Introduction générale

L'eau, un élément indispensable à toute vie, fait l'objet d'une préoccupation mondiale. L'augmentation en nombre de la population mondiale et l'amélioration des conditions de vie humaines font en sorte que les besoins en eau augmentent. Au cours du 20e siècle, la population mondiale a triplé et ses besoins en eau ont sextuplé. Pour l'année 2000, la demande mondiale en eau est estimée à 5200 km³/an dont 65 % pour l'irrigation, 26 % pour l'industrie et 9 % pour les usages domestiques. La demande est croissante mais les ressources en eau utilisables sont de plus en plus rares et dégradées. En effet 1/6 de la population mondiale (environ 880 millions de personnes) n'a pas d'accès à l'eau potable, et 63% de la population mondiale devrait subir une situation de stress hydrique dès 2025 (SOLIDARITÉS INTERNATIONAL, 2017). De plus, les ressources en eau sont inégalement réparties et sont souvent des sources de conflits de plus en plus graves dans les bassins versants transfrontaliers. Ce qui rend indispensable l'amélioration de la gestion des ressources en eau pour assurer la continuité de sa disponibilité face à ses divers usages.

La connaissance et la gestion des ressources en eau est particulièrement nécessaire en Afrique où le problème de l'eau est très marqué. En Afrique, l'eau influe beaucoup sur les domaines de la santé, de l'énergie et surtout celui de l'alimentation, vu que la plus grande partie des ressources en eau est utilisée dans l'agriculture. L'évolution des besoins en eau est difficile à contrôler, liée à l'augmentation de la population et à l'amélioration des techniques culturaux. De plus, il y a une grande disparité dans la disponibilité des ressources en eau : des pays sont plus favorisés par rapport aux autres, le milieu urbain par rapport au milieu rural, certains secteurs d'utilisation (comme l'agriculture) par rapport à d'autres, et certains habitants d'une même ville ou un même village par rapport à d'autres.

Madagascar n'échappe pas aux problèmes des ressources en eau qui concernent les pays de l'Afrique. Le pays est riche en ressources hydriques, avec en moyenne 1513 mm de précipitations par an pour toute l'île, et 337 000 millions m³/an de ressources en eau renouvelables totales, soit 13 900 m³/an/habitant (FAO, 2015). Le réseau hydrographique est dense et la superficie des eaux intérieures est supérieure à 500 000 ha. Les ressources en eau sont abondantes mais il existe une disparité régionale de la disponibilité de l'eau, liée à la variation spatiale du régime des précipitations : la partie est et les hautes terres centrales reçoivent plus de 1500 mm de précipitations par an, tandis que la partie sud-ouest reçoit moins de 400 mm. Malgré l'abondance des ressources en eau disponibles, le taux d'accès de la population aux sources d'eau et aux installations d'assainissement est très faible et bien en-dessous de la moyenne en Afrique subsaharienne. En moyenne, 41 % de la population seulement a accès à une source d'eau potable protégée. Ce chiffre tombe même à 29 % en milieu rural où vit 71 % de la population (OMS, 2010). A l'exemple de l'ANDEA, des institutions en charge de la gestion des ressources en eau sont en place mais sont très peu opérationnelles. Alors que la dépendance de la population aux ressources en eau est grande : 96 % de l'utilisation de l'eau sont pour l'agriculture qui constitue la principale

activité économique du pays (MEEF, 2012). Des problèmes de disponibilité de l'eau pour l'agriculture auront un impact d'ordre économique, sanitaire et social (conflits d'usage).

Ce mémoire, intitulé « LA DISPONIBILITÉ DES RESSOURCES EN EAU SUPERFICIELLE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MANDARATSY », étudie les ressources en eau superficielle dans le bassin versant de la Mandaratsy, une rivière des hautes terres centrales de Madagascar. Comme dans le reste de l'île, on y rencontre également des problèmes de disponibilité dans le temps et dans l'espace des ressources en eau qui touchent surtout l'activité agricole des habitants du bassin. Plusieurs éléments naturels et anthropiques contribuent à la disponibilité dans l'espace et dans le temps de ces ressources en eau, ce qui constitue d'ailleurs la problématique principale du présent travail de recherche : il s'agit de déterminer les éléments naturels et anthropiques qui influencent la disponibilité des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de la Mandaratsy. En essayant de trouver des éléments d'explication à cette problématique principale, la recherche s'organise selon une démarche inductive.

Ce mémoire se compose de trois parties :

- La première partie intitulée « CADRE THÉORIQUE DE LA RECHERCHE » qui présente les concepts de la recherche, le thème et la démarche de recherche.
- La deuxième partie qui contient une grande partie des résultats de la recherche, intitulée « BASSIN VERSANT DE LA MANDARATSY : PRÉSENTATION DES RESSOURCES EN EAU ET INFLUENCES DU CADRE NATUREL », porte surtout sur le cadre naturel du bassin versant de la Mandaratsy et ses relations avec les ressources en eau.
- La troisième partie, « LA DISPONIBILITÉ EN EAUX DE SURFACE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MANDARATSY » qui, à partir des données disponibles, essaye d'illustrer la situation de la zone de recherche en termes de disponibilité des ressources en eau.

Partie 1. CADRE THÉORIQUE DE LA RECHERCHE

Pour bien arriver à ses objectifs, tout travail de recherche en géographie s'effectue en obéissant aux techniques de recherche établies. Dans un travail de recherche, le choix et la conceptualisation du thème, le choix de la démarche de recherche et des outils de recherche est une étape primordiale. Le présent mémoire étant un travail de recherche qui essaye de respecter les normes de recherche, cette première partie va présenter : le cadre conceptuel de la recherche, la motivation du choix du thème de recherche, la problématique et la démarche de recherche.

Chapitre I. Cadre conceptuel de la recherche

I.1. Définitions des concepts

Les **ressources en eau** se rapportent à toute eau liquide disponible à l'usage de l'homme et de l'écosystème vivant. Elles sont d'origines variées : il existe les ressources pluviales, les ressources en eau superficielle et les ressources en eau souterraine. A part les ressources pluviales qui sont directement captées depuis l'atmosphère, presque la totalité des ressources en eau fait partie des circulations d'eau terrestres et provient de l'écoulement issu des précipitations. En effet, une partie des eaux de précipitations rejoint les circulations d'eau terrestres ; on parle de « pluie efficace » ou « écoulement ». Une autre partie s'évapore directement, désignée par « pluie inefficace ».

L'eau écoulée ruisselle en surface ou s'infiltre dans le sol pour rejoindre les cours d'eau ou les nappes souterraines. Une partie minime percole[1] en profondeur du sous-sol pour rejoindre les nappes profondes. Ainsi on distingue des ressources en eau superficielles et des ressources en eau souterraines. Les **eaux superficielles** sont l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées, qui sont en contact direct avec l'atmosphère. Elles englobent les eaux de ruissellement, les cours d'eau, les marais, les lacs, les mers et les eaux de fonte des glaciers. Les eaux superficielles et les eaux souterraines sont étroitement interdépendantes et peuvent se relayer dans l'espace et dans le temps : une grande partie des eaux qui s'écoulent en surface proviennent des eaux souterraines et réciproquement, les eaux souterraines proviennent d'eaux superficielles.

Les ressources en eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines, ont comme cadre physique les **bassins versants**. Par définition, un bassin versant est une surface topographique dont l'ensemble des eaux coule vers un point commun appelé exutoire qui est généralement le déversement vers un autre cours d'eau ou la mer. L'exutoire peut également être un point choisi dans le thalweg : le bassin versant est alors l'aire drainée par toute section de cours d'eau qui rejoint ce point depuis l'amont. Le bassin versant constitue une unité spatiale d'étude et de gestion des ressources en eau : son étude permet l'évaluation en quantité de la ressource en eau disponible. Toute étude portée sur les ressources en eau doit tenir compte des propriétés du bassin versant que sont la topographie, la pédologie, la géologie et l'état de la couverture végétale.

I.2. La disponibilité des ressources en eau

La disponibilité des ressources en eau s'évalue en mettant en relation la répartition de l'eau disponible dans le milieu naturel et la répartition de la population. A diverses échelles de l'espace, on constate toujours une inadéquation de la répartition de l'homme vis-à-vis des ressources en eau. Les écoulements à eux seuls sont

1 La percolation est la migration lente de l'eau en profondeur à travers les sols.

inégalement répartis à l'échelle du globe et à l'échelle d'un pays même. Et en confrontant avec le nombre de population qui utilise l'eau, l'inadéquation est telle que :

- des régions densément peuplées ont de très faibles écoulements ;
- des régions reçoivent assez d'écoulement mais la forte densité de population fait en sorte que la disponibilité de l'eau se trouve réduite ;
- d'autres régions reçoivent beaucoup d'écoulement mais sont peu habitées.

Pour évaluer la disponibilité des ressources en eau, plusieurs indicateurs sont utilisés en tenant compte des deux facteurs (écoulement, caractéristiques du milieu humain) :

- les **données brutes** qui calculent la quantité disponible d'écoulement par an et par habitant (m^3/an/hab)
- la notion de **« stress hydrique »** par FALKENMARKT (1986) qui calcule la quantité d'eau douce renouvelable par an et par habitant. Le stress hydrique correspond aux 1000 à 1700 m^3/hab/an. En dessous de 1000 m^3/hab/an on est en situation de « pénurie d'eau ».
- l'**état de pauvreté en eau** par MARGAT qui intègre un indice d'exploitation des ressources à la notion de stress hydrique
- l'**indice de rareté sociale de l'eau (IRSE)** par TURTON & OLSON qui combine avec les données brutes l'indicateur de développement humain (IDH)
- l'**indice de pauvreté en eau (IPE)** par SULLIVAN (2002) qui tient en compte 5 paramètres : *ressources R* (qualité et quantité des ressources en eau superficielle et souterraine), *accès A* (accessibilité de l'eau par la population), *capacité C* (gestion financière de l'eau par la population), *usage U* (consommation d'eau pour l'industrie, l'usage domestique…), et *environnement E* (pourcentage de l'eau faisant l'objet de protection de l'environnement). La classification de la pauvreté en eau selon la valeur de l'IPE est montrée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Classification des valeurs de l'IPE

IPE	Classe de pauvreté en eau
0 – 47,9	Sévère
48 – 55,9	Élevée
56,0 – 61,9	Moyenne
62,0 – 67,9	Moyenne faible
68,0 – 100,0	Faible

A l'inégale répartition spatiale s'ajoutent des variations saisonnières des ressources en eau. En effet la quantité d'eau disponible varie d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre. Les sécheresses et les inondations peuvent s'étaler sur des années. Dans certaines régions de l'Afrique septentrionale, les variations saisonnières des apports d'eau par précipitations peuvent atteindre 40 % autour de la moyenne. Dans de telles conditions, les réserves d'eau naturelles ne sont plus fiables et il est nécessaire de recourir à des technologies de stockage à long terme, d'économie et de recyclage de l'eau, afin d'assurer une disponibilité continue des ressources en eau pour la population.

I.3. La gestion intégrée des ressources en eau

Comme les précipitations constituent les principaux apports en eau, leur variabilité et l'incertitude naturelle dans leur régime affectent directement l'utilisation de l'eau. D'une autre part, les usages de l'eau et le nombre d'usagers même sont en accroissement et difficiles à maîtriser. La croissance démographique et économique, l'urbanisation, l'amélioration des techniques agricoles et le progrès de l'industrie accroissent de plus en plus les besoins en eau. Et les usages que font l'homme de l'eau dégradent souvent les cours d'eau et les aquifères en termes de qualité et limite ainsi leur utilisation. Pour faire face à de tels problèmes, il devient indispensable de mettre en place des politiques adaptées de gestion de l'eau pour protéger les ressources en eau et assurer leur disponibilité à long terme.

La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) est actuellement considérée comme une approche pertinente pour faire face à la vulnérabilité des ressources en eau à ses divers usages. D'après la définition du Partenariat Mondial de l'Eau (GWP), « la GIRE est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux » (Global Water Partnership, 2000). En prenant compte des divers intérêts sociaux, économiques et environnementaux, « elle reconnaît les nombreux groupes d'intérêts divergents, les secteurs économiques qui utilisent et polluent l'eau, ainsi que les besoins de l'environnement » (Global Water Partnership, *Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin*, 2009).

L'eau est un bien social ; elle a des valeurs culturelles et traditionnelles au sein de la population. Les facteurs sociaux et la gestion des ressources en eau sont deux éléments en relation de cause à effet : si l'exploitation et la gestion des ressources en eau ont une incidence sur les facteurs sociaux, ces derniers affectent à leur tour l'exploitation des ressources en eau et leur gestion. Il est donc nécessaire de considérer les valeurs sociaux, économiques et culturels de la population dans toute décision pour une gestion durable des ressources en eau. Faute de cette considération, des conflits d'usages des ressources en eau vont apparaître.

Chapitre II. Le thème et la zone de recherche

II.1. Justification du choix du thème de recherche

La gestion des ressources en eau à Madagascar est encore loin d'être adéquate. On n'arrive pas à concrétiser des mesures pour lutter contre la dégradation des bassins versants et l'utilisation anarchique des ressources naturelles dont l'eau fait partie. Alors que les ressources en eau sont un élément vital, que ce soit pour la consommation ou pour l'irrigation des cultures, surtout à Madagascar où la majeure partie de la population vit de l'agriculture irriguée. En effet, en 2005, les prélèvements pour l'agriculture occupent 96 % des prélèvements d'eau à Madagascar (FAO).

La connaissance du cycle de l'eau dans le bassin versant, y compris sa disponibilité dans le temps et dans l'espace, est indispensable pour préserver et protéger les ressources en eau. Mais cette connaissance est encore insuffisante à Madagascar pour permettre une gestion efficace des ressources en eau. Aussi l'étude des cours d'eau est laissée à l'abandon, comme le prouve le manque d'entretien des stations hydrologiques qui conduit souvent à leur fermeture. C'est la raison du choix comme domaine de recherche l'hydrologie et comme sujet de recherche les conditions naturelles et anthropiques qui influencent la disponibilité des ressources en eau.

Photo 1: Tarissement du lac de retenue d'Antarambiby le 8 novembre 2006.

Le tarissement du lac d'Antarambiby en 2006 a entraîné une crise d'eau dans la ville de Fianarantsoa, mais aussi un conflit d'usages entre la JIRAMA et les agriculteurs au niveau du bassin versant. L'année suivante, le barrage de retenue est rehaussé de 1 m pour augmenter la capacité de retenue.

Source : Grand Lyon

Le bassin versant de la Mandaratsy est particulièrement intéressant de par ses ressources en eau parce que la collectivité humaine touchée est assez large : d'une part il y a la population du bassin qui vit directement de ces ressources, que ce soit en amont ou en aval du barrage de retenue d'eau ; d'autre part il y a la population de la ville de Fianarantsoa que la JIRAMA alimente par ces ressources (le bassin assure environ 68 % de l'eau potable de la ville de Fianarantsoa). Le bassin versant a déjà souffert de problèmes de tarissement des eaux, comme en 2006 qui a entraîné une crise d'eau dans la ville de Fianarantsoa (photo 1). Ayant vécu cette crise, nous avons la volonté de contribuer à l'amélioration de la gestion des ressources en eau dans la région Matsiatra Ambony comme dans tout Madagascar, pour éviter la répétition d'une telle crise d'eau où que ce soit.

II.2. Problématiques et objectifs de la recherche

Le bassin versant de la Mandaratsy est sujet à des problèmes sur la gestion de l'eau. En amont, la croissance de la population doit s'accompagner d'une augmentation de la surface cultivée et donc des besoins en eau, ce que la JIRAMA tend à limiter afin de préserver la qualité et la quantité d'eau captée dans le lac de retenue. En aval, il y a des difficultés d'irrigation par insuffisance d'eau de surface. Une bonne connaissance des ressources en eau, de leur cadre naturel et des divers facteurs qui concourent dans leur répartition, est nécessaire pour mieux gérer l'eau à travers ses multiples communautés d'usagers. D'où émerge la question suivante, qui constituera la problématique principale de cette recherche : **quels éléments naturels et anthropiques influencent la disponibilité des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de la Mandaratsy ?** Pour y parvenir, il faudra trouver des éléments de réponse à des questions telles que : *de quelle façon les ressources en eau se répartissent-elles dans l'espace et dans le temps ? Quel est le rôle du cadre naturel dans la répartition spatio-temporelle des ressources en eau ? Quelle est l'influence du milieu humain sur la disponibilité des ressources en eau ?*

Tout en essayant d'apporter des réponses à ces questions, le présent travail de recherche a comme objectifs :

- de comprendre les relations entre les divers facteurs naturels et anthropiques qui jouent sur la variabilité spatio-temporelle des ressources en eau : les apports, le cadre et la dynamique du milieu naturel, les prélèvements humains ;
- d'apporter une amélioration aux outils de décision existants pour la gestion du bassin versant, à travers des études spatiales des ressources en eau de surface de la zone étudiée.

II.3. Présentation de la zone de recherche

Le bassin versant de la Mandaratsy est situé dans la partie sud-est des hautes terres centrales de Madagascar. La rivière Mandaratsy est un affluent de rive gauche de la Matsiatra dans laquelle elle se déverse à 3 km à l'ouest de Mahasoabe. La Matsiatra rejoint à son tour le Mangoky qui se jette dans le canal du Mozambique sur la côte ouest de Madagascar. Ainsi le bassin versant de la Mandaratsy est un sous-bassin versant du Mangoky, le plus grand fleuve de Madagascar par la superficie de son bassin versant et par sa longueur[2] (croquis 1).

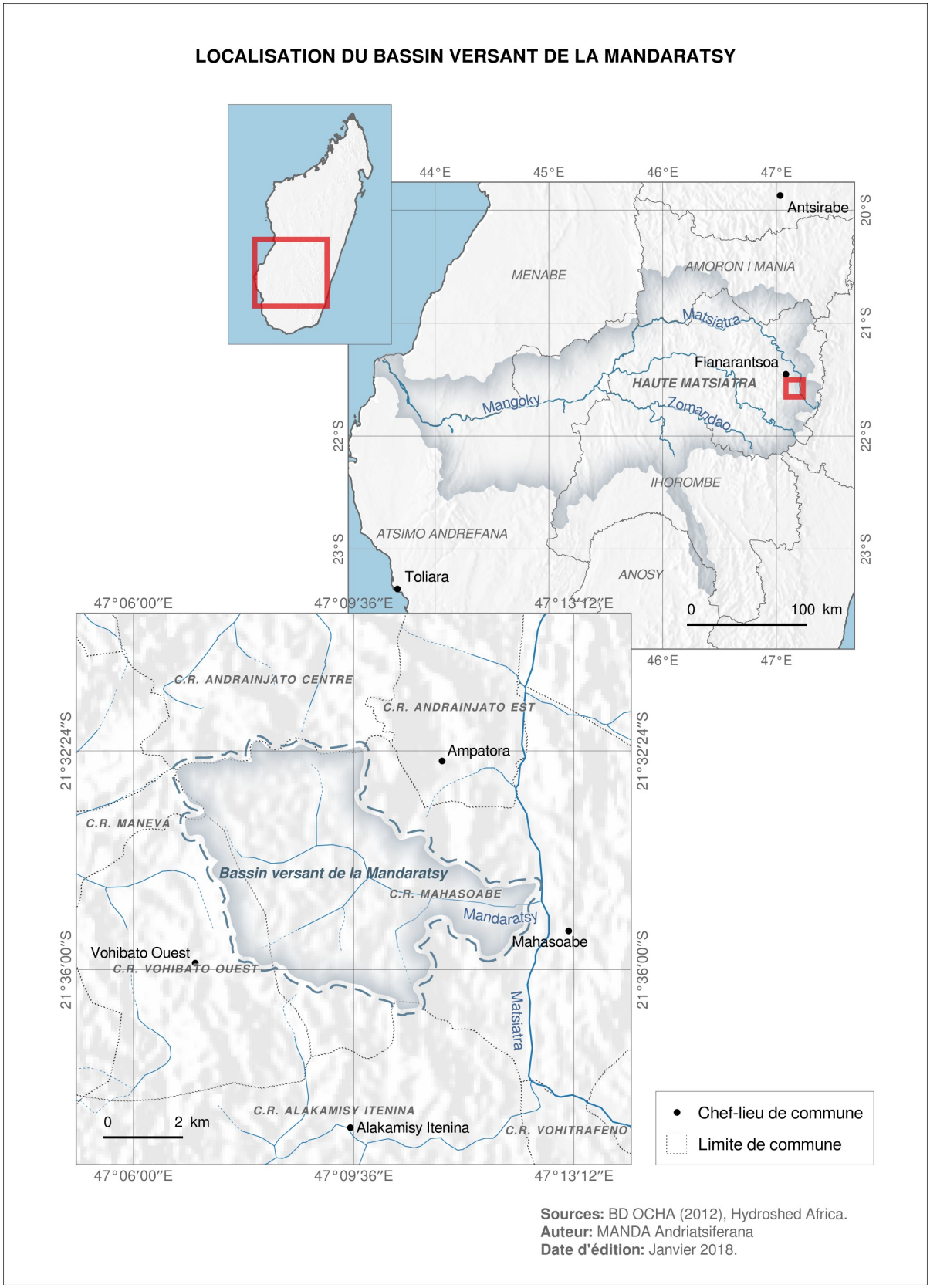
Administrativement, le bassin versant de la Mandaratsy se trouve dans l'est de la région Matsiatra Ambony. Elle est située en grande partie dans la commune rurale de Mahasoabe dans le district de Vohibato. Cette zone est distante d'une vingtaine de kilomètres de Fianarantsoa en allant vers l'est en empruntant la route de Mahasoabe jusqu'au hameau d'Ambatolahimpanjaka, puis vers le sud, en empruntant une route non bitumée.

Le bassin versant de la Mandaratsy jusqu'à la confluence avec la Matsiatra, s'étale sur une superficie de 4242 ha. Il est situé à 1290 m d'altitude en moyenne, sur un relief de collines alternées de vallées étroites, avec un escarpement assez marqué à l'est comme transition entre le relief collinaire et la vallée de la Matsiatra dans la région de Mahasoabe. Le pendage général du relief est d'ouest en est, direction suivant laquelle s'écoule le réseau hydrographique. Le relief culmine à 1432 m à l'ouest d'Anahipotsy tandis que l'exutoire, c'est-à-dire la Matsiatra, se situe à 1070 m d'altitude (croquis 3).

L'étendue du bassin versant est délimitée par les coordonnées géographiques suivantes :

- entre les latitudes 21° 32' 13.56" Sud au nord et 21° 36' 41.04" Sud au sud;
- entre les longitudes 47° 06' 42.48" Est à l'ouest et 47° 12' 35.28" Est à l'est.

2 La superficie totale du bassin versant du Mangoky est de 55 750 km². Sa longueur de la source de la Matsiatra à la mer est de 714 km.



Croquis 1: Localisation du sous-bassin versant de la Mandaratsy dans le bassin versant du Mangoky.