêt des habitants riverains au bassin versant. Cette OPCI regroupe les sept communes touchées par le périmètre de reboisement de Mandaratsy où se trouvent les sources d'alimentation en eau du lac d'Antarambiby (Andrainjato Centre, Andrainjato Est, Mahasoabe, Alakamisy Itenina, Vohibato Ouest, Magneva et Talata Ampano). Cette collectivité a reçu une délégation de quelques compétences des communes rurales telles que l'aménagement de l'espace et l'élaboration des schémas d'urbanisme intercommunaux, et les activités de développement économique intéressant l'ensemble de la communauté. Depuis 2011, l'OPCI Vohitraina Antarambiby est présidée par le maire d'Andrainjato Centre.

La JIRAMA, l'ANDEA et la Direction Interrégionale du Ministère de l'eau (aujourd'hui la DREAH) travaillent depuis 2010 sur la mise en place des périmètres de protection des zones de captage d'eau du lac Antarambiby, afin de préserver en qualité et en quantité les ressources en eau du bassin hydrologique. La délimitation des périmètres de protection ont été validées mais la JIRAMA n'a pas encore techniquement mis en œuvre l'établissement de ces périmètres. Le périmètre de protection immédiate est dans une bande de 25 m de la berge des marais, 1 m de chaque côté des canaux de captages et 2 m autour des sources de résurgences issues des bas-fonds. Ce périmètre a pour fonction de protéger les ressources en eau, d'empêcher la détérioration des ouvrages de prélèvement et d'éviter le déversement de substances polluantes qui se produisent aux proximités immédiates du captage. Le périmètre de protection rapproché quant à lui est délimité par les lignes de crêtes voisines au captage et a pour fonction de protéger le captage contre les migrations souterraines de substances polluantes. (Source : DREAH Matsiatra Ambony)

Chapitre V. Conditions naturelles et ressources en eau dans le bassin versant de la Mandaratsy

V.1. Propriétés physiques et morphologiques du bassin versant de la Mandaratsy

La connaissance des propriétés du bassin versant est indispensable pour l'évaluation en quantité et l'étude de la variabilité temporelle et spatiale des ressources en eau superficielle et souterraines. Ce chapitre évalue quelques propriétés du bassin versant de la Mandaratsy : la planimétrie (superficie, périmètre, longueur des cours d'eau), l'hypsométrie (répartition des altitudes), et les indices morphologiques comme l'indice de compacité de Gravelius et la densité de drainage.

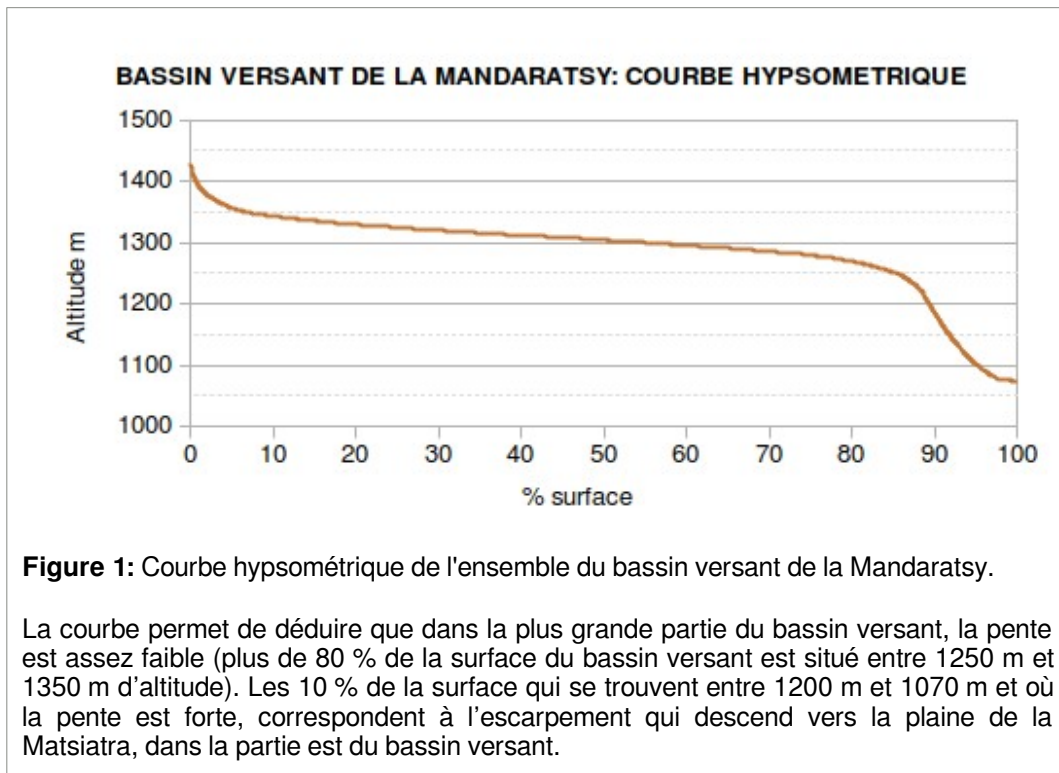
V.1.1. Planimétrie et hypsométrie

La délimitation du bassin versant se fait sur un SIG, à l'aide du modèle numérique de terrain. Avec la délimitation ainsi obtenue, on peut extraire directement les mesures de base du bassin versant que sont la superficie et le périmètre. Le SIG calcule également les lignes d'écoulement qui permettent de mesurer la longueur des thalwegs. Pour le bassin versant de la Mandaratsy, on a les valeurs suivantes :

- Superficie = 4242 ha = 42,4 km²
- Périmètre = 39,3 km
- Longueur totale des cours d'eau = 46 km
- Longueur du plus long thalweg = 14 km

L'hypsométrie d'un bassin versant s'observe sur une courbe qui représente la superficie (ou le pourcentage de la superficie) du bassin versant où l'altitude est supérieure à une cote donnée, appelée courbe hypsométrique. Cette courbe donne la dispersion des altitudes et permet alors de déduire la pente du bassin versant, une composante importante de la vitesse du ruissellement.

La courbe hypsométrique de la [figure 1](#) montre que la pente est assez faible dans la plus grande partie du bassin versant de la Mandaratsy.



L'analyse de la courbe hypsométrique permet de dégager quelques altitudes caractéristiques du bassin versant :

- Altitude maximale = 1432 m
- Altitude minimale = 1070 m
- Altitude moyenne = 1287 m
- Altitude médiane = 1304 m

On déduit l'indice de pente global du bassin versant comme suit :

$$I_g = \frac{D}{L}$$

où I_g est l'indice de pente global

D la dénivelée entre les altitudes correspondant à 5 % et 95 % de superficie

L la longueur du plus long thalweg

$$I_g = \frac{1355 - 1100}{14} = 18,2 \text{ m/km ou } 18,2\% \text{ ou } 0,018$$

Cet indice de pente global est ensuite utilisé pour calculer le dénivelé spécifique, qui permet de classer le bassin versant par son relief. Le dénivelé spécifique a comme valeur :

$$D_s = I_g \times \sqrt{A} \quad \text{où } A \text{ est la superficie du bassin versant en km}^2$$

Le [tableau 3](#) montre la classification du relief d'un bassin versant selon la valeur de son dénivelé spécifique, d'après l'ORSTOM.

Tableau 3 : Classification du relief des bassins versants par dénivelé spécifique

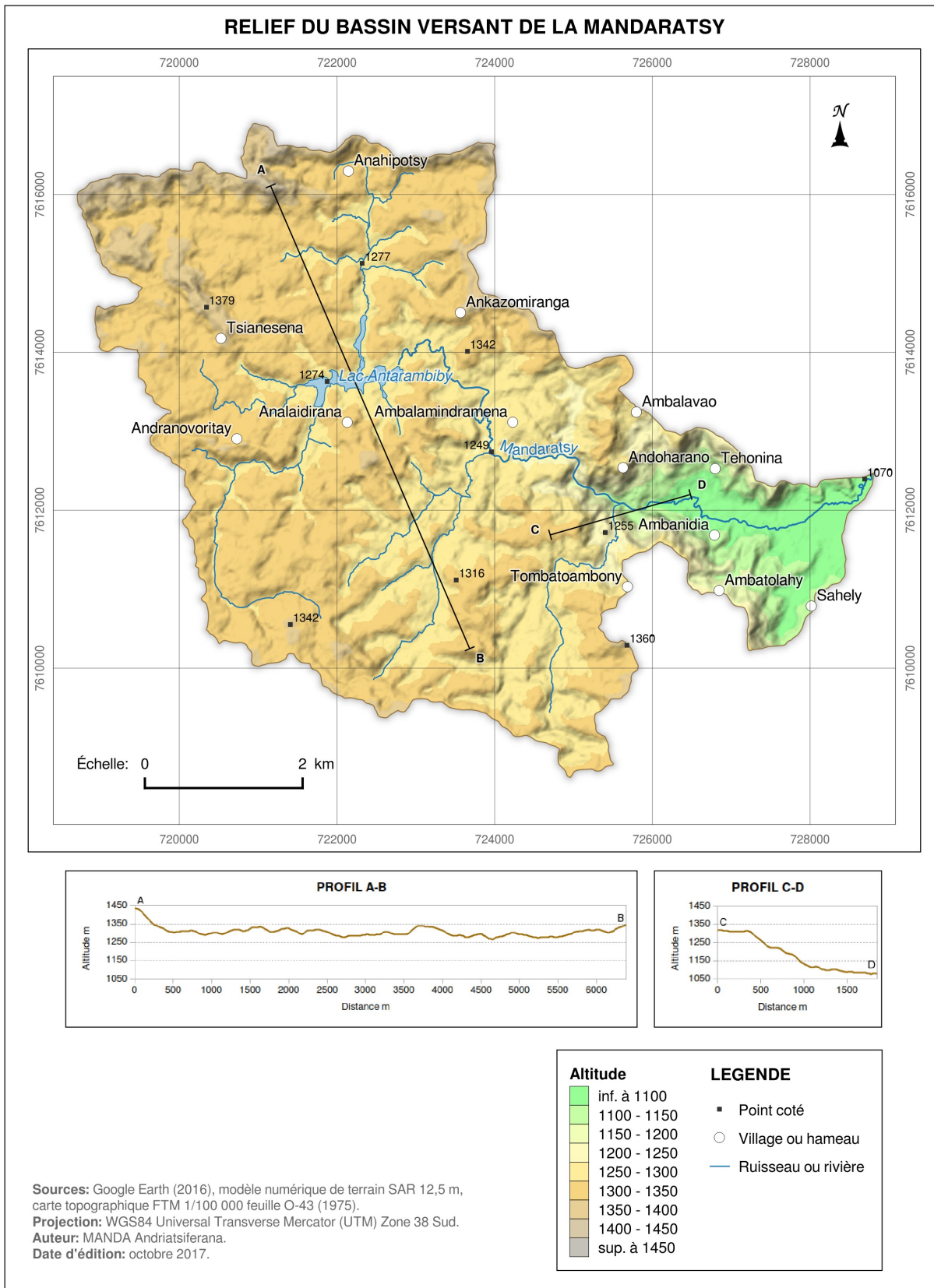
D_s	Classe ORSTOM	Type de relief
< 10 m	R1	Relief très faible
10 à 25 m	R2	Relief faible
25 à 50 m	R3	Relief assez faible
50 à 100 m	R4	Relief modéré
100 à 250 m	R5	Relief assez fort
250 à 500 m	R6	Relief fort
> 500 m	R7	Relief très fort

Le bassin versant de la Mandaratsy a un dénivelé spécifique égal à $D_s = 18,2 \times \sqrt{42,4} = 118,5 \text{ m}$ qui classe son relief comme « relief assez fort » dans la classification de l'ORSTOM. Ce « relief assez fort » est surtout dû à la dénivellation causée par l'escarpement dans la partie est du bassin versant qui raccorde l'ensemble collinaire avec la plaine de la Matsiatra (observable sur le profil C-D du [croquis 3](#)). En effet dans la plus grande partie du bassin versant le relief n'est pas fort, les collines situées en amont de l'escarpement sont assez basses et les pentes sont modérées, comme le montre le profil A-B du [croquis 3](#).



Photo 6: Paysage du bassin versant de la Mandaratsy, formé de collines basses à pentes modérées.

Cliché de l'auteur (20/10/2017)



Croquis 3: Le relief du bassin versant de la Mandaratsy

V.1.2. Indice de compacité de Gravelius

L'indice de compacité de Gravelius est le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant la même superficie. Cet indice permet d'avoir idée sur la forme du bassin versant : une valeur qui se rapproche de 1 indique un bassin versant circulaire. La valeur s'éloigne de 1 au fur et à mesure que la forme du bassin s'allonge. L'indice de compacité de Gravelius se calcule avec la formule :

$$K_G = \frac{P}{2 \times \sqrt{\pi \times A}}$$

où K_G est l'indice de compacité de Gravelius
P le périmètre du bassin versant
A la superficie du bassin versant

Pour le bassin versant de la Mandaratsy, on a :

$$K_G = \frac{39,3}{2 \times \sqrt{\pi \times 42,4}} = 1,7 \text{ qui indique une forme du bassin versant légèrement allongée.}$$

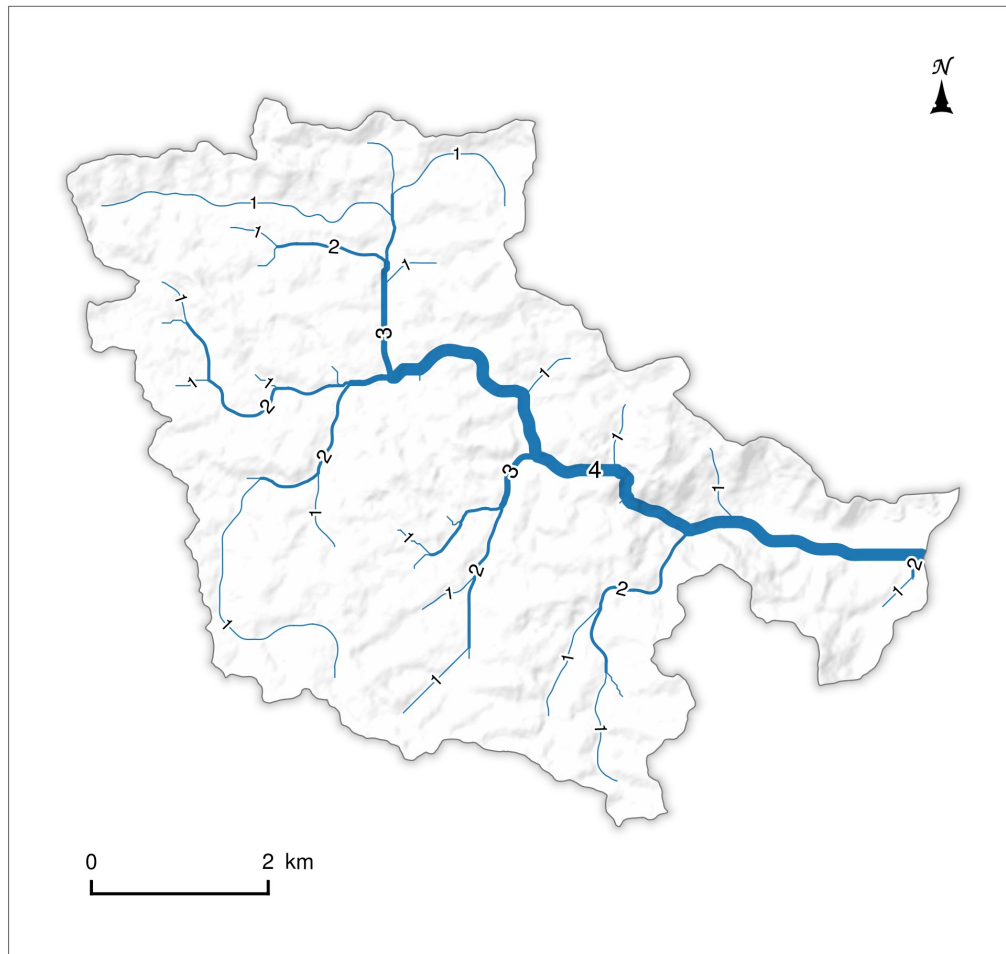
La forme du bassin versant a surtout une influence sur le régime des crues en aval, observable sur un hydrogramme⁶. Les bassins plus arrondis auront un débit de pointe de crue plus important et de plus courte durée, tandis que les bassins allongés auront un débit de pointe de crue moins important et de plus longue durée. C'est à cause du temps mis par l'eau pour rejoindre l'exutoire. En effet, pour les bassins allongés les eaux mettent plus de temps pour s'acheminer vers l'exutoire et le débit est mieux régulé ; pour les bassins arrondis les eaux se rejoignent plus vite vers l'exutoire.

V.1.3. Hiérarchisation du réseau hydrographique

Le degré de hiérarchisation du réseau hydrographique est évalué par la classification de STRAHLER (1957) : on associe à chaque cours d'eau un numéro d'ordre qui est fonction de son importance (le nombre d'affluents qu'il reçoit). À un cours d'eau sans affluent est associé un numéro d'ordre 1, au cours d'eau issu de la confluence de deux cours d'eau de même ordre n est associé le numéro d'ordre n+1, etc. Ce nombre donne un indice sur l'âge du réseau hydrographique et sur l'influence de la géologie : un réseau peu ramifié, d'ordre 3 à 5 selon STRAHLER, signifie une jeunesse du réseau hydrographique et une moindre influence de la géologie. Le bassin versant de la Mandaratsy a un ordre de Strahler équivalent à 4 ([croquis 4](#)).

⁶ L'hydrogramme est un graphique qui représente la variation temporelle du débit d'écoulement de l'eau pour une section de cours d'eau ou pour l'ensemble d'un bassin versant, mesuré pour ce dernier cas au niveau de l'exutoire.

BASSIN VERSANT DE LA MANDARATSY: ORDRES DE STRAHLER DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE



Source: Modèle numérique de terrain SRTM3.
Auteur: MANDA Andriatsiferana.
Date d'édition: octobre 2017.

Ordre de Strahler

- 1
- 2
- 3
- 4

Croquis 4: Ordres de Strahler du réseau hydrographique dans le bassin versant de la Mandaratsy.

La valeur 4 de l'ordre du cours d'eau le plus important du bassin versant de la Mandaratsy démontre une récente mise en place du réseau hydrographique dans la chronologie géologique. Cette valeur faible indique aussi une moindre influence de la géologie sur la morphologie du réseau hydrographique.

V.1.4. Densité de drainage

La densité de drainage dans un bassin versant est le rapport de la longueur totale des segments de cours d'eau, pérennes et intermittents, sur la superficie du bassin. Sa valeur donne idée sur la géologie du bassin versant, la topographie, et les conditions climatologiques. Des bassins versants à conditions climatiques humides, à substrat géologique peu perméable, et à fortes pentes, auront une densité de drainage élevée.

En utilisant les valeurs précédentes, pour le bassin versant de la Mandaratsy on a :

$$D_d = \frac{L}{S}$$

où D_d est la densité de drainage

L la longueur totale des cours d'eau

S la superficie du bassin versant

$$D_d = \frac{46}{42,4} = 1,08 \text{ km/km}^2$$

Cette valeur de la densité de drainage indique un taux d'infiltration considérable favorisé par la faible pente des versants et l'importance de la couverture végétale, malgré le caractère peu perméable du substrat géologique.

V.2. Le cadre naturel des ressources en eau

V.2.1. La géologie

La géologie joue un rôle sur les caractéristiques et le régime du réseau hydrographique, par la perméabilité du substrat et ainsi l'importance des nappes d'eau souterraines. Dans les bassins versants à roches imperméables le réseau hydrographique est dense. Dans les autres zones où les roches sont perméables (par exemple calcaire, basalte, grès), le réseau hydrographique est peu dense. En outre, pendant la période de crues, le volume d'eau écoulé est d'autant plus important que le bassin est imperméable. Pendant la période d'étiage, le débit des cours d'eau sera d'autant plus fort que les nappes souterraines sont plus importantes. De plus, c'est également la géologie qui explique l'origine et le fonctionnement des sources. Enfin, il y a aussi le rôle de la structure. Sur les roches dures on a des pentes fortes et des lits de vallées rétrécis, tandis que sur les roches tendres on a des pentes douces et des vallées qui s'épanouissent.

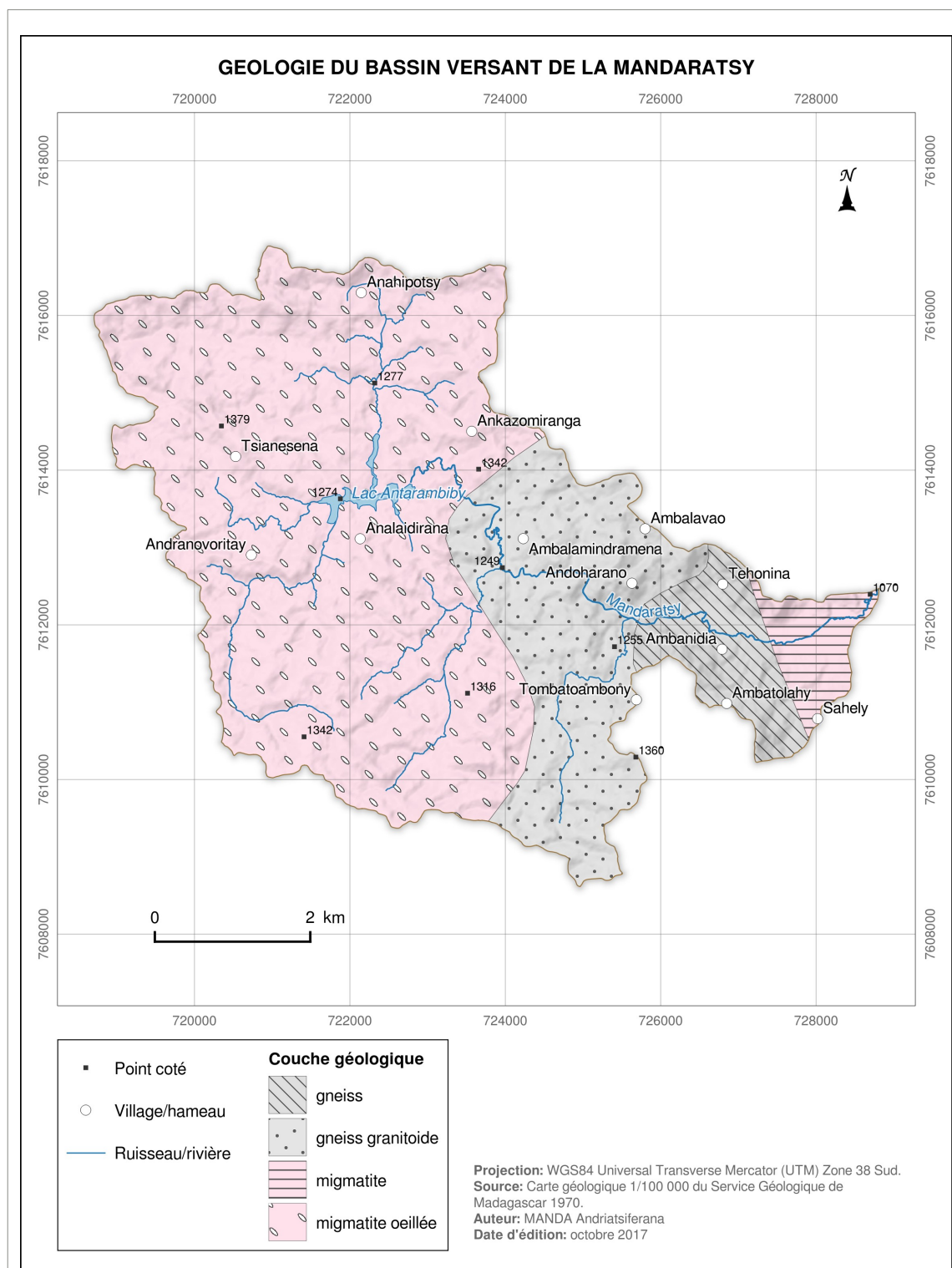
Du point de vue géologique, le site du bassin versant de la Mandaratsy appartient au socle cristallin malgache. Il se trouve sur un ensemble de roches métamorphiques appartenant au système du Graphite, dans le système géologique du socle cristallin malgache établi par BÉSAIRIE (1973). On y rencontre deux groupes selon ce système :

- **le groupe de Migmatites et Migmatites granitoïdes.** Il s'agit ici des couches de migmatite et de migmatite ocellée. La couche de migmatite supporte presque l'ensemble de la région du bassin versant avec un affleurement en surface dans la plaine de la Matsiatra près de Mahasoabe et dans tout le nord du

bassin versant vers Itombana. La couche de migmatite œillée affleure dans des zones de plus haute altitude de la partie amont du bassin versant, autour de 1300-1400 m d'altitude.

- **le groupe d'Ambatolampy** qui laisse affleurer les couches de gneiss (gneiss et gneiss granitoïdes), intensément métamorphisées, correspondant ici à des zones relativement de basses altitudes et pentues, sur les escarpements prononcés dans la partie est du bassin versant (1200 à 1300 m).

Les migmatites et le gneiss granitoïde sont des roches peu perméables et la majeure partie du bassin versant repose sur ces roches. Ceci limite l'infiltration profonde (et donc la présence de nappes profondes) dans le bassin versant en favorisant plutôt la présence des nappes superficielles en interaction avec les écoulements superficiels et hypodermiques. Toutefois, des fissures et des failles profondes en certains endroits peuvent éventuellement favoriser la présence de nappes profondes dans le bassin versant. Ainsi la variation spatiale du substrat géologique du bassin versant de la Mandaratsy a peu d'incidence sur l'écoulement des eaux en surface, comme l'a déjà indiqué le degré de hiérarchisation du réseau hydrographique.



Croquis 5: La géologie du bassin versant de la Mandaratsy.

Le caractère peu perméable et la dureté des roches du bassin versant, (le gneiss granitoïde et la migmatite) ne permet pas le développement des phénomènes d'infiltrations profondes (percolation). L'écoulement se fait davantage en surface et dans la partie supérieure du sol où la roche est altérée (écoulement hypodermique).