



**fem** FONDS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL  
POUR INVESTIR DANS NOTRE PLANÈTE

# INTEGRATION DE LA DIMENSION CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES STRATEGIES, PLANIFICATIONS GIRE ET REGLEMENTATION DU SECTEUR EAU, ASSAINISSEMENT ET HYGIENE (EAH) A MADAGASCAR

-

**Analyse des impacts du Changement Climatique sur le secteur EAH  
à Madagascar et identification des politiques, stratégies et mesures  
d'adaptations**

unicef  pour chaque enfant

Aout 2020



# TABLE DES MATIERES

<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES CARTES .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUME EXECUTIF .....</b>	<b>7</b>
<b>1.CHAPITRE PREMIER : INTRODUCTION .....</b>	<b>10</b>
1.1. Définitions de quelques termes principaux .....	10
1.2.1. Changement climatique .....	10
1.2.2. Impacts du changement climatique .....	10
1.2.3. Les risques de catastrophes.....	11
1.2.4. ALEA.....	11
1.2.5. Exposition .....	11
1.2.6. Vulnérabilité .....	11
1.2.7. Capacité.....	11
1.2.8. Catastrophes .....	12
<b>2. DEUXIEME CHAPITRE : ANALYSES DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR EAH A MADAGASCAR .....</b>	<b>13</b>
2.1 Introduction .....	13
2.2 Analyse des études existantes sur le changement climatique orientée sur le secteur WASH à Madagascar .....	13
2.2.1 Le changement climatique à Madagascar – Approche méthodologique .....	13
2.2.1. Les impacts reconnus officiellement du changement climatique à Madagascar .....	14
2.2.2. Les zones climatiques de Madagascar .....	19
2.3 Impact sur le cycle de l'eau .....	20
2.3.1 Précipitation (P) et Température (T).....	20
2.3.2 Évapotranspiration (ETR).....	23
2.3.3 Ruissellement (R) .....	24
2.3.4 Infiltration (I).....	26
2.3.5 La Pluie efficace (Pf = P-ETR).....	27
2.3.6 Les perturbations climatiques : Cyclones tropicales et Zone de convergence intertropicale (ZCTI) .....	28
2.4 Les Aléas provoqués par les impacts sur le Cycle de l'eau .....	32
2.4.1 Les sècheresses .....	32
2.4.2 Inondations .....	36
2.4.3 Erosion et glissement de terrain .....	38
2.4.4 Pollution.....	39
Effets des impacts du changement climatique sur le plan social et économique .....	40
2.5 .....	40
2.5.1 Accès à l'eau, l'assainissement et l'hygiène.....	40
2.5.2 Accès à la nutrition adéquate .....	41
2.5.3 Impact sur la population notamment les femmes et les enfants.....	42
2.5.4 Impacts du changement climatique sur les écosystèmes existants dans le bassin versant .....	43
2.5.6 Impacts sur les infrastructures essentielles.....	44

2.6	<i>Evaluation des risques et impacts du changement climatique A Madagascar</i> .....	46
2.6.1	<i>Méthodologie d'analyse et notation</i> .....	46
2.6.2	<i>Analyse des Aléas</i> .....	47
2.6.3	<i>Analyse de l'Exposition</i> .....	54
2.6.4	<i>Analyse de la Vulnérabilité</i> .....	56
2.6.5	<i>Analyse de la Capacité</i> .....	59
2.7	<i>Priorisation des risques</i> .....	61
2.8	<i>Conclusion</i> .....	62
2.8.1	<i>Proposition d'Actions</i> .....	62
<b>3.</b>	<b>TROISIEME CHAPITRE : IDENTIFICATION DES POLITIQUES, STRATEGIES ET MESURES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AINSI QUE LES SOLUTIONS</b> .....	<b>64</b>
3.1.	<i>Introduction et objectifs</i> .....	64
3.2.	<i>Références pour la proposition de politique, stratégie et mesures d'adaptation au changement climatique du secteur Wash</i> .....	64
3.2.1.	<i>Les Objectifs de Développement Durable</i> .....	64
3.2.2.	<i>Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNA) DE Madagascar</i> .....	65
3.3.	<i>Lignes de référence pouvant être appliqué pour atteindre ces objectifs</i> .....	66
3.3.1.	<i>Réduire l'évapotranspiration et le ruissellement en mettant en place la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, .....</i>	66
	<i>Pour atteindre l'objectif, les actions à entreprendre sont :.....</i>	66
3.3.2.	<i>Réduire les inondations, augmenter le stockage de ressources en eaux pour tous les usages lutter contre la sécheresse, freiner l'érosion et renforcer la recharge des eaux souterraines</i> .....	67
3.3.3.	<i>Assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène, et mettre fin à la défécation à l'air libre, Réduire les risques d'impacts sanitaires et sociaux Réduire les risques d'impacts sanitaires et sociaux</i> .....	68
<b>4.</b>	<b>QUATRIEME CHAPITRE : INTEGRATION ET OPERATIONNALISATION DES ACTIONS STRATEGIQUES PROPOSEES</b> .....	<b>69</b>
4.1	<i>AXES STRATEGIQUES PROPOSEES</i> .....	69
4.2	<i>OPERATIONNALISATION DES AXES STRATEGIQUES (AS)</i> .....	70
4.2.1	<i>Opérationnalisation AS1</i> .....	70
4.2.2	<i>Opérationnalisation AS2</i> .....	71
4.2.3	<i>Opérationnalisation AS3</i> .....	72
4.2.4	<i>Opérationnalisation AS4</i> .....	73
4.2.5	<i>Opérationnalisation AS5</i> .....	73
4.2.6	<i>Opérationnalisation AS6</i> .....	74
<b>5.</b>	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>76</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>78</b>
<b>7.</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>80</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Les impacts du changement climatique.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 2. Lien causes-impacts-aléas-expositions-effets du changement climatique sur le secteur WASH (Source : MITI-FR GROUP) .....	19
Figure 3. Pourcentage de variation des précipitations .....	22
Figure 4. Evolutions de l'évapotranspiration réelle (ETR) dans les 4 zones climatiques (ZC).....	23
Figure 5. ETR en mm/an en 2030, 2050, 2080 (RCP 8.5) .....	24
Figure 6. Trajectoire des perturbations et cyclones tropicaux du sud-ouest de l'océan indien .....	29
Figure 7. La zone de convergence intertropicale .....	30
Figure 8. La ZCTI à Madagascar le 11 janvier 2007 .....	31
Figure 9. Baisse probable des niveaux des eaux souterraines dans les 22 Régions .....	33
Figure 10. Débits spécifiques d'étiages en l/s/km <sup>2</sup> .....	34
Figure 11. Carte des Ruissellements en mm/an (formule de Thornthwaite) .....	35
Figure 12. Carte des P-Etr mm/an (formule de Thornthwaite) .....	36
Figure 13. Débits spécifiques de crues et zones à hauts risques d'inondations.....	37
Figure 14. Érosion réelle à Madagascar mesurée en millimètres par an.....	38
Figure 15. Taux d'accès à l'assainissement de base en 2018 .....	39
Figure 16. Evolution de la DAL .....	40
Figure 17 : Taux d'accès à l'eau de boisson de base, assainissement de base, hygiène de base.....	41
Figure 18. Prévalence des maladies.....	42
Figure 19. Les composantes d'exposition, vulnérabilité et capacité .....	47
Figure 20. Le modèle « source-chemin-récepteur.....	47
Figure 21. Etapes des actions.....	47
Figure 22. Approche de notation de l'exposition .....	54
Figure 23. Etapes d'évaluation de la vulnérabilité.....	56
Figure 24. Etapes pour évaluer la capacité .....	59

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Impacts du changement climatique à Madagascar .....	15
Tableau 2 : Scénarios sur les changements climatiques dans les 4 zones climatiques pour les précipitations et les températures .....	21
Tableau 3. Valeurs des ruissellements (R) en mm/an dans les 4 zones climatiques (données de 1945-1989) .....	25
Tableau 4 : Valeurs de Pf= P-ETR .....	27
Tableau 5. Prévision de baisse totale des niveaux d'eaux souterraines en 2080.....	32
Tableau 2. Tableau 6 : Incidence des maladies diarrhéiques chez les enfants de moins de 4 ans	42
Tableau 7 : Modèle de tableau de notation .....	50
Tableau 9: Modèle de tableau de notation .....	51
Tableau 10 : Les notes pour l'extension géographique .....	51
Tableau 11 : Modèle de tableau de notation .....	52
Tableau 12 : Les scores pour fréquences et intensité, situation actuelle et perspective.....	52
Tableau 13: Notation du degré de confiance .....	53
Tableau 14. Notes attribuées à chaque exposition pour les différents aléas.....	54
Tableau 15. Notes attribuées pour le degré de confiance pour chaque milieu .....	55
Tableau 16. Notes attribuées aux composantes de vulnérabilité .....	56
Tableau 17. Notes attribuées au degré de confiance .....	58
Tableau 18. Les notes de capacité .....	59
Tableau 19. Notes et rangs de priorités.....	61
Tableau 20. Priorisation des aléas identifiés pour Madagascar .....	62

## LISTE DES CARTES

Carte 1. Zones climatiques et Les stations météorologiques de mesures des données climatologiques .....	20
Carte 2. Ruissellement dans les 4 zones climatiques.....	26
Carte 3. ETR 2030.....	80
Carte 4. ETR 2050.....	81
Carte 5. ETR 2080.....	82

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>AB</b>	Agence de Bassin
<b>ANDEA</b>	Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement
<b>BDEAH – SESAM</b>	Base de Données Eau Assainissement Hygiène – Suivi et Évaluation du Secteur de l'Eau à Madagascar
<b>BNGRC</b>	Bureau National de gestion des Risques et catastrophes
<b>BPOR</b>	Budget Programme par Objectifs régionaux
<b>CC</b>	Changement Climatique
<b>CIRAD</b>	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
<b>CNRE</b>	Centre National de Recherches sur l'Environnement
<b>CPGU</b>	Cellule de Prévention et Gestion des Urgences
<b>CTD</b>	Collectivité Territoriale Décentralisée
<b>DAL</b>	Défécation à l'air libre
<b>DGM</b>	Direction Générale de la Météorologie
<b>EAH</b>	Eau Assainissement et Hygiène
<b>EPM</b>	Enquête Périodique auprès des ménages
<b>ETR</b>	Evapotranspiration réelle
<b>FNRE</b>	Fonds National des Ressources en Eau
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<b>GIRE</b>	Gestion Intégrée des Ressources en Eaux
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
<b>GTZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit,
<b>IEC</b>	Information-Education-Communication
<b>INSTAT</b>	Institut National de la Statistique
<b>MEAH</b>	Ministère de l'eau de l'assainissement et de l'hygiène
<b>MEDD</b>	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
<b>MICS</b>	Multiple Indicator Cluster Surveys
<b>NPE</b>	Nouvelle Politique de l'Énergie
<b>ORSTOM</b>	Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
<b>PANA</b>	Plan d'Action National contre l'Adaptation Climatique
<b>PCDEAH</b>	Plan Communal de développement Eau Assainissement et Hygiène
<b>PNLCC</b>	Politique Nationale de Lutte contre le Changement Climatique
<b>PS WASH/EAH</b>	Politique sectorielle eau assainissement et hygiène
<b>PSEAH</b>	Politique Sectorielle de l'Eau et de l'Assainissement et de l'Hygiène
<b>SDAGIRE</b>	Schémas d'aménagement et de gestion intégrée des ressources en eau
<b>SDEAH</b>	Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement et de l'Hygiène
<b>TDR</b>	Termes de référence
<b>UNICEF</b>	Fonds des Nations Unies pour l'enfance
<b>US AID</b>	U.S. Agency for International Development
<b>WASH</b>	Water Sanitation and Hygiene
<b>ZCIT</b>	Zones de convergences Intertropicales

## RESUME EXECUTIF

La présente étude intitulée « Intégration de la dimension changement climatique dans les stratégies, planification GIRE et réglementation du secteur EAH à Madagascar et concernant spécifiquement **« L'analyse des impacts du changement climatique sur le secteur EAH à Madagascar et identification des politiques, stratégies et mesures d'adaptation au changement climatique »** a une importance déterminante dans l'atteinte des objectifs principaux du projet nommée : **Amélioration des capacités d'adaptation et de résilience face au changement climatique dans les communautés rurales dans les régions Analamanga, Atsinanana, Atsimo Andrefana, Androy et Anosy**. En effet, à Madagascar, les secteurs économiques les plus affectés par les effets néfastes du changement climatique sont l'agriculture, l'élevage, la foresterie, les ressources en eau et la santé. Afin de pouvoir vivre de manière durable dans un contexte de changement climatique et environnemental, les populations doivent parvenir à renforcer leurs capacités d'adaptation et de résilience ; c'est vers cet objectif que tend le projet susmentionné et qui est un projet du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD), financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), et dont la structure de rattachement est le Bureau National des Changements Climatiques, du Carbone et de la Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des Forêts (BN-CCREDD+). UNICEF étant le partenaire clef de mise en œuvre.

Considérant l'hypothèse que les systèmes WASH qui sont guidés au préalable par des évaluations des risques liés au changement climatique seront plus résilients et plus susceptibles de résister aux chocs et aux stress climatiques, l'objectif principal de cette étude est ainsi d'identifier, de gérer et minimiser les risques dus au changement climatique et de définir les stratégies et mesures d'adaptation au changement climatique afin rendre plus avantageux et plus performant le programme WASH à Madagascar à court, moyen et long terme.

**Utile est de rappeler qu'en 2010, Madagascar était déjà parmi les pays les plus touchés par les impacts du changement climatique.** Et les conséquences se font ressentir depuis lors par :

- **L'augmentation des températures moyennes** 0,9°C dans la moitié Sud de Madagascar et 0,2°C dans la moitié Nord depuis une trentaine d'années ;
- **L'augmentation de l'intensité des précipitations** entraînant l'augmentation des risques d'inondation ;
- **L'allongement des périodes sèches** sur les hauts plateaux et la côte Est ;
- Les cyclones tropicaux provoquant **des vents de plus en plus violents atteignant le 250km/h sont devenus plus fréquents** causant des centaines de morts parmi les populations, plusieurs centaines de milliers de sans-abris, des infrastructures détruits (école, centre de santé de base, ponts, routes). **Les pertes et dommages étaient évalués à plusieurs centaines de millions de dollars américains.**

La présente analyses est divisée en quatre principaux chapitres :

**Le premier chapitre**, en guise d'introduction donne **les définitions clés des différentes terminologies utilisées en termes de changement climatique et de ses impacts sur le secteur WASH** en particulier : le changement climatique, les impacts du changement climatique, les risques des catastrophes, l'aléa, l'exposition, la vulnérabilité, la capacité, la catastrophe.

**Le second chapitre**, parle respectivement du **changement climatique à Madagascar** et donne l'analyse des études existantes orientées sur le secteur WASH et en particulier :

Il est mets le focus sur

- l'identification **des dangers qui pourraient avoir des impacts ; ce qui sont exposés à ces dangers ; de la vulnérabilité des personnes exposées** et ce qui influence les effets néfastes des dangers,
- L'identification et la considération de la capacité et de comment elle influence le risque : l'analyse des aléas, de la vulnérabilité, la capacité des secteurs exposés, des différents milieux, des différentes composantes, de la politique et institution, ....
- La série d'analyse et de notation des différents paramètres se termine par l'attribution des notes finales et le rang global pour chaque zone géographique de Madagascar et ce qui a permis de montrer de façon objective la priorisation des aléas définis officiellement pour Madagascar.

Le second chapitre se termine par la présentation des résultats de l'analyse des impacts du changement climatique sur le secteur WASH à Madagascar, les résultats de l'évaluation ainsi que la notation finale des différents aléas comme il est montré dans le Tableau ci-dessous (**Tableau 1. Priorisation des aléas identifiés pour Madagascar dans le texte**)

Aléas	Zone climatique la plus affectée	Notes finales	Rang global
Sècheresse	SO ; NO ; HTC	81	1
Inondations	NO ; HTC ; CE	63	2
Érosion-glisement de terrains	NO HTC ; CE	41	3
Maladies et épidémies	SO ; NO ; HTC ; CE	37	4
Pollution	SO ; NO	26	5

**Ces zones sont : le Nord-Ouest (NO), le Sud-Ouest (SO), les Hautes Terres Centrales (HTC), la Côte Est (CE).**

**Le troisième chapitre**, est consacré à la présentation des résultats proprement dits de l'étude « intégration de la dimension climatique dans les stratégies, planification GIRE et réglementation du secteur WASH à Madagascar. Les deux références pertinents retenus étant : **les objectifs de développement durable numéro six (ODD 6)** et « **le Plan National d'Adaptation au changement climatique (PNA)** ».

**Références 1** : les objectifs de l'ODD 6 avec les 6 objectifs à atteindre d'ici 2030 concernant :

- l'accès universel et équitable à l'eau potable,
- l'accès de tous, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air,
- l'amélioration de la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses,
- l'utilisation des ressources en eau avec beaucoup plus d'efficacité dans tous les secteurs afin de garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce et de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau,
- la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, y compris au moyen de la

- coopération transfrontière selon qu'il convient
- la protection et la restauration des écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs.
  - L'augmentation du montant de l'aide publique au développement consacrée à l'eau et à l'assainissement dans un plan de dépenses coordonné par les pouvoirs publics
  - L'appui et le renfort de la participation de la population locale à l'amélioration de la gestion de l'eau et de l'assainissement

**Références 2 : Le plan national d'adaptation au changement climatique (PNA) de Madagascar avec ses trois grands axes stratégiques :**

- Le renforcement de la gouvernance et l'intégration de l'adaptation
- La mise en œuvre d'un programme d'actions sectorielles prioritaires ;
- Le financement de l'adaptation aux changements climatiques.

Des références sus mentionnées les **actions suivantes ont été considérées pertinentes et proposées** pour le secteur WASH dans contexte de Madagascar :

- La **réduction de l'évapotranspiration et du ruissellement** en mettant en place la **gestion intégrée des ressources en eau** à tous les niveaux,
- La **lutte contre la sécheresse** par la mise en œuvre d'actions pour protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau,
- La **réduction des inondations, l'augmentation du stockage de ressources en eaux** pour tous les usages par le développement des retenues d'eau-amont, des canaux et bassins d'infiltration sur les pentes des bassins versants, des canaux de drainage,
- Le **freinage de l'érosion et le renforcement de la recharge des eaux souterraines** par la reforestation et le reboisement,
- L'**accès universel et équitable à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène**, et l'éradication de la défécation à l'air libre.
- La **réduction de la pollution et des risques d'impacts sanitaires et sociaux**.

Enfin, **le quatrième chapitre** traite sur les **actions d'opérationnalisation** des axes stratégiques des objectifs fixés dans le précédent chapitre.

Il présente un tableau détaillé, des diverses **actions à entreprendre** par les différentes entités concernées dans le cadre de la mise en œuvre des objectifs fixés : notamment **Le Ministère en charge de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (MEAH), l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ANDEA), les structures décentralisées**.

# 1.CHAPITRE PREMIER : INTRODUCTION

## 1.1. DEFINITIONS DE QUELQUES TERMES PRINCIPAUX

Afin de bien cadrer les évaluations sur le Changement Climatique (CC) et ses impacts, et de pouvoir faire des propositions pertinentes pour l'intégration de la dimension CC dans les orientations stratégiques du secteur WASH à Madagascar, il est nécessaire d'avoir une compréhension partagée la plus précise possible des termes relatifs aux CC en se basant sur les définitions acceptées universellement.

### 1.2.1. CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le GIEC<sup>2</sup> définit le Changement Climatique comme la variation de l'état du *climat*, que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés, qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des *forçages externes* ou à des changements *anthropiques* persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres.

### 1.2.2. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Selon le GIEC (1995), le changement climatique s'accompagne :

- D'une perturbation du cycle de l'eau,
- D'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles d'origine climatique (sécheresses, inondations, tempêtes, cyclones),
- D'une menace de disparition de certains espaces côtiers, en particulier les deltas, les mangroves, les récifs coralliens, etc.

Aussi, il favoriserait la recrudescence du paludisme, l'extension de maladies infectieuses comme la salmonellose ou le choléra et accélérerait la baisse de la biodiversité : disparition d'espèces animales ou végétales.

Dans son 5<sup>ème</sup> rapport le GIEC définit les « **Impacts** » comme les conséquences des changements climatiques sur les systèmes humains et naturels. Le terme « impacts » est principalement utilisé pour désigner les **conséquences sur les systèmes naturels et humains des événements météorologiques et climatiques extrêmes**. Les impacts désignent généralement les conséquences sur les vies, les moyens de subsistance, la santé, les écosystèmes, les économies, les sociétés, les cultures, les services et les infrastructures dues à l'interaction des changements climatiques ou des événements climatiques dangereux, se produisant à une période donnée, et la vulnérabilité d'une société ou d'un système exposé. Les impacts sont également appelés conséquences et résultats. Les impacts du changement climatique sur les systèmes géophysiques, notamment les inondations, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer, constituent un sous-ensemble des impacts appelés « **Impacts Physiques** ».

---

<sup>2</sup> Glossaire du 4<sup>ème</sup> rapport GIEC - 2007

### 1.2.3. LES RISQUES DE CATASTROPHES

Selon le BNGRC (2008), les risques de catastrophes résultent de la confrontation d'une large gamme d'aléas, telles que les effets du changement climatique et l'élévation du niveau de la mer, les aléas de la dégradation environnementale causée par l'homme, l'érosion côtière croissante, les inondations – pour n'en citer que quelques-uns - avec la vulnérabilité des populations. Ces risques et aléas aggravent la vulnérabilité des pays face aux catastrophes et vont encore empirer avec les événements extrêmes liés aux changements climatiques – (*Analyse institutionnelle des Plates-formes Nationales et des organes référents de la Réduction des Risques de Catastrophes-Troisième partie : Synthèse des leçons acquises par Pays - PROJET D'APPUI AU PROGRAMME NATIONAL DE GESTION DES RISQUES ET CATASTROPHES- BNGRC-DPC-PNUD- ISDR- Mai 2008*).

### 1.2.4. ALEA

L'Alea (Hazard)<sup>3</sup> est l'éventualité d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturel ou anthropique, ou d'une incidence physique, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes matériels touchant les biens, les infrastructures, les moyens de subsistance, la fourniture des services, les écosystèmes, et les ressources environnementales. Dans le présent rapport, ce terme se rapporte en général aux phénomènes et tendances physiques associés au climat ou à leurs « **Impacts Physiques**» (GIEC, 2014, P.5).

### 1.2.5. EXPOSITION

Le terme exposition peut être défini comme « personnes, biens, systèmes ou autres éléments » dans des endroits ou des milieux qui pourraient être affectés négativement par des aléas et qui sont sujets à des pertes potentielle<sup>4</sup>.

### 1.2.6. VULNERABILITE

Le terme vulnérabilité peut être défini comme les caractéristiques et les circonstances d'une collectivité, d'un système ou d'un bien qui le rendent vulnérable aux effets néfastes d'un danger. Il existe de nombreux aspects de la vulnérabilité, découlant de divers facteurs physiques, sociaux, économiques et environnementaux<sup>5</sup>.

### 1.2.7. CAPACITE

Le terme capacité comprend l'infrastructure et les moyens physiques, les institutions, les capacités d'adaptation sociétale, ainsi que les connaissances humaines, les compétences et les attributs collectifs tels que les relations sociales, le leadership et la gestion. La capacité est la capacité de préparer, d'intervenir, de récupérer et d'apprendre.

---

<sup>3</sup> Note de la traductrice : dans la traduction française du rapport du GTII de l'AR5, le terme « aléas » est employé comme synonyme de « danger ».

<sup>4</sup> Traduction : Microsoft Translator du tableau page 10 du document « WASH Climate Resilient Development | Guidance Note de l'Unicef-GWP-2014

<sup>5</sup> Traduction : Microsoft Translator du tableau page 10 du document « WASH Climate Resilient Development | Guidance Note de l'Unicef-GWP-2014

### 1.2.8. CATASTROPHES

Comme présenté dans le site de Oxfam<sup>6</sup>, les changements climatiques qui se produisent à travers le monde exacerbent les phénomènes météorologiques extrêmes et accroissent le risque de catastrophes climatiques. L'augmentation de la température de l'air et de l'eau entraîne une élévation du niveau des mers et renforce l'intensité des tempêtes, des vents, des sécheresses et des incendies qui durent plus longtemps, ainsi que des précipitations et des inondations.

Selon le GIEC une **catastrophe** est une situation où l'impact du danger a un effet négatif sur les personnes et les communautés vulnérables au point de les menacer directement, ou quand l'économie ou les structures sociales sont suffisamment affectées au point de compromettre leur capacité de survie ou de rétablissement. Une **Catastrophe complexe** est une catastrophe qui n'a pas une seule cause (comme une tempête), mais est la conséquence d'une combinaison de facteurs ; il peut s'agir d'un événement climatique extrême, des conflits et/ou de la migration, de la dégradation de l'environnement et d'autres problèmes (GIEC, 2007)<sup>7</sup>. Les situations d'urgence complexes deviennent plus probables à cause du changement climatique qui modifie ou amplifie les vulnérabilités sous-jacentes.

---

<sup>6</sup> Site web : <https://www.oxfam.org/fr/changement-climatique-cinq-catastrophes-naturelle>

<sup>7</sup> : Bilan 2007 des changements climatiques

## 2. DEUXIEME CHAPITRE : ANALYSES DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR EAH A MADAGASCAR

### 2.1 INTRODUCTION

Ce chapitre concerne l'analyse des impacts du changement climatique sur le secteur EAH à Madagascar. Elle intègre une évaluation de la vulnérabilité du secteur WASH de Madagascar aux effets du changement climatique, notamment la vulnérabilité des femmes et enfants<sup>8</sup>.

L'analyse comporte deux parties dont (1) Analyse des études existantes sur le changement climatique orientées sur le secteur WASH à Madagascar et (2) Évaluation des risques et impacts du changement climatique à Madagascar en utilisant les méthodologies énoncées dans le document de référence intitulé « WASH Climate Resilient Development - Guidance Note - Risk Assessments for WASH » (UNICEF et GWP, 2014).

### 2.2 ANALYSE DES ETUDES EXISTANTES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ORIENTEE SUR LE SECTEUR WASH A MADAGASCAR

Le changement climatique à Madagascar a fait l'objet de deux rapports officiels de la Direction générale de la météorologie (DGM), à savoir un premier document intitulé « Le changement climatique à Madagascar » élaboré par la DGM, *The Climate Change Analysis Group University of Cape Town*, et la Banque Mondiale en 2008 (DGM, 2008), et un deuxième document dont le titre est « Les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar » élaboré par la DGM, *The Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System (RIMES)*, La Cellule de Prévention et Gestion des Urgences (CPGU), et La Banque Mondiale en 2019 (DGM, 2019).

Aussi, la climatologie et l'hydrologie à Madagascar ont été étudiée de façon très détaillée dans le document « Fleuves et Rivières de Madagascar » (DGM ; ORSTOM ; CNRE, 1993) ayant abouti à une connaissance approfondie sur le climat, les éléments du cycle de l'eau, à la disposition de données et d'outils, dont des formules hydrologiques, permettant d'avoir des informations sur les tendances climatiques concernant notamment les ressources en eaux de surface.

La cartographie des éléments du cycle de l'eau, l'analyse de la situation des ressources en eaux souterraines, l'exploitation des données de base sur le secteur WASH, ont été effectuées par l'utilisation de la Base de Données Eau Assainissement Hygiène – Suivi et Évaluation du Secteur de l'Eau à Madagascar (BDEAH-SESAM) du Ministère de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène.

#### 2.2.1 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE A MADAGASCAR – APPROCHE METHODOLOGIQUE

Les paragraphes qui suivent comporte une analyse des impacts du changement climatique sur le secteur WASH à Madagascar, et ceci en vue de l'identification des politiques, stratégies et mesures d'adaptation adéquates, en appliquant les directives contenues dans le document « Guidance Note - Risk assessments for WASH » énoncé ci-dessus. Ce guide spécifie qu'il faut analyser « les aléas officiellement reconnus pour Madagascar à travers les documents officiels existants.

---

<sup>8</sup> Partie 3.2 .1 des Tdrs

Les exemples d'aléas donnés par le Guide sont détaillés ci-dessous : (Exemples of climate related hazards to be considered in the detailed climate assessment -Technical brief - Risk assessment : p13)

- |                     |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|
| • Sécheresse        | • Tempêtes                               | • Avalanche                                    | • Ondes de tempête                             |
| • Inondations       | • Foudre                                 | • éboulement                                   | • Pollution                                    |
| • Fortes Pluies     | • Grêle, poussière, glace, vent          | • Affaissement du sol                          | • Infestation d'insectes ou d'animaux          |
| • Vagues de chaleur | • Tornado                                | • Érosion du sol                               | • Contagions venant des plantes ou des animaux |
| • Vague de froid    | • Cyclone tropical                       | • Érosion des berges                           | • Moisissures et champignon                    |
|                     | • Salinisation (terres sèches)           | • Érosion côtière                              | • Proliférations d'algues                      |
|                     | • Désertification                        | • Intrusion saline                             | • Maladie                                      |
|                     | • Feux de brousse                        | • Élévation du niveau de la mer (à long terme) |  |
|                     | • Glissement de terrain, coulées de boue |  |  |

Dans le souci de démontrer que l'occurrence effective de ces aléas soit prouvée scientifiquement par une exploitation des données contenues dans les documents d'études sur le changement climatique disponibles à Madagascar, une analyse préliminaire des « aléas » a été réalisée suivant une application correcte du Guide (susmentionné), et un respect scrupuleux des approches qu'il préconise pour chaque étape, et notamment pour l'identification des aléas qui pourraient avoir un impact sur le secteur WASH. En rappel, pour l'identification des « aléas » le Guide préconise d'utiliser l'approche « l'évaluation détaillée du climat » (Technical brief - Risk assessment : p11. Section 4.1 et 4.1.3).

### 2.2.1. LES IMPACTS RECONNUS OFFICIELLEMENT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A MADAGASCAR

Le rapport de la DGM sur les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar en 2019, déclare en page 6 que les données historiques sur les catastrophes pour la période (1961 – 2017) indiquent la présence des catastrophes suivantes liées au climat : cyclones, sécheresse, inondations, glissements de terrain, épidémies. Parmi ceux-ci, les dommages liés aux cyclones ont été les plus importants. Les cyclones ont provoqué 1193 morts, détruit 0,6 million de maisons et touché directement et indirectement 4 millions de personnes. Les inondations ont été la deuxième catastrophe à impact élevé, ayant touché plus de 0,3 million de personnes au cours de cette période<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Desinventar Disaster Loss and Damage Database of Madagascar - <https://www.desinventar.net/DesInventar/>

Les « impacts du changement climatique » à Madagascar sont résumés dans le tableau 1 ci-dessous selon le rapport de la DGM (DGM, 2019).

**TABLEAU 2. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A MADAGASCAR**

<b>Impacts climatiques à Madagascar</b>	
<b>Précipitations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les fortes pluies entraînent des inondations et des glissements de terrain.</li> <li>• Des pluies insuffisantes et des variations dans la répartition conduisent à la sécheresse</li> <li>• Les inondations endommagent les cultures et réduisent le rendement. Les inondations causées par le cyclone Eline et la tempête tropicale Gloria en 2000 ont tué 205 personnes, des milliers d’hectares de paddy ont été détruits, ainsi que des plantations de café et de bananes. Les pertes associées au cyclone Eline seul ont coûté 9 millions US\$.</li> <li>• Les inondations entraînent des ruptures de digues affectant l’habitat, les infrastructures et plusieurs autres secteurs. Les inondations associées aux cyclones Favio, Clovis et Bondo en 2007 ont touché 25 000 personnes et détruit 200 000 tonnes de riz dans le Sud-Est, Nord-Ouest et les régions à l’Ouest de Madagascar.</li> <li>• Les variations de précipitations affectent le débit et le niveau de l’eau, et de ce fait affectent la production d’énergie et augmentent les coûts de production d’énergie hydroélectrique.</li> <li>• La sécheresse affecte la production agricole, en particulier les rizières pluviales.</li> <li>• Les sécheresses provoquent des insécurités alimentaires et des insécurités nutritionnelles entraînant des urgences humanitaires. Par exemple, la sécheresse de 2017-2018 dans les régions du Sud a réduit de 60% la production agricole et a menacé 1,3 million de personnes de problèmes de sécurité alimentaire.</li> </ul>
<b>Température</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les arbres fleurissent plus tôt en raison du changement dans la variation des températures.</li> <li>• Les hivers doux peuvent même créer des désordres physiologiques (chute des bourgeons, fruits avortés) chez le pommier.</li> </ul>
<b>Cyclone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de vies.</li> <li>• Destruction des cultures (culture de rentes et cultures de plantation) dans les zones côtières.</li> <li>• Dégâts sur les infrastructures</li> </ul>
<b>Niveau et température de la mer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les récifs coralliens et les écosystèmes marins sont affectés.</li> <li>• La distribution des poissons est également affectée.</li> </ul>

**“Les secteurs tels que l’agriculture, les ressources en eau, l’élevage, la santé, les infrastructures, la biodiversité terrestre et marine, l’environnement, la gestion des catastrophes et d’autres sont vulnérables au changement climatique à divers degrés”**

En conclusion, ce sont les éléments présentés dans ce rapport de DGM-RIMES-CPGU (2019), analysés comme ***aleas liés au climat*** qui sont exploites dans durant cette analyse. Ces éléments sont : les cyclones, les sécheresses, les inondations, les glissements de terrain, les épidémies. Ils sont analysés en fonction des paramètres climatiques dont les précipitations, températures, niveau et températures de la mer <sup>10</sup>, en considérant la spécification disant « *Les secteurs tels que l'agriculture, les ressources en eau, l'élevage, la santé, les infrastructures, la biodiversité terrestre et marine, l'environnement, la gestion des catastrophes et d'autres sont vulnérables au changement climatique à divers degrés* » (DGM, 2019).

Grace à l'analyse documentaire un tableau montrant les relations du changement climatique avec les impacts identifiés à Madagascar a été établi. Les figure 1 et 2 ci-dessous sont des représentations graphiques permettant de détailler ces relations.

---

<sup>10</sup> Page 7 du rapport de la DGM, 2019

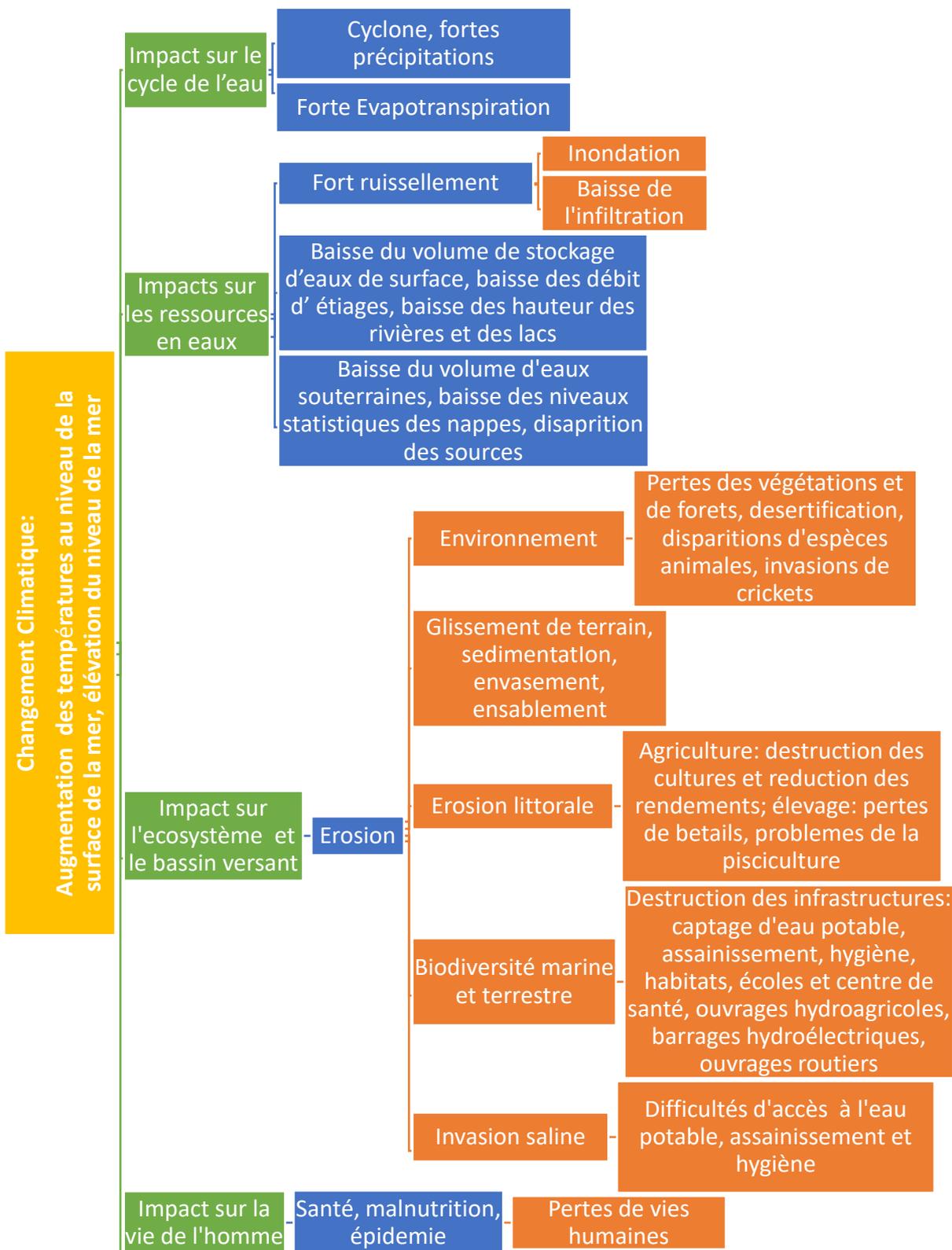


FIGURE 1. LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Cette figure 1 montre les phases suivantes :

**Phase de départ (Jaune) :** les émissions des gaz à effets de serre (GES) provoquent un changement du climat marqué par l'augmentation des températures (T), l'augmentation des températures de la surface de la mer, et l'élévation du niveau de la mer ;

**Phase 1 : Impact primaire fondamental (Vert) :** l'augmentation des températures fait augmenter l'évapotranspiration (E), et l'augmentation des températures de la surface crée les perturbations climatiques violentes telles que sont les cyclones, les zones de convergences intertropicales (pour ce qui concerne Madagascar), qui sont à l'origine des fortes précipitations favorisant des ruissellements (R) brusques et importants ne donnant pas le temps à l'infiltration (I) de se passer. Le changement climatique impacte en premier le cycle de l'eau, affectant gravement la situation des ressources en eaux ;

**Phase 2 : impact secondaire (Bleu) :** les perturbations du cycle de l'eau vont provoquer des aléas tels que : sécheresse et pénurie d'eau, inondations, érosion et glissement de terrain, pollution ;

**Phase 3 : impact final (orange) :** les aléas vont affecter, les populations (conditions de vie, de santé, d'éducation et de production), les écosystème du bassin versant (ressources en eaux, sols, forêts et végétations, écosystèmes terrestre et marins), les infrastructures essentielles socio-économiques (captage d'eau, réseaux hydroagricoles, habitations, établissements sanitaires et d'éducation, ouvrages de production d'hydroélectricité et de biens économiques) et provoquer les problèmes dont le mauvais accès à l'eau-assainissement et hygiène, la malnutrition et les famines, les maladies et épidémies, la pauvreté, et les pertes de vies humaines.

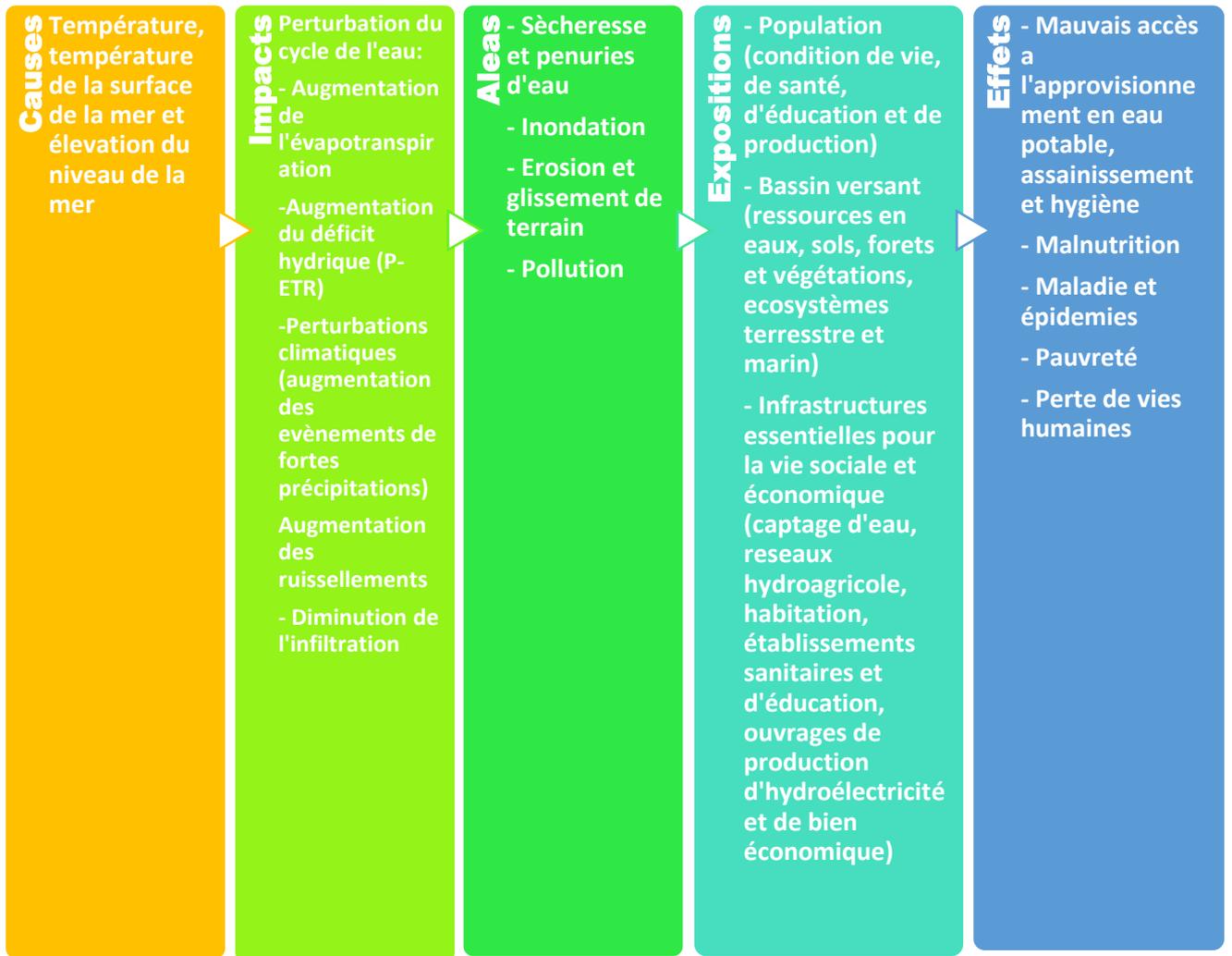
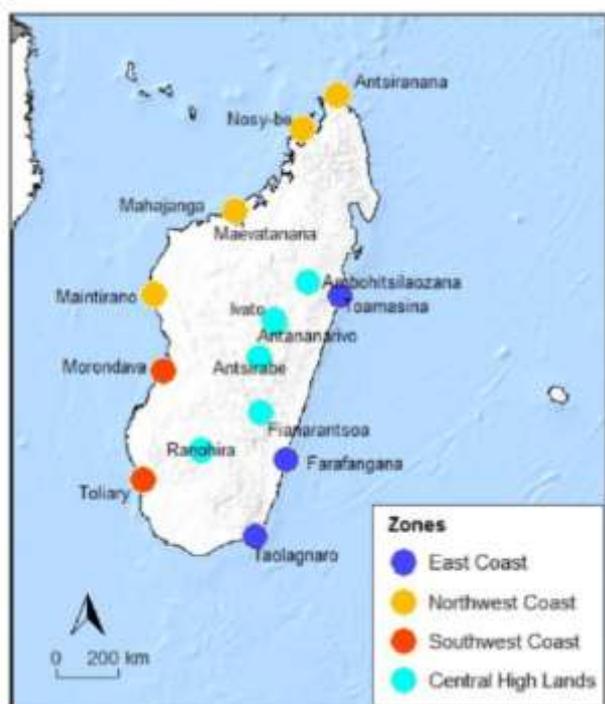


FIGURE 2. LIEN CAUSES-IMPACTS-ALEAS-EXPOSITIONS-EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SECTEUR WASH

### 2.2.2. LES ZONES CLIMATIQUES DE MADAGASCAR

Selon le rapport de la DGM de 2019, une zonation en Quatre zones climatiques est utilisée pour effectuer les analyses de l'évolution du climat du fait des effets des émissions des gaz à effets de serre. Ces zones sont : le Nord-Ouest (NO), le Sud-Ouest (SO), les Hautes Terres Centrales (HTC), la Côte Est (CE) (cf. carte 1).

CARTE 1. ZONES CLIMATIQUES ET LES STATIONS METEOROLOGIQUES DE MESURES DES DONNEES CLIMATOLOGIQUES



Stations météorologiques
CE Farafangana
CE Taolagnaro
CE Toamasina
HTC Antananarivo
HTC Ambohitsilaozana
HTC Antsirabe
HTC Ranohira
HTC Fianarantsoa
HTC Ivato
NO Antsiranana
NO Mahajanga
NO Maintirano
NO Nosy-be
SO Morondava
SO Toliary

Source : *Les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar- (Direction Générale de la Météorologie-le Régional Integrated Multi-Hazard Early Warning System (RIMES)- Cellule de Prévention et Gestion des Urgences (CPGU) - Banque Mondiale—2019.*

## 2.3 IMPACT SUR LE CYCLE DE L'EAU

Le changement climatique impacte directement le cycle de l'eau et provoque des perturbations sur ses composantes, la température (T), les précipitations (P), l'évapotranspiration (ET), le ruissellement (R) et l'infiltration (I) (GIEC, 1995). Ainsi les paragraphes analysent les impacts du CC sur ces différents paramètres climatiques.

### 2.3.1 PRECIPITATION (P) ET TEMPERATURE (T)

Le rapport de la DGM de 2019 donne les tendances d'évolutions des précipitations (P) et températures (T) pour 2030, 2050, 2080 selon les scénarios d'émissions futures différentes de GES modérés (RCP 4.5) et élevé (RCP 8.5)<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Les RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5, RCP 2.6 ((Representative Concentration Pathways,)) sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Le scénario le plus pessimiste est le RCP 8.5- GIEC 5eme rapport.2014.

**TABLEAU 3 : SCENARIOS SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES 4 ZONES CLIMATIQUES POUR LES PRECIPITATIONS ET LES TEMPERATURES**

Paramètre (Annuelle)	Zones	RCP 4.5 (Modérée)			RCP 8.5 (Elevée)		
		2030s	2050s	2080s	2030s	2050s	2080s
Précipitations (mm)	Côte Est	-1,6	-3,5	-3,1	-4,0	-6,5	-8,6
	Hautes terres centrales	-3,7	-7,8	-7,4	-5,1	-9,0	-11,8
	Nord-Ouest	-3,5	-7,6	-7,1	-4,2	-8,7	-7,9
	Sud-Ouest	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
	Côte Est	1,0	1,3	1,8	1,0	1,7	3,0
Température maximale (°C)	Hautes terres centrales	1,1	1,6	2,1	1,2	2,0	3,5
	Nord-Ouest	1,0	1,4	1,9	1,1	1,8	3,2
	Sud-Ouest	1,0	1,6	2,0	1,2	1,9	3,4
	Côte Est	0,9	1,3	1,8	1,0	1,7	3,0
Température minimale (°C)	Hautes terres centrales	1,0	1,5	2,0	1,2	1,9	3,4
	Nord-Ouest	1,0	1,4	1,9	1,1	1,9	3,2
	Sud-Ouest	1,0	1,5	2,0	1,2	1,9	3,4

Source : NASA NEX « les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar - (Direction Générale de la Météorologie - le Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System (RIMES) - Cellule de Prévention et Gestion des Urgences (CPGU) - Banque Mondiale - 2019).

Les évolutions des précipitations se présentent de la façon suivante (fig3) selon l'extension géographique :

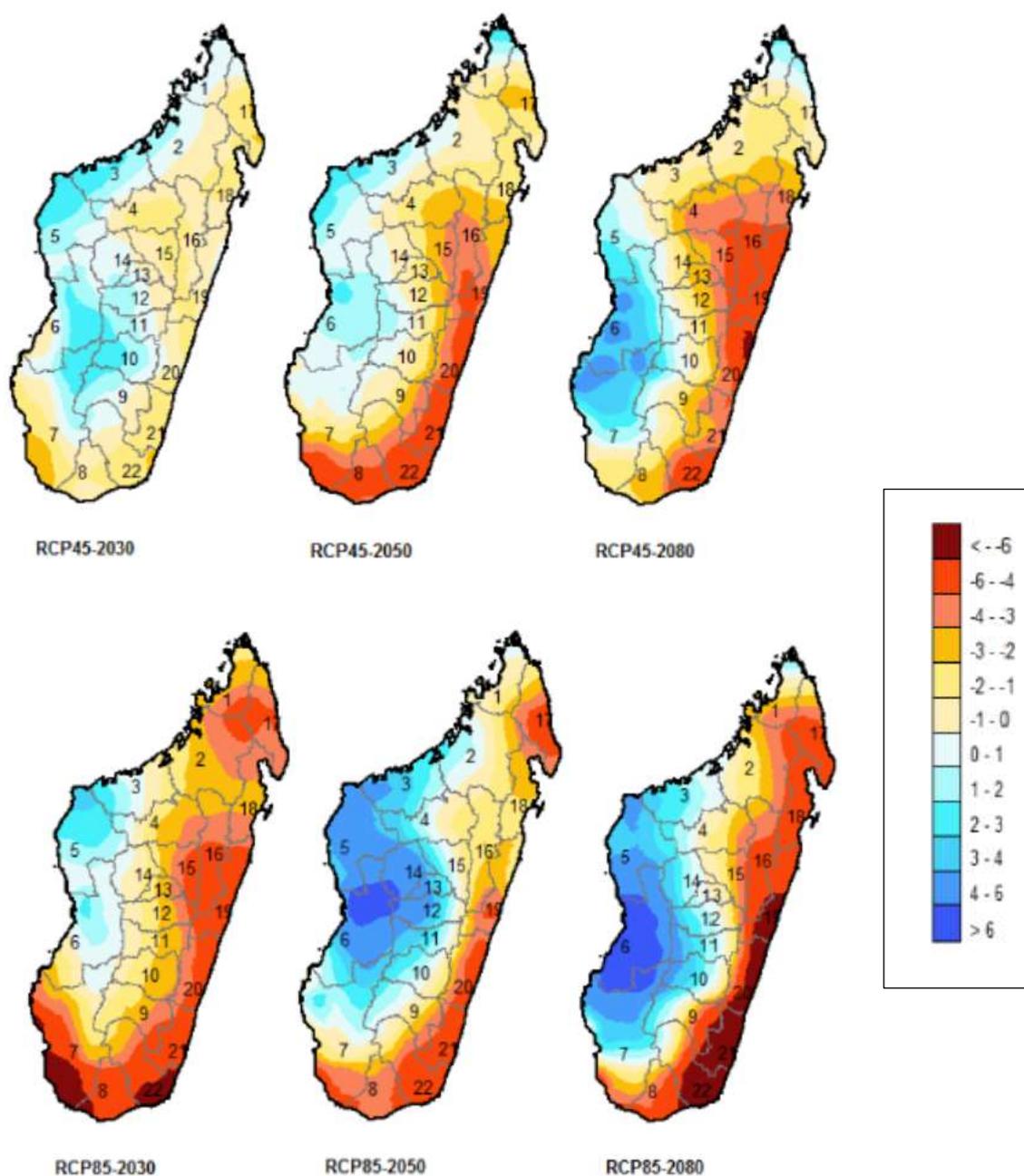


FIGURE 3. POURCENTAGE DE VARIATION PRECIPITATIONS

L'analyse de ces cartes permet de constater que les précipitations vont probablement augmenter dans la partie centrale de la zone Sud-Ouest (SO), la partie sud de la zone Nord-ouest (NO), la partie centrale de la zone Hautes Terres Centrales (HTC) et vont probablement diminuer dans les autres zones, notamment dans la partie sud de la zone Cote Est (CE) à un taux de 6 %.

### 2.3.2 ÉVAPOTRANSPIRATION (ETR)

Pour pouvoir apprécier l'impact du changement climatique sur les ressources en eau, il est indispensable d'avoir les données sur l'évapotranspiration. La DGM ne prévoit de l'étudier qu'en 2021. Dans le cadre de cette étude, des calculs ont été alors effectués dans toutes les stations des 4 zones climatiques, en utilisant la formule de Turc suivante :

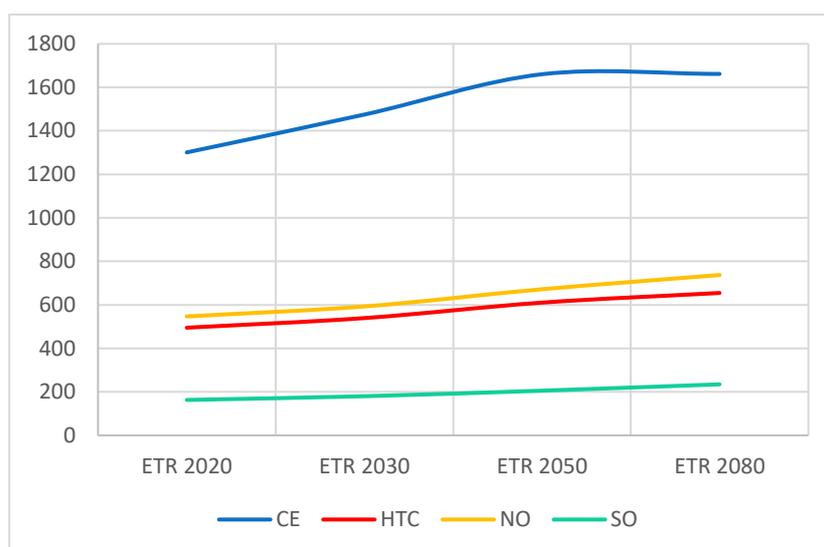
$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \text{ avec } L = 300 + 25t + 0,05t^3$$

E : évapotranspiration annuelle moyenne en millimètres,

P : la pluviométrie annuelle moyenne en millimètres

t : la température moyenne au-dessus de la surface (degrés Celsius)

Les évolutions des précipitations et des températures prises se rapportent au scénario élevé (RCP 8.5) avec les températures maximales, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables. Les calculs donnent les résultats ci-dessous :



ZC	ETR 2020	ETR 2030	ETR 2050	ETR 2080
CE	1300.95	1474.79	1660.22	1661.78
HTC	494.98	539.2	610.32	654.68
NO	546.77	592.7	671.86	737.29
SO	162.91	180.08	205.46	234.58

FIGURE 4. ÉVOLUTIONS DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR) DANS LES 4 ZONES CLIMATIQUES (ZC)

Ainsi d'après la figure 4 ci-dessus, on constate que l'évapotranspiration va probablement augmenter dans les trois scénarios et les quatre zones climatiques.

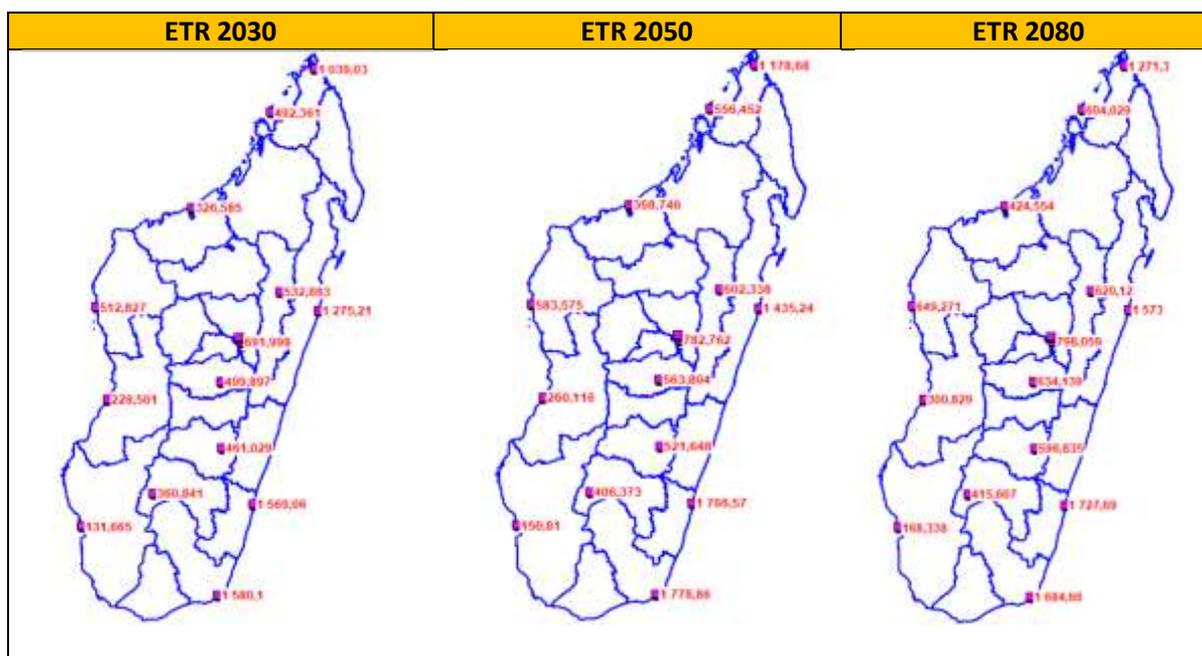


FIGURE 5. ETR EN MM/AN EN 2030, 2050, 2080 (RCP 8.5)

### 2.3.3 RUISSELLEMENT (R)

Selon le glossaire du GIEC, le ruissellement est défini comme la « *Partie des précipitations qui ne s'évapore pas ou ne transpire pas, mais qui s'écoule à la surface du sol et se déverse dans les masses d'eau* » (GIEC, 2007).

En tant que composante du cycle de l'eau, ce paramètre est impacté par le changement climatique par les effets de l'augmentation des températures qui, (i) accroît l'évaporation accentuant la sécheresse des sols aboutissant à une augmentation des quantités d'eau s'écoulant sur la surface du sol et à une réduction de l'infiltration, (ii) provoque des perturbations climatiques engendrant, les pluies d'orages issues des ZCIT (Zones de convergences Intertropicales) et les précipitations dépressionnaires issues des cyclones tropicales (CT). Le ruissellement est à l'origine des catastrophes qui frappent le plus Madagascar, à savoir les inondations, la sécheresse, l'érosion, les éboulements, les glissements de terrain.

Le ruissellement à Madagascar a été étudié par la DGM, l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) et le CNRE (Centre National de Recherches sur l'Environnement), et les résultats de l'étude sont publiés dans le document « Fleuves et Rivières de Madagascar, 1993 ». Ainsi, les valeurs de H ou R : lame écoulee a été calculé par la formule ci-après :

$$H \text{ (mm)} = Q \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{)} * 86.4 * 365 \text{ (ou 366)} / S/\text{km}^2$$

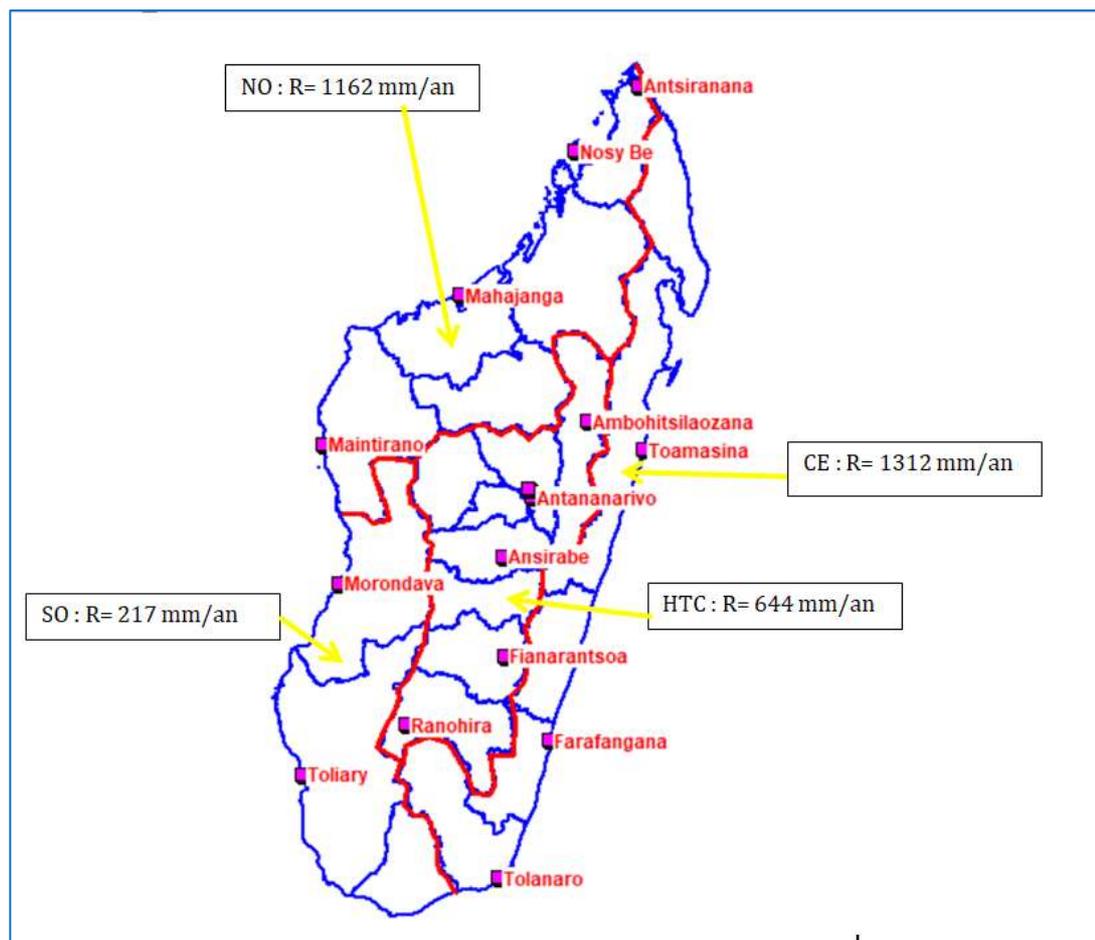
Où : H lames annuelles, Q débit moyen annuel, S superficie du bassin versant.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 3 ci-dessous :

**TABLEAU 4. VALEURS DES RUISSELLEMENTS (R) EN MM/AN DANS LES 4 ZONES CLIMATIQUES (DONNEES DE 1945-1989)**

ZONES CLIMATIQUES	STATIONS HYDROMETRIQUES	(R) mm/an	MOYENNE (mm/an)
NO	AMBANJA	1500	1162
	AMBODIMANGA	1800	
	AMBODIVOHITRA	600	
	AMBODIROKA/ISINKO	1130	
	AMBODIROKA/BETSIBOKA	780	
HTC	SAHANIVOTRY/PK197	730	644
	SAHANIVOTRY/MANANDONA	600	
	FASIMENA/MANIA	720	
	BETOMBA/TSIRIBIHANA	695	
	IKOPA/AMBOHIMANAMBOLA	640	
	IKOPA/MAHITSY	590	
	ANDRAMASINA/SISAONY	595	
	TSINJONY	860	
	BEVOMANGA	605	
	FIADANANA	575	
	ANTSATRANA	770	
	ANKARAMENA/ZOMANDAO	575	
	TSITONDROINA/MANANANTANANA	440	
	MALAKIALINA/MATSIATRA	625	
CE	ANDROMBA	330	1312
	RINGA-RINGA	1320	
	ROGEZ	1145	
	BRICKAVILLE	1840	
	ANDEKALEKA	1710	
	FETRAOMBY	2100	
	MANGORO/GARE	770	
	ANTSAMPANDRANO	890	
	TSINJOARIVO	720	
	ANTSINDRA	1650	
	FATIHITA	1860	
	VOHIPARARA	895	
	VOHILAVA	1840	
	MARANGATY	535	
	FANJAHIRA	2070	
SO	ANADABOLAVA	300	217
	AMBOASARY	185	
	BEVIA	175	
	TSIHOMBE	50	
	TRANOROA	190	
	TONGOBOBY	165	
	IHOSY	340	
	BANIAN	330	

CARTE 2. RUISSELLEMENT DANS LES 4 ZONES CLIMATIQUES



A cause des perturbations climatiques, cyclones et ZCTI, le ruissellement va probablement augmenter dans les quatre zones climatiques.

### 2.3.4 INFILTRATION (I)

L'infiltration est obtenue par la relation :

$$I(\text{mm/an}) = P - \text{ETR} - R \pm \Delta S$$

$\Delta S$  est la variation du stock d'eau sous l'effet de l'évapotranspiration.

L'infiltration est impactée par les effets du changement climatique du fait :

- De l'augmentation de l'évapotranspiration, causée par l'augmentation des températures, qui assèche la surface du sol et élimine de l'eau qui devrait être emmagasinée dans les pores de la zone d'aération. Ainsi, l'eau ne pourra plus alimenter l'*infiltration efficace* responsable de la recharge des nappes d'eau souterraines ;
- De l'augmentation du ruissellement sur le sol ainsi asséché et ne permettant pas à l'infiltration.

La valeur de l'infiltration déjà faible va diminuer de plus en plus ; entraînant la baisse des niveaux piézométriques des nappes souterraines, la disparition des sources, la diminution des niveaux des

eaux de surface aboutissant à des débits d'étiage égal à zéro (rivières sèches). Ceci amène dans les stratégies d'exploitation des ressources en eaux à recourir au captage de sous-écoulement, aux barrages souterrains, au captage à drain, à la création stockage d'eaux pluviales par les retenues d'eau inter-collinaire, à la réalisation de puits, captages de sources, forages de plus en plus profonds.

Les prévisions des baisses des niveaux des eaux souterraines sont présentées dans la partie « Impacts du changement climatiques sur les ressources en eaux souterraines ».

Ainsi, à cause des perturbations du cycle de l'eau dues au changement climatique, l'infiltration va diminuer.

### 2.3.5 LA PLUIE EFFICACE (PF = P-ETR)

La pluie efficace (Pf) est définie dans le document *L'hydraulique villageoise en Afrique Sub-saharienne* comme « La fraction des précipitations échappant à l'évapotranspiration réelle pour ruisseler directement vers la rivière ou indirectement après avoir transité dans le terrain, ceci à l'échelle du bassin local » (Emsellem et al., 2015). C'est un paramètre très important car il permet, d'avoir une idée globale sur le bilan hydrique d'une zone, de définir un indice d'humidité, mais surtout d'estimer la capacité de réalimentation des ressources en eaux souterraines.

Les calculs sont effectués à partir des valeurs de précipitations obtenues par la DGM pour les années 2030, 2050, 2080 ; et les valeurs d'évapotranspirations que nous avons calculées par la formule de Turc sur les mêmes années. Les résultats sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous.

TABLEAU 5 : VALEURS DE LA PLUIE EFFICACE (PF = P-ETR)

Station	Années	P-ETR en mm/an	Station	Années	P-ETR en mm/an
Farafangana	2020	1424.32982	Antsirabe	2030	989.003142
	2030	1154.9364		2050	916.096421
	2050	950.93125		2080	833.961145
	2080	981.212868		2020	590.945349
	Taolanaro	2020	1056.35055	Ambohitsilaozana	2030
2030		945.20405	2050		469.641727
2050		739.9392	2080		440.059912
2080		825.540119	2020		397.52262
Toamasina		2020	2209.86713	Ranohira	2030
	2030	2056.88951	2050		313.026822
	2050	1890.35516	2080		291.993087
	2080	1743.99918	2020		1084.72273
	Antananarivo	2020	715.993362	Fianarantsoa	2030
2030		661.702136	2050		962.251619
2050		561.938003	2080		875.264853
2080		534.840854	2020		1092.49418
		2020	1047.80503		

Station	Années	P-ETR en mm/an	Station	Années	P-ETR en mm/an
Ivato	2030	1035.3519	Nosy Be	2030	693.439447
	2050	929.935022		2050	620.647543
	2080	839.797322		2080	569.571169
	2020	1461.28649		2020	550.587364
Antsiranana	2030	1380.77491	Morondava	2030	526.398763
	2050	1232.42204		2050	494.78353
	2080	1136.30363		2080	454.071192
	2020	781.662087		2020	221.590544
Mahajanga	2030	744.015288	Toliary	2030	211.234913
	2050	693.154095		2050	192.089623
	2080	-		2080	174.56193
Maintirano	2030	818.873146			
	2050	739.425238			
	2080	670.228792			
	2020	733.020098			

Ces valeurs permettent d'estimer les baisses des niveaux des eaux souterraines dans les quatre zones climatiques.

### 2.3.6 LES PERTURBATIONS CLIMATIQUES : CYCLONES TROPICALES ET ZONE DE CONVERGENCE INTERTROPICALE (ZCTI)

Les perturbations climatiques sont impactées directement en phase primaire par le changement climatique à cause de l'augmentation des températures et l'augmentation des températures de la surface de la mer.

#### 2.3.6.1 Les cyclones tropicaux

Les cyclones tropicaux ont été étudiés de façon approfondie dans le document « Fleuves et rivières de Madagascar » par la DMH, l'ORSTOM et le CNRE. Ce sont des perturbations très importantes et très violentes se présentant sous forme de tempêtes dépressionnaires qui intéressent une plus ou moins grande partie de Madagascar durant la saison chaude. Pendant une période de durée variable (une semaine à quinze jours), ils y créent, un type de temps très particulier caractérisé généralement par l'abondance des précipitations. Les cyclones se forment sur les mers chaudes.

Les conditions nécessaires à leur formation sont :

- Une masse d'air chaud et humide d'épaisseur suffisante : cet air se réchauffe au contact de l'eau de l'Océan dont la température en surface est voisine de 26-27 degrés ;
- Une perturbation initiale dans les basses couches ;
- Une accélération des vents sur une ou plusieurs faces de cette dépression ;
- Une répartition des vents en altitude telle que l'air ascendant, par convection dans la dépression, soit évacuée à de grandes distances.

Les cyclones qui intéressent Madagascar se forment dans deux régions principales :

- La partie de l'Océan Indien située au nord-est de la Grande Ile. Ces cyclones prennent un mouvement d'abord dirigé vers l'ouest, puis leur trajectoire s'infléchit et se recourbe pour finalement se diriger vers le sud-est, et s'éloigner ainsi de nos régions après avoir, ou non, traversé une partie de Madagascar ;
- Le canal de Mozambique. Les cyclones sont en général plus petits et moins violents. Ils se dirigent la plupart du temps vers l'est et le sud-est et peuvent traverser Madagascar.

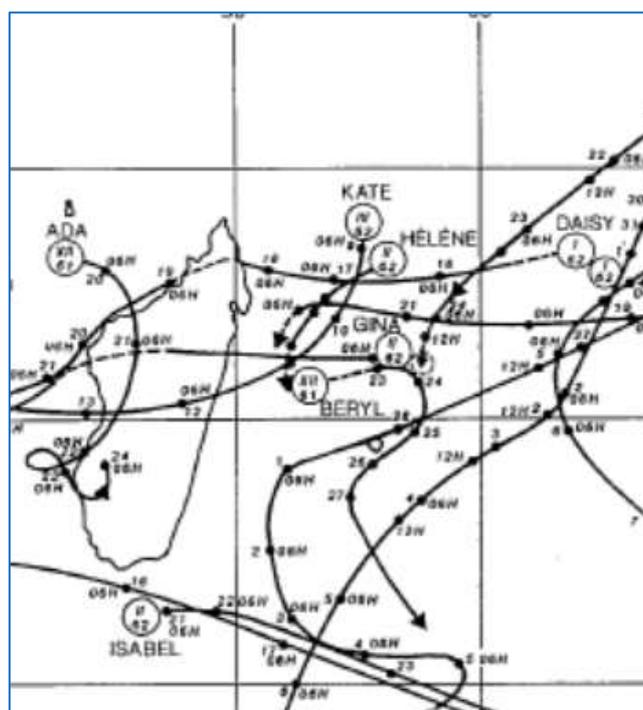
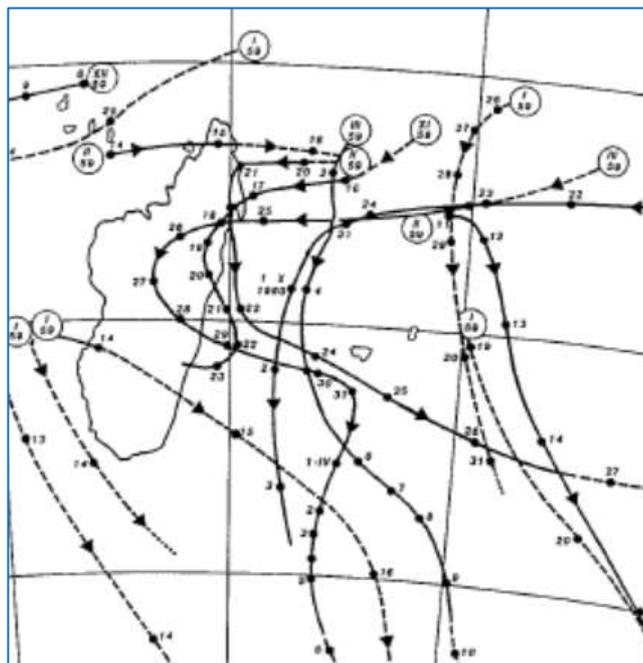


FIGURE 6. TRAJECTOIRE DES PERTURBATIONS ET CYCLONES TROPICAUX DU SUD-OUEST DE L'OCEAN INDIEN  
(Source : « Fleuves et Rivières de Madagascar » - DGM – ORSTOM – CNRE, 1993 )

Pour l'étude de la projection de l'occurrence des cyclones, la Direction Générale de la Météorologie a procédé en 2008, à une évaluation des aléas cycloniques actuels et dans le futur. Les conclusions de l'étude sur la base de 1000 cyclones simulés, il est probable que vers 2100<sup>12</sup> :

- La fréquence des cyclones passant par la Grande île resterait inchangée
- Une augmentation de la fréquence de cyclones intenses serait attendue
- De plus en plus de cyclones passeraient par la partie Nord.

Le rapport de la DGM de 2019, stipule que la fréquence des cyclones tropicaux ne devrait pas beaucoup changer, alors que les cyclones tropicaux intenses devraient augmenter (DGM, 2019).

### 2.3.6.2 Zone de convergence intertropicale (ZCIT)

La zone de convergence intertropicale (ZCIT), également connue sous le nom de zone inter-tropicale de convergence (ZIC), est une ceinture de quelques centaines de kilomètres du nord au sud, de zones de basses pressions entourant la Terre près de l'équateur.

Elle est formée par la convergence des masses d'air chaudes et humides anticycloniques provenant des tropiques portées par les alizés. Ce qui intéresse Madagascar est la ZCIT.

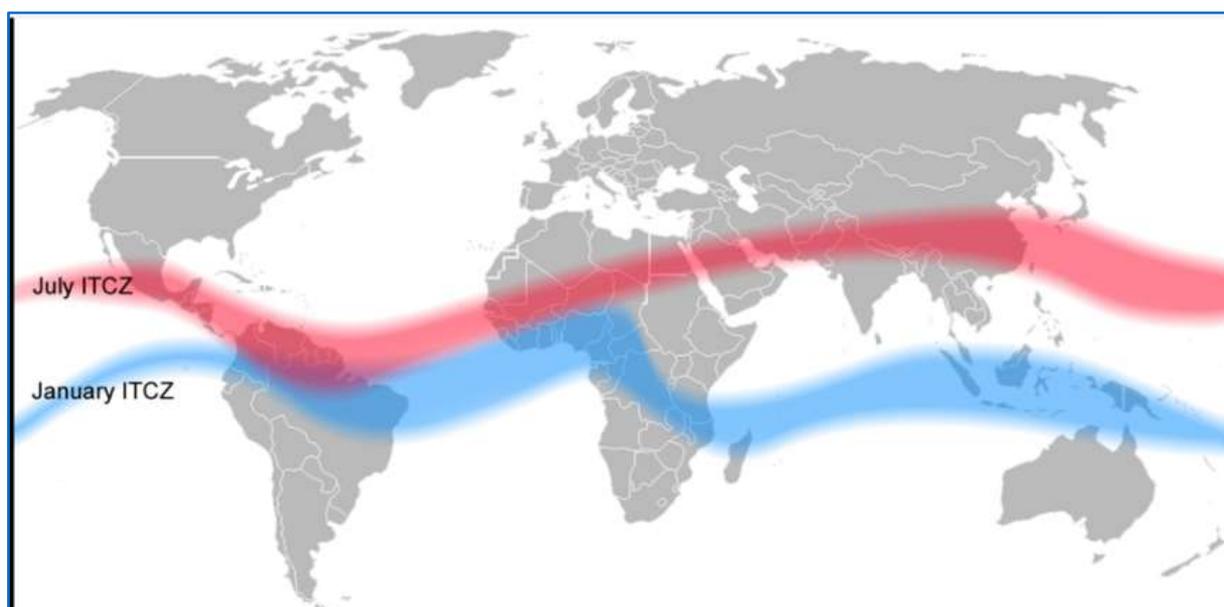


FIGURE 7. LA ZONE DE CONVERGENCE INTERTROPICALE

(Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Zone\\_de\\_convergence\\_intertropicale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Zone_de_convergence_intertropicale))

<sup>12</sup> Rapport de la DGM en 2008 intitulé : Le changement climatique à Madagascar DGM, page 29.

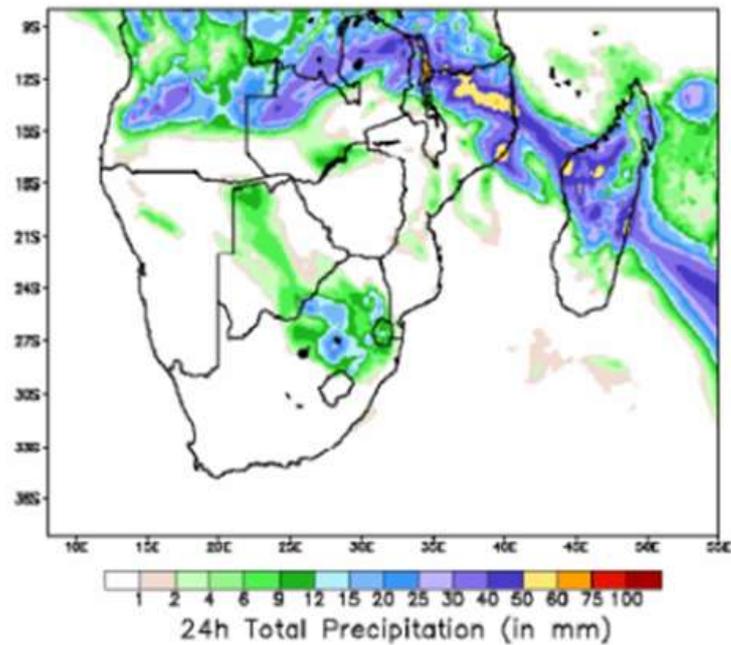


FIGURE 8. LA ZCTI A MADAGASCAR LE 11 JANVIER 2007

(Source : NCEP)

Comme présenté dans le rapport « Étude de base reposant sur des bases scientifiques et d'ingénierie (analyse des risques) destinée à identifier le risque d'inondation dans la capitale, Antananarivo » élaboré par Rakotondrainibe Herivelo et la GTZ en 2007, les pluies orageuses débutent à la fin de la saison sèche (fin octobre, début novembre), puis l'activité orageuse se poursuit pendant la saison des pluies, avec une intensité moindre, liée à la position de la zone de convergence intertropicale (ZCIT). Elle peut prendre une ampleur plus grande à la fin mars et au début du mois d'avril.

*Les précipitations dépressionnaires* sont provoquées soit par un cyclone tropical abordant Madagascar, soit par une cellule dépressionnaire située au voisinage de l'île. Cette dépression ayant ou non un caractère cyclonique. Les pluies sont régulières et de longue durée. Leurs intensités sont modérées. Les volumes d'eau précipités sont, malgré cela, très importants, la durée des pluies dépassant souvent plusieurs dizaines d'heures. Les crues et les inondations sont issues de pluies régulières, de longues durées et d'intensités modérées. Les conclusions tirées de ces études portant sur le ZCTI démontrent que les fréquences vont augmenter.

## 2.4 LES ALEAS PROVOQUES PAR LES IMPACTS SUR LE CYCLE DE L'EAU

### 2.4.1 LES SECHERESSES

Comme montré dans le tableau 4 les impacts du changement climatique sur le cycle d'eau sont à l'origine des sécheresses causés par les baisses de quantités des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface.

#### 2.4.1.1 Rôle des eaux souterraines sur la sécheresse

L'étude va consister à montrer que l'augmentation des températures va diminuer la quantité de réalimentation en eau des nappes souterraines du fait de la baisse de volume de la pluie efficace. Selon une étude du *Projet Explore 2070*, la hausse des températures liée au changement climatique, aura pour conséquence l'augmentation de l'assèchement des sols. Or des sols plus secs, limitent l'infiltration des eaux et entraînent une diminution de la recharge de la nappe. Cette étude prévoit une baisse entre 10 et 25 % de la recharge en eau des aquifères<sup>13</sup>. Les calculs de  $Pf=P-ETR$  réalisés ci-dessus permettent d'estimer les valeurs des baisses des niveaux des eaux souterraines dans les 4 zones climatiques, présentées ci-dessous.

**TABEAU 6. PREVISION DE BAISSSE TOTALE DES NIVEAUX D'EAUX SOUTERRAINES EN 2080**

Station	Baisse totale en m
Toliary	0.047028613
Morondava	0.096516172
Ranohira	0.105529533
Mahajanga	0.147816328
Ambohitsilaozana	0.150885437
Nosy Be	0.163448929
Antananarivo	0.181152508
Maintirano	0.191428981
Fianarantsoa	0.209457877
Antsirabe	0.213843883
Taolanaro	0.230810431
Ivato	0.252696854
Antsiranana	0.32498286
Farafangana	0.443116949
Toamasina	0.465867952

La cartographie de la répartition géographique des baisses probables des niveaux des eaux souterraines dans les 4 zones climatiques se présente de la façon suivante :

<sup>13</sup> <http://www.gesteau.fr/document/bilan-du-projet-explore-2070-eau-et-changement-climatique>

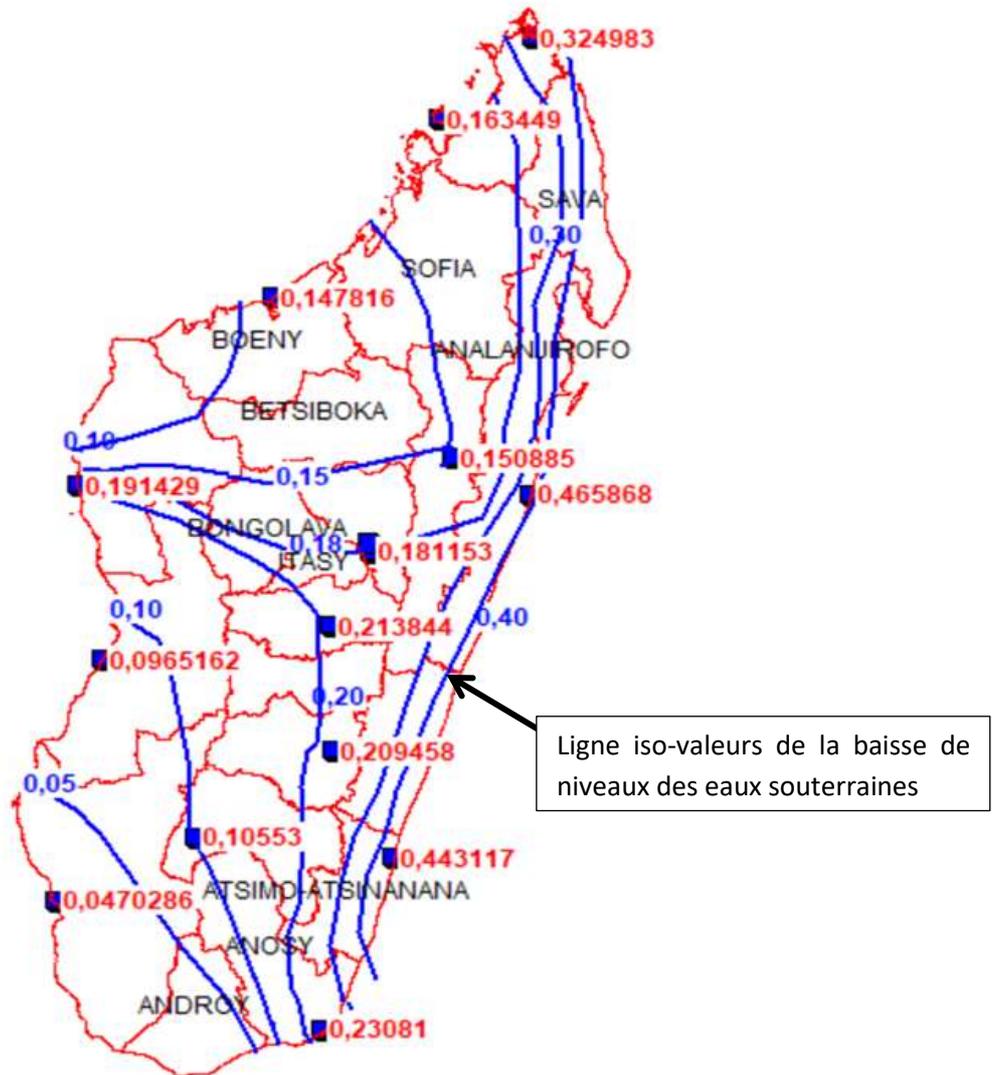


FIGURE 9. BAISSSES PROBABLES DES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DANS LES 22 REGIONS

#### 2.4.1.2 Rôle des eaux de surface sur la sécheresse

Le changement climatique, du fait de l'augmentation de l'évaporation liée à la hausse des températures, renforce l'extension, l'intensité et la durée des sécheresses des sols.

L'augmentation des températures et de l'évapotranspiration associée à la baisse des valeurs de P-ETR, entraînent l'assèchement des eaux de surface, notamment dans les Régions de l'Ouest, du Sud-Ouest et surtout du Sud, provoquant des pénuries d'eau pouvant durer jusqu'à 6 mois (rivières à débits spécifiques de 0 à 1 l/s/km<sup>2</sup>). La température étant que principale facteur est dans une tendance croissante. La ligne délimitant la zone à sécheresse intense va s'étendre dans une direction du nord-est, et atteindre la zone climatique HTC. Cette situation est montrée sur la carte ci-dessous.

Dans le document de l'USAID « Risques climatiques dans les zones urbaines et en voie d'urbanisation à Madagascar » (US AID-2018), il est écrit que « Les régions du sud notamment, souffrent de sécheresse récurrente, y compris la récente sécheresse de quatre ans, de 2013 à 2016, et six sécheresses de 1981 à 2010) ».

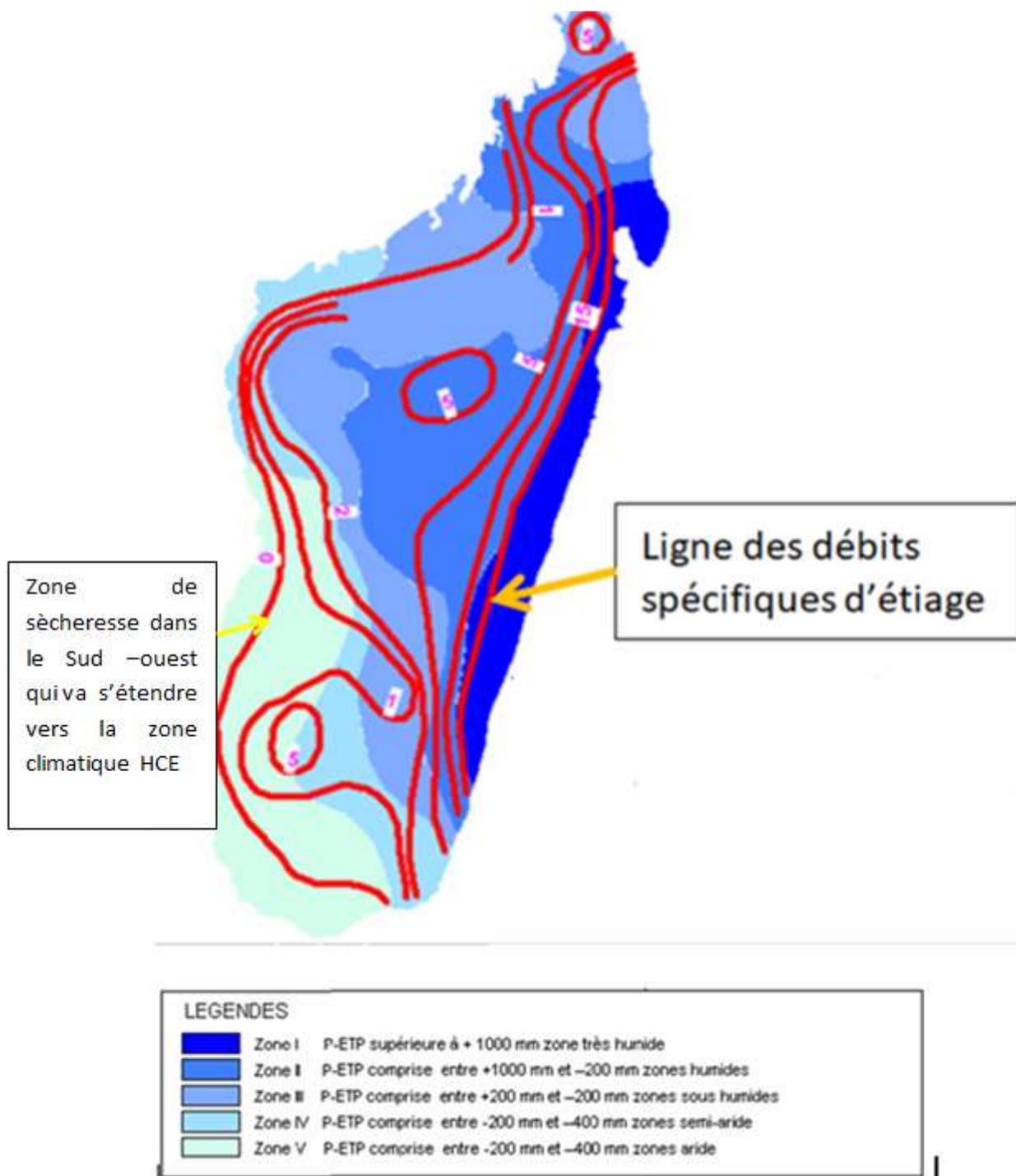


FIGURE 10. DEBITS SPECIFIQUES D'ETIAGES EN L/S/KM2

(Source : « Fleuves et Rivières de Madagascar » -DGM-ORSTOM- CNRE-1993 et carte de la Bdeah-sesam-2015)

Les sécheresses provoquent des pénuries d'eaux causant des difficultés d'accès à l'eau potable, la malnutrition et la famine du fait des pertes agricoles (mauvaise irrigation, assèchement des rizières), la baisse des productions énergétiques (baisse des débits pour les barrages hydroélectriques), la baisse des productions industrielles (difficultés de satisfaire les besoins en eaux).

### 2.4.1.3 Remarques particulières concernant la faiblesse de la baisse du niveau d'eau dans les zones du « Grand Sud » dont Régions du Sud-Ouest et de l'Androy»

Les valeurs de la baisse de niveau des eaux dans le Grand Sud sont comprises entre 0,05 m et 0,10 m. Ces chiffres sont obtenus rationnellement par des calculs utilisant les données de précipitations et Températures fournies par la Direction générale de la Météorologie dans la formule de Turc (formule consacrée universellement). Pour assurer la fiabilité des calculs, les dites données ont été appliquées dans la formule de Thornthwaite<sup>14</sup>, pour confirmer et expliquer la faiblesse des valeurs de baisse des niveaux d'eau dans les zones de sécheresse de Madagascar, à savoir le Grand Sud.

Ce résultat peut être compris par le fait que les zones du Grand Sud ont déjà des bilans hydriques très déficitaires, démontrés scientifiquement par, le *débit d'étiage spécifiques* égal à 0 l/s/km<sup>2</sup>, (voir carte des débits spécifiques d'étiage, ci-dessus), le ruissèlement égal à 0, les valeurs de P-ETR extrêmement négatifs (-78mm/an à -131 mm/an). Les niveaux d'eau déjà très bas ne peuvent plus descendre de façon importante.

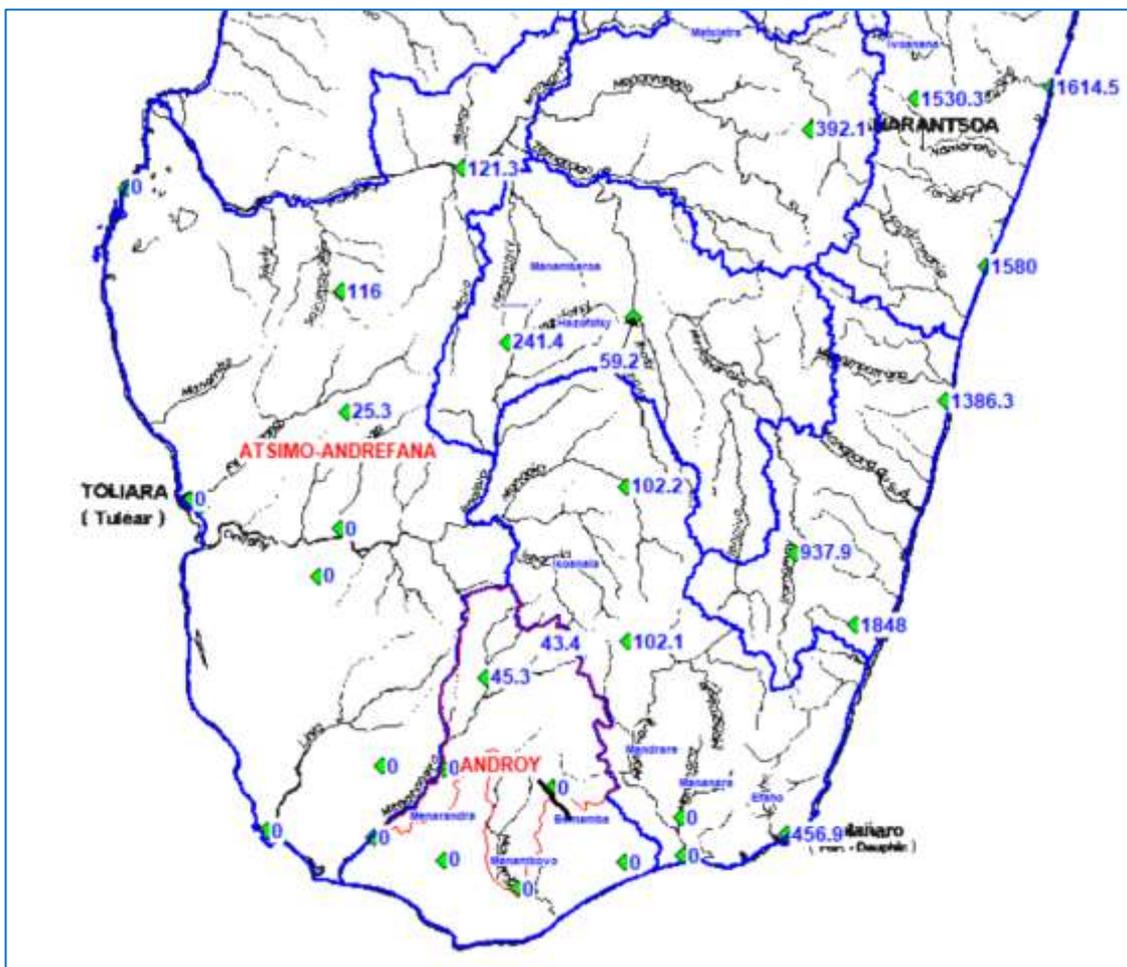


FIGURE 11. CARTE DES RUISSÈLEMENTS EN MM/AN (FORMULE DE THORNTHWAITÉ)

(Source : « Fleuves et Rivières de Madagascar » -DGM-ORSTOM- CNRE-1993 et carte de la Bdeah-sesam-2015)

<sup>14</sup> Formule universellement reconnue et utilisée par tous les spécialistes climatologues du monde entier

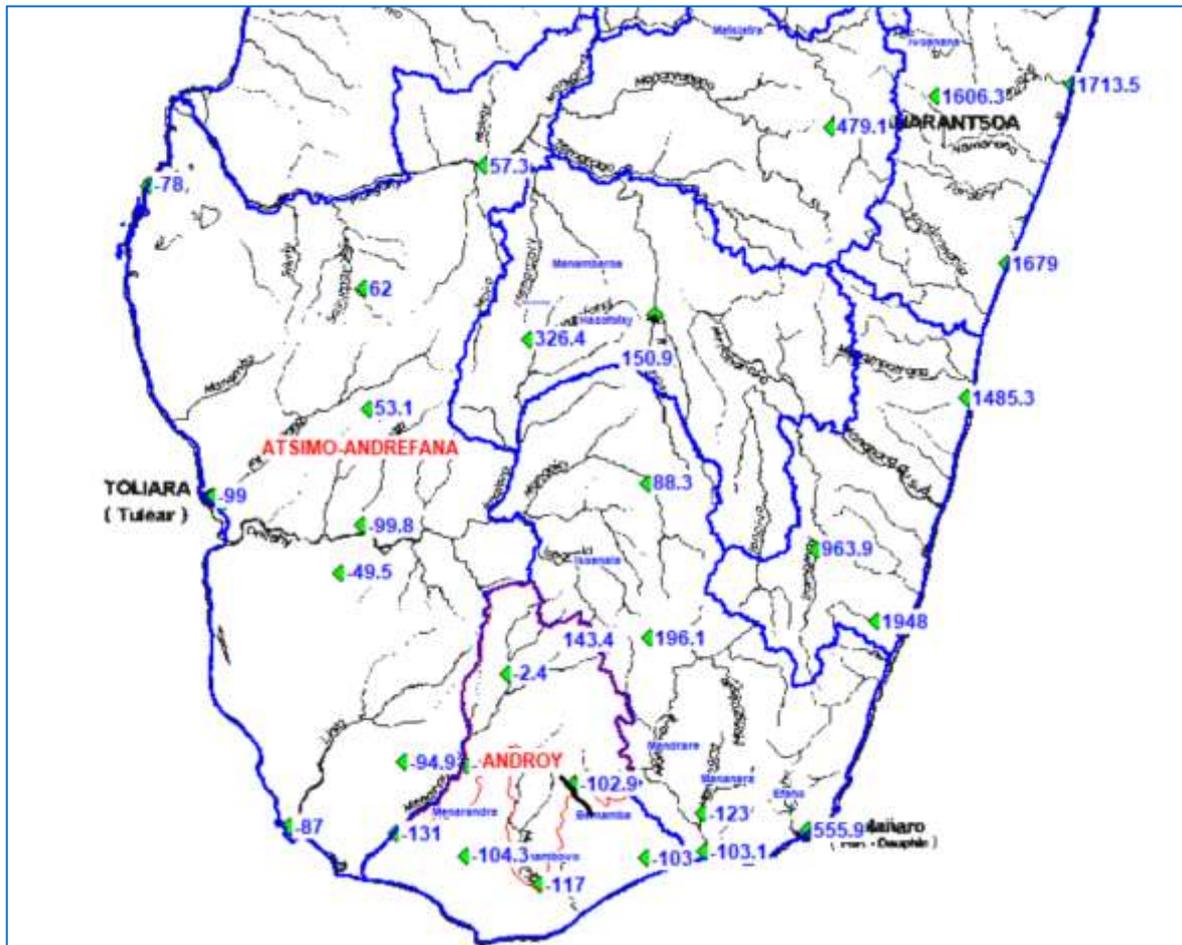


FIGURE 12. CARTE DES P-ETR MM/AN (FORMULE DE THORNTHWAITTE)

(Source : « Fleuves et Rivières de Madagascar » -DGM-ORSTOM- CNRE-1993 et carte de la Bdeah-sesam-2015)

Ces chiffres indiquent que les eaux souterraines sont dans une situation déficitaire et ne peuvent plus assurer l'existence d'un débit d'écoulement en surface. La situation est donc déjà une *sècheresse absolue* et il n'est pas possible d'avoir une aggravation de sécheresse plus que ce qui existe.

La baisse de niveau statique est plus importante en zone humide les eaux de surface disponible sont en grande quantité et les eaux souterraines ayant un niveau statique proche de la surface.

En zone sèche, le niveau statique de la nappe générale est à grande profondeur (de 50m à plus de 100m) et l'évaporation plus faible puisqu'il n'y a plus d'eau de surface ou d'eau souterraine plus proche de la surface, à assécher.

#### 2.4.2 INONDATIONS

Tout comme la sécheresse, les inondations font partie de la liste des catastrophes considérées comme « *aléas* » dans cette étude. Les inondations résultent des effets, d'une part de l'augmentation de l'évapotranspiration (démontrée dans le tableau 5), impact de l'augmentation des températures (démontrée dans le tableau 4), les phénomènes qui assèchent le sol (démontré dans le tableau 8) le rendant imperméable, et d'autre part des perturbations climatiques qui provoquent de fortes pluies (apparition des cyclones et des ZCTI). L'ensemble favorisant de forts ruissellements, c'est-à-dire des débits d'écoulements élevés engendrant les crues.

Le rapport de l'USAID en 2018 sur les risques climatiques dans les zones urbaines et en voie d'urbanisation à Madagascar indique que « Les cyclones et les fortes pluies entraînent des risques élevés d'inondation partout sauf dans le sud-ouest » (USAID, 2018).

Les inondations causent des dommages, aux populations (destructions des vies et des biens), aux infrastructures (destruction des ouvrages WASH, maisons, routes et ponts, ouvrages hydroagricoles, zones de cultures), à l'environnement (érosion, glissement de terrain, écosystème terrestre et marin), et à l'économie (destruction des moyens de production économique).

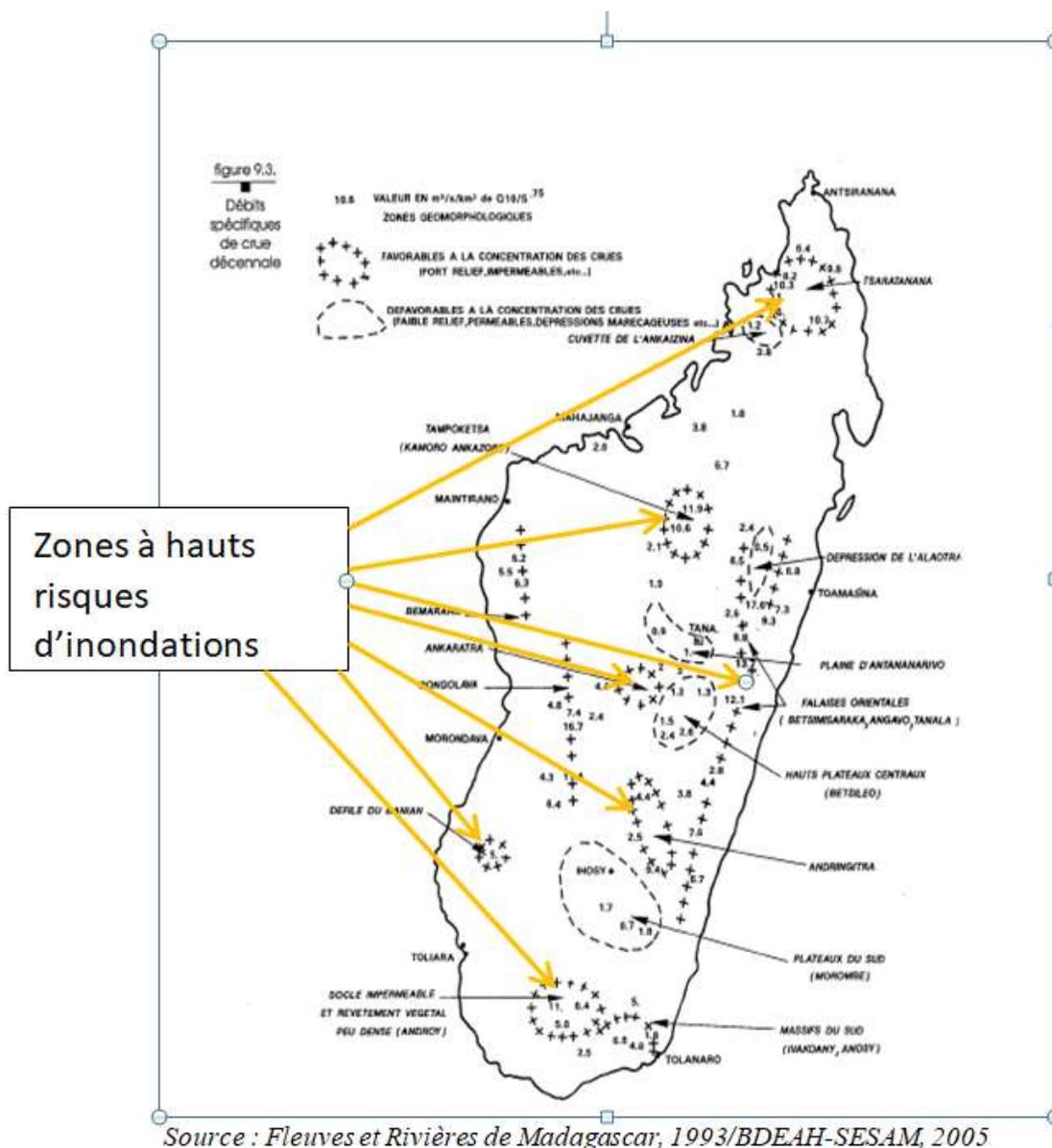


FIGURE 13. DEBITS SPECIFIQUES DE CRUES ET ZONES A HAUTS RISQUES D'INONDATIONS

### 2.4.3 EROSION ET GLISSEMENT DE TERRAIN

L'érosion est le phénomène d'enlèvement de sols par les eaux de ruissellements écoulant sur les pentes des bassins versants asséchés par les températures et l'évapotranspiration. Elle est donc bien une conséquence du changement climatique. Elle est mesurée par l'évaluation des pertes en terre qui s'effectue par l'équation universelle RUSLE qui s'écrit :

$$A = R K L S C P$$

Où A représenté l'érosion annuelle des sols (t/ha/an), R le facteur d'érosivité des précipitations et du ruissellement, K le facteur d'érodabilité du sol, L la longueur de la pente, S l'inclinaison de la pente, C la gestion du couvert et P le facteur des pratiques antiérosives.

L'érosion à Madagascar a été étudiée par Georges Rossi dans les années 1979<sup>15</sup>.

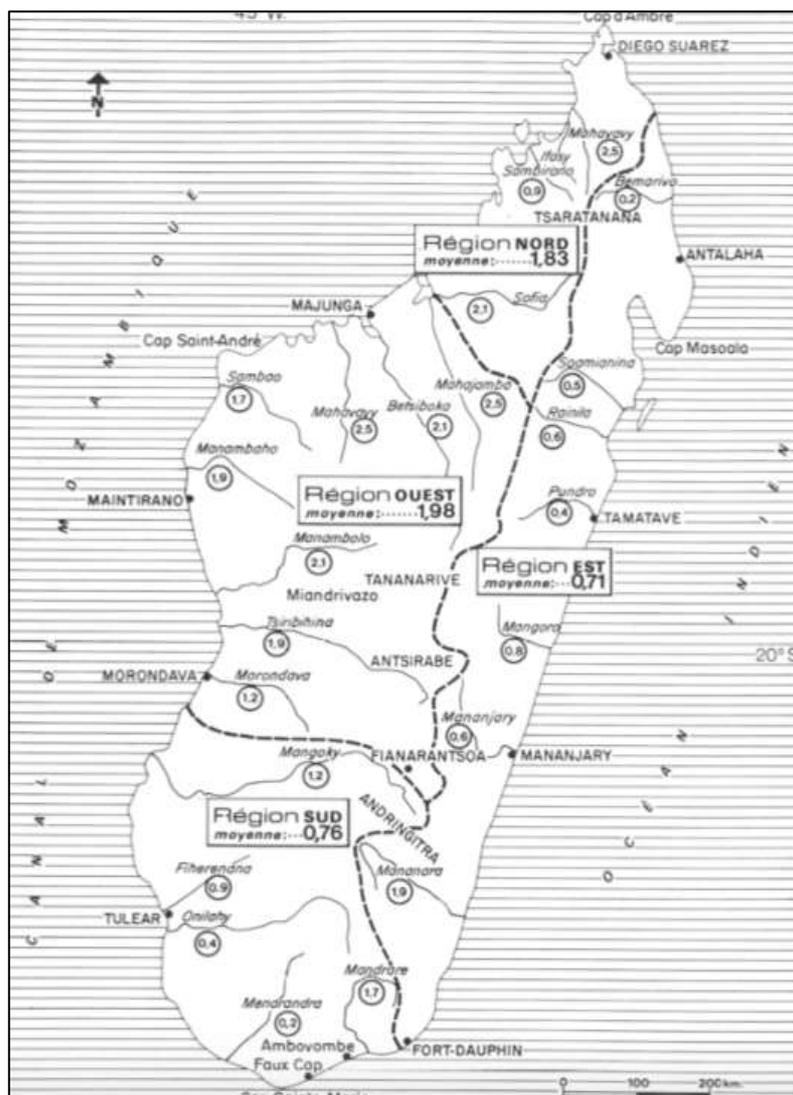


FIGURE 14. Érosion réelle à Madagascar mesurée en millimètres par an  
(Source : Cahiers d'Outre-Mer- Année 1979-Georges Rossi)

<sup>15</sup> L'érosion à Madagascar : l'importance des facteurs humains-Les Cahiers d'Outre-Mer - Année 1979

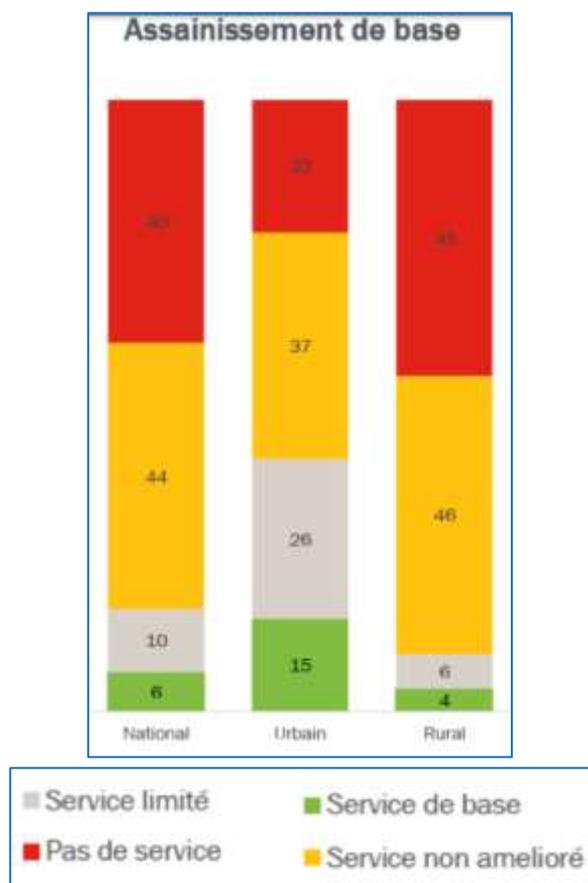
Cette carte montre que l'érosion est forte dans la zone climatique Nord-ouest et la zone des Hautes Terres Centrales (Ouest et Centre : 1,98, Nord : 1,83) et faible dans les autres parties de l'île (région Sud : 0,76, région Est : 0,71).

L'érosion qui est un impact du changement climatique, est responsable des pertes de terres arables causant les pertes de récoltes, de la destruction d'infrastructures (glissement de terrain, et éboulement détruisant des maisons avec parfois des pertes de vie humaine), des pollutions de l'eau (existence de boue et de sables dans les eaux) et surtout des envasements et des ensablements réduisant la productivité agricole, la possibilité d'utiliser les eaux pour l'approvisionnement en eau potable ou pour la production d'énergie hydroélectrique).

#### 2.4.4 POLLUTION

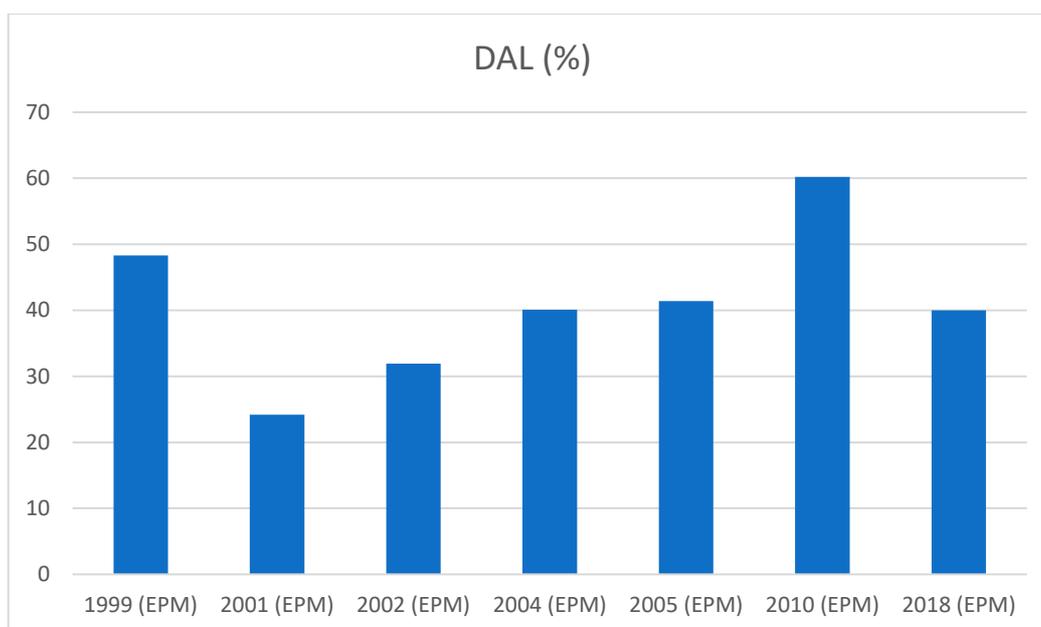
L'étude MICS de 2018 (Multiple Indicator Cluster System) a montré la situation du taux d'accès aux latrines, présentée ci-dessous.

FIGURE 15. TAUX D'ACCES A L'ASSAINISSEMENT DE BASE EN 2018



Source : Mics 2018

Il est constaté que le pourcentage de ménage qui pratique la Défécation à l'Air Libre (DAL) correspondant au taux « Pas de service » est très élevé. Ce qui veut dire que la pollution des ressources en eaux par les excréments et les autres matières organiques, du fait des ruissellements sur les bassins versants, est un risque réel. L'évolution de cette pollution organique est montrée sur la courbe d'évolution depuis 1999, ci-dessous.



	1999 (EPM)	2001 (EPM)	2002 (EPM)	2004 (EPM)	2005 (EPM)	2010 (EPM)	2018 (EPM)
DAL (%)	48.3	24.2	31.9	40.1	41.4	60.2	40

**FIGURE 16. EVOLUTION DE LA DAL**

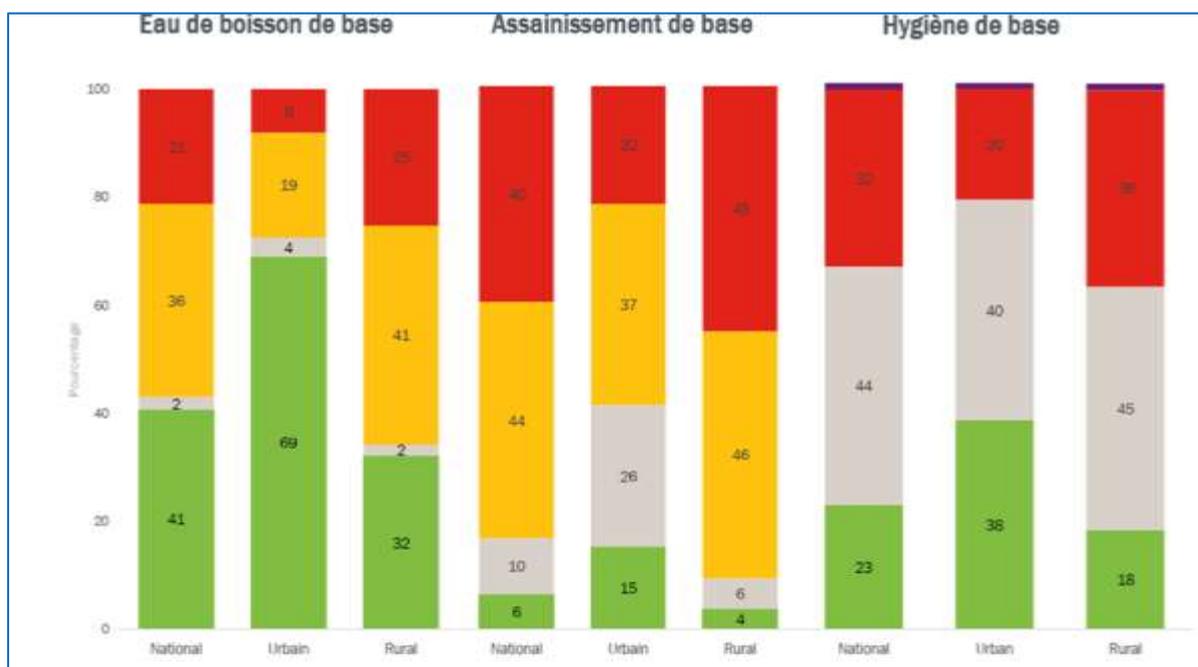
(Source : EPM 1999-2001-2002-2004-2005-2010-MICS2018)

## 2.5 EFFETS DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE PLAN SOCIAL ET ECONOMIQUE

Les impacts du changement climatique sur la situation des populations, notamment les femmes et les enfants vont être mesurés sur la situation de l'accès, à l'assainissement-hygiène, à l'eau potable, à la nourriture, et leurs effets sur la situation sanitaire, qui sont soumis aux contraintes causées par les perturbations sur le cycle de l'eau expliquées ci-dessus.

### 2.5.1 ACCES A L'EAU, L'ASSAINISSEMENT ET L'HYGIENE

Le Mics 2018 donne les résultats ci-dessous en termes d'accès à l'EAH à Madagascar :



**FIGURE 17 : TAUX D'ACCES A L'EAU DE BOISSON DE BASE, ASSAINISSEMENT DE BASE, HYGIENE DE BASE**  
(Source : Mics 2018)

Il apparait que la population qui n'a pas accès à l'eau potable est de 21% (ressources en eau insuffisante et de mauvaise qualité), à l'hygiène de base de 32% (gestion des ordures, des eaux usées et pluviale, déficientes), et pratiquant le Défécation à l'Air libre (DAL) 40%. Ces chiffres indiquent une pollution fécale importante des ressources en eaux par les écoulements des ruissellements sur les excréta déposés dans le bassin versant.

Le taux de pratique de la DAL est restée autour de 40% depuis 1999, c'est-à-dire à un niveau élevé, indiquant qu'un effort particulier doit être mis en œuvre pour amener le changement de comportement positif des population vis-à-vis de l'eau, assainissement et hygiène, comme contribution à, protéger les bassins versants contre les pollutions organiques, assurer la potabilité de l'eau, à garantir la disponibilité de ressources en eaux en quantité (mobilisation de toutes les ressources en eaux disponibles) et qualité (élimination des excréta, sources de pollution principale).

Dans les zones à risques d'inondation, de cyclones ou de forte tempête, un taux de DAL élevée peut favoriser la propagation des maladies d'origine hydriques. Il est ainsi impératif de mettre en œuvre des stratégies visant à réduire ces DAL afin de limiter les risques.

### 2.5.2 ACCES A LA NUTRITION ADEQUATE

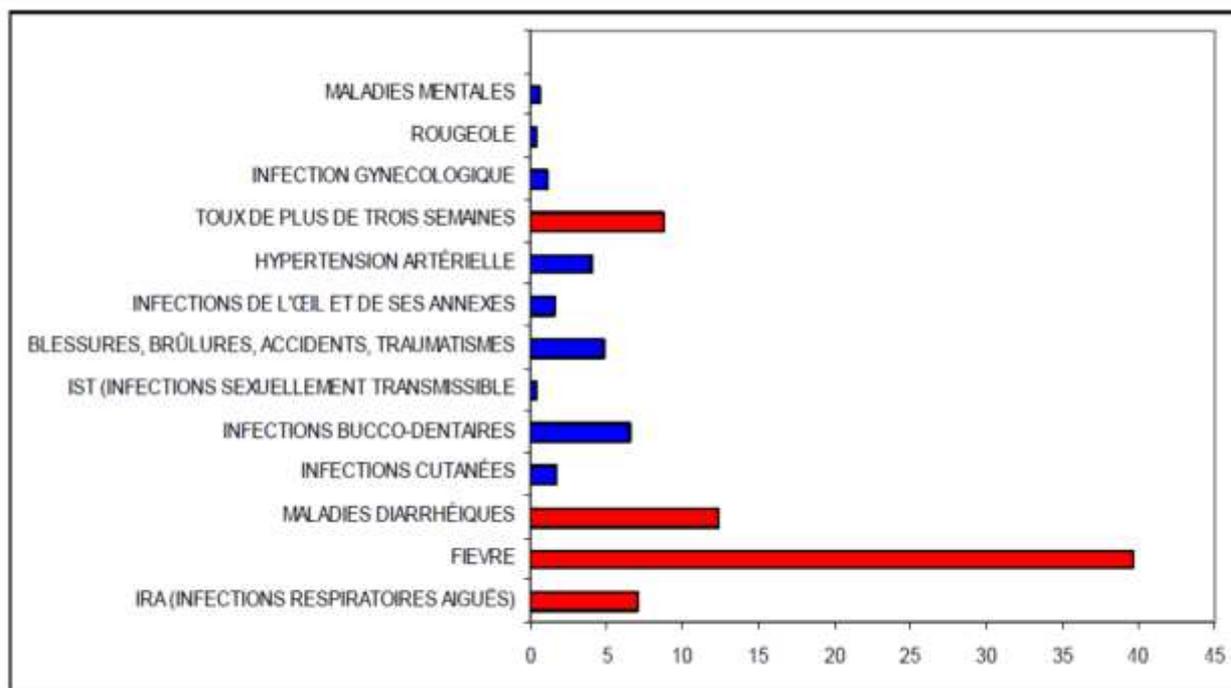
Il est écrit dans le document de l'Unicef (DEFIS ET OPPORTUNITES DES ENFANTS A MADAGASCAR-2015), que 47% des enfants de moins de 5 ans sont en retard de croissance du fait de la malnutrition causée par les pertes de récoltes, conséquences des sècheresses et des pénuries d'eau, des inondations, de la destruction des terres arables par l'érosion, de l'ensablement et l'envasement des cultures. Madagascar est le 5ème pays le plus touché par la malnutrition chronique dans le monde.

Le CC peut aggraver ces aléas et va impacter sur les enfants par manque de force pour s'adapter à ces diverses perturbations. La sécurisation de l'accès à l'eau potable et la protection des zones agricoles contre l'inondation et les sècheresses doivent constituer des priorités afin de s'adapter aux CC.

### 2.5.3 IMPACT SUR LA POPULATION NOTAMMENT LES FEMMES ET LES ENFANTS

La situation sanitaire de la population, notamment des enfants est donnée dans le rapport EPM 2010 (INSTAT ; EPM, 2010).

FIGURE 18. PREVALENCE DES MALADIES



Source : INSTAT/DSM/EPM 2010

Il est écrit dans le rapport EPM que l'incidence des maladies diarrhéiques présente aussi une part importante chez les enfants malades âgés de moins de 4 ans. Dans les zones rurales, environ quatre enfants sur dix, âgés de moins de 11 mois sont atteints par maladies diarrhéiques. Les urbains 18% de cas contre 32% chez les ruraux. La vulnérabilité des enfants ruraux par rapport à ceux du milieu urbain face à cette maladie est probablement liée à l'insalubrité des sources d'eau à boire.

TABLEAU 7 : INCIDENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES CHEZ LES ENFANTS DE MOINS DE 4 ANS

Type de maladie	Moins de Onze mois	Entre 12 et 48 mois	Plus de 4 ans	Ensemble	Moins de Onze mois	Entre 12 et 48 mois	Plus de 4 ans	Ensemble
	URBAIN				RURAL			
IRA	10.9	6.6	5.6	6.1	8.2	7.4	7.2	7.3
Fièvre	40.9	44.5	36	37.2	35.5	49.5	39.2	40.1
Maladies diarrhéiques	18.1	18.3	7.8	9.6	32.2	17.9	10.8	13.3
Infections cutanées	0.2	2.6	1.9	1.9	NS	2.2	1.8	1.7

Source : Instat/DSM/ EPM-2010

Les incidences de maladies les plus élevées sont les fièvres (en général dues au paludisme et à la typhoïde) et les diarrhées. Ces maladies sont d'origine hydrique, dues à une mauvaise maîtrise de l'eau. Le taux faible de la mobilisation des ressources en eaux pour un accès à l'eau potable, la mise à disposition de l'eau pour l'hygiène à savoir : le lavage des mains avec de l'eau et du savon, l'hygiène menstruelle ; difficultés pour la gestion des eaux usées et pluviales et pour la gestion des déchets solides qui dégradent l'environnement des bassins versants.

Les effets du changement climatique sur les conditions de vie et de santé de la population dont les femmes et les enfants ont des conséquences graves sur l'économie à Madagascar.

Un rapport publié en 2012 par le Programme eau et assainissement (PEA) de la Banque mondiale annonce que l'économie de Madagascar affiche une perte de 192 milliards d'ariary malgaches chaque année (USD 208 millions, soit 1,6 % du PIB) en raison des mauvaises conditions de l'assainissement.

L'étude effectuée dans le document « *Economic Impacts of Poor Sanitation in Africa – Madagascar - Impacts économiques d'un mauvais assainissement en Afrique – Madagascar* » a constaté que la majorité (75 %) de ces coûts provient de la mort prématurée de 10 400 Malgaches due à des maladies diarrhéiques, dont 6 900 enfants de moins de 5 ans, avec près de 90 % de ces décès directement imputables aux conditions médiocres relatives à l'eau, l'assainissement et l'hygiène. Les coûts de santé représentent environ 17,3 % du total des coûts économiques, tandis que les temps d'accès et les pertes de productivité représentent près de 8,7 %.

#### 2.5.4 IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ECOSYSTEMES EXISTANTS DANS LE BASSIN VERSANT

« Un écosystème est un ensemble dynamique d'organismes vivants (plantes, animaux et micro-organismes) qui interagissent entre eux et avec le milieu (sol, climat, eau, lumière) dans lequel ils vivent ».<sup>16</sup>

Dans le code de l'eau, le bassin versant est présenté comme « une unité hydrologique et hydrogéologique qui a été décrite et utilisée comme unité physio-biologique, socio-économique et politique pour la planification et l'aménagement des ressources naturelles ».

Le bassin versant est impacté par le changement climatique marqué par l'augmentation des températures provoquant les effets sur le cycle de l'eau décrits précédemment (précipitations, perturbations climatiques, évapotranspiration, ruissellement, infiltration, déficit en eau), à l'origine des sécheresses et inondations, qui leur tour vont provoquer, les dégradations sur l'écosystème se trouvant dans le bassin versant, qui sont entre autres, érosion (érosion du sol, des berges fluviales, du littoral, glissement de terrain) et sédimentation (ensablements et envasements, dégradation de la biodiversité terrestre et marine, et enfin aboutissant à l'apparition des catastrophes sur les infrastructures et les populations.

---

<sup>16</sup> <http://www.planete-sciences.org/enviro/archives/rnste6/ateliers/ecosystemes/ecosystemes.htm>

## 2.5.6 IMPACTS SUR LES INFRASTRUCTURES ESSENTIELLES

Les infrastructures à considérer dans cette étude sont celles indispensables à l'humanité pour avoir une vie garantie et décente dans les meilleures conditions possibles, basée essentiellement sur la maîtrise et l'exploitation rationnelle des ressources naturelles. Ceci est l'objectif de la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eaux) dont le concept présenté par le GWP est « une approche de GIRE encourage 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 d'écosystèmes vitaux. ».

La destruction, du fait des impacts négatifs du changement climatique sur le cycle de l'eau, de ces infrastructures, met en péril la vie et le développement socio-économique de l'humanité et c'est pour cela qu'elles sont considérées comme « infrastructures essentielles. ».

Les mesures d'adaptation pour faire face efficacement aux impacts du changement climatique sur ces infrastructures doivent donc porter en priorité sur le cycle de l'eau et les ressources en eaux, c'est-à-dire sur le secteur WASH et sur la mise en place d'une politique et stratégie pour la GIRE.

Ces infrastructures sont : les ouvrages de captage d'eau potable, les infrastructures pour l'assainissement et l'hygiène et sanitaires, les écoles, les ouvrages de retenues de stockages d'eau amont (barrage) pour tous les besoins en eaux de la vie, de l'hydroélectricité, et de la production économique, les infrastructures routières, les infrastructures de production d'eau pour tous les usages.

Le changement climatique impacte **en premier le secteur WASH** provoquant des **effets critiques sur le secteur agricole**. Dans un article publié en 2015<sup>17</sup> la Banque Mondiale affirme « l'île est l'un des pays d'Afrique les plus exposés aux cyclones et doit se préparer à des tempêtes deux fois plus violentes qu'actuellement. Quant au sud du pays, déjà éprouvé par des sécheresses récurrentes, il risque de ne pratiquement plus recevoir une goutte de pluie ». De ce fait, le changement climatique pourrait avoir un impact dramatique sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et les infrastructures de ce pays où 93 % de la population vivent avec moins de 3,10 dollars par jour (en PPA) et où la survie de près de 90 % des pauvres passe par l'agriculture. À l'heure actuelle, un enfant sur deux souffre de malnutrition chronique.

Selon des estimations de la Banque mondiale, plus de 4 millions de Malgaches vivent dans des zones exposées aux ouragans et aux inondations. **Les cyclones qui ont frappé le pays en 2014 et 2015 ont dévasté plus de 40 000 hectares de rizières, détruisant deux retenues d'eau et charriant d'importants volumes de sédiments dans les champs**. Les pertes de récoltes se sont traduites par une hausse immédiate de l'inflation, qui a atteint 7,9 % en mars 2015, contre 6 % en moyenne en 2014. Les ravages provoqués par les cyclones auront des conséquences durables puisque l'accumulation de sédiments dans les rizières va compromettre les rendements dans les années à venir. **La remise en état des systèmes d'irrigation après chaque tempête coûterait en moyenne 7 milliards d'ariary (2,2 millions de dollars).**

---

<sup>17</sup> « Renforcer la résilience de Madagascar face aux changements climatiques pour garantir la sécurité alimentaire et préserver les moyens de subsistance-Banque-mondiale-2015-  
<https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2015/12/04/building-madagascars-clim>),

Les impacts du changement climatique sur le secteur WASH provoquent aussi des pertes économiques importantes du fait des dégradations des infrastructures « critiques ». Dans son article de 2015 cité ci-dessus, la Banque mondiale affirme que du fait des cyclones et fortes précipitations (qui sont dues aux perturbations apportées au cycle de l'eau) les maisons, écoles et dispensaires ont été endommagés ou détruits et les rares routes revêtues de la région ne sont plus qu'une succession de trous béants. Les pistes et sentiers sont devenus pour la plupart impraticables et dangereux avec des dégâts à grande échelle aux conséquences économiques néfastes. La remise en état des systèmes d'irrigation après chaque tempête coûterait en moyenne 7 milliards d'ariary (2,2 millions de dollars).

Les stratégies d'atténuation des impacts du changement climatique par la réduction des gaz à effets de serre préconisent l'augmentation du recours aux énergies renouvelables pour satisfaire les besoins en énergie du développement économique et social. Madagascar a adopté en 2015 la Nouvelle Politique de l'Énergie (NPE) qui s'inscrit dans le cadre du Plan National de Développement à Madagascar (PND 2015-2019) dont les objectifs, à l'horizon 2030, seront de fournir un accès à l'énergie durable pour tous et un taux d'accès à l'électricité de 70% pour les ménages, produire 85% d'électricité en énergie renouvelables dont 75% d'hydraulique, 5% d'éolien et 5% de solaire. Pour l'avenir, le Gouvernement de la République de Madagascar ambitionne de favoriser le développement de sources d'énergie à faible émission de carbone et en particulier l'hydroélectricité. L'hydroélectricité est entièrement tributaire de la maîtrise des ressources en eaux dont la prise en compte de l'impact du changement climatique à son égard est donc une priorité par rapport aux investissements sur les infrastructures.

## 2.6 EVALUATION DES RISQUES ET IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A MADAGASCAR

### 2.6.1 METHODOLOGIE D'ANALYSE ET NOTATION

Cette évaluation est faite en utilisant strictement le document « WASH Climate Resilient Development – Guidance Note – Risk assessments for WASH » de l'UNICEF et du GWP (GWP, 2014). Ceci implique de prendre les définitions, la procédure d'exécution, dans le choix des paramètres et les notations (scoring).

L'analyse consiste à confirmer ou infirmer la priorisation des aléas qui a été établie dans le rapport de la DGM, 2019<sup>18</sup>.

Le guide préconise deux parties d'évaluation : La première partie est une évaluation de haut niveau des risques pour tous les types de « aléas ». La deuxième partie est une évaluation détaillée des risques propres au climat seulement (Section 2.3.1 – p.4).

Cette étude, fait référence à l'évaluation détaillée des risques propres au climat.

Le processus d'évaluation consiste à évaluer les aléas, l'exposition, la vulnérabilité et la capacité, et ensuite de les rassembler pour une notation globale des risques. La formule de risque utilisée est :

$$\text{Risque} = \text{aléa} \times \text{Exposition} \times \text{Vulnérabilité}$$

La formule de *Risque* comprend des scores pour les aléas, l'exposition et la vulnérabilité. La capacité n'est pas utilisée dans l'équation, mais est évaluée séparément pour aider à prioriser les risques pour l'identification des options résilientes.

Notre **méthodologie d'analyse et de notation** va consister à **reprendre les conclusions de notre rapport de démarrage** dans lequel, **l'objectif de l'étude est défini** par le titre du projet, à savoir « Intégration de la dimension changement climatique dans les stratégies, planification GIRE et réglementation du secteur WASH à Madagascar », et **le contenu du dit rapport** qui concerne toutes les données concernant le climat, les ressources en eaux, les impacts du changement climatique, les documents de réglementation, de politique, de stratégie et de planification, pour Madagascar.

Ces différents éléments pouvant affecter le secteur WASH seront **analysés et qualifiés** selon un système de « scoring » de 1 à 3 associés à un paramètre appelé « confidence score » de trois niveaux « Élevé », « Moyen » et « Faible ». Chacun de ces paramètres sera **analysé en détail** afin d'obtenir le niveau de risque pouvant affecter le secteur WASH et donner les résultats d'évaluations des **aléas**<sup>19</sup>, en tenant compte **des expositions, des vulnérabilités, et des capacités en termes de notation**.

---

<sup>18</sup> DGM, 2019 : Les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar (Direction Générale de la Météorologie, le Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System (RIMES), la Cellule de Prévention et Gestion des Urgences (CPGU) et la Banque Mondiale—2019).

<sup>19</sup> Ou dangers ou catastrophes : voir définition paragraphe 1.2

### 2.6.1.1 Présentation des « Composantes » à analyser.

Les composantes à analyser concernant l'Exposition, la vulnérabilité et la capacité sont présentées dans la figure ci-dessous.



FIGURE 19. LES COMPOSANTES D'EXPOSITION, VULNERABILITE ET CAPACITE

Source : Figure 2.4 page 6 du guide : Components of exposure, vulnerability and capacity

La figure ci-dessous montre les relations entre l'aléa, l'impact et le milieu affecté.

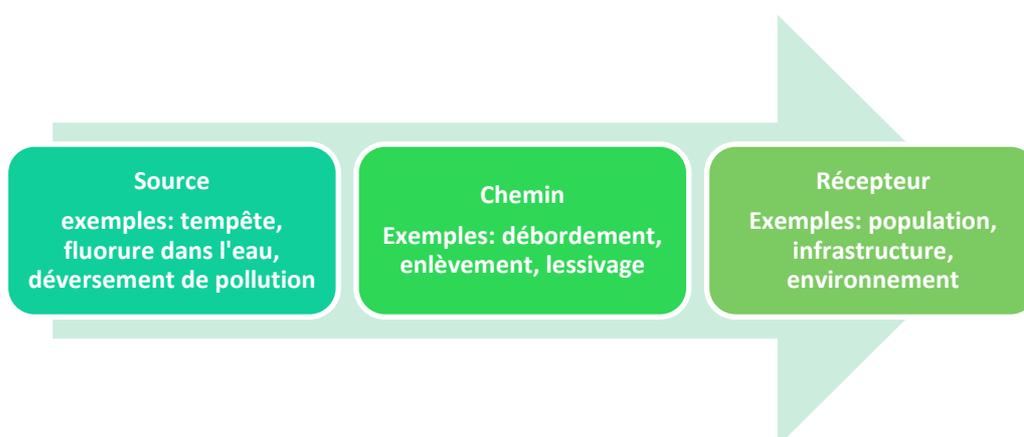


FIGURE 20. LE MODELE « SOURCE-CHEMIN-RECEPTEUR

(Source : Figure 2.5 page 6 du guide : The source–pathway–receptor model)

### 2.6.2 ANALYSE DES ALEAS

L'approche comprend 3 étapes : identification des aléas, notation des aléas, notation du degré de confiance.



FIGURE 21. ETAPES DES ACTIONS

### 2.6.2.1 Identification et notation des Aléas

#### a- Identification des Aléas

D'après le document «Les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar » établi en 2019 , par la Direction Générale de la Météorologie (DGM)-The Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System (RIMES)-la Cellule de Prévention et Gestion des Urgences (CPGU)- la Banque Mondiale, les aléas qui frappent le plus souvent le secteur WASH à Madagascar sont présentés dans le tableau 1 de ce rapport, et sont aussi listés dans le tableau du document «Technical brief - Risk assessment for Wash-Unicef-GWP-2017 : Table 4.4: Examples of climate-related hazards to be considered in the detailed climate assessment-page 13)<sup>20</sup>.

Conformément aux conclusions de ce document et le tableau 4.4 du Guide de l'Unicef-WGP, les principaux aléas à considérer pour Madagascar sont : **Sècheresse, Inondations, Erosion de sols – glissement de terrains, Pollution organique, Maladies hydriques.**

Ce sont les aléas qui sont pris en compte dans l'analyse

Ils ont été identifiés à travers l'analyse réalisée dans le cadre de plusieurs études se rapportant au changement climatique , dont entre autres :

1. Le rapport sur «Les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar » établi en 2019 , par la Direction Générale de la Météorologie (DGM)-The Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System (RIMES)-la Cellule de Prévention et Gestion des Urgences (CPGU)- la Banque Mondiale ;
2. le guide de l'Unicef-GWP « Technical brief - Risk assessment ». A titre de rappel, la partie 2.4 du présent document explique de manière détaillée et par aléas, les risques identifiées spécifiquement dans le secteur WASH. Les quelques exemples suivants sont extraits de ce chapitre pour argumenter les aléas identifiés et les risques y relatifs :
  - Sècheresse : L'augmentation des températures va diminuer la quantité de réalimentation en eau des nappes souterraines du fait de la baisse de volume de la pluie efficace. La hausse des températures liée au changement climatique, aura pour conséquence l'augmentation de l'assèchement des sols. Les sècheresses provoquent des pénuries d'eaux causant des difficultés d'accès à l'eau potable, la malnutrition et la famine du fait des pertes agricoles (mauvaise irrigation, assèchement des rizières), la baisse des productions énergétiques (baisse des débits pour les barrages hydroélectriques), la baisse des productions industrielles (difficultés de satisfaire les besoins en eaux).
  - Fortes pluies : Les fortes pluies favorisent de forts ruissellements, c'est-à-dire des débits d'écoulements élevés engendrant les crues. Les fortes pluies entraînent des risques élevés d'inondation qui causent des dommages, aux populations (destructions

---

<sup>20</sup> Climate-related hazards to be considered in the detailed climate assessment

**Drought, Flooding, Heavy rainfall, Heatwave, Cold spell, Blizzard, Heavy snowfall, Melting of snow and ice, Storms – thunder, sand, hail, dust, ice, wind, Tornado, Tropical cyclone, Salinisation, (drylands), Desertification, Wildfire, Landslide, mudslide, Avalanche, Rockfall, Subsidence, Soil erosion, River bank erosion, River siltation, Coastal erosion, Saline intrusion, Storm surge, Pollution, Insect/animal infestation, Plant or animal contagion, Moulds and fungi, Disease, Algal growth, Other**

des vies et des biens), aux infrastructures (destruction des ouvrages WASH, maisons, routes et ponts, ouvrages hydroagricoles, zones de cultures), à l'environnement (érosion, glissement de terrain, écosystème terrestre et marin), et à l'économie (destruction des moyens de production économique).

- Effondrement du sol, éboulement, glissements de terrains qui sont des termes qui expliquent l'érosion et qui est bien une conséquence du changement climatique : c'est le phénomène d'enlèvement de sols par les eaux de ruissellements s'écoulant sur les pentes des bassins versants asséchés par les températures et l'évapotranspiration. L'érosion est responsable des pertes de terres arables causant les pertes de récoltes, de la destruction d'infrastructures (glissement de terrain, et éboulement détruisant des maisons avec parfois des pertes de vie humaine), des pollutions de l'eau (existence de boue et de sables dans les eaux) et surtout des envasements et des ensablements réduisant la productivité agricole, la possibilité d'utiliser les eaux pour l'approvisionnement en eau potable ou pour la production d'énergie hydroélectrique).
- Maladies et épidémies : Une situation précaire à l'accès, à l'assainissement-hygiène, à l'eau potable, à la nourriture ont des effets néfastes sur la situation sanitaire de la population, notamment les femmes et les enfants, qui sont confrontés notamment à des maladies d'origine hydriques et de malnutrition. Le taux faible de la mobilisation des ressources en eaux pour un accès à l'eau potable, la mise à disposition de l'eau pour l'hygiène, les difficultés pour la gestion des eaux usées et pluviales et pour la gestion des déchets solides qui dégradent l'environnement des bassins versants sont autant de facteurs qui augmentent les risques de maladies. Par ailleurs, la malnutrition peut être causée par les pertes de récoltes, conséquences des sécheresses et des pénuries d'eau, des inondations, de la destruction des terres arables par l'érosion, de l'ensablement et l'envasement des cultures
- Pollution : La pratique de la DAL peut provoquer la pollution des ressources en eaux par les excréta et les autres matières organiques.

#### *b- Notation des Aléas*

Le système de notation se conforme strictement au guide Technical brief - Risk assessment . Le principe de notation ainsi que tous les critères d'analyse retenus ont été tablés spécifiquement et uniquement sur le guide. Aucun ajout ni modification n'est effectué.

Les caractéristiques à considérer dans la notation comprennent : la « fréquence » avec laquelle l'aléa catastrophe se produit, son « intensité » ou son ampleur, « l'étendue géographique », sa « durée ».

#### *c- Notation de la fréquence*

La méthode de notation doit se faire suivant le modèle ci-dessous :

TABLEAU 8 : MODELE DE TABLEAU DE NOTATION

Classe	Fréquence		Note
	Fréquence actuelle	Fréquence attendue dans le futur	
Moyen	Apparaît fréquemment	Attendu à apparaître fréquemment	3
Moyen	Apparaît occasionnellement	Attendu à apparaître occasionnellement ou plus fréquemment	2
Bas	Apparaît rarement	N'est pas attendu à apparaître plus fréquemment	1

(Source: Table 4.5: Classifying hazards according to frequency du Guide-page 15)

En appliquant ce système on obtient les notes pour la fréquence, présentées dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 9. LES NOTES POUR LA FREQUENCE

Dangers	Classe	Fréquence		Note
		Fréquence actuelle	Fréquence attendue dans le futur	
Sècheresse	H	Apparaît fréquemment	Attendu à apparaître fréquemment	3
Inondations	H	Apparaît fréquemment	Attendu à apparaître fréquemment	3
Érosion de sols – glissement de terrains	M	Apparaît occasionnellement	Attendu à apparaître fréquemment	2
Pollution organique	M	Apparaît occasionnellement	Attendu à apparaître occasionnellement ou plus fréquemment	2
Maladies hydriques	M	Apparaît occasionnellement	N'est pas attendu à apparaître plus fréquemment	2

#### *d- Notation de l'extension géographique*

La méthode de notation se fait suivant le modèle de tableau ci-dessous. Le concept « durée » n'a pas été pris en compte à cause de **non-disponibilité** de donnée (voir l'analyse des documents existants sur l'étude du changement climatique à Madagascar paragraphe 2.2 de ce rapport). Cela est autorisé par le guide d'évaluation<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Le guide explique la méthode de notation de la façon suivante « La façon de le faire est de tenir compte des caractéristiques de l'aléa afin que chacun puisse être classé et attribué un score qui correspond à un système « clair ». Les caractéristiques à considérer comprennent : la fréquence avec laquelle le danger se produit, l'intensité ou l'ampleur du danger, l'étendue géographique du danger, la durée du danger....  
**Que vous ne considérez qu'une ou deux caractéristiques dépendra des données disponibles point 4.2.1 page 14**

**TABEAU 10: MODELE DE TABLEAU DE NOTATION**

Classe	Extension géographique		Note
	Extension actuelle	Extension attendue dans le futur	
Elevé	Affecte une large zone	Attendu à s'étendre dans le futur	3
Moyen	Affecte une large zone	N'est pas attendu à s'étendre dans le futur	2
Moyen	Affecte une zone limitée	Attendu à s'étendre dans le futur	2
Bas	Affecte une zone limitée	N'est pas attendu à s'étendre dans le futur	1

(Source: Table 4.7: Classifying hazards – example for present day and expected future geographical extent-page 15)

**TABEAU 11 : LES NOTES POUR L'EXTENSION GEOGRAPHIQUE**

Aléas	Classe	Extension géographique		Note
		Extension actuelle	Extension attendue dans le futur	
Sècheresse	Elevé	Affecte une large zone	Attendu à s'étendre dans le futur	3
Inondations	Elevé	Affecte une large zone	Attendu à s'étendre dans le futur	3
Erosion de sols – glissement de terrains	Elevé	Affecte une zone limitée	Attendu à s'étendre dans le futur	2
Pollution organique	Bas	Affecte une zone limitée	N'est pas attendu à s'étendre dans le futur	1
Maladies hydriques		Affecte une zone limitée	N'est pas attendu à s'étendre dans le futur	1

*e- Notation pour fréquences et intensité, situation actuelle et perspective<sup>22</sup>*

Les « caractéristiques » demandées à être utilisées dans cette analyse proviennent des résultats des études détaillées sur le climat et ses conséquences pour Madagascar, se trouvant dans les documents officiels ou issus de nos calculs, et présentés dans le paragraphe 2.2.

<sup>22</sup> L'approche de notation à utiliser en application du « guide » est expliquée de la façon suivante dans le guide (page 11 : 4.1.1. The approach : traduit par microsoft : « Une fois que vous avez identifié tous les aléas pertinents, vous devrez ensuite enregistrer toutes les informations disponibles que vous avez à leur sujet, y compris: la fréquence de l'aléa, tout détail sur la façon dont l'aléa devrait changer à l'avenir, la durée de l'aléa, l'intensité ou l'ampleur du danger – par exemple, si vous avez identifié les inondations comme un aléa, est-ce que l'eau d'inondation est peu profonde et lente, ou profonde et/ou rapide? l'étendue de la zone géographique touchée par l'aléa si celui-ci se produit à une période particulière de l'année – par exemple, pendant la des cyclones » .

Le modèle à suivre pour la classification des aléas en fonction de la fréquence, l'intensité, pour l'avenir actuel et futur est présenté ci-dessous. L'intensité du danger est évaluée en combinaison avec la fréquence en appliquant le modèle de tableau de notation du guide.

**TABLEAU 12 : MODELE DE TABLEAU DE NOTATION**

Classe	Fréquence et intensité		Note
	Fréquence et intensité actuelle	Fréquence et intensité attendues dans le futur	
Elevé	Fréquence élevée, intensité élevée	Fréquence élevée, intensité élevée	3
Moyen	Fréquence élevée, intensité basse	Fréquence élevée, intensité basse ou fréquence élevée, attendue à augmenter en intensité	2
Moyen	Fréquence	Fréquence basse, intensité élevée, ou fréquence élevée ou attendue à apparaître plus fréquemment, intensité élevée attendue à augmenter en intensité	2
Bas	Fréquence	Fréquence basse, intensité basse ou n'est pas attendue à apparaître dans le futur	1

(Source: Table 4.8: Classifying hazards according to frequency and intensity, for present day and expected future du guide page 16)

Les notes y afférentes sont présentées dans le tableau 12 ci-dessous.

**TABLEAU 13 : LES SCORES POUR FREQUENCES ET INTENSITE, SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVE**

Aléas	Classe	Fréquence et intensité actuelle	Fréquence et intensité attendues dans le futur	Note
Sècheresse	Élevé	Fréquence élevée, intensité élevée	Fréquence élevée, intensité élevée, attendue à augmenter dans le futur	3
Inondations	Elevé	Fréquence élevée, intensité élevée	Fréquence élevée, intensité élevée, attendue à augmenter dans le futur	3
Erosion de sols-glissement de terrains	Moyen	Fréquence moyenne, intensité moyenne	Fréquence élevée, intensité élevée, attendue à augmenter dans le futur	2
Pollution organique	Bas	Fréquence basse, intensité basse	Fréquence basse, intensité basse ou n'est pas attendue à apparaître dans le futur	1
Maladies hydriques	Bas	Fréquence basse, intensité basse	Fréquence basse, intensité basse ou n'est pas attendue à apparaître dans le futur	1

(Source : FR GROUP-MITI)

Les analyses ayant permis d'obtenir ces notes sont données dans le paragraphe 2.2.<sup>23</sup> de ce rapport.

*f- Notation du degré de confiance*

Les notes sont présentées dans le tableau ci-dessous. Le degré de confiance est basé sur les analyses effectuées dans le chapitre 2.2 dont :

- Les estimations d'augmentation de températures et l'évolution de la pluviométrie annuelle, en 2030,2050, 2080, faites par la DGM,
- Les calculs de l'évapotranspiration réelle et de P-ETR, faits avec la formule de Turc en utilisant les données ci-dessus de la DGM et montrant qu'il y a une augmentation de l'évapotranspiration et une baisse de P- ETR (augmentation du déficit hydrique) , qui va donc intensifier et étendre les sécheresses,
- Des informations contenues dans les documents, notamment de « Fleuves et Rivières de Madagascar », sur l'occurrence de la ZCIT qui va provoquer l'augmentation du Ruissellement qui va donc intensifier les inondations et les érosions,
- Des informations fournies par la DGM sur les tendances d'évolution des cyclones
- Des données statistiques de l'INSTAT qui montrent les tendances d'évolutions de la situation du secteur EAH et des maladies hydriques,
- Des informations générales sur les aléas apparus à Madagascar par le CPGU.

Les scores pour le degré de confiance sont donnés dans le tableau ci-dessous.

**TABLEAU 14: NOTATION DU DEGRE DE CONFIANCE**

Aléas	Note	Situation actuelle	Degré de confiance	Futur	Degré de confiance
Sècheresse	3	Problème existant	3	Peut s'étendre	3
Inondations	3	Problème existant	3	Peut s'étendre	1
Erosion de sols - glissement de terrains	3	Problème existant	2	Peut s'étendre	1
Pollution organique	2	Faible extension géographique	3	Devrait descendre	3
Maladies hydrique	1	Faible extension géographique	2	Devrait descendre	3

(Source : FR GROUP-MITI)

<sup>23</sup> Analyse des études existantes sur le changement climatique orientée sur le secteur WASH à Madagascar

### 2.6.3 ANALYSE DE L'EXPOSITION

La définition du concept « Exposition » est donnée dans le paragraphe 1.2.5 de ce rapport. L'approche de notation comprend 3 étapes comme expliqué ci-dessous :



**FIGURE 22. APPROCHE DE NOTATION DE L'EXPOSITION**  
(Source: guide figure 4.1: Steps to assess hazards-page 10)

#### 2.6.2.2 Identification des expositions

La liste complète des aléas identifiés comprend : Sècheresse, inondation, érosion-glisement de terrain, pollution organique et maladies hydriques (cf. tableau 4).

##### a- Notation pour les Expositions

Les notes seront attribuées aux aléas identifiés pour Madagascar d'après les analyses effectuées dans le chapitre 2.2 de ce rapport à savoir : sècheresse, inondations, érosion- glissements de terrains, pollution organique, maladies hydriques en suivant strictement le modèle du tableau ci-dessus.

**TABEAU 15. NOTES ATTRIBUEES A CHAQUE EXPOSITION POUR LES DIFFERENTS ALEAS**

Aléas	Exposition	Elevé	Moyen	Bas
Sècheresse	Population	<b>3</b>		
Sècheresse	Ecosystèmes	<b>3</b>		
Sècheresse	Infrastructures essentielles		<b>2</b>	
Inondations	Population	<b>3</b>		
Inondations	Ecosystèmes		<b>2</b>	
Inondations	Infrastructures essentielles		<b>2</b>	
Erosion, glissements de terrains	Population			<b>1</b>
Erosion, glissements de terrains	Ecosystèmes	<b>3</b>		
Erosion, glissements de terrains	Infrastructures essentielles		<b>2</b>	
Pollution organique	Population	<b>3</b>		
Pollution organique	Ecosystèmes	<b>3</b>		
Pollution organique	Infrastructures essentielles			<b>1</b>
Maladies hydriques	Population	<b>3</b>		
Maladies hydriques	Ecosystèmes			<b>1</b>
Maladies hydriques	Infrastructures essentielles			<b>1</b>

*b- Notation du degré de confiance*

La notation pour le degré de confiance est effectuée par les évaluations « Elevé », « Moyen », « Bas »  
 « H » : Confiance élevée : Basé sur des informations fiables ou des analyses avec une base théorique forte et largement acceptée dans le secteur.

« M » : Confiance moyenne : Estimation des impacts ou des conséquences potentiels, fondée sur la théorie, en utilisant des méthodes acceptées et avec un certain accord dans l'ensemble du secteur.

« L » : Faible confiance : Point de vue basé sur des informations limitées telles que des preuves anecdotiques, ou des méthodes d'estimation très basiques.

**TABLEAU 16. NOTES ATTRIBUEES POUR LE DEGRE DE CONFIANCE POUR CHAQUE MILIEU**

Aléas	Expositions	Situation actuelle	Degré de confiance	Futur	Degré de confiance
Sècheresse	Population	Faible extension géographique	H	Peut s'étendre	M
Inondations	Population	Problème existant	H	Peut s'étendre	M
Erosion de sols-glissements de terrains	Population	Faible extension géographique	M	Peut s'étendre	M
Pollution organique	Population	Faible extension géographique	M	Attendu à diminuer	L
Maladies hydriques	Population	Faible extension géographique	M	Attendu à diminuer	L
Sècheresse	Ecosystèmes	Problème existant	H	Peut s'étendre	H
Inondations	Ecosystèmes	Problème existant	H	Peut s'étendre	H
Erosion de sols-glissements de terrains	Ecosystèmes	Faible extension géographique	M	Peut s'étendre	M
Pollution organique	Ecosystèmes	Problème existant	H	Attendu à diminuer	M
Maladies hydriques	Ecosystèmes	Problème existant	H	Attendu à diminuer	M
Sècheresse	Infrastructures essentielles	Problème existant	H	Peut s'étendre	
Inondations	Infrastructures essentielles	Faible extension géographique	M	Peut s'étendre	M
Erosion de sols-glissements de terrains	Infrastructures essentielles	Faible extension géographique	M	Peut s'étendre	M
Pollution organique	Infrastructures essentielles	Faible extension géographique	L	Attendu à diminuer	L
Maladies hydriques	Infrastructures essentielles	Faible extension géographique	L	Attendu à diminuer	L

## 2.6.4 ANALYSE DE LA VULNERABILITE<sup>24</sup>

### 2.6.4.1 Approche de notation

L'approche de notation comprend 3 étapes :



FIGURE 23. ETAPES D'ÉVALUATION DE LA VULNERABILITE  
(Source: Figure 6.1: Steps to assess vulnerability)

#### a- Notation pour le paramètre « vulnérabilité »

Chaque composante sera évaluée en fonction de la formulation d'une question pertinente afin de comprendre les niveaux de vulnérabilités. L'objectif est d'obtenir un score unique de 1, 2 ou 3 pour chaque composante, indiquant que la vulnérabilité est faible (1), moyenne (2) ou élevée (3). Par la suite un **score** sera attribué en fonction du niveau de confiance qu'on a à propos des sources de la réponse.

La notation de la vulnérabilité du secteur WASH à Madagascar est présentée dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 17. NOTES ATTRIBUEES AUX COMPOSANTES DE VULNERABILITE

Composantes	Facteurs	Éléments ou question à considérer	Commentaires	Notes		
				H	M	L
Social	Réseau social	Y a-t-il un accès adéquat aux réseaux sociaux et aux outils	Il n'y a pas d'accès	3		
	Système d'alerte précoce	Y a-t-il suffisamment d'engagement dans les systèmes d'alerte	Il existe quelque engagement mais doit être amélioré		2	
	Planification, connaissance et outils	Quelles connaissances et outils y a-t-il dans la collectivité pour atténuer les dangers et y réagir ?	Les connaissances et outils sont très limités	3		

<sup>24</sup> L'analyse de la vulnérabilité a été effectuée en appliquant les directives du guide présentées à la page 27 de la façon suivante (traduction microsoft) : « La vulnérabilité peut être considérée dans six composantes différentes, données à la figure 6.2 (Social, Finance, Physique, Environnement, Humain Politique) . Le tableau 6.2 énonce les six composantes relatives au secteur WASH , ainsi que les différents facteurs de vulnérabilité pour chacun de ces éléments (NDLR basé sur l'analyse détaillée du secteur faite par le consultant dans la partie 2 de ce rapport) . Vous ne devriez pas nécessairement tenir compte d'autres facteurs, éléments ou questions dans l'évaluation du climat simplement parce qu'elle est plus détaillée. Pour chacun des facteurs de chaque composante, il y a un certain nombre d'éléments et de questions à prendre en considération, dans le tableau 6.2. Ces exemples sont fournis à titre d'exemples pour guider votre évaluation de la vulnérabilité; vous n'avez pas à les considérer tous. (NDLR : le consultant a pris en compte les questions qui sont dans le tableau 16 en se basant sur son analyse faite dans la partie 2 du rapport et surtout sur sa connaissance du secteur Wash à Madagascar )

Composantes	Facteurs	Éléments ou question à considérer	Commentaires	Notes		
				H	M	L
Finance	Soutien efficace des partenaires de développement pour la prestation des services WASH	Existe-t-il un soutien efficace des partenaires de développement pour la prestation des services WASH	<b>Cela existe, mais très insuffisant et doit être augmenté<sup>25</sup></b>	3		
	Investissement dans le secteur WASH	Combien d'investissement y a-t-il dans le secteur WASH ?	Cela existe, mais très insuffisant et doit être augmenter	3		
	Budget de fonctionnement	Quelle est la situation du budget de fonctionnement ?	Cela existe, et peut être améliorer si on applique correctement la tarification de l'eau potable et les redevances pour le fonds national pour les ressources en eaux			1
Physique	Technologie	La technologie est-elle disponible qui aiderait à améliorer la capacité ?	La technologie existe mais doit être amélioré et surtout vulgarise jà grande échelle		2	
	Aspects de la conception	L'infrastructure a-t-elle été conçue pour mieux répondre aux dangers	Oui, mais des actions d'amélioration et de vulgarisation doivent être entreprises		2	
	Résilience de l'infrastructure WASH et approvisionnement en eau	Existe-t-il des normes de conception et de construction	Existe, mais pas suffisamment applique		2	
		Le système de captage et de stockage d'eau amont existe - t- il ?	Oui, mais des actions d'amélioration et de vulgarisation doivent être entreprises		2	
	Résilience de l'infrastructure WASH : assainissement	Existe-t-il des normes de conception et de construction ?	Existe, mais pas suffisamment applique		2	
	Résilience de l'infrastructure WASH : agriculture	L'accès aux ressources en eaux en quantité suffisante est -t-il adéquat ?	L'accès aux ressources en eau est très difficile	3		
Environnemental	Réseaux et institutions de surveillance de l'environnement	Existe-t-il des réseaux de surveillance ? Sont-ils adéquats ? Des données environnementales sont-elles disponibles ?	Le secteur WASH dispose de la BDEAH-Sesame Gire qui dispose de toutes les données environnementales nécessaire, mais elle doit être vulgarisée pour être appliquée dans le WASH.			1
	D'autre source	Est-il prévu d'utiliser d'autres sources d'eau protégées	Des solutions de captage et d'utilisations des ressources en eaux sont disponibles et		2	

<sup>25</sup> L'accès aux services WASH est particulièrement difficile pour les femmes et les enfants et fait que les interventions pour développer les infrastructures WASH et renforcer les actions d'information, éducation, mobilisation (IEM) sont prioritaires et cela justifie la notation « H » pour cette question.

Composantes	Facteurs	Éléments ou question à considérer	Commentaires	Notes		
				H	M	L
		lorsque cela est disponible ?	doivent être vulgarisées partout dans toutes les régions de Madagascar			
	Sécheresse	Quelle est la situation de la sécheresse ?	La sécheresse affecte une grande partie des régions Boeny et Melaky, l'ensemble des régions Sud-ouest et Androy, la partie Ouest et Nord de la Région Anosy	3		
	Inondation	Quelle est la situation de l'inondation ?	L'inondation affecte de larges zones dans les Régions du Nord-Ouest, des hautes terres centrales, de la côte Est.		2	
	Erosion	Quelle est la situation de l'érosion ?	L'érosion est étendue dans le Nord-Ouest, les parties Nord-Ouest des Hautes terres centrales.		2	
Humain	Maladies hydriques	Quelle est la situation des maladies hydriques	Le problème existe mais est attendu à diminuer			1
	Pollutions	La pollution existe-t-elle	La pollution organique du fait de la défécation à l'air libre existe, mais tend à diminuer			1
Politique et institution	Stratégie et planification nationale sur le changement climatique	Existe-t-il des plans d'intervention place ? Ces plans sont-ils adéquats ?	Il y a des plans d'intervention adéquats mais à rendre opérationnels.		2	
		Existe-t-il des plans d'intervention en place spécifique pour le secteur WASH	Il n'existe pas et doit être mis d'urgence.	3		

**b- Notation pour le degré de confiance**

La notation du degré de confiance sur les notes de vulnérabilité du secteur WASH à Madagascar est présentée dans le tableau ci-dessous.

**TABLEAU 18. NOTES ATTRIBUEES AU DEGRE DE CONFIANCE**

Composantes	Facteurs	Note de vulnérabilité	Degré de confiance
Social	Connaissance et compréhension	3	1
Finances	Répartition budgétaire courantes du secteur WASH, y compris les budgets de fonctionnement	3	3
Physique	Résilience des infrastructures WASH	2	2
Environnemental	Dégradation environnementale	3	3
	Protection des ressources en eaux	2	3
Humain	Pollution	1	3
	Maladies	2	2
	Connaissance et compréhension	3	1
Politique et institution	Politique sectorielle WASH (incluant le changement climatique), institutions publiques, bonne gouvernance	3	3

## 2.6.5 ANALYSE DE LA CAPACITE

Le terme *capacité* comprend l'infrastructure et les moyens physiques, les institutions, les capacités d'adaptation sociétale, ainsi que les connaissances humaines, les compétences et les attributs collectifs tels que les relations sociales, le leadership et la gestion.

La capacité est la faculté de préparer, d'intervenir, de récupérer et d'apprendre. La résilience des personnes, des infrastructures, de l'environnement ou de toute autre chose qui est exposée à un danger dépend donc de son niveau de capacité.

La capacité peut être influencée par la sensibilisation, les connaissances, les données, la surveillance et la question de savoir si des plans et des politiques appropriés sont en place. Il est vraiment important de tenir compte de la capacité car elle influence le *risque*. Une capacité élevée réduit le risque alors qu'une faible capacité ne le fait pas. Par conséquent, la capacité peut être utilisée pour aider à prioriser les risques.

### a- Notation de la Capacité

L'approche comprend 2 étapes :

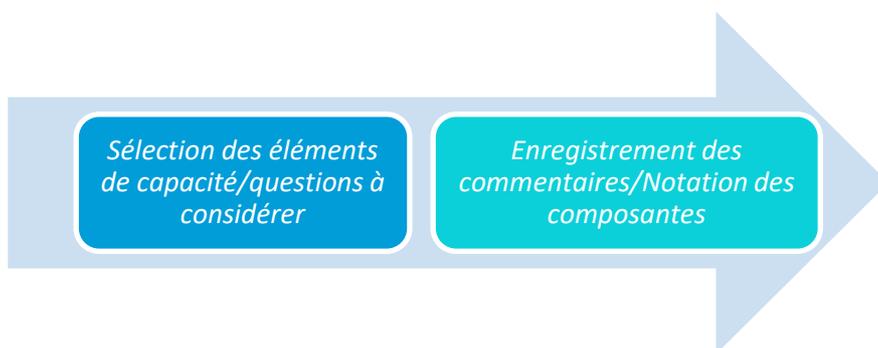


FIGURE 24. ÉTAPES POUR EVALUER LA CAPACITE  
(Source: "Guide" Figure 7.1: Steps to assess capacity)

En suivant les directives du guide et en se basant sur notre connaissance du secteur nous avons pu établir notre évaluation présentée dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 19. LES NOTES DE CAPACITE

Composantes	Éléments ou questions à considérer	Commentaires	Scores		
			Elevé	Moyen	Faible
Social	Accès aux réseaux sociaux tels que les filets informels de sécurité sociale ; évaluation communautaire des risques	Il n'y a pas d'accès à une sécurité sociale ; il n'y a pas d'évaluation communautaire des risques	3		
Finance	Combien d'investissement y a-t-il dans le secteur WASH ? Existe-t-il un soutien efficace des	Il y a des investissements mais très insuffisants et le soutien des		2	

Composantes	Éléments ou questions à considérer	Commentaires	Scores		
			Elevé	Moyen	Faible
	partenaires de développement pour la prestation des services WASH ?	partenaires techniques et financiers a la prestation des services WASH doit être augmenté			
Physique	Existe-t-il des normes de conception et de construction ? Les normes de conception et de construction sont-elles respectées dans la mise en œuvre ?	Les normes existent et sont respectées			1
Environnemental	Quel est le taux de dommages environnementaux ? la qualité de l'eau répond-elle aux normes nationales ? Les sources d'eau sont-elles adéquatement protégées ?	Les dommages environnementaux sont élevés et la qualité de l'eau est mauvaise et ne répond pas aux normes nationales ; les sources d'eau ne sont pas suffisamment protégées	3		
Humain	Quel est le taux de croissance de la population ? Dans quelle mesure les gens connaissent-ils les dangers locaux ? Qu'est-ce que l'indice de développement humain ? (IDH)	On s'attend à ce que la croissance démographique augmente. La connaissance sur les dangers locaux est limitée ; la connaissance sur les avantages WASH est faible	3		
Publique et institution	Existe-il des politiques publiques pour fournir les conseils nécessaires pour identifier et traiter les vulnérabilités et les risques ? Existe-t-il des politiques WASH ?	Les politiques ne sont pas très efficaces. Les politiques WASH sont insuffisantes.	3		

## 2.7 PRIORISATION DES RISQUES

Pour établir les priorisations, il faut combiner les scores individuels pour les aléas, l'exposition et la vulnérabilité, afin d'arriver à un score global pour les risques. Ces scores peuvent ensuite être utilisés pour classer les risques et déterminer les priorités. La formule de *risque* suivante est utilisée dans cette note d'orientation :

$$\text{Risque} = \text{Catastrophe} \times \text{Exposition} \times \text{Vulnérabilités}$$

Les calculs donnent les rangs de priorités présentés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 20. NOTES ET RANGS DE PRIORITES

ALEAS		EXPOSITION		VULNERABILITE		Note de Risque	Rang
Description	note	Description	note	Description	note		
Sècheresse	3	Population	3	Social	3	27	<b>1</b>
Inondations	3		3	Social	3	27	<b>1</b>
Erosion-glissements de terrains	2		2	Finances	2	8	<b>4</b>
Pollution	2		2	Social	2	8	<b>4</b>
Maladies et épidémies	3		3	Social	3	27	<b>1</b>
Sècheresse	3	Ecosystème	3	Finances	3	27	<b>1</b>
Inondations	3		3	Finances	2	18	<b>2</b>
Erosion-glissements de terrains	3		3	Politique et institution	3	27	<b>1</b>
Pollution	2		2	Physique	3	12	<b>3</b>
Maladies et épidémies	1		2	Politique et institution	2	4	<b>6</b>
Sècheresse	3	Infrastructures essentielles	3	Finances	3	27	<b>1</b>
Inondations	3		3	Finances	2	18	<b>2</b>
Erosion-glissements de terrains	1		2	Politique et institution	3	6	<b>5</b>
Pollution	2		1	Finances	3	6	<b>5</b>
Maladies et épidémies	1		2	Social	3	6	<b>5</b>

## 2.8 CONCLUSION

Les évaluations ont donné lieu à une liste des principaux risques à prendre en considération et, ont aidé à améliorer la compréhension des aléas, des expositions, des vulnérabilités et des capacités. Le choix des aléas à analyser est faite à partir des conclusions du rapport de la DGM-RIMES (2019). L'évaluation de ces paramètres ont permis d'arriver à l'identification des priorités des risques pouvant affecter Madagascar. Ainsi, cette analyse doit servir à réaliser les activités demandées dans les Tdrs partie 3.2.2 « Identification des politiques, stratégies et mesures d'adaptation au Changement Climatique ».

L'analyse a permis en premier lieu **de montrer de façon objective la priorisation des aléas** définis officiellement par Madagascar grâce aux évaluations détaillées effectuée dans le rapport de démarrage<sup>26</sup> et dans le présent rapport. Le résultat obtenu est résumé dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 21. PRIORISATION DES ALEAS IDENTIFIES POUR MADAGASCAR

Aléas	Zone climatique la plus affectée	Notes finales	Rang global
Sècheresse	SO ; NO ; HTC	81	1
Inondations	NO ; HTC ; CE	63	2
Érosion-glisement de terrains	NO HTC ; CE	41	3
Maladies et épidémies	SO ; NO ; HTC ; CE	37	4
Pollution	SO ; NO	26	5

(Source: FR GROUP-MITI sur la base des calculs de risques et évaluation du secteur WASH)

### 2.8.1 PROPOSITION D' ACTIONS

A partir résultats, il est proposé d'entreprendre en priorité la prise de responsabilité technique et surtout financière, pour l'adaptation effective contre les impacts du changement climatique selon ces cinq éléments. Les actions d'adaptions et d'atténuation<sup>27</sup> suivante sont ainsi proposees.

#### *Adaptation aux effets du changement climatique*

Les mesures d'adaptation se concentrent sur **la gestion des impacts** du changement climatique, en vue de réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains. Une partie des mesures d'adaptation sont dites « sans regrets », c'est-à-dire qu'elles sont rentables et utiles en soi, ou quelle que soit l'amplitude du réchauffement et le seraient même parfois sans réchauffement. Ces sont les investissements pour la mise en œuvre des mesures résilientes dans la mobilisation, la protection, la conservation des ressources en eaux, pour atténuer la sécheresse, les inondations, l'érosion et les ensablements (créant les pertes agricoles et la malnutrition, la destruction des infrastructures essentielles, la pauvreté, les pertes de vies humaines), la pollution, les maladies et épidémies dues aux mauvaises conditions d'assainissement et d'hygiène (comme le covid 19, le paludisme, les fièvres, les diarrhées).

<sup>26</sup> Classement des aléas dans les zones climatiques présentées dans le rapport de démarrage

<sup>27</sup> conforme aux recommandations de la FAO.

### *Atténuation des causes du changement climatique*

Il s'agit **d'intervenir sur les causes** du Changement Climatique. L'atténuation s'attaque aux causes du problème et vise la réduction de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Article intitulé Changement Climatique et stratégies <sup>28</sup>); et à prendre des mesures pour freiner l'augmentation des températures en favorisant la création des retenues d'eau libre, la protection des bassins versants par la reforestation, la multiplication des zones vertes.

Le secteur WASH, par les impacts du réchauffement climatique sur le cycle de l'eau et ses composantes, notamment sur l'évapotranspiration et le ruissellement, est un secteur entrant dans la catégorie de « cause » qu'on peut qualifier de « principale » et pour lequel il est absolument fondamental de proposer en priorité des « mesures d'adaptation et d'atténuation ». Les aléas provoqués par les impacts du changement climatique sur le cycle de l'eau sont les risques fondamentaux affectant les expositions essentielles de la vie et de toutes les conditions nécessaires au développement socio-économique de l'homme.

---

<sup>28</sup> [www.fao.org/elearning/Course](http://www.fao.org/elearning/Course)

## 3. TROISIEME CHAPITRE : IDENTIFICATION DES POLITIQUES, STRATEGIES ET MESURES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AINSI QUE LES SOLUTIONS

### 3.1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS

Compte tenu de l'identification faite dans le chapitre 2 des impacts du changement climatique sur le cycle de l'eau provoquant les aléas évalués prioritaires pour Madagascar à savoir, sécheresse, inondations, érosion-glisserment de terrain, maladies et épidémies, pollution, les objectifs des politiques, stratégies et mesures d'adaptation au changement climatique doivent avoir comme objectifs:

**Objectif 1** : Réduire l'évapotranspiration et le ruissellement en mettant en place la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux,

**Objectif 2** : Lutter contre la sécheresse par la mise en œuvre d'actions pour protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau,

**Objectif 3** : Réduire les inondations, augmenter le stockage de ressources en eaux pour tous les usages par le développement, des retenues d'eau-amont, des canaux et bassins d'infiltrations sur les pentes des bassins versants, des canaux de drainage,

**Objectif 4** : Freiner l'érosion et renforcer la recharge des eaux souterraines par la reforestation et le reboisement

**Objectif 5** : Assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène, et mettre fin à la défécation à l'air libre

**Objectif 6** : Réduire la pollution et les risques d'impacts sanitaires et sociaux.

### 3.2. REFERENCES POUR LA PROPOSITION DE POLITIQUE, STRATEGIE ET MESURES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DU SECTEUR WASH

Ces politiques, stratégies et mesures d'adaptation doivent s'appuyer sur les engagements du gouvernement malgache en ce qui concerne les actions nécessaires pour faire face au changement climatique liés avec les objectifs définis pour le développement du secteur WASH et se référer aux documents officiels y afférents.

Pour Madagascar ces références sont « les objectifs de l'ODD 6 » et « le PLAN NATIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE (PNA) DE MADAGASCAR ».

#### 3.2.1. LES OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE

La politique, stratégie, planification et programmation du secteur WASH de Madagascar devra obligatoirement concourir à l'atteinte des objectifs de l'ODD 6 suivants, d'ici 2030 :

1. 6.1 D'ici à 2030, **assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable**, à un coût abordable
2. 6.2 D'ici à 2030, assurer **l'accès de tous**, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et **mettre fin à la défécation en plein air**, en accordant **une attention particulière aux besoins des femmes et des filles et des personnes en situation vulnérable**

3. 6.3 D'ici à 2030, **améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution**, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant nettement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau
4. 6.4 D'ici à 2030, faire en sorte que **les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs** et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de **remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau**
5. 6.5 D'ici à 2030, **assurer la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux**, y compris au moyen de la coopération transfrontière selon qu'il convient
6. 6.6 D'ici à 2020, **protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau**, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs.
  6. a.1 **(AUGMENTER) le Montant de l'aide publique au développement consacrée à l'eau et à l'assainissement dans un plan de dépenses coordonné par les pouvoirs publics**
  - 6.b **Appuyer et renforcer la participation de la population locale** à l'amélioration de la gestion de l'eau et de l'assainissement
    6. b.1 Pourcentage **d'administrations locales ayant mis en place des politiques et procédures opérationnelles** encourageant la participation de la population locale à la gestion de l'eau et de l'assainissement.

### 3.2.2. *LE PLAN NATIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE (PNA) DE MADAGASCAR*

La Référence nationale à laquelle la stratégie intégrant le changement climatique du secteur WASH doit se baser est le document officiel intitulé « Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNA) Madagascar-Novembre 2019 » qui spécifie :

« Le document PNA va servir de cadre stratégique pour les actions prioritaires à moyen et long terme en matière d'adaptation aux changements climatiques. Il appelle à la responsabilisation de toutes les parties prenantes, tout en identifiant et appliquant les mesures adéquates aux réalités nationales qu'internationales » -

« **Le Plan National d'Adaptation** s'articule ainsi autour de trois grands axes stratégiques définis comme suit :

- **Axe stratégique 1 : Renforcer la gouvernance et l'intégration de l'adaptation ;**
- **Axe stratégique 2 : Mettre en œuvre un programme d'actions sectoriel prioritaire ;**
- **Axe stratégique 3 : Financer l'adaptation aux changements climatiques.**

Les orientations stratégiques concernant l'adaptation du secteur WASH au changement climatique sont présentées dans « **L'AXE STRATEGIQUE 2 : METTRE EN OEUVRE UN PROGRAMME D'ACTIONS SECTORIEL PRIORITAIRE** » DU PNA.

La présente étude doit proposer les grandes lignes d'un document qui s'intègre **dans l'axe stratégique numéro 2** du « **Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNA)** et qui serait le PLAN NATIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE WASH.

### 3.3. LIGNES DE REFERENCE POUVANT ETRE APPLIQUE POUR ATTEINDRE CES OBJECTIFS

**Les déclarations officielles exprimées dans le PNA** et qui concernent les aléas prioritaires affectant le WASH et qui doivent être tenues compte dans le « PLAN NATIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE WASH » sont les suivantes :

#### 3.3.1. REDUIRE L'EVAPOTRANSPIRATION ET LE RUISSELLEMENT EN METTANT EN PLACE LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU A TOUS LES NIVEAUX,

Pour atteindre l'objectif, les actions à entreprendre sont :

##### 3.3.1.1. PRIORITÉ STRATÉGIQUE 1 du PNA (secteur Ressources en eau) : PRÉSERVER ET SÉCURISER LES RESSOURCES EN EAU PAR LA MISE EN OEUVRE D'UNE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE) (page 59 du PNA)

- « Renforcer les actions et les techniques de reboisement et de reforestation en amont des bassins versants et sur les berges des différents cours d'eau » ;
- « Assurer la sécurisation et le stockage des ressources en eaux par la reforestation, le reboisement et la restauration, en considérant les liens avec la sécurité alimentaire, la malnutrition, la santé et la protection humaine en général » ;
- « Appliquer les prescriptions environnementales des Plans d'Urbanisme Directeurs (PUDi) qui recommandent la protection des ressources en eau par des activités de reboisements des environs immédiats » ;
- « Mettre en place un mécanisme d'évaluation et de suivi de la disponibilité et de la qualité des ressources en eau, dont la mise en place de réseaux d'observation des eaux de surface et des eaux souterraines » ;
- « Promouvoir des comportements et pratiques responsables à travers des activités d'Information-Education-Communication (IEC) vis-à-vis de l'eau, pour des consommations d'eau à bon escient, permettant sa gestion durable et saine » ; Pour chaque Région, Réaliser/Mettre à jour les schémas d'aménagement et de gestion intégrée des ressources en eau (SDAGIRE) tenant compte du changement climatique ;

##### 3.3.1.2. PRIORITÉ STRATÉGIQUE 5 du PNA pour le secteur Agriculture, élevage et pêche : MIEUX GÉRER ET ÉCONOMISER LES RESSOURCES EN EAU (page 50 du PNA)

- Assurer l'accès à l'eau pour l'agriculture (infrastructure « essentielle » subissant les effets de la sécheresse et la pénurie d'eau créés par le déficit hydrique dû à l'impact du changement climatique sur l'évapotranspiration)
- Réaliser/Mettre à jour les schémas d'aménagement et de gestion intégrée des ressources en eau (SDAGIRE) tenant compte du changement climatique
- Résoudre les conflits d'usage, via une gestion intégrée et durable de ces ressources.
- Investir dans la maîtrise de l'eau (irrigation, stockage et drainage)

- Consolider les structures d'irrigation et privilégier les infrastructures permettant la rétention d'eau et la minimisation des pertes, les systèmes de drainage limitant les dégâts occasionnés durant les périodes d'inondations, promouvoir les techniques agricoles de conservation de l'eau et du sol, telles que les techniques de recharge, les techniques de goutte à goutte, la rétention et la réutilisation de l'eau à la parcelle
- Apporter une solution durable aux sécheresses dues à l'absence prolongée ou à l'irrégularité des pluies, par la gestion intégrée des bassins versant comme solution à la rétention d'eau et à la réduction du phénomène d'érosion et de ruissellement, avec un accompagnement pour la formation et le renforcement de capacités des exploitants agricoles

### *3.3.2. REDUIRE LES INONDATIONS, AUGMENTER LE STOCKAGE DE RESSOURCES EN EAUX POUR TOUS LES USAGES LUTTER CONTRE LA SECHERESSE, FREINER L'ÉROSION ET RENFORCER LA RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES*

Pour atteindre l'objectif, les actions à entreprendre sont :

#### *3.3.2.1. PRIORITÉ STRATÉGIQUE 2 du PNA : MIEUX GÉRER LES RISQUES D'INONDATION ET LES RISQUES D'ÉROSION EN ZONES URBAINES ET RURALES*

- Mettre en place des stations de pompage et des stations d'observation hydrologiques / de mesure du niveau des rivières / de prévision des crues ;
- Ériger/ Renforcer les digues de protection ;
- Renouveler les systèmes de canalisation au niveau de toutes les grandes villes.
- Développer la gestion des eaux usées et des eaux pluviales par des systèmes familiaux d'infiltrations
- Développer les collectes des eaux de pluies munis du système de filtration et du REEPS (réservoir enterré et plein de sable) pour l'approvisionnement en eau potable familial

#### *3.3.2.2. PRIORITÉ STRATÉGIQUE 3 du PNA : SOUTENIR LA GESTION DURABLE DE L'EAU EN PÉRIODE DE SÉCHERESSE, NOTAMMENT DANS LA PARTIE SUD DU PAYS*

- Apporter une solution durable aux sécheresses dues à l'absence prolongée ou à l'irrégularité des pluies (par la mise en place des retenues d'eau stockant les eaux de pluies de la saison humide) ;
- Apporter une solution durable contre la salinisation des ressources en eau souterraines ;
- Prioriser l'élaboration des SDAGIRE de la partie Sud : Régions d'Atsimo Andrefana, d'Androy et d'Anosy et d'Atsimo Atsinanana.

**3.3.3. ASSURER L'ACCES UNIVERSEL ET EQUITABLE A L'EAU POTABLE, L'ASSAINISSEMENT ET L'HYGIENE, ET METTRE FIN A LA DEFECATION A L'AIR LIBRE, REDUIRE LES RISQUES D'IMPACTS SANITAIRES ET SOCIAUX REDUIRE LES RISQUES D'IMPACTS SANITAIRES ET SOCIAUX**

Pour atteindre l'objectif, les actions à entreprendre sont :

**3.3.3.1. Axe stratégique du PNA concernant la SANTÉ PUBLIQUE**

- Construire et intégrer à tout projet visant à soutenir la scolarisation, la santé et l'accès à l'emploi des infrastructures sanitaires Eau, Assainissement et Hygiène et gestion des déchets suivant des normes établies ou à établir (en vue de la protection contre les maladies d'origine hydrique)
- En amont, fixer et divulguer des règles ou normes de base communes concernant le respect de l'hygiène au sein des infrastructures sanitaires. (En vue de la protection contre les maladies d'origine hydrique)
- Accompagner la construction ou la réhabilitation des bâtiments par des équipements ou dispositifs permettant de répondre aux exigences de la propreté et de la salubrité (dispositif sécurisé des sources et de stockage d'eau, système de sécurisation des médicaments stockés, notamment ceux qui sont sensibles aux facteurs climatiques, système de déversement et d'isolement des déchets, système de tri des déchets, etc.)
- Faciliter l'accès à un point d'eau et sécuriser des espaces privés pour les filles et les femmes pour qu'elles puissent continuer leur scolarité et leurs activités même pendant leurs menstruations.

## 4. QUATRIEME CHAPITRE : INTEGRATION ET OPERATIONNALISATION DES ACTIONS STRATEGIQUES PROPOSEES

Cette dernière partie de l'étude vise, à identifier les axes stratégiques et actions en vue de leur mise en œuvre concrète au niveau national et surtout au niveau décentralisé (Régions et Communes), et aussi à orienter la mise à jour des 03 documents SDEAH, du Code de l'eau, de la PS EAH, des PCDEAH. Pour le secteur Eau, Assainissement et Hygiène Il est donc crucial de traiter tous les risques liés, à la maîtrise de l'eau (inondations, pénurie d'eau, qualité de l'eau), à la protection des bassins versants et des ressources en eaux, à la sécurisation et la durabilité des infrastructures de maîtrise d'eau, à la prise aux risques sanitaires et à la protection des biens et services, à la pérennisation du développement économique et social.

### 4.1 AXES STRATEGIQUES PROPOSEES

Cette section développe les propositions de axes stratégique en vue d'atteindre les objectifs énoncés ci-dessus. Ainsi, les axes stratégiques proposés sont :

- **AXE STRATEGIQUE 1** : La redynamisation de l'organisation institutionnelle respectant le cadre légal et réglementaire, de la gestion intégrée des ressources en eaux, de la décentralisation, de l'adaptation et de la résilience face aux impacts du changement climatique et leur mise en application
- **AXE STRATEGIQUE 2** : La mise en œuvre du système de suivi-évaluation mise en place par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, la BDEAH-SESAM, à renforcer par le suivi du changement climatique et ses impacts ;
- **AXE STRATEGIQUE 3** : La mise en œuvre au niveau de chaque Région, d'une politique de financement, de planification stratégique basée sur le SDAGIRE (schéma directeur d'aménagement et de gestion intégrée des ressources en eaux), de programmation budgétaire basée sur le BPOR (Budget Programme par Objectifs Régionaux), et au niveau de chaque commune, d'un plan de développement communal contenant spécifiquement la maîtrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (PCDEAH), incluant la prise en compte des activités d'adaptation et de résiliences face aux impacts du changement climatique ;
- **AXE STRATEGIQUE 4** : La mise en œuvre des documents et manuels de procédures concernant la réalisation des infrastructures de maîtrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, adaptées et résilientes.
- **AXE STRATEGIQUE 5** : La mise en œuvre d'actions programmatiques pour : assurer un accès à l'eau et un service d'assainissement et d'hygiène équitable et universel, assurer l'adaptation, la résilience de la population face aux impacts du changement climatique.
- **AXE STRATEGIQUE 6** : Le Renforcement des actions d'Information, d'Education et de Mobilisation à tous les niveaux sur l'adaptation, la résilience de la population et sur l'atténuation des impacts face aux changements climatiques

## 4.2 OPERATIONNALISATION DES AXES STRATEGIQUES (AS)

L'opérationnalisation de ses axes stratégiques sont présentées ci-dessous.

### 4.2.1 OPERATIONNALISATION AS1

**AXE STRATEGIQUE 1 : La redynamisation de l'organisation institutionnelle respectant le cadre légal et réglementaire, de la gestion intégrée des ressources en eaux, de la décentralisation, de l'adaptation et de la résilience face aux impacts du changement climatique et leur mise en application**

#### I. Actions à entreprendre par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, et l'ANDEA :

1. Sortir un décret modificatif du DECRET N° 2003/191 Portant création des agences de bassin et fixant leur organisation ATTRIBUTIONS et fonctionnement, pour modifier l'article 1 de la manière suivante « mettre « Région » au lieu de « Faritany ».
2. Organiser un atelier national auquel doivent participer des représentants issus des 22 Régions, pour expliquer en détail à toutes les parties impliquées, au niveau national et au niveau régional, dans le développement du secteur WASH, les textes suivants :
  - Loi Organique n°2014-018 régissant les compétences, les modalités d'organisation et de fonctionnement des Collectivités Territoriales Décentralisées, ainsi que celles de la gestion de leurs propres affaires
  - LOI N°2014 – 020 Relative aux ressources des Collectivités territoriales décentralisées, aux modalités d'élections, ainsi qu'à l'organisation, au fonctionnement et aux attributions de leurs organes.
  - Décret n°2003/192. Fixant l'organisation, les attributions et le fonctionnement de l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ANDEA)
  - DECRET N° 2003/191 Portant création des agences de bassin et fixant leur organisation ATTRIBUTIONS et fonctionnement,
3. Entreprendre des activités d'information, d'éducation, de mobilisation, dans les 22 Régions, pour expliquer et mettre en œuvre le décret 2003-191 et mettre en œuvre la procédure de mise en place des comités de bassins (identification, formation, nominations des membres des comités de bassin).
4. Sortir un projet d'arrêté de nomination des membres des comités de bassins qui doit être publié par chaque gouverneur de région.
5. Collaborer avec chaque gouverneur pour nommer les chefs d'agences de chaque Région.
6. Assurer l'application correcte et complète du cadre légal et réglementaire du secteur EAH.
7. Appliquer la décentralisation effective dans les processus de décision et d'exécution de toutes actions liées au changement climatique en termes de ressources financières, techniques et humaines.
8. Appuyer et assurer le suivi de la mise en œuvre des textes règlementaires en vigueur à travers l'implication des STDs et avec la collaboration des CTDS.

#### 4.2.2 OPERATIONNALISATION AS2

**AXE STRATEGIQUE 2 : La mise en œuvre du système de suivi-évaluation mise en place par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, la BDEAH-SESAM, à renforcer par le suivi du changement climatique et ses impacts**

**I. Actions à entreprendre par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, et l'Andea:**

1. Maintenir à jour la BDEAH-SESAM par l'intégration des données périodiques qui lui sont transmises sur les ressources en eaux, les points d'eau, la climatologie, l'hydrologie, l'hydrogéologie, et sur l'environnement ;
2. Installer des stations hydrométéorologiques, des points d'eau de mesures des niveaux statiques et de conductivités d'eau, dans des bassins versants sélectionnés dans les 22 Régions ;
3. Réorganiser la BDEAH-SESAM pour lui permettre de recevoir ces données et l'installer au niveau du Ministère central chargé de l'EAH et de l'ANDEA ;
4. Installer la BDEAH-SESAM dans les 22 Régions, au niveau des directions régionales du Ministère chargé de l'EAH et des chefs d'agences ;
5. Former les agents du Ministère central chargé de l'EAH et de l'ANDEA, à intégrer les données issues des 22 Régions dans la BDEAH-SESAM et à les partager à tous les acteurs voulant accéder aux dites données ;
6. Former les agents des directions régionales du Ministère chargé de l'EAH, les chefs d'agences, les chefs des comités de bassins, à collecter, les résultats des mesures issues des stations hydrométéorologiques, des points d'eau de mesures des niveaux statiques et de conductivités, les données issues des acteurs impliquées dans la maîtrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, à les intégrer dans les bdeah-sesam décentralisées, et à les transmettre aux BDEAH-SESAM centrales se trouvant au ministère chargé de l'EAH et à l'ANDEA;
7. Entreprendre une grande campagne d'information concernant la BDEAH-SESAM auprès de tous les acteurs du développement socio-économique ayant des relations avec le cycle de l'eau et le changement climatique ;
8. Organiser des séances de formations à l'utilisation de la BDEAH-SESAM à tous les acteurs du développement socio-économique ayant des relations avec le cycle de l'eau et le changement climatique, notamment tous les agents des ministères chargés, de l'EAH, de l'agriculture, de l'environnement, de la météorologie, de l'aménagement du territoire, de la décentralisation, de la santé, de l'économie et du plan, au niveau national et dans les 22 Régions ;
9. Organiser des séances de formations à l'utilisation de la BDEAH-SESAM pour tous les membres des comités de bassins et à tous les chefs d'agences de bassins.
10. Redynamiser la BDEH-Sesam-gire pour renforcer la collecte, le stockage, la gestion des données sur les ressources en eaux.

11. Mettre en place et développer des systèmes d'alerte précoce efficaces au niveau de chaque agence de bassins.

#### 4.2.3 OPERATIONNALISATION AS3

**AXE STRATEGIQUE 3 : La mise en œuvre au niveau de chaque Région, d'une politique de financement, de planification stratégique basée sur le SDAGIRE (schéma directeur d'aménagement et de gestion intégrée des ressources en eaux), de programmation budgétaire basée sur le BPOR (Budget Programme par Objectifs Régionaux), et au niveau de chaque commune, d'un plan de développement communal contenant spécifiquement la maîtrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (PCDEAH), incluant la prise en compte des activités d'adaptation et de résiliences face aux impacts du changement climatique**

**I. Actions à entreprendre par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène :**

1. Faire un plaidoyer auprès du gouvernement pour augmenter le budget d'aide publique affecté au secteur de l'eau, assainissement et hygiène et pour financer les actions d'adaptation et de résilience face aux changements climatiques.
2. Mettre en place le PIP (programme d'investissements publics) adéquat tenant compte, du PGE (Programme Général de l'Etat), du PND (Plan National de Développement), du PNA (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique), surtout de ce « Programme SECTORIEL WASH/EAH d'adaptation au changement climatique » (PS WASH/EAH), des SDAGIRE des 22 Régions, des BPOR des 22 Régions, des PCDEAH de toutes les communes.
3. Mettre en œuvre efficacement le processus du FNRE (Fonds national sur les ressources en eaux).
4. Mettre en œuvre efficacement la politique officielle de fiscalité concernant le secteur EAH incluse dans la loi 2014-018, et la politique tarifaire du service public de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène.

**II. Actions à entreprendre par l'ANDEA, les agences de bassins, les comités de bassins**

1. Élaborer et proposer pour signature du Ministre le projet d'ARRETE INTERMINISTERIEL Fixant les taux de redevances de prélèvement d'eau et de déversement d'eau usées;
2. Mettre en œuvre les procédures pour collecter et gérer efficacement les redevances de prélèvement et de déversement d'eaux pour alimenter le FNRE (Fonds National sur les Ressources en eaux).

**III. Actions à entreprendre au niveau de chacune des 22 Régions**

1. Par chacun des Agences, mettre en place le SDAGIRE tenant compte, de l'adéquation ressources- utilisation-besoins en ressources en eaux dans chaque Bassin versant présenté par chaque comité de bassin responsable des sous-bassins versants, et des orientations stratégiques contenues dans le « Programme Sectoriel WASH/EAH d'adaptation au changement climatique » (PS WASH/EAH) ;
2. Par chacune des Directions régionales, mettre en place le BPOR pour la programmation de l'accès à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène, pour les besoins, des ménages, des centres de santé, des écoles, tenant compte des ressources

en eaux disponibles, des d'infrastructures de maitrise WASH/EAH résilientes aux aléas climatiques adéquates ;

3. Pour chacune des communes des 22 Régions, mettre en place le PCDWASH/EAH, tenant compte des besoins en EAH des populations, des centres de santé, des écoles, en exploitant les données sur les ressources en eaux disponibles en quantité et qualité, les données sur les infrastructures de maitrise WASH/EAH résilientes aux aléas climatiques.
4. Organiser dans chacune des 22 Régions des ateliers d'information, d'éducation, de mobilisation sur les responsabilités de maitrise d'ouvrage pour les infrastructures d'eau potable, d'assainissement et d'hygiène ;
5. Pour chacune des communes mettre en place le STEAH.

#### 4.2.4 OPERATIONNALISATION AS4

**AXE STRATEGIQUE 4 : La mise en œuvre des documents et manuels de procédures concernant la réalisation des infrastructures de maitrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, adaptées et résilientes.**

- I. **Actions à entreprendre par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène**
  1. Elaborer un guide d'établissement de SDAGIRE
  2. Elaborer un guide d'établissement de PCDWASH/EAH
  3. Mettre à jour et vulgariser un manuel de construction d'infrastructures de maitrise de l'eau, de l'assainissement, et de l'hygiène, résilientes aux aléas climatiques
  4. Organiser dans chacune des 22 Régions des ateliers d'information, d'éducation, de mobilisation sur :
    - L'établissement de SDAGIRE
    - L'établissement de de PCDWASH/EAH
    - Les techniques de construction d'infrastructures de maitrise de l'eau, de l'assainissement, et de l'hygiène, résilientes aux aléas climatiques auprès de toutes les parties prenantes ( STDs, CTDs, Secteur privé, ONGs....)
  5. Assurer des actions de supervision et de suivi du respect des normes de construction d'infrastructures de maitrise de l'eau, de l'assainissement, et de l'hygiène, résilientes aux aléas climatiques.

#### 4.2.5 OPERATIONNALISATION AS5

**AXE STRATEGIQUE 5 : La mise en œuvre d'actions programmatiques pour : assurer un accès à l'eau et un service d'assainissement et d'hygiène équitable et universel, assurer l'adaptation, la résilience de la population face aux impacts du changement climatique.**

1. Renforcer la filière foresterie par la dotation des jeunes plants aux communautés.
2. Mettre en œuvre des actions de reboisement, afin de réduire la vulnérabilité des communautés locales face aux impacts négatifs du changement climatique.
3. Mobiliser les communautés pour la réalisation des plantations.
4. Aménager les bassins versants et/ou restaurer les écosystèmes liés à l'eau pour atténuer les impacts du changement climatique.

5. Accroître les zones vertes (parcs et jardins) en milieu urbain.
6. Accroître les zones de reboisement et de reforestation en milieu rural.
7. Poursuivre et augmenter la construction d'infrastructures d'eau, d'assainissement et d'hygiène résilientes aux changements climatiques.
8. Promouvoir la réhabilitation des infrastructures d'eau, d'assainissement et d'hygiène en considérant des techniques de construction résilientes.
9. Promouvoir la technique basée sur l'usage multiple de l'eau pour assurer une couverture intégrée et rationnelle de tous les besoins en eau des communautés.
10. Privilégier l'exploitation des énergies renouvelables dans la construction ou la réhabilitation des infrastructures d'eau, d'assainissement et d'hygiène.
11. Poursuivre et renforcer les mesures de protection des bassins versants et ressources en eaux conformément au cadre légal et réglementaire.
12. Mettre en œuvre les systèmes de dessalement solaire.
13. Mettre en œuvre les systèmes de contrôle des fuites d'eau dans les canalisations.
14. Développer les systèmes de collecte et de traitement des eaux de pluies.
15. Développer les techniques de retenues d'eau en amont par les barrages inter-collinaires et les bassins tampons.
16. Développer la gestion des eaux usées et des eaux pluviales par des systèmes familiaux d'infiltrations en milieu urbain.
17. Développer les collectes des eaux de pluies munis du système de filtration et du REEPS (réservoir enterré et plein de sable) pour l'approvisionnement en eau potable familial,
18. Développer la gestion communale des eaux usées et eaux pluviales par les systèmes de bassins d'infiltration en milieu urbain.
19. Mettre en place des stations de pompage et de refoulement des eaux pluviales vers les canaux d'évacuation de crues et les bassins d'infiltration, en milieu urbain.
20. Renforcer les systèmes de canalisation de drainage des eaux usées et des eaux pluviales
21. Ériger/ Renforcer les digues de protection ;
22. Accompagner la construction ou la réhabilitation des bâtiments par des équipements ou dispositifs permettant de répondre aux exigences de la propreté et de la salubrité (dispositif sécurisé des sources et de stockage d'eau, système de sécurisation des médicaments stockés, notamment ceux qui sont sensibles aux facteurs climatiques, système de déversement et d'isolement des déchets, système de tri des déchets, etc.) .
23. Renforcer la capacité des institutions locales en matière de gestion des risques de catastrophes.
24. Augmenter les mesures de conservation de l'eau (par exemple, réutiliser l'eau grise au niveau de l'utilisateur, surveiller les robinets d'eau publics pour une utilisation efficace).
25. Impliquer la Communauté dans toutes les actions programmatiques engagées pour lutter contre les impacts du changement climatique.

#### 4.2.6 OPERATIONNALISATION AS6

#### ***AXE STRATEGIQUE 6 : Le Renforcement des actions d'Information, d'Education et de Mobilisation à tous les niveaux sur l'adaptation, la résilience de la population et sur l'atténuation des impacts face aux changements climatiques***

1. Renforcer les actions d'Information, d'Education et de mobilisation sur les thématiques du changement climatiques et de ses impacts à Madagascar auprès de toutes les institutions et les parties prenantes impliquées dans le secteur de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène.

2. Développer et vulgariser des outils pratiques pour sensibiliser tous les acteurs sur le changement climatique et ses impacts
3. Développer et vulgariser des outils pratiques sur les actions ou mesures résilientes permettant l'adaptation ou l'atténuation des impacts sur le changement climatique
4. Promouvoir la gouvernance locale et l'implication effective de la communauté dans la mise en œuvre des actions d'adaptation, d'atténuation des impacts du changement climatique
5. Assurer la supervision et le suivi de la mise en œuvre des actions d'information, d'éducation et de mobilisation sur le changement climatique

## 5. CONCLUSION GENERALE

Madagascar s'est engagé depuis plusieurs années dans la lutte contre le changement climatique. L'enjeu climatique est ainsi intégré de façon croissante dans les politiques nationales et sectorielles, les outils de planification et les projets de développement en cours sur le territoire.

Parlant de l'intégration de la dimension climatique dans le secteur WASH, ce document présente à travers 4 chapitres les définitions clés des différentes terminologies utilisées en termes de changement climatique et de ses impacts sur le secteur WASH, le changement climatique à Madagascar et les résultats des analyses issues des études existantes orientées sur le secteur WASH, les résultats de l'étude « intégration de la dimension climatique dans les stratégies, planification GIRE et réglementation du secteur WASH à Madagascar et enfin les actions d'opérationnalisation relatifs aux axes stratégiques et selon les objectifs fixés.

Les résultats de cette analyse ont permis de reprendre de façon objective les termes couramment utilisés pour définir et comprendre le changement climatique, les impacts du changement climatique, les risques de catastrophes, les aléas, les expositions, la vulnérabilité, la capacité, les catastrophes.

Le noyau du document a porté sur une analyse détaillée sur (1) les résultats des études existantes sur le changement climatique orientées sur le secteur WASH à Madagascar et (2) l'évaluation des risques et impacts du changement climatique à Madagascar en utilisant les méthodologies énoncées dans le document de référence intitulé « WASH Climate Resilient Development - Guidance Note - Risk Assessments for WASH » (UNICEF et GWP, 2014).

Tel que susmentionné, l'évaluation a été faite en utilisant strictement le document « WASH Climate Resilient Development – Guidance Note – Risk assessments for WASH » de l'UNICEF et du GWP (GWP, 2014) en reprenant les définitions, la procédure d'exécution, dans le choix des paramètres et les notations (scoring). Le processus d'évaluation consiste à évaluer les aléas, l'exposition, la vulnérabilité et la capacité, et ensuite de les rassembler pour une notation globale des risques. La formule de risque utilisée est :  $\text{Risque} = \text{aléa} \times \text{Exposition} \times \text{Vulnérabilité}$

D'une manière générale, il est confirmé que la comparaison des résultats des études antérieures initiées dans le domaine du changement climatique à Madagascar et ceux obtenus à travers l'application du guide WASH Climate Resilient Development - Guidance Note - Risk Assessments for WASH » aboutissent aux mêmes conclusions et soutiennent que les principaux aléas identifiés comme prioritaires à Madagascar sont :

- Sècheresse
- Inondations
- Erosion-Glissements de terrains
- Pollution
- Maladies épidémies

Le secteur de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (EAH) est déjà affecté par de nombreuses manières différentes par les événements météorologiques et climatiques tels que la variabilité, la saisonnalité, les événements extrêmes et les catastrophes liées au climat. Cela se traduit par des

phénomènes de sécheresse, d'inondation, Erosion-Glissements de terrains, de Pollution et d'apparition de maladies épidémiques.

La sécheresse est due à l'augmentation des températures qui va diminuer la quantité de réalimentation en eau des nappes souterraines et aura pour conséquence l'augmentation de l'assèchement des sols. Les sécheresses provoquent des pénuries d'eaux causant des difficultés d'accès à l'eau potable, la malnutrition et la famine du fait des pertes agricoles (mauvaise irrigation, assèchement des rizières), la baisse des productions énergétiques (baisse des débits pour les barrages hydroélectriques), la baisse des productions industrielles (difficultés de satisfaire les besoins en eaux).

L'inondation est causée par les fortes pluies qui favorisent de forts ruissellements pouvant causer des dommages, aux populations (destructions des vies et des biens), aux infrastructures (destruction des ouvrages WASH, maisons, routes et ponts, ouvrages hydroagricoles, zones de cultures), à l'environnement (érosion, glissement de terrain, écosystème terrestre et marin), et à l'économie (destruction des moyens de production économique).

L'érosion est bien une conséquence du changement climatique puisque elle est responsable des pertes de terres arables causant les pertes de récoltes, de la destruction d'infrastructures (glissement de terrain, et éboulement détruisant des maisons avec parfois des pertes de vie humaine), des pollutions de l'eau (existence de boue et de sables dans les eaux) et surtout des envasements et des ensablements réduisant la productivité agricole, la possibilité d'utiliser les eaux pour l'approvisionnement en eau potable ou pour la production d'énergie hydroélectrique).

Une situation précaire à l'accès, à l'assainissement-hygiène, à l'eau potable, à la nourriture ont des effets néfastes sur la situation sanitaire de la population qui sont confrontés notamment à des maladies d'origine hydriques et de malnutrition.

Et enfin la pollution qui est principalement l'impact de la pratique de la DAL qui peut provoquer la pollution des ressources en eaux par les excréments et les autres matières organiques.

Concernant les impacts sur les ressources en eaux : quand la température augmente à cause du réchauffement de la Terre, l'évaporation augmente, l'épaisseur de la nappe diminue, ce qui fait que les sources tarissent, les rivières s'assèchent.

D'autre part, il est constaté aussi que les perturbations pluviométriques aggravent le ruissellement, accentuent l'érosion, aggravent la sédimentation dans les rizières, et surtout, font baisser l'infiltration, entraînant la baisse du volume des eaux souterraines.

Ainsi en considérant ces aléas évalués comme prioritaires à Madagascar, 6 objectifs spécifiques ont été définis à savoir **(1) la réduction de l'évapotranspiration et le ruissellement, (2) la lutte contre la sécheresse, (3) la réduction des inondations, (4) le freinage de l'érosion et le renforcement de la recharge des eaux souterraines, (5) l'accès universel et équitable à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène, et la fin de la défécation à l'air libre ; (6) la réduction de la pollution et les risques d'impacts sanitaires et sociaux..** Leurs formulations se sont inspirées principalement de l'OOD 6 et du PLAN NATIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE (PNA) DE MADAGASCAR qui est la référence nationale en matière de stratégie intégrant le changement climatique du secteur WASH. De la même manière 6 axes stratégiques ont été proposées: **(1) la redynamisation de l'organisation institutionnelle respectant le cadre légal et réglementaire, de la gestion intégrée des ressources en eaux, de la décentralisation, de l'adaptation et de la résilience face aux impacts du changement climatique et leur mise en application ;(2) la mise en œuvre du système de suivi-évaluation mise en**

place par le ministère chargé de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, la BDEAH-SESAM, à renforcer par le suivi du changement climatique et ses impacts ; (3) la mise en œuvre au niveau de chaque Région, d'une politique de financement, de planification stratégique basée sur le SDAGIRE (schéma directeur d'aménagement et de gestion intégrée des ressources en eaux), de programmation budgétaire basée sur le BPOR (Budget Programme par Objectifs Régionaux), et au niveau de chaque commune, d'un plan de développement communal contenant spécifiquement la maîtrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (PCDEAH), incluant la prise en compte des activités d'adaptation et de résiliences face aux impacts du changement climatique ; (4) la mise en œuvre des documents et manuels de procédures concernant la réalisation des infrastructures de maîtrise de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène, adaptées et résilientes ; (5) la mise en œuvre d'actions programmatiques pour : assurer un accès à l'eau et un service d'assainissement et d'hygiène équitable et universel, assurer l'adaptation, la résilience de la population face aux impacts du changement climatique et (6) le renforcement des actions d'Information, d'Education et de Mobilisation à tous les niveaux sur l'adaptation, la résilience de la population et sur l'atténuation des impacts face aux changements climatiques . Un plan d'opérationnalisation spécifique par axes stratégiques pour promouvoir les mesures d'adaptation et de résilience à considérer dans le secteur WASH en matière de changement climatique est développé largement dans le chapitre 4 ci-dessus. En conclusion, il est donc prévu que ce document puisse être exploité comme un outil de référence dans le secteur WASH pour orienter les réflexions et décisions dans le domaine du changement climatique à Madagascar en complément des documents cadres déjà existants.

## 6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

British Geological Survey (BGS), 2002. 'Groundwater Quality : Madagascar'

DGM, 2008. « Le changement climatique à Madagascar »

DGM, 2019. « Les tendances climatiques observées et les futurs changements climatiques à Madagascar »

EIPM, 2016. 'Enquête sur les indicateurs du Paludisme à Madagascar (EIPM)', Institut National de la Statistique, Programme National de Lutte contre le Paludisme, Institut Pasteur de Madagascar

GoM. 2015. Intended nationally determined contribution.

GIZ et EURAC 2017, Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque. Lignes directrices sur l'utilisation de l'approche du Guide de référence sur la vulnérabilité en intégrant le nouveau concept de risque climatique de l'AR5<sup>29</sup> du GIEC.

IRC, 2019. Indice Mondial des risques climatiques 2020

Joint Monitoring Programme (JMP) for Water Supply, Sanitation and Hygiene. 2017. Estimates on the use of water, sanitation, and hygiene in Madagascar.

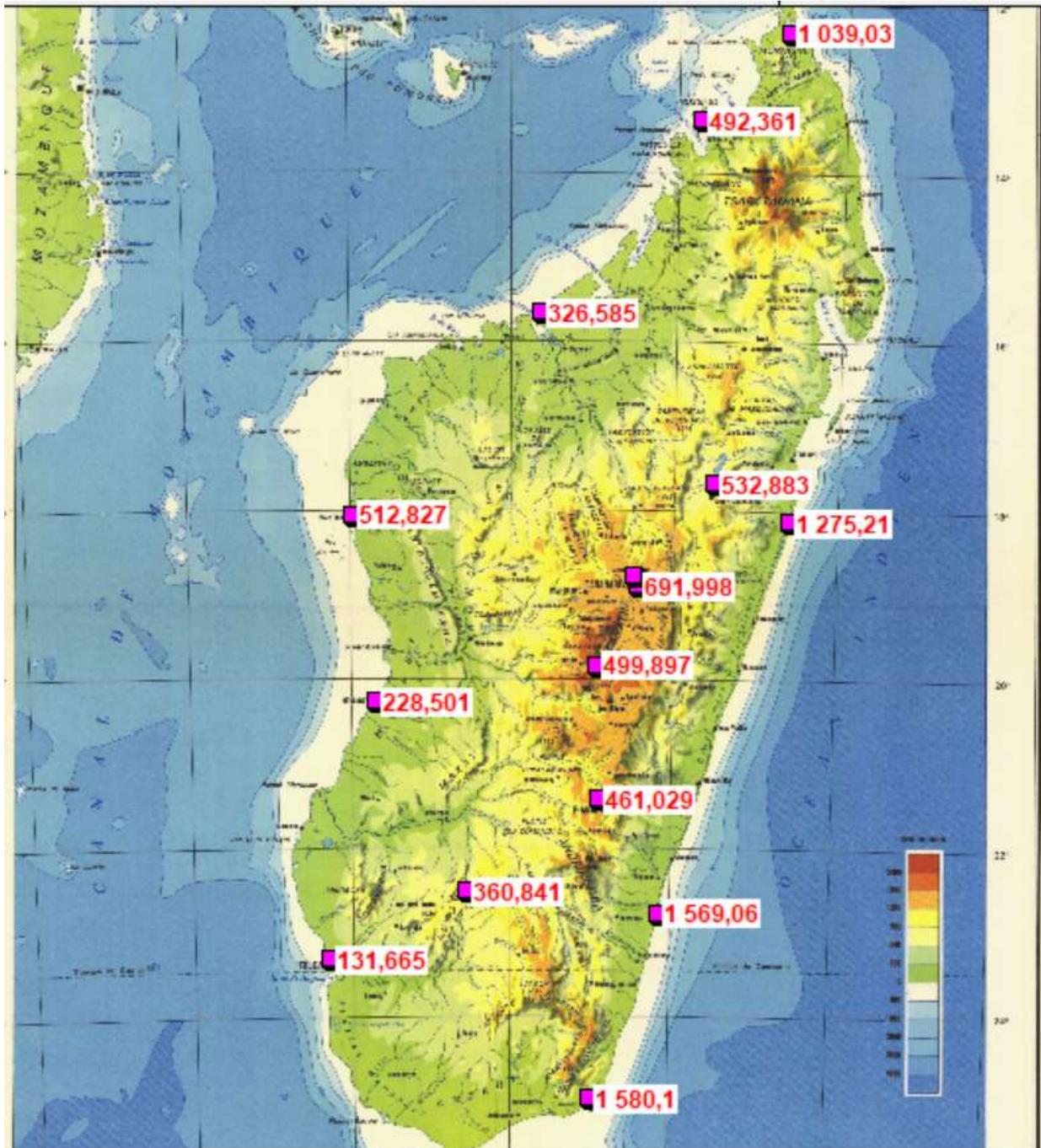
---

<sup>29</sup> AR5 : « cinquième rapport d'évaluation (AR5) du Groupe de travail II (GTII) du GIEC »,

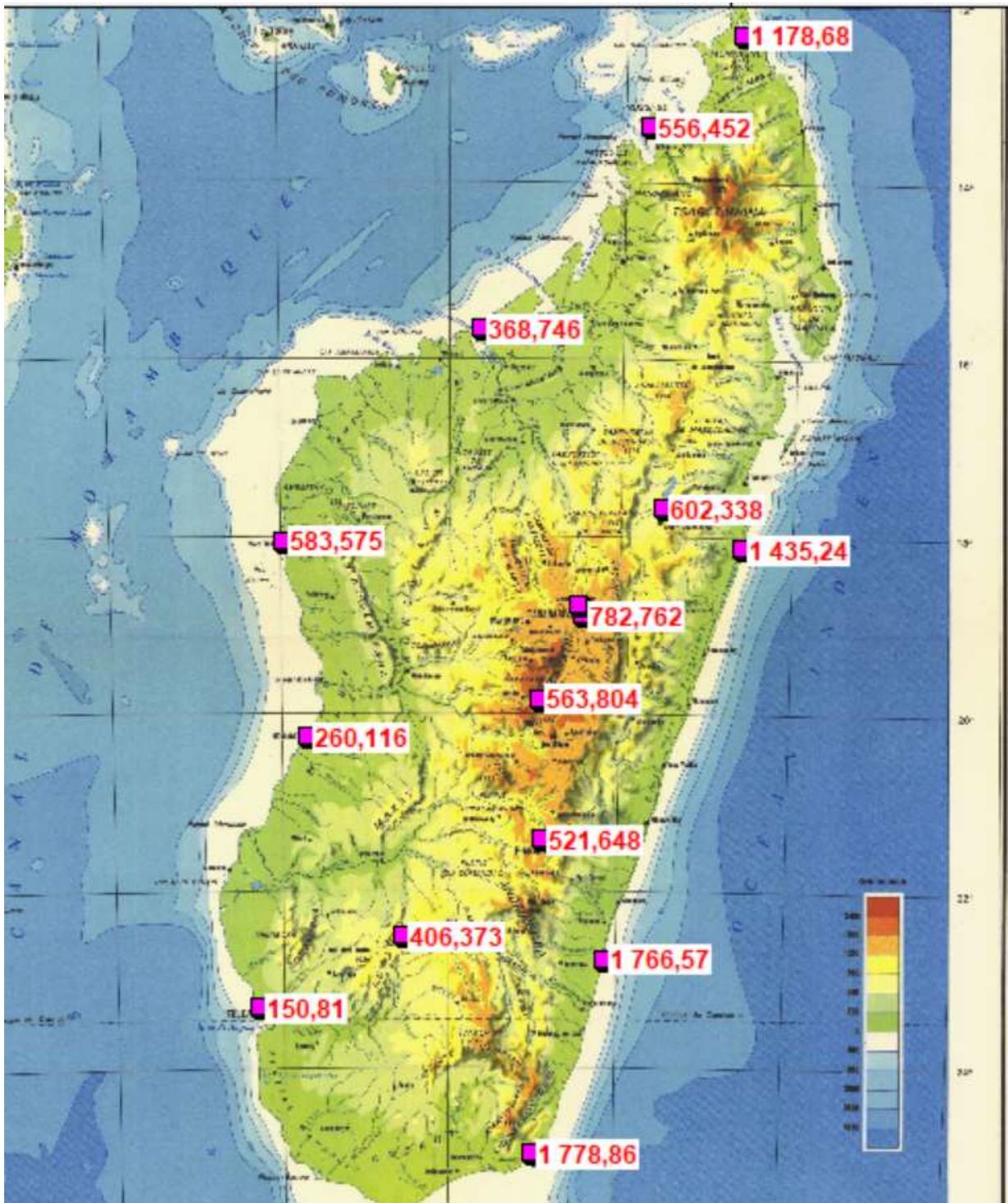
- Masih, I., Maskey, S., Mussá, F. and Trambauer, P. 2014. A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective. *Hydrol Earth Syst Sci*, 18 :3649.
- MICS, 2018. Eau de boisson, assainissement et hygiène. Multiple Indicator Cluster Surveys (MICS) 6 Madagascar
- MICS, 2018. Mortalité des enfants Madagascar. Multiple Indicator Cluster Surveys (MICS) 6
- PANA, 2006. 'Programme d'Action National d'Adaptation du Changement Climatique'. Ministère de l'Environnement, des eaux et forêts – Direction générale de l'environnement.
- Path. 2014. Rotavirus disease and vaccines in Madagascar.
- PNLCC, 2010 Politique Nationale de Lutte contre le Changement Climatique, Madagascar
- PSNA, 2015, Les lignes directrices du secteur eau, assainissement et hygiène. Période 2015 - 2019
- Rossi Georges. L'érosion à Madagascar : l'importance des facteurs humains. In: Cahiers d'outre-mer. N° 128 - 32e année, Octobre-décembre 1979. pp. 355-370 ; doi : <https://doi.org/10.3406/caoum.1979.2915> [https://www.persee.fr/doc/caoum\\_0373-5834\\_1979\\_num\\_32\\_128\\_2915](https://www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_1979_num_32_128_2915)
- Salomon, J.N., 2009. 'L'accrétion littorale sur la côte Ouest de Madagascar'. *Physio – Geo – Géographie Physique et Environnement*, Volume III. p35 – 58.
- UNICEF, 2019. 'WASH Facts sheets 'Groundwater Early Warning System for the South of Madagascar'
- UNICEF, GWP, 2017. 'Technical Brief – Climate risk analysis for WASH'
- UNICEF, GWP, 2017. 'Technical Brief – Integrating climate resilience into national WASH strategies and plans'
- USAID, 2018. 'Risques climatiques dans les zones urbaines et en voie d'urbanisation : Madagascar'
- World Bank, 2011. 'Vulnerability, Risk Reduction, and Adaptation to Climate Change' - Climate Risk Adaptation Profile.
- World Bank. 2017. Country Partnership Framework for the Republic of Madagascar.
- World Health Organization (WHO). 2015. Madagascar malaria country profile

# 7. ANNEXES

## CARTE 3. ETR 2030



CARTE 4. ETR 2050



CARTE 5. ETR 2080

