



MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉCOLOGIE, DE LA MER ET DES FORÊTS

**RAPPORT SUR L'AVENIR DE L'ENVIRONNEMENT DE
MADAGASCAR 2017 (RAEM 2017)**

« EAUX DOUCE & GIRE »

TABLE DES MATIERES

I. LES FORCES MOTRICES ET PRESSIONS SUR LES RESSOURCES EN EAU	7
I. 1. IDENTIFICATION DES BESOINS EN EAU	7
I.1.1 BESOIN EN EAU POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE.....	7
I.1.2 BESOIN EN EAU POUR L'AGRICULTURE.....	7
I.1.3 BESOINS EN EAUX DE L'HYDROELECTRICITE.....	8
I.2 LES PRESSIONS SUR LES RESSOURCES EN EAU	9
I.2.1 ESTIMATION DES RESSOURCES EN EAUX DISPONIBLES	10
I.2.1.1 CALCULS DU BILAN HYDRIQUE DE MADAGASCAR	10
I.2.1.2 QUANTITE DE RENOUVELLEMENT DES RESERVES EN EAUX PAR LA PLUIE.....	14
I.2.1.3 QUANTITE D'EAU PERDUE VERS L'ATMOSPHERE	14
I.2.1.4 QUANTITE DE RESSOURCES EN EAUX DE MADAGASCAR.....	14
I.2.1.5 CONCLUSION : QUANTITE TOTALE DE RESSOURCES EN EAU EXPLOITABLE.....	16
I.2.2 ESTIMATION DES UTILISATIONS ACTUELLES D'EAU A MADAGASCAR	16
I.2.2.1 UTILISATION DE L'EAU POUR L'APPOVISIONNEMENT EN EAU	17
POTABLE	17
I.2.2.2 UTILISATION DE L'EAU EN AGRICULTURE	17
I.2.2.3 TAUX DE DESSERTE EN EAU POTABLE PAR REGION.....	18
I.2.2.4 UTILISATION DE L'EAU POUR LES DIRECTIONS INTERREGIONALE DE LA JIRAMA	19
I.2.2.5 PRODUCTION EN EAU POTABLE PAR REGION	24
I.2.2.6 UTILISATION DE L'EAU POUR L'HYDROELECTRICITE.....	25
I.2.2.7 UTILISATION DE L'EAU POUR L'INDUSTRIE	25
I.2.2.8 TOTAL DES UTILISATIONS D'EAU.....	25
II. ETATS ET IMPACTS DES RESSOURCES EN EAU	26
II.1 ETAT DES RESSOURCES EN EAU	26
II.1.1 APERCU SUR LE CLIMAT DE MADAGASCAR.....	26
II.1.2 LES EAUX DE SURFACES.....	28
II.1.3 LES EAUX SOUTERRAINES.....	41
II.1.4 EAUX THERMOMINERALES.....	45
II.2 IMPACTS SE RAPPORTANT A LA QUANTITE DES RESSOURCES EN EAUX	48
II.3 IMPACT SE RAPPORTANT A LA QUALITE DES RESSOURCES EN EAUX	49
II.3.1 LES EAUX DE SURFACES.....	49
II.3.2 LES EAUX SOUTERRAINES.....	49
II.4 IMPACTS SUR LES POSSIBILITES D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAUX	49
II.4.1 EAUX DE SURFACE.....	49
II.4.2 EUX SOUTERRAINES.....	50
II.5 QUALITE DES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES EXPLOITEES PAR LA JIRAMA	51
II.6 TAUX DE CONFORMITE PHYSICO-CHIMIQUE PAR REGION.....	52
II.7 TAUX DE CONFORMITE BACTERIOLOGIQUE PAR REGION	53
III. MESURES PRISES POUR LES RESSOURCES EN EAUX.....	54
III.1 DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE PLANIFICATION ET DE PROGRAMMATION	54
III.2 DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE SUIVI-EVALUATION : LA BDEA-SESAM	54
III.3 APPLICATION DES PRINCIPES DE LA GIRE POUR LA PROTECTION DES CAPTAGES D'EAU POTABLE	54
III.4 APPROCHE GIRE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT	56
III.5 TECHNIQUES ET MECANISMES MISE EN PLACE POUR AUGMENTER LA PRODUCTION AGRICOLE SUR « TANETY » (SOURCE BNVPI)	56
IV. PERSPECTIVES POUR LA GIRE.....	57
IV.1 DEVELOPPEMENT DES CAPACITES POUR MAITRISER LE BPOR ET MISE EN OEUVRE EFFECTIVE.....	57
IV.2 AMELIORATION DE L'OUTIL BDEA-SESAM, DEVELOPPEMENT DES CAPACITES POUR MAITRISER LE SESAM ET MISE EN ŒUVRE EFFECTIVE.	57
V. ESPECES ENVAHISSANTES	57

V.1 INTRODUCTION.....	57
V.2 ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES A MADAGASCAR	58
V.2.1 ESPECES FAUNISTIQUES AQUATIQUES ENVAHISSANTES.....	58
V.2.1.1 CAS DE PROCAMBARUS SP.....	59
V.2.1.2 CAS DU SERPENT D'ASIE OU CHANNA MACULATA OU FIBATA.....	60
V.2.1.3 CAS DE RADAKA BOKA OU CRAPAUD MASQUE	60
V.2.1.4 CAS DES AUTRES FAUNES AQUATIQUES COMME GAMBUSIA AFFINIS ET POISSONS	61
V.2.2 ESPECES FLORISTIQUES AQUATIQUES ENVAHISSANTES.....	61
V.2.2.1 CAS DE EICHHOMIA CRASSIPES OU TSIKAFONA.....	64
V.3 MESURES PRISES ET A ENTREPRENDRE	65
V.3.1 AU NIVEAU GLOBAL AUQUEL AVEC PARTICIPATION PROBABLE DE MADAGASCAR.....	65
V.3.2 LUTTE CONTRE MELALEUCA QUINQUINERVA.....	67
V.3.3 VALORISATION DE LA JACINTHE D'EAU.....	67
V.3.4 HISTORIQUE DE LA LUTTE CONTRE PROCAMBARUS SP.	69
V.3.5 LUTTE CONTRE LE RADAKA BOKA.....	70
VI PRODUITS DE PECHE CONTINENTALE.....	72
VI.1 INTRODUCTION	72
VI.2 MENACES ET PRESSIONS SUR LA PECHE CONTINENTALE.....	72
VI.2.1 IMPACTS DE L'INTRODUCTION SUR LE PLAN ENVIRONNEMENTAL ET SOCIO-ECONOMIQUE.....	73
VI.3 SITUATION DE LA PRODUCTION A MADAGASCAR	74
VII MESURES PRISES ET A ENTREPRENDRE	82
VII.1 STRUCTURE DE GESTION	82
VII.2 RIZIPISCICULTURE	82
VII.3 INTRODUCTION DE POISSONS POUR ENRICHISSEMENT.....	83
VII.4 PISCICULTURE DES POISSONS ENDEMIQUES	83

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Accès à l'eau et l'assainissement à Madagascar	7
Tableau 2	Besoins en eau des principales cultures	7
Tableau 3	Besoins en eau de l'industrie	8
Tableau 4	Bilan hydrologique de Madagascar	10
Tableau 5	Volume des lacs artificiels	15
Tableau 6	Porosité selon Castany	16
Tableau 7	Volume d'eau potable consommé	17
Tableau 8	Utilisation de l'eau en agriculture	17
Tableau 9	Situation de l'environnement des ressources en eaux exploitées par la JIRAMA	19
Tableau 10	Quantité d'eau turbinée pour produire 132MW en m3	25
Tableau 11	Total des volumes d'eaux utilisées	25
Tableau 12	Quantité d'eau écoulee l'exutoire dans certains sous bassin Hydrographique de Madagascar	32
Tableau 13	Les principaux lacs continentaux de Madagascar	38
Tableau 14	Les principaux plans d'eaux artificiels	40
Tableau 15	Proportion des prélèvements d'eau par usage	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Isohyète de répartitions de pluies normales à Madagascar entre 1961 et 1990	28
Figure 2	Carte topo climat de Madagascar	29

LISTE DES CARTES

Carte 1	Taux de desserte en eau potable par région	18
Carte 2	Production en eau potable par région	24
Carte 3	Subdivision climatique de Madagascar	27
Carte 4	Délimitation des cinq grands bassins de Madagascar	29
Carte 5	Principaux fleuves et rivières de Madagascar	33
Carte 6	Qualité des eaux de surface et souterraines exploitées par la JIRAMA	51
Carte 7	Taux de conformité physico-chimique par région	52
Carte 8	Taux de conformité bactériologique par région	53

INTRODUCTION

La planète Terre est appelée la « Planète bleue » du fait que sa surface est recouverte d'eau à 70%.

En grande partie, l'eau est contenue par les océans, ce qui représente 98% de l'eau sur terre. L'eau douce est quant à elle contenue principalement dans les nappes souterraines, les glaciers, les lacs, les rivières et dans les mares. Toute cette eau douce provient principalement des précipitations.

L'eau est vitale à la survie, à la santé et à la dignité humaine, elle est indispensable que l'air que nous respirons. L'eau, « or bleu et source de vitalité », est l'un des enjeux majeurs du XXI^{ème} siècle. Selon le père Teilhard de Chardin « La vie est fille des eaux ».

L'accès à l'eau potable est l'un des droits humains fondamentaux reconnus par l'ONU dans sa résolution de juillet 2010.

Madagascar, s'étend sur une longueur de 1 650 kilomètres, du 12^{ème} au 25^{ème} degré de latitude Sud, est presque localisé dans la zone tropicale. Une arête dorsale montagneuse, culminant entre 1 200 mètres et 1 500 mètres d'altitude s'appuyant sur trois massifs à savoir Tsaratanana dans le Nord, Ankaratra dans le Centre et Andringitra dans le Sud, qui dépassent 2 600 mètres parcourt l'île du Nord au Sud sur toute sa longueur. La situation géographique, la forme du relief, l'influence maritime et le régime des vents sont les causes des conditions climatiques très variées que l'on rencontre dans l'île. Ainsi, Madagascar peut être divisé en cinq régions climatiques : le littoral Est, la Haute terre, la côte et région Ouest, l'extrême Sud et la région de Sambirano. On distingue deux saisons dans la grande île : l'hiver de Mai à Octobre et l'été de Novembre à Avril. Deux courtes intersaisons les séparent et durent chacune un mois. La position de la longue arête dorsale par rapport à sa section transversale divise la grande île en deux versants dissymétriques : le versant occidental plus étendu mais à pente douce et le versant oriental moins large mais à pente raide. Cependant, trois autres petits versants ont leurs propres caractéristiques : le versant de la montagne d'Ambre, le versant de Tsaratanana dans le Nord, et le versant du Sud dans le Sud de Madagascar.

Madagascar dispose de réseau hydrographique couvrant approximativement 550.000 ha, soit environ 1% de la superficie de l'île (Source Division de la Pêche Continentale : DPA).

Certes, la Grande Ile ne fait pas partie des pays où il y a des tensions fortes et risques de guerre de l'eau, mais le manque d'infrastructures pose des problèmes.

L'eau sale génère de nombreux problèmes dont les maladies, les arrêts scolaires et de travail qui coûtent beaucoup aux ménages et à l'économie du pays.

Madagascar a adopté l'approche GIRE ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau. Cette approche fournit des moyens de coordonner la gestion des ressources en eau pour l'ensemble des secteurs et groupes d'intérêt et à différents niveaux, aussi bien au niveau local qu'au niveau international. Elle est un outil pour contribuer à la gestion et à l'aménagement durable et adapté de toutes ressources en eau, tout en intégrant les divers intérêts sociaux, économiques et environnementaux. Elle se base sur la définition des politiques nationales relatives à l'exploitation et à la protection des ressources en eau du pays. Dans le but d'optimiser son efficacité, la démarche GIRE se repose sur : une bonne connaissance des ressources en eau, sur la répartition et la planification de l'utilisation des ressources selon un processus concerté qui prend en compte l'ensemble des usagers (domestiques, agricoles, industriels, ...), sur la mise en place de mesures de protection de la ressource et enfin sur une organisation institutionnelle et juridique adaptée au niveau national.

Dans la déclaration de la politique sectorielle de l'eau de 1997, il est écrit « *Il devient impérieux de protéger, conserver et utiliser d'une façon rationnelle et intégrée les ressources en eau du pays.... **L'eau est une ressource vitale, indispensable à l'homme pour se maintenir en vie, et il faut donc permettre à tous, notamment les plus pauvres et les plus démunis d'y accéder....** C'est aussi un bien éminemment économique, nécessitant ainsi la mobilisation de mesures économiques et financières devant permettre d'assurer la pérennité des services pour sa distribution aux usagers de façon efficace, c'est à dire en quantité et qualité satisfaisantes* ».

C'est pourquoi, Madagascar a mis dans son cadre légal (**Articles 75 et 76 du code de l'eau**) et réglementaire (**Décret n°2003-192, décret 2003-191**) **les dispositifs adéquats pour pouvoir mettre en œuvre et assurer la gestion intégrée des ressources en eaux, encourageant ainsi le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser, de manière équitable, le bien-être économique et social en résultant, sans compromettre la pérennité des écosystème vitaux.**

Pour concrétiser les dispositifs du cadre légal et réglementaire, les actions à entreprendre consisteront à disposer des outils nécessaires pour estimer les quantités de ressources disponibles exploitables, pour calculer les quantités d'eau actuellement utilisées pour tous les usages, et pour évaluer les besoins en eaux, tout en assurant à la fois le développement socio-économique et la préservation de l'environnement.

L'Autorité Nationale De l'Eau et de l'Assainissement ou ANDEA, a été instaurée pour l'application de la GIRE à Madagascar à l'échelle nationale et à l'échelle des bassins versants selon le code de l'eau et ses décrets d'application. Sa mission consiste à assurer la gestion intégrée des ressources en eau et le développement rationnel du secteur de l'eau et de l'assainissement et en particulier à assurer la coordination des agences de bassin.

I. LES FORCES MOTRICES ET PRESSIONS SUR LES RESSOURCES EN EAU

I. 1. IDENTIFICATION DES BESOINS EN EAU

I.1.1 BESOIN EN EAU POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE

Nous ne disséquons pas ici sur l'importance de la disponibilité de l'eau.

Selon le cadre réglementaire il faut assurer à tous, notamment aux plus pauvres et aux plus démunis, de façon équitable, une quantité d'eau au moins égale à 30 l/j/personne de façon efficace et durable (DECRET N°2003-193 portant fonctionnement et organisation du Service PUBLIC de l'Eau potable et de l'assainissement des eaux usées domestiques) et dont la qualité doit obéir aux spécifications du code de l'eau, à savoir « Respecter les normes de qualité de l'eau fixées dans le cadre du Code de l'Eau » (DECRET N°2003-193 portant fonctionnement et organisation du Service PUBLIC de l'Eau potable et de l'assainissement des eaux usées domestiques).

Les estimations des besoins sont faites à partir des calculs des taux d'accès à l'eau potable.

Tableau 1 : Accès à l'eau et l'assainissement à Madagascar

Proportion de la population avec accès à :	Année 2010		
	Total	Urbain	Rural
Sources améliorées d'eau potable	42,63%	55,68%	38,95%
Assainissement amélioré	39,8%	57,8%	35,2%

Source : Accès à l'eau potable : Annuaire ministère de l'eau - Accès à l'assainissement : Enquête périodique auprès des ménages (EPM/INSTAT) 2010.

Selon les projections faites dans le document de stratégie nationale d'eau potable, d'assainissement et d'hygiène, le taux d'accès national en 2015 sera de 51%.

I.1.2 BESOIN EN EAU POUR L'AGRICULTURE

Pour nourrir la population malgache, il est indispensable de développer l'agriculture dont les besoins spécifiques en eau pour les cultures principales sont présentés comme suit (Rakotondrainibe H. dans le document « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » du programme Waves « wealth accounting and valuation of ecosystem services » -2015, à partir de données dans les documents « un état des lieux du territoire malgache pour servir à l'aménagement du territoire-Mai 2009 » ; et « besoins en eau » :FAO.

La disponibilité et la maîtrise de l'eau assure aussi une augmentation des rendements rizicoles de 36% (source PNBVPI).

Tableau 2 : besoins en eau des principales cultures

Types de culture	Surface cultivée en ha	Besoins en eau unitaire en l/ha
Riz	1 062 398	12000
Coton	28 553	7500
Canne à sucre	67 000	12500
Reste des cultures	842 049	457,4

(Source : « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015)

Les ressources en eaux sont aussi indispensables pour toutes les activités de développement économique, notamment pour l'hydroélectricité et pour les industries.

I.1.3 BESOINS EN EAUX DE L'HYDROELECTRICITE

Actuellement la production énergétique par l'hydroélectricité à Madagascar est de 132 MW (Source : Le mix électrique de Madagascar, septembre 2013 : Xavier Paul) et il a été calculé que les besoins en eaux sont de 35 623 735 m³/MW (Rakotondrainibe H. dans le document « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » du programme Waves « wealth accounting and valuation of ecosystem services » - 2015, à partir de données du « Rapport OSIPD, Nov.1997 et la liste des demandes d'accès à la ressource en eaux déposées auprès de l' ANDEA).

Tableau 3 : Besoin en eau de l'industrie

Organismes titulaires d'autorisation avec adresse	Débit déclaré dans la demande d'autorisation de prélèvement adressée à l'Autorité nationale de l'eau et de l'assainissement (ANDEA)
WORLD GEMS COMPANY S.A.R.L	512 m ³ à fréquence d'une fois / 2 jours pour remplissage d'un bassin de 1024 m ³
HENRI FRAISE Fils et Cie,	20 m ³ /s
Ambatovy DYNATEC Madagascar S.A, siège social Immeuble TRANOFITARATRA 7ème étage, Rue Ravoninahitrarivo, Ankorondrano,Antananarivo 101	87m ³ /jour
Ambatovy Dynatec Madagascar S.A.	150m ³ /h pour essai hydraulique du pipeline en raison de 1à2 jours
Ambatovy Dynatec Madagascar S.A.	480m ³ /jour
AMBATOVY MINERAL S.A.	120m ³ /jour
Ambatovy Minerals S.A (AMSA), siège social Bâtiment C2, Village des jeux Ankorondrano, Antananarivo 101	800 m ³ /j
AQUAMEN E.F. SA	155m ³ /heure
BRASSERIE STAR DE MADAGASCAR	10,5m ³ /jour
BRASSERIE STAR DE MADAGASCAR	1350m ³ /jour
Brasserie STAR Madagascar	10m ³ /heure
Bright star exploration sarl	15 000m ³ en raison de 230m ³ /h pendant 2 jours et demi.
Société des eaux minérales d'Antsirabe	48m ³ /jour
DYNATEC Madagascar SA, siège social Bâtiment C2, Village des jeux Ankorondrano, Antananarivo 101	13.6 m ³ /h
DYNATEC Madagascar SA, siège social Bâtiment C2, Village des jeux Ankorondrano, Antananarivo 101	-riv Marimbona :2 400 – 72 000 m ³ /j
DYNATEC Madagascar SA, siège social Bâtiment C2, Village des jeux Ankorondrano, Antananarivo 101	-riv Manantsatrana : 2 400 -48 000 m ³ /j
Epsilon	14,4m ³ /heure
HAZOVATO	160l/s
HELIOS SARL, lot III K 46 C, Rue Agosthino Neto 67 ha sud, Antananarivo 101	20 000 m ³ /jour
HOLCIM Madagascar	6m ³ /jour

HYDELEC Madagascar S.A, 11 rue Belgique Isoraka Antananarivo	7.5 m3/s sur la rivière Sahanivotry
INDENA Madagascar S.A	220 m3/jour
Initiative Ambohimambola	15m3/jour
Madagascar OIL S.A, siège social Immeuble TRANOFITARATRA 9ème étage, Antananarivo 101	Pour trois sites 3x800 m3/jour= 2 400 m3/jour
MADAGASCAR WISCO GUANGXIN KAM	4m3/jour
MADAGASCAR WISCO GUANGXIN KAM	2000m3/heure
MADO SAINTO	27m3/heure
Mainland Mining	20m3/jour
Mineral Resources of Madagascar	300 à 500 litres/jour pendant 19 sept-06 au 30 nov-06
NATURA Ltd SARLU	747m3/heure
PARAPHARMA Export SARL	48m3/jour
QUIT Mineral Madagascar (QMM), villa 3H- Lot II J 169 Ivandry, Antananarivo 101	1 500 m3/j
SEER (Ranovisy)	48m3/jour
SEMA EAU VIVE, Rue Dr Raseta Joseph, Andranomahery, Antananarivo 101	18m3/h à Andranovelona, District Ankazobe
TANA BEACH, siège social Club House du CNU, route de la piscine d'Ambohibao	112 m3/jour pour refroidissement des équipements de fonderies et besoins domestique de l'usine
THREE DRAGONS Metallurgical Products SARL(3DMP), siège social Près Lot AP210 C, Ambohipeno, Ambohimambola, Antananarivo 101	1980m3/jour par unité de traitement
Association Fikambanana Tonga saina Andavakoera	50m3/heure
Jirama refroidissement	2 223 960 m3/an
TOTAL	

Source : liste des demandes déposées auprès de l'Andea-2015 (« Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - waves-Rakotondrainibe H -2015)

1.2 LES PRESSIONS SUR LES RESSOURCES EN EAU

La pression sur les ressources en eaux provient :

- des prélèvements effectués pour satisfaire les utilisations actuelles de l'eau décrites ci-dessus, le principal étant l'approvisionnement en eau potable, mais il y a aussi l'agriculture, l'hydroélectricité, les industries et les exploitations minières...
- des pertes par évapotranspiration et par les écoulements d'une grande partie des eaux des rivières vers la mer (ressources en eaux de surface ne pouvant pas être utilisées),
- des pollutions naturelles, notamment dues à l'érosion sur les sols dénudés par la déforestation,
- des pollutions dues aux rejets d'eaux usées résultant des activités humaines.
- Des pratiques du « Tavy » et des cultures sur les pentes sans respect des courbes de niveau, malgré leur efficacité productive dans un contexte d'agriculture de subsistance, entraînant des envasements dans les périmètres irrigués obstruant et détruisant par la suite les infrastructures hydro-agricoles ainsi que les zones humides.

Cette pression est évaluée selon le pourcentage des quantités utilisées, des pertes, et des quantités d'eaux usées par rapport aux ressources en eaux disponibles qu'il faut aussi quantifier.

Ainsi, il faut calculer les ressources en eaux disponibles pour pouvoir évaluer l'adéquation avec les quantités d'eau utilisées et estimer les potentialités pour les besoins nécessaires au développement économique et social.

I.2.1 ESTIMATION DES RESSOURCES EN EAUX DISPONIBLES

I.2.1.1 CALCULS DU BILAN HYDRIQUE DE MADAGASCAR

Cette estimation est effectuée par les calculs du bilan hydrique du Pays en utilisant les données de la météorologie nationale collectée sur une période d'au moins 10 ans sur les 105 stations météorologiques en utilisant la formule de Thornthwaite, dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Bilan hydrologique de Madagascar calculé à partir de données sur plusieurs années dans 105 stations météorologiques (calculé par Rakotondrainibe H. dans la BDEA, base de données du secteur de l'eau et de l'assainissement, à partir des données du Département de la Météorologie nationale)

LIBELLE	Longitude	Latitude	Infiltration I (mm)	Evapo-transpiration réelle ETR (mm)	Pluies P (mm)	Variation de stock ΔS (mm)	Ruissellement (mm)
AMBANJA	48,436	-13,659	100	914	2155	-88	1053
ALAO TRA	48,480	-17,639	100	740,5	1279,6	-91	348,1
AMBANIVANIBE	49,267	-12,584	90	771	1281	-93	327
AMBATO - BOENI	46,708	-16,455	84,2	759	1510	-99	567,8
AMBATONDRAZAKA	48,432	-17,838	96	666	989	-97	160
AMBILOBE	49,059	-13,174	98	843,5	1881	-98	841,5
AMBODIFOTOTRA	49,860	-16,994	100	1003,4	3579	0	2475,6
AMBOHIBARY - ANTSIRABE	46,990	-19,815	56	725,6	1437	-63	700,4
AMBOSITRA	47,216	-20,533	72	766,3	1556	-72	645,5
AMBOVOMBE	46,081	-25,173	0	680	577	-112	0
AMPANDRANDAVA - BEKILY	45,697	-24,068	4	778,6	923	-96	43,4
AMPANGABE	48,277	-18,487	56,5	759,8	1203,6	-88	299,3
AMPANIHY - OUEST	44,728	-24,692	0	660,9	566	-94,9	0

AMPASIMPOLAKA (AMBOASARY)	46,404	-25,136	0	602,1	499	-103,1	0
AMPATAKAMARENY	48,795	-16,494	76	804,1	1338	-76	381,9
AMPANIHY - EST	47,339	-23,961	100	967	2915	0	1848
AMPOTAKA - MAROLINTA	44,679	-25,050	0	568	437	-131	0
ANALALAVA	47,746	-14,649	99	773	1910	-99	929
ANALAMAZAOTRA	48,421	-18,925	33	937,2	1713	-42	700,8
A N D A P A	49,672	-14,667	88	930	344	-12	934
A N D R O K A	44,085	-25,015	0	431	1378	-87	0
ANKAVANDRA	45,290	-18,772	98	811	720	-98	370
ANKAZOABO - SUD	44,518	-22,292	36	660	1458	-90	116
A N K A Z O B E	47,082	-18,292	91	663,5	2227	-55	648,5
A N O S I B E	48,179	-19,416	100	905	2151	0	1222
A N T A L A H A	50,269	-14,924	100	982,6	487	0	1068,4
ANTANIMORA - FORET	45,671	-24,799	0	589,9	541,2	-102,9	0
ANTANIMORA - SUD	45,667	-24,804	0	708,2	1127	-167	0
A N T O K A Z O	48,568	-17,659	93	673	1260	-93	268
ANTSABABARY - (Befandriana - Nord)	48,936	-15,033	97	731	1432	-97	335
ANTSIRABE (Ecole)	47,049	-19,867	69	735,3	1494	-73	554,7
A N T S O H I H Y	47,961	-14,892	99	771	1399	-99	525
ARIVONIMAMO	47,161	-19,030	92	644,6	1317	-92	570,4
BEALANANA - BETAINIKAKANA	48,735	-14,551	95	650,2	1856	-95	476,8
BEFANDRIANA - nord	48,561	-15,250	98	766,2	527,6	-98	893,8
B E H A R A	46,393	-24,943	0	650,6	727	-123	0

BEKILY	45,308	-24,241	0	729,4	1496	-98	45,3
BEKODODA	45,104	-16,969	97	774,1	458	-97	721,9
BELOHA	45,069	-25,164	0	562,3	776	-104,3	0
BEROROHA	45,172	-21,668	35	718,7	1272,2	-99	121,3
BESALAMPY	44,472	-16,759	71,2	695,2	616	-99	406,8
BETIOKY - SUD	44,379	-23,729	0	665,5	1063	-99	0
BETOMBO	44,970	-19,687	65,4	741,6	828	-99	355
BETROKA	46,073	-23,272	85,1	739,7	512	-99	102,2
BEZAHA	44,503	-23,490	0	611,8	916	-99,8	0
DIEGO - SUAREZ	49,305	-12,308	98	655,2	2424	-99	261,8
FARAFANGANA	47,809	-22,818	100	938,7	2728	0	1386,3
FENERIVO -EST	49,418	-17,384	100	997,6	2156,6	0	1631,4
FASCENE (NOSSI-BE)	48,269	-13,384	79	985,1	1190	0	1092,5
FIANARANTSOA	47,057	-21,460	87	710,9	1498	-87	392,1
FORT - DAUPHIN	46,975	-25,019	99	942,1	2529,3	-99	456,9
IFANADIANA	47,621	-21,295	100	923	820,5	0	1530,3
IHOSY	46,101	-22,415	91,7	669,6	1249	-91,7	59,2
ISALO	45,434	-19,731	98	764,6	1301	-99	386,4
I VAT O-Aéroport	47,483	-18,787	93	640,3	1729	-94	567,7
KANDREHO	46,105	-17,469	95	881	1691	-96	811
MAEVATANANA	46,824	-16,935	98	801,1	1443,8	-99	799,1
MAHAJAMBA	47,118	-15,701	97,6	764,5	858,1	-99	581,7
MAHABO	44,657	-20,391	15,9	644,8	2957,5	-99	192,4
MAHANORO	48,816	-19,888	100	978,7	993,8	0	1879,8

MAINTIRANO	44,024	-18,073	55,8	687,4	1335,9	-99	255
MALAIMBANDY	45,658	-20,336	98	757	1566,8	-99	480,9
M A J U N G A	46,316	-15,706	98	733,7	1074,8	-99	735,1
MANAKAMBAHINY - EST	48,675	-17,754	47,9	755,7	2662,3	-88	271,2
MANANJARY	48,349	-21,220	100	948,8	2633,3	0	1614,5
M A N A K A R A	48,021	-22,134	100	954,3	2466,9	0	1580
MANANARA - NORD	49,768	-16,158	100	932,4	1113	0	1437,5
MANDRITSARA	48,810	-15,841	81,2	681,7	1619,3	-98	410,1
MANGINDRANO	48,963	-14,252	89	716,8	3703,1	-90	643,3
MAROANTSETRA	49,755	-15,424	100	1000,6	1527,4	0	2603,5
M A N T A S O A	47,835	-19,013	59	742,8	1178,5	-60	725,6
MAROTANDRANO	48,848	-16,161	95,9	660,5	1861	-98	423,1
MAROVITSIKA	48,039	-18,831	41	759,7	1495,6	-42	1060,3
MAROVOAY - MADIROKELY	46,677	-16,130	98	761,8	1308,3	-99	635,8
MIANDRIVAZO	45,477	-19,529	98	848,3	1790,6	-99	362
MORAFENOBE	44,912	-17,828	97	815,7	1861,1	-98	877,9
MIDONGY - SUD	47,005	-23,600	26	898	1504	-27	937,9
MORAMANGA	48,279	-18,932	59	825,2	454	-60	619,8
M O R O M B E	43,348	-21,758	0	532	755	-78	0
MORONDAVA - VILLE	44,266	-20,292	98	617,6	2656	-99	138,4
NOSY - VARIKA	48,510	-20,580	92	1052,7	1576,5	-7	1532,3
PORT - BERGE	47,612	-15,580	98	748,9	1062,2	-99	729,6
RANOHIRA	45,417	-22,547	85	735,4	733,5	-95	241,4
SAKARAHA VILLE	44,538	-22,900	27,8	680,4	731,1	-100	25,3
SAKARAHA - FQRET	44,602	-22,915	21	702,3	2179	-96	7,8
SAMBAVA	50,145	-14,240	100	1010,9	1231,3	0	1169,1
SOALALA	45,341	-16,087	98	632,2	3677	-99	501,1
SOANIERANA - IVONGO	49,586	-16,906	100	968,9	1859,3	0	2669,1
SOAVINANDRINA	46,739	-19,158	81	702,8	3346	-82	1163,5
TAMATAVE VILLE	49,409	-18,129	100	989,1	1353,4	0	2307,9
TANANARIVE OBSERVATOIRE	47,561	-18,904	86	641,5	3335,8	-87	631,3
TAMATAVE - AERO	49,400	-18,103	100	979,7	1093,1	0	2357,4
TAMBOHORANO	43,962	-17,494	98	669,7	522,2	-99	355,4
TRANOROA	45,071	-24,705	0	697,2	1874,5	-175	0

TSARATANANA	47,638	-16,798	97	728,2	2299,8	-98	1049,3
TSARAMANDROSO (Bevazaha)	47,055	-16,355	95,1	772,3	489,4	-105	732,4
TSIHOMBE	45,483	-25,313	0	606,4	343	-117	0
TULEAR	43,679	-23,340	0	442	1345,9	-99	0
TSINJOARIVO	47,690	-19,621	73	718,5	1632	-74	554,4
TSIROANOMANDIDY	46,058	-18,755	96,2	765,4	980	-93	770,4
TSIVORY	46,085	-24,056	94	783,9	357,9	-95	102,1
TULEAR AERODROME	43,729	-23,379	0	457,9	3656	-101	0
VATOMANDRY	48,984	-19,311	99	994,9	1217	0	1900,1
VOHIDIALA	48,267	-17,879	94	714,8	1365	-95	408,2
VOHEMAR	50,010	-13,352	69	1024,6	1412	-30	318,4
MADAGASCAR			70	763,3	1485,9	-70	654,9
Superficie en km2	587 295						
bilan en volume: milliards de m3/an			41,11	448,29	872,64	-41,11	384,59

Source : BDEA (base de données du secteur eau et assainissement) -Ministère de l'eau, de l'assainissement et de l'eau-

I.2.1.2 QUANTITE DE RENOUVELLEMENT DES RESERVES EN EAUX PAR LA PLUIE

Selon ces calculs du bilan, sur l'ensemble du territoire malagasy le volume d'eau de pluies qui tombe sur le pays est obtenu par la relation :

Superficie totale de Madagascar x pluviométrie :

$$587\,295 * 1000\,000 * 1485,9/1000 = \mathbf{872,64 \text{ milliards de m}^3}$$

I.2.1.3 QUANTITE D'EAU PERDUE VERS L'ATMOSPHERE

Une partie de ces eaux retourne vers l'atmosphère par l'évapotranspiration réelle ; elle est estimée à :

Superficie totale de Madagascar x pluviométrie :

$$587\,295 * 1000\,000 * 448,29 / 1000 = \mathbf{448,29 \text{ milliards de m}^3}$$

I.2.1.4 QUANTITE DE RESSOURCES EN EAUX DE MADAGASCAR

La différence en milliards de m³, 872,64 – 448,29 = 424,35, représente « les ressources de Madagascar », mais dont une fraction seulement est accessible, car la majorité de ce qui est appelé « ruissellement » est absorbée par les inondations saisonnières (débits de crue) puis s'écoule vers la mer, une autre partie se retrouve sous forme de stock d'eau du sol. Ce qui reste, pouvant être exploité, est représenté par les ressources en eaux souterraines réalimentées par les infiltrations, pouvant être exploitées par les captages des sources, les forages et les puits, et alimentant les débits d'étiages des rivières qui représentent la partie d'eaux de surface utilisables.

Ces différents volumes sont estimés de la façon suivante :

a. Quantité d'eaux de surface

- La quantité d'eau de surface totale est obtenue par la relation suivante :
Superficie totale de Madagascar x ruissellement calculé par le bilan hydrique :

$$587\,295 \times 1\,000\,000 \times 384,59 / 1\,000 = 384,59 \text{ milliards de m}^3 \text{ par an}$$

Une grande partie de ces eaux s'écoule vers la mer et il faut des aménagements comme les barrages de retenues et la création de lacs artificiels ou des dérivations vers des terrains irrigués ou des centrales hydroélectriques pour pouvoir en disposer comme réserves d'eau utilisables.

Le volume des lacs artificiels (lacs d'irrigation et barrages d'hydroélectricité) est de 428 millions de m³ (calculs sur Mapinfo par Rakotondrainibe H. dans le document « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » du programme Waves « wealth accounting and valuation of ecosystem services » -2015, à partir de données UNEP. (2010). "Africa Water Atlas". Division of Early Warning and Assessment (DEWA). United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya.)

Tableau 5 : volume des lacs artificiels

LIBELLE	Nom du lac artificiel	Volume en m3
1	Mantasoa	122 614 678,90
2	Tsiazompaniry	225 000 000,00
3	Sahamaloto	12 990 000,00
4	Amboromalandy	35 000 000,00
5	Mandraka	200 000,00
6	Anakavy	35 120,00
7	Antelomita 1	1 350 000,00
8	Antelomita 2	225 000,00
9	Andekaleka	50 000,00
10	Manadona	50 000,00
11	Maninday	15 000,00
12	Antanifotsy	12 740 000,00
13	Maromandia	7 525 000,00
14	Bamaitso	2 451 500,00
15	Ambodivato	6 135 000,00
16	Ampijoroabe	2 217 500,00
	TOTAL =	428 598 798,90

Source : « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015)

b. Quantité d'eaux souterraines

Les estimations des quantités d'eaux souterraines sont faites à partir des hypothèses suivantes :

- i. *Volume de renouvellement des ressources souterraines : superficie totale de Madagascar x infiltrations obtenue du bilan hydrique*

$$587\,295 \times 1000\,000 \times 70 / 1000 = \mathbf{41,11 \text{ milliards de m}^3}$$

- ii. *Volume d'eau souterraine exploitable : superficie totale de Madagascar x épaisseur d'aquifère moyenne atteinte par des forages de 100 m de profondeur x porosité efficace d'un réservoir sablo-argileux (voir tableau des porosités de Castany, ci-dessous)*

$$587\,295 \times 1000\,000 \times 100 \times 10\% = \mathbf{5,872 \text{ milliards de m}^3}$$

Tableau 6 : porosités selon Castany

Tableau de valeurs - porosités moyennes pour les principaux réservoirs (d'après G. CASTAGNY).

Sols	Porosité totale en %	Porosité efficace en %	Sols	Porosité totale en %	Porosité efficace en %
Vases		0,1 %	gravier + sable		15 à 25 %
Limons	36 %	2 %	gravier fin		20 %
Argile	45 %	3 %	gravier moyen	45 %	25 %
sable gros + limons	32 %	5 %	gravier gros		30 %
sable très fin	35 %	5 %	grès fissuré	16 %	2 à 15 %
sable fin	35 %	10 %	craie		2 à 5 %
sable moyen	35 %	15 %	calcaire fissuré	4,8 %	2 à 10 %
sable gros	35 %	20 %	granite fissuré	1,2 %	0,1 à 2 %
Alluvions		8 à 10 %			

I.2.1.5 CONCLUSION : QUANTITE TOTALE DE RESSOURCES EN EAU EXPLOITABLE

Le volume total des ressources en eaux de Madagascar est de **424,35 milliards de m³**, mais environ 30% seulement de cette ressource sont accessibles (estimation concernant le bilan en eau mondial, faite dans le document « eau et agriculture - produire plus avec moins d'eau » de la FAO-2002), ce qui représente **127,305 milliards de m³** (réserves en eaux souterraines exploitables + débits d'étiages des rivières + stock d'eau dans les aménagements artificiels).

Les actions à entreprendre pour permettre à Madagascar de disposer du maximum de ressources en eaux utilisables consistent ainsi à augmenter ce taux de 30%, par la protection des bassins versants (lutte contre la déforestation, reforestation, protection contre l'érosion) permettant d'accroître l'infiltration, par la construction d'aménagements hydrauliques pour des stockages d'eaux de surface.

I.2.2 ESTIMATION DES UTILISATIONS ACTUELLES D'EAU A MADAGASCAR

1.2.2.1 UTILISATION DE L'EAU POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

POTABLE

Le décret-cadre précise que la consommation spécifique est de 30l/j/personne.

Les consommations d'eau potable calculées sur cette base sont alors présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : volume d'eau potable consommé

année	taux d'accès	Nombre de consommateurs	volume eau consommé en m3/an
2015	51,00%	12 080 930	132 286 189

Source : « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015)

Le total de la quantité d'eau utilisée est de **0,132 milliards de m3**.

1.2.2.2 UTILISATION DE L'EAU EN AGRICULTURE

Les calculs sont effectués dans le document « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015) en utilisant les données se trouvant dans le document « Petit atlas de Madagascar – Un état des lieux du territoire malgache pour servir à l'Aménagement du Territoire, 2009.

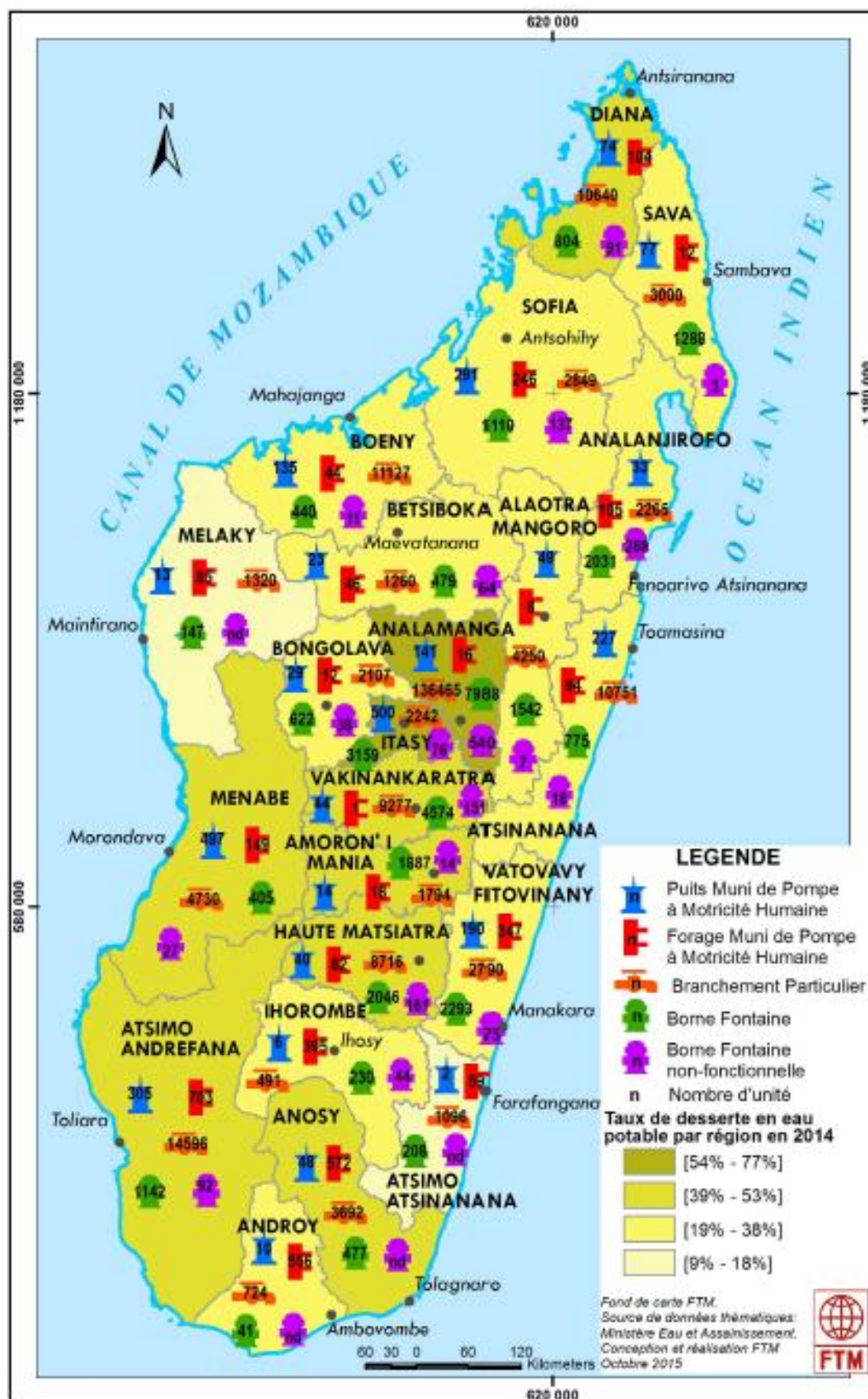
Tableau 8 : Utilisation de l'eau en agriculture

Types de culture	Surface cultivée en ha	Besoins en eau unitaire	Total eaux utilisées en millions de m3/an	Eaux souterraines Utilisées en millions de m3	Eaux de surface Utilisées en milliards de m3	Eaux Pluviales Utilisées en millions de m3
Riz	1 062 398	12000	12 749	3 600,00	9 148,78	
Coton	28 553	7500	214		82	132
Canne à sucre	67 000	12500	838	30,00	807,50	
Total			13 800	3 630,00	10 039	132
Reste des cultures	842 049	457,4	385		385	
Total	2 000 000		14 186		10 423,88	

Source : « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015)

Le total des quantités d'eau utilisées est de **14, 186 milliards**.

1.2.2.3 TAUX DE DESSERTE EN EAU POTABLE PAR REGION



1.2.2.4 UTILISATION DE L'EAU POUR LES DIRECTIONS INTERREGIONALE DE LA JIRAMA

Tableau9- Situation de l'environnement des ressources en eau exploitées par la JIRAMA

Diana	Antsiranana	Rivière Besokatra	Barrage non clôturé, accessible aux tiers, non protégé contre tout acte de vandalisme. Dégradation des bassins versants en amont. Déforestation en amont du barrage. Présence des cultures traditionnelles de riz, plantation de khat ayant une influence sur la qualité et la quantité d'eau brute.
	Nosy Be	Lac Amparihibe	Aucune source de pollution mais dégradation des bassins versants : Présence des feux de nettoisement, culture sur brulis et pâturage. Baisse de pluviométrie annuelle s'observe actuellement et une hausse de température.
	Ambanja	Forages (Ambaiboho)	Terrain non clôturé, accessible aux tiers et aux bétails. Présence d'une construction illicite à l'intérieur du périmètre de la JIRAMA. Pollution : Pollution engendrée par la centrale thermique à 100m au Nord du forage (évacuation sauvage des rejets d'eaux usées). Dégradation: L'érosion rapide et importante de la rive droite du fleuve de Sambirano constitue une menace pour la station.
Sava	Antalaha	P	
		Forage(2)	
	Andapa	Barrage	Accessibilité aux tiers. Zone de protection non instaurée. Pollution : Aucune source de pollution mais présence des dégradations : Déforestation due à des exploitations forestières importantes (tevy ala, coupes d'arbre, multiplication de la culture vivrière, la plantation progressive des arbres fruitiers). A chaque crue, la forte précipitation crée une érosion importante du sol, provoque l'ensablement total du barrage de retenue et donne l'aspect trouble de l'eau brute.
	Sambava	Rivière + Puisard	Clôturé mauvais état. Pollution : Riziculture, culture vivrière, Pâturage et abreuvement bovin. Lavandières sur bord. Dégradation : Erosion de la rivière de Sambava et la dégradation des bassins versants en amont. Ensablement à chaque étiage.
	Vohémar	Sources de Sahamazava	Risque de pollution causée par des pâturages et pacage bovins aux alentours des sources, la présence des agglomérations avoisinantes. Captages non clôturés, accessibles aux tiers et aux bétails. Absence des panneaux d'interdiction et d'indication de la propriété. Zone de protection non instaurée.
		Puits	Dégradation : Les racines de ces arbres attaquent les ouvrages de prise, les conduites d'amenée et les drains, et les feuilles mortes constituent un grand obstacle empêchant la libre circulation de l'eau. Déforestation partielle due à la pratique de la culture vivrière.
Boeny	Mahajanga	Forages (2) d'Ambondrona	Non clôturés, Des activités agricoles : Riziculture, culture vivrière et pâturage importants aux alentours immédiats.
		Forages (2) d'Apombonavony	Non clôturés, favorable à tout acte de vandalisme. Risques de feu de brousse. Zone inondable à chaque saison de crue. Présence de pâturage aux alentours.
		Forage(3) d'Andranotakatara	Non clôturés, Présence des agglomérations avoisinantes favorisant des actes de vandalisme. Des risques de feu de brousse. Présence de pâturage aux alentours.
		Forage(4) de Mahavelona	Non clôturés, accessible aux tiers, favorable à tout acte de vandalisme. Présence de pâturage aux alentours.
	Ambato Boeni	Puits d'Ambato atsimo	Puits P1 et P2 alimentées en permanence par la rivière Kamory et le fleuve de Betsiboka. Clôture en dur pour P2 et en grille métallique pour P, mauvais état. Relation étroite entre rivière et captage : Diminution importante de niveau d'eau à chaque fin étiage.
	Mitsinjo	Forage	
	Marovoay	Forage d'Antokomamy	Zone de protection non instaurée, captage non clôturé, rizicultures importants sur des centaines des hectares aux alentours immédiats du captage. Source de pollution : Riziculture.
	Antsohihy	Forages d'Ambalabe et Bekiopaka	Pollution et dégradation engendrées par la centrale thermique; Evacuation sauvage des eaux usées de la centrale thermiques et des agglomérations.
	Madirovalo	Ruisseau + Barrage+ Puisard d'Ambinanimahery	Erosions des bassins versants en amont du captage – Risque d'ensablement du barrage
	Befandriana	Rivière Somboina captée à l'aide d'un Puits	Captage non clôturé, non protégé. Accessible au tiers et aux bétails. Pollution : L'absence des latrines et les activités quotidiennes de la population riveraine (douce, lessive, vaisselle...) constituent des sources de pollution permanentes de la rivière. Dégradation : Phénomène d'érosion (rive gauche à 6 m en amont captage). Bassin versant en amont: dégradation rapide de l'environnement causée par des feux de brousses, répétitifs à chaque étiage.

	Mandritsara	Sources de la montagne Fasina Et Rivière	Sources : Zone de protection non instaurée, captage non clôturé, Accessible au tiers. Pollution : Multiplication rapide des cultures vivrières. Dégradation : Déforestation et feux de brousses, répétitifs à chaque étiage. Rivière : Pollution : Touchée par les pollutions caractéristiques de la rivière : Présence des lavandières – Constructions riveraines. Dégradation : Erosion le long de la rivière et ensablement au niveau du captage et tarissement de la ressource à chaque fin de l'étiage
	Port Bergé	Rivière Amboahangy	Faible débit, mauvaise qualité à chaque fin de l'étiage. Pollutions : beaucoup d'agglomérations, des activités agricoles, des lavandières en amont du captage Dégradation des débris végétaux dans l'eau, érosion du sol le long de la rivière en amont du captage
	Mampikony	Puits	Périmètre de protection non instauré. Pollution : Des rizicultures, des cultures vivrières utilisant des insecticides menaçant la ressource. Des activités quotidiennes des paysans. Dégradation : Inondation à chaque crue. Envasement
Betsiboka	Maevatanana	Rivière Ikopa + Puits	Périmètre de protection non instaurée, captage non clôturé, Zone inondable à chaque crue, rizicultures, cultures des tomates et de tabacs utilisant des insecticides et des engrais chimiques menaçant la ressource. Pollutions : Lavandières en amont et aux alentours du captage. Rejet d'eau de ruissellement et eau usée en aval du captage. Dégradations : Phénomène d'affaissement à chaque saison de crue près captage. Erosion le long de la rivière.
		Rivière Nandrojia	Dégradation : Erosion le long de la rivière sur tous les bassins versants en amont et aval du barrage
Melaky	Antsalova	Rivière Soahanina	
	Morafenobe	Sous écoulement	Puits non clôturé. Accessible au tiers et aux bétails. Absence de cabine de protection des ouvrages et matériel tournant, favorable à tout acte de vandalisme. Pâturage bovin - Culture vivrière près captage. Mais dégradation des bassins versants de la rivière causés par les feux de brousse, répétitif à chaque saison sèche. Dégradation : Présence du phénomène d'érosion sur le long de la rivière surtout près captage. Feu de brousse favorisant l'érosion provoquant l'ensablement rapide et important de la rivière (Situation très remarquée devant barrage de rétention).
	Besalampy	Puits	Pollution : Forage non clôturé, accessible aux tiers, non protégé contre tout acte de vandalisme. Activité agricole
	Maintirano	Forages	Forage non clôturé, accessible aux tiers, non protégé contre tout acte de vandalisme. Dégradation : Présence du centre de reboisement (forêts à dominance d'eucalyptus) aux alentours du captage. Touchées par le feu à chaque saison sèche. Forages F1 et F2 abandonnés suite au phénomène de dégradation en profondeur des couches géologiques, instables menaçant actuellement F3.
Atsinanan a	Toamasina	Rivière Ranomainty	Pollution : Activités agricoles rizicultures, surtout la pratique de "Tavy" Présence des lavandières, agglomérations avoisinantes. Captage menacé par la présence des (Constructions illicites)
	Vatomandry	Puits d'Ambilakely	Pollution : Captages non clôturés ; Agglomérations avoisinantes (village d'Ambilakely qui ne cesse de se multiplier aux alentours). Des végétations caractéristiques (Niaoulis et eucalyptus robusta servant de fosse d'aisance pour les riverains. Les dégâts causés par la foudre, le cyclone et l'inondation touchent souvent les ouvrages et les matériels tournants entraînant une contrainte d'exploitation.
		Forage(2) d'Ambilakely	
	Mahanoro	2 puits télescopés P1 et P2 d'Ampampanango	Pollution : Des agglomérations avoisinantes, extension de la ville Dégradation : Des végétations Kininindrano" ou niaouli et Eucalyptus aux alentours du captage. Couches géologiques ferrugineuses " tend vers la station (Nord).
Analanjir ofo	Fénérive Est	Puits (5)	Pollution : Captage au milieu des sols alluviaux argilo-sableux très fertiles favorables à toutes sortes des cultures, particulièrement à des cultures vivrières, aux alentours immédiats des 4 puits et une dizaine d'hectare des rizicultures. Dégradation : Terrain ferrugineux et saumâtres (due à l'infiltration de l'eau de mer).
	Soanierana Ivongo	Sources	Dégradation : Forêt ombrophile sur le bassin versant ; riche en variété d'espèces des plantes, dominée surtout par des Longozo et des Ravintsara, abritant de nombreuses sources de débit important. Mais remplacée actuellement par des « Savoka » à cause de la pratique de "Tavy" et les exploitations abusives effectuées autrefois par la population riveraine (fabrication artisanale de charbon de bois, coupe d'arbre illicite, multiplication des cultures vivrières). Endroit de passage fréquent des cyclones.
	Sainte marie	Rivière Sahamanoro	Pluviométrie annuelle importante seulement une légère diminution durant la saison dite fraîche. Légère dégradation du bassin versant du lieu de captage suite aux passages des cyclones répétitifs. Historique : Phénomène d'assèchement de la rivière Sahamanoro en 2005.
		Barrage	

Alaotra Mangoro	Moramanga	Lac Ambodiakondro	<p><i>Pollution</i> : Nombreuses sources de pollution due aux activités urbaines (rejets constructions illicites, implantation de fosse perdue, présence des dépôts d'ordures) et aux activités agricoles (Pâturage, abreuvement, culture maraîchère et riziculture en amont).</p> <p><i>Dégradation</i> : Bassins versants menacés par des dégradations progressives de leurs environnements ; Coupe d'arbre ; Feu de brousse ; Erosion et glissement de terrain</p> <p>Conséquence: Phénomène de tarissement de la ressource à chaque fin d'étiage.</p>
		Rivière Sahamarirana	<i>Pollution</i> : Présence des activités agricoles en amont (Pâturage, culture maraîchère et riziculture).
	Ambatondrazaka	Source d'émergence de 8 ouvrages à Ambodiakondro	Ouvrages non clôturés. Aucune source de pollution majeure mais dégradation due au phénomène d'érosion important.
	Mandraka	Barrage	
Menabe	Belo /Tsiribihina	Rivière Kindroma	<p><i>Pollution</i> : Activité agricole importante (riziculture, culture vivrière, pâturage).</p> <p><i>Dégradation</i> importante du sol en amont et le long de la rivière surtout le phénomène d'érosion. Inondation phénomène répétitif à chaque saison de crue.</p> <p>Entretien insuffisant aux alentours immédiats du captage.</p>
	Mahabo	Forages d'Anjoro	<i>Pollution</i> : Absence des latrines de la population riveraine, des excréments éparpillés aux alentours immédiats de l'enceinte. Enceinte non clôturée, accessible aux tiers.
	Manja	Barrage d'Andoharano	<p>Captage non clôturé. Accessible aux tiers et aux bétails.</p> <p><i>Pollution</i> : Pâturage bovin et de riziculture.</p> <p><i>Dégradation</i> : Dégradation rapide de l'environnement causée par les activités des paysans : Déforestation partielle due au défrichement, coupe d'arbres illicite et conflit d'usage : Utilisation en agriculture de la même ressource perturbant l'exploitation.</p> <p>Conséquence : Ensablement devant le barrage et déviation du sens d'écoulement de la rivière.</p>
	Morondava	04 Forages de Tsimahavaobe	<i>Pollution</i> :Des broussailles aux alentours immédiats des ressources servent une fosse d'aisance pour la population riveraine.Des eaux stagnantes sur la piste d'accès ; Présence des rizières près forages.
Bongolava	Fénérive Centre	Rivière Masiaka + Puisard	<p>Puits clôturé en grille métallique « non-conforme aux normes de protection des ouvrages et au périmètre de protection immédiate.</p> <p><i>Pollution</i> : Présence de pâturage bovin et de culture sur brûlis, de terrain aménagé en culture vivrière.</p> <p><i>Dégradation</i> des bassins versants causée par les feux de brousse répétitifs à chaque étiage.</p>
	Tsiroanomandidy	Rivière à Ambohiby + Barrage	Aucune source de pollution due aux activités urbaines ni agricoles n'est constatée mais présence de feu de brousse et phénomène d'érosion importants sur les bassins versants constituant des problèmes fondamentaux de l'environnement. Présence de reboisement annuel de la JIRAMA en amont et aux alentours du captage.
	Mahasolo	Rivière Manjanao + Puits	<p><i>Pollution</i> : Activités agricoles importantes en amont du captage (pêche, riziculture, culture vivrière)</p> <p><i>Dégradation</i> : Erosion, ensablement</p>
Analaman-ga	Antananarivo	Rivière Ikopa Lac Mandrozeza	<p>Rivière : menacé par : Les rejets d'eaux usées industrielles. Mauvaise utilisation de la rivière pêche, enlèvement des sables, présence des lavandières, site touristique saisonnière sur les bords ; pratique de la riziculture de part et d'autre de la rivière. Des agglomérations avoisinantes marquées par des nouvelles constructions sur la rive gauche de la rivière.</p> <p>Lac Mandrozeza très vulnérable à la pollution : Accessible aux tiers, beaucoup de constructions avoisinantes, vaste marécage transformé en champ en amont. Mais projet d'application du décret relatif au périmètre de protection immédiate en cours.</p>
		Lac Lohozoro (Vontovorona)	<p>Environnement en cours de dégradation : Érosions, coupe d'arbres sur les bassins versants.</p> <p>Sources de pollution: Agglomérations avoisinantes, pâturages et abreuvements, pêches, lavandières, rizicultures, site touristique saisonnière autour du captage.</p>
		Rivière Ikopa (Faralaza)	<p><i>Pollution</i> : Activités agricoles en amont du captage (pêche, riziculture, culture vivrière) - Agglomérations – surtout lieu de dépôts des ordures ménagères et industrielles</p> <p><i>Dégradation</i> : Erosion, ensablement, extraction des sables, fabrication des briques</p>
		Rivière Mamba	<p><i>Pollution</i> : Activités agricoles en amont du captage (pêche, riziculture, culture vivrière) - Construction avoisinante</p> <p><i>Dégradation</i> : Erosion, ensablement, extraction des sables, fabrication des briques</p>
Vakinankaratra	Antsirabe	Sources de Marofangady	<i>Dégradation</i> : Erosion et activité agricole aux alentours immédiats (Pâturage bovin et cultures)
		Source d'Andohonambo	<i>Pollution</i> : Activités agricoles en amont du captage (culture, pâturage)
		Lac Andraikiba	<p><i>Pollution</i> : Activités agricoles en amont du captage (pêche, riziculture, culture vivrière) - Agglomérations – Accessibilité aux tiers et aux bétails</p> <p><i>Dégradation</i> : Déforestation, Erosion, ensablement</p>
	Antanifotsy	Lac et rivière Onive	<i>Pollution</i> : Présence des dépôts d'ordures, des pêches illicites, des cultures vivrières, rizicultures.

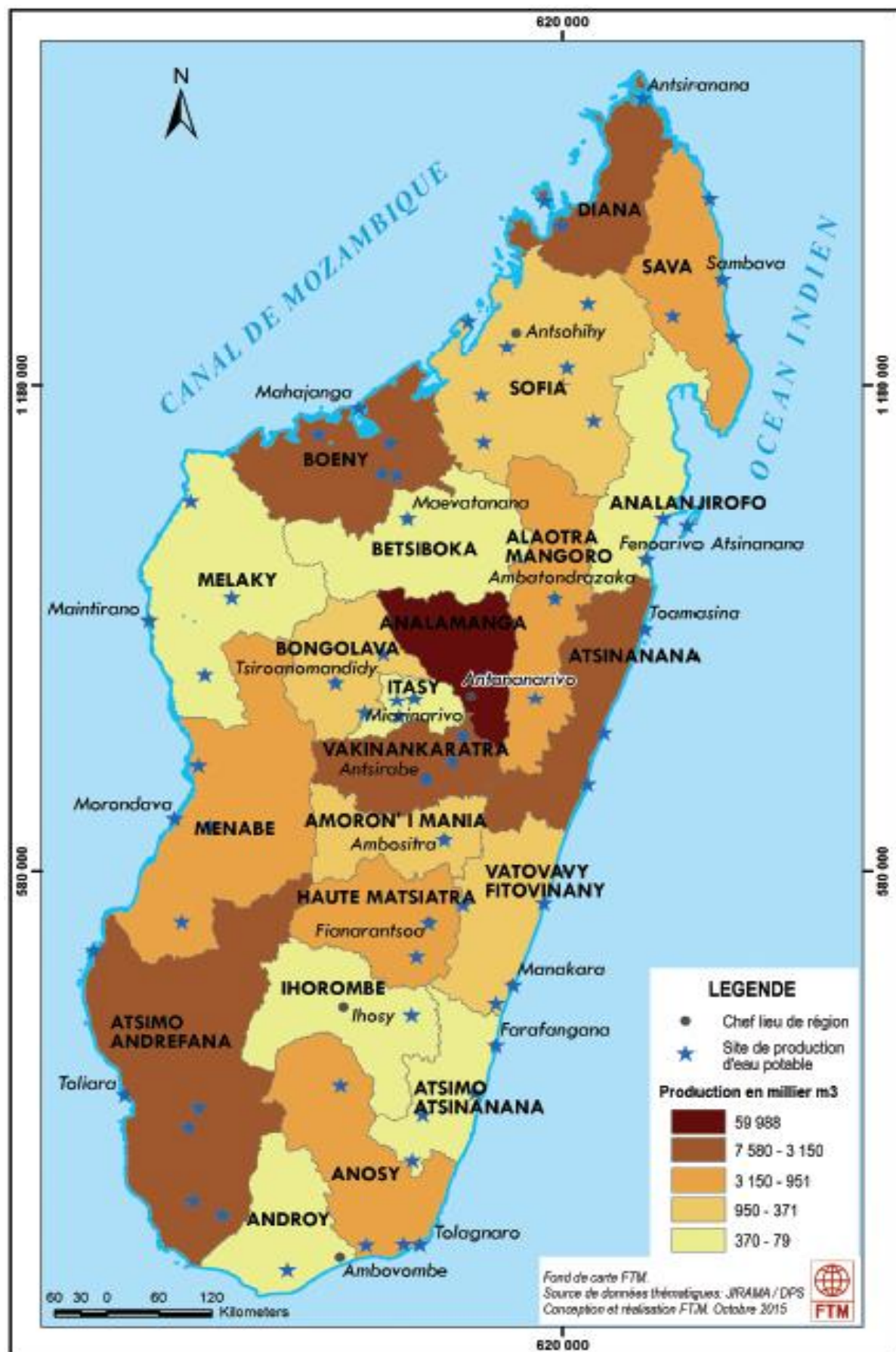
			<i>Environnement très dégradé</i> : Erosion très important du bassin versant au Sud-Ouest entraînant envasement du lac. Extension des champs de culture (lac transformé en rizières) – gisement or
	Ambatolampy	Lac froide de Manjakatampo	<i>Pollution</i> : Risques de pollution minimes. Des fumées très envahissantes et la poussière des cendres des feux de brousses ou fabrications artisanales des charbons de bois peuvent porter atteinte au lac <i>Dégradation</i> : Déforestation – Coupe d'arbre illicites – Erosion ; Diguette menacée non étanche, existence de fuite, risque d'affaissement suites aux trafics de charrettes et camion.
Amoron'i Mania	Ambositra	Barrage de la rivière Tsiandrazandoha à Antetibolo	<i>Pollution</i> : Activités agricoles en amont du captage. Riziculture important pratiqué en amont du barrage entraînant une variation de qualité et de quantité de l'eau brute en étiage et perturbe l'exploitation <i>Dégradation</i> : Erosion, ensablement
Itasy	Soavinandriana	Sources d'Ambohitrimanjaka	<i>Pollution</i> : Risques de pollution minimes <i>Dégradation</i> : Feu de brousse, Coupes d'arbres illicites, fabrication des charbons de bois, déforestation. Bassin versant gravement touché par les cyclones Gafilo et Elita
	Miarinarivo	Sources et barrage de Marotsingala	<i>Pollution</i> : Risques de pollution minimes <i>Dégradation</i> : Feu de brousse, Coupes d'arbres illicites, fabrication des charbons de bois, déforestation. Non protégés, zones de protections non instaurées.
	Analavory	Sources d'Andranotoraha	<i>Pollution</i> : Risques de pollution minimes <i>Dégradation</i> : Feu de brousse. Non protégés, zones de protections non instaurées.
Haute Matsiatra	Fianarantsoa	Barrage du lac d'Antarambiby alimenté par 13 sources principales de la station forestière de Mandaratsy	<i>Pollution</i> : Exploitation des marais en rizicultures, piscicultures (déviation de l'écoulement de la rivière). <i>Dégradation</i> : Feux de brousses sur les bassins versants, dégradation des végétations
		barrages en amont de la station Vatosola	<i>Pollution</i> : Exploitation des marais en rizicultures, piscicultures (déviation de l'écoulement de la rivière). <i>Dégradation</i> : Feux de brousses sur les bassins versants, dégradation des végétations
		Rivière Mandranofotsy	<i>Pollution</i> : Pêche, la présence des lavandières sur le bord, beaucoup d'activité agricole le long de la rivière. Captage clôturé, Périmètres de protection non instaurés. <i>Dégradation</i> : Phénomène d'érosion le long de la rivière
	Ranomafana		
Vatovavy Fitovinany	Manakara	Rivière Maroala	<i>Pollution</i> : Lavandières, agglomérations avoisinantes, pêches traditionnelles, nouvelle société de fabrication artisanale d'huile essentielle en amont du captage. Déforestation des bassins versants en amont de la plaine marécageuse constitue la principale cause de la mauvaise qualité de l'eau brute <i>Dégradation</i> : Traversant la plaine marécageuse avec des niaoulis, vihy et arefo comme végétations caractéristiques.
	Mananjary	Puits Ambatolambo	Seulement de dégradation de la clôture de la station.
		Forage Ambatolambo	Présence en permanence des odeurs désagréables. Présence des niaoulis qui sont des végétations dominantes aux alentours immédiats. Eaux brutes riches en fer
		Canal de Pangalana à Ambatolambo	<i>Pollution</i> : Présence des lavandières et d'Activité fluviale importante (moyen de transport et de pêche). Présence des agglomérations avoisinantes (ville de Mananjary) et des rizicultures. <i>Dégradation</i> : Phénomènes d'érosion le long du bord. Embouchure à 6 km aval du captage peut modifier les caractères de l'eau brute en étiage.
	Vohipeno	Rivière Matiantanana à Marovily	<i>Pollution</i> : Activité fluviale importante. Présence des lavandières sur le bord, des pâturages bovins, des rizicultures et cultures vivrières le long de la rivière qui est très remarquable aux alentours immédiats du captage. Mauvais état de clôture de la station de pompage, accessible aux tiers favorisant la dégradation importante de son environnement.
Atsimo Atsinanana	Farafangana	Rivière Manambato	<i>Pollution</i> : Aucune source de pollution majeure, seulement d'activité fluviale (transport et pêche), et des activités agricoles (Rizicultures). Légèrement saumâtre à chaque fin de l'étiage et devient trouble et jaunâtre pendant la saison de crue
	Tangainony		
	Vangaindrano	Rivière Sahazompo	<i>Pollution</i> : Captage non clôturé, présence des activités agricoles (Rizicultures et cultures vivrières) important aux alentours immédiats et en amont du captage, accessibles aux tiers et aux bovins, non protégés contre tout acte de vandalisme et surtout contre l'inondation. <i>Dégradation</i> : Ouvrages métalliques rouillés. Bassins versants en amont très dégradés (Erosions et feux de brousse importants).
Anosy	Betroka	Rivière Mangoky	<i>Pollution</i> : Présence des lavandières aux alentours immédiats du captage, des agglomérations avoisinantes, des cultures vivrières et des rizicultures saisonnières. Présence des dépôts d'ordures ménagères.

			<i>Dégradation</i> : Cabine de pompage très dégradée. Clôture non conforme et non adaptable à la situation existante, favorisant l'accessibilité aux tiers, elle n'arrive pas à protéger les ouvrages contre tout acte de vandalisme.
	Amboasary	Forages	<i>Pollution</i> : Présence des dépôts d'ordures ménagères. Menacé par la pollution engendrée par la centrale thermique et la citerne de gasoil <i>Dégradation</i> : Forages clôturés avec centrale thermique. Zone inondable à chaque crue.
	Tolagnaro	Barrages de Lakandava au Sud et Ampalafa au Nord	<i>Pollution</i> : Aucune source de pollution majeure sauf quelques cultures maraîchères <i>Dégradation</i> : Déforestations et feux de brousse, pratique des défrichements, exploitation illicite. Ensablement des 2 barrages.
		Lac Lanirano	<i>Pollution</i> : Partie Sud et Est : Présence des lavandières, des constructions avoisinantes ; Présence d'activité fluviale : Des canotes et des vedettes pour pêche et transport.
	Manambaro	Forages de Mangitelo	<i>Pollution</i> : Aucune source de pollution majeure sauf quelques cultures et accessibilité aux tiers et aux bétails <i>Dégradation</i> : Extractions et ventes des sables près forages.
Androy	Tsihombe	Puisard à Tsihombe centre	<i>Pollution</i> : de la rivière Manambovo alimentant le puits : Aspect trouble et jaunâtre en crue et l'apparition de fond de sable de la rivière en étiage. Accessible aux tiers, aux volailles et aux bétails. Aux alentours immédiats des ouvrages de captage, des dépôts d'ordures ménagères et communales. Situation alarmante
	Ampanihy	Forages de Behavandra	<i>Pollution</i> : Aucune source de pollution n'est constatée aux alentours immédiats des forages. <i>Dégradation</i> : Forages abrités dans des cabines dégradées (couverture, regards, escalier extérieur). Tous non clôturés favorables à tout acte de vandalisme.
Atsimo Andrefana	Toliara	Forages de Miary	<i>Pollution</i> : Ressources menacées par des Agglomérations avoisinantes, Absence de système d'assainissement : Rejets d'eau usée domestiques, absence des fosses d'aisance. Des élevages, pâturages, parcs de bovins, porcins, et des chèvres
		Forages d'Andranomena	<i>Pollution</i> : Forages clôturés avec la centrale thermique et subissant les pollutions de la CT
	Betioky Sud	Forages d'Ankilimangasy	F1 clôturé avec le bureau et réservoir. Délimitation de périmètre de protection non respectée. <i>Pollution</i> : Aucune source de pollution majeure sauf à 1400m au sud, un dépôt des produits antiacridiens abandonné n'a aucun impact sur l'environnement de la ressource. <i>Dégradation</i> : Des agglomérations avoisinantes favorisant la dégradation rapide au niveau du F2 surtout.
	Bekily	Puisard alimenté par la rivière Menarandra	<i>Pollution</i> : Aucune pollution majeure sauf la pratique d'une pêche traditionnelle à base d'un produit toxique pour les poissons appelé " Famata " quelques fois des insecticides comme des "Fipronyl" en amont du captage et la présence des lavandières sur le bord, rivière utilisée pour le lessive, douce, eaux de consommation. : <i>Dégradation</i> : Rivière Menarandra Aspect trouble et jaunâtre en crue et clair en étiage avec un débit très faible à la fin de l'étiage. Phénomène d'érosion importante le long de la rivière Captage : zone inondable à chaque saison de crue mais l'ouvrage présente une bonne étanchéité.
	Morombe	Puits d'Andranofaly	<i>Pollution</i> : Aucune source de pollution. <i>Dégradation</i> : Une légère dégradation du milieu naturelle ; Disparition progressive des végétations caractéristiques de la région.
	Bezaha	Forage artésien de Diavolimanga	<i>Pollution</i> : Aucune source de pollution majeure n'est constatée en amont. <i>Dégradation</i> : Des agglomérations avoisinantes, des activités des paysans à 10m au sud de la station. Clôture de mauvais état, dégradée à 75%. Insécurité qui règne dans la ville.
Ihorombe	Ivohibe	Rivière	

Sources : JIRAMA / DEXO - Enquête sanitaire

La liste des détériorations de l'environnement des ressources en eaux, ainsi que les différentes pollutions enregistrées dans tous les centres d'exploitation, amplifiées par la variation climatique sont devenus des facteurs de dégradation de la qualité des eaux douces utilisées et de phénomène de tarissement remarquable dans certaines régions.

1.2.2.5 PRODUCTION EN EAU POTABLE PAR REGION



1.2.2.6 UTILISATION DE L'EAU POUR L'HYDROELECTRICITE

Le pays n'exploite que 132 MW sur son potentiel estimé à 7.800 MW. (Source : *Le mix électrique de Madagascar, septembre 2013* :Xavier Paul).

Tableau 10 : Quantité d'eau turbinée pour produire 132 MW, en m3.

JIRAMA hydroélectricité	Informations obtenues dans le rapport "secteur eau et assainissement-analyse de la situation actuelle-OSIPD-Novembre 1997" mises à jour par l'auteur par la liste des demandes d'autorisations de prélèvement d'eau auprès de l'ANDEA	4 276 596 960
		189 216 000
TOTAL =		4 702 332 960

(Source : « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015)

La quantité d'eau utilisée est donc de :

132 MW x35 623 735 m3/MW= 4,7 milliards de m3

1.2.2.7 UTILISATION DE L'EAU POUR L'INDUSTRIE

Le total des volumes d'eau ayant fait l'objet de demandes auprès de l'ANDEA en se référant aux consommations spécifiques des industries (voir tableau dans le chapitre « causes ») est de 81 845 080 m3 soit 82 millions de m3 (calculé par Rakotondrainibe Herivelo dans le document « Suivi de la politique de l'eau à Madagascar » à partir des demandes d'autorisation de prélèvement d'eau auprès de l'ANDEA).

1.2.2.8 TOTAL DES UTILISATIONS D'EAU

Selon les calculs effectués dans le document « Suivi de la politique de l'eau à Madagascar » le total des volumes utilisés est de **14,4 milliards de m3**.

Tableau 11 : total des volumes d'eau utilisés

Usage de l'eau	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total millions de m3/an
Agriculture	10 424	3 630	14 186
Eau potable	37	93	130
Industrie	81	1	82
TOTAL	10 542	3 724	14 398

(Source : « Suivi des politiques de l'eau à Madagascar » - Waves - Rakotondrainibe H -2015)

II. ETATS ET IMPACTS DES RESSOURCES EN EAU

Les principaux écosystèmes aquatiques de Madagascar sont : les eaux continentales de surface ou zones humides d'eau douce et les eaux souterraines. Cependant, la disponibilité en eau varie dans l'espace et dans le temps, elle est généralement liée avec les climats, voir micro climat, de la grande île.

L'analyse de l'état des ressources en eau, en matière de quantité et de qualité, suite aux pressions exercées sur les différentes utilisations, et l'évaluation de l'impact sur leurs pérennités et leurs disponibilités pour les besoins futurs assurant le développement socio-économique de Madagascar, vont être effectuées. En ce qui concerne les quantités, elles se feront par le calcul du pourcentage des volumes utilisés sur les volumes exploitables et le calcul des proportions d'utilisations pour chaque secteur d'activités, tandis que pour tout ce qui se rapporte à la qualité, elles consisteront à une description des caractéristiques physico-chimiques globales rencontrées des ressources en eaux résultant des activités humaines.

II.1 ETAT DES RESSOURCES EN EAU

II.1.1 APERCU SUR LE CLIMAT DE MADAGASCAR

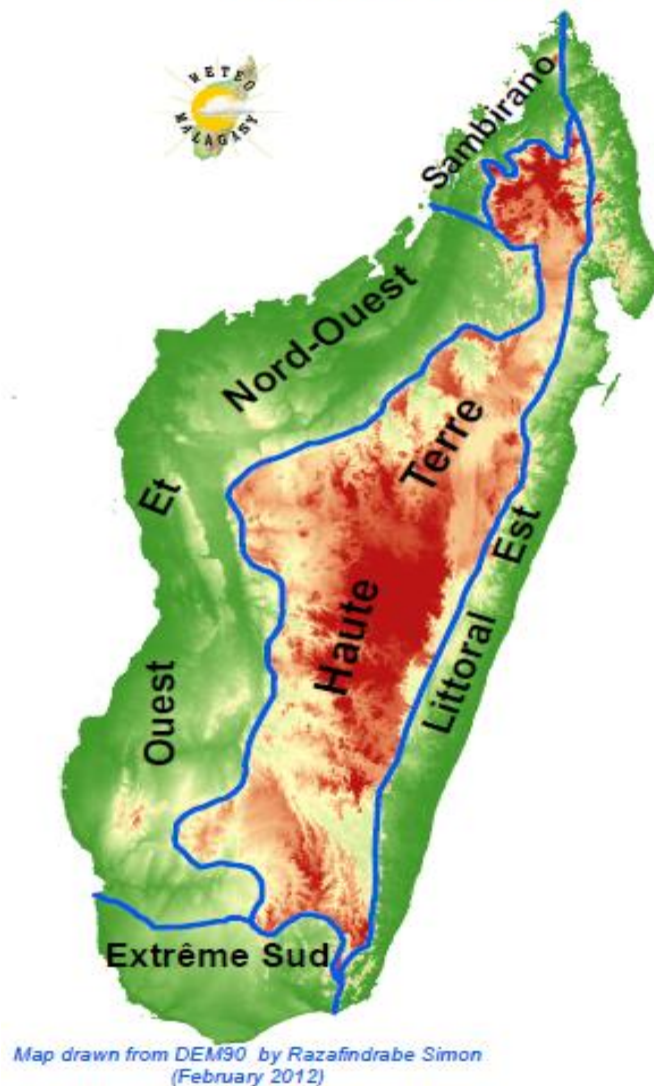
La localisation de Madagascar dans l'hémisphère sud, entre 11°57' et 25°39', dans le bassin Sud-ouest de l'Océan Indien ainsi que la diversité de forme de ses reliefs influent sur ses conditions climatiques très variées. L'Hiver et l'Eté sont les deux saisons distinctes à Madagascar. Toutefois, deux courtes inter- saisons les séparent et durent chacune un mois environ. Chacune des deux saisons a durée généralement 5 mois.

Pendant l'hiver ou la saison fraîche qui commence au mois de Mai et pris fin le mois d'Octobre, le temps à Madagascar est généré par les anticyclones mobiles passant dans le sud de l'île et se déplace d'Ouest en Est. Ces hautes pressions dirigent sur Madagascar le régime d'alizé de Sud-Est. Pendant cette saison, la partie à l'Est de la chaîne faîtière jouit d'un climat humide « au vent », tandis que la partie Ouest subit la sécheresse d'un climat « sous le vent ».

Pendant l'été ou la saison chaude, la situation est plus complexe : l'anticyclone océanique s'affaiblit et une dorsale liée à l'anticyclone d'Arabie intéresse par intermittence le Nord du Canal de Mozambique, tandis que la zone de convergence intertropicale étend son influence sur Madagascar. Le régime d'alizé devient moins régulier et des instabilités orageuses se développent presque quotidiennement dans toutes les régions. C'est au cours de cette saison que les dépressions et cyclones tropicaux peuvent se produire dans le Sud-Ouest de l'Océan et toucher Madagascar.

En général, Madagascar est subdivisé en cinq régions climatiques comme on a indiqué sur la **Carte 3**.

LES CINQS REGIONS CLIMATIQUES DE MADAGASCAR



Carte 3 : Subdivision climatique de Madagascar

Région cote Est :

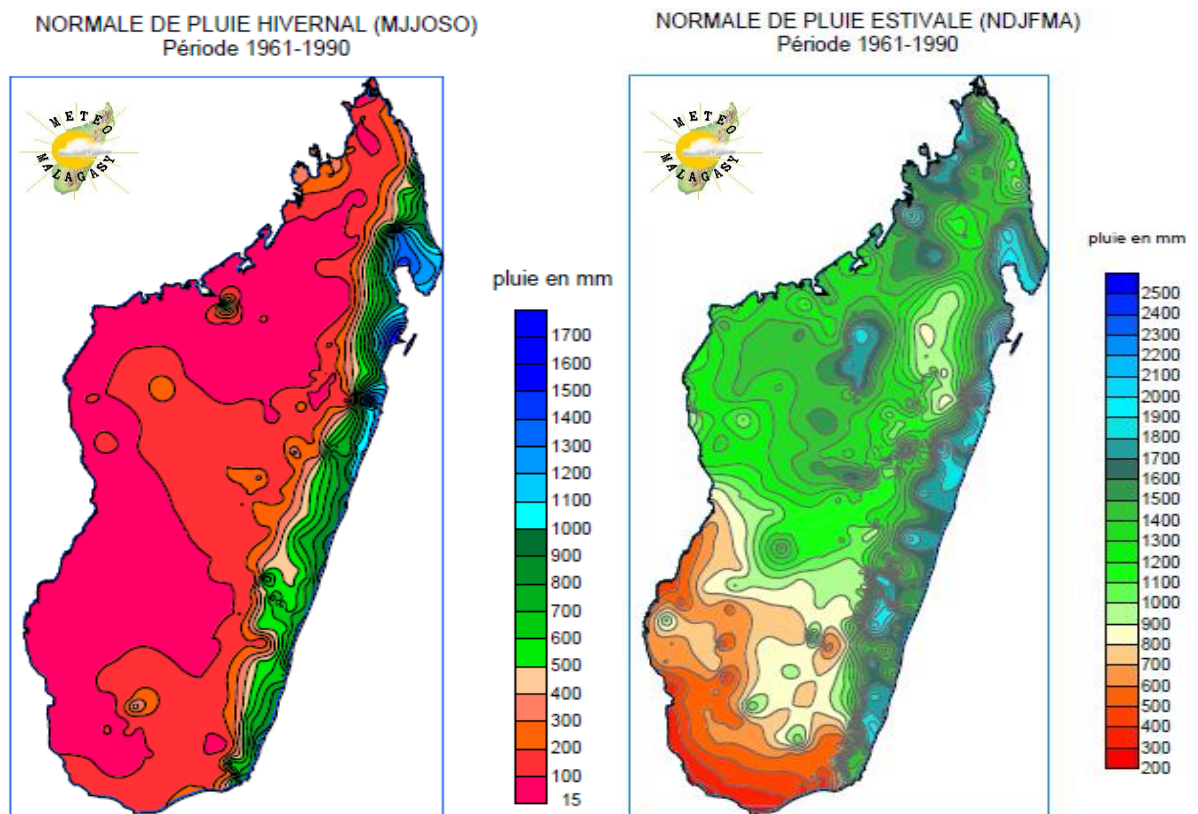
Cette région jouit le climat chaud et humide. Exposée directement aux vents d'alizés, Elle reçoit un maximum de pluie de 3700 mm et un minimum aux extrémités Nord et Sud, respectivement de 1200 mm et 1700 mm de pluies par an. Pendant l'hiver, cette région reçoive des précipitations importantes, mais Les pluies sont particulièrement abondantes du Janvier à Avril. La température annuelle moyenne est d'environ 24°C tandis que les températures extrêmes absolues sont 36.8°C et 14.6°C à Diégo-Suarez et sont 35.4°C et 8.8°C à Fort-Dauphin.

Région haute terre :

Cette région comprend l'intérieur de l'île au-dessus de 700m jusqu'à plus de 2800m d'altitude. Le climat de cette région est généralement tempéré. Vers 1200m, la température moyenne annuelle oscille de 18 à 22°. Les variations locales du climat sont très importantes suivant l'exposition et l'altitude. La hauteur de pluie varie de 1250 mm à 1900mm, pourtant dans l'Andringitra et à Tsaratanàna elle peut être plus de 2500 mm. Dans la dépression du Lac Alaotra, notablement plus chaude que les zones voisines, la hauteur annuelle est de l'ordre de 1000 mm. La saison des pluies est presque entièrement limitée d'Octobre à Avril ; néanmoins, une zone large de 50 à 100 km en

bordure de la forêt de l'Est compte de 30 à 40 jours de bruines (crachin) pendant la saison sèche.

Figure 1 : Isohyète de repartitions des pluies normales à Madagascar entre 1961 et 1990



Source : Direction Générale de la Météorologie, Antananarivo

Région Sambirano :

Le climat de cette partie de l'île est analogue à celui de la côte Est : chaud et humide avec des pluies annuelles assez abondantes 2000 mm à 2500 mm dont près de 15% tombent en hiver. Décembre à Mars sont les mois les plus pluvieux. La température annuelle moyenne est d'environ 26°C tandis que les extrêmes absolus pourraient atteindre 45°C pour le maximum et 10.5°C pour le minimum.

Région Ouest et Nord-Ouest :

Le climat de cette région est chaud et sec. La température moyenne annuelle est comprise entre 24°C et 27° C. Le maximum absolu atteint jusqu'à 40.4°C et le minimum absolu 5.1°C. La pluviosité moyenne annuelle diminue du Nord au Sud passant de 1900 mm à 340 mm. La saison sèche est particulièrement bien marquée et s'étend de Mai à Octobre. Le maximum de précipitation est observé généralement en Janvier dans la moitié Nord et en Février dans la moitié Sud de cette région.

Région Extrême sud :

Cette région est caractérisée par une grande variabilité de climat qui s'apparente à une zone semi-aride. Elle reçoit 340 mm à 750mm de pluie par an à répartition très irrégulière au cours de l'année. On peut néanmoins mettre en évidence une petite saison de pluies de durée très variable qui commence en Octobre ou en Janvier pour se terminer soit en Janvier soit au début Mai. La température moyenne annuelle de cette région est d'environ 24°C. Les températures extrêmes absolues sont 46.5° et 2°C.

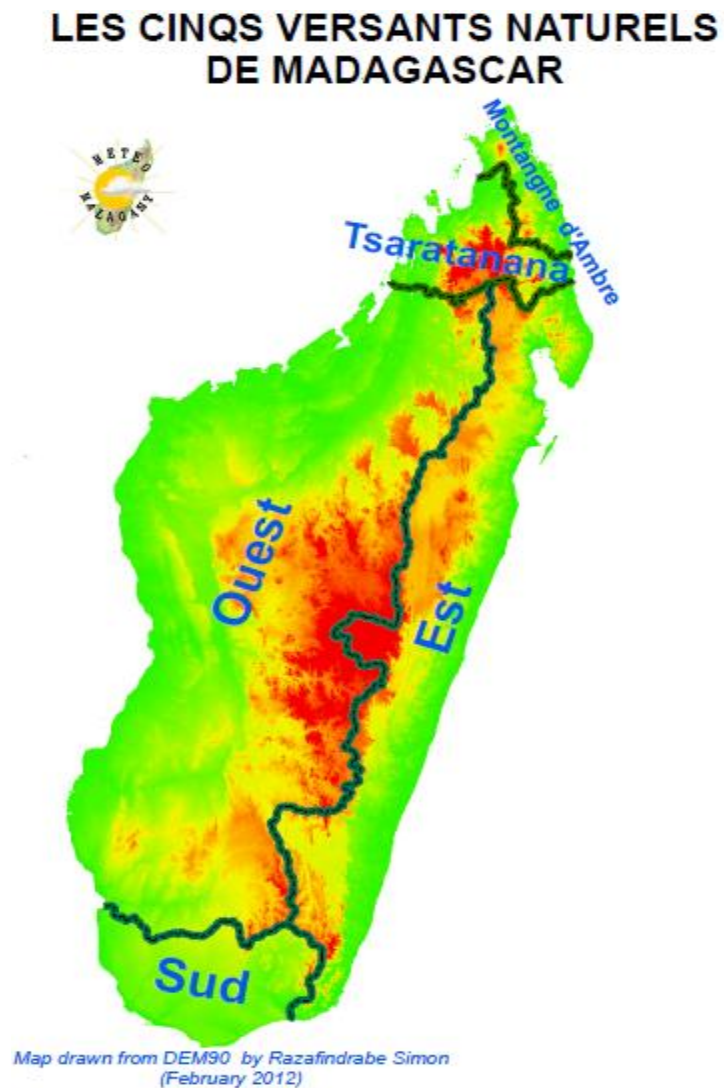
II.1.2 LES EAUX DE SURFACES

Les eaux de surfaces sont divisées en deux grandes catégories fondamentales :

- les milieux lentiques et
- les milieux lotiques.

1) BASSINS VERSANTS

Madagascar est divisé naturellement en 5 grands bassins dont les superficies sont largement inégales. En plus, ces 5 grands bassins sont liés, voir similaire, avec les régions climatiques de Madagascar comme on a montré sur la **Carte 4**. Chacun d'entre eux a son propre régime hydrologique.



Carte 4 : Délimitation des cinq grands bassins de Madagascar

➤ Versant de la montagne d'Ambre :

Ce massif volcanique est drainé par de petits torrents peu développés et sans affluents notables coulant dans des lits encombrés de blocs de basalte. Les principales rivières sur la façade est sont l'Irodo, la Saharenene et la Besokatrae et dans la façade Ouest sont la Sandrapia, l'Andranojaby, la Sahinana et l'Antsandrotana. L'ensemble des versants représente 11 200 km² environ, soit 1.8% de la superficie de l'île.

➤ Versant de Tsaratanana:

Les cours d'eau affectent un dispositif rayonnant autour des sommets puis se dirigent à l'Est vers l'Océan Indien et à l'Ouest, vers le canal de Mozambique. Les pentes sont fortes (30km à 40km) mais au contact des formations sédimentaires. Les principaux cours d'eau sont la Mahavavy avec un seul affluent notable (Atsiatsia), le Sambirano grossi de la Ramena, le Maevarano qui se jette dans la baie de la LOZA, la branche mère de la Sofia qui se dirige d'abord vers le Sud et enfin la Bemarivo et Lokoho. L'ensemble des versants représente environ 20.000km², soit 3.3% de la superficie de l'île

➤ Versant Est (Oriental)

Les cours d'eau sont en majorité d'assez faible longueur et présentent des profils très accentués avant de divaguer, sur l'étroite pleine côtière, jusqu'au cordon dunaire limitant le canal des Pangalanes, parallèle à la côte. Les principaux cours d'eau sont l'Ivondro, la Rianala, grossi de la Vohitra, de l'Iaroka et de la Rongaronga, la Mananjary, grossi de l'Ivoanana, le Namorona, le Faraony, la Matitanana et la Manampatrana. Trois cours présentent une disposition particulière : le Maningory issu de l'exutoire du lac Alaotra, le Mangoro avec son principal affluent l'Onive, la Mananara Sud formé de la réunion de l'Ionaivo, de l'Itomampy et de la Menarahaka. Dans le nord ou les cours d'eau se jettent dans ou à proximité de la baie d'Antongil sont : la Ranofotsy, l'Antainambalana, la Rantabe et la Mananara nord. L'ensemble du versant représente environ 150.000km² soit 25.2% de la superficie de l'île.

➤ Versant Sud (Méridional)

Il regroupe les cours d'eau issus de l'extrémité sud et se dirigeant vers la côte méridionale de Madagascar. Ce sont le Mandrare, grossi du Manombolo et de la Mananara, la Manambovo, la Menarandragrossi de la Manantanana et de la Menakompy, la Linta. L'ensemble du versant Représente environ 48.800km² soit 8.2% de la superficie de l'île.

➤ Versant Ouest (Occidental)

C'est le plus développé. Il regroupe les plus grands fleuves malgaches dont les bassins présentent une forme triangulaire dont la base se situe sur les hautes terres et dont le sommet s'appuie sur le littoral du canal de Mozambique. Les grands fleuves sont :

- Le Sofia avec principaux effluents : Mangarahara, Anjobony, Bemarivo
- La Mahajamba
- Le Betsiboka, grossi de la Mananara et de l'Isinko. Son principal affluent est l'Ikopa.
- La Mahavavy sud
- Le Tsiribihina avec principaux affluents : Sakeny, Mahajilo-kitsamby, Mangoky
- Le Mangoky formé de la réunion de rivières Zomandao grossi de l'Ihosy, de la Manantanana et la Matsiatra.
- L'Onilahy constitué de la réunion de l'Isoanala, de l'Ihazofotsy, de la Mangoky et de l'Imaloto.

L'ensemble du versant représente environ 365 000 km² soit 61.3 % de la superficie de l'île.

La quantité d'eau douce dans certains sous bassins versants de Madagascar

La quantité d'eau douce écoulee disponible à Madagascar varie d'une région à l'autre suivant les caractéristiques du bassin hydrographique qui comprennent :

- Caractéristiques physiques
- Caractéristiques liés aux réseaux hydrographiques
- Caractéristiques liés l'agro-pédo-géologie

En plus, elle varie en fonction du climat de la région suivant **Figure .**

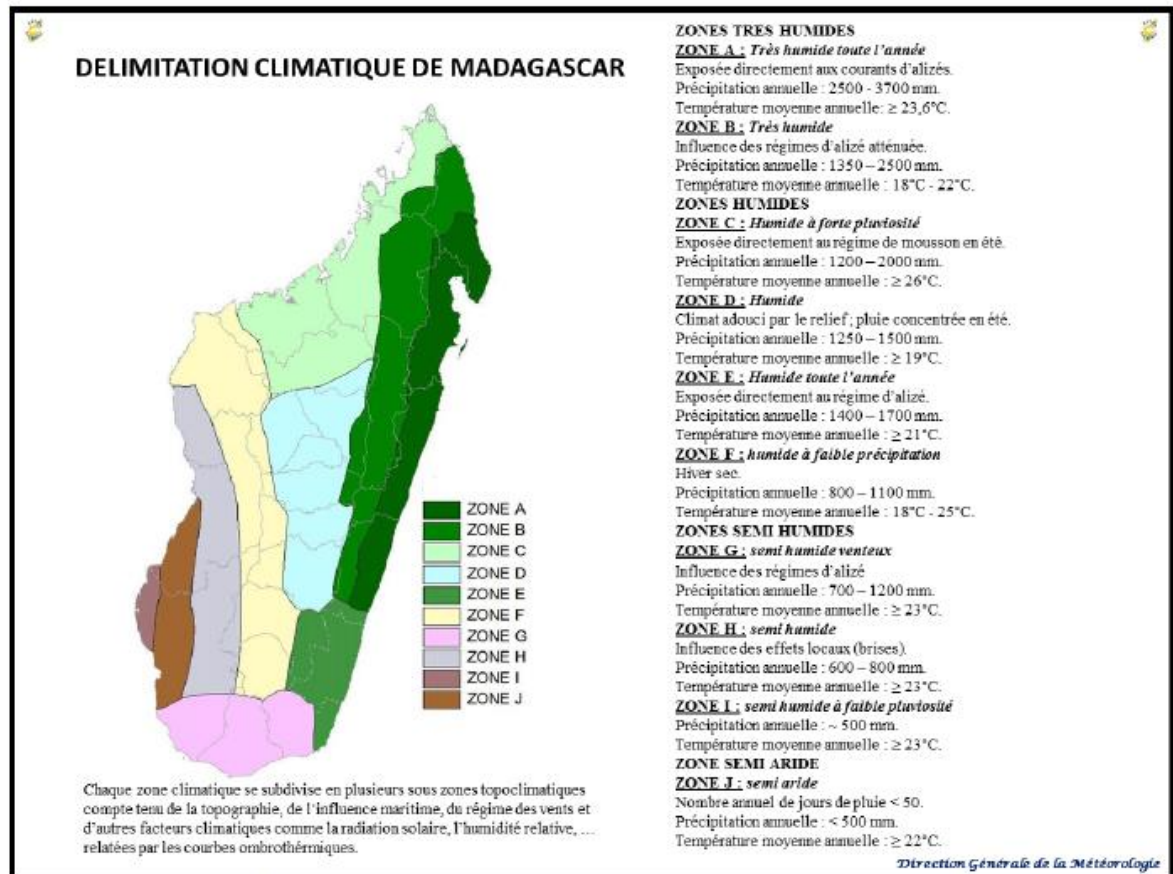


Figure 2 : Carte Topo climat de Madagascar

La présente évaluation concerne la quantité d'eau douce passée à l'exutoire de sous bassin hydrographique. Cette quantité est composée des eaux ruisselées en période de pluie et des eaux souterraines qui alimentent constamment les réseaux par l'intermédiaire des sources. Une série des données des débits moyens annuels, au moins 10 ans d'observation consécutive, ont été utilisé pour estimer la quantité d'eau disponible dans le sous bassin versant. On a utilisé les données dans la Banque des Données Hydrologiques de Madagascar (BDHM), disponibles au Service de l'Hydrologie à la Direction Générale de la Météorologie. Notons que différentes données sont disponibles à la BDHM, entre autre : les débits moyens journaliers, les débits instantanés (maximal et minimal journalier), qui peuvent être transformé en données mensuelles et annuelles. Le **Tableau 12** montre la quantité d'eau moyenne annuelle disponible et écoulee à l'exutoire de sous bassin hydrographique. On a estimé la quantité d'eau annuelle à partir du débit moyen annuel. Pour le cas de Sambirano à Ambanja par exemple. Le débit moyen annuel, $Q_{ma} = 132.91 \text{ m}^3/\text{s}$, est calculé à partir d'une série des données de 19 ans d'observation consécutive. La quantité disponible par an est donc

$$Q_{an} = 132.91 * 60 * 60 * 365 = 4\ 191\ 300\ 379 \text{ m}^3$$

Tableau 12 : Quantité d'eau écoulee à l'exutoire dans certains sous bassin hydrographique de Madagascar

Sous bassin versant	Superficie (km ²)	Exutoire	Longitude	Latitude	Quantité d'eau disponible (m ³ /an)
Betsiboka	11 800	Ambodiroka	46°56'55"E	16°55'20" S	8 969 364 000
Ikopa	18 645	Antsatrana	46°52'33"E	17°25'04"S	14 676 854 400
Sambiano	2 830	Ambanja	48°28'00"E	13°41'00"S	4 191 300 379
Mangoky	53 810	Bevoay	43°52'18"E	21°50'10"S	18 180 504 000
Tsiribihina	45 014	Betomba	44°58'00"E	19°42'00"S	33 116 913 391
Onilahy	27 815	Tongobory	44°19'00"E	23°21'00"S	3 794 175 000
Menarandra	5 328	Tranoroa	45°04'00"E	24°42'00"S	809 615 127
Manambovo	2 712	Tsihombe	45°30'00"E	25°18'00"S	144 883 023
Mandrare	12 435	Amboasary	46°22'38.41"E	25° 2'24.07"S	2 212 187 328
Ivondro	2 580	Ringaringa	49°15'00"E	18°10'00"S	3 515 852 661
Morondava	4 638	Dabara	44°51'22.02"E	20°27'31.02"S	1 695 936 000
Rianila	5 996	Brickaville	48°56'51.96"E	18°58'54.73"S	11 144 034 000
Mangoro	3 600	Mangoro Gare	48° 6'51.39"E	18°52'42.06"S	2 961 821 700
Mananjeba	1 140	Marivovonana	49°07'00"E	13°05'00"S	754 761 600
Mahavavy Nord	3 210	Niveau canal GR	49° 3'0.04"E	13°12'4.80"S	2 972 793 600
Maevarano	2 585	Ambodivohitra	48°32'00"E	14°36'00"S	1 386 883 200
Maningory	6 855	Andromba	48°38'20"E	17°24'10"S	2 906 042 400
Onive	3 225	Tsinjoarivo	47°40'9.18"E	19°37'53.61"	2 416 870 523
Mananjary	2 260	Antsindra	47°43'38.28"E	20°59'3.17"S	4 207 352 914
Faraony	2 005	Vohilava	47°56'37.05"E	21°46'45.10"S	4 078 393 200
Mananara Sud	14 160	Marangaty	46°58'24.71"E	22°56'27.47"S	7 306 891 200
Efaho	196	Fanjahira	46°53'46"E	24°54'36"S	381 769 560
Sofia	4 100	Antafiantsalana	48°37'55.42"E	15°29'1.96"S	2 171 516 400

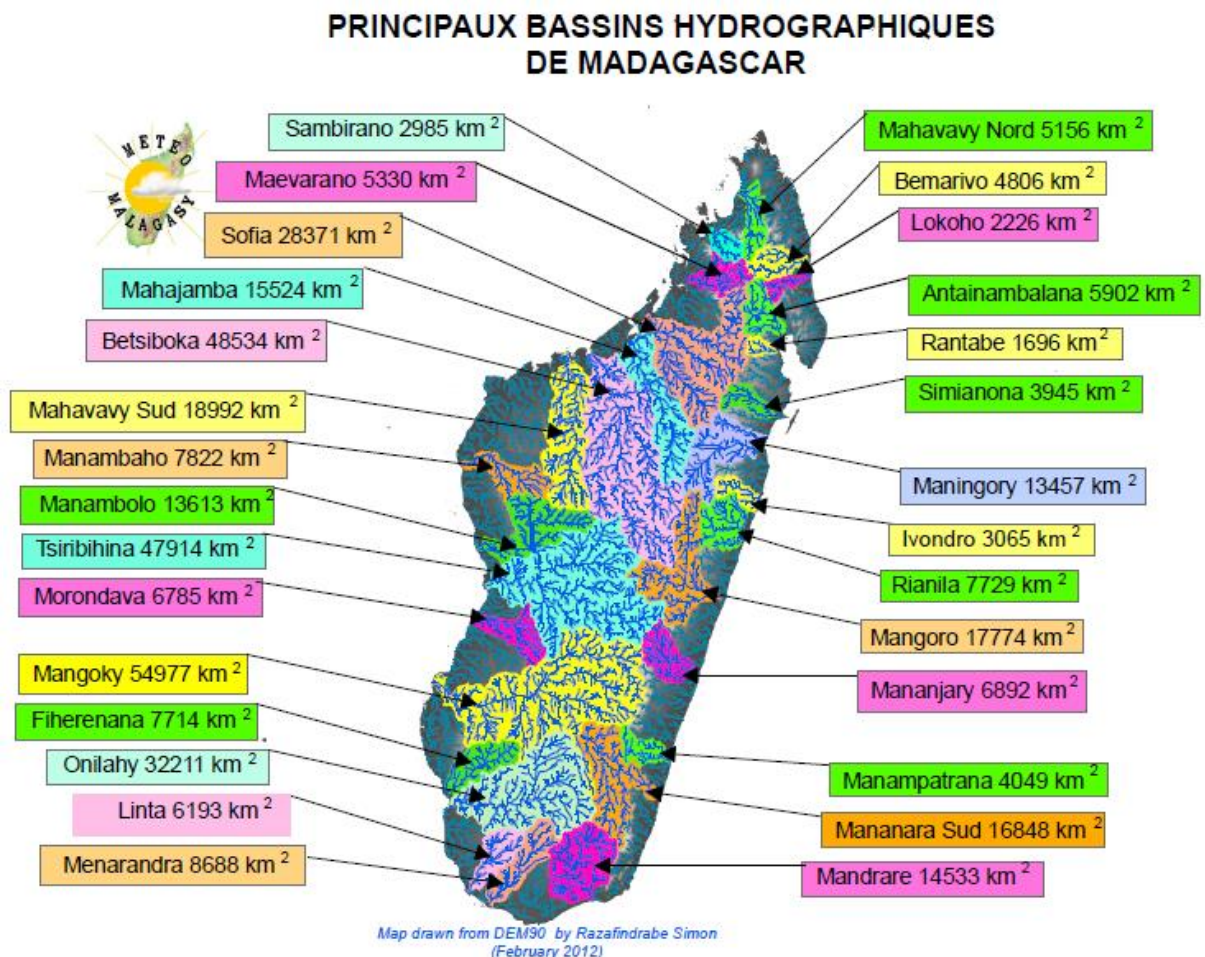
Les 23 bassins hydrographiques indiqués dans le **Tableau 12** disposent **133 996 715 607 m³**d'eau douce par an. La surface totale de ces sous bassins versants mesure **236 939 km²**, soit **40.34 %** de la superficie de Madagascar.

La comparaison des Eaux disponibles dans les deux sous bassins Ivondro à Ringaringa et Maevarano à Ambodivohitra, ils ont même superficie, montre l'abondance de l'eau dans le versant Est. Dans le sud, le petit bassin versant Ifaho à Fanjahira (196 km²) dispose 2.6 fois d'eau par rapport à la Manambovo à Tsihombe qui mesure 2712 km².

Les analyses réalisées dans les 4 sous bassins sus mentionnés justifient l'impact du climat sur les ressources en eau.

2) FLEUVES ET RIVIERES (Milieux lotiques)

Les milieux lotiques correspondent aux milieux d'eau courante tels les fleuves, les rivières et les ruisseaux. Le réseau hydrographique de Madagascar couvre une longueur totale de plus de 3000 km si l'on ne prend en compte que des fleuves et des rivières ayant des largeurs supérieures à 10 m. Les principaux fleuves et rivières de Madagascar sont montrées sur la **Carte 5**.



Carte 5 : Principaux fleuves et rivières de Madagascar

- **REGION AT SINANANA :**

Type (fleuve ou rivières)	Longueur (km)	Période de crue	Période d'été	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
Ivondro	150	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Huile usagée, hydrocarbure
Ivoloina	90	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Huile usagée, hydrocarbure
Onibe	180	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Déchets fécaux
Ifontsy	87	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Déchets fécaux
Namandrahana	59	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Déchets fécaux
Fanifarana	78	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Déchets fécaux
Pangalana	50	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Huile usagée, hydrocarbure

Type (fleuve ou rivières)	Longueur (km)	Période de crue	Période d'été	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)
Rianila	134	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Pangalane	76	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Rongaronga	46	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement

Type (fleuve ou rivières)	Longueur (km)	Période de crue	Période d'été	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)
Sandramanongy	20	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Iaroka	50	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Sakanila	13	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Pangalanes	55	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Manampontsy	15	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Manandra	18	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement

Vatana	12	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement
Manambolo	05	Février, mars	Août – décembre	

Type (fleuve ou rivières)	Longueur (km)	Période de crue	Période d'été	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
Mangoro	60	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Huiles usagées, hydrocarbures
Lohariana	110	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	
Manandra	87	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	
Sahantsio	124	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	
Pangalanes	58	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Huiles usagées, hydrocarbures
Masora	94	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	Huiles usagées, hydrocarbures
Lokia	80	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	
Imerina	97	Février, mars	Août – décembre	changement de lit, tarissement et ensablement	

Type (fleuve ou rivières)	Période de crue	Période d'été	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
Manampontsy	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Sandrakentina	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Saïman	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Manandra	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Vatana	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales

Type (fleuve ou rivières)	Longueur (km)	Période de crue	Période d'étiage	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
Mangoro	69	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Onive	50	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Nosivolo	46	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Ranomintina	-	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales
Sandranambana	97	Février, mars	Août – décembre	tarissement	Déchets fécales

• **REGION AMORON'I MANIA :**

Type (fleuve ou rivières)	Longueur (km)	Période de crue	Période d'étiage	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
Maintinandry (à l'Est)	87	Décembre à Mars	Septembre à Novembre	tarissement ou ensablement	Non déterminée
Matsiatra (au Sud)	25	Janvier à Mars	Septembre à Décembre	tarissement ou ensablement	Non déterminée
Mania (au Nord)	200	Décembre à Mars	Septembre à Novembre	tarissement ou ensablement	Non déterminée

• **REGION BONGOLAVA :**

Type (fleuve ou rivières)	Longueur	Période de crue	Période d'étiage	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
BARRAGE D'AMBOHIBY	15.20m	Menace de phénomène de boue rouge	Diminution du débit d'eau brute produite	Ensablement en période crue	A protéger contre les activités polluantes en amont de la ressource en eau.

• **REGION VATOVAVY FITOVINANY :**

Type (fleuve ou rivières)	Longueur	Période de crue	Période d'étiage	Etat actuel (changement de lit, tarissement ou ensablement)	Pollution : (déversement des substances polluantes ou non)
Sakaleona (Riv°)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Sahavato (Riv)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Fanatarana (Riv)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Imana(Riv)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Mananjary (Fl)	212 km	Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Namorona (Riv)	103 km	Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Faraony (Fl)	150km	Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Ionilahy (Riv)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Sandrananta (Riv)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Matatana (Fl)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées
Manakara (Riv)		Janv-fév-mars	Sept-oct-nov	Ensablé à de cause dégradation de bassin versant	Matières fécales, eaux usées

3) LACS (Naturels et Artificiels) (Milieux lenticques) :

Ce sont des milieux d'eaux stagnantes ou dormantes avec plus de variantes par rapport aux milieux lotiques. Ils sont constitués par les lacs, les lagunes, les marais, les marécages, les étangs et les tourbières.

Les principaux plans d'eau douce stagnante sont formés essentiellement par les lacs **continentaux** et les lacs **littoraux**, ils occupent une superficie totale d'environ **2000km²**. Il y a environ **1300 lacs** (avec les lagunes) recensés sur le territoire malgache. Les principaux lacs littoraux sont localisés dans la région orientale de l'île. Il s'agit d'un chapelet de lacs réunis par des canaux artificiels qui constitue tout au long de la côte, sur une distance de plus de 600 km, le canal des Pangalanes.

Lacs tectoniques sont dus à des accidents tectoniques, se présentant généralement sous forme de failles, comme le cas du lac Alaotra (220 km). Ce type de lac est généralement de forme allongée.

Lacs de plaines sont localisées surtout dans la partie Ouest de Madagascar. Ils sont caractérisés par leur faible profondeur et se rencontrent dans des zones où le drainage est mal assuré ; Leur superficie varie suivant les saisons (saison sèche et saison de pluie). Cas des lacs Bemamba, Bemarivo, Kimanomby, Iboboka, Hima, ...)

Lacs volcaniques sont des lacs formés dans des cratères. Ils sont généralement de forme arrondie ou ovale, de superficie relativement faible et de profondeur souvent élevée. Ils forment plusieurs chapelets dans des zones volcaniques. Cas des lacs du moyen ouest (Itasy, Andranotoraha, Amparihikisoa, ...), de la montagne d'Ambre (Grand lac, petit lac, ...) de la région du Vakinankaratra (Tritriva, Andraikiba...), Nosybe (avec 12 petits lacs).

Tableau 13 Les principaux lacs continentaux de Madagascar

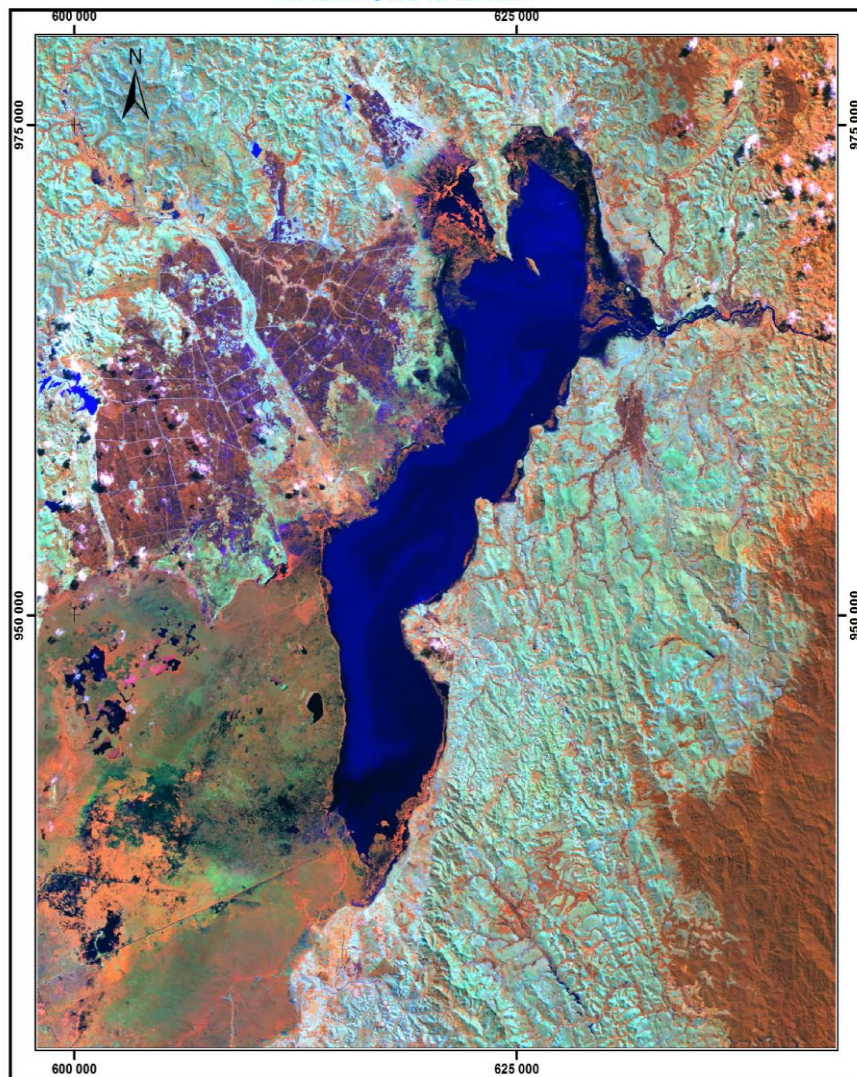
Lacs	Région	Superficies (km2)
Alaotra	Alaotra Mangoro	220
Kinkony	Boeny	139
Anketraka (Nord de Mandrozo)	Sofia	124,38
Ihotry	Atsimo Andrefana	97
Itasy	Itasy	35
Tsimanapetsotsa	Atsimo Andrefana	30
Mahajery	Alaotra Mangoro	20,16
Bemamba	Melaky	16
Mandrozo	Melaky	14,71
Mantasoa	Analamanga	17,8
Tsiazompaniry	Analamanga	32,7

Source : ONE

Les lacs de barrage naturel sont piégés dans des vallées ou des bas-fonds par de vastes éboulis ou alluvions. Cas du lac Ihotry et du lac Kinkony.

Lacs et réservoirs d'eau artificiels sont des lacs aménagés à des fins hydroélectriques (Mantasoa, Tsiazompaniry, ...), pour l'irrigation des zones agricoles comme dans la région de Marovoay, ou pour l'approvisionnement en eau des villes comme le lac de Mandroseza.

LAC ALAOTRA AMBATONDRAZAKA



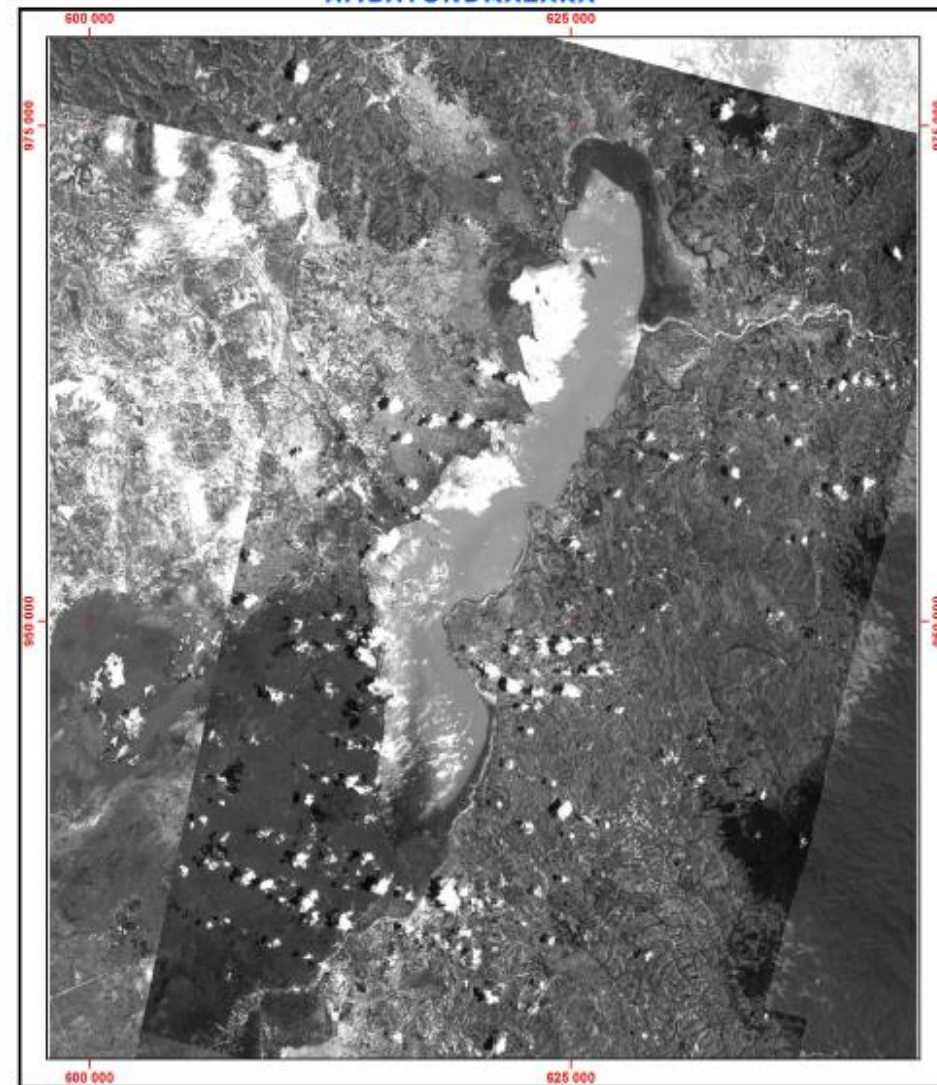
2.5 1.25 0 2.5 5
 Kilometers

Extrait d'image satellitale LANDSAT 5TM
 Date d'acquisition de l'image: 24 Mars 2005
 Projection Laborde
 Carte réalisée par FTM
 Octobre 2015



Lac Alaotra en 2005

LAC ALAOTRA AMBATONDRAZAKA



2.5 1.25 0 2.5 5
 Kilometers

Extrait d'image satellitale Spot 5 fournie
 par CNES et SEAS-OI.
 Date d'acquisition de l'image: 2012.
 Projection Laborde
 Carte réalisée par FTM
 Octobre 2015



Lac Alaotra en 2015

Tableau 14 Les principaux plans d'eau artificiels

Nature / utilisation du plan d'eau artificiel	Localisation / Région
Barrages hydroélectriques	<ul style="list-style-type: none"> - Mantasoa (17,8 km²), Région d'Analamanga - Tsiazompaniry (32,7 km²), Région d'Analamanga - Antelomita dans la région d'Analamanga ; - Andekaleka et Mandraka dans la région Est ; - Namorona dans la région de Vatovavy Fitovinany
Irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - Dans la cuvette d'Alaotra et les plaines d'Andilamena (Sahamaloto, Antanifotsy, Maromandia, Bemaitso, Ambodovato), - Dans la région de Marovoay (Amboromalandy, Ampijoroa...), - Dans la région de Manakara (réseau des marais d'Ambila) - Dans la région d'Antananarivo (lac d'Ambohibao)



Lac Mantasoa Photo

Source : MEFT-Noasilalao

4) Les marais d'eau douce et les marécages

Ils sont constitués par des espaces où s'accumulent d'une manière plus ou moins permanente des masses d'eaux peu profondes provenant de nappes phréatiques, de sources, de ruisseaux ou d'eau de ruissellement. Ces marais et marécages occupent une place importante parmi les zones humides en raison de leur grand nombre et de leur superficie.

II.1.3 LES EAUX SOUTERRAINES

1) Hauts Plateaux à pluviométrie élevée (parties nord et centre)

Nappes d'alluvions : lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captive ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-20m ; épaisseur d'aquifère : environ 10 m ; qualité de l'eau : eau douce, forte teneur en fer ; débit spécifique : 3 à 6 l/sec/m

Nappes d'arènes : lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 4-15m ; épaisseur d'aquifère : environ 5 m ; qualité de l'eau : eau douce, faible minéralisation ; débit spécifique : 0,2 – 0,5 l/sec/m

Nappes de fissures : lithologie : socle cristallin ; type de porosité : fissuré ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-20m ; épaisseur d'aquifère : environ 10 m ; qualité de l'eau : eau douce, faible minéralisation ; débit spécifique estimé à 0,8 à 1,4 l/sec/m

Nappes des terrains volcaniques Quaternaire : lithologie : projections volcaniques : (cinérites) ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-20m ; épaisseur d'aquifère : environ 10 m ; qualité de l'eau : faible minéralisation ; débit spécifique estimé à 2 à 5 l/sec/m.

2) Hauts Plateaux à faible pluviométrie (partie sud)

Nappes d'alluvions : lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captive ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-10m ; épaisseur d'aquifère : environ 5 m ; qualité de l'eau : eau saumâtre à salée ; forte teneur en fer ; débit spécifique : 1 à 5 l/sec/m.

Nappes d'arènes : lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 1-2m ; profondeur d'ouvrage : 4-5m ; épaisseur d'aquifère : environ 2 m ; qualité de l'eau : eau douce ; faible minéralisation ; débit spécifique : 0,2 – 0,5 l/sec/m.

Nappes de fissures : lithologie : socle cristallin ; type de porosité : fissuré ; type de nappe : libre ; niveau statique 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-20m ; épaisseur d'aquifère : environ 10 m ; qualité de l'eau : eau douce ; parfois saumâtre à salée ; débit spécifique estimé à 0,8 à 1,4 l/sec/m.

3) Bassin sédimentaire de l'Extrême Sud

Nappes d'alluvions : lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captive ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 20 m ; épaisseur d'aquifère : environ 5 m ; qualité de l'eau : eau saumâtre à salée ; forte teneur en fer ; débit spécifique : 1 à 5 l/sec/m.

Nappes des sables blancs de Beloha : lithologie : sables argileux fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-10 m ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : douce ; mais chargée en argile fine en suspension ; débit spécifique : 0,2 l/sec/m.

Nappes des sables blancs d'Ambondro : lithologie : sables argileux fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-10 m ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : douce ; mais chargée en argile fine en suspension ; débit spécifique : 0,2 l/sec/m.

Nappes des sables côtiers et dunes récentes : lithologie : sables fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 1-5 m ;

épaisseur d'aquifère: 1-3 m ;qualité de l'eau : saumâtre à salée ; débit spécifique : 0,4 à 2,6 l/sec/m

Nappes du Quaternaire moyen d'Ambovombe ; lithologie : sables argileux fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 5-10 m ; profondeur d'ouvrage : 10 à 20 m ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : saumâtre ; débit spécifique : 0,04 à 0,55 l/sec/m.

Nappes du Quaternaire ancien ; sables argileux fins;type de porosité : poreux; type de nappe : libre; niveau statique : 5-10 m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 1 à 10 m ; qualité de l'eau : saumâtre ; débit spécifique : 0,04 à 0,55 l/sec/m.

Nappes du Néogène ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : saumâtre à salée ; débit spécifique 0,019 à 1,55 l/sec/m.

Nappes de fissures lithologie : socle cristallin ; type de porosité : fissuré ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 5-20m ; épaisseur d'aquifère : environ 10 m ; qualité de l'eau : eau douce ; parfois saumâtre à salée ; débit spécifique estimé à 0,8 à 1,4 l/sec/m.

4) [Bassin sédimentaire de Toliary](#)

Nappes d'alluvions ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captive ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 20 m ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 10 m ; qualité de l'eau : eau douce ; bicarbonatée calcique ; débit spécifique : 1 à 5 l/sec/m.

Nappes des sables de plage ; lithologie : sables fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 1-5 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre ; parfois salée ; débit spécifique : 0,4 à 2,6 l/sec/m.

Nappes des sables argileux supérieurs ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 10-15 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre ; parfois salée ; débit spécifique : 0,6 à 1 l/sec/m

Nappes du Quaternaire ancien ; lithologie sables argileux fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 5-10 m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 1 à 10 m ; qualité de l'eau : saumâtre ; débit spécifique : 0,04 à 0,55 l/sec/m.

Nappes du Néogène ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : saumâtre à salée ; débit spécifique : 0,019 à 1,55 l/sec/m.

Nappes de l'Eocène ; lithologie : calcaire ; type de porosité : karstique ; type de nappe : libre ; niveau statique :5-10m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 100 ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 1,8 à 68 l/sec/m

Nappes du Crétacé lithologie : grès sableux ; parfois grès calcaire ; parfois basalte type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ou captif ou artésien selon la structure géologique ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique 1 à 14 l/sec/m.

Nappes du Jurassique moyen ; lithologie : calcaire ; type de porosité : karstique ; type de nappe : libre ou captif ou artésien à grande profondeur ; selon la structure géologique ; nappe rencontrée dans le forage pétrolier artésien de Manera (860 m³/h à 428 m).

Nappes de l'Isalo ; lithologie : sable – gréseux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ou captif ou artésien selon la structure géologique ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; niveau statique : 15-20 m ; épaisseur d'aquifère:50 m ;qualité de l'eau: douce; débit environ jusqu'à 6 l/sec.

5) Bassin sédimentaire de Morondava :

Nappes d'alluvions ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captif ou artésien selon la structure géologique ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 20 m ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 10 m ; 5 m ; qualité de l'eau : eau douce ; bicarbonatée calcique ; débit spécifique : 1 à 5 l/sec/m.

Nappes des sables de plage ; lithologie : sables fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 1-5 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre, parfois salée ; débit spécifique :0,4 à 2,6 l/sec/m

Nappes des sables argileux supérieurs ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 10-15 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre ; parfois salée ; débit spécifique : 0,6 à 1l/sec/m

Nappes du Quaternaire ancien ; lithologie sables argileux fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 5-10 m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 1 à 10 m ; qualité de l'eau : saumâtre ; débit spécifique : 0,04 à 0,55 l/sec/m.

Nappes du Néogène ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :2-3m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : saumâtre à salée ; débit spécifique : 0,019 à 1,55 l/sec/m.

Nappes de l'Eocène supérieur : lithologie : calcaire ; type de porosité : karstique ; type de nappe : libre ; niveau statique :5-10m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 100 ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 1,8 à 68 l/sec/m.

Nappes de l'Eocène inférieur ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique :5-10m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 200 m ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique :0,5 à 15 l/sec/m

Nappes du Crétacé lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : artésien ; profondeur d'ouvrage : 50 à 300 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m-100m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 1 à 14 l/sec/m ; débit artésien de 14 à 19 l/s aux environs de Dabara.

Nappes du Jurassique moyen ; lithologie : grès marneux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 20m ; profondeur d'ouvrage : 100-150 ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 1 à 5 l/sec/m

Nappes de l'Isalo ; lithologie : sables - gréseux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; peut-être artésien ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 0,5l/sec.

6) Bassin sédimentaire de Mahajanga :

Nappes d'alluvions ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captif ou artésien selon la structure géologique ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 20 m ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 10 m ; 5 m ; qualité de l'eau : eau douce ; bicarbonatée calcique ; débit spécifique : 1 à 5 l/sec/m.

Nappes des sables de plage ; lithologie : sables fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 1-5 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre, parfois salée ; débit spécifique : 0,4 à 2,6 l/sec/m.

Nappes des sables argileux supérieurs ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 10-15 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre, parfois salée ; débit spécifique : 0,6 à 11 l/sec/m

Nappes du Néogène ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 1-5 m ; qualité de l'eau : saumâtre à salée ; débit spécifique : 0,019 à 1,55 l/sec/m.

Nappes de l'Eocène ; lithologie : calcaire ; type de porosité : karstique ; type de nappe : libre ; niveau statique : 5-10m ; profondeur d'ouvrage : 50 à 100 ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 1,8 à 68 l/sec/m

Nappes du Crétacé supérieur (Grès de Marovoay) ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : artésien ; profondeur d'ouvrage : 50 à 300 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m-100m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique 1 à 14 l/sec/m, débit artésien de 36 l/sec.

Nappes du Crétacé moyen et inférieur ; lithologie : grès sableux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : artésien ; profondeur d'ouvrage : 50 à 300 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m-100m ; qualité de l'eau : douce ; agressive et ferreuse ; débit artésien de 5 à 60 l/sec.

Nappes du Jurassique ; Le calcaire karstifié se rencontre dans le massif calcaire de KELIFELY et de l'ANKARA. Cette nappe n'a pas encore été étudiée.

Nappes de l'Isalo ; lithologie : sables – gréseux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; peut-être artésien ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 0,5 l/sec.

7) Bassin sédimentaire d'Antsiranana

Nappes d'alluvions ; lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captif ou artésien selon la structure géologique ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 20 m ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 10 m ; 5 m ; qualité de l'eau : eau douce ; bicarbonatée calcique ; débit spécifique 0,2 à 2 l/sec/m

Nappes des sables de plage ; lithologie : sables fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 1-5 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre ; parfois salée ; débit spécifique : 0,4 à 2,6 l/sec/m

Nappes des terrains volcaniques Quaternaire ; lithologie : basalte ; type de porosité : fissuré ; type de nappe : libre ; débit environ 25 m³/h

Nappes du Jurassique ; Le calcaire karstifié se rencontre dans le massif calcaire de l'ANKARANA et de l'ANALAMERA. Cette nappe n'a pas encore été étudiée.

Nappes de l'Isalo ; lithologie : sables – gréseux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; peut-être artésien ; profondeur d'ouvrage : 50 à 150 m ; épaisseur d'aquifère : 50 m ; qualité de l'eau : douce ; débit spécifique : 0,5l/sec.

8) Bassin sédimentaire de la côte Est

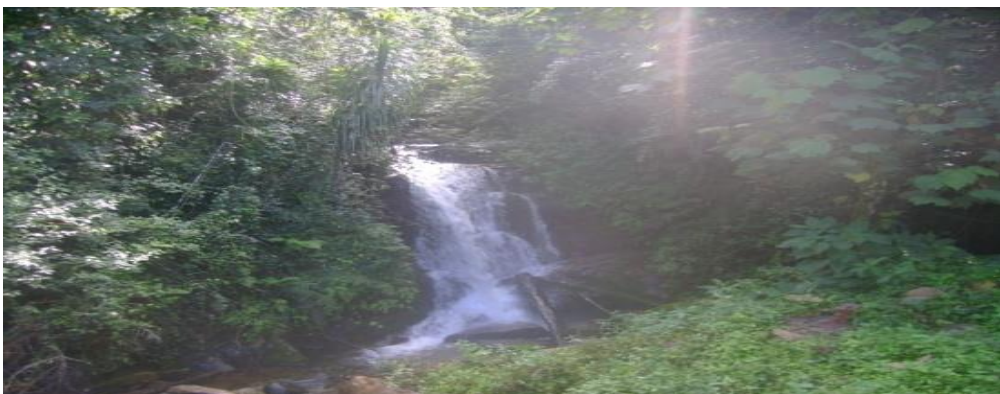
Nappes d'alluvions : lithologie : sables argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captif ou artésien selon la structure géologique ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 20 m ; épaisseur d'aquifère : jusqu'à 10 m ; qualité de l'eau : eau douce, risque d'invasion d'eau salée ; débit spécifique : 2-5 l/sec/m

Nappes des sables de plage ; lithologie : sables fins ; type de porosité : poreux ; type de nappe : libre ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : 1-5 m ; épaisseur d'aquifère : 5 à 10 m ; qualité de l'eau : douce à saumâtre ; parfois salée ; débit spécifique : 0,4 à 2,6 l/sec/m

Nappes du Crétacé ; lithologie : grès argileux ; type de porosité : poreux ; type de nappe : captif ; niveau statique : 2-3m ; profondeur d'ouvrage : jusqu'à 40 m ; épaisseur d'aquifère : 10-20 m ; qualité de l'eau : eau très riche en fer ; débit spécifique 0,18 l/sec/m

II.1.4 EAUX THERMOMINERALES

On trouve quelques Sites thermales dans les régions de Vakinankaratra (Antsirabe), de Vatovavy Fitovinany (Ranomafana), d'Atsimo : Andrefana (Bezaha), de Melaky (Besalampy) et d'Itasy.



Photos: *Ranomafana- Photo Source: MEEFT - Noasilalao – 2007*

BILAN HYDROLOGIQUE DE MADAGASIKARA (ZONE NORD)

LEGENDE

▼ Station météorologique

□ Limite côtière

I= Infiltration (mm)

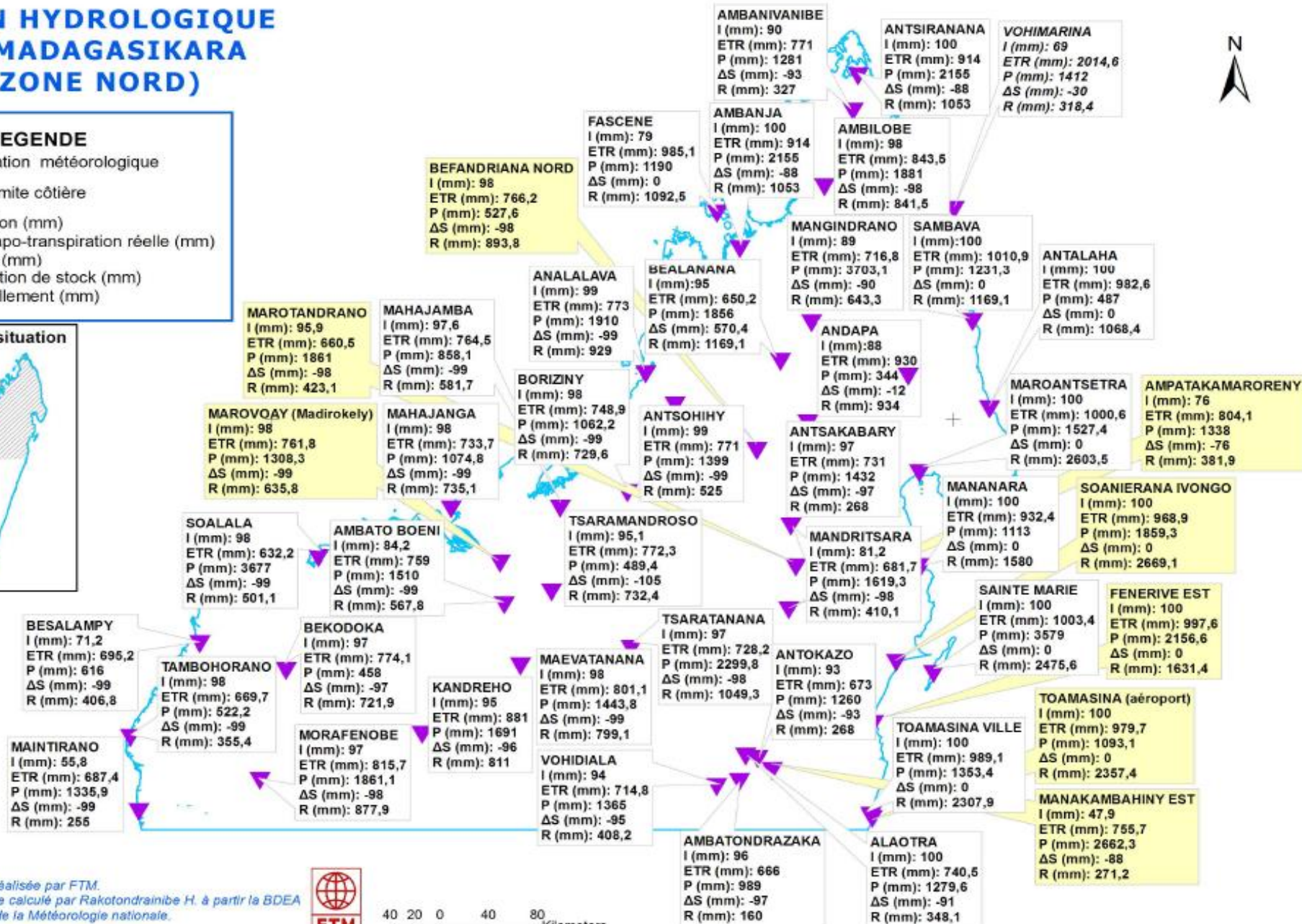
ETR= Evapo-transpiration réelle (mm)

P= Pluies (mm)

ΔS= Variation de stock (mm)

R= Ruissellement (mm)

Carte de situation



Carte conçue et réalisée par FTM.
Bilan hydrologique calculé par Rakotondrainibe H. à partir la BDEA
du Département de la Météorologie nationale.
Octobre 2015



40 20 0 40 80 Kilomètres

BILAN HYDROLOGIQUE DE MADAGASIKARA (ZONE SUD)

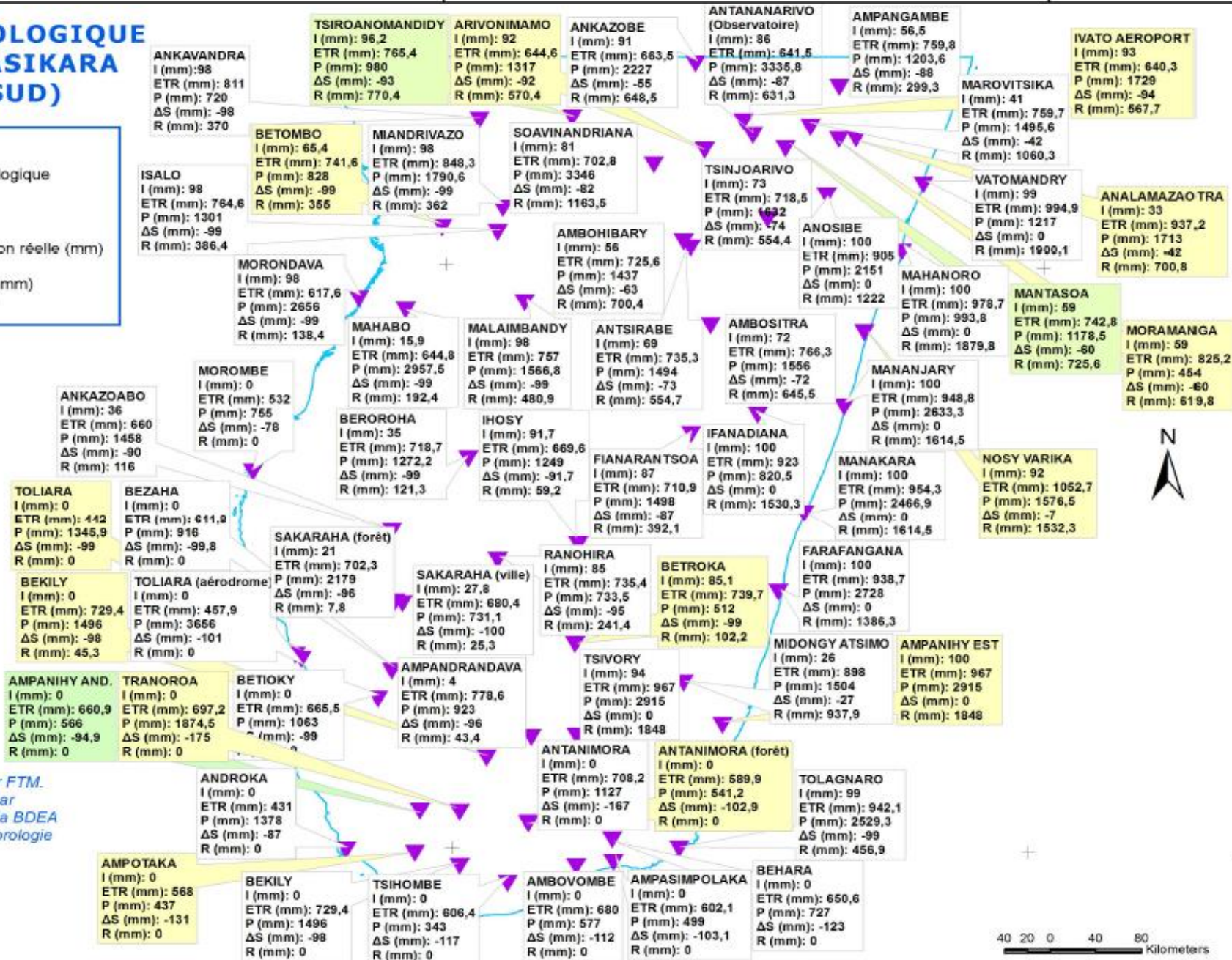
LEGENDE

- Station météorologique
- Limite côtière
- I= Infiltration (mm)
- ETR= Evapo-transpiration réelle (mm)
- P= Pluies (mm)
- ΔS= Variation de stock (mm)
- R= Ruissellement (mm)

Carte de situation



Carte conçue et réalisée par FTM.
Bilan hydrologique calculé par
Rakotondrainibe H. à partir la BDEA
du Département de la Météorologie
nationale.
Octobre 2015



II.2 IMPACTS SE RAPPORTANT A LA QUANTITE DES RESSOURCES EN EAUX

Une première évaluation concerne la proportion de ressources en eaux déjà utilisée par rapport au volume d'eaux exploitables.

La proportion utilisée est de : $14,398/127,305=11\%$ sur la quantité totale de ressources en eaux exploitables.

Une deuxième évaluation se rapporte aux proportions des usages pour les différentes activités économiques.

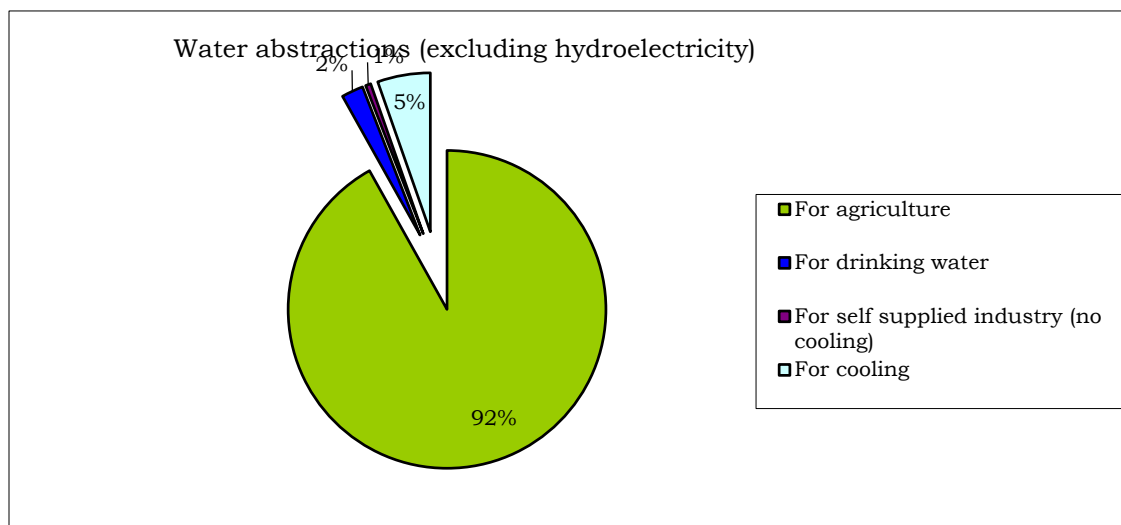
Les calculs effectués dans le document « suivi de la politique de l'eau- programme Waves » sont présentés ci-dessous.

Tableau 15 : proportion des prélèvements d'eau par usages

Prélèvements d'eau pour:	Proportion
Irrigation	92%
Réseaux d'approvisionnement en eau	2 %
Pour les industries autoalimentées (hors agriculture)	1 %

Source : Water check : Tableau Madagascar 2014 (suivi de la politique de l'eau-Waves).

Schéma 1 : répartition des usages par secteurs d'activités



Source : Water check : Tableau Madagascar 2014 (suivi de la politique de l'eau-Waves).

II.3 IMPACT SE RAPPORTANT A LA QUALITE DES RESSOURCES EN EAUX

II.3.1 LES EAUX DE SURFACES

La dégradation de la qualité des eaux de surfaces est principalement constatée sur le plan physique, caractérisée par la présence de fortes teneurs en particules argilo-sableuses d'origine latéritique, due à l'érosion et donnant cette particularité de couleur rouge à l'eau dans la grande majorité des cours d'eau du pays

Les eaux de surfaces ont une bonne qualité chimique naturelle (eaux douces avec minéralisation normale) sauf pour le cours inférieur de certaines rivières aux embouchures, où l'on observe une augmentation de la salinité, notamment en période d'étiage, due à la remontée de la mer par les marées.

Les eaux de surfaces sont aussi exposées :

- aux pollutions organiques dues aux rejets d'eaux domestiques,
- à la pollution fécale lorsque les pentes des bassins versants sont des zones de défécation à l'air libre,
- aux pollutions chimiques par les rejets d'eaux industrielles et par la présence d'engrais chimiques et de pesticides dans les champs de cultures agricoles entraînés par les ruissellements vers les rivières.

II.3.2 LES EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines sont exposées :

- aux pollutions organiques et bactériennes venant des rejets d'eaux usées domestiques et des eaux vannes issues des latrines et des fosses septiques,
- et aux pollutions chimiques causées par les rejets industriels et agricoles.

Dans les régions à bilan hydrique négatif, les eaux souterraines exposées à de fortes valeurs de l'évapotranspiration acquièrent des salinités élevées.

Cette augmentation de salinité est aussi rencontrée dans le cas de surexploitation ou sur pompage dans les puits et forages d'approvisionnement en eau.

Les eaux des nappes d'alluvions sont naturellement riches en fer et en manganèse.

Les eaux des nappes des formations lacustres de l'holocène contiennent de l'arsenic.

II.4 IMPACTS SUR LES POSSIBILITES D'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAUX

II.4.1 EAUX DE SURFACE

Les eaux chargées en matières argilo-sableuses sont difficilement utilisables et nécessitent, soit des traitements coûteux pour pouvoir être utilisées pour l'approvisionnement en eau potable, soit des interventions lourdes de dessablement pour la maintenance des turbines dans l'hydroélectricité, et dans tous les cas elles exigent des actions de protection des bassins versants contre l'érosion (lutte contre la

déforestation, reforestation), la dégradation et le compactage des sols. Les investissements importants jusqu'ici consentis, soit en amont dans les bassins versants, soit en aval dans les périmètres irrigués, n'ont pas suffisamment permis de faire émerger un système de production intensive, professionnel et rentables pour les parties prenantes, ni amené à une gestion durable des ressources naturelles et des infrastructures de production.

Les eaux exposées aux différentes pollutions ne devraient pas être utilisées pour l'approvisionnement en eau potable car tout traitement de dépollution a encore des coûts très importants.

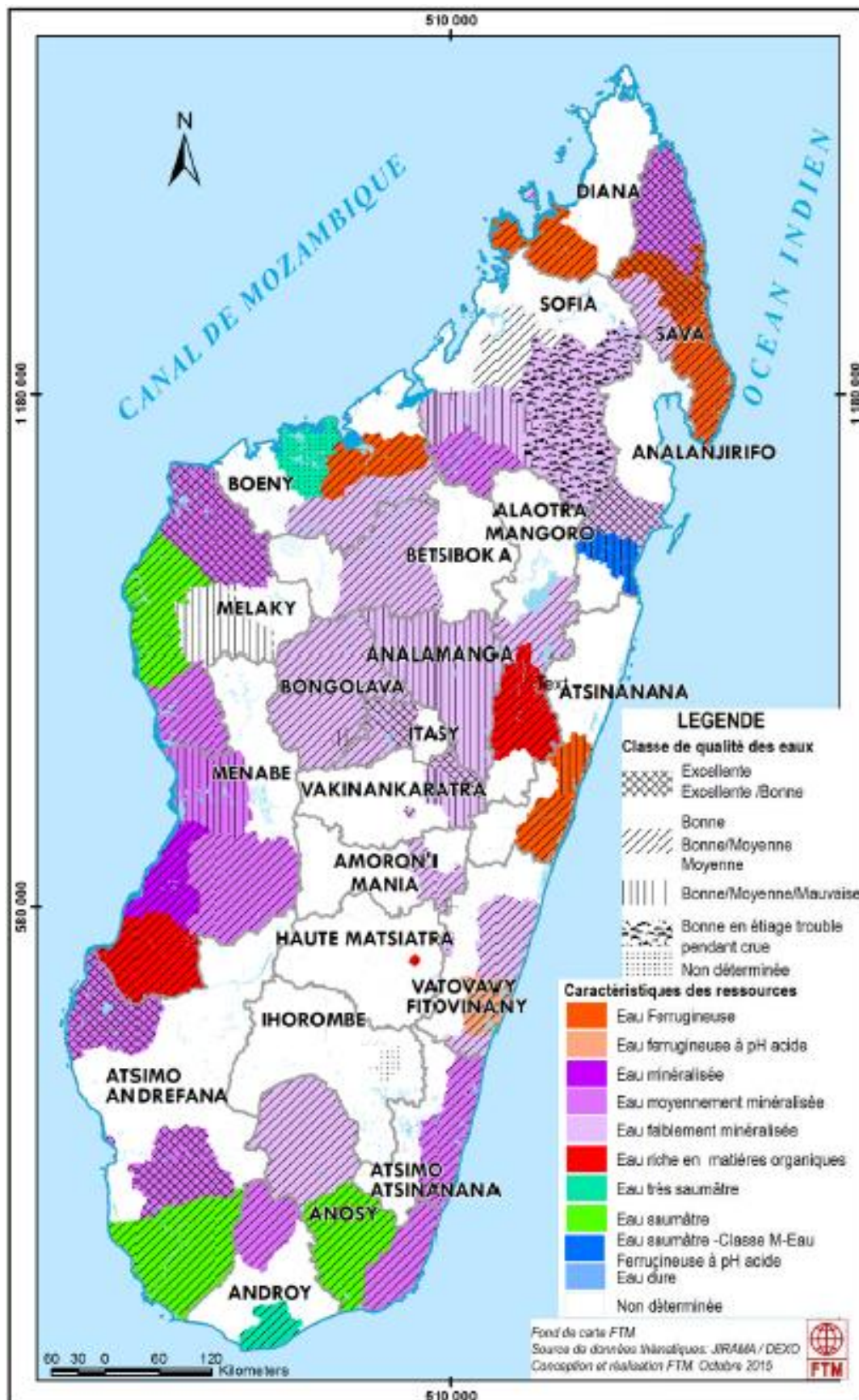
II.4.2 EUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines doivent être exploitées dans le cadre de la mise en place de périmètre de protection défini par voie réglementaire.

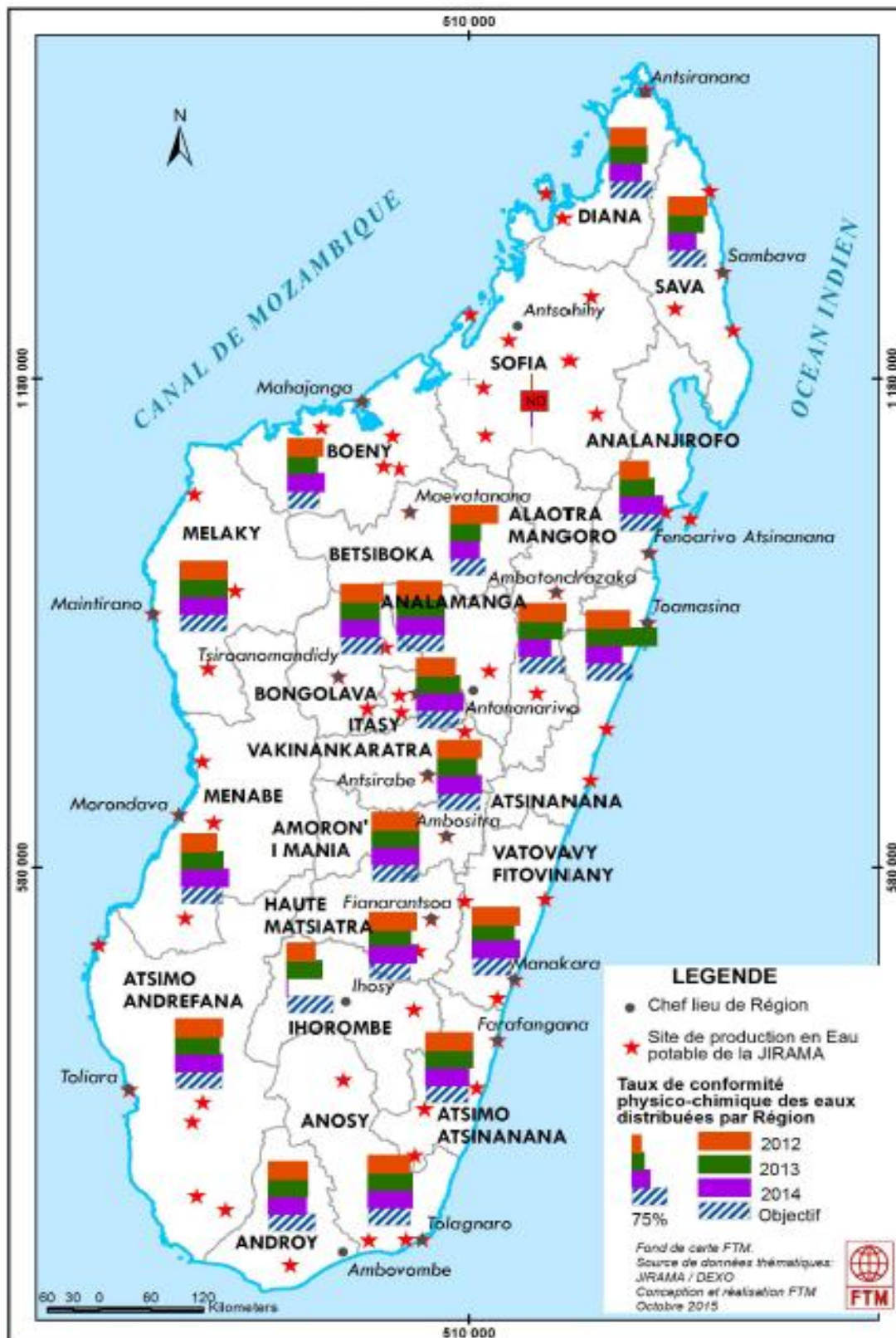
Les eaux à salinités élevées, à fortes teneurs en fer et en manganèse ne peuvent être exploitées que par le recours à des investissements coûteux pour des systèmes de désalinisation, de déferrisation ou de démanganisation.

Les eaux contenant de l'arsenic ne doivent être utilisées qu'après un traitement important par oxygénation coûteux.

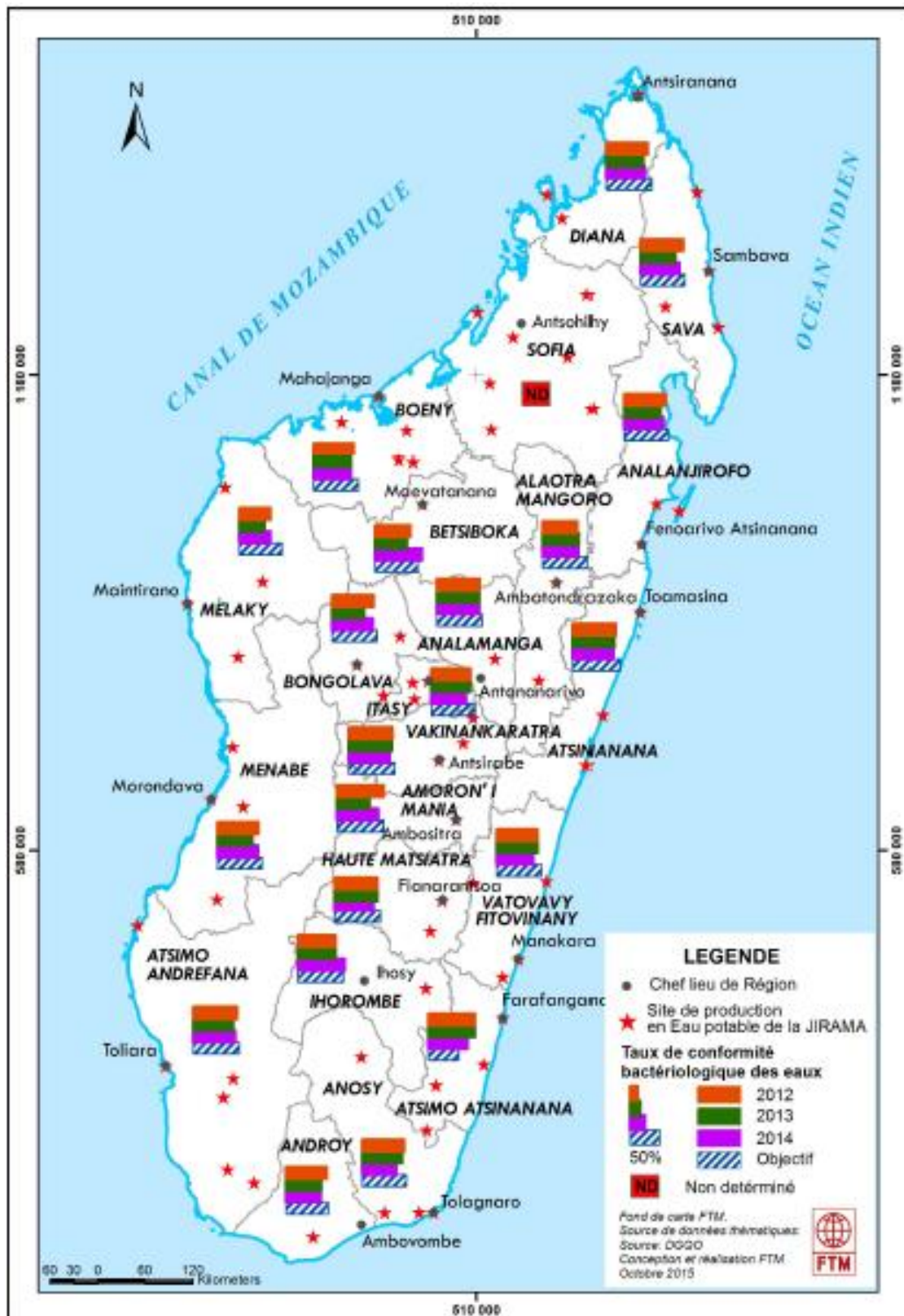
II.5 QUALITE DES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES 'EXPLOITEES PAR LA JIRAMA



II.6 TAUX DE CONFORMITE PHYSICO-CHIMIQUE PAR REGION



II.7 TAUX DE CONFORMITE BACTEREOLOGIQUE PAR REGION



III. MESURES PRISES POUR LES RESSOURCES EN EAUX

III.1 DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE PLANIFICATION ET DE PROGRAMMATION

Le Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène a mis en place un outil de planification et de programmation appelé le BPOR ou Budget Programme par Objectifs Régionaux, se basant sur le concept « agence de bassin », pour estimer les nombres et les coûts des infrastructures d'eau potable et de latrines à réaliser par bassins versants pour chacune des 22 Régions. (Source : décret 2013-685 portant adoption de la stratégie nationale de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène-document de planification du secteur de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène).

III.2 DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE SUIVI-EVALUATION : LA BDEA-SESAM

Le Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène a aussi développé un outil de suivi-évaluation, d'abord appelé BDEA (Base de données du secteur eau et assainissement), devenu ensuite le SESAM (Suivi-évaluation du secteur eau et assainissement de Madagascar), accessible sur son site web, et contenant, toutes les données et cartes relatives à la quantité et la qualité des ressources en eau, des points d'eau, des systèmes d'eau et des latrines, ainsi que tous les documents d'informations sur le secteur de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène.(site web :www.mineau.gov.mg)

III.3 APPLICATION DES PRINCIPES DE LA GIRE POUR LA PROTECTION DES CAPTAGES D'EAU POTABLE

Différents projets d'Adduction d'Eau Potable et d'Assainissement veulent tenir compte d'une dimension intégrée à l'échelle des communes :

- **La dimension GIRE dans le programme Méddea du GRET dans la commune d'Ambohibary Sambaina**

L'approche Méddea consiste à accompagner l'équipe de la commune à mieux connaître la situation réelle sur l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans sa localité et à planifier les activités. Le programme a doté la commune d'un plan communal de développement de l'accès à l'eau et à l'assainissement (PCDEA) dont l'élaboration a nécessité une forte implication du comité communal eau et assainissement. Le PCDEA est un document de planification qui décline sur le secteur de l'eau et de l'assainissement via le Plan Communal de Développement de la Commune. Des inventaires ont abouti à un diagnostic précis de la situation : l'inventaire des localités et des institutions permet de définir les besoins, l'inventaire des infrastructures existantes permet de voir quels besoins sont déjà couverts, l'inventaire des ressources permet l'ébauche des solutions pour répondre à ces besoins. La population vivant essentiellement de l'agriculture irriguée, même si la loi priorise l'utilisation des ressources pour l'eau potable, il a été fondamental de trouver un équilibre entre l'utilisation pour l'eau potable et l'agriculture. Le cas d'adduction en eau potable de la commune d'Ambohibary est un exemple. La source d'Ankadibe, située à l'est d'Antsampandrano, a été choisie

pour alimenter en eau son bourg mais la population avoisinante de cette source s'est opposée au projet par peur de mettre en péril leurs activités de riziculture en aval. Une réunion de concertation entre la Commune, la Direction du Génie Rural, l'équipe du programme et la population a alors été organisée afin d'évaluer les besoins en eau en agriculture et en eau potable. Un travail participatif avec les paysans a permis de démontrer à la population la capacité de la source pour satisfaire les besoins de la population à la fois pour l'irrigation et pour l'eau potable. Cette étape de concertation a permis aussi l'identification d'un projet d'amélioration de l'irrigation déposé à la Direction du Génie Rural de la région de Vakinankaratra.

- Mesures et cartographies des conflits d'usage des ressources en eau dans le projet CAP'Eau du Grand Lyon dans la Région Haute Matsiatra

Le Grand Lyon et la Région Haute Matsiatra sont en coopération décentralisée dans le cadre du projet CAP'Eau (2012-2015) qui intervient plus particulièrement dans 12 communes de la Région Haute Matsiatra et vise à : mettre en place une gestion intégrée de la ressource en eau, accompagner la gestion et la rénovation d'infrastructures existantes, renforcer les compétences des acteurs, et appuyer la réalisation d'infrastructure d'eau et d'assainissement. Dans la Région Haute Matsiatra, 88% des ménages pratiquent au moins une activité agricole et la moitié des revenus agricoles proviennent de la culture du riz (INSTAT/DSM/EPM 2010). La riziculture irriguée a donc une importance économique vitale. L'accès à l'eau potable est une priorité exprimée par les collectivités locales, à condition que l'usage agricole de l'eau soit respecté. Des actes de vandalisme sur des conduites de réseaux d'eau sont régulièrement signalés dans la Région lorsque des conflits d'usage apparaissent. Tenant compte de l'importance de l'eau agricole dans la Région, les différents acteurs ont développé des activités pour limiter les tensions sur l'utilisation de la ressource en eau. Ainsi, lors de la réalisation des plans communaux de développement en eau et assainissement (PCDEA) des communes d'intervention, l'intensité des conflits d'usages potentiels sur les ressources en eau ont été quantifiée. Les communes de la Région Haute Matsiatra ne disposent pas tous de cartes représentant leur territoire. Un accent particulier a donc été mis sur la représentation spatiale des problématiques des communes lors de réalisation des PCDEA. Le PCDEA fixe les orientations et objectifs de la commune sur ce secteur en intégrant les différents usages de l'eau en vue de partager au mieux la ressource. Il est produit de façon participative par la commune avec l'appui des techniciens du projet. Les informations récoltées lors des inventaires sur terrain sont saisies dans une base de données, et concernent la démographie, les équipements collectifs, les infrastructures d'eau et d'assainissement existantes, les ressources en eau (de surface et souterraines), l'agriculture, ... Elles sont spatialisées et consultables par un logiciel cartographique libre de droit (Quantum Gis) et par image satellite géo référencée (raster) associée à chaque commune concernée. Les enquêtes et les observations faites sur terrain combinées à la bonne résolution de l'image satellite (un pixel pour 0,5 m au sol) permettent aux techniciens d'avoir une vision sur les conflits que pourraient engendrer l'utilisation d'une source pour la réalisation d'une adduction d'eau gravitaire

III.4 APPROCHE GIRE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Plusieurs cas illustrent l'interdépendance de la protection de l'environnement et de la GIRE à Madagascar

Le tarissement des sources des massifs forestiers de hautes montagnes dû à la déforestation et à la dégradation des bassins versants est un phénomène de plus en plus courant. Même au niveau des aires protégées, comme celles du Montagne d'Ambre, sur une centaine de sources de petits cours d'eau, le tarissement d'une vingtaine de sources a été constaté depuis près de dix ans. L'accès aux ressources en eau encore abondantes est sujette à des tensions entre les besoins des villes et des villages et ceux des exploitants du « khat ». La protection des bassins versants, et en particulier de celle de la couverture forestière, est une priorité. Une collaboration étroite est à engager, entre les deux départements ministériels, respectivement chargés de l'eau et celui de l'environnement, pour ce dernier plus particulièrement l'institution chargée des Aires Protégées en l'occurrence le Madagascar National Parcs (MNP).

La valorisation des services écologiques des écosystèmes et de leurs ressources en eau est une approche utile et complémentaire. Les écosystèmes naturels abritent des ressources en eau et garantissent leur qualité par des processus naturels de filtration, d'épuration et de purification. Les ressources en eau permanentes et de bonne qualité constituent de bons indicateurs d'environnement sain. Le service écologique des ressources naturelles est l'opportunité de créer une taxe qui fournirait les fonds nécessaires à la préservation de l'environnement pour garantir la durabilité de ce service naturel. Des projets de « Paiement des Services Ecologiques » sont actuellement initiés par le WWF en collaboration avec des associations de population des hautes montagnes de Madagascar dans la zone d'Andapa et dans la région de Haute Matsiatra.

A plus grande échelle, les Plans de Gestions Environnementales et Sociales (PGES) des grands projets à Madagascar engagent les parties prenantes, notamment les promoteurs et investisseurs de ces projets, à réaliser leurs engagements vis-à-vis de leurs impacts sur l'environnement notamment sur la quantité et la qualité des ressources en eau, éléments essentiels des Tableaux de Bords Environnementaux. L'implication des industriels est un élément clé de la réussite de la GIRE à Madagascar. Leurs obligations légales doivent les amener à se concerter avec les autres usagers de l'eau et appuyer la démarche GIRE.

III.5 TECHNIQUES ET MECANISMES MISE EN PLACE POUR AUGMENTER LA PRODUCTION AGRICOLE SUR « TANETY » (Source BNVPI)

Des mécanismes et dispositions de protection et de gestion durable ont été effectués comme la revégétalisation des bassins versants dénudés, le traitement des Lavaka principales sources d'envasement dans les Périmètres Irrigués, par des mesures de lutte antiérosives (moyens biologiques et mécaniques), la protection des berges des rivières et des canaux d'irrigation ou de drainage. Des techniques agro-écologiques ont été mises au point.

Ces techniques ont permis d'augmenter la production agricole sur « *Tanety* » tout en améliorant la conservation de l'eau et la fertilité du sol.

IV. PERSPECTIVES POUR LA GIRE

IV.1 DEVELOPPEMENT DES CAPACITES POUR MAITRISER LE BPOR ET MISE EN OEUVRE EFFECTIVE

L'utilisation de l'outil BPOR, par tous les agents du Ministère de l'Eau de l'Assainissement et de l'Hygiène, au niveau central et au niveau régional, ainsi que par tous les acteurs impliqués dans le développement du secteur de l'eau de l'assainissement et de l'hygiène, doit être effective dans la planification et la programmation de la construction des infrastructures d'eau et d'assainissement répondant aux besoins réels des populations et tenant compte de la préservation des ressources en eaux.

A cet effet, des actions de vulgarisation et de renforcement de capacités à leur endroit doivent être entreprises pour qu'ils puissent l'acquérir et le maîtriser.

IV.2 AMELIORATION DE L'OUTIL BDEA-SESAM, DEVELOPPEMENT DES CAPACITES POUR MAITRISER LE SESAM ET MISE EN ŒUVRE EFFECTIVE.

Le SESAM nécessite encore une amélioration dans le processus d'acquisition et de transfert ainsi que de validation des données qui doivent être collectées au niveau des acteurs sur terrain. En effet, des actions de formation de ces acteurs doivent être développées et entreprises pour qu'ils puissent accomplir correctement leurs tâches, et pour que le SESAM soit alimenté régulièrement par des données fiables et pertinentes pour tous les acteurs intervenant dans le développement du secteur. Le système de cartographie doit être aussi amélioré pour permettre une exploitation plus efficace des données.

V. ESPECES ENVAHISSANTES

V.1 INTRODUCTION

La Convention pour la Diversité Biologique (CDB) définit les espèces exotiques envahissantes (EEE) comme "des espèces non-autochtones qui ont été introduites, se sont propagées et ont fini par constituer une menace pour la diversité biologique originelle". Les espèces introduites pourraient devenir naturalisées ou envahissantes. Au niveau global, les Espèces Exotiques Envahissantes (EEE) constituent une menace pour :

- L'économie globale. L'impact estimé des EEE est équivalent à 5% de l'ensemble du PIB.
- Biodiversité. La menace que font peser les EEE sur la biodiversité est exacerbée par les risques inhérents aux changements climatiques.

- Moyens de subsistance. Les EEE transmettent des maladies aux êtres humains et aux animaux domestiques et réduisent les rendements de l'agriculture vivrière

Rappelons également qu'une espèce invasive ou envahissante est une espèce vivante exogène (allochtone, exotique, importée) qui prolifère avec un grand succès dans cette nouvelle aire de dispersion avec une forte pouvoir de colonisation des espaces. Elle se comporte comme des agents de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi-naturels parmi lesquels elle est introduite. L'invasion biologique constitue la 2^{ème} cause de la diminution de la diversité biologique au niveau mondial après les pressions anthropiques sur les habitats (MEA, 2005)

Concernant les milieux aquatiques, nombreuses sont les espèces qui sont introduites à Madagascar depuis plusieurs années et qui ont des impacts écologiques, économiques et des coûts sociaux élevés. L'invasion des espèces exotiques que ce soient faune et flore est à l'origine de dégâts environnementaux qui sont souvent irréversibles.

Les espèces envahissantes prospèrent en l'absence de leurs prédateurs naturels et peuvent modifier l'habitat jusqu'au point de le rendre inhospitalier pour les espèces indigènes. Les effectifs des espèces envahissantes augmentent avec le changement climatique et pourront causer des dégâts non négligeables sur l'agriculture, la santé et la biodiversité toute entière.

Madagascar fait partie des Iles de l'Océan Indien qui sont :

- uniques dans la mesure où elles abritent un cortège d'espèces animales et végétales souvent marquées par un taux d'endémisme élevé.
- soumises à des pressions environnementales importantes.
- les détenteurs du triste record d'avoir été le théâtre de plus de 80% des extinctions d'espèces répertoriées à ce jour.
- particulièrement vulnérables aux déséquilibres écologiques en particulier générés par les EEE.
- une zone de concentration d'espèces menacées puisque 40% des espèces en danger critique d'extinction portées sur la liste rouge de l'UICN sont insulaires.

V.2 ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES A MADAGASCAR

V.2.1 ESPECES FAUNISTIQUES AQUATIQUES ENVAHISSANTES

Dans les îles du sud-ouest de l'Océan Indien, les espèces exotiques envahissantes, n'ont pas encore fait l'objet de beaucoup d'études scientifiques approfondies bien que l'on rende compte chaque jour des dégâts qu'elles occasionnent comme c'est le cas par exemple de la Jacinthe d'eau ou des criquets migrateurs. De plus l'impact négatif de ces espèces est encore plus important dans les milieux insulaires où la biodiversité est beaucoup plus fragile. Il s'avère donc primordial que l'on s'attèle à combler cette lacune si l'on veut atteindre les objectifs de conservation de la biodiversité d'ici à 2020.

Chaque année, ce problème est à l'origine de milliards de dollars de pertes en recettes et en mesures de contrôle. Pour les poissons, plusieurs espèces exotiques envahissantes

et nocives sont inventories. Madagascar, en particulier *Channa maculata* et *Gambusia holbrooki* et récemment une espèce d'écrevisse appartenant au genre *Procambarus* et d'amphibien appelle *Duttaphrynus melanostictus*. Ces deux espèces de poissons introduits concourent à l'éradication de la faune aquatique endémique de l'endroit colonisé ; et que *Procambarus* nuit non seulement la faune aquatique mais aussi la flore dont la riziculture.

V.2.1.1 CAS DE PROCAMBARUS SP.

La présence de l'espèce d'écrevisse invasive *Procambarus* sp. a été signalée depuis quelques années à Madagascar. Ce genre de Marmokerbs est une espèce exotique très dangereuse et prédateur vorace des têtards d'Amphibiens que bien d'autres invertébrés aquatiques ainsi que des Macrophytes (Cruz et al, 2007). Aussi, elles pourraient ainsi entraîner un déséquilibre dans l'écosystème aquatique en général. En plus, d'après différentes informations, elles se nourrissent de poissons (œufs et larves). En effet, une diminution des "trondro gasy" dans les environs d'Antananarivo se fait remarquer par la population locale depuis son apparition. L'étude bioécologique de l'espèce a été menée conjointement avec la sensibilisation sur la lutte contre l'invasion de cette espèce. Des enquêtes sur le terrain et des travaux de laboratoire ainsi que des sensibilisations et étude de filière ont été réalisés. L'objectif est de déterminer les caractéristiques biologique et écologique de l'écrevisse marbrée afin d'obtenir les différentes informations nécessaires pour la mise en place d'un programme de lutte contre son invasion. Cinq régions ont été prospectées et enquêtées au départ (Bongolava, Itasy, Analamanga, Alaotra-Mangoro, Vakinankaratra) avec 16 Districts et 192 communes. Le suivi des sites de répartition de *Procambarus* repérés lors de la première phase a emmené à étudier l'extension des zones de distribution dans la phase suivante. Pour la sensibilisation, des personnalités clés ont été ciblées et les modes de mise en œuvre ont été adaptés selon les interlocuteurs. A part les sensibilisations, des enquêtes plus profondes sur la valorisation de l'espèce ont été effectuées afin d'identifier les méthodes de lutte efficace. La troisième phase du projet de lutte a été consacrée entièrement à la sensibilisation et l'étude spécifique sur les impacts de l'invasion de cette espèce d'écrevisse marbrée sur la riziculture. Une carte de répartition de cette espèce invasive a été établie suivant les sites visités et les enquêtes effectuées. A travers des émissions télévisées et les supports de communication diffusés dans les différents canaux, la connaissance des dangers engendrés par la présence de *Procambarus* sp est acquise facilement par toute la population Malagasy. La sortie d'une arrêtée ministérielle interdisant l'extension des zones de distribution de *Procambarus* a figuré parmi les succès de l'investigation. Toutefois, les actions menées pendant quelques années n'ont pas été suffisantes pour que lutte s'affichera dans le durable. D'autres investigations s'avèrent toujours indispensables pour continuer la lutte contre cette écrevisse invasive.

V.2.1.2 CAS DU SERPENT D'ASIE OU CHANNA MACULATA OU FIBATA

L'introduction de cette espèce de poisson était vers les années 1980 à l'époque pendant laquelle l'aquaculture aux alentours des différents lacs était promue par le Président Ratsiraka (Masuda et al. 1984, Sparks and Stiassny 2003). Dans le Lac Alaotra la collecte pour la première fois de cette espèce invasive de poisson incitait la population locale à brûler les roseaux dans le marais (zetra) qui l'habitat important de Lémurien bambou ou *Hapalemur alaotrensis* (Copsey et al. 2009). Il était vérifié que le fibata est responsable de la disparition locale de certaines espèces de poissons comme le Paratilapia et l'espèce de grèbe d'Alaotra ou *Tachybaptus rufolavatus*. Toutefois, la cause scientifique n'était pas encore prouvée. Une évaluation précoce de repère des poissons d'eau douce de Madagascar peint un sombre tableau de l'impact probable de poissons introduites diverses sur les espèces indigènes. Il était constaté que presque aucunes espèces de poissons indigènes dans certains lacs et voies navigables des poissons introduits (Reinthal et Stiassny 1991, Lévêque 1997, Sparks et Stiassny 2003 et Irwin et al., 2010).

V.2.1.3 CAS DE RADAKA BOKA OU CRAPAUD MASQUE

(Duttaphrynus melanostictus)

Sur la base de la taille actuelle de l'incursion et les observations par les habitants, les crapauds asiatiques sont arrivés à Madagascar au moins en 2010 et sont maintenant répartis sur une superficie d'environ 98km². Compte tenu de la densité approximative moyenne de 400 crapauds par hectare, on estime que la population actuelle est probablement de l'ordre de quatre millions de crapauds. Le front d'invasion semble se déplacer à environ 2 km par an. Les crapauds occupent actuellement les habitats de plaine, à la fois ruraux et urbains, mais en fonction de leur distribution mondiale actuellement connue il n'y a pas de barrières susceptibles à leur propagation et pratiquement nulle part à Madagascar ils ne peuvent pas survivre en dehors des zones les plus arides. Ce crapaud se reproduit rapidement produisant jusqu'à 40 000 œufs par an, a une longue durée de vie, est toxique et sera de façon opportune un prédateur pour tout ce qu'il peut avaler.

Si les crapauds ne sont pas éradiqués ou au moins contrôlés, ils continueront à se répandre sur la majorité de Madagascar. La présence des crapauds est susceptible de causer des impacts écologiques et économiques majeurs avec le potentiel pour la réduction importante, voire la perte totale des espèces de proies de crapaud, à la fois les invertébrés et les vertébrés. Les espèces prédatrices peuvent également être touchées et menacées par empoisonnement. Les impacts économiques potentiels pourraient inclure une augmentation du nombre de rats noirs une fois que les nombres de prédateurs, y compris les serpents sont réduits par l'empoisonnement par crapaud, conduisant à une augmentation des pertes de vivres stockées et les dommages aux biens et équipements commerciaux. Une augmentation du nombre de rats aura également des répercussions sur la santé humaine par le biais de maladies de rat origine.

V.2.1.4 CAS DES AUTRES FAUNES AQUATIQUES COMME GAMBUSIA AFFINIS ET POISSONS

L'introduction d'espèces de poissons a été pratiquée pour lutter contre les vecteurs de maladies. Quelques espèces comme *Gambusia affinis* ou *Poecilia reticulata* ont été utilisées dans différentes régions d'Afrique pour essayer de contrôler les moustiques vecteurs du paludisme. On a également proposé d'utiliser le Cichlidae malacophage *Astatoreochromis a./uauae*, originaire d'Afrique de l'Est, pour lutter contre les vecteurs de bilharziose (SLOOTWEG, 1989). Cette espèce a été introduite en différents endroits d'Afrique sans que des effets écologiques aient été enregistrés, mais sans que son efficacité en tant qu'agent de contrôle ait été réellement prouvée non plus. Enfin, des poissons africains sont parfois utilisés pour lutter contre la végétation aquatique, comme *Tilapia rendalli* qui a été introduit par exemple dans des canaux d'irrigation.

V.2.2 ESPECES FLORISTIQUES AQUATIQUES ENVAHISSANTES (Source Missouri Botanical Garden)

La biodiversité floristique aquatique à Madagascar est un monde à part depuis des années. En parlant de plante aquatique, le Tsikafona ou *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms est la plante la plus populaire dans ce milieu. Elle est classée parmi les plantes naturalisées (c'est-à-dire plantes introduites et ayant poussé de manière naturelle) et figure dans la liste des espèces exotiques envahissantes (Kull (2014) Binggeli (2003). Une fois que les conditions minimales de survie sont réunies, ces plantes s'adaptent facilement partout. Elles se propagent très rapidement : dans des flaques d'eau, des marais, des canaux voire même les rivières ; pas seulement dans un endroit mais partout à Madagascar du nord au sud et d'est en ouest, là où il y a de l'eau, ces plantes poussent et finissent par envahir. Disséminées dans leur milieu naturel, les plantes envahissantes peuvent causer des changements significatifs des écosystèmes aquatiques.

Elles jouent un rôle dans le milieu où elles vivent et également bénéfique pour l'homme :

- Purifie l'air et l'eau,
- Hydro accumulateur de métaux lourds,
- Produit du biogaz,
- Valorisé dans les fabrications de meubles
- Alimentation pour les animaux

Pourtant par ses aisances de s'adapter et de se multiplier facilement dans un milieu, ces plantes présentent une grande menace pour la diversité floristique et faunistique même, ainsi que sur le plan économique.

Nuisances écologiques (biodiversité) :

Elles ont tendance à s'occuper largement le milieu en étouffant les autres espèces ayant déjà existées. La plupart de ces dernières sont diminuées voire même disparues vu le changement de leur milieu naturel. Ceci peut entraîner aussi la disparition des animaux

qui vivent dans l'eau. Dans le lac Andramoma Foulpointe il y a disparition de poissons *Paratilapia* (fony), et de crevettes *Macrobrachium rosenbergii*

En plus : recrudescence de maladies allergiques, origine de fièvres dengue Chikungunya, filariose.

Impacts sur les activités humaines, économiques :

- Exemple : Lac Andramoma Foulpointe. Une réduction de 75% de la production piscicole :
 - En 1986 : poissons et crevettes de 497 kg/an en
 - 2006, après invasion : pas plus de 100 kg/an.
- Le canal de Pangalanes reliant différentes régions dans la partie orientale de l'île pour le transport des produits d'un endroit à l'autre et aussi pour les touristes, est envahi par le Tsikafona (*Eichhornia crassipes*)

Voici quelques noms d'espèces aquatiques envahissantes :

Laitue d'eau ou *Pistia stratiotes* L. ; *Ramilamina* ou *Azollapinnata* R. Br., *Azolla filiculoides* Lam. ; *Tsikafona* ou *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Par ailleurs, elles sont importées de façon volontaire ou non et disséminées dans le milieu naturel. Elles se dispersent dans le milieu humide et causent des changements significatifs des écosystèmes aquatiques. Les plus connues comme plantes aquatiques invasives sont :

- *Azolla pinnata* ou *Ramilamina* provenant de l'Afrique de l'Est, une sorte de fougère aquatique flottante dans l'eau. La dissémination se fait par les animaux ou par l'homme et la phase multiplicative est végétative et très active par fragmentation. Ces plantes sont utilisées comme engrais et fertilisantes azotées mais elles servent aussi de nourriture pour les bétails.
- *Pistia stratiotes* ou laitue d'eau une espèce pantropicale, plante vivace aquatique flottante, pantropicale mais origine incertaine. Multiplication par division des rosettes. Affectionnant les canaux, les rivières à cour lente, les fossés, les rizières et les étangs. Utilisations médicinales : contre la syphilis, les blessures, les maladies de la peau et les mycoses.
- *Melaleuca quinquinervia*, ou Niaouli malgache une des espèces envahissantes les plus agressives à Madagascar, commence à gagner de plus en plus de terrain et colonise des milieux marécageux autour de la Nouvelle Aire Protégée de la forêt d'Analalava Foulpointe. A cause de sa régénération rapide qui est liée à son système racinaire puissant, la lutte contre cette espèce de plante aquatique invasive est impossible. En tout cas peu d'actions connues dans la lutte contre

Kininindrano ou Kininibonaky ou Olimanitra. L'envahissement de *Melaleuca quinquinervia* affecte négativement l'écosystème naturel, la biodiversité, la santé humaine et aussi l'économie.

- *Salvinia molesta* est une fougère aquatique flottante, qui fait maintenant partie de la liste des 100 espèces invasives les plus néfastes au monde. Elle occupe le second rang après la jacinthe d'eau suite à l'ampleur des problèmes économiques, environnementaux, sanitaires liés à son invasion. *Salvinia molesta* a été introduite dans le Lac d'Andramoma à Foulpointe vers le début des années 1980. Sur le plan de la biodiversité, les impacts d'invasion par *Salvinia molesta* peuvent affecter les poissons du lac en particulier les grands poissons appelés localement Laokalava. Plusieurs recherches confirment que l'invasion par *Salvinia molesta* modifie l'écologie et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques par la restriction de pénétration de la lumière et la difficulté d'échanges gazeux entre l'atmosphère et l'eau ainsi que la diminution du taux d'oxygène dissous (Hattingh, 1961 ; McFarland, 2004 ; ISSG, 2013b). Ceci engendre, en conséquence, la réduction de la biodiversité aquatique dans la zone envahie par *Salvinia molesta*, où les débris organiques des végétaux morts s'accumulent en augmentant l'eutrophisation et l'existence d'habitats non favorables à la survie des poissons (Sculthorpe, 1985 ; Donaldson and Rafferty, 2002 ; ISSG, 2013a). Concernant les impacts économiques, une nette réduction en quantité de poissons et des crevettes pêchées a été constatée. Avant l'arrivée de l'espèce, un pêcheur pouvait capturer en moyenne 497 kg/an de poissons et 106 kg/an de crevettes. Après la saturation du lac, ces quantités ont respectivement baissé à 15 kg/an et à 8 kg/an. Bien que les prix de ces produits se sont améliorés de 1986 à 2006, les indices de valeur de Fisher ont montré un effet décroissant de l'ordre de 61 % (indice de valeur = - 61,7 %). Ceci signifie qu'à partir de 2006 jusqu'à présent, les produits halieutiques du lac rapportent moins de la moitié des valeurs qu'ils ont procurées avant l'invasion. En effet, la baisse remarquable de la productivité de pêche s'explique, d'une part, par le non accessibilité de la zone de pêche due aux touffes impénétrables en pirogue et, d'autre part, par la diminution de quantité des produits capturés. Celle-ci pourrait être due au changement des conditions écologiques, qui ne sont plus favorables au développement de poissons (Sculthorpe, 1985) et pendant la pêche, les poissons se cachent sous le tapis de *S. molesta*. En conséquence, les pêcheurs ont dû se tourner vers d'autres activités comme l'agriculture, l'exploitation de bois pour pouvoir subvenir à leurs besoins familiaux. Avant l'invasion, on avait recensé approximativement 500 pêcheurs autour du lac et actuellement il n'en reste plus qu'environ 110 pêcheurs pour continuer cette activité de pêche. Selon les villageois, d'autres dégâts socio-économiques sont associés à l'invasion du lac par *Salvinia molesta*. Plusieurs dizaines d'hectares de rizières sont envahies par l'espèce suite à des inondations de plus en plus fréquentes, en laissant des

tonnes de biomasse de l'espèce dans les champs, d'où la diminution progressive des zones cultivables et du rendement rizicole.

Ceci se traduit par l'augmentation de dépenses familiales, d'où la paupérisation progressive de plusieurs familles tributaires du lac. Certains membres de la communauté se plaignent aussi de la disparition des bétails tels que zébus et les cochons dans le lac. Ces animaux domestiques, en broutant les herbes qui poussent sur le tapis de *Salvinia molesta* (phase 5 ou 6 de la fig.1), peuvent se tromper et finissent par se noyer en rompant le tapis et sont ainsi engloutis par le lac. Bien que ce phénomène ne soit pas très fréquent, l'augmentation de la prévalence de perte en tête de bétails pourrait affecter cette activité qui assure actuellement 53 % du revenu des ménages. Sur le plan sanitaire, selon les villageois, l'espèce provoque une forte démangeaison causée par des substances allergènes. En plus, la présence de l'espèce peut être l'origine probable du développement des fièvres Dengue et Chikungunya qui ont frappé sévèrement la région en 2006. Il en est de même pour la filariose (*éléphantiasis*) qui sévit encore jusqu'à présent. Les eaux stagnantes et le feuillage dense de *Salvinia molesta* favorisent le développement des insectes vecteurs (*Aedes* et *Ulex*, Barror and al. 1954) de la transmission des fièvres dengue et malaria (Creagh 1991/1992, Olivier, 1993 ; Agriculture & Resource Management Council of Australia, and al. 2000 ; ISSG, 2013a), de la filariose et éléphantiasis (Panco and Soerjani, 1978 ; Room et al., 1989 ; Craig, 1993 ; ISSG, 2013a ; ISSG, 2013b).

V.2.2.1 CAS DE EICHHORNIA CRASSIPES OU TSIKAFONA

Eichhornia crassipes ou Tsikafona originaire de l'Amérique du Sud avec une herbe aquatique vivace, venant de Brésil : la tige est en forme de tapis flottants denses. Les feuilles sont épaisses et avec un rhizome bulbeux et spongieux. La multiplication est rapide par élongation de stolons donnant des nouvelles plantes. Elle se trouve dans les lacs, canaux, rivières, mares, étangs et purifie l'air et l'eau, hydro accumulateur de métaux lourds, produit du biogaz, valorisé dans les fabrications de meubles dans les pays asiatiques, alimentation pour les animaux. Cette plante était introduite à Madagascar vers 1900 comme plante ornementale alors que c'est une des plus mauvaises herbes dans le monde. Par ailleurs, elle crée un milieu favorable au développement des maladies liées à l'eau puisqu'une couverture dense de jacinthe d'eau constitue un refuge pour les différents vecteurs des maladies parasitaires comme les moustiques, les mollusques et vers de la bilharziose, les serpents, les sangsues, etc.

Une recherche a été effectuée dans le canal des Pangalanes avec la Galana Raffinerie Toamasina (GRT) pour diminuer la pollution des hydrocarbures déversés dans ce canal. Cette étude a démontré que l'éradication de cette plante envahissante est impossible à cause de sa capacité de se multiplier facilement et rapidement. Sa croissance rapide entraîne des dégâts considérables sur plusieurs domaines. Cependant, la jacinthe d'eau a sa vertu purificatrice de l'eau ou elle se trouve mais cela n'indique la salubrité de l'eau après traitement avec cette plante.

C'est une plante monoïque à floraison estivale automnale (juillet, octobre) et à pollinisation entomophile. Reproduction sexuée : durant l'été, les fleurs s'épanouissent. La floraison dure environ 15 jours. Les insectes comme l'abeille *Apis mellifera*, viennent polliniser les fleurs. Au cours de l'hiver, les fruits formés produisent et libèrent une grande quantité de graines qui peuvent rester viables de 20 jusqu'à 30 ans dans les sédiments (Gopal, 1987, in Karim, et *al.*, 2007). La multiplication de la jacinthe s'effectue principalement par voie asexuée. Les nouvelles plantes sont produites à partir de l'élongation de stolons due à la division des méristèmes axillaires de la plante mère (Center et *al.*, 2005 in Karim, et *al.*, 2007). Concernant la production, en conditions écologiques favorables, la biomasse double de 5 à 15 jours qui est de l'ordre de 280 à 400 t/ha.

Les résultats obtenus confirment le stade à « invasion avérée » que possède la jacinthe d'eau du lac Ravelobe (Ranarijaona *et al.*,) : elle cause des nuisances notables dans de nombreux sites répartis sur un vaste territoire et que son éradication est impossible, ce qui nécessite vraiment une gestion continue dans le temps (Dutartre *et al.*, 2008). Vu l'importante prolifération de la jacinthe d'eau dans le lac Ravelobe, les espèces végétales et animales immergées devront être évaluées, une asphyxiée de la tortue d'eau douce pourrait avoir lieu si aucune mesure ne sera pas prise dans les mois qui viennent. En outre, l'alimentation pour le bétail est la seule valorisation qui existe sur place, ce qui permet de dire que l'éradication de la jacinthe nécessite des stratégies particulières et une valorisation en vue sera intéressant.

L'analyse physico-chimique ponctuelle de l'eau du lac a montré que l'eau est de bonne qualité. Cependant, la jacinthe d'eau est un vrai gêne pour les touristes, les oiseaux aquatiques, les animaux aquatiques endémiques menacées et en danger critique dans le lac, et les villageois d'Ankarafantsika. Par ailleurs, plusieurs mesures physico-chimiques devront être réalisées afin de confirmer la qualité de l'eau du lac.

V.3 MESURES PRISES ET A ENTREPRENDRE

V.3.1 AU NIVEAU GLOBAL AUQUEL AVEC PARTICIPATION PROBABLE DE MADAGASCAR

Outils éprouvés pour répondre aux menaces que représentent les EEE :

- Prévention. Eviter l'introduction ou la réintroduction des EEE par la formulation et l'exécution mise d'un plan de biosécurité.
- Control/gestion. Isoler les zones infectées par les EEE pour éviter que la distribution de ces dernières ne s'étende.
- Eradication. Les EEE peuvent être éradiqués des petites îles. Plus de 700 projets d'éradication d'EEE ont été exécutés avec succès à ce jour.

La Convention sur la Diversité Biologique :

- Reconnaît les menaces que constituent les EEE (Article 8H).
- Comprend l'importance que les EEE revêtent dans le contexte des îles et les risques que les EEE font peser sur la biodiversité insulaire (décision vii/31).
- Appuie le Partenariat Global pour les Iles (*Global Island Partnership* - GLISPA) (Décision ix/21).
- Dispose d'objectifs répondant à la problématique : Objectifs d'Aichi 5, 9, 12 et 14¹.
- Promeut les îles au travers du "Programme de travail sur la biodiversité des îles" au cours de la COP-11

Groupe de Travail sur les Espèces Exotiques Envahissantes :

Il existe un besoin urgent de répondre aux menaces posées par les EEE, en particulier compte tenu du phénomène d'exacerbation provoqué par les changements climatiques. Le Partenariat Global pour les Iles (*Global Island Partnership* [GLISPA]²) se mobilise pour promouvoir des solutions intégrées et atténuer l'impact des menaces que font peser les EEE. Ces mesures permettent de renforcer à moindre coût la résistance des îles au cortège de menaces engendrées par ces changements globaux.

Un Groupe de Travail sur les EEE, coordonné par *Island Conservation*, a été créé au sein de GLISPA. Il s'engage auprès des gouvernements, des agences paraétatiques, des organisations non-gouvernementales afin d'obtenir des engagements concrets de la part de chefs de file des nations avec des îles ou des îles qui sont des nations destinées à réduire l'impact des menaces des EEE sur les îles.

Vous pouvez agir dès maintenant :

- Erigez la lutte contre les EEE dans votre pays comme une priorité nationale.
- Partagez votre expérience acquise dans le domaine de l'éradication des EEE dans les îles.

¹ <http://www.cbd.int/sp/targets/>

²Le Partenariat Global pour les Iles (*Global Island Partnership* [GLISPA]) promeut des actions de conservation et de maintien des moyens de subsistance dans les îles au travers de l'inspiration qu'il induit au sein des dirigeants, en catalysant des engagements concrets, en facilitant la collaboration et en partageant les solutions éprouvées. Le Partenariat Global pour les Iles (*Global Island Partnership* [GLISPA]) est reconnu comme un moyen destiné à faire avancer la conservation de la biodiversité des îles (Décision ix/21, CBD COP 9).

- Présentez-nous aux experts scientifiques et aux techniciens de votre pays disposant ou devant disposer d'une expertise dans le domaine de l'éradication de EEE.
- Encouragez le soutien financier des activités d'éradication des EEE par des mécanismes financiers globaux comme le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), les banques régionales, les agences bi- et multilatérales de coopération internationale et les grands philanthropes du monde afin de pouvoir répondre efficacement aux menaces posées par les EEE.

Les objectifs d'Aichi qui ont été élaborés à Nagoya lors de la conférence des parties de la CDB tracent les objectifs de la conservation de la biodiversité pour la période 2010-2020. Il a été spécifié dans l'objectif 9 que, d'ici à 2020, les espèces exotiques envahissantes et les voies d'introduction sont identifiées et classées en ordre de priorité, les espèces prioritaires sont contrôlées ou éradiquées et des mesures sont mises en place pour gérer les voies de pénétration, afin d'empêcher l'introduction et l'établissement de ces espèces.

D'autre part, la Stratégie Mondiale pour la Conservation des Plantes qui a été mise à jour également lors de cette même conférence des parties met également l'accent dans son objectif 10 sur la nécessité de mettre en place des plans de gestion efficaces pour empêcher de nouvelles invasions biologiques et gérer les zones envahies qui sont importantes du point de vue de la diversité végétale.

Il est donc reconnu que la connaissance et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes constitue un objectif prioritaire pour la conservation de la biodiversité car l'introduction voulue ou non d'une espèce étrangère dans un écosystème dans lequel elle ne se développe pas habituellement perturbe souvent l'équilibre entre les organismes qui vivent à cet endroit et le fonctionnement normal de l'écosystème. Ces espèces étrangères peuvent rivaliser avec les espèces endémiques pour la nourriture, l'habitat ou peuvent en faire leur proie. Leur introduction provoque donc un danger environnemental et/ou économique.

V.3.2 LUTTE CONTRE *MELALEUCA QUINQUINERVIA*

L'utilisation de produit chimique comme le glyphosate est appliquée actuellement comme lutte contre *Melaleuca quinquinervia*, plante très résistante et efficace mais elle tue les plantes associées et avec une dose létale. Toutefois la dose de 90g/l pourrait être efficace avec un pulvérisateur et un pinceau appliquée sur la surface coupée du tronc. La technique biologique est testée mais très onéreuse. De même pour l'élimination physique qui peut causer de dommages sur les plantes autochtones environnantes et sur le sol.

V.3.3 VALORISATION DE LA JACINTHE D'EAU

Concernant la jacinthe d'eau, en tenant compte également de la valeur intrinsèque d'*Eichhornia crassipes* et de sa valeur extrinsèque ou pratique c'est-à-dire utile pour l'humanité et son entourage, elle mérite d'être valorisée et d'être exploitée malgré son aspect envahissant pour la biodiversité.

Concernant la jacinthe d'eau, l'équipe des chercheurs travaillant dans le Canal de Pangalanes a des recommandations telles que :

- Apprendre aux agriculteurs la fabrication de compost à partir de la jacinthe d'eau d'autant plus qu'elle est capable d'augmenter le pH du sol et la teneur en potassium. En effet la fumure à partir de la jacinthe d'eau a un effet d'amendement et de fertilisant pour le sol.
- Vulgariser dans les mass médias l'utilité de cette plante envahissante dans le domaine de l'élevage : comme un ravitaillement pour les bétails et pour certains poissons comme *Tilapia zillii*.
- Offrir une formation gratuite pour la population locale sur l'exploitation d'*Eichhornia crassipes* dans le domaine de l'artisanat afin de lui fournir une activité génératrice de revenu.
- Apprendre aux intervenants intéressés la fabrication de biogaz à partir de la jacinthe d'eau. Etant donné que la hausse de la consommation de gaz pourrait réduire la destruction abusive des forêts et favoriser la préservation de l'environnement. (Rakotoson, 2005)

A partir d'autre recherche, maintenant les jacinthes d'eau offrent des solutions simples, écologiques, socio-économiques à quelques problèmes les plus pressants de l'humanité. Basé sur un taux de production annuel de 212 tonnes de biomasse sèche par hectare, 90 tonnes de carbone ou 330 tonnes de gaz carbonique sont éliminés de notre atmosphère. Une lagune d'un hectare de jacinthes d'eau avec un temps de séjour de deux semaines purifie les déchets quotidiens de 2000 personnes jusqu'à un niveau acceptable. Pour une production continue, les jacinthes d'eau peuvent être cultivées dans des lagunes recevant des eaux d'égout qu'elles purifieraient par la même occasion.

A Antananarivo ville, les éleveurs utilisent la Jacinthe d'eau pour nourrir leurs vaches laitières. La collecte de cette plante permet à plusieurs centaines de gens de gagner de l'argent. Le résultat de la recherche menée par D. Ramampihirika de l'IHSM montre que 0,35 mètre cube normal de biogaz est produit par 1 kilogramme de biomasse sèche. La valeur énergétique de ce biogaz est de 5200kcal/m³. Ce biogaz est un substitut des carbones fossiles et des combustibles ligneux. Son utilisation permet de limiter l'achat des produits pétroliers, d'éviter la déforestation, d'atténuer le changement climatique et de s'adapter aux effets du changement climatique. De plus, le résidu de la fermentation constitue un fertilisant de haute qualité car il garde la plus grande partie des éléments minéralisateurs des sols. Plusieurs objets comme des meubles peuvent être fabriqués avec les pétioles et les racines des jacinthes d'eau.

Cette plante peut apporter des réponses de qualités aux problèmes écologiques, économiques et sociaux que certaines régions intertropicales du monde traversent. Dans les milieux naturels où la jacinthe d'eau pousse, elle purifie les eaux chargées des polluants biologiques, chimiques provenant des fermes, des usines et des villes. Elle absorbe également le gaz carbonique de l'atmosphère. Récoltée et valorisée rationnellement, la jacinthe d'eau peut mettre à nos dispositions du biocarburant, de l'engrais biologique et des bio matériaux tous surs, écologiques et renouvelables donc

inépuisables. Ces bioproduits constituent respectivement des alternatives aux carbones fossiles, aux engrais chimiques et aux objets en bois et/ou en métal source de nombreuses pollutions comme le CO₂.

La culture de la jacinthe d'eau, la production de biocarburant et de compost, la fabrication de mobilier végétal ne dégagent aucune pollution et n'utilise aucun produit néfaste pour l'environnement. Mieux encore, la récolte et la valorisation de la jacinthe d'eau contre son invasion préservent les écosystèmes locaux.

Tout compte fait, des mesures urgentes sont nécessaires pour l'éradiquer de manière permanente et à long terme. Dans l'immédiat, la priorisation de la recherche multidisciplinaire est nécessaire. La surveillance permanente de la jacinthe sera également efficace et très utile, afin d'éviter son envahissement. Les recommandations suivantes sont avancées pour prioriser les actions nationales de résolution contre le problème sur les espèces invasives : a). Prioriser le programme national de lutte contre les espèces envahissantes ; b). Créer des ateliers nationaux, régionaux et locaux : sur les besoins scientifiques et techniques relatifs à la mise en œuvre du Plan stratégique pour la lutte contre les espèces envahissantes ; c) Rechercher les outils et les méthodes de soutien des politiques générales au titre de la Convention ; d). Élaborer un compte rendu ou cahier de charge ; e). Réalisation de l'état zéro écologique et mise en œuvre du suivi écologique ; f). Créer un outil de surveillance par Télédétection satellitaire et cartographie afin de recenser et contrôler les zones infestées ; g). Identification et promotion du potentiel éco touristique du site et mise en œuvre d'un système de suivi ; j). Gestion du projet, restitution des résultats auprès des populations locales et valorisation auprès de la communauté scientifique internationale. Pour le lac Ravelobe en particulier, il faudra prioriser l'évaluation et l'étude des impacts de la prolifération de la jacinthe et déduire les mesures nécessaires pour éradiquer la jacinthe d'eau.

V.3.4 HISTORIQUE DE LA LUTTE CONTRE *PROCAMBARUS SP.*

Les études proprement dites sur cette espèce n'ont commencé qu'en 2007 même si elle était supposée présente depuis 2003 (Jones et *al.*) tandis que le début d'information sur l'espèce était en 2006. C'est après avoir effectué l'étude sur les écrevisses endémiques de Madagascar que l'apparition de cette espèce exotique a été constatée. De 2005 à 2010, les actions ont comporté plusieurs phases évolutives selon l'importance des données obtenues et la partie sensibilisation a pris une grande place dans toutes les interventions. Dès la première intervention de l'équipe dans ce projet, les cibles pour les activités d'IEC1 ont saisi tout de suite les messages véhiculés sur la fatalité de cette espèce. A partir de 2010, faute de moyens financiers, les actions de lutte sont ralenties et elles sont focalisées sur des initiatives locales et ponctuelles.

Valorisation et perspectives de lutte

La valorisation de *Procambarus* aide à son élimination et sa propagation dans plusieurs lieux. Depuis son existence, cette espèce constitue une source de revenus pour certaine population par la vente. Quelques paysans commencent à utiliser le fozaorana comme provende pour leurs bétails et ils trouvent déjà des avantages sur la croissance rapide de leur élevage. D'autres utilisations de l'espèce ont été constatées également comme vidange des latrines, séchage pour nourriture, etc. La valorisation de cette espèce à une

grande échelle sera envisagée pour éliminer ou au moins diminuer la propagation de *Procambarus* à Madagascar.

Dans une perspective plus large, *Salvinia molesta* pourrait être valorisée pour créer des textiles à séchage rapide, des peintures plus durables, non polluantes ou encore des revêtements totalement imperméables pour la construction des coques de bateaux avec une réduction de consommation de carburant d'environ 10 % (Ritter, 2010).

V.3.5 LUTTE CONTRE LE RADAKA BOKA

Une étude de faisabilité d'éradication a été menée avec Amphibian Specialist Group et plusieurs partenaires. C'est une action stratégique est très couteuse mais prévoit des résultats à long terme. Des options sont proposées afin que chaque partie prenante balance les avantages et les inconvénients de cette action. Comme options on a :

1. Ne rien faire et accepter que les crapauds deviennent une partie permanente de la biodiversité de Madagascar avec les impacts indirects de santé, environnementaux économiques et humains.
2. Entreprendre un contrôle pérenne des populations de crapauds dans les sites prioritaires ce qui peut protéger les espèces ou les sites hautement prioritaires, mais aura un coût financier continu à perpétuité et accepter les impacts sanitaires environnementaux, économiques et humains à travers presque tout le pays.
3. Contenir la propagation des crapauds à leur répartition actuelle, si cela est possible compte tenu de la gamme d'habitats qu'ils habitent actuellement et l'incertitude de détecter et de supprimer les crapauds à faibles nombres
4. Eradiquer les crapauds. Cela permettrait d'éliminer tous les impacts écologiques, économiques et sociaux possibles que les crapauds peuvent avoir sur Madagascar sans d'autres implications de coûts à long terme que les améliorations continues à la biosecurité.

Les avantages de toute opération de contrôle dépendent de l'ampleur de l'opération, à la fois dans l'espace et en intensité c'est à-dire le niveau auquel la population de crapaud est réduite, ainsi que le niveau des ressources engagées. Tout programme de contrôle nécessite l'engagement des ressources associées à perpétuité puisque les avantages seraient perdus peu après que le programme ait été arrêté. Ainsi tout programme de contrôle deviendra rapidement plus cher que l'éradication.

L'éradication, ainsi que le contrôle de haute intensité, nécessite le développement / la confirmation de techniques pour détecter les crapauds à basse densité et d'éliminer efficacement les crapauds à toutes les densités.

Pour entreprendre l'éradication les suivantes sont nécessaires :

- Mise en place d'un organe de gouvernance/ direction

- Mise en place d'une structure de gestion et d'administration appropriée.
- Confirmation des finances – initialement pour les essais suivis par l'opération d'éradication si les essais suggèrent la viabilité de l'éradication
- Mise en place de systèmes de biosécurité appropriés pour prévenir la propagation des crapauds assistée par les humains dans, sur et à Madagascar ; pour prévenir l'introduction d'espèces envahissantes supplémentaires et si l'éradication est un succès pour empêcher la réintroduction de crapauds.
- Mise en place de programmes éducatifs pour informer les résidents sur les impacts et les risques posés par les crapauds, les techniques à utiliser pour l'éradication, la façon dont ils peuvent être en mesure d'aider à l'éradication et pour aider à identifier l'ampleur de l'incursion et de toutes les populations satellites
- Une carte des habitats, l'ampleur de l'incursion, et les obstacles éventuels au mouvement de crapauds
- Développer une estimation de densité pour les crapauds dans divers habitats pour informer le déploiement stratégique de méthodes.
- Développer / confirmer des techniques d'euthanasie sans cruauté.
- Développer / confirmer la sensibilité des techniques de détection, y compris la détection acoustique, les tunnels de suivi et de l'ADN de l'environnement.
- Confirmation des techniques de détection et de suppression y compris l'enlèvement à la main ; clôture barrière et pièges fosse ; pulvérisation d'acide citrique / de saccharose ; emplacement acoustique ; pièges à têtards ; herbicide ; la collecte des œufs ; la gestion des ordures ; les chiens détecteurs de crapaud ; le remblayage ou le traitement des plans d'eau et les pièges à crapaud. Cela nécessitera des essais initiaux pour confirmer leur efficacité.

Sans tenir compte du fait que l'on procède à l'éradication ou non, il est recommandé que les mesures de biosécurité soient mises en place pour empêcher de nouvelles incursions et un programme de sensibilisation du public mis en œuvre pour éduquer les résidents sur les crapauds et de leurs impacts ainsi que les risques associés afin de minimiser le risque d'intoxication humaine qui est connue pour être potentiellement mortelle.

Que peut-on faire pour les plantes ?

- Eliminer toute sorte de barrage comme les ripisylves (formations boisées linéaires étalées le long de petits cours d'eau, modifiant du lit des cours d'eau) qui peut fixer la plante et la permet de se développer à un endroit
- Traiter les causes de leur prolifération (activités humaines, pollution des eaux).

- Agir en priorité sur l'état du milieu (cours d'eau et plans d'eau) : qualité physique de l'eau, dégradation du milieu avant d'envisager des solutions curatives
- A moyen terme, ces plantes seront un danger sur la flore fluviale, lacustre...Des mesures doivent être prises, comme l'éradication physique, l'expérimentation d'éradication, la valorisation des espèces envahissantes
- Et surtout prévenir plutôt que guérir : introduire une plante dans notre pays n'est pas toujours la bonne option !!!!!

VI PRODUITS DE PECHE CONTINENTALE

VI.1 INTRODUCTION

Les zones de pêche continentale malgache concernent surtout les lacs, les marais et les lagunes. Les eaux des fleuves ou des rivières ne sont pas productives en raison de leur turbidité à l'exception de la Lily (haut bassin de l'Ikopa, exutoire du lac Itasy), le Mangory (versant Est) et l'Ihosa (haut bassin de Mangoky). Sur 2000 km² de zones piscicoles exploitables, 1500 à 1600 km² environ sont exploités en pêche, en pisciculture en étang et/ou en enclos, parmi lesquelles les plus importantes par leur superficie et leur production sont le lac Alaotra, le lac Kinkony, le lac Itasy, le lac Mantasoa, le lac Tsiazompaniry, la région de Miandrivazo, le cours intérieur de la Tsiribihina et les lagunes associées au canal des Pangalanes. Ces zones sont pour la plupart associées aux principaux bassins hydrologiques de l'île.

La faible production piscicole des milieux naturels et l'absence de qualités requises pour servir de poissons d'élevage ou d'exploitation intensive des espèces autochtones, dulçaquicoles et euryhalines appartenant, principalement, aux familles des CHAETODONIDAE, BEDOTIDAE, GOBIDAE, CICHLIDAE, ont justifié l'introduction d'espèces nouvelles plus robustes.

Sur 23 espèces introduites officiellement depuis 1914, seules 5 ne sont pas acclimatées. Les introductions réussies concernent celles de la carpe (*Cyprinus*), des tilapias (*Tilapia*), du cyprin doré (*Carassius auratus* L.) et *Heterotis niloticus*. Les espèces introduites ont supplanté la faune autochtone. C'est le cas de *Paratilapia polleni* (Marakely) qui a, pratiquement, disparu des plans d'eau des Hautes terres. Le Black-bass (*Micropterus salmoides*) est un prédateur des juvéniles de *Ptychochronoides betsileanus* (Katria). Le poisson Fibata (*Channa maculata*), originaire des Philippines est un carnivore strict, très vorace, à large spectre alimentaire.

VI.2 MENACES ET PRESSIONS SUR LA PECHE CONTINENTALE

Les plans d'eau continentaux sont depuis des années exposés à de nombreuses menaces. Autant les autorités que les exploitants sont conscients de la diminution de la baisse de production. Aucun plan d'aménagement de ces zones n'a encore été élaboré. Leur superficie diminue, la faune et la flore environnantes sont détruites...et la prolifération des plantes aquatiques envahissantes entrave l'exploitation de certains

plans d'eau. Mais la plus grande menace est la surexploitation des ressources halieutiques. Faute de contrôle strict et de suivi de l'activité de pêche, la pression est de plus en plus accrue en raison de la démographie galopante. De plus, face au faible rendement piscicole de ces plans d'eau, les pêcheurs ont tendance à utiliser des engins peu sélectifs. Les statistiques publiées sur la pêche continentale sont peu fiables. Plusieurs zones de pêche dont certaines sont très éloignées ne sont pas couvertes par le service statistique de l'administration de pêche. Ce qui rend davantage la gabegie constatée dans l'exploitation de la filière.

VI.2.1 IMPACTS DE L'INTRODUCTION SUR LE PLAN ENVIRONNEMENTAL ET SOCIO-ECONOMIQUE

L'introduction de nouvelles espèces dans les plans d'eau de Madagascar a permis au pays de disposer d'espèces à large spectre alimentaire et à forte résilience, celle-ci se caractérisant par une prolificité élevée, un bon taux de survie et une croissance rapide. En suivant au cours des années l'évolution de la pêche continentale dans trois des principaux plans d'eau de Madagascar, on est frappé par l'importance prise par ces poissons introduits. Ils représentent désormais presque la totalité des captures et constituent actuellement la base de la faune ichtyologique. Toutefois, il ne faudrait pas attribuer uniquement ce changement aux effets des introductions. La population environnante, par la pêche et l'intensification des activités agricoles, a probablement aussi contribué au déclin de la faune autochtone.

Ces introductions se sont accompagnées parfois de grands changements environnementaux, qui ont affecté en priorité les habitats et les chaînes trophiques. Ainsi, en remuant la vase, la carpe commune augmente la turbidité, créant ainsi des conditions défavorables pour les espèces autochtones qui ont besoin d'une eau claire pour se développer et se reproduire (cas du *Ptychochromis betsileanus*). Une compétition s'est également installée sur les zones de frai, induisant un effet sur le recrutement des espèces. Celles qui pratiquent l'incubation buccale (tilapia du genre *Oreochromis*) ont pris l'ascendant sur les espèces autochtones ou introduites ayant un mode de reproduction moins performant. La prédation qu'exercent les espèces carnivores introduites a également engendré une modification de la composition de la faune locale. Ainsi le peuplement de gambusies a fortement diminué à la suite de l'introduction illicite du fibata (*Ophiocephalus striatus*). Cette espèce carnivore constitue actuellement une menace pour l'ensemble de la faune piscicole autochtone et introduite de Madagascar.

Malgré la régression effective des espèces autochtones, il faut insister sur le fait que ces diverses introductions ont permis une nette augmentation de la production piscicole totale (Moreau *et al.*, 1988), d'autant que de nouvelles méthodes de pêche ont permis d'accroître les rendements. Ainsi des plans d'eau artificiels comme les lacs Mantasoa et Tsiazompaniry destinés à des projets d'irrigation agricole et de production d'énergie électrique ont pu être mis en valeur par l'exploitation halieutique (Moreau, 1971). Au

total, la production annuelle de la pêche continentale a doublé entre le début des années 1950 et les années 1980, passant de 15 000 à 30 000 t (Kiener, 1963 ; DPRH, 1989).

VI.3 SITUATION DE LA PRODUCTION A MADAGASCAR

La majorité des poissons de Madagascar est composée d'espèces marines qui se sont plus ou moins adaptées à la vie en eau douce. De nombreuses espèces sont donc euryhalines (elles tolèrent d'importantes variations du taux de salinité), particulièrement sur la côte occidentale où la présence de vastes estuaires et la faible pente des cours d'eau favorisent cette adaptation. En revanche sur la côte orientale, le relief abrupt constitue un facteur limitant quasi rédhibitoire pour l'expansion des espèces marines vers l'intérieur des terres. Pour coloniser les plans d'eau des Hautes Terres de l'île, les poissons doivent franchir deux barrières importantes : de nature physiologique, la première est constituée par le passage de l'eau de mer à l'eau douce ; la seconde relève de la topographie (présence de falaise) et de l'altitude qui modifie les paramètres physico-chimiques de l'eau et plus particulièrement la température. Ces contraintes se traduisent par la faible diversité des espèces.

Madagascar est subdivisée en vingt-deux régions en place des six provinces qui ont perduré jusqu'à 2004. Sur un réseau routier long de 25 000 km, seul 5 000 km sont bitumés (les routes nationales). Les liaisons entre les régions et à l'intérieur de la plupart d'entre elles sont très vétustes, voire impraticables, lorsqu'elles existent ; 30 % des communes ne sont reliées à aucune route provinciale (Razafindranovona, 2003). Ces contraintes pèsent lourdement sur le développement des différentes filières des produits de la pêche et pénalisent les productions des zones côtières de l'Est et de l'Ouest (Belo sur Tsiribihina, lac Kinkony, canal des Pangalananes...), dont l'important potentiel halieutique ne peut pas être pleinement valorisé du fait de leur éloignement d'Antananarivo. Outre les difficultés de communication, l'absence d'énergie électrique dans les zones de production prive le secteur halieutique de possibilités de fabrication des pains ou écailles de glace qui autorisent l'acheminement des produits de la pêche fraîche sur de longues distances. La distance géographique entre les zones de production et les centres de consommation, et les problèmes de transport qui lui sont associés sont aussi à l'origine de la motivation pour introduire de nouvelles espèces de poissons dans les plans d'eau de la région des Hautes Terres.

Malgré ces efforts et l'existence de 150 000 ha exploitables (du fait de la bonne maîtrise de l'eau), la production piscicole de Madagascar demeure aujourd'hui très faible (MAEP/FAO, 2005). Elle ne dépasse guère 2 400 t/an, en raison notamment d'une concurrence avec la riziculture sur l'utilisation des bas -fonds. Si les pratiques culturelles actuellement vulgarisées – le système de riziculture intensive (SRI) qui nécessite une gestion très stricte de l'eau (une mince lame d'eau avec des assèchements fréquents) – devaient se généraliser, la rizipisciculture serait amenée à disparaître.

Le tableau nous montre l'évolution de production de la pêche et de l'aquaculture par type de pêcherie (industrielle, artisanale, traditionnelle et aquaculture) au titre de l'année 2003-2013. Durant la période, la production varie entre 120 000 à 138 000 tonnes, de 2010-2011 était en baisse, et reste stationnaire de 2003-2009 ;2012-2013. Rappelons que le potentiel en pêche et en aquaculture est évalué à environ 470 000

tonnes, étant donné que la production durant cette période ne représente que la moitié du potentiel théorique exploitable, soit 134 000 tonnes.

En générale, 71% représente la production maritime de la production totale, 23% en aquaculture marine et 6% sous-secteur dulçaquicole.

C'est la pêche traditionnelle maritime (60,6%) et la pêche traditionnelle continentale (31,9%) qui apportent la majeure partie des produits consommés localement ; la part des autres branches est faible (pêche industrielle maritime 4,8% et l'aquaculture continentale 2,5%) ;

Le sous-secteur maritime, aussi bien la pêche que l'aquaculture, offre des opportunités intéressantes pour la production de ressources lucratives à l'exportation.

Production d'eaux douces (Tonne)	20,890
Pêche continentale	17,486
Pisciculture en étangs	800
Production de truite	4
Rizipisciculture	2,600
PRODUCTION TOTALE (Tonne)	119,006

SOURCE : Enquête Cadre National 2012 (Provisoire) MRHP

Production d'eaux douces 2012	
Pêche continentale (Tonne)	16,404
- Poissons	14,340.06
- Crevettes d'eau douce	516.77
- Gambusias	343.72
- Varilava d'eau douce	716.85
- Anguilles	214.85
- Grenouille	0.30
- Cuisse de nymphe	0.07
- Caridines	98.43
- Ecrevisses	21.40
- Tsivakia	7.46
- Vily Mena	0.19
- Foza	143.68
Aquaculture d'eau douce (Tonne)	3,598
- Pisciculture en étangs	848
- Production de truite	
- Rizipisciculture	2,750
- Culture d'Anguilles	
- Culture d'Alevins (Nombre)	
Production totale (Tonne)	123,186

SOURCE : Enquête Cadre National 2012 (Provisoire) MRHP

PRODUCTION EAU DOUCE 2013 (Tonne)	25,147
Pêche continentale	24,151
- Poissons	23,143
- Crevettes d'eau douce (Gambas)	382
- Gambusias	15
- Varilava d'eau douce	239
- Anguilles	220
- Grenouille	2
- Caridines	39
- Ecrevisses	11
- Tsivakia	13
- Vily Mena	7
- Foza	80
Aquaculture d'eau douce (Tonne)	996
- Pisciculture en étangs	587
- Production de truite	89
- Rizipisciculture	320
- Culture d'Alevins (Nombre)	11792469
PRODUCTION TOTALE	129,094

SOURCE : Enquête Cadre National 2012 (Provisoire) MRHP

Répartition des pêcheurs recensés selon le type				
		Type de pêcheur		Total
		Piroguier	A pied	Effectif
		Effectif	Effectif	
Région	Analamanga	1,186	265	1,451
	Itasy	1,378	203	1,581
	Vakinankaratra	150	41	191
	Vatovavy Fitovinany	4,355	1,001	5,356
	Atsimo Atsinanana	1,670	784	2,454
	Atsinanana	5,292	852	6,144
	Analanjirofo	4,671	1,129	5,800
	Alaotra Mangoro	1,808	167	1,975
	Boeny	5,856	1,957	7,813
	Sofia	3,662	813	4,475
	Betsiboka	1,492	303	1,795
	Melaky	2,913	1,057	3,970
	Atsimo Andrefana	11,939	3,190	15,129
	Androy	1,115	2,076	3,191
	Anosy	4,861	1,355	6,216
	Menabe	5,224	1,368	6,592
	Diana	5,909	1,666	7,575
	Sava	1,984	777	2,761
Total		65,465	19,004	84,469

SOURCE : Enquête Cadre National 2012 (Provisoire) MRHP

REGIONS	AM	ALG	ALJ	AND	ANS	AAND	AATS	ATS	BET	BOE	BGL
PRODUCTION EAU DOUCE	80	420			38	46	781	770	1240	2861	
Pêche continentale	74	274			38	46	781	757	1240	2861	
Poissons	69	274			30	46	721	500	1191	2590	
Crevettes d'eau douce (Gambas)							29	96		209	
Gambusias							7	7			
Varilava d'eau douce									49	56	
Anguilles					8		11	80		1	
Grenouille										2	
Cuisse de nymphe											
Caridines								31			
Ecrevisses	5										
Tsivakia							12			1	
Vily Mena											
Foza								43			
Aquaculture d'eau douce	6	146						13			
Pisciculture en étangs		57						13			
Production de truite		89									
Rizipisciculture	6										
Culture d'Anguilles											
Culture d'Alevins (Nombre)	4370000	1232400						40100		40000	
PRODUCTION TOTALE											

REGIONS	DIA	IHO	ITS	MGR	MAMB	MEL	MEN	SAV	SOF	VAK	VFV
PRODUCTION EAU DOUCE	43	490	1630		756	420	3728	20		11677	146
Pêche continentale	43	390	1584		324	420	3726	20		11426	146
Poissons	43	390	1578		320	412	3533	17		11426	
Crevettes d'eau douce (Gambas)			3		1		43				
Gambusias											
Varilava d'eau douce											
Anguilles			1			4	2	3			111
Grenouille											
Cuisse de nymphe											
Caridines											
Ecrevisses	5				3	4					
Tsivakia											
Vily Mena											
Foza			2								36
Aquaculture d'eau douce	6	100	46		432		2			251	
Pisciculture en étangs		100	46		120		1			251	
Production de truite											
Rizipisciculture	6				312		2				
Culture d'Anguilles											
Culture d'Alevins (Nombre)								141138		596783 1	
PRODUCTION TOTALE											

DONNEES PRODUCTION PAR TYPE DE PECHERIE-SERVICE STATISTIQUE DU MRHP
PRODUCTION DE LA PECHE ET DE L'AQUACULTURE POUR L'ANNEE 2003-2010

Unité : en Tonnes

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Production maritime	105,475	102,366	99,998	100,943	98,141	90,464	98,456	93,745
Pêche industrielle	23,920	23,574	20,935	21,270	19,405	17,226	9,682	19,636
- Crevettes	8,545	7,155	5,312	5,442	4,679	2,922	3,512	3,250
- Poissons d'accompagnement	3,105	4,089	3,273	3,453	2,341	1,618	1,180	2,276
- Crevettes d'eau profondes		30			ND			
- Poissons de fonds	2,270	2,300	2,350	2,375	2385	2,686	346	110
- Thons	10,000	10,000	10,000	10,000	10000	10,000	4,644	14,000
Pêche artisanale	765	599	639	547	459	348	218	195.74
- Crevettes	726	590	572	490	401	311	131	-
- Poissons	39	9	67	57	58	37	87	196
Pêche traditionnelle	71,870	71,950	72,020	72,350	69,820	72,890	88,556	73,913.02
- Crevettes	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450
- Crabes	1,450	1,500	1,525	1,600	1370	1,370	2580	2,019
- Langoustes	450	450	500	550	380	450	432	367
- Trépangs	850	850	820	850	470	470	302	415
- Algues	5,170	5,200	5,225	5,300	3650	3,650	3600	3,600
- Poissons	55,000	55,000	55,000	55,000	55000	56,000	56,000	56,000
- Huitres								
- Cephalopodes								
- Autres (Anguilles, Coquillages, ailer...)	5,500	5,500	5,500	5,600	5500	7,500	22,192	8,061
Aquaculture marine	8,920	6,243	6,404	6,776	8,457	8,000	3,260	2,000
Production d'eaux douces	32,450	32,550	32,650	32,750	32,630	32,630	32,828	33,500
Pêche continentale	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Pisciculture en étangs	950	1,000	1,050	1,100	0	540	528	850.00
Production de truite					ND			ND
Rizipisciculture	1,500	1,550	1,600	1,650	2,090	2,090	2300	2,650
Production totale	137,925	134,916	132,648	133,693	130,771	131,094	134,544	129,245

SOURCE : Enquête Cadre National 2012 (Provisoire) MRHP

VII MESURES PRISES ET A ENTREPRENDRE

VII.1 STRUCTURE DE GESTION

L'exploitation des plans d'eau continentaux est gérée par l'Etat, à travers le Ministère chargé de la Pêche et des Ressources Halieutiques, et plus précisément le Service de la pêche continentale des circonscriptions. La faible production piscicole des milieux naturels et l'absence de qualités requises pour servir de poissons d'élevage ou d'exploitation intensive des espèces autochtones ont justifié l'introduction d'espèces nouvelles plus robustes, il y a des dizaines d'années. Les premiers déversements d'alevins ont enrichi les plans d'eau des ressources halieutiques.

Un plan de rempoissonnement des grands plans d'eau menacés de surexploitation a été prévu. Cependant, les crédits nécessaires pour leur réalisation effective n'étaient pas suffisants. La période de fermeture annuelle de 2 à 3 mois a été instaurée pour certains lacs. Actuellement, l'essentiel des ressources piscicoles des eaux intérieures est composé de carpes et de tilapias. De ces introductions de nouvelles populations résulta une augmentation de la production piscicole des eaux intérieures.

Des textes réglementaires interdisant l'utilisation d'engins peu sélectifs et destructeurs des milieux et des ressources existent. L'inapplication de ces textes, conjuguée avec la forte croissance démographique de la population environnante, a entraîné une surexploitation croissante de ces plans d'eau, dont ceux des zones d'accès facile ou nouvellement désenclavés, sont soumis à une exploitation de plus en plus intensive, résultant de la pression démographique et entraînant une surexploitation des stocks.

Concernant la formation, le suivi statistique et l'hygiène des produits sur les marchés et dans les poissonneries, prévus pour la pêche traditionnelle, les actions n'ont touché que la pêche traditionnelle maritime. En fin de compte, l'administration des pêches et les bailleurs de fonds ont apparemment délaissée la pêche continentale. Pendant plus d'une dizaine d'années, cela n'a fait aucun objet de suivi, ni bénéficié d'un quelconque appui.

Les responsables du ministère de la Pêche ont relevé l'importance du respect de la fermeture de la saison de la pêche. En effet, le respect de la fermeture d'un mois de la pêche est impératif pour la reproduction des poissons. Si les pêcheurs pratiquent leurs activités tout au long de l'année, les ressources halieutiques sont menacées d'extinction, alors que la pêche continentale présente un réel potentiel pour le pays. Selon les études menées par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Madagascar dispose de 1500 à 1600 km² de plans d'eau naturels favorables à la pisciculture en cage ou en enclos ; de 1 750 km² à 2 000 km² de rizières irriguées dont 340 km² propices à la rizipisciculture, incluant 15 km² qui sont empoissonnés ; 20 km² de surface à bonne maîtrise d'eau aménageables en étang pour lesquels 4 km² sont empoissonnés. Les surfaces propices à la rizipisciculture ont un potentiel de production de 30 000 tonnes de poissons de taille commerciale par an.

VII.2 RIZIPISCICULTURE

Par ailleurs, l'élevage en étangs a considérablement régressé en surface et en production. Ces deux constats ont poussé l'administration des pêches avec la FAO à développer plutôt la rizipisciculture. Dans les années 90, la production piscicole a commencé à augmenter régulièrement.

Il existe actuellement 210 producteurs privés d'alevins et environ 140 000 paysans rizipisciculteurs et pisciculteurs. Parmi les poissons produits, la carpe de variété royale est la plus commune. Ensuite viennent le cyprin doré ou « trondro gasy » et le « tilapia ». Il n'existe pas de structure organisée pour la commercialisation des poissons d'aquaculture d'eau douce.

Depuis les années 90, deux stations de recherche piscicole et 31 stations piscicoles ont été créées. Elles ont pour vocation essentielle la production d'alevins cessibles pour la pisciculture en étangs et en rizières et pour des déversements dans les différents plans d'eau intérieurs ou d'altitude qui sont moins riches que les lacs côtiers.

VII.3 INTRODUCTION DE POISSONS POUR ENRICHISSEMENT

L'objectif principal de ces introductions était de contribuer à l'augmentation de la production piscicole des eaux intérieures, surtout dans la région des Hautes Terres, qui concentre 18 des 20 espèces introduites. Seules deux introductions ont été réalisées dans les régions côtières : *Osphronemus gourami* à l'Est et *Heterotis niloticus* à l'Ouest. Certaines espèces ont été introduites pour répondre à des attentes spécifiques qu'il s'agisse de la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme (gambusie) ou les mauvaises herbes envahissant les rizières du lac Alaotra (*Tilapia melanopleura* et *Tilapia zillii*) ou du contrôle par un prédateur – le black bass (*Micropterus salmoides*) – des espèces de tilapias nouvellement introduites dont la prolifération inquiétait. Toutes les introductions n'ont pas été couronnées de succès. Au total, 6 des 20 espèces introduites ne se sont pas acclimatées (tabl. 2). Pour celles qui l'ont été, la durée de l'adaptation aux conditions du milieu a été plus ou moins longue selon les espèces. Si les tilapias (*Tilapia sp.*, *Oreochromis sp.*), les carpes (*Cyprinus carpio*), le cyprin (*Carassius auratus*), le black bass (*Micropterus salmoides*), le fibata (*Ophiocephalus striatus*) et les gambusies (*Gambusia holbrooki*) ont connu une telle prospérité, c'est qu'ils ont trouvé des niches peu occupées par les espèces autochtones (Kiener et Mauge, 1966).

VII.4 PISCICULTURE DES POISSONS ENDEMIQUES

Depuis quelques années, la promotion de pisciculture des espèces endémiques et autochtones a été menée avec la démonstration d'un essai réussi à Andapa avec l'association APPA. L'idée c'est de repoissonner les rivières et bassins versants du Nord en poissons endémiques de cette région qui viennent de disparaître. Au moins 3 espèces ont été utilisées comme les Fony (*Paratilapia sp.* Andapa), Masovoatoka (*Paretroplus polyactis*) et Zono (*Rheocles sp.* Andapa). Les alevins étaient distribués aux différents ménages dans 3 communes Maroambihy, Belaoko-Lokoho et Andrakata. L'apport bénéficiaire de chaque ménage avant d'obtenir des alevins était la construction des étangs de pisciculture. Le nombre des alevins octroyés dépend de la superficie de chaque étang construit.

Cette action n'enrichit pas seulement les rivières mais également apporte des connaissances aux villageois sur l'importance de la préservation des poissons endémiques à Madagascar.

De 4 à 6 mois de grossissement, le poids moyen des poissons élevés était d'environ 200g, la plus petite était 150g et le plus grand était 250g. Au-delà de six mois, le poids est venu à 300g et il est très encourageant pour un premier essai avec une espèce endémique. Un étang d'une superficie de 0,90 acres avec initialement 50 alevins de *Paratilapia* produit en 10 kg moyenne des poissons avec un poids de 210g et environ un mille (1.500) des alevins après 6 mois. Le taux de survie est de 90% et cette espèce commence à se reproduire à 150g.