

LISTE DES ABREVIATIONS

B.D.H.M : Banque de Données Hydropluviométriques
B.D.R.E.S.M : Banque des Données sur les Ressources en Eaux Souterraines
B.R.E.T : Bilan des Recherches Environnementales Terrestres
C.N.E.A : Comité National de l'Eau de l'Assainissement
C.N.R.E : Centre National de Recherche Environnementale
C.N.R.I.T. : Centre National de Recherche Industrielle et Technologique
D.B.O : Demande Biochimique en Oxygène
D.B.O5 Demande Biochimique en Oxygène après cinq jours
D.C.O Demande Chimique en Oxygène
D.M.H : Direction de la Météorologie et de l'Hydrologie
DI.NI.KA : Bureau d'études
G.T.C.F : Germes Test de Contamination Fécale
H.C.C : Haute Cour Constitutionnelle
I.R.N.T : Inventaire des Ressources Naturelles Terrestres
JI.RA.MA : Jiro sy Rano Malagasy
L.A.M.E : Laboratoire d'Analyses Minérales et d'Essais
M.E.M : Ministère de l'Energie et des Mines
M.E.S : Matières en Suspension
O.D : Oxygène Dissous
O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé
O.N.E : Organisation Nationale pour l'Environnement
O.R.S.T.O.M : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, actuellement dénommé **IRD** (Institut de recherche pour le développement)
P.E.C : Programme Eaux Continentales
S.S.P.A : Stratégie Sectorielle et Plan d'Action
V.I.H ; S.I.D.A : virus d'immunodéficience humaine ; syndrome d'immunodéficience acquise
W.R.I : Word Ressources Institute

LISTE DE TABLEAUX

TABLEAU N°1 : Classification des eaux de surface

TABLEAU N°2 : Cas des eaux de rivières des environs d'Antananarivo

TABLEAU N°3 : Caractère physico-chimique du lac Alaotra

TABLEAU N°4 : Caractère physico-chimique du lac Itasy

LISTE DE FIGURE

Figure 1. Principaux fleuves et rivières de Madagascar

SOMMAIRE

	Page
I. Introduction	1
I.1.Situation géographique	2
I.2.Les ressources en eaux de surface	4
I.3.Bilan des ressources en eaux à Madagascar	4
I.3.1. Les précipitations	4
I.3.2. L'évaporation	5
I.3.3. Bilan hydrologique	5
I.4.L'utilisation de l'eau de surface	5
I.4.1. Provision en eau potable	5
I.4.2. Utilisation industrielle	6
I.4.3. Irrigation et élevage	7
I.4.4. Energie hydraulique	7
I.4.5. Pêche	8
II. Matériels et méthodes	9
III. Résultats de la recherche bibliographique	10
III.1.Les ressources en eaux	10
III.1.1. L'aspect qualitatif	10
III.1.2. L'aspect quantitatif	15
III.1.2.1. Le réseau hydrographique	15
III.1.2.2. Les grands lacs de Madagascar	18
III.1.2.3. Les autres milieux aquatiques et zones humides	19
III.1.3. La potabilité des eaux	21
III.2.L'eau et les problèmes environnementaux	22
III.2.1.Les rejets des eaux usées	22
III.2.2. Facteurs humains	23
III.2.3. Facteurs naturels	24
III.3.La gestion de l'eau	25
III.3.1.Le suivi des données sur les ressources	27
III.3.1.1. La banque de données hydropluviométriques	27

III.3.1.2. La banque de donnée sur les ressources en eaux souterraines	28
III.3.1.3. les autres réseaux d'observation	28
III.3.2. Le contrôle de la qualité des eaux	28
III.3.2.1. Le contrôle de la qualité physicochimique des eaux	28
III.3.2.2. Le contrôle de la qualité de l'eau de consommation	29
III.3.3. La crise mondiale en quelques chiffres	29
III.3.4. La connaissance et la gestion des ressources	30
Discussion	33
Conclusion	36

INTRODUCTION

Vue de l'espace, la terre apparaît comme une planète bleue, couverte par des mers et des océans sur les deux tiers de sa surface. Mais l'eau est répartie de manière inégale sur notre planète.

L'eau est indispensable à la vie. Elle est essentielle à toutes formes de vie végétale ou animale. Sans l'eau il n'y aurait pas de vie. Pour vivre, l'homme a besoin de différents types d'eaux tant sur la qualité que sur la quantité. Si la qualité de l'eau dépend de son origine, la quantité par contre est en corrélation avec la situation géographique, avec le changement climatique et la saison.

Du point de vue origine, l'eau peut être subdivisée en eau souterraine et eau de surface. Cette dernière occupe la plus grande partie de la répartition de l'eau sur notre planète terre. L'eau de surface est utilisée en générale dans l'agriculture, puis dans l'industrie et au sein de chaque foyer. Du barrage hydraulique pour l'obtention d'électricité et pour l'irrigation des champs et des rizières, en passant par les stations de pompages, les usagers ont besoin d'une quantité énorme d'eaux.

Les ressources d'eau disponibles, à savoir les eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs et rivières) ainsi que les eaux souterraines (nappes phréatiques profondes exploitées par des puits ou des forages) répondent rarement aux besoins des utilisateurs. Non seulement elles sont polluées par les activités humaines, mais elles deviennent de plus en plus rares à cause du changement climatique (par exemple la sécheresse, l'érosion).

Depuis de nombreuses années, protéger notre eau est devenu une nécessité.

Notre recherche bibliographique consiste à étudier les problématiques des eaux de surface à Madagascar à savoir la répartition géographique, les caractéristiques physico-chimiques, la gestion et la protection des ressources en eaux de surface à Madagascar.

La première partie de ce travail est consacrée à un aperçu général sur les eaux de surface à Madagascar. Puis à la deuxième partie, nous donnerons les méthodes et les matériels utilisés pour cette recherche. A la troisième partie nous allons exposer les résultats suivis d'une discussion et de certaines recommandations.

I.1. Situation géographique, climat et population

L'île de Madagascar s'est séparée du continent Africain, il y a environ 165 millions d'années, en raison de la dérive des continents. Elle se localise dans le Sud de l'Afrique et à l'Est du Mozambique.

Les coordonnées sont de 2000' S, 4700' E sur la référence d'Afrique. Madagascar occupe une superficie de 587040 km² (99,06%) de la terre et 5500 km² (0,94%) de l'eau. Elle peut être divisée en cinq régions géographiques : la côte Est, le massif de Tsaratanana, les hauts plateaux du Centre, la côte Ouest et le Sud Ouest.

Trois traits généraux dominent la topographie de Madagascar :

- un relief accidenté
- une dissymétrie Est-ouest
- une opposition entre les hautes terres et les régions côtières.

Du point de vue géomorphologique, le socle très plissé et très arasé couvre presque la partie centrale et la partie orientale du pays. Par contre, sur toute la partie occidentale, on trouve une couverture sédimentaire à l'intercalation volcanique depuis Antsiranana jusqu'à l'extrême Sud.

Les sols se répartissent selon trois régions :

- Le versant oriental où prédominent des sols ferrallitiques « jaune sur le rouge », des sols de teinte jaunâtre et des sols tourbeux riches en sulfures.
- Dans le domaine des Hautes plateaux à influence occidentale : prédominent les sols ferrallitiques rouges et les sols tourbeux.
- La zone occidentale et méridionale où dominant des sols ferrugineux tropicaux, calcimorphes ou méditerranéens reposant en majorité sur le socle.

La forêt couvrait 13,26 millions d'Ha en 1996, soit 23% de la superficie totale. On remarque cependant que de 1997 à 2000, la direction générale des eaux et forêts a enregistré la destruction par les feux de brousses de près de 3,74 millions d'Ha, les superficies reboisées ne couvrant que 14 200 Ha pendant cette même période. On a trois types de végétations :

- ☺ La forêt ombrophile dans les régions sans saisons sèches sur les versants orientaux
- ☺ La forêt tropophile de l'Ouest correspondant au climat à saison sèche

☉ La brousse xérophile à épineux et succulent rencontré dans le Sud Ouest région effectivement sèche

Concernant le climat, quatre zones climatiques sont observables :

➤ La province de Toamasina et une partie de la province d'Antsiranana dans l'Est ont un climat tropical humide : la pluviométrie est supérieure à 1500mm par an avec un ou deux mois secs et la température du mois le plus frais est de 15°.

➤ La province de Antananarivo et les hautes terres de la province de Fianarantsoa et la région de Tsaratanana (d'altitude comprise entre 900 et 2000 m) sont caractérisés par un climat tropical dont la pluviométrie est supérieur à 1500 mm par an avec quatre ou cinq mois secs et la température est comprise entre 10° et 15°C au mois le plus frais.

➤ La province de Mahajanga et la partie Nord de la province de Toliara, dans la région côtière Ouest, ont un climat tropical sec, la pluviosité est inférieure à 800 mm par an avec 8 mois secs.

➤ Sur la partie Sud de la province de Toliara le climat est semi-aride, la pluviosité est inférieure à 400 mm par an avec 8 mois secs et la température du mois le plus frais est de 20°C.

D'une manière générale, à l'exception de la côte Est et de l'île de Nosy-be, la présence de saison chaude et humide (octobre à mars) et une saison plus fraîche et moins pluvieuse (avril à septembre) est très nette. La hauteur de la pluviométrie peut dépasser les 3000 mm dans la zone Nord-Est. Par contre dans le Sud, on enregistre une sécheresse très marquée et prolongée. Sur la côte Est, la pluie est répartie pendant toute l'année.

Madagascar est frappé chaque année par des cyclones tropicaux, et le plus souvent entre les mois de décembre et mars.

La population totale était estimée à 17,9 millions d'habitants en 2004, soit une densité de 30 habitants par km². Le taux de croissance démographique était de 2,8%. en 2001. Les 27% de la population habitent dans la région urbaine et les 73% en milieu rural.

Le taux d'accès de la population aux sources améliorées en eau potable était évalué à 45% en 2002. Il varie de 72% en milieu urbain à 34% en milieu rural.

I.2. Les ressources en eau de surface

L'eau de surface se classe en deux catégories :

- L'eau courante : les ruisseaux, les rivières et les fleuves.
- L'eau stagnante : les étangs, les marais, les marécages, les tourbières et les lacs.

Voici quelques définitions des différentes sortes d'eaux de surface

Ruisseau : c'est un petit cours d'eau peu considérable, eau qui coule dans les rus et on peut dire que c'est tout ce qui coule en abondance.

Rivière : la rivière vient de la montagne, c'est d'abord un tout petit ruisseau qui serpente très vite entre les roches. Son eau est si pure qu'elle est transparente. Dès que la rivière est descendue de la montagne, elle se glisse dans la vallée. Là elle rencontre d'autres rivières qui le font grossir.

Fleuve : c'est une l'ensemble des rivières.

Etang : c'est étendue d'eau naturelle ou artificielle qui stagne

Marais : c'est la région basse où s'accumulent sur une faible épaisseur d'eaux stagnantes qui se caractérisent par une végétation particulière.

Marécage : terrain bas, humide, couvert de marais

Tourbière : c'est une sorte de marécage où se forme la tourbe

Lac : si la terre présente des eaux importantes et que les fonds sont plus ou moins imperméables, certaines rivières s'y étalent pour former des lacs

I.3. Bilan des ressources en eaux à Madagascar

I.3.1. Les précipitations

La source primaire d'eau douce provient des précipitations. A Madagascar, les apports pluviométriques annuels présentent très une grande diversité allant de 3800 mm dans la baie d'Antongil au Nord-Est à 380mm dans l'extrême Sud-Ouest. Entre le littoral et les premiers reliefs de la bordure orientale, il existe une certaine homogénéité (2500 mm à 3500 mm). Sur la côte Ouest, du Nord (Analalava) au Sud (Faux cap) la pluviométrie décroît progressivement (de 1760 mm à 380 mm). De l'Est en Ouest, on voit généralement une décroissance des pluies annuelles des Hauts Plateaux.

Des abondances des précipitation sont observées au Nord sur le massif de Tsaratanana (2500 mm) au Nord-Ouest (axe Mahajanga-Maevatanana : entre 1500mm et

2500mm) et sur les massifs centrales (Ankaratra et Andringitra : 2500mm). L'opposition la plus marquée est constatée au Sud de Ford Dauphin à Ambovobe où sur quelques dizaines de km, les moyennes annuelles passent de 1500mm à 500mm.

I.3.2. L'évaporation :

Globalement, les valeurs moyennes annuelles de l'évaporation sur les nappes d'eau libre sont environ de :

- 2000 mm dans le Nord-Ouest,
- 1600 mm dans le Sud,
- 1400 mm dans le Sud-Ouest,
- 1000 mm à 1100 mm sur les Hauts Plateaux
- 700 mm sur le versant oriental.

I.3.3. Bilan hydraulique

Les écoulements annuels disponibles en eau sont apportés par les précipitations diminuées des pertes par évapotranspiration, par l'infiltration profonde et par l'absorption naturelle des végétations.

Les prélèvements annuels en eau douce à Madagascar sont estimés à 16,3 km³ soit 41% de la totalité des ressources et environ 1,670 m³ par habitant (**Ressources mondiales 1992-1993, W.R.I**).

I-4- Utilisation de l'eau de surface

I-4-1- Provision en eau potable :

Parmi les 232 localités, 65 disposent d'une adduction d'eau gérée par la JI.RA.MA, celles qui représentent environ 2.606.000 habitants, dont 1.900.000 sont ko et 22% de la population totale de Madagascar.

Généralement en bon état de fonctionnement, les installations de la JI.RA.MA fournissent entre 40 litres par jour par habitant (cas de Fianarantsoa) à 117 litres par jour par habitant (cas d'Antsiranana). La consommation moyenne pour tout Madagascar est ainsi de 77,3 litres par jour par habitant.

Le prélèvement en eau de la JI.RA.MA pour l'approvisionnement en eau potable dans le milieu urbain est annuellement de 59.5000.000 m³ pour les eaux de surface et de

13.500.000 m³ pour les eaux souterraines. L'installation d'adduction d'eau gérée par les collectivités comprend 55 localités dont 32 chefs-lieux de Commune urbaine. Elles assurent environ 200 000 personnes, soit 6% de la population urbaine et 0,02% de la population totale.

Globalement donc, 110 localités regroupant 70% de la population urbaine (environ 2,8 million d'habitants) sont desservies par la JI.RA.MA et par les collectivités. Ainsi, il reste 122 localités urbaines qui ne disposant pas de système de provision en eau potable, soit environ 600 000 personnes urbanisées.

L'alimentation en eau en milieu rural est assurée par :

- les petites adductions d'eaux gravitaires (349 desservants environ 295000 personnes soit 3,79% de la population rurale).
- les puits busés (813 pour 281.578 personnes soit 3,61% de la population rurale)
- les forages (305 forages utilisés par 149.678 personnes soit 1,92% de la population rurale)
- les impluvium (337 approvisionnant 206.678 personnes soit 2,64% de la population rurale).

En tout, 11,96% de la population rurale (932,881/6.800.000 personnes) ont accès à l'eau potable.

I-4-2- Utilisation industrielle

L'utilisation industrielle de l'eau est diversifiée : soit pour le fonctionnement des machines (lavage, refroidissement, ...), soit en tant que matière première. En principe, l'implantation d'une industrie devra demander la mise en place d'une adduction d'eau autonome pour éviter les problèmes d'approvisionnement.

A Madagascar, de nombreuses usines sont liées au réseau de la JI.RA.MA pour leur approvisionnement en eaux. D'un côté cette situation risque de diminuer l'approvisionnement en eaux de la population urbaine et de l'autre côté, elle freine le développement de l'industrie par la suite du coût élevé de la consommation en eaux de robinet.

Concernant les eaux usées industrielles, on constate qu'à Madagascar, peu d'usines ne font pas de traitements avant leur déversement dans la nature, dans la rivières ou dans la mer, ce qui risque de polluer l'environnement.

I-4-3- Irrigation et élevage

L'eau est aussi utilisée pour les aménagements hydro-agricoles et pour l'élevage. Toutes les techniques sont mises en œuvre dans le but d'une maîtrise de la gestion de l'eau dans le secteur : implantation de barrage et de station de pompage, utilisation de système de forage et de pompage des eaux souterraines

Les quatre grands types d'aménagements hydro-agricoles sont :

- les grands périmètres irrigués : lac Alaotra, Bas Mangoky, Morondava et Bassin de Betsiboka, qui disposent de réseaux d'irrigation
- les petits périmètres irrigués : qui constituent en canaux et en drains principaux et secondaires dont les entretiens sont assurés par la direction de Génie rural. Ils ont été réalisés pour répondre aux besoins de productions rizicoles locaux ou régionaux
- les opérations micro-hydrauliques : pour les aménagements couvrant essentiellement la zone des Hautes terres centrales (Fianarantsoa et Antananarivo)
- les champs traditionnels : qui disposent de réseaux d'irrigation mis en place par les usages eux-mêmes. Ce secteur prélève la plus grande partie des ressources disponibles (99%)

I-4-4- Energie hydraulique

L'eau de surface (cours d'eau, rivières, fleuves ...) est utilisée pour la production d'énergie électrique à partir de l'énergie hydraulique. Elle est rétablie à 100%, ce qui permet de l'utiliser à d'autres fins en aval des aménagements hydroélectriques.

Les deux types d'aménagement hydroélectrique à Madagascar sont :

- les centrales hydroélectriques : Antelomita, Mandraka, Namorona, Volobe Andekalaka
- les microcentrales : Ampify, Marontandrano.

Il faut signaler que la réalisation des projets d'aménagements hydroélectriques nécessite une évaluation approfondie des ressources en eau, compte tenu du fait que la production d'énergie hydraulique demande un volume d'eau considérable.

I-4-5- Pêche

Les activités du secteur n'induisent pas directement une consommation nette des ressources en eau. Par contre, on peut voir qu'elles peuvent entraîner des modifications dans la biodiversité aquatique, et partant, dans la qualité biologique des ressources.

A Madagascar, la potentialité piscicole naturelle des eaux douces est relativement faible. La pêche continentale est pratiquée principalement dans les lacs, dans les lagunes, dans les marais et faiblement dans la rivière. En outre, les stocks piscicoles semblent actuellement surexploités dans la plupart des plans d'eaux et cours d'eaux (Itasy, Alaotra) sauf dans les régions relativement poissonneuses de la côte Ouest où l'on observe un développement rapide de la pêche (Maevatanana, Ambato-Boeni, Port-Bérgé, Miandrivazo)

On peut estimer que la surface piscicole exploitable à Madagascar se situe entre 150.000 et 160.000 ha.

II. MATERIELS ET METHODES

Pour répondre à notre objectif, nous avons procédé à une recherche bibliographique à partir des documents trouvés dans certaines bibliothèques existant à Mahajanga (bibliothèque municipale de la ville de Mahajanga, bibliothèques universitaires, bibliothèque de l'alliance française)

Pour compléter nos résultats nous avons décidé d'approfondir notre recherche dans des sites sur Internet avec les moteurs de recherche GOOGLE.COM, GOOGLE.FR et COPENIC.

Des différents mots-clés ont été utilisés pour pouvoir être sûre des résultats obtenus.

III- RESULTATS DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

III-1- LES RESSOURCES EN EAU :

Madagascar montre une très grande hétérogénéité dans la répartition et le potentiel de ses ressources en eau. Il existe ainsi des régions qui n'exploitent suffisamment les ressources disponibles, alors que d'autres régions en ont besoin.

Nous avons constaté que des études systématiques n'ont été encore effectuée jusqu'à présent pour une évaluation des ressources en eaux, notamment les eaux souterraines. Ainsi, nous tenons à exposer dans les paragraphes qui suivent les caractéristiques des principales potentialités aquatiques de Madagascar.

III-1-1. L'ASPECT QUALITATIF :

Le problème de la qualité des eaux doit être envisagé de façon très sérieuse car il conditionne également la disponibilité des ressources utilisables pour les besoins humains. La dégradation de la qualité des ressources est liée à des facteurs environnementaux d'origine naturelle (érosion) ou indirectement provoquée par l'homme (déforestation, mauvaise gestion dans l'aménagement de l'espace), ou à la suite à des actions directes de l'homme sur la nature (la pollution).

On peut classer l'eau de surface en quatre classes selon les leurs caractéristiques biologiques, physiques, chimiques et physico-chimiques

- **Classe A** : Eau de bonne qualité avec usage multiple possible, c'est l'eau qu'on utilise quotidiennement.
- **Classe B** : Qualité moyenne avec des loisirs possibles, baignade pouvant être interdite.
- **Classe C** : L'eau de qualité médiocre, baignade toute a fait interdite.
- **Hors-classe** : L'eau avec contamination excessive, aucun usage possible sauf la navigation à cause des agents ou germes pathogènes.

Les caractéristiques biologiques, physiques et chimiques sont déterminées par les paramètres suivants :

D.B.O : correspond à l'oxygène qui a été utilisé par des bactéries pour détruire ou dégrader les matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. On utilise souvent la D.B.O₅, c'est-à-dire la consommation de l'oxygène en 5 jours.

Les transformations des matières organiques s'effectuent en deux stades :

- le premier stade, se rapportant aux composés carbonés, débute immédiatement et s'achève au bout de 20 jours environ
- le deuxième stade, se rapportant aux composés azotés, ne commence qu'au bout d'une dizaine de jours et s'étend sur une période très longue. Il est convenu d'évaluer la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours à 20°C désignée par le signe D.B.O5. Le résultat est exprimé en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours.

D.C.O. : est particulièrement indiqué pour mesurer la pollution d'un influent industriel. Elle correspond à la quantité d'oxygène (en mg) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau de volume égal à un litre

M.E.S. : la pollution d'une eau peut être associée à la présence d'objets flottant grossières et de particule en suspension. En fonction de la taille de ces particules, on désigne généralement :

- les matières grossières (décantables ou flottables).
- les matières en suspension (de nature organique ou minérale) qui sont des matières insolubles, fines.

Cette pollution particulière est à l'origine de nombreux problèmes comme ceux liés au dépôt de matières, à leur capacité d'absorption physico-chimique ou aux phénomènes de détérioration du matériel.

Le rapport D.C.O/D.B.O5 détermine la possibilité et le rendement de dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique. Si le rapport D.C.O/D.B.O5 est inférieur à 3, on peut dire que l'effluent est facilement biodégradable, un traitement biologique devra être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution. Le tableau 1 ci-dessous nous montre la classification des eaux suivant quelques paramètres.

Tableau N°1 : Classification des eaux de surface

Paramètres	<u>CLASSE A</u>	<u>CLASSE B</u>	<u>CLASSE C</u>	<u>HORS-CLASSE</u>
Oxygène dissous mg/l	5 << O.D	3 < O.D < 5	2 < O.D < 3	O.D < 2
D.B.O5 mg/l	D.B.O << 5	5 < D.B.O << 20	20 < D.B.O << 70	70 < D.B.O
D.C.O mg/l	D.B.O << 20	20 < D.B.O << 50	50 < D.B.O << 100	100 < D.B.O
Présence de germes pathogènes	NON	NON	NON	OUI
FACTEURS PHYSIQUES				
Couleur (échelle P +(co)	Coul < 20	20 < Coul << 30	30 < Coul	35 < Coul
Température O °C	0 < 25	25 << 0 < 30	30 << 0 < 35	
pH	6,0 << Ph << 8,5	5,5 < Ph < 6,0	Ph << 5,5 ou 9,5 << Ph	
M.E.S mg/l	M.E.S < 30	30 < M.E.S < 60	60 << M.E.S < 100	100 < M.E.S

Les matières solubles

Ce sont des matières qui peuvent se dissoudre facilement dans l'eau comme les sels minéraux, qui rendent médiocres la qualité des eaux. Ce sont en général des sels minéraux des métaux alcalins.

Les sels minéraux ou les ions

Ces sels minéraux se présentent souvent sous formes d'ions. Ils varient suivant la température, le milieu et de la composition chimiques des roches ou des sédiments.

Le tableau 2 suivant nous présente quelques ions présents dans les rivières des environs d'Antananarivo.

Tableau N°2 : Cas des eaux de rivières des environs d'Antananarivo

Ikopa	Sisaony	Katsoaka	Andromba	Mamba	Unité
pH	7,2	7,4	7,1	7,1	
conductivité	11,27			2,6	10 ⁻⁶ S .cm-1
Ca	0,8	1,4	1,2	2,3	mg/l
K	3 ,9	3,9	3,9	trace	mg/l
Na	trace	trace	trace	16,5	mg/l
Cl	11,6	17,7	18	0,2	mg/l
SO ₄ ²⁻	0,15	0,2	0,2	0,04	mg/l
HCO ₃ ⁻	0 ,03	0,03	0,04	6,2	mg/l
Fe	4,6	6,5	6,6	35	mg/l

La qualité physico- chimique des eaux douces

Par suite du transport des minéraux arrachés du socle, les eaux douces sont très riches en Fer, particulièrement les eaux de surface et les eaux de nappes des terrains récents. Ce phénomène est également responsable de deux caractéristiques physiques de l'eau, qui sont la turbidité et la couleur. Elles sont dues essentiellement à cause de l'érosion des bassins versants.

En général, les eaux douces des bassins sédimentaires (Zones côtières) sont plus minéralisées que celle des hautes terres, mais dans l'ensemble, les eaux naturelles malgaches sont faiblement minéralisées

Les tableaux 3, 4 ci-dessous nous montrent quelques caractéristiques de certains lacs de Madagascar.

Tableau N°3 : Caractère physico-chimique de lac Alaotra

Paramètres	Valeur	Unité
Facteurs physiques		
Couleur de l'eau	Brun rouge	
Profondeur maximale	4	m
Température en surface	20,5 à 28,0	°C
Fond	Minimum 30	m
Surface	100	M ²
Conductivité	80 à 250	10 ⁻⁶ S .cm ⁻¹
Transparence	0,25	
Facteurs chimiques		
P	0,3	mg/l
NH ₄ ⁺⁺	0,2	mg/l
NO ₃ ⁻	0,7	mg/l
SO ₄ ⁻⁻	0,01	mg/l
CO ₂ total	30	mg/l
CL ⁻	2,1	mg/l
SiO ₂	0,5	mg/l
Na ⁺	1,3	mg/l
K ⁺	1,9	mg/l
Oxygène, % saturation	2,8	mg/l

Tableau 4 : Caractères physico-chimiques du Lac Itasy

Paramètres	Valeur	Unité
Facteurs physiques		
Couleur de l'eau	Brun vert	
Profondeur maximale	6,5	m
Température en surface	18,0 à 27,5	°C
Transparence	0,85 à 1,65	
Fond	Minimum 70	m
Surface	100	M ²
Conductivité	65 à 105	10 ⁻⁶ S .cm-1
Facteurs chimiques		
Oxygène, % saturation	0,3	
P	0,8	mg/l
NH4++	0,09	mg/l
Na+	1,5	mg/l
K+	0,01	mg/l
SO4--	35	mg/l
Cl-	2,3	mg/l
NO3-	2	mg/l
CO2 total	5	mg/l

III-1.2- L'ASPECT QUANTITATIF :

III.1.2.1. LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Madagascar dispose de plus de 3.000 km environ de fleuves et de rivières. Le réseau hydrographique est naturellement divisé en cinq ensembles d'importances très inégales

Fig. 1 : Principaux fleuves et rivières de Madagascar



La montagne d'Ambre (11.200 km²)

Principales rivières :

- ☺ Irodo
- ☺ Saharenana
- ☺ Besokatra.

• **Les Versants du Tsaratanana (20.000 km²)**

Principales rivières :

Mahavavy du Nord : 160 km (3.345 km²)

Principaux affluents :

- Antsiatsia : 60 km
- Sambirano : 124 km (2.980 km²)
- Maevarano : 203 km (5.408 km²)
- Bemarivo : 140 km (4.779 km²)

• **Le Versant Est (150.000 km²)**

Principales rivières :

- Maningory : 260 km (12.646 km²)
- Sandratsio : 125 km
- Ivondro : 150 km (3.513 km²)
- Rianila : 134 km (7.594 km²)
- Mangoro : 300 km (17.704 km²)
- Mananjary : 212 km (7.002 km²)
- Namorana : 103 km (2.079 km²)
- Faraony : 150 km (2.761 km²)
- Mananara : 323 km (depuis le Sambirano) (17.230 km²)

• **Le Versant Ouest (365.000 km²)**

Principaux fleuves :

-Sofia : 328 km (28.295 km²)

Principaux affluent :

- Mangarahara
- Anjobony :200 km
- Bemarivo: 265 km

- **Betsiboka** : 605 km (depuis le Jabo) (48.879 km²)

Principal affluent :

- Ikopa : 485 km

-**Mahajamba** : 298 km (14.883 km²)

-**Mahavavy** du Sud : 410 km (19.459 km²)

-**Manambolo** : 370 km(14.351 km²)

-**Tsiribihina** : 525 km (47.797 km²)

Principaux affluents:

- Sakeny: 170 km
- Mahajilo-Kitsamby: 260 km
- Mangoky : 714 km (depuis Matsiarta) (55.884 km²)

-**Onilahy** : 400 km (32.225 km²)

Principal affluent :

- Imaloto-Lalana : 242 km

• **Les Versants Méridionaux (48.750 km²)**

Principaux fleuves et rivières :

- Mandrare : 270 (12.547 km²)
- Manambovo : 165 km (4.765 km²)
- Menarandra : 235 km (8.624 km²)
- Linta : 173 km (5.437 km²)

III.1.2.2. LES GRAND LACS DE MADAGASCAR

On rencontre actuellement cinq grands lacs à Madagascar. Les lacs Alaotra et Itasy sur les hauts plateaux, le lac Kinkony à l'Ouest, les lacs Ihotry et Tsimanampetsotsa au Sud de Madagascar.

- **Le lac Alaotra :**

Il est le plus grand lac de Madagascar avec une superficie de 22.000 ha (220 km²), situé à l'Est à 750 m d'altitude. L'eau de ce lac est utilisée en premier lieu pour l'irrigation de toutes les rizières de la région. Elle alimente également la culture de plantes fourragères, de la canne à sucre et du tabac.

- **Le lac Itasy :**

Il a la forme d'une cuvette, d'où son nom « Itasy ». Il est situé sur les hauts plateaux dans une région volcanique à 1221 m d'altitude, peu profonde, avec une superficie de 35000 ha. Il est entouré d'étangs et des nombreux marais. Le lac Itasy est alimenté par une rivière. Ses eaux sont froides et relativement propres.

- **Le lac Kinkony :**

Contrairement aux deux précédents écosystèmes lacustres, le lac Kikony n'est pas un lac de haute terre, il est situé dans la région Ouest de Madagascar à 8 m d'altitude, avec une surface de 10.000 ha.

- **Le lac Ihotry :**

C'est un lac de faible altitude, situé dans la province de Tuléar, dans le Sud de Madagascar. Sa superficie varie en fonction des saisons et des années : elle peut passer de 11.200 ha à 960 ha en une seule et même année, il occupe la troisième place par sa superficie.

- **Le lac Tsimanampetsotsa :**

Il se trouve dans la région Ouest de Madagascar, à 40 m d'altitude, de taille plus petite, sa superficie varie selon les périodes de l'année entre 1600 et 2900 ha.

III.1.2.3. LES AUTRES MILIEUX AQUATIQUES ET ZONES HUMIDES

Constitués principalement par les lacs, qui couvrent environ 20000 km², ce sont :

- Les plans d'eaux naturelles : Les lacs et les lagunes
- Les plans d'eaux artificielles : les barrages
- Les canaux littoraux et les mangroves

A part de ces ressources en eaux, il existe aussi d'autres types d'eaux comme les eaux souterraines.

Les eaux souterraines :

A défaut d'une connaissance précise des ressources en eaux souterraines, des différentes études et des travaux nous ont permis cependant d'obtenir certains résultats susceptibles d'éclairer sur la situation des ressources par zone géographique

Bassin sédimentaire de l'extrême sud :

On peut distinguer l'existence des nappes profondes situées à grande profondeur (50-170 m), exploitable à des débits très faibles ($< 3 \text{ m}^3/\text{h}$) et des nappes superficielles contenues dans les sables blancs et les alluvions. Situées à des profondeurs inférieures à 20 m, elles ont des débits très faibles (1 à $4 \text{ m}^3/\text{h}$)

Zone cristalline à faible pluviométrie du sud :

Il s'agit de nappes de fissures, qui offrent des perspectives pour l'alimentation en eau dans le Sud. Des forages ont été réalisés depuis 1980, mais les débits sont faibles pour les puits à une profondeur de 15 à 20 m. Par contre une profondeur de 50 à 70 m les débits sont plus élevés jusqu'à $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

Bassin sédimentaire de Toliara :

Ce sont des nappes variées (calcaires, sables superficiels,...) qui sont déjà exploitées de manière plus ou moins satisfaisantes pour l'alimentation en eau de plusieurs localités. Elles ont des débits allant jusqu'à $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ pour la nappe calcaire de l'éocène. Elle assure l'alimentation en eau de Toliara)

Bassin sédimentaire de Morondava :

Les principales nappes actuellement bien connues et exploitées sont : (Dabaraha, Isalo, Morondava) servent pour l'alimentation en eau et l'irrigation de la région.

Bassin sédimentaire de Mahajanga :

L'alimentation en eau de Mahajanga, Ambato-Boeni et Antsohihy résulte de l'exploitation des principales nappes (calcaire éocène et grès)

Bassin sédimentaire de la côte Est :

La nappe alluviale est exploitée par des captages de sous-écoulements (Sambava, Antalaha), des puits et forages (Fénérive-Est), par la nappe des sables, de dunes, des plages et des puits (Mahanoro, Vatomandry, Mananjary, Vohémar).

Les hauts-plateaux du centre

Les nappes alluviales donnent des débits de l'ordre de 25 m³/h (Maevatanana, Mampikony, Fenoarivo Be), tandis que la nappe des altérités a des débits très faibles (0,1 à 0,2 m³/h). La nappe de fissure est encore mal connue.

Bassin sédimentaire d'Antsiranana (Nord) :

Les nappes connues sont des nappes des sables de plages (débit : 10 à 12 m³/h) et des nappes de formations volcaniques (débit : 25 m³/h)

Il peut être nécessaire de signaler l'importance des nappes d'altérité et des nappes du socle fissuré, car elles sont à l'origine des écoulements de surface à Madagascar. Du fait, elles peuvent assurer l'alimentation en eau des villes et des milieux ruraux et aussi pour l'agriculture et l'élevage.

III.1.3. LA POTABILITE DES EAUX

Il existe des normes de potabilité très strictes pour les eaux destinées à la consommation. Elles sont fixées par le Ministère de la Santé et s'inspirent des recommandations de l'OMS :

Caractéristiques organoleptiques et physiques

- Inodore, incolore, sans saveur désagréable
- Température recommandée : 15°C
- Turbidité < 25 gouttes de mastics
- Résistivité à 180°C : 1.000 à 10.000 Ohm / cm
- pH basique 6,5 à 8,5
- Pas d'éléments radioactifs

Caractéristiques chimiques

- Existence d'un certain nombre d'éléments minéraux à des taux souhaitables
- Teneur en Eléments anormaux dont la variation est à surveiller
- Teneur en Eléments toxiques très faible

Qualité bactériologique

L'eau potable doit être dépourvue des microorganismes pathogènes provenant d'excréments animaux et humains ou des eaux d'égouts. Ces microorganismes peuvent souiller une eau servant de point d'approvisionnement pour une communauté.

La qualité de l'eau peut être perturbée par la présence des germes de contamination fécale, dont la présence indique qu'il y a risque pour la santé. Ces germes sont constitués par :

- Les coliformes totaux
- Les coliformes thermotolérants dont l'*Escherichia coli* qui est une espèce la plus significative de la contamination fécale
- Les streptocoques fécaux
- Les spores d'anaérobie sulfito-réducteurs
- Les staphylocoques pathogènes dans les eaux embouteillées et les eaux de la piscine.

III.2. L'EAU ET LES PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX

III.2.1. LES REJETS DES EAUX USEES

Les eaux Industrielles

Il existe des recommandations très précises pour les besoins qualitatifs en eau de chaudière ou refroidissement sur leur degré de minéralisation parfois très faible, mais pour les eaux de fabrication, presque les industries font l'objet de recommandations très particulières (brasseries, papeterie, industries laitières).

Les rejets polluants

A Madagascar, les problèmes de la pollution des eaux commencent à devenir de plus en plus préoccupant. L'absence de législation relative à la prévention de la pollution contribue à accélérer de façon progressive le processus de la dégradation des ressources en eau. Il existe en effet des législations précises concernant les rejets industriels, mais pour le moment aucun contrôle strict sur les rejets des polluants des installations industrielles n'est appliqué.

L'urbanisation rapide entraînant l'apparition de nombreux bidonvilles à proximité des rivières et cours d'eau fait que la situation dans les villes de Madagascar doit être probablement alarmante. A titre d'exemple, on peut citer le cas du lac de Mandrozeza dont les eaux contiennent des indices de pollution fécale à un taux élevé. Ceci est dû à la présence d'habitation autour de lac.

La dégradation des ressources en eau à des effets négatifs sur l'environnement :

- eutrophisation des lacs et des rivières, comme le lac de Behoririka (Antananarivo) qui repend des odeurs nauséabondes dans les zones d'habitations environnantes
- risques d'empoisonnement et d'extermination de la faune et flore aquatique.

Actuellement l'Office National de l'Environnement est en train de mettre en place des normes imposant à toutes installations industrielles d'effectuer des études d'impact de ses rejets sur l'environnement.

La pollution chimique de l'eau s'observe généralement dans les branches textiles, chimiques et parachimiques. En plus des rejets industriels il existe des nombreuses causes de pollution des eaux.

III.2.2. FACTEURS HUMAINS

L'élevage

L'élevage produit des lisiers composés d'urine et d'excrément d'animaux très riche en azote. Ils sont épandus dans les champs et participent fortement à la pollution.

Les engrais

Entièrement des nitrates et de phosphates, une partie est utilisé par des plantes, le reste dilué par les eaux de pluies s'infiltrer dans les sols et contamine les nappes souterraines. Il arriva de même avec les pesticides et les insecticides utilisés pour sauvegarder la culture.

Le lessivage des routes

Le lessivage des routes par la pluie après une période de mauvais temps constitue une forte pollution car les eaux de pluie récupèrent les produits toxiques issus des pots d'échappement des voitures et déposés sur les chaussées.

Pour y remédier, on doit construire des bassins de récupération des eaux pluviales le long des routes.

Défécation à l'air libre

La défécation en plain air attire les mouches qui répandent les maladies d'origine fécale. Dans les terrains humides les larves des vers intestinaux se développent et de même pour les excréments elles peuvent être transportées lors de l'orage et se déposent dans les rivières.

III.2.3. FACTEURS NATURELS

L'érosion

A Madagascar, l'érosion est due essentiellement aux eaux de ruissellement et aux eaux de pluie qui attaquent directement les sols en l'absence de végétation. C'est la conséquence de la déforestation. La perte importante en sol provoquée par l'érosion consiste l'un des facteurs pour lequel l'utilisation optimale des ressources en eau s'avère difficile voire impossible. En effet, parmi les effets négatifs de l'érosion figurent les problèmes d'envasement et d'ensablement des lacs, des canaux d'irrigation ainsi que de l'usure prématurée des turbines et des stations de pompage. En outre, la détérioration de

la qualité physique des ressources en eau du fait du transport de particules quartzitiques et argileuse en suspension rend impossible l'utilisation de ces ressources pour l'alimentation en eau.

Les cyclones et les inondations

Chaque année, les cyclones tropicaux (dépressions) touchent Madagascar quatre fois environ. Ces dépressions sont généralement à l'origine de dégâts importants. Non seulement, elles occasionnent des vents importants et de tempêtes dont les répercussions sont dévastatrices dans les régions qu'elles traversent provoquant ainsi des considérables dégâts matériels. En plus, elles s'accompagnent d'inondations qui sont généralement immaîtrisables.

Les conséquences de ces phénomènes sur l'environnement sont considérables : érosion due aux ruissellement importants provoqués par les inondations, contamination des eaux conséquemment aux matières charriées par les eaux, sans parler des pertes en vie humaine, de la dégradation du milieu ainsi que des problèmes socio-économiques résultats (famine, vols, augmentation du coût de la vie,...) Les crues et les inondations provoquées par les cyclones ont des répercussions sur certaines activités, notamment dans l'agriculture où elles occasionnent la destruction de milliers d'hectares de cultures ainsi que la dégradation d'ouvrages d'irrigation et de drainage (canaux, barrages, ensablement,...). De la même façon, des pertes importantes sont constatées au niveau des effectifs du bétail.

L'orage

Quand il pleut trop où que les rivières grossissent et sortent de leur lit et elles transportent tous les déchets et les déposent dans différents endroits. L'eau de l'orage est difficile à maîtriser. Pour la détenir, il faut construire un bassin de récupération ou un barrage.

III.3. LA GESTION DE L'EAU A MADAGASCAR

L'organisation générale de la gestion de l'eau à Madagascar est régit par le décret n°89-017 du 18 Janvier 1989 portant code de l'eau.

Les codes de l'eau :

Comme tout les patrimoines naturelle, l'Etat a donc pris la responsabilité de fixer ces principes dans un nouveau cadre l'égal et réglementaire.

La gestion et l'utilisation des ressources en eaux ainsi que la surveillance de la police en eau potable à Madagascar sont régies par la loi 98-029 du 20 janvier 1999 portant Code de l'eau.

Le code de l'eau à Madagascar précise que l'eau est une ressource vitale, indispensable à l'homme pour se maintenir en vie, et il faut donc permettre à tous, notamment aux plus pauvres et aux 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 satisfaisante.

Le droit fondamental d'accès à l'eau met notamment l'accent sur trois constats essentiels:

- l'eau est un patrimoine commun national,
- l'eau est un élément naturel indispensable,
- inégalement répartie, elle pose des problèmes d'ordre économique, social et sanitaire.

Parce qu'élément vital de la Nation, elle est qualifiée de patrimoine commun national. Parce que denrée de plus en plus rare dans presque toutes les régions de Madagascar et particulièrement dans les régions du Sud et de l'Ouest malgache qui souffrent cruellement de cette rareté, la ressource en eau est classée dans la catégorie juridique des « choses communes ». Portant, elle est prioritairement considérée comme bien du domaine public, l'Etat devant assumer un rôle de police et de gestionnaire de la ressource en eau, au mieux de l'intérêt général.

L'harmonisation des textes relatifs à la protection et à la mise en valeur de la ressource en eau et la lutte contre la pollution rentrent dans les grandes préoccupations actuelles du pays. Madagascar s'ouvre de plus en plus à l'ère industrielle, et l'installation d'usines susceptibles d'être sources de pollution considérable de la ressource en eau risque d'augmenter. Le code de l'eau envisage ainsi les différentes causes de pollution possibles et les mesures prises pour les enrayer. Conjuguées avec celles concernant la conservation et l'aménagement de la ressource en eau, qui ouvrent la voie à diverses

procédures, phases et formules de gestion, ces mesures visent à doter Madagascar d'un code cohérent destiné à répondre au mieux, aux besoins des différents acteurs et usagers de la ressource en eau.

Parmi les principes qui sous-tendent ces actions pour la mise en valeur, la protection et la gestion de la ressource en eau, on peut relever :

- un renforcement des mesures de protection des eaux, spécialement en matière d'alimentation en eau potable ;
- la libéralisation du secteur eau
- le principe de non-gratuité de l'eau ;
- le nécessaire transfert de gérance des installations aux collectivités concernées ;
- la responsabilisation des communautés tant rurales qu'urbaines et péri-urbaines ;
- la régulation du service de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement;
- le renforcement de la lutte contre la pollution des eaux ;
- l'articulation des règles de protection et de mise en valeur de la ressource en eau avec les normes environnementales ;
- le principe de pollueur payeur.

III.3.1. LE SUIVI DES DONNEES SUR LES RESSOURCES

III.3.1.1. La Banque de Données Hydropluviométriques (BDHM)

Gérée par la Direction de la Météorologie et de l'Hydrologie (DMH) conjointement avec le Centre National de Recherche sur l'Environnement (CRNE) et l'ORSTOM, la BDHM rassemble des données hydrologiques et pluviométriques anciennes et récentes. Ces données comprennent des variables relatives à un millier de points identifiés.

Actuellement, la saisie des données anciennes n'est pas encore achevée, mais l'objectif est d'avoir en main les outils permettant une centralisation des données hydroclimatologique pouvant être mise à jour de façon permanente et se traduisant par la mise en disposition d'information fiables et complètes dans un délai réduit.

Au niveau de la collecte, il est nécessaire de signaler l'effort d'entrepris par la DMH en vue de la mise en place de brigades hydrologique décentralisées devant permettre aux hydrologues une capacité d'intervention plus grande sur les stations hydrologiques.

III.3.1.2. La Banque des Données sur les Ressources en Eaux Souterraines

La Direction de l'Eau au sein du Ministère de l'Energie et de Mine (MEM) assure la gestion de la Banque des Données sur les Ressources en Eau Souterraines à Madagascar (BDRESM) concernant les informations sur les nappes à partir des données de points d'eau (forages, puit, sources). La Banque dispose 3 logiciels : ACTIF pour la saisie des caractéristiques de chaque ouvrage, BADGE qui, permet des analyses sur les points d'eau et les nappes, et CHRONO pour l'étude de l'évolution de nappes.

Mais il faut signaler l'existence de problème tels que l'insuffisance de la vérification de la validité des informations ainsi que l'existence d'informations se trouvant dans les autre départements ministériels et d'autre organismes mais qui n'ont pas été intégrées dans la banque.

III.3.1.3. Les autres réseaux d'observation

Il existe des réseaux d'observation constitués pour des besoins spécifiques :

- Le réseau d'annonce de crues de la plaine d'Antananarivo par la DMH
- Les réseaux mis en place pour la gestion des ouvrages tels que barrages, réservoirs ou canaux par la JI.RA.MA (Tsiacompaniry, Mantasoa, Mandraka, Volobe...) et le Ministère de l'Agriculture (périmètre irrigué)
- Le réseau pour l'étude de site de mini-centrales mis en place par la JI.RA.MA

III. 3.2. CONTROLE DE LA QUALITE DES EAUX

III.3.2.1. LE CONTROLE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Les analyses physico-chimiques des eaux sont actuellement assurées par la Laboratoire National d'Analyses Minérales et d'Essais Industriels (LAME) qui dépend du Ministère de l'Energie et des Mines. Mais faute de moyens (manque de produits chimiques, matériel défaillant) le LAME n'est pas toujours en mesure de satisfaire la demande des utilisateurs. D'autres laboratoires existent au sein de différents autres ministères concernés par l'eau comme la CNRIT (Centre National de Recherche

Industrielle et Technologique) et le C.N.R.E : Centre National de Recherche Environnementaux par exemple, mais ils ne sont pas mieux équipés.

Les techniciens scientifiques utilisent de plus en plus les troussees portables moins coûteuses pour les mesures directes sur le terrain mais avec les inconvénients évidents d'une précision et d'une portée limitées des résultats.

III.3.2.2. LE CONTROLE DE LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION

Le contrôle de la qualité de l'eau de consommation permet d'assurer la protection du consommateur contre les nombreux polluants potentiellement pathogènes pour l'homme. Il passe par trois catégories d'examens :

- un examen microbiologique par des analyses bactériologiques (recherche des germes pathogènes),
- parasitologiques (protozoaire) et virologiques,
- un examen physico-chimique

L'Institut Pasteur de Madagascar se charge du contrôle de qualité de l'eau de consommation mais aucun texte n'a agréé. L'Institut est comme laboratoire de surveillance bactériologique dans le cadre d'un réseau de laboratoire spécialisé de surveillance de l'eau.

III.3.3. LA CRISE MONDIALE EN QUELQUES CHIFFRES

Selon le rapport mondial sur la crise en valeur des ressources en eau, 2003, on constate que :

- Vers 2050, 7 milliards de personnes dans 60 pays (hypothèse pessimiste) ou 2 milliards dans 48 pays (hypothèses optimiste) seront confrontées à une pénurie d'eau.
- Les pays les plus pauvres en eau sont les Koweït (avec un coefficient de disponibilité en eau par personne et par an de 10 m^3), la bande de Gaza (52 m^3) et les Emirats Arabes unis (57 m^3)
- La consommation d'eau a presque doublé au cours des 50 dernières années. Un enfant né dans le monde développé consomme 30 à 50 fois plus d'eau qu'un enfant né dans le monde en développement.

- Chaque jour, 6000 personnes, pour la plupart des enfants de moins de cinq ans, meurent de maladies diarrhéiques. Plus de 2,2 millions de personnes meurent chaque année de maladies dues à l'eau contaminée et à un mauvais système sanitaire.
- 45 millions de nouveaux hectares de terre seront irrigués d'ici 2030 dans 93 pays en développement. Près de 60% des terres potentiellement irrigables seront utilisées. Cela nécessitera une augmentation de 14% de volumes d'eau destinés à l'irrigation
- L'irrigation est extrêmement inefficace- près de 60% de l'eau utilisée sont gâchée. Près de 10% des terres irriguées mondial ont été endommagés, terrains détrempés et salinisation, en raison de mauvais drainages et d'irrigations mal conduites.
- Environ 2 millions des tonnes des déchets sont déversés, chaque jour, dans les fleuves, lacs et rivières. Un litre d'eau usée pollue environ huit litres d'eau douce.
- Si la pollution continue à un rythme identique à celui de la croissance démographique, la planète va perdre 18000 km³ d'eau douce d'ici à 2050, soit près de neuf fois la totalité de ce que les pays utilisent chaque année pour l'irrigation.

III.3.4. LA CONNAISSANCE ET LA GESTION DES RESSOURCES

L'assurance d'une gestion durable des ressources en eau devra imposer une connaissance approfondie de ces ressources tant au niveau quantitatif que qualitatif. Or, actuellement, cette connaissance n'est que partielle à Madagascar, d'où une mauvaise gestion dans l'utilisation des ressources (répartition inégale de l'alimentation par région et par secteur, détérioration de l'environnement provoquée par un mauvais usage des ressources en eau) ainsi qu'une faible prise en compte des facteurs environnementaux liés à la dégradation de ces ressources, limitant ainsi les possibilités d'action en faveur d'une amélioration de l'environnement.

Actuellement, de nombreux projets ont été réalisés ou sont en cours en vue d'une amélioration de la connaissance et de la gestion des ressources :

- Le projet « Evaluation Hydrologique en Afrique Subsaharienne (HASSA) » dont l'objectif est d'établir des systèmes fiables de suivi hydrologique afin de pouvoir planifier et évaluer les projets de mise en valeur des ressources en eau. L'installation des deux banques de données BDHM et de BDRESM respectivement à la DMH et de la Direction de l'Eau s'inscrit dans le contexte de ce projet.

- Le rapport « Situation actuelle du secteur Eau Potable et Assainissement » établi sous l'égide du CNEA dans le cadre de la phase I de la SSPA (Stratégie Sectorielle et Plan d'Action pour le secteur eau et assainissement).
- La réalisation du projet IRNT (Inventaire des Ressources Naturelle Terrestre) par le CNRE qui consiste en réalisation d'une cartographie au 1/200.000 des ressources en sols et en eaux.
- La réalisation du projet BRET (Bilan des Recherches Environnementales Terrestres) comportant un volet « Système Aquatique » (Saisie de tous documents relatifs aux études effectuées en Hydrologie et Hydrogéologie) par le CNRE et l'ONE.
- La publication de l'ouvrage « Fleuves et Rivières de Madagascar (P. Chaperon, J.Danloup, L. Ferry) » de l'ORSTOM, sur les eaux de surface à Madagascar.
- La finalisation du programme « Inventaire des Eaux de Surface » (PEC III pour Programme Eaux Continentales) avec son volet « Lacs » par l'ORSTOM conjointement avec le DMH et le CNRE. Ce volet consiste en une étude des lacs malgaches (plus de 1.000 lacs recensés à partir des cartes au 1/100.000 ème) concernant leur morphologie (surface et capacité), leur hydrologie et la qualité des eaux en vue d'en établir une typologie à l'échelle de Madagascar.

Eau, assainissement et santé

Il est évident qu'il existe une corrélation étroite entre environnement, assainissement et la santé. En effet, l'absence de système d'assainissement adéquat a une influence néfaste sur la santé de la population et, en outre cela entraîne inévitablement une dégradation du milieu.

Selon une estimation effectuée par la DINIKA dans le cadre de la phase I de la SSPA, le taux de couverture en système d'assainissement en milieu urbain est de 49% dont 3% en système collectif et le reste (46%) en système domestique (cabinet à fosse, latrines, fosse septique,...). En milieu rural, les installations d'assainissement sont très peu nombreuses: environ 5% de la population sont dotées de systèmes individuels.

Sur le plan sanitaire, l'Organisation Mondiale de la Santé estime que 80% de la morbidité mondiale serait liée à une carence quantitative et qualitative en eau et aux maladies qui en découlent.

A Madagascar, l'analyse des indices de santé montre la prédominance des maladies diarrhéiques et autres maladies d'origine hydrique. Ceci est dû essentiellement au manque d'hygiène et d'eau saine ainsi qu'à l'insalubrité du milieu et de l'habitat.

Ainsi, les actions en faveur de l'eau et de l'assainissement constituent donc l'une des bases de la lutte contre la pauvreté en vue d'une amélioration de la santé publique et de la protection des ressources naturelles.

DISCUSSION

D'après nos résultats, nous avons observé deux types d'aspects de ressources en eaux : l'aspect qualitatif et l'aspect quantitatif.

Qualitativement, la plupart des eaux de surface à Madagascar prennent de couleur à cause des matières en suspension, provoquées par les boues entraînées par l'eau de pluie. Comme Madagascar est un pays tropical, il est frappé par des pluies abondantes et surtout dans la côte EST et parfois chaque année par des cyclones tropicaux violents. Ces derniers non seulement causent souvent des inondations dans certaines régions, mais aussi entraînent des érosions suite aux déforestations et de feux de brousses non contrôlés.

L'érosion cause généralement l'insuffisance des ressources en eau et parfois l'assèchement progressif de certains bassins. En outre l'érosion favorise l'ensablement de certaines rivières qui entraîne la diminution de l'eau de surface à Madagascar.

Par contre, qualitativement, la surface de rivières à Madagascar varie selon la situation géographique et selon la saison. Dans la partie Nord, la surface varie entre 4000 à 5000km². On enregistre en moyenne 10000km² d'eau de surface dans la côte Est et plus 20000km² dans la côte Ouest et peut atteindre plus de 50000km² comme la rivière de Besiboka et de Mangoky.

La quantité des eaux dans ces différents fleuves varie selon les saisons. En saison sèche, les fleuves de la côte Ouest sont presque vides tandis qu'en saison de pluie, elles peuvent déborder et causer des inondations. Par contre dans la partie Est, le fleuve contient assez d'eau même pendant la saison sèche, mais pendant la saison de pluie, elles peuvent sortir de leur lit et provoquer des fortes inondations. Ces inondations peuvent être les conséquences de la déforestation ou de la pratique de feux de brousses.

A Madagascar, il existe des lacs dont les plus grandes sont au nombre de cinq repartis presque dans toutes l'étendue du pays : le lac Itasy et le lac Kikony au Centre, le lac Alaotra dans l'Est, le lac Ihotry dans la partie Sud et le lac Tsimanampetsotsa à l'Ouest. Les eaux de ces lacs sont souvent utilisées pour l'irrigation des rizières environnantes.

A raison d'existence des bassins sédimentaires, Madagascar possède beaucoup d'eaux souterraines ou des nappes phréatiques et alluviales. Au niveau de la structure géologique, le sol malgache ne possède pas le pouvoir de rétention d'eau à

cause de sa composition qui facilite l'infiltration d'eau directement en profondeur. Cette situation cause souvent des problèmes en eaux à Madagascar surtout dans la partie Sud et la partie Ouest en saison sèche.

Concernant la potabilité, les eaux à Madagascar sont en générale polluées par des matières en suspension surtout pendant la saison de pluie.

L'eau presque limpide dans certaines régions de côte Est, mais leur potabilité est incertaine à cause de non respect des règles d'hygiène. Ces pollutions sont dues parfois par des activités humaines non contrôlés comme l'épandage des engrais ou des pesticides.

L'érosion à Madagascar entraîne une pollution physique des eaux de rivières. La détérioration de la qualité physique des ressources en eau rend impossible l'utilisation des ces ressources pour l'alimentation en eaux. Ainsi les eaux à Madagascar doivent être bien contrôlées et bien gérées pour les rendre potables.

A Madagascar, il existe des règlements dont le plus important est le code de l'eau. Ce code de l'eau prévoit la diminution de l'utilisation abusive de l'eau et aussi le contrôle de leur exploitation.

La banque mondiale multiplie ses efforts dans la politique de la maîtrise de l'eau à Madagascar et pour conserver l'environnement aquatique. De ce fait il est primordial de contrôler la qualité des eaux à Madagascar pour avoir un goût agréable à la consommation. Ce secteur montre de façon particulière et claire la nécessité d'une gestion rationnelle des ressources en eaux. En effet, l'approvisionnement en eau potable de la population consommatrice s'avère nécessaire.

Au niveau mondial, de nombreuses organisations participent à la conservation des eaux, car actuellement les eaux deviennent de plus en plus rares suite à la pollution qui augmente de jour en jour.

En somme, les eaux de surfaces sont très importantes pour les activités humaines surtout dans le secteur agricole et industriel. Il est vraiment important de la conserver et de les protéger :

- il ne faut absolument pas de jeter des produits chimiques dans l'eau, mais dans une déchetterie ou dans un point de collecte sélective.
- éviter de mettre les rejets, des excréments et des cadavres d'animaux dans la rivière cela constitue un risque pour les populations environnantes ;
- économiser l'eau, chacun peut faire des efforts ;

- faire de reboisement,
- lutter contre les feux de brousse
- faire de barrage de stockage de l'eau au moment de saison de pluie
- sensibiliser la population locale vis-à-vis de protection de l'environnement
- empêcher la déforestation intense, stopper la culture sur brûlure c'est-à-dire le TAVY, sensibiliser la population locale pour préserver l'environnement.

CONCLUSION

L'eau est une ressource vitale, indispensable à l'homme pour se maintenir en vie. C'est aussi un bien économique, nécessitant ainsi la mobilisation de mesures économiques et financières.

A Madagascar les ressources en eaux proviennent des précipitations pluviales et dépendent non seulement de la saison mais aussi de la situation géographique. Au Sud les eaux de surfaces sont rares tandis que dans la côte Ouest elles sont insuffisantes et dans la cote Est les rivières et les fleuves sont abondants mais sont très courtes. Au Centre les lacs sont multiples mais peu étendus.

Les eaux de surface à Madagascar sont en générale utilisées en agricultures pour l'irrigation des rizières. Les usines sont en générales liées à la JIRAMA, principal fournisseur d'eau potable des villes. La production d'énergie n'est pas très développée malgré la grande potentialité énergétique du au déversement très rapide des cours d'eaux des montagnes.

L'existence des lacs donne une énorme potentialité pour les activités piscicoles et peut développer la pêche qui devient une source de revenu pour la population riveraine

Du point de vu qualité les eaux de surface à Madagascar sont peu polluées physiquement à cause de la dégradation des sols des hautes terres. Chimiquement, la pollution est acceptable car l'utilisation des engrais est encore peu développée.

Quantitativement, les eaux de surface diminuent de plus en plus, suite aux ensablements et à la variation climatique. C'est la raison pour laquelle l'Etat malagasy exige la conservation et la gestion durable de l'eau. L'Etat a donc pris la responsabilité de fixer ces principes dans un nouveau cadre l'égal et réglementaire enfin d'assurer la pérennité des services pour sa distribution aux usages de façon efficace, c'est à dire en quantité et en qualité satisfaisantes.

Il faut marquer que plusieurs secteurs interviennent dans l'utilisation de l'eau, mais seules certaines activités humaines peuvent exercer des pressions entraînant une modification des volumes disponibles et de la qualité de ressource.

WEBOGRAPHIES

<http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89rosion>
http://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ographie_de_Madagascar
http://www.aqueduc.info/spip.php?article_122
http://www.biodiversityreporting.org/indix.php?pageld=sub&lang=pt_BR¤tlte...
<http://www.cartage.org.lb/fr/themes/Geohis/Geographie/geofr/geopays/M/madagascar>
<http://www.eau-adour-garonne.fr/lexique.asp?action=env&mod=recherche&cat=&ord...>
<http://www.fao.org/ag/aqlw/aquastat/countries/madagascar/indexfra.stm>
<http://www.Fao.org/docrep/005/DO780B/D>
<http://www.refer.mg/cop/nature/fr/reem0101.htm>
<http://www.refer.mg/cop/nature/fr/reem0102.htm>
<http://www.refer.mg/cop/nature/fr/reem0103.htm>
<http://www.refer.mg/cop/nature/fr/reem0104.htm>

BIBLIOGRAPHIE :

Code de l'eau d'Après un texte paru dans le J.O du 27 Janvier 1999 Loi N°98.029
Ressources Mondiales 1992-1993,W.R.I