



ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LE SECTEUR DE L'AQUACULTURE EN EAU CONTINENTALE À MADAGASCAR

Rapport de l'étude de la vulnérabilité

Remis le 16.11.2022

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Projet PADM,
projet d'Aquaculture Durable à Madagascar, Initiative SEWOH « UN SEUL MONDE
sans faim » Composante mise en œuvre par la GIZ

Publié par
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Siège
Projet d'Aquaculture Durable à Madagascar (PADM)
BP 869
Lot IIK 68 Bis Lotissement Bonnet Soavimasoandro-Antananarivo 101
Madagascar
padm@giz.de

Mise à jour
Novembre, 2022

Sous tutelle du
Ministère de la Pêche et de l'Economie Bleue

Table des matières

Résumé exécutif	1
1. Méthodologie de l'étude	3
2. Le cadre et le contexte de l'Etude de Vulnérabilité (EV)	4
2.1. Le cadre politique et le contexte.....	4
2.2. Présentation de la zone d'intervention	5
2.2.1. Contexte géographique de la zone d'intervention	5
2.2.2. Climat et ressources en eau dans la zone d'intervention	7
2.2.3. Les grands ensembles aquacoles dans les différentes régions de la zone d'intervention.....	9
2.3. Les effets du changement climatique sur le secteur de l'aquaculture en eau continentale à Madagascar	16
2.3.1. Les effets du changement climatique sur le secteur agricole en général.....	16
2.3.2. Les effets du changement climatique sur le secteur piscicole.....	17
3. Le protocole et la méthodologie pour l'Etude de Vulnérabilité (EV)	18
3.1. Déroulement de l'Etude de Vulnérabilité.....	18
3.2. Qualité et sélection des données.....	19
3.3. Elaboration, conception et validation des chaînes d'impacts	21
4. Les résultats synthétiques	23
4.1. Les chaînes d'impacts validées dans les régions des Hautes Terres.....	23
4.2. Les chaînes d'impacts validées dans les régions de la Côte Est.....	24
5. Développement des indicateurs	28
5.1. Des données aux indicateurs	28
5.2. Le traitement des indicateurs.....	29
5.2.1. Normalisation des indicateurs.....	29
5.2.2. Pondération des indicateurs.....	30
5.2.3. Agrégation des indicateurs.....	30
5.3. Les résultats cartographiques finaux sur les risques naturels régionaux	31
6. Les principales constatations et les options pour l'adaptation du secteur de l'aquaculture en eau continentale au changement climatique	33
6.1. Les principales constatations.....	33
6.2. Les options d'adaptation dans les régions des Hautes Terres et de la Côte Est : Renforcement des capacités et perspectives régionales.....	33
6.2.1. Les options communes aux régions des Hautes Terres et de la Côte Est	33
6.2.2. Les options spécifiques d'adaptation pour les régions des Haute Terres	36
6.2.3. Les options spécifiques d'adaptation pour la région de la Côte Est	36
7. Conclusion	47
8. Bibliographie	49
9. Annexe 1 : Récapitulatif des trois ateliers inter-régionaux	50

Liste des Illustrations

Figure 1 - Représentation visuelle du cadre conceptuel dans le 5^{ème} rapport du GIEC AR5	3
Figure 2 - Répartition des pisciculteurs dans la région du Haute Matsiatra	10
Figure 3 - Répartition des pisciculteurs dans la région d'Amoron'i Mania	11
Figure 4 - Répartition des pisciculteurs dans la région du Vakinankaratra	12
Figure 5 - Répartition des pisciculteurs dans la région de l'Itasy	13
Figure 6 - Répartition des pisciculteurs dans la région Analamanga	14

<i>Figure 7 - Répartition des pisciculteurs dans la région Atsinanana</i>	15
<i>Figure 8 – Variations des moyennes annuelles de la température entre 1961 et 2018 à Madagascar</i>	16
<i>Figure 9 - Exemple d'une chaîne d'impact de type « stress hydrique dans l'agriculture »</i>	21
<i>Figure 10 - Nombre de participants aux 3 ateliers interrégionaux d'Antsirabe, d'Antananarivo et de Toamasina</i>	22
<i>Figure 11 - Chaînes d'impacts « inondations et érosion » de la filière pisciculture en eau continentale sur les Hautes Terres de Madagascar</i>	26
<i>Figure 12 - Chaînes d'impacts « sécheresse » de la filière pisciculture en eau continentale sur les Hautes Terres de Madagascar.....</i>	27
<i>Figure 13 - Chaînes d'impacts « inondations et vents forts » de la filière pisciculture en eau continentale sur la Côte Est de Madagascar.....</i>	26
<i>Figure 14 - Chaînes d'impacts « sécheresse » de la filière pisciculture en eau continentale sur la Côte Est de Madagascar</i>	27
<i>Figure 15 - Résultats d'agrégation des indicateurs sur la vulnérabilité à la sécheresse, aux inondations, à l'érosion et aux vents forts de la filière pisciculture en eau continentale sur les Hautes Terres et la Côte Est de Madagascar.</i>	31

Liste des Tableaux

<i>Tableau 1 - Variation (en %) du volume des précipitations à moyen (2021-2040) et à long (2041-2060) termes par rapport à la période 1995-2014 dans les régions des Hautes Terres et de la Côte Est</i>	31
<i>Tableau 2 – Variation du nombre de jours secs consécutifs à moyen (2021-2040) et à long (2041-2060) termes par rapport à la période 1995-2014 dans les régions des Hautes Terres et de la Côte Est.</i>	32
<i>Tableau 3 - Options spécifiques d'adaptation aux inondations et à l'érosion sur les Hautes Terres – Résultats des ateliers interrégionaux.....</i>	38
<i>Tableau 4 - Options spécifiques d'adaptation à la sécheresse sur les Hautes Terres – Résultats des ateliers interrégionaux.....</i>	40
<i>Tableau 5 - Options spécifiques d'adaptation aux inondations sur la côte Est – Résultats des ateliers interrégionaux.....</i>	44
<i>Tableau 6 - Options spécifiques d'adaptation à la sécheresse sur la côte Est – Résultats des ateliers interrégionaux.....</i>	45
<i>Tableau 7 - Récapitulatifs (lieu, date et nombre de participants) des trois ateliers régionaux organisés au mois de septembre 2022</i>	50
<i>Tableau 8 - Programme définitif de déroulement des ateliers interrégionaux.....</i>	51
<i>Tableau 9 - Récapitulatif sur les vulnérabilités à la sècheresse (Groupe 1).....</i>	53
<i>Tableau 10 - Récapitulatif sur les moyens d'adaptation à la sècheresse (Groupe 1)</i>	53

<i>Tableau 11 - Récapitulatifs sur les vulnérabilités aux inondations (Groupe 2).....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 12 - Récapitulatifs sur les moyens d'adaptation aux inondations (Groupe 2)</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 13 - Récapitulatif sur les vulnérabilités aux cyclones (Groupe 3)</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 14 - Récapitulatif sur les moyens d'adaptation aux cyclones (Groupe 3).....</i>	<i>55</i>

Abréviations

APDRA	APDRA Pisciculture Paysanne (ONG)
AR5	Assessment Report 5
AR6	Assessment Report 6
AUE	Association des Usagers de l'Eau
BAD	Banque Africaine pour le Développement
BM	Banque Mondiale
BMZ	Ministère fédéral allemand de la Coopération Economique et du Développement
BNGRC	Bureau National de Gestion des Risques et Catastrophes
°C	Degré Celsius
CC	Changement Climatique
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
COFAD	Consultants for Fishery, Aquaculture, and Regional Development
CORDEX Africa	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment in Africa
CTD	Collectivité Territoriale Décentralisée
DA	Direction de l'Aquaculture
DGEB	Direction Générale de l'Economie Bleue
DGM	Direction Générale de la Météorologie
DRPEB	Direction Régionale de la Pêche et de l'Economie Bleue
EV	Etude de Vulnérabilité
FAO	Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture
FCE	Chemin de Fer de Fianarantsoa-Côte Est
FDA	Fonds de Développement de l'Agriculture
FOFIFA	FOibe Fikarohana FAmbolena / Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural
FORMAPROD	Projet Fifda pour la formation et la productivité
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
GSDM	Groupement Semencier De Madagascar
GVEC	Groupe Villageois d'Epargne et de Crédit
Ha	Hectare
IMF	Institution de Micro Finance
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change is an intergovernmental
JICA	Japan International Corporation Agency
MEAH	Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MINAE	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
MPEB	Ministère de la Pêche et de l'Economie Bleue
ONE	Office Nationale de l'Environnement
ONG	Organisation Non Gouvernemental
OSDRM	Organisation de Soutien pour le Développement Rural à Madagascar
OTIV	Tahiry Ombona Ifampisamborana Vola
PADM	Projet d'Aquaculture Durable à Madagascar
PAPRIZ	Projet d'Appui au développement du Riz
PLAE	Programme de Lutte Anti Erosive
PMRC	Programme Mondial de Recherche sur le Climat

PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PTF	Partenaire Technique et Financier
RN	Route Nationale
RNM	Radio National Malagasy
SIG	Système d'Information Géographique
SG	Secrétaire Général
STD	Service Technique Décentralisé
TDE	Tilapia De l'Est (ONG)
TdR	Termes de Référence
VOI	Vondron'Olona Ifotony
UPDR	Unité de Politique pour le Développement Rural
USAID	United States Aid

Résumé exécutif

Le projet d'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique au niveau régional en Madagascar, mené en collaboration avec le Ministère des Pêches et de l'Économie Bleue (MPEB) et avec le soutien de l'Agence allemande de coopération internationale (GIZ), constitue une contribution nécessaire au Plan national d'adaptation climat du pays.

Ce plan doit servir de pierre angulaire à l'adaptation du secteur de l'aquaculture en eau continentale face au changement climatique (CC) afin de prévenir et de réduire les impacts négatifs qui peuvent en résulter. Cette analyse des risques liés au CC a été évaluée sur la base des impacts actuels et futurs liés au CC, en utilisant les projections et les scénarios climatiques actuellement disponibles pour le pays. L'objectif principal de l'analyse était de proposer un état des lieux, une revue de la bibliographie ainsi qu'une méthodologie basée notamment sur des entretiens bilatéraux et l'organisation d'ateliers participatifs afin d'informer les décideurs et les parties prenantes de la situation du CC.

L'analyse a révélé une grande vulnérabilité de l'aquaculture en eau continentale à Madagascar. Les changements déjà intervenus dans le régime climatique, combinés à une gestion inadaptée des terres et des ressources en eau, à la dégradation et au manque de moyens techniques, entraînent déjà des pertes importantes de revenus dans le secteur de l'aquaculture. Les inondations, l'érosion et la sécheresse persistante sont les principales causes des dommages.

Des chaînes d'impact ont été établies de manière participative lors des ateliers, afin de créer une base pour une pondération des indicateurs. Des cartes, avec des projections climatiques jusqu'en 2060, ont également servi de support à l'analyse. L'analyse a révélé des lacunes évidentes dans la capacité d'adaptation du secteur de l'aquaculture, avec pour résultat une vulnérabilité extrêmement élevée. Il est donc impératif d'agir.

Comme nous l'avons déjà mentionné, le CC est réellement perceptible à Madagascar. Les températures maximales, par exemple, augmenteront d'ici 2060 même si l'augmentation moyenne (1,6 °C) sera moindre que dans d'autres régions du monde. La disponibilité de l'eau par les précipitations diminuera jusqu'à 7 % dans les Hautes Terres, mais il y aura une augmentation de 5 % sur la Côte Est. Ces chiffres semblent gérables avec des mesures d'adaptation ciblées. Certaines de ces mesures ont été identifiées comme prioritaires par les participants aux ateliers régionaux. Concernant les impacts du changement climatique, le risque est évalué à un niveau « haut ». Concernant le manque de capacité d'adaptation, le risque est évalué à un niveau « haut/élevé » pour les inondations et « élevé » pour la sécheresse. Les adaptations suivantes peuvent être retenues comme commune à toutes les régions de la zone d'intervention sur les Hautes Terres et sur la Côte Est :

• **Pour les inondations**

- Réduire les effets des inondations et notamment des flux d'eau lors des fortes précipitations par :
 - ✓ La protection des bassins versants avec un effort de reboisement ;
 - ✓ L'éradication progressive des feux de brousse qui favorisent le phénomène de *lavakisation* ;
 - ✓ L'aménagement de culture en terrasse sur les pentes des collines ;
 - ✓ La construction des nouveaux sites piscicoles dans des zones moins exposées au risque d'inondations comme c'est le cas actuellement dans les bas-fonds de vallée ;
 - ✓ La promotion de techniques agroécologiques plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques.
- Effectuer des aménagements pour protéger les infrastructures d'élevage (étangs, rizières etc.) par :
 - ✓ Le rehaussement des digues (étangs) et des diguettes (rizipisciculture) ;
 - ✓ La construction de canaux de dérivation en amont et en aval des sites piscicoles pour évacuer les flux d'eaux en excès. La réduction des inondations réduira également les risques d'ensablement des infrastructures ;
 - ✓ L'entretien et le curage des canaux en amont et en aval des sites piscicoles.

- **Pour la sécheresse**

- Prévoir une meilleure gestion de l'eau par :
 - ✓ La construction de réservoirs d'eau, en amont des sites piscicoles, utilisables en cas de sécheresse ;
 - ✓ Une gestion appropriée de l'eau (réduire l'apport d'eau lors du conditionnement des géniteurs, sur les infrastructures d'élevage avec des faibles densités de poisson etc.) ;
 - ✓ Une augmentation, si possible, de la capacité de stockage d'eau dans les étangs (étang plus profond et plus grand par exemple) ;
 - ✓ La réalisation d'une étude sur la disponibilité et la pérennité de la ressource en eau avant toute nouvelle installation d'un site piscicole ;
 - ✓ La promotion de techniques agroécologiques plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques.
 - ✓ La création d'Associations des Usagers de l'Eau impliquant tous les acteurs du secteur agricole pour éviter les conflits liés à l'usage de l'eau.
- Adapter les techniques d'élevage par :
 - ✓ La diminution de la quantité d'aliment distribuée aux alevins, aux géniteurs et aux poissons pour éviter toute diminution du taux d'O₂ dissous dans l'eau ce qui peut causer des mortalités ;
 - ✓ L'ajustement de la densité de mise en charge des poissons dans les infrastructures d'élevage ;
 - ✓ L'adaptation des dimensions des canaux refuges dans les rizières ;
 - ✓ L'installation des cages dans les zones les plus profondes des lacs et des plans d'eau.

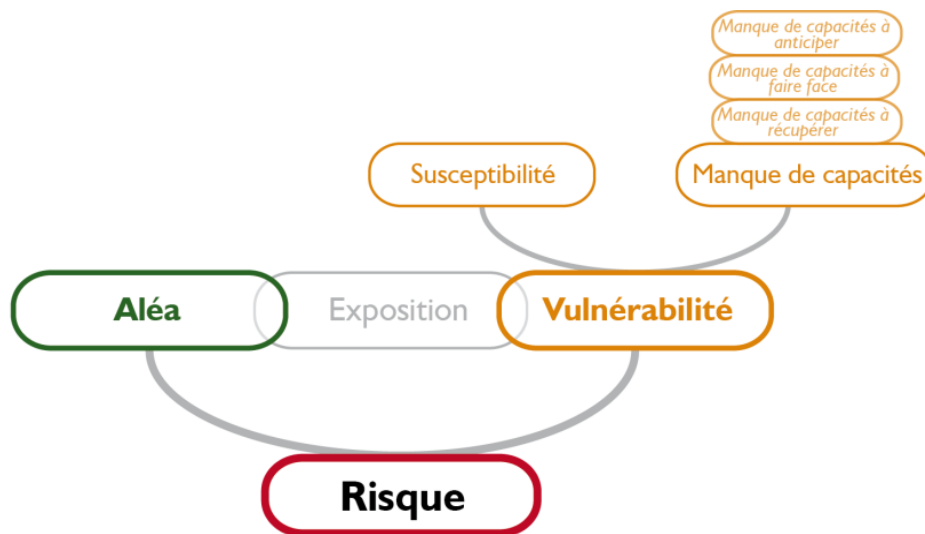
1. Méthodologie de l'étude

L'étude de la vulnérabilité à l'échelle régionale s'est basée sur la méthodologie du Sourcebook publiée par la GIZ. Ce manuel de référence pour les analyses de vulnérabilité propose une méthodologie reposant sur 8 modules qui constituent des lignes directrices pour la réalisation de ce type d'analyse. Suite au 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC (2014) nous parlons maintenant plus seulement d'une analyse de vulnérabilité, mais plutôt d'une analyse de risque et de vulnérabilité.

Le projet d'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique (CC) à l'échelle régionale à Madagascar, effectué en la collaboration du Ministère des Pêches et de l'Économie Bleue (MPEB) et avec le soutien de l'Agence allemande de coopération internationale (GIZ), constitue un élément du Plan national d'adaptation climat du pays.

Ce plan doit servir de pierre angulaire à l'adaptation du secteur de l'aquaculture en eau continentale face au CC afin de prévenir et de réduire les impacts négatifs qui peuvent en résulter. Cette analyse des risques liés au CC a été évaluée sur la base des impacts actuels et futurs, en utilisant les projections et les scénarios climatiques actuellement disponibles pour le pays. L'objectif principal de l'analyse était de proposer un état des lieux, une revue de la bibliographie ainsi qu'une méthodologie basée notamment sur des entretiens bilatéraux en début d'analyse et ensuite sur l'organisation de plusieurs ateliers participatifs afin d'informer les décideurs et les parties prenantes de la situation du CC.

La vulnérabilité se caractérise à travers différentes dimensions (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1050 ; IPCC 2014a) comme indiqué sur la figure 1.



Cadre conceptuel étendu GIEC AR5

Figure 1 - Représentation visuelle du cadre conceptuel dans le 5^{ème} rapport du GIEC AR5

La terminologie employée dans le présent rapport est basée sur celle du 5^{ème} rapport du GIEC (AR5) qui n'a pas été modifiée dans le 6^{ème} rapport (AR6) :

- Le risque résulte de l'interaction entre la vulnérabilité, l'exposition et l'aléa (ou le danger). Il est défini comme les potentielles conséquences, dans lequel quelque chose de valeur est en jeu, et dont l'issue est incertaine (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048 ; IPCC 2014a) ;
- L'exposition est construite sur les aléas/dangers et la vulnérabilité (par exemple le nombre de personnes pauvres étant affecté dans les zones exposées à une future sécheresse). Par conséquent, elle fait partie du

risque, mais n'a pas été considérée comme un composant individuel au même titre que l'aléa/ danger et la vulnérabilité ;

- L'aléa ou le danger est défini comme l'apparition potentielle d'un phénomène (naturel ou induit par l'homme), une tendance ou un impact physique, pouvant entraîner la perte de la vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux moyens de subsistance, à la prestation de services, aux écosystèmes et aux ressources environnementales (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048 ; IPCC 2014a) ;
- Un aléa ou un danger est généralement défini par sa fréquence et son amplitude ;
- La vulnérabilité est définie comme la prédisposition à être affectée de manière négative. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la possibilité d'être atteint et le manque de capacités, à anticiper, à faire face et à récupérer. (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048, IPCC 2014a).

Une analyse conceptuelle et systémique a permis d'identifier les facteurs de risque et de vulnérabilité. Ce modèle de risque systémique a permis une première visualisation des relations de cause à effet directes et indirectes entre les facteurs impliqués. Les chaînes d'impacts développées selon une approche participative résument les facteurs de risque et de vulnérabilité identifiés par les parties prenantes. Ces facteurs ont ensuite été reliés aux mesures d'adaptation. Il a été décidé d'élaborer une cartographie des risques naturelles pour certaines activités clés de ce secteur primaire, afin de proposer, d'adapter et de soutenir à long terme les processus d'adaptation nécessaires pour réduire les effets négatifs du CC sur les moyens et les conditions de vie des populations.

Le rapport est divisé en 5 parties. Le cadre, le protocole et la méthodologie contiennent les principaux éléments sur l'intérêt, la préparation et la réalisation d'une telle analyse dans 6 régions de Madagascar. Les résultats sont ensuite présentés dans une partie qui met en avant les conclusions de l'analyse systémique des enjeux climatiques pour chaque entité étudiée. La partie suivante comprend l'évaluation spatiale des risques pour les piscicultures concernant les ressources vitales comme l'eau, les prévisions des paramètres climatiques dans le futur. La dernière partie est consacrée aux principales constatations et aux options d'adaptation du secteur de l'aquaculture en eau continentale aux impacts du CC. Les jeux d'indicateurs complets et l'ensemble des cartes produites dans le cadre du projet sont disponibles en annexe du présent rapport.

2. Le cadre et le contexte de l'Etude de Vulnérabilité (EV)

2.1. Le cadre politique et le contexte

La Lettre de Politique Bleue de 2015 du ministère en charge de la pêche et de l'aquaculture a identifié cinq principes politiques de base sur les ressources, la gouvernance et le mode d'intervention. Il s'agit plus particulièrement :

- De la primauté de la préservation des ressources, au regard de son exploitation ;
- De l'accès réglementé et responsable aux ressources naturelles ;
- De la mise en œuvre des principes d'une bonne gouvernance du secteur ;
- De la reconnaissance de la gouvernance communautaire pour la gestion des ressources ;
- De la priorisation des actions, à travers les pôles et les filières prioritaires.

Pour le développement de l'aquaculture continentale à Madagascar, ces principes font partie des priorités pour encadrer les droits d'accès à la création de nouvelles infrastructures de pisciculture et de rizipisciculture, en tenant compte des mesures de gestion territoriale au niveau des communautés. En effet, plusieurs sites favorables sont encore disponibles pour le développement de cette activité dans les régions des Hautes Terres centrales (Haute Matsiatra, Amoron'i Mania, Vakinankaratra, Analamanga et Itasy) et dans certaines régions de la Côte Est (Atsinanana et une partie d'Analanjirifo). Les piscicultures familiales en étang, en rizière ou en cage ont un rôle à jouer dans la lutte contre la pauvreté et pour la sécurité alimentaire. Les piscicultures commerciales, essentiellement basées sur des systèmes d'élevage plus intensifs, ont un rôle à jouer au niveau économique (production alimentaire, création d'emplois rémunérés etc.).

Les régions des Hautes Terres centrales et la région Atsinanana sur la Côte Est, zones couvertes par le projet PADM, constituent des zones d'intervention prioritaire pour le développement de la pisciculture.

Depuis la fin des années 1970, la FAO a contribué à développer l'aquaculture continentale sur les Hautes Terres centrales (régions Haute Matsiatra, Amoron'i Mania et Vakinankaratra) ce qui a conduit à la rédaction du premier manuel sur l'élevage de la carpe commune (1988, projet FAO/MAG/88/005/94). Par la suite plusieurs projets se sont intéressés au développement de cette filière, citons notamment :

- le Projet JICA (2003 – 2005) avec une mise à disposition d'une assistance technique aux pisciculteurs sur l'axe Manjakandriana – Ambatondrazaka. L'objectif était de redynamiser le développement de la pisciculture en augmentant la production d'alevins de tilapia et de carpe destinés à être disséminés dans les étangs de grossissement et en rizipisciculture ;
- le Projet PATIMA (2011 – 2014) dans la région Boeny pour le développement de la pisciculture de tilapia monosexé ;
- le Projet APDRA avec une première intervention de juillet 2010 à décembre 2012 suivi par des extensions jusqu'à ce jour. Depuis 2010, la zone d'intervention a été progressivement élargie sur les Hautes Terres et plus récemment sur Côte Est avec le projet sur les étangs barrages où la polyculture adaptée au contexte agroenvironnemental des plantations familiales est mise en place et développée. Sur les Hautes Terres, les performances technico-économiques de la production de la carpe en rizière augmentent durablement ;
- le projet GIZ/PADM en cours depuis 2017 soutient le développement d'une aquaculture durable et économiquement rentable dans des régions ciblées afin d'augmenter la disponibilité en poisson pour les plus vulnérables et d'accroître les revenus des opérateurs concernés. Le projet PADM soutient l'APDRA (voir ci-dessus). Les objectifs du PADM sont les suivants : i) augmenter la production de poisson de consommation par les entreprises aquacoles en étang et en rizipisciculture, ii) augmenter le nombre d'emplois dans la chaîne de valeur du secteur de l'aquaculture en étang et en rizipisciculture et iii) augmenter la production d'alevins de qualité des écloseries locales.

2.2. Présentation de la zone d'intervention

2.2.1. Contexte géographique de la zone d'intervention

Six (6) régions de Madagascar sont concernées par cette étude, dont cinq (5) sur les Hautes Terres centrales (Haute Matsiatra, Amoron'i Mania, Vakinankaratra, Analamanga et Itasy) et une (1) sur la Côte Est (Atsinanana). Les figures 2 à 7 ci-dessous montrent la localisation géographique de ces 6 régions sur la carte de Madagascar. Chaque région a ses spécificités géographiques, climatiques, sociales et agricoles.

Haute Matsiatra :

La région Haute Matsiatra est située dans la province de Fianarantsoa et dans sud des Hautes Terres centrales (voir la figure 2). La capitale de la région est Fianarantsoa. La région s'étend sur une superficie de 20 880 km², représentant 20,46% de la superficie totale de la province de Fianarantsoa. La région Haute Matsiatra est délimitée par la région Amoron'i Mania au nord, la région Ihorombe au sud, la région Vatovavy Fitovinany à l'est et les régions Atsimo Andrefana et Menabe à l'ouest. La région Haute Matsiatra compte 7 districts (Isandra, Ikalavony, Ambohimahaso, Lalangina, Fianarantsoa I, Vohibato, Ambalavao), 82 communes et 787 fokontany.

Amoron'i Mania :

La région Amoron'i Mania se trouve également dans la partie sud des Hautes Terres centrales (voir la figure 3). La région est limitée au nord par la région du Vakinankaratra, à l'Est par la région de Vatovavy Fitovinany, au sud par la région de Haute Matsiatra et à l'Ouest par la région du Menabe. Cette région est constituée de 4 districts (Ambatofinandrahana, Ambositra, Fandriana et Manandriana).

La région Amoron'i Mania fait partie de la zone méridionale des Hautes Terres centrales dont l'altitude varie de 1 200 à 1 500 m dans la partie orientale (Ambositra, Fandriana, Manandriana), de 700 à 1 000 m sur les plaines et jusqu'à 2 000 m sur les massifs de la zone occidentale.

Le chef-lieu de la région se trouve à Ambositra à 255 km d'Antananarivo, la capitale de Madagascar. La région couvre une superficie de 16 540 km², soit environ 17 % de la superficie de la province autonome de Fianarantsoa. La région Amoron'i Mania forme, avec la région de Haute Matsiatra, le berceau originel du pays Betsileo

Vakinankaratra :

La région de Vakinankaratra constitue la partie méridionale de la province d'Antananarivo entre le massif volcanique de l'Ankaratra et la rivière Mania à la limite de la province de Fianarantsoa (voir la figure 4). Située en plein centre de l'île, elle est délimitée à l'est par les régions d'Alaotra-Mangoro et d'Atsinanana, à l'ouest par la région du Menabe, au nord par les régions d'Analamanga, d'Itasy et de Bongolava et au sud par la région d'Amoron'i Mania. Cette région est subdivisée en 7 districts (Ambatolampy, Antanifotsy, Antsirabe I, Antsirabe II, Betafo Faratsiho et Mandoto). Le chef-lieu de la région est Antsirabe, ville située à 1 500 m d'altitude dans une cuvette entourée de volcans et à 167 km au sud d'Antananarivo. La région couvre une superficie totale de 19 098 km².

La région se caractérise par des hauts plateaux, des collines plus ou moins escarpées et des massifs volcaniques. Elle dispose de nombreuses sources d'eau thermale (chaudes) ou minérale encore exploitées aujourd'hui. Les vertus de ses eaux découvertes par deux missionnaires norvégiens au XIXe siècle, y ont attirés des personnages illustres. Les souverains malgaches eux-mêmes venaient y soigner leurs rhumatismes.

C'est dans cette région de Madagascar que la pisciculture en étang et la rizipisciculture s'est initialement développée en s'appuyant sur des techniques d'élevage appropriées. En 1976 le ministère en charge de l'aquaculture à Madagascar a requis l'appui du PNUD pour mettre en place un premier projet de développement de cette filière (Projet PNUD/FAO/Gouvernement-MAC/76/002) qui avait comme objectif principal l'amélioration de la production d'alevins. Puis deux autres projets analogues se sont succédés (MAG/82/014 "Vulgarisation de la pisciculture et développement de la pêche continentale" et MAG/88/005 "Promotion de l'aquaculture et privatisation de la production d'alevins"). Les actions ne se limitaient pas seulement à l'amélioration de la production d'alevins, mais intégraient également l'encadrement des paysans, l'incitation au développement de la production et l'installation des premiers paysans producteurs d'alevins. Une dizaine de petits centres est opérationnelle depuis le début de la campagne 1989-90 dans la région du Vakinankaratra. Cet effort de développement a été poursuivi par l'APDRA depuis 2010 jusqu'à ce jour.

Itasy :

La région de l'Itasy est située au centre de la province d'Antananarivo (voir la figure 5). Son Chef-lieu, Miarinarivo, est localisé à 88 km d'Antananarivo. La région est délimitée au nord-est par la région Analamanga, au nord-ouest et à l'ouest par la région de Bongolava, et au sud/sud-est par la région du Vakinankaratra.

Les nombreux lacs de la région de l'Itasy sont des atouts majeurs en matière d'aquaculture, quelques pisciculteurs en cage sont d'ailleurs installés depuis plusieurs années sur le lac Itasy. Les lacs font également la renommée de la région en matière de tourisme et d'éco-tourisme. Cependant, la dégradation de l'environnement, qui se caractérise surtout par une forte érosion, constitue une réelle menace pour les lacs de l'Itasy, qui sont de plus en plus ensablés.

La région de l'Itasy est une source importante d'approvisionnement d'Antananarivo en poisson d'eau douce, soit à travers la pêche dans le milieu naturel soit à travers l'élevage en cage.

Un projet d'assistance technique (projet intégré MAG/86/005) est dédié à la région d'Itasy. Ce projet est une extension du projet MAG/88/005 qui couvre la région Vakinankaratra (voir ci-dessus).

Analamanga :

La région Analamanga est située au centre du pays et s'étend sur une superficie de 17 448 km² (voir la figure 6) Elle est délimitée au nord par la région Betsiboka, à l'ouest par les régions de l'Itasy et de Bongolava, à l'est par la région d'Alaotra Mangoro et au sud par la région du Vakinankaratra. Les routes nationales qui la traversent situent son chef-lieu, Antananarivo, à 365 km de celui d'Atsinanana (Toamasina), à 588 km de celui de Boeny

(Mahajanga), à 160 km de celui du Vakinankaratra (Antsirabe) et à 205 km de celui de Bongolava (Tsiroanomandidy).

La région est subdivisée en 13 districts, dont 6 districts dans l'agglomération urbaine d'Antananarivo, et 134 communes.

Antananarivo Renivohitra est la capitale de la région Analamanga et du pays. Elle héberge les dispositifs centraux de l'administration étatique du pays, les représentants diplomatiques étrangers, ainsi que le siège de la plupart des organismes d'appui et des bailleurs de fonds. La commune urbaine d'Antananarivo connaît un statut spécial, du fait de sa division en six arrondissements. Ambohidratrimo, par le biais de la commune d'Ivato Aéroport (située à 15 km du centre-ville d'Antananarivo), constitue la principale porte d'entrée par voie aérienne de Madagascar. Cette commune vient récemment de fusionner avec sa voisine (Ivato Firaiana) pour se doter d'un statut de commune urbaine.

Atsinanana :

Dotée d'une vocation économique et touristique importante, la région d'Atsinanana se trouve dans la province de Toamasina sur la Côte Est de Madagascar (voir la figure 7). Elle se trouve à 365 km d'Antananarivo. Cette région s'étend sur 285 km de long et 75 km de large, occupant une superficie de 22 382 km² soit 3,78 % de la superficie de Madagascar.

Elle est délimitée au nord par la région d'Analanjirifo, à l'ouest par les régions d'Alaotra mangoro, du Vakinankaratra et d'Amoron'i Mania, au sud par la région de Vatovavy Fitovinany et à l'est par l'océan indien. Elle est composée de 7 districts (Toamasina I, Toamasina II, Brickaville, Vatomandry, Antanambao Manampotsy, Mahanoro, Marolambo).

La région d'Atsinanana, de par ses ressources importantes eau, est propice au développement de la pisciculture i) en cage dans les nombreux plans d'eau du Canal des Pangalanes, ii) en étang. En plus des activités de l'APDRA dans le développement de la pisciculture en étang barrage, l'ONG « Tilapia de l'Est » développe depuis quelques années l'élevage semi-intensif du tilapia monosexé en étang dans le cadre d'une structure de type coopérative.

2.2.2. Climat et ressources en eau dans la zone d'intervention

Haute Matsiatra :

La région du Haute Matsiatra est dotée d'un climat de type tropical d'altitude avec deux saisons bien distinctes :

- De novembre en avril : période chaude et pluvieuse qui concentre 90 % des précipitations (1 000 à 1 200 mm/an) et une température maximale pouvant atteindre 30 °C ;
- De mai en octobre : période fraîche et humide au cours de laquelle la température peut descendre à 6°C.

La région est traversée par trois grandes rivières qui forment toutes des affluents du fleuve Mangoky, notamment

- La rivière Zomandao au sud de la région ;
- La rivière Manantanana dans la partie centrale, et
- La rivière Matsiatra qui prend source dans la partie centrale et passe dans la ville de Fianarantsoa, formant la limite nord-ouest de la région.

Le fleuve Namorona prend sa source dans la région du Haute Matsiatra. Ce fleuve alimente une centrale hydro-électrique et une dégradation du bassin versant l'alimentant aura des impacts sur l'approvisionnement en électricité de plusieurs villes de la Province de Fianarantsoa. Outre les grandes rivières et les cours d'eau, la région abrite également des lacs et des zones marécageuses (Source : Monographie UPDR 2003).

Quelques zones ont fait l'objet d'études et d'inventaires qui méritent d'être soulignés :

- La zone d'Ambalakinresy, constituée par des lacs et des marais, dont certains ont déjà été convertis en périmètres de culture et en rizières ;
- Les marais et les lacs de la région de Sahambavy au bord du Chemin de Fer de Fianarantsoa-Côte Est (FCE), à une vingtaine de kilomètres environ à l'est de la ville de Fianarantsoa ;

- Le grand marais d'Ambodivohitra situé dans la forêt humide de moyenne altitude au nord-est d'Ambalavao. Beaucoup de ruisseaux circulent entre la végétation herbacée qui couvre les 96 % de sa superficie ;
- Les zones humides de la vallée de Manambolo de la zone périphérique d'Andringitra comprennent une rivière et plusieurs marais localisés dans les dépressions, et
- Les bas-fonds de la vallée de Manambolo bordée par des collines couvertes de lambeaux de forêt primaire de moyenne altitude et de savanes herbeuses (Source : Profil environnemental de la Haute Matsiatra).

Le district d'Ikalavavony, situé dans la partie ouest de la région et occupant 9 824 km² des 20 880 km² de la région, est peu propice au développement de la pisciculture car la disponibilité en eau est très réduite. Ce district connaît de plus des problèmes persistants d'insécurité.

Amoron'i Mania :

La région d'Amoron'i Mania est dotée d'un climat de type tropical d'altitude avec deux saisons bien distinctes :

- De novembre en avril : période chaude et pluvieuse avec des précipitations abondantes (1 100 à 1 550 mm/an) et une température maximale pouvant atteindre 28 °C ;
- De mai en octobre : période fraîche et humide pendant laquelle la température peut descendre à 11°C.

L'hydrologie de la région d'Amoron'i Mania est dominée par le bassin versant de la Tsiribihina. Le réseau hydrologique de ce bassin versant prend sa source dans la région et se déverse dans le Canal du Mozambique, via le fleuve Tsiribihina.

Les principaux cours d'eau sont :

- Mania et ses affluents (Izanaka, Ikely, Imorona et Ivato) à l'extrême nord de la région ;
- Matsiatra et ses affluents Mitody, Manambaroa et Fanindrona dont les deux premiers coulent dans la sous-préfecture d'Ambatofinandrahana et le troisième à Ambositra ;
- Fisakana traversant Fandriana et Manandriana.

Vakinankaratra :

Le climat de la région est caractérisé par l'existence de trois saisons bien distinctes :

- Une saison pluvieuse et moyennement chaude de novembre à mars ;
- Une saison fraîche et relativement sèche de mai à septembre ;
- Une saison fraîche et relativement froide d'avril à octobre.

La Mahajilo et ses affluents (la Mania, la Kitsamby, la Sakay), ainsi que le Bas Mangoro et son affluent Onive, traversent la région du Vakinankaratra. Le réseau hydrographique est dense dans cette région. Les informations sur les saisons, la pluviométrie et les températures ne sont pas disponibles pour cette région.

Itasy :

La région de l'Itasy est l'une des régions les plus riches en lac. Les 51 lacs recensés se répartissent comme suit : i) 40 lacs, soit 78 %, se trouvent dans le district de Miarinarivo, dont les plus importants sont Mahiatrondro, Ambatomilona et Antamolava, ii) 9 lacs, soit 18 %, sont dans le district de Soavinandriana dont le plus important est celui de Piliana, et iii) 2 lacs restants, soit 4 %, se situent dans le district d'Arivonimamo.

Outre les lacs, la région compte 58 rivières et cours d'eau, répartis dans les trois districts, dont 21 dans le district de Miarinarivo, 20 dans le district de Soavinandriana et 17 dans le district d'Arivonimamo. Les informations sur les saisons, la pluviométrie et les températures ne sont pas disponibles pour cette région.

Analamanga :

La région dispose d'un réseau hydrographique relativement dense et bien réparti sur l'ensemble de son territoire. Ses plans d'eau et ses lacs occupent une surface de 4 759 ha. Les plus connus sont les lacs de Mantsoa (1 375

ha) et de Tsiacompaniry (2 333 Ha). Ces deux lacs alimentent les deux centrales hydro-électriques de la région. Situés dans la partie est qui est la plus pluvieuse du territoire régional, ces deux lacs constituent les principaux réservoirs d'eau de la région :

- Du lac Tsiacompaniry prennent sources deux rivières ((Varahina et Sisaony) se dirigeant vers l'ouest pour rejoindre le fleuve Ikopa. Ce fleuve traverse et draine entièrement la partie occidentale de la région en absorbant les cours d'eau provenant des zones d'altitude ;
- Du lac Mantasoa, partent des cours d'eau moins longs se dirigeant vers l'Est.

Les informations sur les saisons, la pluviométrie et les températures ne sont pas disponible pour cette région.

Atsinanana :

La région d'Atsinanana comprend de nombreux cours d'eau, la plupart à courant rapide sur la partie moyenne de leurs cours. La navigabilité est limitée par la présence de nombreux écueils rocheux au fur et à mesure que l'on pénètre à l'intérieur des terres. Le débit des eaux est fortement lié à la pluviométrie et les rivières réagissent vite avec des crues soudaines et violentes pendant la saison de pluies. Toute la zone côtière comprend une multitude de bacs et de ponts, souvent emportés ou détruits lors des crues. Les lacs les plus importants sont le lac Rasoabe, le lac Rasoamasay, le lac Ihosy et le lac d'Andranobe situés sur le Canal des Pangalanes. Les informations sur les saisons, la pluviométrie et les températures ne sont pas disponible pour cette région.

2.2.3. Les grands ensembles aquacoles dans les différentes régions de la zone d'intervention

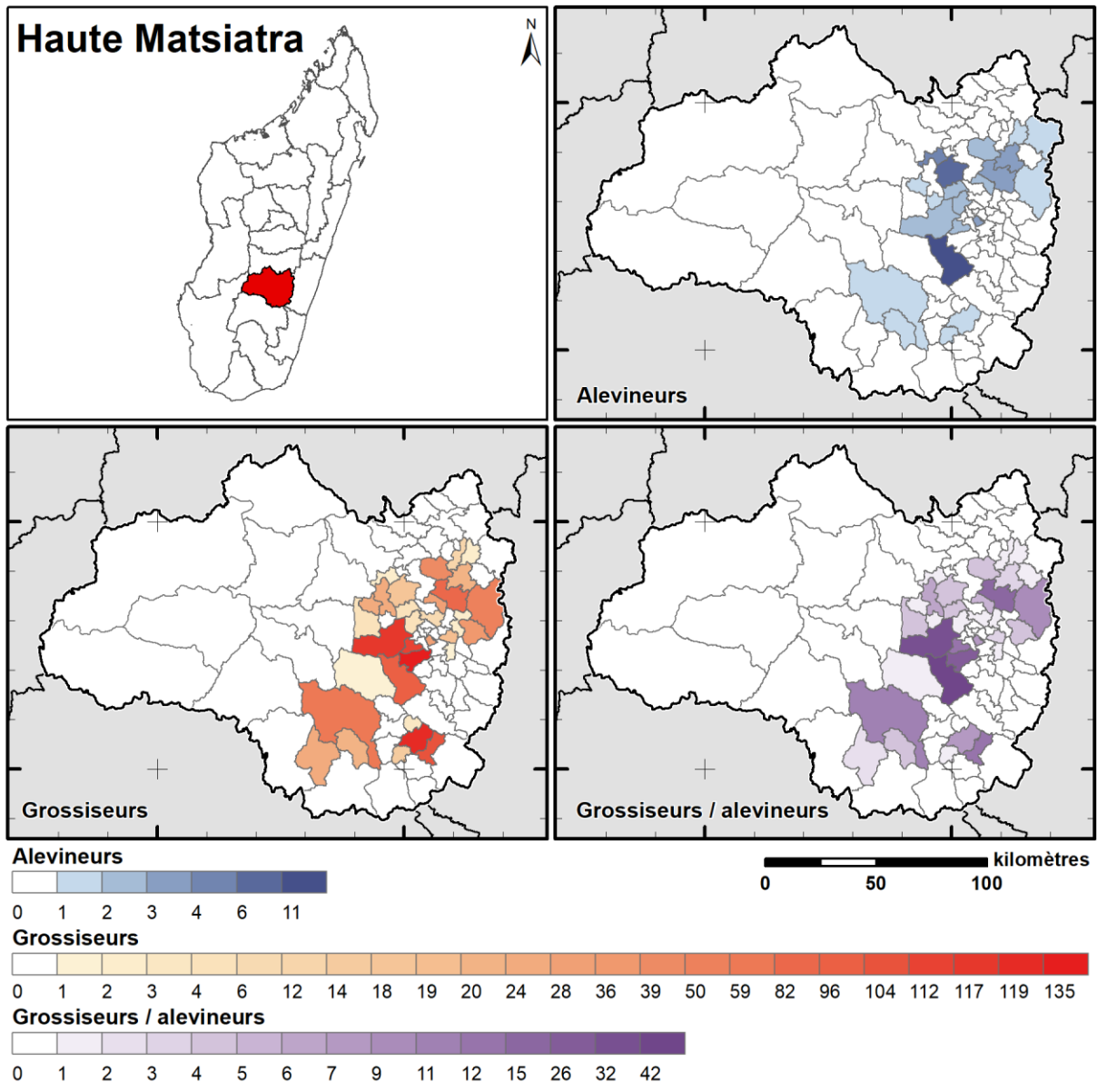
Dans les 6 régions d'intervention, les pisciculteurs pratiquent essentiellement l'élevage de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) et du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). Ces deux espèces sont élevés en étang, en rizière ou encore dans des cages installées dans des plans d'eau naturels comme les lacs. Le cycle d'élevage de ces deux espèces comprend deux principales étapes :

- La reproduction et la production d'alevins ;
- Le grossissement des alevins jusqu'à une taille commercialisable.

Certains pisciculteurs effectuent soit la production d'alevins (« alevineur »), soit le grossissement de poissons pour la consommation (« grossisseur »), soit les deux activités (« alevineur et grossisseur »).

Les Figures 2 à 7 (voir ci-dessous) indiquent la concentration des pisciculteurs en fonction de leur activité (alevineur, grossisseur ou alevineur/grossisseur) ou en fonction du système d'élevage (étang, étang barrage, rizière etc.) dans chacune des régions de la zone d'intervention.

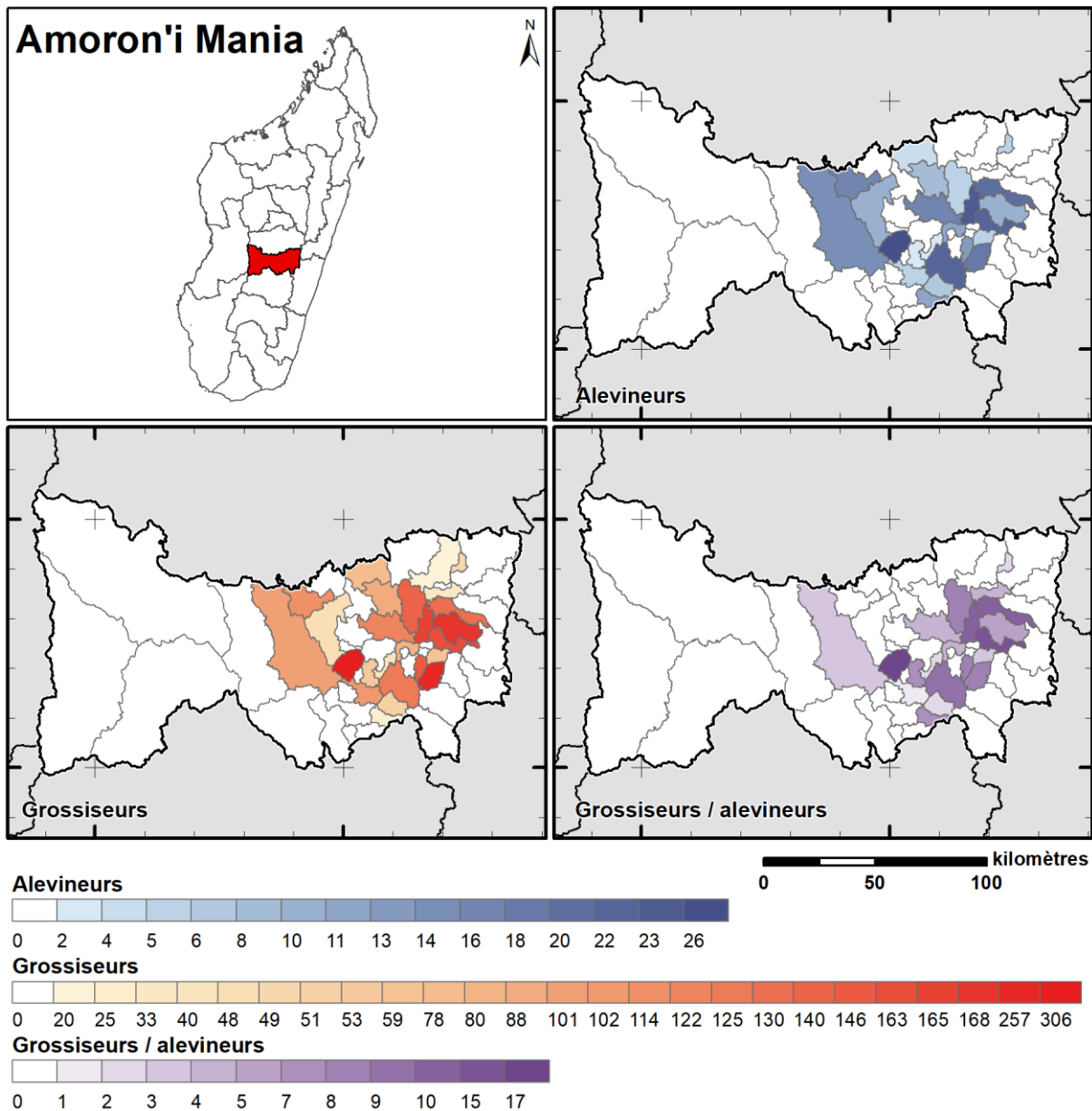
Dans la région du Haute Matsiatra (voir la figure 2), les pisciculteurs en étang et les rizipisciculteurs sont concentrés sur le versant Est, le long de la RN 7 reliant Antananarivo à Toliara et de la RN12 reliant Fianarantsoa avec les régions du sud-est de Madagascar. Cette répartition s'explique par la présence de nombreuses sources en eau (lacs, rivières et leurs bassins versants) dans la partie Est de cette région.



Sources: GIZ PADM / APDRA, Mahatsangy Geonode-Madagascar

Figure 2 - Répartition des pisciculteurs dans la région du Haute Matsiatra

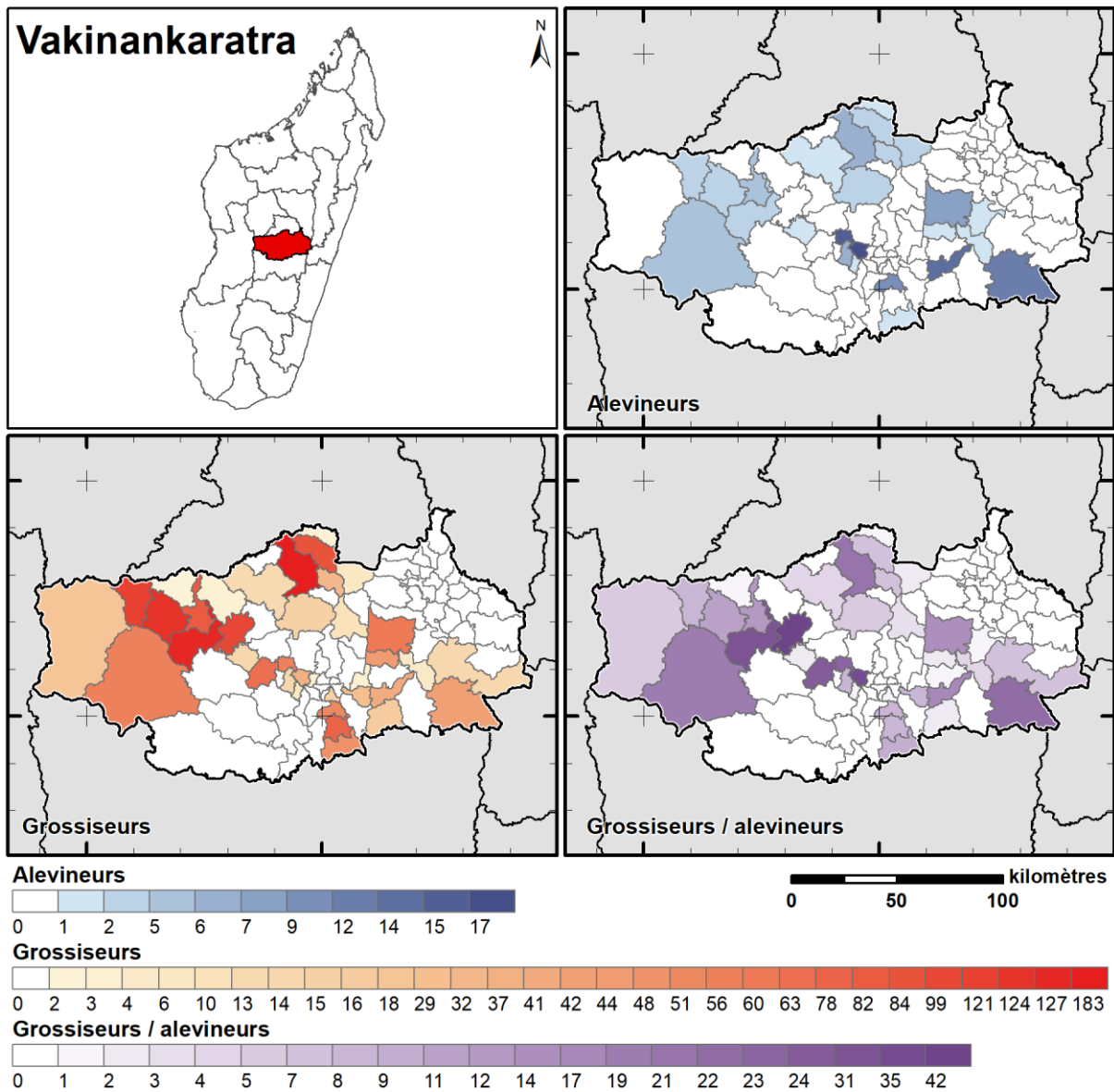
Comme pour la précédente région, les pisciculteurs en étang et en rizières de la région d'Amoron'i Mania sont concentrés dans la partie est et plus particulièrement le long de la RN 7 (voir la figure 3). Peu de pisciculteurs sont installés dans la partie ouest de la région (District d'Ambatofinandrahana) en raison essentiellement d'une ressource en eau insuffisante, conjuguée à l'enclavement de la zone et à une insécurité persistante.



Sources: GIZ PADM / APDRA, Mahatsangy Geonode-Madagascar

Figure 3 - Répartition des pisciculteurs dans la région d'Amoron'i Mania

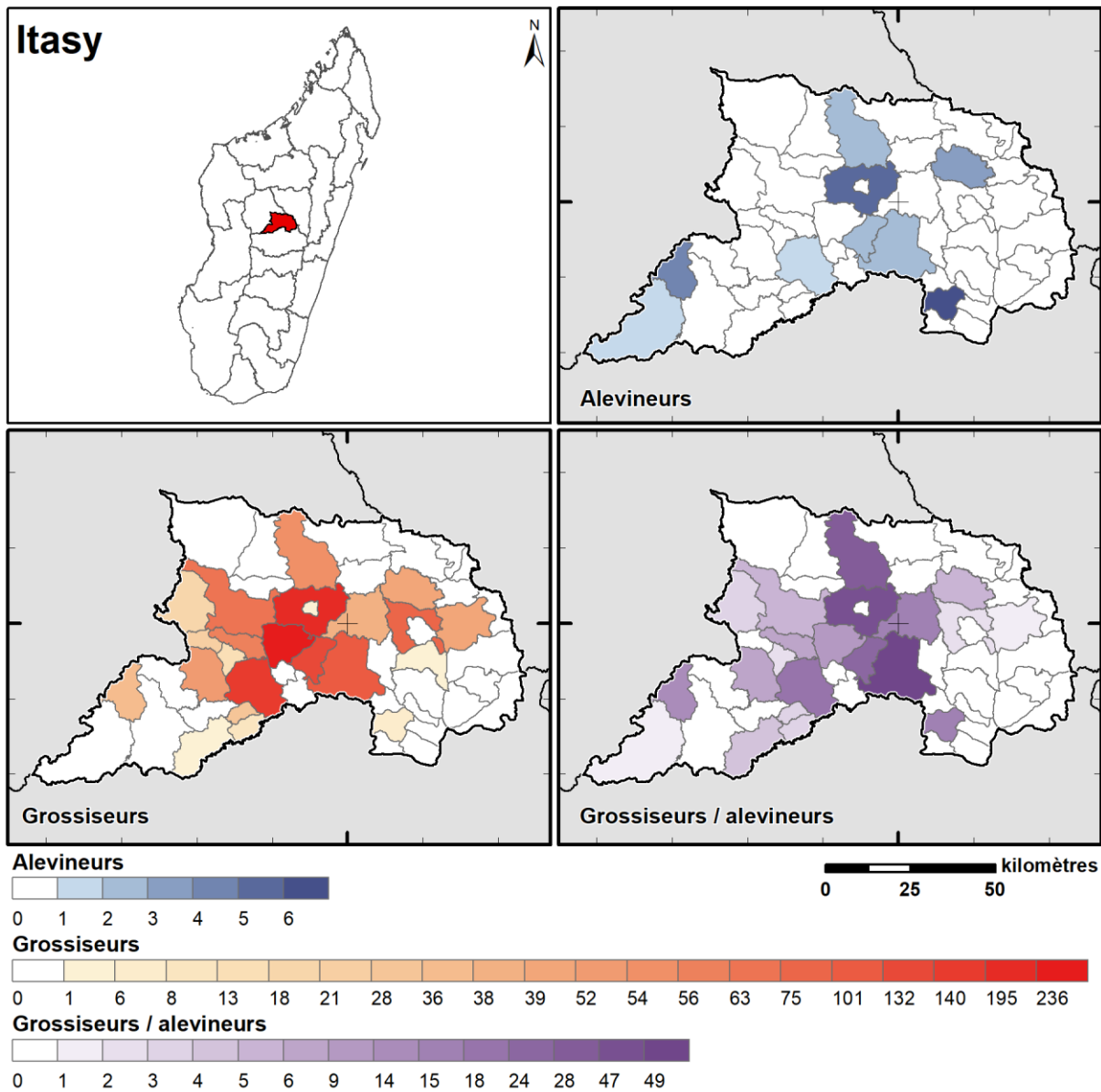
Les efforts menés depuis 1976 par le projet PNUD/FAO/Gouvernement (MAG/76/002) et poursuivis par APDRA depuis 2010 explique la présence de pisciculteurs dans presque la totalité des districts de la région du Vakinankaratra (voir la figure 4). Les parties sud et nord/est de la région ne sont pas propices à la pisciculture du fait de la présence de zones montagneuses.



Sources: GIZ PADM / APDRA, Mahatsangy Geonode-Madagascar

Figure 4 - Répartition des pisciculteurs dans la région du Vakinankaratra

Dans la région de l'Itasy, les pisciculteurs se sont concentrés aux alentours du lac Itasy où la ressource en eau est très abondante (voir la figure 5). Dans la partie sud-ouest de la région, la pisciculture commence également à se développer avec la présence de quelques alevineurs et des alevineurs/grossisseurs.



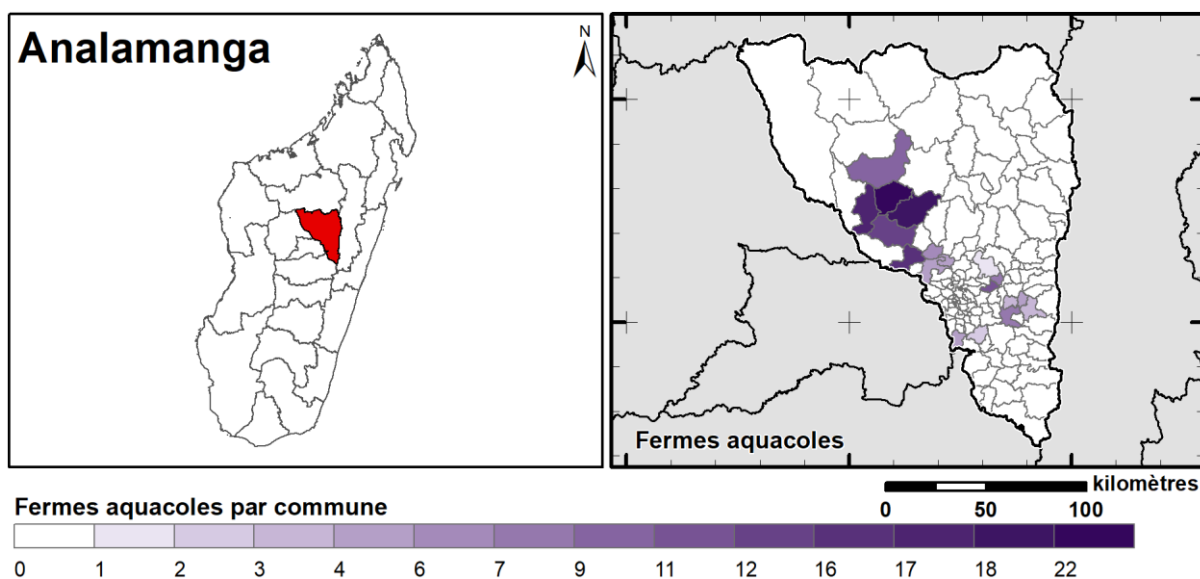
Sources: GIZ PADM / APDRA, Mahatsangy Geonode-Madagascar

Figure 5 - Répartition des pisciculteurs dans la région de l'Itasy

Dans la région Analamanga, la pisciculture en étang et en rizière est bien développée dans la partie occidentale où l'eau est plus abondante et la température plus chaude que dans la partie orientale (voir la figure 6). Les données de répartition des pisciculteurs dans cette région ont été fournies par l'APDRA mais nous pensons qu'elles ne sont pas exhaustives. La répartition et le nombre réels de pisciculteurs dans cette région pourrait donc être quelque peu différente.

Avant 2017, cette région a bénéficié de l'intervention du projet APDRA et du projet AMPIANA I. De 2017 à 2021, le projet GIZ/PADM est intervenu dans cette région via sa composante « Pisciculture en étang » mise en

œuvre par une équipe d'experts de la COFAD. Actuellement, la région bénéficie du support technique et financier de l'Union européenne à travers la phase 2 du projet AMPIANA.



Sources: GIZ PADM / APDRA, Mahatsangy Geonode-Madagascar

Figure 6 - Répartition des pisciculteurs dans la région Analamanga

Dans la région d'Atsinanana, située sur la Côte Est, les pisciculteurs sont localisés surtout dans le district de Brickaville où toutes les conditions sont réunies (ressource en eau, terrain favorable, accessibilité etc.) pour le développement de la pisciculture (voir la figure 7). L'APDRA intervient depuis plusieurs années dans cette région où elle fait la promotion du système d'élevage en étang barrage. Ce système d'élevage consiste à construire un barrage dans un bas fond de vallée ce qui conduit à la création d'un étang par inondation du bas-fond. Un système de trop-plein complète l'installation, ce trop-plein permet d'évacuer les flux d'eau lors des fortes pluies et d'éviter ainsi l'inondation du bas-fond et le débordement de l'étang. Le projet PADM/GIZ, en collaboration avec « Tilapia de l'Est (TDE) », a aussi soutenu le développement de la pisciculture semi-intensive de tilapia monosexé en étang. TDE assure notamment l'approvisionnement en alevins, à partir de son éclosier, et en aliment des pisciculteurs partenaires regroupés en coopérative. TDE assure également la commercialisation des poissons via un réseau de distribution sur Antananarivo.

Un des plus importants pisciculteurs privés en eau de douce de Madagascar est également installé dans cette région. Ce pisciculteur dispose de la plus grande ferme piscicole en termes de superficie avec deux sites de production en étang. Ce pisciculteur produit des alevins monosexé de tilapia qui sont vendus pour partie dans la région. Le reste de la production est livré dans toutes les régions de Madagascar avec une grande proportion vendue dans la région Analamanga.

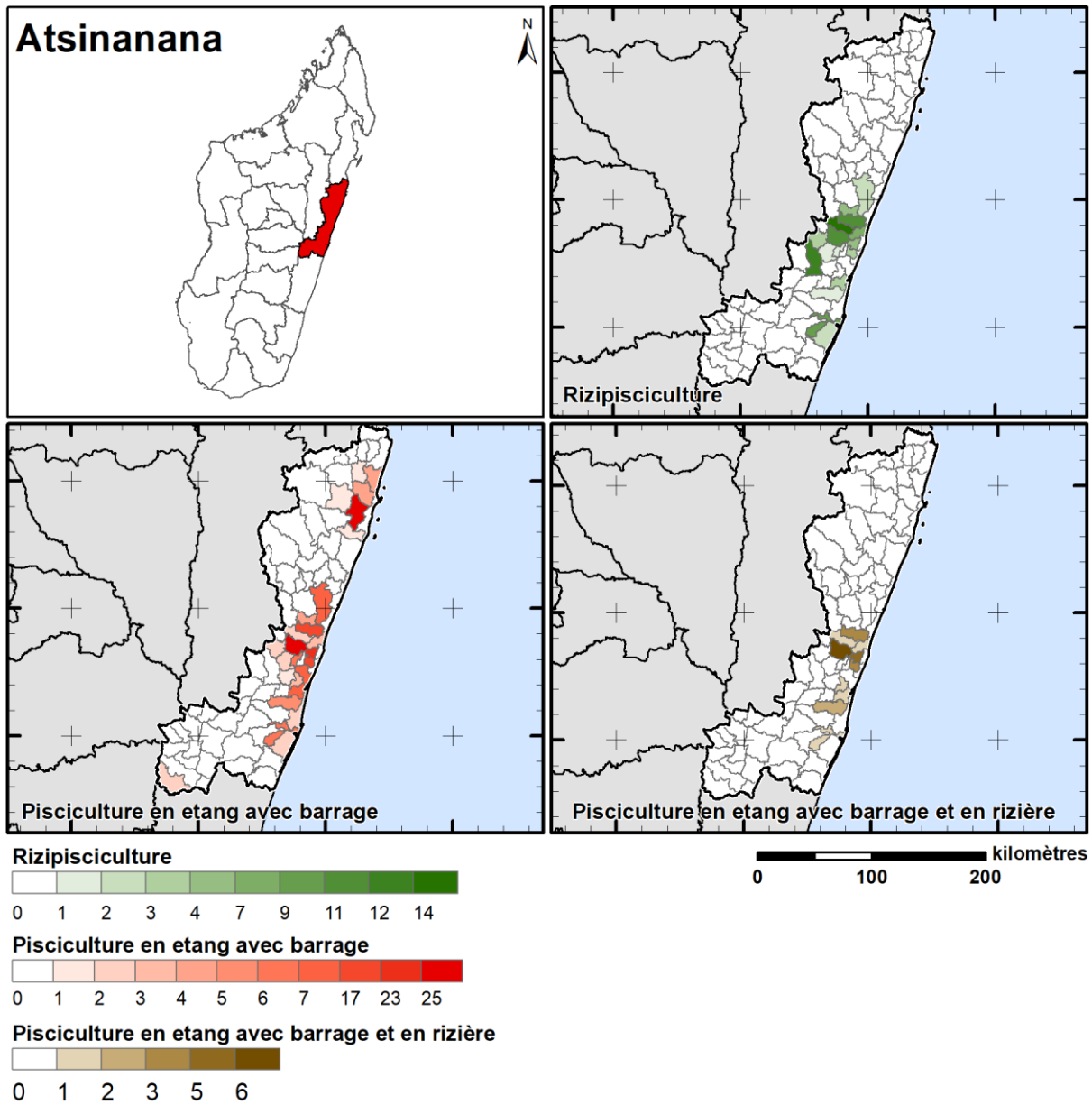


Figure 7 - Répartition des pisciculteurs dans la région Atsinanana

2.3. Les effets du changement climatique sur le secteur de l'aquaculture en eau continentale à Madagascar

2.3.1. Les effets du changement climatique sur le secteur agricole en général

Le constat et le ressenti des acteurs du secteur agricole concernant les températures est qu'elles augmentent, surtout en hiver. Au cours des dernières années, les températures pendant la saison des pluies et pendant l'hiver sont plus élevées qu'avant, le jour comme la nuit. De plus, le froid arrive plus tard en fin de saison des pluies. Les acteurs indiquent aussi que les températures varient plus d'un jour à l'autre qu'auparavant, toutes saisons confondues.

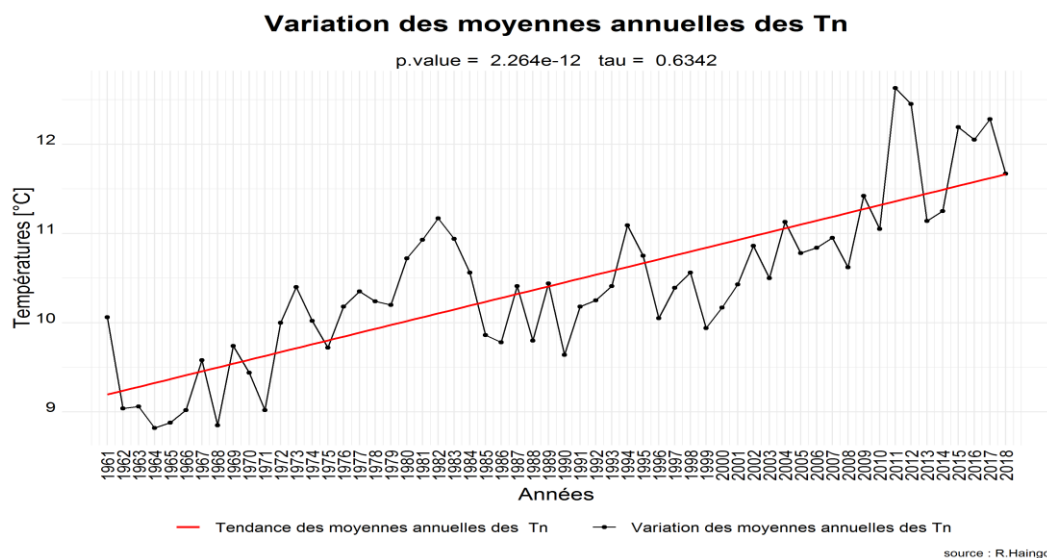
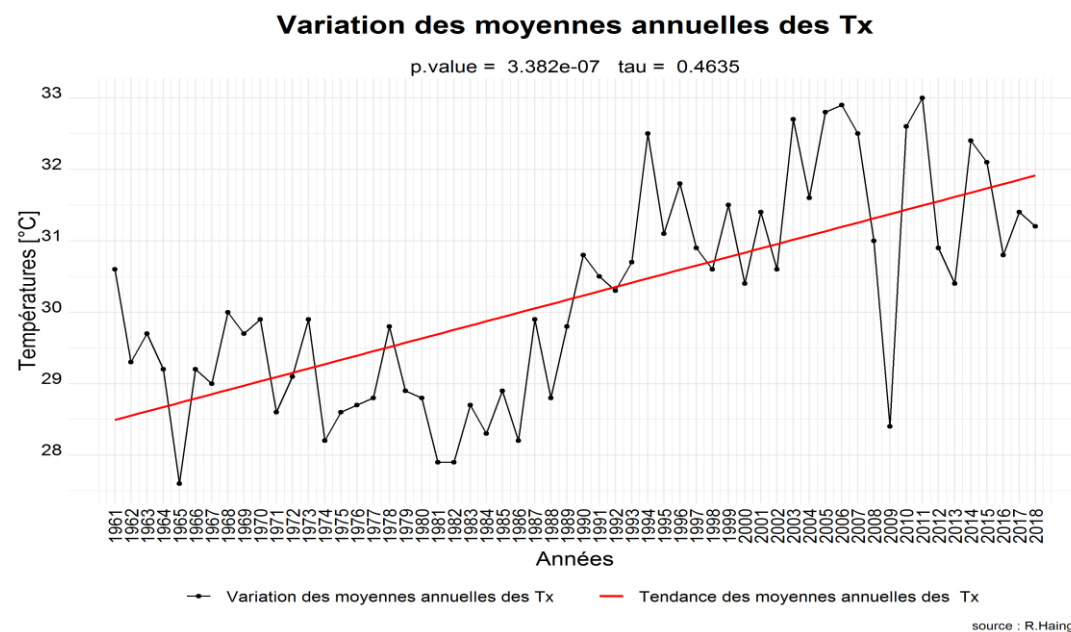


Figure 8 – Variations des moyennes annuelles de la température entre 1961 et 2018 à Madagascar

Les observations et les ressentis des acteurs concernant les pluies sont les suivants :

- En saison des pluies, les pluies débutent plus tard (15 jours à 1 mois de retard), surtout ces dernières années. La fréquence des épisodes de fortes, voire très fortes, pluies est plus élevée ce qui provoque régulièrement des inondations et des dégâts liés à l'eau. Depuis quelques années, il est fréquent d'avoir une semaine ou plus sans pluie pendant la saison des pluies, voire même dès le début de la saison des pluies. Les acteurs ont signalé également une augmentation des épisodes de grêle pendant la saison des pluies depuis une quinzaine d'années.
- En saison hivernale, les pluies et le brouillard sont aussi moins importants qu'auparavant. Les acteurs constatent également qu'il y a moins d'eau dans les rivières, les sources et les puits, surtout à la fin de l'hiver. Le gel est également moins fréquent depuis une quinzaine d'année dans les régions les plus froides des Hautes Terres.

Ces perturbations dans les saisons ont des effets multiples en agriculture :

- Les cultures deviennent plus fragiles aux bio-agresseurs (mildiou, ralstonia...) en raison de la diminution des pluies et de l'augmentation des températures ;
- L'absence de froid (gel et givre) affecte la dormance des pommiers, entraînant des retards de floraison, floraison qui est ensuite perturbée par le manque de pluie en début de saison pluvieuse ;
- L'arrivée tardive des pluies i) retarde le repiquage du riz (dans les rizières en bas-fonds et dans les champs pour les cultures pluviales), ii) compromet la pousse de semis, iii) retarde d'un mois ou plus, l'empoissonnement des rizières et des étangs ;
- L'arrêt des pluies plus précoce en fin de saison perturbent les cultures ;
- Les perturbations climatiques ne permettent plus, dans certaines régions, de faire 2 cycles de riz en rizières par an comme c'était le cas avant ;
- Le manque de pluie et de brouillard en hiver créé des difficultés pour irriguer les cultures maraîchères de contre-saison.

2.3.2. Les effets du changement climatique sur le secteur piscicole

Les problèmes d'approvisionnement en eau, de plus en plus fréquents en début de saison, entraînent un retard dans la plantation des rizières (voir ci-dessus), entraînant de fait un retard dans l'empoissonnement en rizipisciculture. Le calendrier piscicole est retardé de 1 à 2 mois.

Les températures plus élevées impactent la maturation et la reproduction de la carpe avec des refus de ponte des géniteurs de carpe en raison d'une eau trop chaude.

La fréquence des cyclones (5 cyclones début 2022) provoque des destructions, des pertes d'alevins et de poissons etc. à répétition.

La diminution des ressources en eau disponibles entraîne une tension sur la gestion de l'eau dans les zones irriguées, notamment en saison froide avec comme conséquence :

- Le raccourcissement des cycles de pisciculture
- La diminution de la taille des poissons à la récolte (<100 g contre 200g auparavant)
- Le temps qui s'écoule entre la période de reproduction de la carpe et l'empoissonnement des rizières s'allonge. De ce fait, les alevineurs doivent garder les alevins en étang d'alevinage plus longtemps ce qui i) augmente le coût de production ii) oblige les alevineurs à vendre les alevins plus chers ce qui affecte les pisciculteurs qui pratiquent le grossissement et augmente donc le coût final de production du poisson.
- L'arrêt de l'activité piscicole par certains pisciculteurs car ils n'ont plus assez d'eau pour entretenir leurs géniteurs toute l'année, ne peuvent plus mettre en eau certaines parcelles ou encore subissent des dégâts importants suite aux fortes pluies.

3. Le protocole et la méthodologie pour l'Etude de Vulnérabilité (EV)

La mise en œuvre de l'EV et les livrables attendus, comme précisé dans les TdR, sont brièvement présentés dans cette partie. Les principales étapes de la mise en œuvre de l'EV (collecte des données, méthodologie, conception et validation des chaînes d'impact) sont également décrites dans cette partie.

3.1. Déroulement de l'Etude de Vulnérabilité

Dans les TdR, 4 phases étaient envisagées pour la mise en œuvre de l'étude sur la vulnérabilité climatique de l'aquaculture en eau continentale à Madagascar. Dans la réponse à l'appel d'offre, il avait été proposé de réduire la mise en œuvre en 3 phases. Les activités et les livrables attendus lors des 3 phases sont détaillés ci-dessous.

Étape 1 : Phase de préparation et de conception

• Tâches

1. Réunion interne de démarrage en ligne avec l'équipe PADM une semaine après la signature du contrat impliquant l'équipe COFAD (experts et backstoppeurs) et les personnes en charge du suivi à la GIZ ;
2. Réunion de démarrage officielle en ligne avec les acteurs impliqués dans l'élaboration de l'EV avec un représentant invité pour chacune des institutions suivantes : DGPA/DA, MTM/DGM, MEAH et MEDD/ONE. Présentation rapide des équipes, du calendrier de la mise en œuvre prévue et les attentes des différents acteurs concernés vis-à-vis de cette étude ;
3. Collecte de donnée pour l'élaboration conceptuelle de l'EV : interviews (en ligne ou en présentiel si la personne était présente à Antananarivo), revue de la littérature, identification et recherche des bases de données disponibles ;
4. Elaboration du concept et du plan de mise en œuvre de l'EV puis validation par la GIZ.

• Livrables

1. **Livrable 1** : Minutes des deux réunions de lancement ;
2. **Livrable 2** : Listes des informations et données existantes pour la mise en œuvre de l'EV et l'élaboration des cartes SIG ;
3. **Livrable 3** : Plan détaillé de mise en œuvre de l'EV présentant l'objectif, la méthodologie et le plan de travail.

Étape 2 : Phase d'exécution : élaboration et validation des chaînes d'impacts, options d'adaptation et élaboration des cartes Système d'Information Géographique (SIG)

• Tâches

1. Développer les chaînes d'impacts qui portent sur deux zones géographiques ayant une activité piscicole : i) les Hautes Terres dominées par la production de carpe en étang et en rizipisciculture, ii) la côte Est où le tilapia est l'espèce principalement élevée dans différents systèmes (étang, cage et rizière). Ces chaînes d'impacts suivront, autant que faire se peut, les guides GIZ de référence sur la vulnérabilité et sur le concept de risque ;
2. Valider les chaînes d'impact lors d'ateliers inter-régionaux. Les chaînes d'impacts sont présentées, discutées et affinées lors de trois ateliers de présentation qui se sont tenus en présentiel à Antsirabe, Antananarivo et Tamatave. Les ateliers regroupaient les acteurs clés de chaque région : institutions du secteur public, acteurs du secteur privé et de la société civile (ONG/IGO) ;

3. Développer des cartes des risques naturels. Les 30 cartes demandées dans les TdR sont élaborées en parallèle des tâches 1 et 2 (voir ci-dessus) sur la base des données disponibles et utilisables. Elles sont élaborées sur un logiciel SIG (logiciel à déterminer entre les partenaires) et sont remises sous format SIG et PDF ;
 4. Développer des options d'adaptation et de validation qui sont élaborées en fonction du degré de résilience des systèmes de production et à différentes échelles. Ces options doivent être conformes et intégrables au CDN/PNA de Madagascar, suivre le code de la FAO et le principe d'Agroécologie.
- **Livrables**
 1. **Livrable 1** : Deux chaînes d'impacts élaborées et validées, une pour la Côte Est et une pour les Hautes Terres, couvrant ainsi les 6 régions d'intervention ;
 2. **Livrable 2** : Un compte-rendu succinct (5 pages maximum par compte-rendu) des trois ateliers interrégionaux ;
 3. **Livrable 3** : 30 cartes des risques naturels sur les principaux facteurs impactant la production ;
 4. **Livrable 4** : Une liste validée des options d'adaptation.

Étape 3 : Rapport final de l'Étude de Vulnérabilité et présentation des résultats

- **Tâches**
 1. Restitution et synthétisation des résultats des EV pour chacune des zones climatiques et des systèmes de production sous forme d'un rapport complet comprenant les résultats des évaluations, les options d'adaptation, toutes autres informations importantes ainsi qu'une note de synthèse destinée aux décideurs politiques et résumant les résultats. Le format et la longueur de la note ont été discutés et validés par la GIZ, tout comme le rapport final de l'EV. Tous les documents sont en français ;
 2. Organisation et mise en place d'un atelier de présentation des résultats de l'EV au niveau national avec les acteurs clés du secteur de l'aquaculture en eau continentale (liste à définir lors de la préparation de ce dernier). Cet atelier devait se tenir en présentiel sur une journée (en fonction des conditions sanitaires, du budget et du nombre de participants) ou en ligne (option préférée par le contractant) sur une demi-journée.
- **Livrables**
 1. **Livrable 1** : Un rapport final sur les résultats de l'EV ;
 2. **Livrable 2** : Une note de synthèse pour les décideurs politiques au niveau national ;
 3. **Livrable 3** : Une note de synthèse suite à la tenue de l'atelier national de présentation de l'EV.

3.2. Qualité et sélection des données

La collecte de données pour l'élaboration conceptuelle de l'EV fait partie de phase de préparation et de conception. Pour ce faire, toutes les parties prenantes ont été informées sur la phase de collecte de données lors de la réunion de démarrage officielle en ligne (tenue le 5 avril 2022) et ont été priées de mettre à disposition, dans un questionnaire, les données pertinentes pour l'étude en précisant l'origine de ces données, l'année de collecte, les personnes ressources etc. Des rencontres bilatérales ont également été organisées afin d'expliquer et de préciser la demande.

Les données collectées ont pu être intégrées dans l'EV afin de synthétiser les informations. Les données et les études de la DGM, concernant les tendances et les futurs changements climatiques à Madagascar, sont intéressantes pour l'EV, même si leur valeur informative est davantage utilisable au niveau macro.

Des données spatiales et administratives ont pu être identifiées et ont servi de base pour la création d'une carte. Les données climatiques ont été téléchargées sur le centre de données du GIEC, sur une sélection précise de jeux de données des scénarios A6R, sélection effectuée en cohérence avec les approches du Guide de référence et du Supplément de la GIZ. Ces jeux de données ont été synthétisés en cartes de risques / d'impacts du CC et ont servi de support visuel à l'étude lors des ateliers participatifs interrégionaux.

Il existe bien sûr une certaine flexibilité dans l'évaluation des impacts et des risques par le biais de projections. Dans les études de vulnérabilité passées, les données climatiques du passé proche (1981-2010) et du présent ont été choisies comme référence pour être comparées à des scénarios d'un futur proche (2031-2060) et d'un futur plus lointain (2069-2098) pour des augmentations modérées et élevées des gaz à effet de serre (GES) et en déduire les évolutions¹. Des horizons temporels similaires sont également disponibles pour les données A6R. Ces données peuvent être utilisées et sont plus précises, avec une base de référence, pour les périodes passées (1850-1900, 1961-1990 et 1995-2014) et pour les périodes futures (2021-2041, 2041-2060 et 2081-2100). Pour l'étude, les augmentations de température, l'évolution des précipitations, les risques de sécheresses et le nombre attendu de cyclones sont d'une importance capitale car ils ont un impact direct sur l'aquaculture en eau continentale et peuvent avoir des effets négatifs. L'approche consistant à utiliser des périodes de référence proches (1995-2014) dans le temps sera également appliquée dans la présente étude. Elle a l'avantage de permettre aux groupes cibles de mieux comprendre comment les conditions climatiques vont changer à l'avenir en se basant sur leur expérience actuelle. Selon les TdR, une vision à l'horizon des 30 ans doit être incluse, ce qui signifie l'utilisation des données du GIEC pour les périodes 2021-2041 et 2041-2060.

Les études actuelles du GIEC montrent une augmentation du nombre de cyclones et du nombre de périodes de sécheresse² en générale. L'évolution du nombre de jours secs consécutifs, d'après la modélisation du GIEC, est disponible et pertinente. Et si l'on considère les facteurs d'influence comme la température et les précipitations sur la base des données du A6R GIEC, l'augmentation est considérée aussi comme probable. Si les scénarios d'émissions restent élevés, des températures de plus de 3-4 °C au-dessus de la moyenne actuelle sont possibles. Pour les précipitations, seule une diminution marginale modérée est probable. Cela montre que les modèles de prévision du GIEC ne peuvent pas représenter en détail les dangers potentiels. Les températures indiquent toutefois une augmentation de la consommation d'énergie dans l'atmosphère, avec une évaporation potentiellement plus élevée et le développement de cyclones et de fortes précipitations.

Les données climatiques sur lesquelles repose le GIEC proviennent du programme CORDEX Africa (« Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment in Africa »), qui regroupe actuellement les projections les plus récentes et les plus fiables sur l'évaluation des évolutions du climat de la région. Le programme CORDEX, créé récemment par le Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PMRC), a pour objectif de développer un cadre international coordonné pour générer des projections de qualité sur le CC des régions du monde entier. Les résultats de l'analyse CORDEX sont plus ciblés sur le continent qui fait l'objet de notre étude ce qui permet des projections à plus hautes résolutions par rapport à des données plus globales fournies par le GIEC. Ces données sont ainsi parfaitement adaptées pour décrire l'impact du CC et servir de support aux études de risque, de vulnérabilité et d'adaptation à ces derniers. La résolution spatiale des données est de 50 x 50 km.

En ce qui concerne les données hydrologiques qui permettraient de quantifier l'eau disponible, seule une approche basique était possible, le plan national de développement des ressources en eau de Madagascar n'étant malheureusement pas encore disponible. La disponibilité de l'eau en 2021 pour Madagascar, pour les bassins versants des 6 régions d'intervention, a été calculée sur la base des précipitations de l'année 2021 moins l'évapotranspiration et l'interception de l'année par les bassins versants majeurs.

¹ Par exemple dans une évaluation conduite en Algérie et Maurétanie.

² Par exemple DGM (2019)

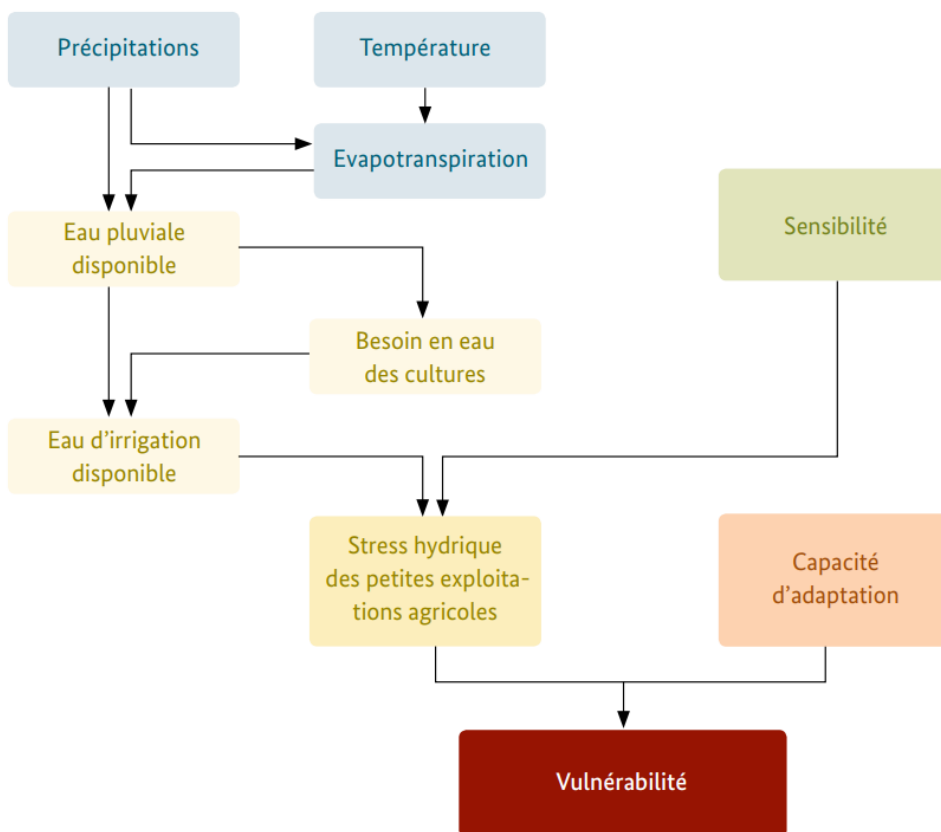
3.3. Elaboration, conception et validation des chaînes d'impacts

Les principaux objectifs de l'enquête de vulnérabilité sur l'aquaculture continentale sont :

- D'analyser les risques et les opportunités auxquels la filière de l'aquaculture en eau continentale est confrontée face au CC au présent et dans le futur ;
- D'identifier, dans les régions concernées, les zones où l'aquaculture en eau continentale (en rizière et en étang) est particulièrement affectée par les risques (« hotspots ») ;
- D'améliorer le ciblage et l'efficacité de la planification de l'adaptation pour l'intervention d'un projet (court terme) ou pour des cadrages politiques (moyen et longs terme) ;
- D'identifier et de décrire les options d'adaptation relatives à chaque contexte identifié pour réduire la vulnérabilité actuelle et future.

Le développement d'une chaîne d'impact se fait selon le concept déjà mentionné au chapitre 1. Il comprend 4 étapes :

- **Etape 1** : Identifier les impacts potentiels ;
- **Etape 2** : Déterminer l'exposition ;
- **Etape 3** : Déterminer la sensibilité ;
- **Etape 4** : Déterminer la capacité d'adaptation³.



Source : adelphi/EURAC 2014.

Figure 9 - Exemple d'une chaîne d'impact de type « stress hydrique dans l'agriculture »⁴

Les chaînes d'impact potentielles ont été développées et confirmées par des experts de Cofad GmbH et de l'ADPRA puis complétées par des informations bibliographiques en suivant des exemples du guide de référence de la GIZ. Les hypothèses sont basées sur des observations de terrain de l'équipe Cofad GmbH du projet

³ GIZ (2017)

⁴ GIZ (2017)

PADM/GIZ à Madagascar. Elles ont été comparées aux informations disponibles sur le changement climatique⁵, aux données bibliographiques⁶ et aux études transmises par les partenaires.

Il en résulte une différenciation spatiale entre les Hautes Terres et la Côte Est, qui est illustrée dans les représentations graphiques des chaînes d'impact (voir les figures 11, 12, 13 et 14 dans le chapitre 4 ci-dessous). Comme les 5 impacts se produisent (ou peuvent se produire) à certains degrés dans les deux régions, l'élaboration ultérieure d'options d'adaptation permet de prendre en considération tous les impacts.

Les premières ébauches de chaînes d'impact ont servi de support dans le cadre des ateliers interrégionaux. Les chaînes d'impact ont été finalisées en intégrant l'apport des participants aux ateliers interrégionaux comme convenu avec le client GIZ/PADM.

Les 3 ateliers régionaux ont permis de réunir un total de 101 participants (70 hommes et 31 femmes – voir la figure 10) dont les représentants du PADM/GIZ, du MPEB, des DRPEB concernées, de l'ONE, de la DGM, de la DRPEB, des ONG (APDRA, AGRISUD, USAID, TDE, APPAFI, CŒUR DE FORET, TAFOMIHAAVO, DINAAMICC) et de l'équipe COFAD chargé de l'étude.

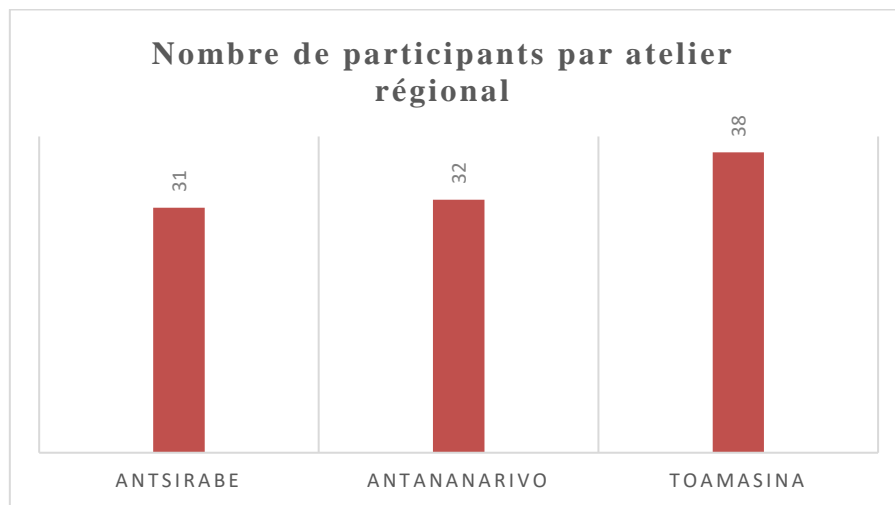


Figure 10 - Nombre de participants aux 3 ateliers interrégionaux d'Antsirabe, d'Antananarivo et de Toamasina

Dans le cadre de ce processus participatif, tous les acteurs concernés par le secteur de l'aquaculture en eau continentale ont été invités à assister à des ateliers interrégionaux pour échanger des informations, discuter des dangers qui affectent l'aquaculture continentale ainsi que des différents impacts intermédiaires. Les ateliers interrégionaux ont permis d'effectuer des exercices de simulation dans le contexte du CC au niveau des régions concernées. Les principaux dangers climatiques, les impacts intermédiaires, les composantes de vulnérabilité et d'adaptation ainsi que l'exposition ont été identifiés. Les participants ont pu livrer une vision commune sur ces aspects.

Le programme ainsi que les résultats détaillés des ateliers interrégionaux sont présentés en Annexe 1.

La synthèse des résultats est présentée dans le chapitre suivant (chapitre 4).

⁵ Gutiérrez et al. 2022 et DGM 2021

⁶ Par exemple APDRA 2022.

4. Les résultats synthétiques

4.1. Les chaînes d'impacts validées dans les régions des Hautes Terres

Les impacts physiques identifiés par les participants sur les Hautes Terres sont les inondations, l'érosion et la sécheresse. Les chaînes d'impact « Inondations et érosion » et « sécheresse » sur les Hautes Terres sont présentées sur les figures 11 et 12 (voir pages ci-dessous).

• Les inondations et l'érosion

Les dangers climatiques à l'origine des inondations et de l'érosion sont :

- Les fortes précipitations conjuguées avec une évapotranspiration faible et une capacité d'absorption limitée des rivières et de leurs affluents ;
- Les événements météorologiques extrêmes ;
- Les cyclones de plus en plus intenses.

Six principaux impacts intermédiaires découlent des inondations : i) le stress hydrique pour les plantes, ii) une modification de la qualité de l'eau, iii) l'enclavement des sites piscicoles, iv) l'invasion des étangs et des rizières par des poissons prédateurs, v) l'ensablement des infrastructures d'élevage et des plans d'eau, vi) les destructions de matériel et d'infrastructures d'élevage.

- **Le stress hydrique pour les plantes** se traduit par une diminution de la production agricole de plantes telles que le maïs, les tubercules (manioc, pomme de terre, etc.), voire le riz. Ces plantes ne supportent pas une inondation prolongée de plus de 5 à 7 jours. Ce phénomène apparaît surtout de janvier à mars où le passage des cyclones et les fortes pluies associées sont les plus fréquents. Ces pertes significatives de production agricoles, suite à une immersion prolongée dans l'eau, induisent des pertes directes pour les agriculteurs concernés et une spéculation sur ces produits agricoles qui se raréfient sur le marché. Une partie des productions agricoles servent à l'alimentation animale dont l'alimentation des poissons. La raréfaction et l'augmentation des prix de ces matières premières agricoles impactent les pisciculteurs qui ne peuvent plus nourrir correctement leur cheptel avec des matières premières de qualité avec comme principaux effets une augmentation des coûts de production et une diminution de la production piscicole.
- **La modification de la qualité de l'eau** résulte du ruissellement des eaux qui proviennent des terrains situés en amont des piscicultures. Outre les sédiments, ces eaux peuvent être chargées en résidus d'engrais chimiques, en pesticides etc. Ce phénomène de ruissellement se traduit, dans les étangs et les rizières, par une forte turbidité de l'eau en raison des sédiments et une modification du pH qui peut devenir plus acide (<7) à cause des engrais chimiques. La modification de la qualité de l'eau (turbidité, acidification, pesticides etc.) peut provoquer des mortalités notamment sur les alevins de poisson, des perturbations de la reproduction (les géniteurs sont sensibles à une modification du pH de l'eau), des pertes de performances d'élevage (mortalité, perturbation de la croissance), un décalage du calendrier piscicole en raison de reproduction tardive ou d'arrêt de la croissance etc. Tous ces impacts se traduisent par une diminution de la production piscicole pour les pisciculteurs affectés.
- **L'enclavement des sites piscicoles** qui, sur les Hautes Terres sont généralement éloignés du lieu d'habitation des pisciculteurs. Une inondation ou une pluie prolongée peut rendre le site difficilement accessible au pisciculteur. C'est généralement lors de ces événements pluvieux que les pisciculteurs subissent des vols de géniteurs (souvent à maturité en saison des pluies), d'alevins ou de poissons en grossissement dans les étangs et les rizières. Les voleurs capturent les poissons en utilisant un filet ou en ouvrant une brèche dans la digue de l'étang ou de la rizière. Cet impact se traduit par une perte de revenus.
- Les fortes pluies charrient de forte quantité de sédiments, de débris végétaux etc., phénomène accentué par des glissements de terrain. Les fortes pluies et les glissements de terrain engendrent des inondations des bas-fonds où se situent les étangs et les rizières favorisant **l'invasion de poissons prédateurs** (comme le Fibata) dans les infrastructures d'élevage. Ces prédateurs peuvent provoquer des pertes significatives de production et de revenus notamment dans les étangs de reproduction et d'alevinage.

- Les excès de sédiment charriés par les eaux provoquent ***l'ensablement*** des étangs, des rizières mais aussi de plans d'eau et des lacs naturels. A moyen et long terme, cet impact induit soit une augmentation des coûts de production (désensablement des infrastructures d'élevage), soit une diminution de la production du fait de la modification du milieu d'élevage (ensablement d'un plan d'eau naturel par exemple).
- Les fortes pluies peuvent aussi provoquer des ***dégâts directs sur le matériel et les infrastructures d'élevage*** : destruction des happas, des systèmes d'amenée et d'évacuation d'eau, des digues des étangs et des rizières etc. Une rupture de digue pendant une forte pluie peut provoquer une perte totale des poissons en élevage. Cet impact se traduit par une perte de production et des coûts additionnels pour le remplacement et/ou la réparation des matériels et des infrastructures d'élevage.

Les impacts potentiels identifiés découlant des impacts intermédiaires sont :

- La diminution de la production des piscicultures ;
- Des pertes de revenus pour les pisciculteurs ce qui aggrave la pauvreté ;
- Une augmentation du risque d'insécurité alimentaire des ménages.

Le risque identifié est donc la diminution de la production de la filière pisciculture par l'effet combiné des inondations et de l'érosion.

Les facteurs qui rendent vulnérables ces chaînes d'impacts intermédiaires sont :

- Les mesures antiérosives qui font défaut ou sont insuffisantes ;
- La déforestation et les feux de brousse limitant ainsi la capacité de rétention de l'eau par la végétation ;
- L'emplacement non-adapté des sites, notamment, les sites situés dans les bas-fonds de vallées (exposition aux inondations) ou en contre-bas de pente trop abruptes (exposition au glissement de terrain).

Les facteurs de capacité d'adaptation identifiés par les acteurs sont :

- La culture en terrasse associée à une couverture végétale et/ou un reboisement, permettra une meilleure infiltration naturelle de l'eau dans le sol et réduira significativement l'érosion, donc l'ensablement des étangs ;
- L'accès aux intrants agricoles et à des pépinières pour le reboisement ;
- Une formation sur l'aménagement des sites ;
- Un accès aux bonnes pratiques et à la gestion intégrée des ressources en eau ;
- Des directives administratives claires sur les sites favorables à la construction des étangs, sur les méthodes de terrassement, sur la protection des forêts dans certaines zones etc. ;
- La promotion de techniques agroécologiques ;
- L'entretien et le curage des canaux d'évacuation d'eau ;
- La capacité de stockage de l'eau ;
- L'accès aux prévisions météorologiques, et
- La collecte et la diffusion d'informations sur l'hydrologie aidant à la prise de décision ainsi que le soutien à la mise en place d'Association des Usagers de l'Eau à l'échelle locale.

• **La sécheresse**

Le danger climatique de la sécheresse est dû essentiellement aux effets des vents forts et secs, des températures trop élevées et des précipitations trop faibles. Les deux premiers créent une évapotranspiration forte.

L'impact intermédiaire direct de cet événement climatique se traduit par la ***diminution de la quantité d'eau*** disponible. Pour le pisciculteur il se traduit par l'impossibilité de faire un renouvellement d'eau, une mise à niveau de l'eau ou un remplissage des infrastructures d'élevage (étang, rizière). Un manque d'eau et/ou une baisse du niveau de l'eau induit également une ***modification de la qualité de l'eau*** qui se traduit par une augmentation de la température de l'eau, une augmentation de la teneur totale en azote ammoniacal, une diminution de la teneur en oxygène de l'eau. Comme indiqué précédemment, la modification de la qualité de l'eau peut provoquer des mortalités, des perturbations de la reproduction (ponte sauvage ou retard de reproduction chez les carpes / arrêt de la reproduction chez le tilapia), des pertes de performances d'élevage (mortalité, perturbation de la croissance), un décalage du calendrier piscicole en raison de reproduction tardive ou d'arrêt de la croissance etc. Tous ces

impacts se traduisent par une diminution de la production piscicole et une perte de revenus pour les pisciculteurs affectés. La diminution de la ressource en eau peut provoquer des conflits sociaux entre les différents utilisateurs.

Une sécheresse peut aussi offrir des conditions plus favorables au **développement de prédateurs comme les insectes aquatiques et leurs larves** (Dytiques, Hydrophiles, Nèpes et Notonecte par exemple). Les larves et les insectes adultes peuvent provoquer des mortalités, notamment chez les alevins, soit directement par prédation, soit indirectement par concurrence alimentaire dans les étangs et les rizières. A nouveau cet impact se traduit par une perte de production et de revenus.

Les quatre impacts potentiels découlant des impacts intermédiaires sont :

- La diminution de la production des piscicultures ;
- Des pertes de revenus pour les pisciculteurs ce qui aggrave la pauvreté ;
- Une augmentation du risque d'insécurité alimentaire des ménages ;
- Une augmentation des conflits sociaux liés à l'utilisation de l'eau.

Les facteurs qui rendent vulnérables ces chaînes d'impacts intermédiaires sont :

- Une insuffisance de la ressource en eau par rapport à la demande ;
- Une mauvaise maîtrise des techniques de gestion de l'eau ;
- Un manque de gestion des bassins versants ;
- Des techniques d'élevage non adaptées ;
- Des infrastructures hydroagricoles non adaptées ;
- Des températures en dehors des optimums pour la reproduction et la croissance de la carpe et du tilapia ;
- Une insuffisance en matériel et en intrant.

Les facteurs de capacité d'adaptation identifiés par les acteurs sont :

- La création de nouveau réservoir d'eau ;
- Le renforcement de capacité pour la gestion de l'eau et des terres (GIRE ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau) ;
- L'accès aux intrants agricoles et à des pépinières pour le reboisement ;
- La recherche et la formation sur des nouvelles techniques d'élevage et des nouveaux systèmes aquacoles adaptés ;
- La recherche de financement / l'accès au Fonds de Développement Agricole (FDA).

Chaînes d'impacts de la filière pisciculture en Eau Continentale sur les Hautes Terres de Madagascar

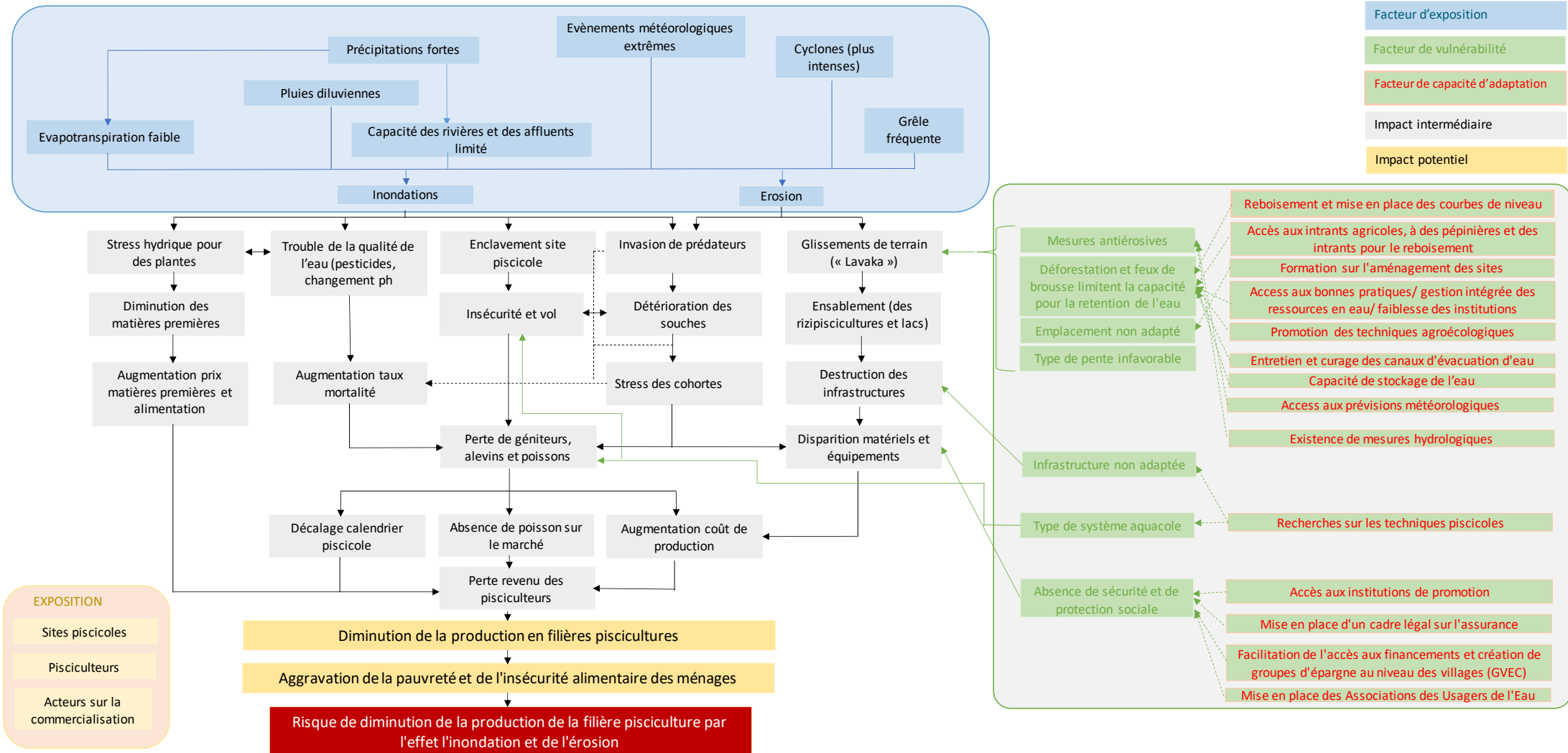


Figure 11 - Chaînes d'impacts « inondations et érosion » de la filière pisciculture en eau continentale sur les Hautes Terres de Madagascar

Chaînes d'impacts de la filière pisciculture en Eau Continentale sur les Hautes Terres de Madagascar

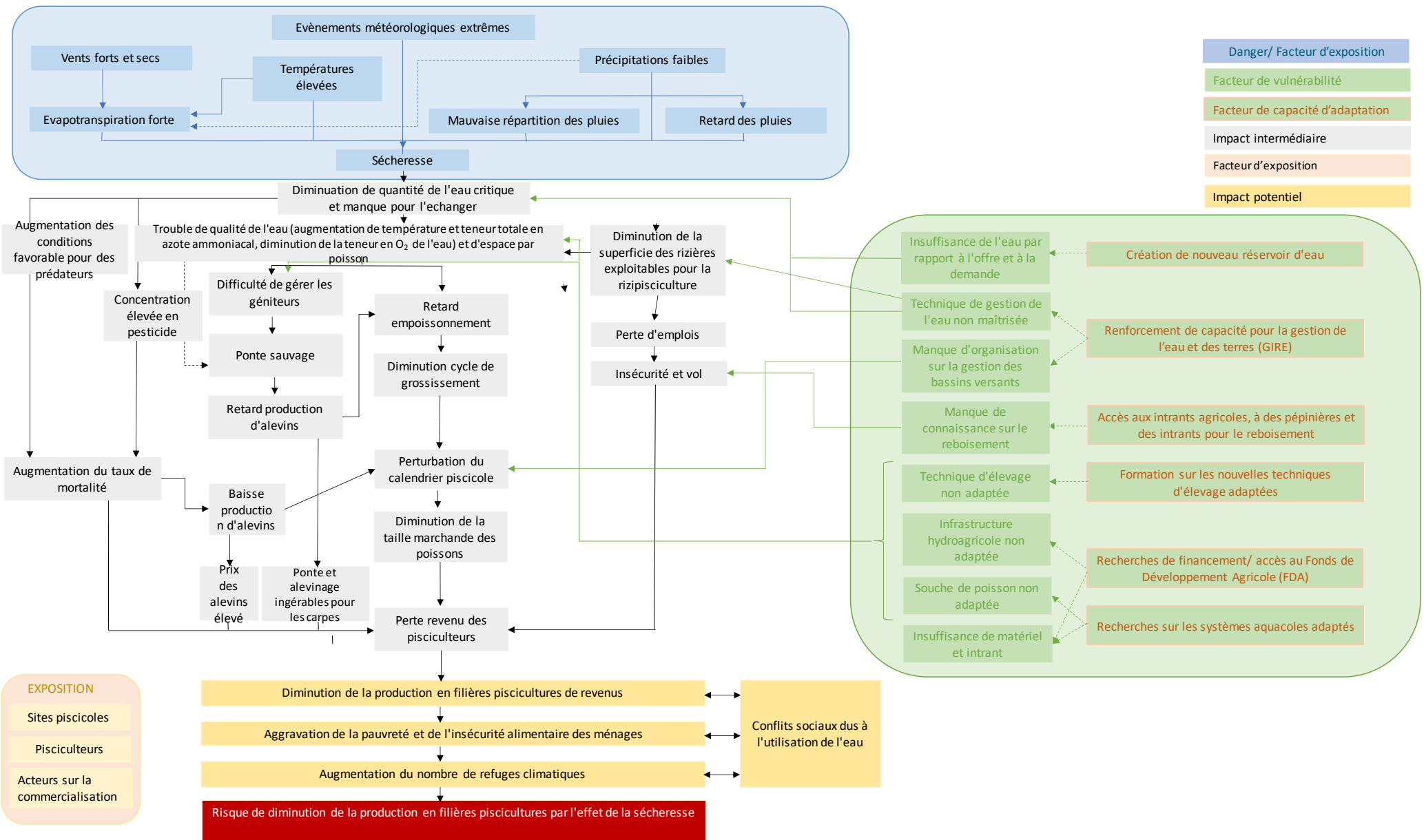


Figure 12 - Chaînes d'impacts « sécheresse » de la filière pisciculture en eau continentale sur les Hautes Terres de Madagascar

4.2. Les chaînes d'impacts validées dans les régions de la Côte Est

Pour la Côte Est de Madagascar, les acteurs concernés par le développement de l'aquaculture en eau continentale ont évoqué i) des inondations et des vents forts dus aux passages de cyclones devenus de plus en plus intenses, ii) la sécheresse. Les chaînes d'impact « Inondations et érosion » et « sécheresse » sur la Côte Est sont présentées sur les figures 13 et 14 (voir pages suivantes).

• Les inondations et les vents forts

Comme précédemment, les dangers climatiques à l'origine des inondations et des vents forts sont :

- Les fortes précipitations conjuguées avec une évapotranspiration faible et une capacité d'absorption limitée des rivières et de leurs affluents ;
- Les événements météorologiques extrêmes ;
- Les cyclones de plus en plus intenses.

Les 6 principaux impacts intermédiaires énoncés pour les régions des Hautes Terres (voir le paragraphe précédent) sont aussi valides pour la région de la Côte Est : i) le stress hydrique pour les plantes, ii) une modification de la qualité de l'eau, iii) l'enclavement des sites piscicoles, iv) l'invasion des étangs et des rizières par des poissons prédateurs, v) l'ensablement des infrastructures d'élevage et des plans d'eau, vi) des destructions de matériel et d'infrastructures d'élevage. Les détails pour chaque impact intermédiaire sont indiqués dans le chapitre précédent (voir les pages ci-dessus).

Certains aspects des impacts intermédiaires sont toutefois spécifiques aux régions de la Côte Est : sous l'effet des vents forts, des entrées d'eau de mer peuvent avoir lieu dans les lacs, les lagunes et terrains bordant la côte ce qui peut entraîner une augmentation assez soudaine de la salinité de l'eau (*modification de la salinité de l'eau*) qui peut avoir des conséquences sur les élevages en cage (mortalité, perturbation de la croissance) mais aussi sur les cultures (augmentation de la salinité du sol). Les vagues sur les lacs et les lagunes associées aux vents forts peuvent aussi fortement *endommager les infrastructures d'élevage* (cages, filets) et provoquer des pertes partielles ou totales des poissons en cage.

Les acteurs ont également souligné un autre impact intermédiaire, à savoir *la vente à perte des poissons* effectués par les pisciculteurs lorsqu'ils sont préalablement avisés de l'arrivée d'un cyclone intense. Les pisciculteurs vendent alors des poissons qui n'ont pas atteint la taille commerciale. La combinaison d'une plus petite taille des poissons et une arrivée en abondance sur le marché provoque une baisse nette du prix de vente et donc des pertes de revenus pour les pisciculteurs.

Les impacts potentiels identifiés découlant des impacts intermédiaires sont :

- La diminution de la production des piscicultures ;
- Des pertes de revenus pour les pisciculteurs ce qui aggrave la pauvreté ;
- Une augmentation du risque d'insécurité alimentaire des ménages.

Le risque identifié est donc la diminution de la production de la filière pisciculture par l'effet combiné des inondations et des vents forts.

Les facteurs de vulnérabilités identifiés sont :

- Le choix du site sans connaissance sur son inondabilité ;
- La déforestation associée à une absence ou un faible couvert végétal, notamment sur les pentes, favorisent l'érosion (et donc l'ensablement des étangs et des plans d'eau) et réduisent l'infiltration naturelle de l'eau dans le sol ;
- Un accès limité aux prévisions météorologiques afin de mieux se préparer à l'arrivée d'un événement climatique ;
- Une mauvaise connaissance des techniques adaptées pour éviter les effets des inondations : surélévation des digues des étangs et des rizières, construction de canaux de dérivation en amont et de drainage en aval, etc. ;

- Une absence d'assurance « perte de récolte » ;
- Une grande insécurité lors des événements climatiques de type cyclone / fortes pluies. Les malfaiteurs profitent de ces périodes pour perpétuer leurs méfaits sur les piscicultures (vols accompagnés souvent de dégradations des infrastructures ou du matériel) ;
- Matériel et équipement non adaptés ;
- Les traditions (Us-et-coutumes) défavorables comme par exemple le jour de travail tabou où aucune activité n'est possible. Si ce jour tombe juste après le passage d'un cyclone le pisciculteur n'interviendra pas sur sa pisciculture pour réparer les dégâts ce qui peut aggraver les pertes.

Les facteurs de capacité d'adaptation identifiés par les acteurs sont :

- La formation sur l'aménagement des sites ;
- Un accès aux prévisions météorologiques notamment concernant les événements climatiques (cyclone, forte pluviométrie, vents forts etc.) ;
- La mise en place d'une plateforme d'échange ;
- Le renforcement de capacité sur de nouvelles techniques pour faire face aux inondations (aménagement de canaux de contournement, renforcement des digues, ancrage des cages, etc.) ;
- La recherche de financement / l'accès au Fonds de Développement Agricole (FDA) ;
- La création de groupes d'épargne au niveau des villages (GVEC) ;
- La formation sur les bonnes pratiques aquacoles ;
- Protection des bassins versants.

• **La sécheresse**

Le danger climatique de la sécheresse est dû essentiellement aux effets des températures élevées, d'une évapotranspiration forte et de précipitations faibles. Ce dernier facteur a comme impact une mauvaise répartition des pluies au cours de la saison et/ou un retard des pluies en début de saison.

Les impacts intermédiaires de la sécheresse énoncés pour les régions des Hautes Terres sont aussi valides pour la région de la Côte Est : i) la diminution de la quantité d'eau, ii) la modification de la qualité de l'eau, iii) le développement de prédateurs comme les insectes aquatiques (voir le détail dans le chapitre précédent).

Il est également signalé par les acteurs que les conflits liés à l'usage de l'eau en période de sécheresse conduisent à des actes de sabotages entre les utilisateurs de l'eau (agriculteurs, pisciculteurs etc.) ce qui accroît l'insécurité en général.

Les quatre impacts potentiels découlant des impacts intermédiaires sont :

- La diminution de la surface en production et des personnes intéressées par la pisciculture ;
- Des pertes de revenus pour les pisciculteurs ce qui aggrave la pauvreté ;
- Une augmentation du risque d'insécurité alimentaire des ménages ;
- Une augmentation des conflits sociaux liés à l'utilisation de l'eau.

Chaînes d'impacts de la filière pisciculture en Eau Continentale sur la côte Est de Madagascar

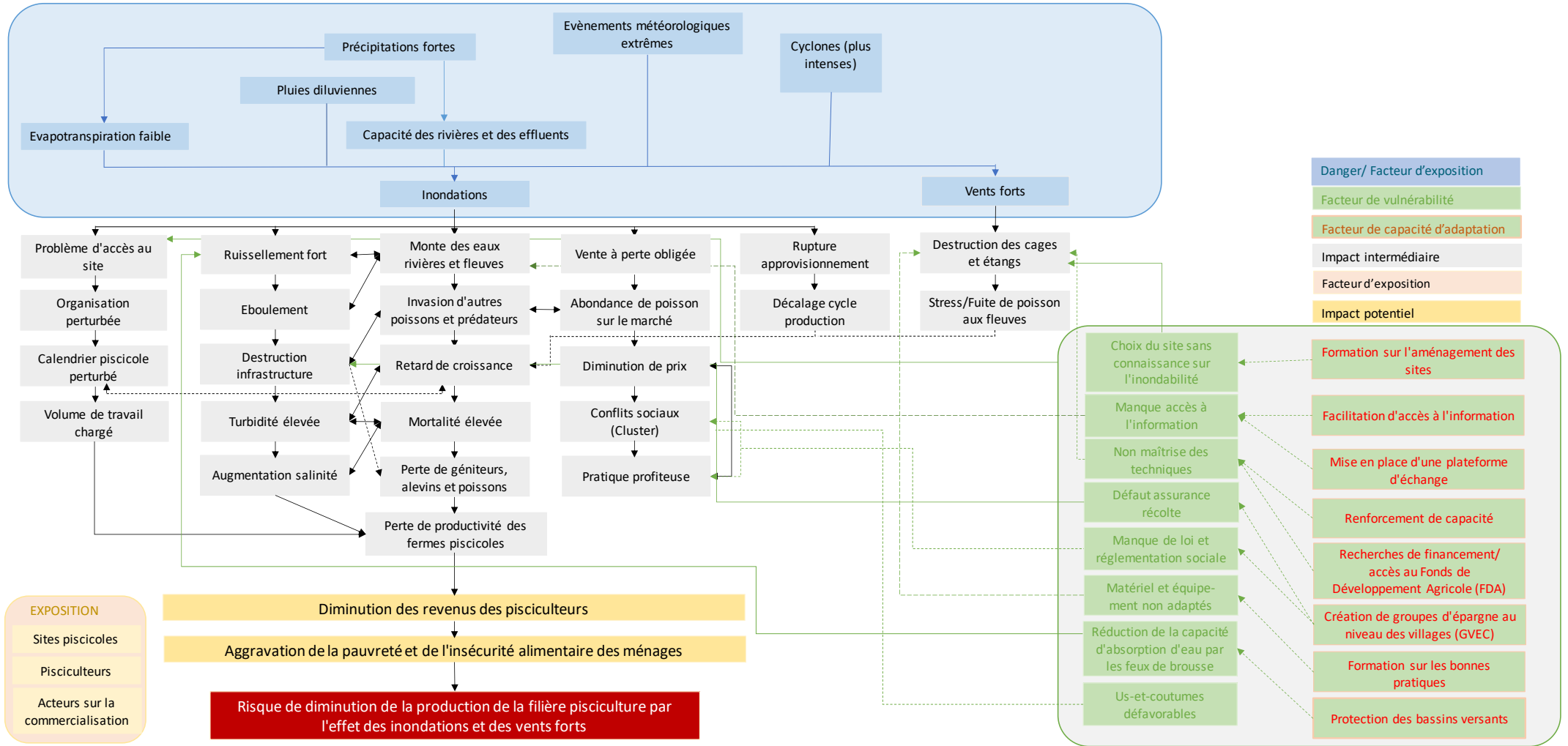


Figure 13 - Chaînes d'impacts « inondations et vents forts » de la filière pisciculture en eau continentale sur la Côte Est de Madagascar

Chaînes d'impacts de la filière pisciculture en Eau Continentale sur la côte Est de Madagascar

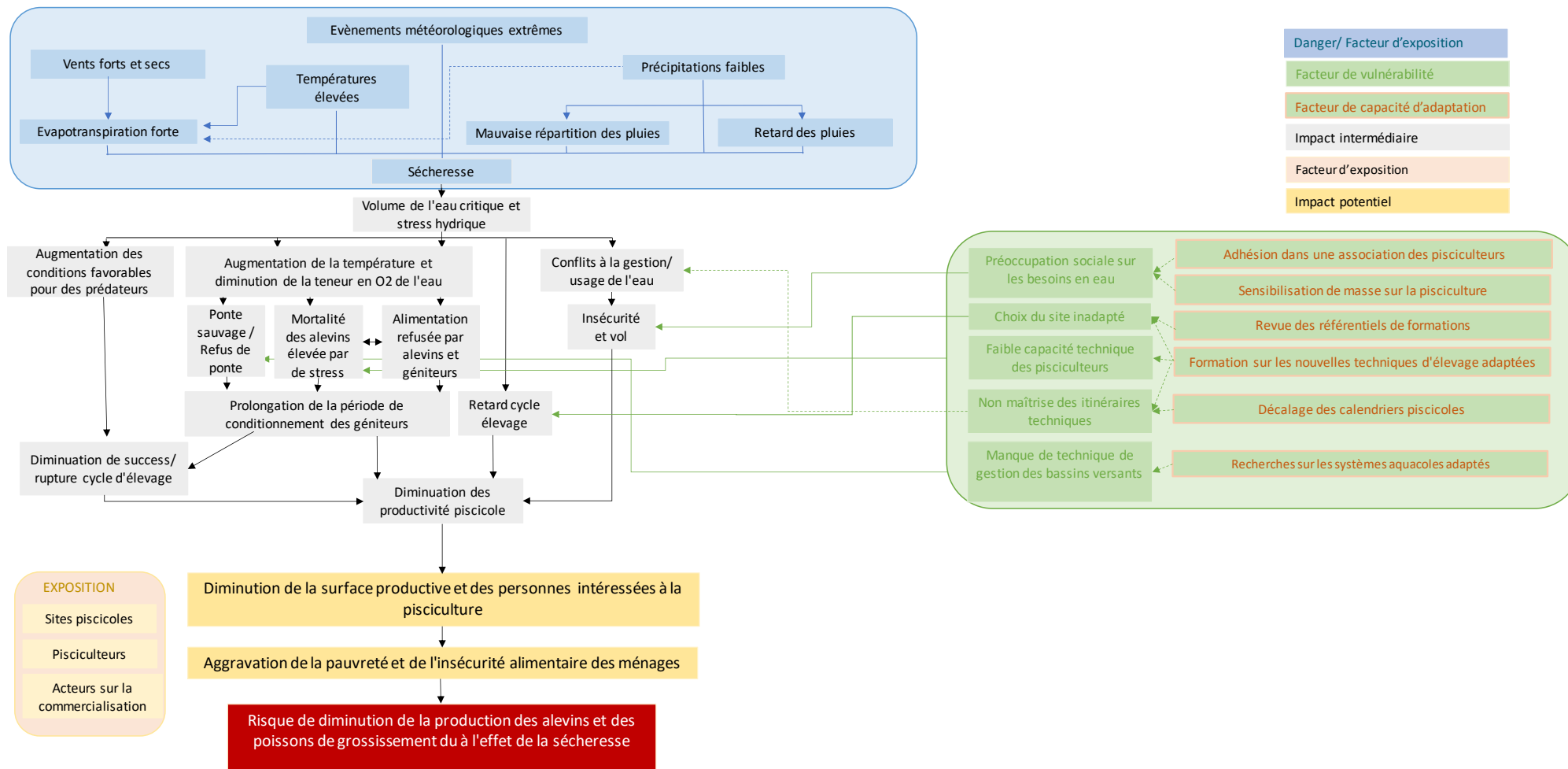


Figure 14 - Chaînes d'impacts « sécheresse » de la filière pisciculture en eau continentale sur la Côte Est de Madagascar

5. Développement des indicateurs

5.1. Des données aux indicateurs

La première étape est un long travail de collecte de l'information, de recherche et d'analyse des données disponibles. En effet, elles peuvent être parfois sous différents formats (textes, tableurs, ...) et ne sont donc pas toujours prêtes à être utilisées dans un Système d'Information Géographique (SIG). Les données brutes doivent être enregistrées, formatées et analysées. Elles peuvent ne représenter qu'une partie de l'information souhaitée pour la construction des indicateurs choisis et les questions se posent quant à leur utilisation dans le cadre de l'étude ou leur combinaison avec d'autres jeux de données. Afin de conserver une traçabilité et une transparence maximum dans l'élaboration de l'analyse, chaque indicateur finalement retenu est cartographié et ses méta-informations précieusement renseignées dans une fiche signalétique individuelle.

Voici ci-dessous une sélection d'indicateurs possibles qui ont été envisagés pour évaluer les chaînes d'impact et le risque dans le système de l'approche. Il s'agissait également d'une étape importante dans la réflexion sur la poursuite de l'étude et de la nécessité de disposer de données supplémentaires pour l'évaluation de la vulnérabilité.

• Indicateurs pour les facteurs d'exposition et les impacts :

- Les prévisions de précipitations : i) carte des risques naturelles (données disponibles via le GIEC) montrent généralement des aspects de l'évaluation des risques en relation avec d'autres facteurs, comme par exemple « comment l'approvisionnement en eau sera influencé à l'avenir », ii) Carte des études concernant les risques d'inondations (USAID) ;
- Les prévisions du nombre de cyclones : pas de données systématiquement disponibles mais une augmentation du nombre de cyclone est prévisible du fait de l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration qui vont modifier les précipitations en générale. Les rapports du GIEC et les études nationales ne sont pas suffisantes pour le vérifier ;
- Les prévisions des températures annuelles maximums et minimums : carte des risques naturelles (données disponibles via le GIEC) ;
- L'estimation des eaux pluviales disponibles par bassin versant dans les régions pour l'année 2021 : carte des risques naturelles (données disponibles par GIEC/ FAO VAPOR) et interprétation des tendances futures, l'augmentation des températures et de la population par exemple vont diminuer la disponibilité globale de l'eau.

La discussion a porté sur la possibilité d'utiliser des indicateurs plus spécifiques pour la pisciculture. La combinaison de températures maximales élevées de l'air et de la température de l'eau n'est pas possible en raison de la complexité de leurs interactions. Une température de l'air plus élevée augmente la probabilité d'une température de l'eau plus élevée. De même, une évaporation accrue entraîne une diminution du volume d'eau, ce qui a une influence négative sur la température de l'eau et, par conséquent, sur les conditions de vie de la population de poissons. Cela dépend bien sûr fortement de la ressource en eau douce disponible pour l'échange.

Cette complexité est également liée aux différentes espèces de poissons élevées par les pisciculteurs. La carpe est plus adaptée au climat des Hautes Terres et le tilapia à celui de la Côte Est. La température est le facteur principal pour comprendre cette distribution :

- La croissance de la carpe est optimale entre 20 et 26°C mais la carpe continuera à se développer entre 15 et 20 °C. Ainsi, la carpe peut se développer toute l'année sur les Hautes Terres ;
- La croissance du tilapia est optimale entre 24 et 30 °C. Le tilapia cesse de se développer lorsque la température est inférieure à 20°C. La période de croissance du tilapia sur les Hautes Terres sera donc

limitée entre septembre/octobre et avril/mai. Le poisson ne se développera pas pendant la période hivernale (mai à août). Sur la Côte Est, le tilapia se développera toute l'année avec une diminution de la croissance en période hivernale.

La température de reproduction a également été prise en considération :

- Le tilapia se reproduit lorsque la température est supérieure à 22°C. La reproduction sur les Hautes Terres aura lieu entre septembre et avril. La période optimale pour la reproduction du tilapia (au-dessus de 24°C) s'étend d'octobre à avril. Sur la Côte Est, la reproduction sera possible de septembre à mai/juin.
- La reproduction de la carpe a lieu après la période hivernale et lorsque la température est supérieure à 18 °C. La température maximale pour la reproduction de la carpe est de 24°C. En fait, la carpe peut se reproduire de septembre à février/mars sur les Hautes Terres. La température sur la Côte Est n'est pas vraiment adaptée pour la reproduction de la carpe, car elle ne descend pas assez bas en hiver et augmente rapidement au-dessus de 24°C après la période hivernale.

Cependant, les données disponibles en tant qu'indicateurs ne sont pas suffisantes pour modéliser des affirmations aussi spécifiques, elles n'indiquent que des probabilités.

- **Indicateurs pour l'exposition :**

- Le nombre d'aquaculteurs et le système d'élevage utilisé (étang, rizière, cage) : cartes établies par commune, mais données manquantes pour la région d'Atsinanana (source : APDRA) ;
- La densité de population et l'évolution démographique (données disponibles via le GIEC) ;
- La superficie des fermes piscicoles (étang ou rizière en rizipisciculture) et le volume d'élevage pour les fermes en cage ne sont pas disponibles (non utilisable pour l'établissement d'un indicateur).

- **Indicateurs pour la vulnérabilité :**

- La perception, par les participants aux ateliers interrégionaux, des mesures concernant la gestion intégrée des ressources en eau (voir l'annexe 1 – récapitulatif des ateliers interrégionaux) ;
- La disponibilité des infrastructures pour le stockage de l'eau : recensement pas disponible, seules les données sur la localisation des barrages financés par la Banque Mondiale sont disponibles ;
- La perception, par les participants aux ateliers interrégionaux, des chiffres de la production aquacole à Madagascar (voir l'annexe 1 – récapitulatif des ateliers interrégionaux). Les données annuelles de la FAO concernant la production aquacole à Madagascar sont relativement correctes ;
- Les données sur le taux de déforestation sont disponibles sur Copernicus, mais ne concerne que les zones forestières clés pour 2000 et 2017. Les données sont trop parcellaires pour une analyse systématique. On pourrait inclure des rapports publics disponibles (FAO), mais cet aspect est mieux reflété par l'indicateur GIRE ;
- Les cartes géographiques avec les courbes de niveaux sont disponibles auprès d'Eco-Consult. Il n'existe toutefois aucune cartographie détaillée identifiant les zones favorables à l'installation des étangs sur la base de ces cartes avec les courbes de niveau.

5.2. Le traitement des indicateurs

Une fois que des indicateurs appropriés ont été identifiés et construits, ils doivent être traités. Le traitement lui-même se compose de deux phases principales, qui sont bien expliquées dans le Sourcebook : normalisation et pondération.

5.2.1. Normalisation des indicateurs

Les indicateurs doivent être normalisés afin d'être comparables entre eux dans leur échelle de valeurs. Dans la littérature, le terme "normalisation" est appliqué à la transformation des valeurs des indicateurs mesurés selon

différents systèmes métriques, avec différentes unités et avec des distributions de valeurs hétérogènes. L'objectif est de les rendre comparables. En effet, sans le processus de normalisation, il y aurait incompatibilité des unités de mesure entre les différents indicateurs de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de menace.

Donc, pour permettre cette comparaison et l'agrégation des indicateurs, nous donnons à chaque indicateur la même échelle de grandeur, comme par exemple des valeurs normalisées de 0 à 100. L'objectif est ensuite de définir ensemble des seuils critiques pour les valeurs des indicateurs, c'est-à-dire des seuils de rupture permettant l'interprétation. Il s'agit là d'un aspect important de la normalisation, ces seuils permettant d'obtenir la logique et la compréhension d'une relation entre les valeurs des indicateurs et le risque de CC à estimer.

5.2.2. Pondération des indicateurs

La deuxième étape consiste à s'interroger sur la pondération des indicateurs. La pondération est une étape intermédiaire avant l'agrégation des indicateurs. Son but est d'attribuer des poids différents aux indicateurs. Elle vise à mettre en évidence certains indicateurs en donnant plus de poids à leur importance par rapport aux autres.

Les experts de l'équipe doivent décider d'appliquer (ou non) une pondération spécifique aux indicateurs identifiés. Dans les cas où il n'existe pas de hiérarchie claire entre les facteurs, il est possible d'attribuer le même poids à chaque indicateur.

- La valeur 0 représente les conditions optimales, la situation dans laquelle la vulnérabilité est la plus faible ;
- La valeur 100 représente la situation la plus critique, où un système ne fonctionne plus et où la vulnérabilité est élevée ;
- Il convient de définir les seuils qui permettent la lecture des indicateurs.

5.2.3. Agrégation des indicateurs

La dernière étape pour la création des indices finaux de risque consiste à agréger ensemble les indicateurs qui composent la vulnérabilité et les menaces en sous-indices, qui sont à leur tour agrégés pour former l'indice de risque souhaité.

L'étape d'agrégation a pour but de rassembler les informations finales en un indice de risque. Celui-ci est le résultat de l'agrégation des informations précédentes sur les menaces et les vulnérabilités du système. On agrège donc les composantes du risque. Pour ce faire, on crée des sous-indices en tenant compte de ceux créés précédemment pour chacune de ces composantes, avant de les agréger ensemble pour obtenir l'indice de risque final. Le schéma d'agrégation est présenté ci-dessous.

Une agrégation arithmétique est appliquée pour la composition des sous-indices de vulnérabilité et de menace. Une agrégation géométrique est utilisée pour l'agrégation finale des deux sous-indices. Cela repose sur le cadre conceptuel qui définit le risque comme la multiplication de la menace et de la vulnérabilité. Cette multiplication repose sur la nécessité de disposer à la fois d'un aléa et d'une vulnérabilité pour créer une situation de risque. Sans danger, il n'y a pas de risque. L'agrégation géométrique est donc basée sur les caractéristiques du risque.

Les résultats de l'agrégation des indicateurs sont résumés sur la figure 15. Pour les quatre chaînes d'impact, la vulnérabilité est extrêmement élevée pour la sécheresse en ce qui concerne la capacité à s'adapter aux conséquences négatives et haute pour les inondations et l'érosion. Les impacts ont été calculés comme étant élevés, mais il faut tenir compte du fait que la situation actuelle en matière d'impact sur le CC est déjà grave pour le secteur de l'aquaculture. Cela signifie que la situation continuera à se dégrader si des options d'adaptation ne sont pas prises.

Région(s)	Impact(s)	IMPACT POTENTIEL	CAPACITÉ D'ADAPTATION	IMPACT SUR LA VULNÉRABILITÉ
Haute Terres	Inondations et érosion	0,57	0,75	0,66
	Sécheresses	0,65	0,75	0,70
Côte Est	Inondations et les vents forts	0,64	0,63	0,63
	Sécheresses	0,65	0,75	0,70

Valeur de l'indicateur :

0-0,25	faible valeur en termes de vulnérabilité
0,251-0,5	valeur moyen en termes de vulnérabilité
0,51-0,75	valeur haute en termes de vulnérabilité
0,751-1	valeur élevée en termes de vulnérabilité

Figure 15 - Résultats d'agrégation des indicateurs sur la vulnérabilité à la sécheresse, aux inondations, à l'érosion et aux vents forts de la filière pisciculture en eau continentale sur les Hautes Terres et la Côte Est de Madagascar.

Les indices de risque ont été calculés pour chacune des zones concernées, à savoir les 5 régions des Hautes Terres et la région de la Côte Est. Ils ne sont donc pas à haute résolution spatiale. Néanmoins, les cartes des risques naturels et les cartes relatives à l'aquaculture présentées ci-dessous fournissent suffisamment d'informations pour permettre d'évaluer les risques, y compris au niveau local.

5.3. Les résultats cartographiques finaux sur les risques naturels régionaux

Les dangers « Inondation » et « Sécheresse » ont été identifiés tant sur les Hautes Terres que sur la Côte Est de Madagascar pour le développement de l'aquaculture continentale. Le degré de leurs impacts n'est pas le même d'une région à l'autre. Pour la Côte Est, l'inondation est causée par l'effet du passage des cyclones, tandis que sur les Hautes Terres c'est surtout les précipitations intenses qui provoquent les inondations.

Pour la sécheresse, sur les Hautes terres, elle est devenue alarmante pour les pisciculteurs depuis quelques années.

Deux paramètres climatiques sont utilisés pour évaluer la situation :

- La variation du volume des précipitations à moyen terme (2021-2040) et à long terme (2041-2060) ;
- Le nombre de jour sec consécutif à moyen terme (2021-2040) et à long terme (2041-2060).

Les valeurs de ces paramètres (volume de précipitations et nombre de jours secs) sont valables à l'échelle régionale mais la résolution des cartes est trop faible pour indiquer précisément ce qui se passera à l'échelle locale (une commune par exemple).

Le tableau 1 résume la variation du volume des précipitations (en mm/jour) selon les projections à moyen (2021-2040) et à long terme (2041-2060) par rapport à la période 1995-2014 (Source Cordex Africa, Mahatsangy Geonode – Madagascar).

Tableau 1 - Variation (en %) du volume des précipitations à moyen (2021-2040) et à long (2041-2060) termes par rapport à la période 1995-2014 dans les régions des Hautes Terres et de la Côte Est

<i>Régions</i>	<i>Changement (en %) du volume de précipitations 2021-2040</i>	<i>Changement (en %) du volume de précipitations 2041-2060</i>
Matsiatra Ambony	0 à -3%	-5 à -2%
Amoron'i Mania	-2 à +1%	-5 à -2%
Vakinankaratra	-2 à +3%	-5 à +2%
Analamanga	0 à +1%	-1 à 0%
Itasy	0 à +2%	-3 à 1%
Atsinanana	0 à +1%	-5 à -2%

Les interprétations suivantes sont avancées à moyen terme (2021-2040), interprétations qui sont basées sur le cumul des précipitations et non sur leur répartition au cours de la saison de pluie :

- La diminution globale des précipitations n'est pas encore préoccupante pour les régions d'Analamanga, de l'Itasy et d'Atsinanana. Au contraire les précipitations pourraient être stables voire positives ;
- Les précipitations pourraient être très variables pour les régions d'Amoron'i Mania et du Vakinankaratra. Elles pourraient être soit négatives de -2%, soit positives de 1% et 3%, respectivement pour l'Amoron'i Mania et le Vakinankaratra.

Sur le long terme (2041-2060), la situation, par contre, devient très alarmante dans toutes les régions, exceptée l'Analamanga où les précipitations resteront plutôt stables (-1 à 0%) :

- Matsiatra Ambony, Amoron'i Mania et Atsinanana connaîtront une forte diminution des précipitations pouvant aller de -5 à -2% ;
- Pour l'Itasy, les précipitations à long terme pourront être plus variables, de -3 et +1%.

Globalement, les six régions de la zone d'intervention connaîtront une diminution des précipitations sur le long terme. Cette diminution pourrait s'aggraver si aucune mesure d'atténuation (reboisement, protection des bassins versants etc.) des effets du CC ne sont prises.

Concernant le nombre de jours secs consécutifs, le tableau 2 résume les résultats obtenus avec la même source de données que les précipitations.

Tableau 2 – Variation du nombre de jours secs consécutifs à moyen (2021-2040) et à long (2041-2060) termes par rapport à la période 1995-2014 dans les régions des Hautes Terres et de la Côte Est.

<i>Régions</i>	<i>Nombre de jours secs consécutifs 2021-2040</i>	<i>Nombre de jours secs consécutifs 2041-2060</i>
Matsiatra Ambony	+1 à +4	+3 à +8
Amoron'i Mania	+1 à +3	+4 à +8
Vakinankaratra	0 à +7	+1 à +10
Analamanga	+4 à +5	+3 à +8
Itasy	+3 à +7	+3 à +7
Atsinanana	+1 à +2	+1 à +2

Une nette augmentation du nombre de jours secs consécutifs est constatée sur le moyen terme dans les régions d'Analamanga et de l'Itasy. Par contre elle est modérée dans les autres régions. A long terme, seule la région d'Atsinanana ne connaît pas une augmentation significative du nombre de jours secs consécutifs.

6. Les principales constatations et les options pour l'adaptation du secteur de l'aquaculture en eau continentale au changement climatique

6.1. Les principales constatations

Ce travail constitue la première étude sur la vulnérabilité du secteur de l'aquaculture continentale à Madagascar vis-à-vis du CC. Des participants aux ateliers ont évoqué l'intérêt d'étendre ce type d'étude à d'autres régions du territoire national. Les acteurs du secteur de l'aquaculture continentale (secteur public, secteur privé notamment les pisciculteurs, les ONGs etc.) sont conscients de l'importance de la prise en considération des effets du CC sur l'activité aquacole présente et future. A ce jour, les données précises sur le climat actuel et son évolution à Madagascar restent encore insuffisantes. Toutefois, cette première analyse de la vulnérabilité et de la stratégie d'adaptation au changement climatique pour l'aquaculture en eau douce dans six régions de Madagascar (Haute Matsiatra, Amoron'i Mania, Vakinankaratra, Analamanga, Itasy et Atsinanana) ont permis de faire plusieurs constats :

- Les cyclones sont devenus plus intenses ce qui, pour le secteur de l'aquaculture continentale, se traduit par des inondations plus fréquentes et plus dévastatrices. Dans certaines régions ces inondations sont accompagnées de vents forts. Ces inondations et ces vents forts provoquent des pertes significatives sur les cheptels de poissons (géniteurs, alevins et poisson en grossissement) et des dégâts parfois importants sur les infrastructures d'élevage (cassure dans les digues, inondations prolongées des rizières et des étangs, destruction de matériel) ;
- Des sécheresses plus fréquentes et qui sont devenues préoccupantes dans certaines régions. Elles provoquent une insuffisance de la ressource en eau ce qui a un impact direct sur les performances d'élevage des piscicultures, tout en augmentant les risques de conflits avec les autres utilisateurs de l'eau.

Ces phénomènes climatiques ont des impacts à court terme pour les pisciculteurs :

- Une diminution de la production des piscicultures (pertes, retard dans les cycles d'élevage, dégâts aux infrastructures etc.). A noter que la perte de géniteurs, par exemple, peut avoir un impact sur plusieurs années (long terme) pour un pisciculteur qui doit reconstituer son stock ;
- Une perte de revenus des pisciculteurs liée à la diminution de la production ;
- Une aggravation de la pauvreté et une augmentation du risque d'insécurité alimentaire qui sont liées à la perte de production et de revenus ;

Le changement climatique peut avoir des impacts à moyen et long terme pour les pisciculteurs et pour la filière :

- Une augmentation des conflits sociaux liés à l'utilisation de l'eau pour les activités agricoles ;
- Une diminution des surfaces en production suite à l'abandon / l'arrêt de l'activité par manque d'eau ou suite à des inondations trop fréquentes ;
- Un déclin de l'activité aquacole à l'échelle du pays si, du fait du CC, l'activité devient moins rentable et surtout plus risquée.

6.2. Les options d'adaptation dans les régions des Hautes Terres et de la Côte Est : Renforcement des capacités et perspectives régionales

6.2.1. Les options communes aux régions des Hautes Terres et de la Côte Est

Les piscicultures dans les régions des Hautes Terres de Madagascar sont caractérisées par des sites se trouvant sur les bas-fonds des vallées. Ces vallées sont entourées de collines avec des pentes variables et les bassins versants sont le plus souvent dénudés et dépourvus d'arbres ou d'arbustes qui protègent de l'érosion. Les

phénomènes de *lavakisation* sont très fréquents et ont des impacts très négatifs sur l'ensablement des sites piscicoles (pisciculture en étang et rizipisciculture). La *lavakisation* est un phénomène d'érosion intense des sols, lié au ruissellement des eaux de pluie mais aussi possiblement lié à la pression anthropique. Pour la Côte Est par contre, les forêts d'albusia sont encore présentes et protègent les bas-fonds. La pente des bassins versants est plus douce dans la partie de la région où se situe les principaux sites aquacoles (district de Brickaville). Les effets du CC sont aussi quelque peu différents. La Côte Est, par exemple, est plus exposée à des vents cycloniques forts que les Hautes Terres. Dans les régions des Hautes Terres, les risques de sécheresse sont plus élevés que sur la Côte Est.

De part ces deux contextes très différents, les options d'adaptation sur les Hautes Terres et sur la Côte Est sont parfois spécifiques. Néanmoins, les options d'adaptation suivantes peuvent être retenues comme communes à toutes les régions des Hautes Terres et de la Côte Est :

- **Pour les inondations**

- Réduire les effets des inondations et notamment des flux d'eau lors des fortes précipitations par :
 - ✓ La protection des bassins versants et leur reboisement pour réduire l'érosion / l'ensablement des étangs et pour faciliter l'infiltration naturelle de l'eau dans le sol ;
 - ✓ L'éradication progressive des feux de brousse qui favorisent le phénomène de *lavakisation* ;
 - ✓ L'aménagement de culture en terrasse sur les pentes des collines ;
 - ✓ La construction des nouveaux sites piscicoles dans des zones moins exposées au risque d'inondations comme c'est le cas actuellement dans les bas-fonds de vallée ;
 - ✓ La promotion de techniques agroécologiques plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques.
- Effectuer des aménagements pour protéger les infrastructures d'élevage (étangs, rizières etc.) par :
 - ✓ Le rehaussement des digues (étangs) et des diguettes (rizipisciculture) ;
 - ✓ La construction de canaux de dérivation en amont et en aval des sites piscicoles pour évacuer les flux d'eaux en excès. La réduction des inondations réduira également les risques d'ensablement des infrastructures ;
 - ✓ L'entretien et le curage régulier des canaux en amont et en aval des sites piscicoles.

- **Pour la sécheresse**

- Prévoir une meilleure gestion de l'eau par :
 - ✓ La construction de réservoirs d'eau, en amont des sites piscicoles, utilisables en cas de sécheresse ;
 - ✓ Une gestion appropriée de l'eau (réduire l'apport d'eau lors du conditionnement des géniteurs, sur les infrastructures d'élevage avec des faibles densités de poisson etc.) ;
 - ✓ Une augmentation, si possible, de la capacité de stockage d'eau dans les étangs (étang plus profond et plus grand par exemple) ;
 - ✓ La réalisation d'une étude sur la disponibilité et la pérennité de la ressource en eau avant toute nouvelle installation d'un site piscicole ;
 - ✓ La promotion de techniques agroécologiques plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques.
 - ✓ La création d'Associations des Usagers de l'Eau impliquants tous les acteurs du secteur agricole pour éviter les conflits liés à l'usage de l'eau.
- Adapter les techniques d'élevage par :
 - ✓ La diminution de la quantité d'aliment distribuée aux alevins, aux géniteurs et aux poissons pour éviter toute diminution du taux d'O₂ dissous dans l'eau ce qui peut causer des mortalités ;
 - ✓ L'ajustement de la densité de mise en charge des poissons dans les infrastructures d'élevage ;
 - ✓ L'augmentation des dimensions des canaux refuges dans les rizières ;
 - ✓ L'installation des cages dans les zones les plus profondes des lacs et des plans d'eau.

- **Pour les vents forts :**

- Protéger les sites des effets du vent par :
 - ✓ Une localisation des nouveaux sites piscicoles à l'abri des vents (entre deux collines par exemple) ;
 - ✓ Une plantation de brise-vents pour protéger les étangs ;
 - ✓ Un entretien régulier de l'environnement proche des infrastructures piscicoles (élagage des branches des arbres qui pourraient provoquer des dégâts aux infrastructures et aux équipements par exemple) ;
- Adapter les systèmes d'ancrage pour résister aux conditions de vents cycloniques par :
 - ✓ Un ajustement technique des ancrages (corps morts, diamètre des cordes etc.) aux conditions cycloniques ;
 - ✓ L'utilisation de matériel d'élevage (cages et filets) de qualité offrant une meilleure résistance aux conditions cycloniques.

D'autres adaptations pourraient aussi contribuer à réduire les impacts du CC pour le secteur de l'aquaculture en eau continentale. Ces adaptations requièrent des actions impliquant plusieurs acteurs, des formations, une meilleure organisation des pisciculteurs, une meilleure communication entre les acteurs de la chaîne de valeur etc. Les principales adaptations évoquées sont les suivantes :

- La mise en place d'outils communs regroupant tout ou partie des acteurs de la chaîne de valeur :
 - ✓ La création d'une plate-forme d'échange ;
 - ✓ La création d'organisations piscicoles (associations, regroupements, coopératives etc.) ;
 - ✓ Le soutien à la mise en place d'Association des Usagers de l'Eau à l'échelle locale.
- Un meilleur accès aux informations, données et directives importantes pour le secteur :
 - ✓ Un accès des pisciculteurs aux prévisions météorologiques notamment concernant les événements climatiques (cyclone, forte pluviométrie, vents forts etc.) pour mieux se préparer ;
 - ✓ La collecte et la diffusion d'informations sur l'hydrologie aidant à la prise de décision lors de l'installation de nouveaux sites piscicoles ;
 - ✓ Des directives administratives claires sur les sites favorables à la construction des étangs, sur les méthodes de terrassement, sur la protection des forêts dans certaines zones etc.
- La formation et le renforcement des capacités des acteurs de la chaîne de valeur, notamment des pisciculteurs, sur :
 - ✓ De nouvelles techniques pour faire face aux inondations (aménagement de canaux de contournement, renforcement des digues, ancrage des cages, etc.) ;
 - ✓ Les bonnes pratiques piscicoles et les nouvelles approches piscicoles adaptées au CC ;
 - ✓ La gestion de l'eau et des terres (GIRE ou Gestion Intégrée des Ressources en Eau).
- La recherche :
 - ✓ La mise en œuvre des programmes de recherche appliquée sur de nouveaux itinéraires techniques pour contourner les impacts du CC ;
 - ✓ La mise en œuvre des programmes sur la sélection d'espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions climatiques.
- Le soutien financier aux acteurs de la chaîne de valeur pour faire face aux impacts du CC :
 - ✓ L'accès au Fonds de Développement Agricole (FDA) ;
 - ✓ La création de groupes d'épargne au niveau des villages (GVEC).

6.2.2. Les options spécifiques d'adaptation pour les régions des Hautes Terres

Certaines options d'adaptation sont plus spécifiques aux régions des Hautes Terres (voir le détail dans les tableaux 3 et 4).

Face au danger climatique lié aux fortes précipitations, aux cyclones plus intenses, à la grêle plus fréquente etc. qui se traduisent par un impact physique de type « Inondations et érosion », les options spécifiques d'adaptation proposées sont les suivantes :

- La formation des pisciculteurs à une conduite d'élevage de la carpe adaptée à l'arrivée tardive de la saison des pluies. Cette nouvelle conduite d'élevage pourrait consister à empoissonner des alevins plus gros afin de réduire la durée du cycle de grossissement en étang/rizière. Cette approche implique que les alevineurs produisent également des alevins plus gros pour les grossisseurs ;
- La recherche variétale sur des plantes mieux adaptées au stress hydrique et qui sont utilisés dans la fabrication d'aliments aquacoles de qualité. L'objectif est d'augmenter la production locale de matières premières végétales destinées à l'alimentation des poissons ;
- La réduction de l'utilisation de fertilisants chimiques en agriculture. Une partie de ces fertilisants sont lessivés dans les étangs/rizières lors des fortes pluies ce qui modifie brusquement les propriétés physico-chimiques de l'eau dans les étangs et les rizières ;
- La formation des pisciculteurs à mieux gérer les changements brusques des propriétés physico-chimiques de de l'eau (turbidité, pH) suite à des fortes pluies pour réduire les mortalités ;

Face au danger climatique lié aux vents forts et secs, aux températures plus élevées, aux précipitations faibles etc. qui se traduisent par un impact physique de type « sécheresse prolongée », les options suivantes sont proposées :

- La formation des pisciculteurs à mieux gérer les changements brusques des propriétés physico-chimiques de de l'eau (pH, oxygène dissous) lors de sécheresses prolongées pour réduire les mortalités ;
- La formation à une bonne maîtrise de la gestion de l'eau par les rizipisciculteurs, la rizipisciculture étant le système d'élevage prédominant dans les régions des Hautes Terres.
- La formation des pisciculteurs sur le choix des sites, la construction des infrastructures et la protection des bassins versants en tenant compte des spécificités des régions des Hautes Terres (vallée encaissée, pente abrupte, déforestation forte etc.).

6.2.3. Les options spécifiques d'adaptation pour la région de la Côte Est

Certaines options d'adaptation sont plus spécifiques à la région de la Côte Est (voir le détail dans les tableaux 5 et 6).

Face au danger climatique lié aux fortes précipitations et aux cyclones plus intenses qui se traduisent par un impact physique de type « Inondations et vents forts », les options spécifiques d'adaptation sont proposées :

- Une étude des risques environnementaux préalablement à toute nouvelle implantation de site piscicole en bassin, en étang ou en cage : cette étude doit conduire à installer les nouveaux sites piscicoles dans les zones les moins exposées aux risques climatiques et environnementaux.
- La diffusion des informations sur la montée des eaux (douces et marines) dans les zones côtières lors du passage d'un cyclone. Comme précédemment ces informations permettront de mieux localiser les nouveaux sites piscicoles dans des zones moins exposées au risque de montée des eaux ;
- Une amélioration des routes et des pistes qui sont susceptibles d'être bloquées sur de longue période après le passage d'un cyclone. Cet enclavement bloque l'arrivée des intrants (aliments, alevins) et empêche la commercialisation de la production par les pisciculteurs.

Face au danger climatique lié aux vents forts et secs, aux températures plus élevées, aux précipitations faibles qui se traduisent par un impact physique de type « sécheresse », les options d'adaptation suivantes sont proposées :

- La formation des pisciculteurs à mieux gérer les changements brusques des propriétés physico-chimiques de de l'eau (pH, oxygène dissous) lors de sécheresses ce qui permettra de réduire les mortalités ;
- La formation des pisciculteurs sur le choix des sites, la construction des infrastructures et la protection des bassins versants en tenant compte des spécificités des régions de la Côte Est (présence de zones humides, proximité de l'océan etc.).
- L'amélioration et l'augmentation de la production locale d'aliment extrudé (flottant) à l'élevage en cage. La Côte Est dispose du plus fort potentiel de développement de l'élevage en cage à Madagascar. Un aliment de qualité contribuera à mettre en valeur ce potentiel. Les cages étant installés dans des lacs et des plans d'eau elles sont moins exposées au risque de sécheresse et permettent donc de produire même lors d'un impact physique « sécheresse » fort ce qui n'est pas le cas des autres systèmes d'élevages (étang et rizière).

Tableau 3 - Options spécifiques d'adaptation aux inondations et à l'érosion sur les Hautes Terres – Résultats des ateliers interrégionaux

Chaîne d'impacts climatiques	Impact attendu sur les groupes exposés liés à l'aquaculture	Faisabilité et prérequis		Echelle temporelle de l'option d'adaptation	Synergie potentielle	Impacts positifs indirects	Risques potentiels
		Technique	Financière (investissement et coût d'exploitation)				
Inondation							
Stress hydrique pour les plantes	Pisciculteur disposant d'un aliment de qualité et de matières premières	Faisabilité technique complexe : Matériel de sélection génétique dépassé	Coût financier important : Recherche onéreuse	Court terme : Recherche Moyen terme : Diffusion des résultats	Agriculture	Augmentation de la disponibilité en matières premières	Disponibilité de financement de la recherche
Diminution des matières premières Augmentation prix matières premières et alimentation	Pisciculteur disposant de matières premières à meilleur prix	Faisabilité technique complexe : Normes des infrastructures routières et des points de vente	Coût financier important : Coût élevé pour la construction et/ou la réhabilitation des routes et des voies de desserte Coût élevé pour la construction de point de vente	Moyen terme : Construction point de vente Long terme : Construction des infrastructures routières	Toute la population de la zone	Désenclavement de la zone	Financement
Trouble de la qualité de l'eau Changement pH, O2 Augmentation taux mortalité	Diminution des perturbations physiques de l'eau	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Néant	Réticence des pisciculteurs
Décalage calendrier piscicole	Pisciculteurs bien formés	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Réticence des pisciculteurs
Enclavement site piscicole	Voie de communication et accès au site facile	Faisabilité technique complexe : Construction des routes Accès au site d'aquaculture continentale	Coût financier important : Coût élevé pour la construction et/ou la réhabilitation des routes et des voies de desserte	Court terme : Formation	Néant	Néant	Financement
Insécurité et vol Perte de géniteurs, alevins et poissons	Infrastructure et pisciculteurs en sécurité	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation Elaboration texte	Néant	Tranquillité de toute la population	Appauvrissement continu de la population
Absence de poisson sur le marché Perte revenu des pisciculteurs	Disponibilité de poissons sur le marché toute l'année	Faisabilité technique complexe : Construction des points de vente	Coût financier important : Coût élevé des points de vente façonnés en maçonnerie	Court terme : Etude sur le circuit de distribution Moyen terme : Mise en place des points de vente	Applicable à d'autre secteur	Diminution de l'insécurité alimentaire	Néant

Chaîne d'impacts climatiques	Impact attendu sur les groupes exposés liés à l'aquaculture	Faisabilité et prérequis		Echelle temporelle de l'option d'adaptation	Synergie potentielle	Impacts positifs indirects	Risques potentiels
		Technique	Financière (investissement et coût d'exploitation)				
Inondations et érosion							
Invasion de prédateurs Détérioration des souches Stress des cohortes	Infrastructure améliorée	Faisabilité technique complexe : Elaboration des guides sur les normes de construction	Coût financier important : Coût élevé de construction des nouveaux sites	Moyen terme : Normes de construction des infrastructures Formation	Néant	Néant	Disponibilité des souches pures au niveau local
Erosion							
Augmentation coût de production	Meilleure gestion des infrastructures et des budgets de fonctionnement par les pisciculteurs	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Elaboration des normes	Court terme : Formation Moyen terme : Accès au financement	Bénéficiaires se trouvant sur le même bas fond	Groupement des pisciculteurs	Réticence des pisciculteurs
Glissements de terrain (« Lavaka ») Ensablement (des rizipiscicultures et lacs)	Meilleure protection des bassins versants par la population de la même zone avec un effort de reboisement pour réduire l'érosion et l'ensablement des bassins et meilleures pénétrations de l'eau dans le sol	Faisabilité technique complexe : Durée élevée pour la mise en place des courbes de niveau	Coût financier important : Coût du reboisement	Court terme : Formation Moyen terme : Techniques agroécologiques Accès aux intrants agricoles Long terme : Reboisement	Tous les secteurs sont concernés	Protection de l'environnement et des bassins versants	Disponibilité des bois de chauffe et des autres sources d'énergie
Destruction des infrastructures	Infrastructure piscicole bien gérée	Faisabilité technique complexe : Elaboration des guides sur les normes de construction	Coût financier important : Coût élevé de construction des nouveaux sites	Court terme : Formation	Néant	Néant	Réticence des pisciculteurs
Disparition matériels et équipements	Bonne gouvernance du secteur	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Elaboration texte	Peut être mis à l'échelle dans d'autre secteur	Secteur réglementé	Non continuité des actions de l'Administration

Tableau 4 - Options spécifiques d'adaptation à la sécheresse sur les Hautes Terres – Résultats des ateliers interrégionaux

Chaîne d'impacts climatiques	Catégorisation des options d'adaptation	Option d'adaptation (Cf. chaîne d'impacts climatiques)	Facteur(s) de vulnérabilité correspondant(s) (Cf. chaîne d'impacts climatiques)	Description de l'option d'adaptation	Institutions ressources nationales ou locales
Trouble de la qualité de l'eau (T°C) Changement pH, O2 Difficulté de gérer les géniteurs Retard empoissonnement	Renforcement de capacité/ Recherche	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées Recherches sur les systèmes aquacoles adaptés	Technique d'élevage non adaptée Infrastructure hydroagricole non adaptée Souche de poisson non adaptée	Formation des pisciculteurs sur les techniques d'élevage pour mieux gérer le changement brusque des propriétés physico-chimique de l'eau (turbidité, changement pH, O2, ...) afin de réduire le taux de mortalité. Formation des pisciculteurs sur les systèmes aquacoles adaptés gérant efficacement l'eau des bassins.	GIZ, FAO, PADM, APDRA, CIRAD, FOFIFA
Concentration élevée en pesticide	Sensibilisation	Promotion des pratiques agroécologiques	Conflit sur la gestion de l'eau entre agriculture et pisciculture	L'utilisation de l'eau est partagée entre l'agriculture et la pisciculture. Du fait de la rareté de cette ressource, l'eau fait un boucle entre ces deux métiers ce qui augmentent considérablement la concentration en pesticide de l'eau. Il est primordial de promouvoir les pratiques agroécologiques qui n'utilisent pas de pesticides.	FOFIFA, CIRAD, GSDM
Perte et modification de l'habitat	Renforcement de capacité	Renforcement de capacité pour la gestion de l'eau et des terres (GIRE) Accès aux intrants agricoles, à des pépinières et des intrants pour le reboisement	Manque d'organisation sur la gestion des bassins versants Manque de connaissance sur le reboisement	Formation des pisciculteurs sur la pratique de la GIRE en vue de maximiser de manière équitable le bien-être économique et social, sans toutefois compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux. Sensibiliser les pisciculteurs sur le reboisement et les appuyer sur l'accès à des intrants pour le faire.	GIZ, FAO, PADM, APDRA, MEDD
Augmentation des prédateurs	Renforcement de capacité	Formation sur les normes de construction des sites piscicoles	Non maîtrise des techniques d'élevage	Formation des pisciculteurs sur les normes de construction des sites piscicoles : digues adaptés au taille du site, canaux d'entrée et d'évacuation d'eau aux normes, trop plein, ... et sur l'utilisation des tamis/voiles pour empêcher l'intrusion des prédateurs.	MPEB, GIZ, APDRA, FAO
Augmentation du taux de mortalité	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Non maîtrise des techniques d'élevage	Formation des pisciculteurs sur les techniques d'élevage pour mieux gérer le changement brusque des propriétés physico-chimique de l'eau (turbidité, changement pH, O2, ...) afin de réduire le taux de mortalité.	GIZ, FAO, PADM, APDRA
Ponte sauvage Ponte et alevinage ingérables pour les carpes	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Non maîtrise des techniques d'élevage	Les pisciculteurs ont actuellement une très faible capacité technique pour enrayer la mortalité des alevins en cas de sécheresse. Une nouvelle formation s'impose pour amoindrir ce problème	GIZ, FAO, PADM, APDRA
Retard production d'alevins Baisse production d'alevins	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Non maîtrise des techniques d'élevage	Un nouveau système d'élevage adapté doit être développé pour que les fermes aquacoles puissent faire face à un manque d'eau	GIZ, FAO, PADM, APDRA
Prix des alevins élevé	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Non maîtrise des techniques d'élevage	Le nombre d'alevins produits doit répondre aux besoins des grossisseurs. Aussi, ce nombre ne doit pas être trop élevé ni trop faible car ceci aura un effet sur la fluctuation des prix.	GIZ, FAO, PADM, APDRA
Diminution cycle de grossissement	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Non maîtrise des techniques d'élevage	La formation est la solution idoine pour essayer de maintenir un cycle d'élevage complet quel que soit les effets ou la durée de la sécheresse	GIZ, FAO, PADM, APDRA
Augmentation stade de production	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Non maîtrise des techniques d'élevage	La période à chaque stade du cycle d'élevage doit être respectée (alevinage < 1,5 mois, grossissement 5 à 6 mois). Le non-respect de ces stades conduit à un surcoût de la production.	GIZ, FAO, PADM, APDRA

Chaîne d'impacts climatiques	Impact attendu sur les groupes exposés liés à l'aquaculture	Faisabilité et prérequis		Echelle temporelle de l'option d'adaptation	Synergie potentielle	Impacts positifs indirects	Risques potentiels
		Technique	Financière (investissement et coût d'exploitation)				
Trouble de la qualité de l'eau (T°C) Changement pH, O2 Difficulté de gérer les géniteurs Retard empoissonnement	Pisciculteur au même niveau de formation	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Recherche onéreuse	Court terme : Formation Moyen terme : Recherche	Néant	Augmentation des techniques pour le maintien de la qualité des eaux	Disponibilité des financements pour la recherche
Concentration élevée en pesticide	Pisciculteurs informés sur le danger de l'utilisation des pesticides	Faisabilité technique complexe : Difficulté de mise à l'échelle	Coût financier important : Néant	Court terme : Diffusion des bonnes pratiques agroécologiques	Agriculture, environnement, aquaculture	Diminution de l'utilisation des produits chimiques à usage agricole et aquacole	Réticence des pisciculteurs
Perte et modification de l'habitat	Protection de l'habitat	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Reboisement	Court terme : Structuration des GIRE Moyen terme : Intrants	AUE, agriculture, environnement, aquaculture	Meilleure gestion des ressources en eaux	Non intégration des autres usagers de l'eau
Augmentation des prédateurs	Pisciculteurs bien formés	Faisabilité technique complexe : Elaboration des normes	Coût financier important : Construction des sites piscicoles dans les normes	Court terme : Formation Moyen terme : Construction des sites	Néant	Néant	Financement
Augmentation du taux de mortalité	Augmentation des poissons commercialisés	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Insuffisance de formateur qualifié
Ponte sauvage Ponte et alevinage ingérables pour les carpes	Augmentation de la production d'alevin	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Insuffisance de formateur qualifié
Retard production d'alevins Baisse production d'alevins	Augmentation de la production d'alevin	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Insuffisance de formateur qualifié
Prix des alevins élevé	Prix des alevins accessibles aux grossisseurs	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Augmentation de la quantité de poisson grossi	Insuffisance de formateur qualifié
Diminution cycle de grossissement	Pisciculture se basant à un maintien du cycle normal d'élevage	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Insuffisance de formateur qualifié
Augmentation stade de production	Pisciculture se basant à un maintien du cycle normal d'élevage	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Insuffisance de formateur qualifié

Chaîne d'impacts climatiques	Catégorisation des options d'adaptation	Option d'adaptation (Cf. chaîne d'impacts climatiques)	Facteur(s) de vulnérabilité correspondant(s) (Cf. chaîne d'impacts climatiques)	Description de l'option d'adaptation	Institutions ressources nationales ou locales
Perturbation du calendrier piscicole	Renforcement de capacité	Renforcement de capacité pour la gestion de l'eau et des terres (GIRE)	Technique de gestion de l'eau non maîtrisée	La période à chaque stade du cycle d'élevage doit être respectée (alevinage < 1,5 mois, grossissement 5 à 6 mois). Le non-respect de ces stades conduit à un surcoût de la production.	APDRA, FOFIFA, CIRAD, GIZ, PADM
Diminution de la taille marchande des poissons	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adaptées	Technique d'élevage non adaptée	La taille des poissons produits doit répondre aux besoins des consommateurs. Aussi, cette taille ne doit pas être trop grande ni trop petite car celle-ci aura un effet sur le choix des consommateurs.	APDRA, FOFIFA, CIRAD, GIZ, PADM
Diminution de la quantité d'eau	Structure/Renforcement de capacité	Création de nouveau réservoir d'eau Renforcement de capacité pour la gestion de l'eau et des terres (GIRE)	Insuffisance de l'eau par rapport à l'offre et à la demande Technique de gestion de l'eau non maîtrisée	Une mise à la disposition aux pisciculteurs des techniques de construction de réservoir d'eau est à prévoir. Il est sollicité une étude technique sur la faisabilité de la mise en place d'un barrage approprié pour maintenir une source d'eau permanente et durable pour les usagers de l'eau dont pisciculteur et agriculteur soit faite. La gestion de l'eau devra être assurée par la création d'une Association des Utilisateurs d'Eau (AUE) se trouvant sur la même vallée	APDRA, FOFIFA, CIRAD, GIZ, PADM, MEAH, PTF, pisciculteur, association, coopérative
Diminution de la superficie des rizières exploitables pour la rizipisciculture Augmentation nombre de réfugiés climatiques Perte d'emplois	Renforcement de capacité	Renforcement de capacité pour la gestion de l'eau et des terres (GIRE)	Technique de gestion de l'eau non maîtrisée	La rizipisciculture constitue la clé de voute pour le développement de l'aquaculture en eau continentale sur les hautes terres de Madagascar. Aussi, le développement de la riziculture à bonne maîtrise d'eau est en corrélation avec la rizipisciculture.	APDRA, FOFIFA, CIRAD, GIZ, PADM, MEAH
Insécurité et vol	Renforcement de capacité	Renforcement de capacité pour la gestion de l'eau et des terres (GIRE)	Manque d'organisation sur la gestion des bassins versants	Les pisciculteurs doivent être regroupés pour gérer les problèmes d'insécurité et de vol. Une sensibilisation des pisciculteurs en association ou en groupement est vivement sollicitée pour ne pas disperser les efforts.	APDRA, FOFIFA, CIRAD, GIZ, PADM, MEAH

Chaîne d'impacts climatiques	Impact attendu sur les groupes exposés liés à l'aquaculture	Faisabilité et prérequis		Echelle temporelle de l'option d'adaptation	Synergie potentielle	Impacts positifs indirects	Risques potentiels
		Technique	Financière (investissement et coût d'exploitation)				
Perturbation du calendrier piscicole	Pisciculteur maîtrisant le calendrier piscicole	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Structuration des GIRE Moyen terme : Renforcement de capacité	AUE, agriculture, environnement, aquaculture	Meilleure gestion des ressources en eaux	Non intégration des autres usagers de l'eau
Diminution de la taille marchande des poissons	Poissons commercialisés respectant la taille demandée par les consommateurs	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Formation	Néant	Diminution de l'insécurité alimentaire	Insuffisance de formateur qualifié
Diminution de la quantité d'eau	Diminution des périodes de manque d'eau pour l'aquaculture continentale	Faisabilité technique complexe : Normes sur les réservoirs d'eau	Coût financier important : Néant	Moyen terme : Renforcement de capacité Long terme : Création de réservoir d'eau	AUE, agriculture, environnement, aquaculture	Meilleure gestion des ressources en eaux	Non intégration des autres usagers de l'eau
Diminution de la superficie des rizières exploitables pour la rizipisciculture Augmentation nombre de réfugiés climatiques Perte d'emplois	Superficie exploitable en rizipisciculture augmentée	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Moyen terme : Renforcement de capacité	AUE, agriculture, environnement, aquaculture	Meilleure gestion des ressources en eaux	Non intégration des autres usagers de l'eau
Insécurité et vol	Population en toute tranquillité	Faisabilité technique complexe : Néant	Coût financier important : Néant	Court terme : Renforcement de capacité	AUE, agriculture, environnement, aquaculture	Meilleure gestion des ressources en eaux	Non intégration des autres usagers de l'eau

Tableau 5 - Options spécifiques d'adaptation aux inondations sur la côte Est – Résultats des ateliers interrégionaux

Chaîne d'impacts climatiques	Impact attendu sur les groupes exposés liés à l'aquaculture	Faisabilité et prérequis		Echelle temporelle de l'option d'adaptation	Synergie potentielle	Impacts positifs indirects	Risques potentiels
		Technique	Financière (Investissement et coût d'exploitation)				
Problème d'accès au site, organisation perturbée, calendrier piscicole perturbée et volume de travail surchargé	Diminution des inondations provoquant la fuite des poissons	Faisabilité technique complexe: Construction des routes Accès aux sites d'aquaculture continentale	Coût financier important: Coût élevé pour la construction et/ou la réhabilitation des routes et des voies de desserte	Court terme Identification des sites potentiels Formation Court terme Construction des routes	Néant	Néant	Financement pour l'aménagement des sites
Ruissellement fort, éboulement	Pisciculteurs connaissant les effets des bassins versants et (de forêts) non protégés	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Coût des canaux de drainage et de protection	Court terme Sensibilisation Moyen terme Protection des bassins versants	Agriculture, environnement, aquaculture	Meilleure protection des ressources en eau des bassins versants	Si sans diminution des feux de brousse
Destruction infrastructure et Perte de géniteurs, alevins et poissons	Infrastructure piscicole bien gérée	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Coût élevé pour la sensibilisation	Court terme Création GVEC Moyen terme Mise à l'échelle de la bonne pratique	Néant	Peut appliquer dans d'autres secteurs	Non intéressement des assureurs
Turbidité élevée et augmentation salinité	Diminution des perturbations physiques de l'eau	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Néant	Court terme Identification des sites potentiels Formation	Développement de la riziculture loin des effets marins	Augmentation de la production de riz	Réticence des pisciculteurs à déplacer leur cage
Montée des eaux rivières et fleuves	Pisciculteurs au même niveau de l'information et continue	Faisabilité technique complexe: Ressort d'un autre secteur ministériel	Coût financier important: Néant	Court terme Accès à l'information Plateforme d'échange	Toute la population bénéficiaire de l'information	Meilleure prévision face aux aléas climatiques	Financement de la plateforme d'échange
Invasion d'autres poissons et prédateurs Retard de croissance Décalage cycle de production	Pisciculteurs bien formés	Faisabilité technique complexe: Elaboration des guides sur les normes de construction	Coût financier important: Elaboration des normes basées sur les expériences	Moyen terme Normes de construction des infrastructures Formation		Mise à l'échelle de la bonne pratique	Financement de l'étude sur les normes de construction
Vente à perte obligée Abondance de poisson sur le marché Diminution de prix	Groupement des pisciculteurs	Faisabilité technique complexe: Construction des points de vente	Coût financier important: Coût élevé des points de vente façonnés en maçonnerie	Court terme Etude sur le circuit de distribution Moyen terme Mise en place des points de vente		Mise à l'échelle de la bonne pratique	Circuit de distribution instable
Conflits sociaux Pratique profiteuse	Diminution des conflits sociaux	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Néant	Court terme Création GVEC Moyen terme Mise à l'échelle de la bonne pratique	Applicable à d'autres secteurs	Bénéficiaires se trouvant sur le même bas fond	Continuité des actions de l'Administration
Rupture approvisionnement	Alimentation toujours disponible au niveau des pisciculteurs	Faisabilité technique complexe: Durée de stockage des aliments	Coût financier important: Coût élevé des points de vente façonnés en maçonnerie	Court terme Etude sur le circuit de distribution Moyen terme Mise en place des points de vente	Agriculture, élevage	Peut être mis à l'échelle dans d'autres secteurs	Volonté du secteur privé
Vents forts							
Destruction des cages et étangs Stress/fuite de poisson	Technique d'élevage bien connue par les pisciculteurs	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Coût de la construction de nouveaux sites de production	Court terme Identification des sites potentiels Formation	FDA pour tous les secteurs de développement	Tous les secteurs sont concernés	Pérennité de FDA

Tableau 6 - Options spécifiques d'adaptation à la sécheresse sur la côte Est – Résultats des ateliers interrégionaux

Chaîne d'impacts climatiques	Catégorisation des options d'adaptation	Option d'adaptation (Cf. chaîne d'impacts climatiques)	Facteur(s) de vulnérabilité correspondant(s) (Cf. chaîne d'impacts climatiques)	Description de l'option d'adaptation	Institutions ressources nationales ou locales
Augmentation des prédateurs	Renforcement de capacité	Formation sur les normes de construction des sites piscicoles	Non maîtrise des techniques d'élevage	Une mise à la disposition aux pisciculteurs des techniques de construction de réservoir d'eau est à prévoir. Il est sollicité qu'une étude technique sur la faisabilité de la mise en place d'un barrage approprié pour maintenir une source d'eau permanente et durable pour les usagers de l'eau dont pisciculteur et agriculteur soit faite. La gestion de l'eau devra être assurée par la création d'une Association des Utilisateurs d'Eau (AUE) se trouvant sur la même vallée	MPEB, GIZ, APDRA, FAO, BNGRC
Rupture cycle d'élevage	Renforcement de capacité	Recherche sur le système aquacole adapté	Manque de technique de gestion des bassins versants	La recherche & développement est la solution idoine pour essayer de maintenir un cycle d'élevage complet quelque soit les effets ou la durée de la sécheresse	MPEB, MINAE/FOFIFA
Mortalité des alevins Ponte sauvage Refus de ponte	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adapté	Faible capacité technique des pisciculteurs	Les pisciculteurs ont actuellement une très faible capacité technique pour enrayer la mortalité des alevins en cas de sécheresse. Une nouvelle formation s'impose pour amoindrir ce problème	GIZ, APDRA, FAO
Retard cycle d'élevage Prolongation de la période de conditionnement des géniteurs	Renforcement de capacité	Formation sur les nouvelles techniques d'élevage adapté	Choix du site inadapté Non maîtrise des itinéraires techniques	Un nouveau système d'élevage adapté doit être développé pour que les fermes aquacoles puissent faire face à un manque d'eau	GIZ, APDRA, FAO
Adaptation difficile des poissons	Recherche	Recherche sur les nouvelles souches plus adaptées	Souche mélangée	La consanguinité des poissons se traduit par un effet négatif de ces animaux à ne pas s'adapter à des contextes de manque d'eau. De nouvelles recherches sur les meilleures souches doivent être faites	FOFIFA, CIRAD
Alimentation refusée par alevins et géniteurs	Recherche	Recherche sur des alimentations plus adaptées	Matières premières de qualité instable	Les producteurs manufacturés de provende ont développé depuis quelques années des aliments flottants et de qualité. Ces aliments doivent faire l'objet d'une recherche pour trouver la qualité requise pour la croissance des poissons à tous les stades de production.	FOFIFA, CIRAD, secteur privé
Abandon de l'exploitation piscicole	Institutionnel	Mise en place de cadre légal pour l'assurance Recherche de financement/ accès au Fonds de Développement Agricole (FDA)	Manque d'assurance dans la pisciculture	Les pisciculteurs ne bénéficient pas encore d'aucune forme de protection sociale. Pour ne pas décourager les pisciculteurs en cas d'aléas climatiques dont la sécheresse, il faut leur aider à trouver une source de financement	MPEB, FDA, Banque, IMF
Conflit à la gestion / Usage de l'eau Insécurité et vol	Sensibilisation des acteurs	Adhésion dans une association des pisciculteurs Sensibilisation de masse sur la pisciculture	Préoccupation sociale sur les besoins en eau	Les pisciculteurs doivent s'associer entre eux pour gérer les conflits d'eau aussi bien entre-eux que les autres secteurs comme l'agriculture. Une sensibilisation des pisciculteurs en association est vivement souhaitée pour ne pas disperser les efforts	MPEB, tranoben'ny tantsaha, pisciculteurs, association et coopérative

Chaîne d'impacts climatiques	Faisabilité et prérequis		Echelle temporelle de l'option d'adaptation	Synergie potentielle	Impacts positifs indirects	Risques potentiels
	Technique	Financière (investissement et coût d'exploitation)				
Augmentation des prédateurs	Faisabilité technique complexe: Normes des barrages et des réservoirs d'eau	Coût financier important: Construction des barrages et des réservoirs d'eau	Court terme Formation Moyen terme Pour la construction des barrages et des réservoirs d'eau	Construction d'un réservoir d'eau commun pour les mêmes bénéficiaires d'un bassin versant	Protection des bassins versant Gestion commune de l'eau par tous les usagers	Emplacement supplémentaire en amont des infrastructures de production. Financement des barrages
Rupture cycle d'élevage	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: La recherche nécessite toujours un financement assez élevé	Court terme Valorisation des acquis sur la protection des bassins versants Moyen terme Formation	Bonne pratique pouvant être appliqué sur toute la région	Résultat des recherches et de leur diffusion	Financement non disponible si pour l'aquaculture uniquement
Mortalité des alevins Ponte sauvage Refus de ponte	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Néant	Court terme Formation	Pisciculteurs recevant les mêmes techniques		Disponibilité des nouvelles techniques d'élevage
Retard cycle d'élevage Prolongation de la période de conditionnement des géniteurs	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Néant	Court terme Elaboration nouvelles techniques d'élevage Moyen terme Formation	Pisciculteurs recevant les mêmes formations	Gestion commune des bas fond	
Adaptation difficile des poissons	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: La recherche nécessite toujours un financement assez élevé	Moyen terme Recherche Formation	Souche adaptée identifiée		Disponibilité locale des souches pures adaptées
Alimentation refusée par alevins et géniteurs	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Coût d'acheminement des aliments et création des magasins de stockage	Court terme Etude à faire sur les aliments existants	En couplage avec le secteur agricole	Développement de l'agriculture	Financement de la recherche & développement
Abandon de l'exploitation piscicole	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Néant	Court terme Contact des assureurs ou des protections sociales comme la CNaPS Moyen terme Intégration des pisciculteurs dans une mutualisation	Cadre légal	Peut être mis à l'échelle dans d'autre secteur	Non continuité des actions de l'Administration
Conflit à la gestion / Usage de l'eau Insécurité et vol	Faisabilité technique complexe: Néant	Coût financier important: Néant	Court terme Association des pisciculteurs Moyen terme Sensibilisation	Regroupement des pisciculteurs	Secteur agriculture également concerné	Réticence des pisciculteurs

7. Conclusion

Les piscicultures des régions des Hautes Terres de Madagascar se caractérisent par des sites localisés essentiellement dans les bas-fonds des vallées. Ces vallées sont entourées de collines aux pentes variables qui sont le plus souvent dénudées et dépourvus d'arbres ou d'arbustes ce qui provoque une forte érosion et des inondations.

Les effets du CC diffèrent, dans une certaine mesure, entre la Côte Est et les Hautes Terres. La Côte Est, par exemple, est plus exposée aux vents cycloniques forts que les Hautes Terres, alors que le risque de sécheresse est plus élevé dans les Hautes Terres que sur la Côte Est.

Du fait de ces deux contextes très différents, les options d'adaptation, sur les Hautes Terres et sur la Côte Est, sont parfois spécifiques à chaque zone géographique. Néanmoins, les options d'adaptation suivantes peuvent être considérées comme communes à toutes les régions des Hautes Terres et de la Côte Est :

Pour les inondations :

- Réduire les effets des inondations et notamment des flux d'eau lors des fortes précipitations par :
 - ✓ La protection des bassins versants avec des efforts de reboisement pour réduire l'érosion et l'ensablement, tout en facilitant l'infiltration naturelle de l'eau dans le sol ;
 - ✓ La prévention des feux de brousse qui favorisent le phénomène de *lavakisation* ;
 - ✓ L'aménagement de la culture en terrasse sur les pentes des collines ;
 - ✓ La construction de nouveaux sites dans des zones moins exposées au risque d'inondations, en évitant par exemple les bas-fonds de vallées ;
 - ✓ La promotion de techniques agroécologiques plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques.
- Effectuer des aménagements pour protéger les infrastructures d'élevage (étangs, rizières etc.) par :
 - ✓ Le rehaussement des digues (étangs) et des diguettes (rizipisciculture) ;
 - ✓ La construction de canaux de dérivation en amont et en aval des sites piscicoles pour détourner les excès d'eau. La réduction des inondations réduira également les risques d'ensablement des infrastructures ;
 - ✓ L'entretien et le curage régulier des canaux en amont et en aval des sites piscicoles.

Pour la sécheresse :

- Assurer une meilleure gestion de l'eau par :
 - ✓ La construction de réservoirs d'eau, en amont des sites piscicoles, utilisables en cas de sécheresse ;
 - ✓ Une gestion appropriée de l'eau. (Réduire l'approvisionnement en eau pendant les périodes de conditionnement des géniteurs ou sur les infrastructures d'élevage avec des faibles densités de poisson) ;
 - ✓ Un reboisement pour améliorer la rétention d'eau, la protection contre l'érosion et les inondations au niveau du bassin versant ;
 - ✓ Une augmentation, si possible, de la capacité de stockage d'eau dans les étangs (étangs plus profonds par exemple) ;
 - ✓ La réalisation d'une étude sur la disponibilité et la pérennité de la ressource en eau avant toute nouvelle installation d'un site piscicole ;
 - ✓ La promotion de techniques agroécologiques (p.ex. systèmes agroforestiers, parcelles plus petites avec terrassement etc.) ;
 - ✓ La création d'Associations d'Usagers de l'Eau impliquant tous les acteurs du secteur agricole pour éviter les conflits liés à l'utilisation de l'eau ;
 - ✓ La formation des pisciculteurs à une conduite d'élevage de la carpe adaptée à l'arrivée tardive de la saison des pluies. Cette nouvelle conduite d'élevage pourrait consister à empoissonner des alevins plus gros afin de réduire la durée du cycle de grossissement en étang/rizière.

- ✓ La formation des pisciculteurs à mieux gérer les changements brusques des propriétés physico-chimiques de l'eau (turbidité, pH) suite à de fortes pluies pour réduire la mortalité.
- Adapter les techniques d'élevage par :
 - ✓ La diminution de la quantité d'aliment donnée aux alevins, géniteurs et poissons lors des pics de sécheresse pour éviter toute baisse du taux d'O₂ dissous dans l'eau ce qui peut causer des mortalités ;
 - ✓ L'ajustement de la densité des poissons dans les infrastructures d'élevage ;
 - ✓ L'augmentation des dimensions des canaux refuge dans les rizières ;
 - ✓ L'installation des cages dans les zones les plus profondes des lacs et des plans d'eau.

Pour les vents forts :

- Protéger les sites des effets du vent par :
 - ✓ Une localisation des nouveaux sites piscicoles à l'abri des vents (entre deux collines par exemple) ;
 - ✓ Une plantation de brise-vents pour protéger les étangs ;
 - ✓ Un entretien régulier de l'environnement proche de l'infrastructure piscicole (élagage des branches des arbres qui pourraient provoquer des dégâts aux infrastructures et aux équipements par exemple) ;
- Adapter les systèmes d'ancrage pour les cages pour qu'ils résistent aux vents cycloniques par :
 - ✓ Un ajustement technique des ancrages (corps morts, diamètre des cordes etc.) aux conditions cycloniques ;
 - ✓ L'utilisation de matériel d'élevage (cages et filets) résistant aux conditions cycloniques.

Une étude des risques climatiques et environnementaux est désormais une condition préalable à toute nouvelle installation de site piscicole sur les Hautes Terres et sur la Côte Est.

L'Etude de Vulnérabilité a montré que le secteur aquacole en eau continentale à Madagascar subissait déjà les impacts du changement climatique, avec une valeur de vulnérabilité élevée dans les 6 régions étudiées.

Sans une adaptation rapide et efficace, les impacts porteront atteinte à la viabilité, la pérennité et la durabilité du secteur de l'aquaculture en eau continentale à Madagascar.

8. Bibliographie

- APDRA 2022 - Décaler la période de ponte de la carpe commune, La Voix des Rizipisciculteurs n° 54.
- CREAM 2013 - Monographie des régions de Haute Matsiatra, Amoron'I Mania, Vakinankaratra, Analamanga, Itasy et Atsinanana.
- Coopération Allemand (2017) - Analyse de Risque et de Vulnérabilité au Changement Climatique en Algérie – Rapport du Synthèse.
- DGM (2019) - Les tendances climatiques et les futures changements climatiques Madagascar.
- FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1083 (2013) - Vulnerability Assessment Methodologies: an annotated bibliography for climate change and the fisheries and the aquaculture sector.
- FAO (2020) - Les ressources forestières mondiale 2020 – Rapport Madagascar.
- FAO (2022), Aquastat database query results.
- GIZ (2021) - Climate Risk Profile: Madagascar.
- GIZ (2017) - Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque.
- GIZ (2014) - Guide de référence sur la vulnérabilité - Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées.
- GIZ (2016) - Rapport final niveau régional (Programme AMCC) Mauritanie.
- GIZ (2018) - Spatialisation des engagement RPF de Madagascar dans le cadre de l'initiative AFR100 - Rapport final.
- Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon, 2021 - Atlas. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available from <http://interactive-atlas.ipcc.ch/> (Site web actualisé au 30 juin 2022 et après cette date)
- IPCC (2014) - Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2022) - Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- MEDD (2019) - Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNA) Madagascar. Antananarivo, Madagascar.
- PNLCC-MEF (2010) - Politique Nationale de lutte contre le changement climatique.
- Muller, B. et K. Rahajaharilaza (2020) - Impacts du changement climatique sur certaines chaînes de valeur des Hautes Terres et propositions de mesures d'adaptation : ce que la science et les expériences précédentes nous enseignent (CASEF, avril 2020).
- USAID-SWP (2021) - Madagascar Water Resources Profile Overview.

9. Annexe 1 : Récapitulatif des trois ateliers inter-régionaux

• Rappel de la méthodologie des ateliers interrégionaux de concertation

La méthodologie adoptée pour ateliers interrégionaux était de présenter la situation future et/ou récente des données climatiques et météorologique et des projections. Cette présentation était suivie par une série de questions / réponses avant de procéder à des exercices sur la base d'un exemple précis de l'analyse de risque (Danger, Risque, Vulnérabilité et Exposition). A l'issue de cet exemple, un exercice sur la recherche des atténuations était proposé.

Nous rappelons que dans la méthodologie initiale de cette étude (voir rapport de démarrage), il a été proposé d'organiser trois ateliers interrégionaux à Antsirabe, Antananarivo et Toamasina.

• Résultats des ateliers interrégionaux de concertation

✓ Objectifs et programme

Ces ateliers régionaux ont pour objectifs principaux de :

1. Développer les chaînes d'impacts sur la base des dangers les plus fréquemment rencontrés dans chacune des régions concernées. Cet exercice a permis à COFAD d'élaborer, sur la base des guides de référence de la GIZ, une analyse sur la vulnérabilité et sur le concept de risque dans les régions des Hautes Terres centrales et dans les régions de la Côte Est comme prévu dans les termes de références ;
2. Valider les chaînes d'impacts régionaux.

Au total, il a été tenu trois (3) ateliers régionaux couvrant six (6) régions. Le tableau 7 résume le lieu de la tenue de ces ateliers régionaux, les participants ainsi que les régions concernées.

Tableau 7 - Récapitulatifs (lieu, date et nombre de participants) des trois ateliers régionaux organisés au mois de septembre 2022

Lieu	Antsirabe	Antananarivo	Toamasina
Date de tenue	02/09/2022	07/09/2022	16/09/2022
Régions concernées	Vakinankaratra	Analamanga	Atsinanana
	Amoron'i Mania	Itasy	
	Haute Matsiatra		
Nombre de régions	3	2	1
Total participants	31	32	38
Nombre d'hommes	21	20	29
Pourcentage (%) d'hommes	67	62	76
Nombre de femmes	10	12	9
Pourcentage (%) de femmes	33	38	24

Les 3 ateliers régionaux ont permis de réunir un total de 101 participants (70 hommes et 31 femmes) dont les représentants du PADM/GIZ, du MPEB, des DRPEB concernées, de l'ONE, de la DGM, de la DRAE, des ONG (APDRA, AGRISUD, USAID, TDE, APPAFI, CŒUR DE FORET, TAFOMIHAAVO, DINAAMICC) et de l'équipe COFAD chargé de l'étude.

Un rapport de 1 femme pour 3 hommes a été constaté concernant l'aspect genre. Ce déséquilibre s'explique par la dominance du genre masculin au niveau de l'administration et des pisciculteurs.

Les 3 ateliers ont vu une participation très active de la majorité des participants. Plusieurs questions, remarques et observations ont été posées par les participants ce qui indique que la problématique du changement climatique

préoccupe tous les acteurs du secteur aquacole. Il a été également constaté que tous les participants sont restés jusqu'à la fin de chaque atelier ce qui confirme l'intérêt porté à cette problématique.

Pour chaque présentation faite par COFAD, des séances de questions / réponses ont été proposées. Les détails sont repris dans le procès-verbal de chaque atelier.

✓ Agenda définitif

L'agenda définitif des ateliers interrégionaux est présenté dans le tableau 8.

Tableau 8 - Programme définitif de déroulement des ateliers interrégionaux

<i>Horaire</i>	<i>Thème de discussion</i>	
09h10 à 09h25	Rappel des termes de référence et objectifs l'étude sur la vulnérabilité	
09h25 à 10h20	Présentation des premiers impacts identifiés du changement climatique à Madagascar dans les régions concernées	
10h20 à 10h45	Pause-café	
10h45 à 11h00	Explication sur les chaînes d'impacts, les dangers et les impacts climatiques sur les Hautes Terres ou sur la Côte Est	
11h00 à 13h00	Travaux de groupe :	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identification des dangers et des risques climatiques (1^{er} exercice) ▪ Regroupement des dangers et des risques climatiques (2^{ième} exercice) ▪ Identification des impacts (3^{ième} exercice) ▪ Regroupement des impacts ▪ Identification de l'exposition (4^{ième} exercice)
13h00 à 14h00	Déjeuner	
14h00 à 16h00	Travaux de groupe :	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identification des vulnérabilités (y compris l'aspect genre) (5^{ième} exercice) ▪ Les possibles stratégies d'adaptation et d'atténuation pour le secteur (6^{ième} exercice)
16h00 à 16h40	Plénière : Restitution des travaux de groupe avec leurs résultats et les recommandations	
16h40 à 16h50	Evaluation de l'atelier	
16h50 à 17h00	Clôture de l'atelier et collation	

✓ Méthodologie adoptée pour les ateliers régionaux de concertation

La méthodologie adoptée pour les ateliers interrégionaux était la suivante :

1. Présentation, par les experts, de la situation récente et future concernant les données climatiques et météorologique ainsi que les projections ;
2. Série de questions / réponses ;
3. Exercices sur la base d'un exemple précis de l'analyse de risque (Danger, Risque, Vulnérabilité et Exposition) ;
4. Exercice sur la recherche des atténuations ;
5. Travaux de groupe ;
6. Restitution des travaux de groupe.

Démarches pour les travaux de groupe :

Les participants ont été répartis en deux ou trois groupes plus ou moins équilibrés (en nombre, genre, profile/expertise). Chaque groupe comprend des représentants issus du MPEB, des ONGs et des pisciculteurs. Au moins un consultant de COFAD a suivi les activités de chaque groupe. Chaque groupe a désigné un président, un secrétaire et un rapporteur. Le président animait le débat afin de dégager la chaîne d'impact correspondant à la thématique du groupe. Les idées étaient écrites sur des petits cartons et disposées sur le mur pour former ladite chaîne.

Thématiques :

Les travaux de groupes ont été menés en deux sessions de 2 heures chacune. Deux groupes pour l'atelier interrégional d'Antananarivo, et trois groupes pour celui d'Antsirabe et de Toamasina. Les thématiques pour les différents groupes étaient les suivantes :

1. Groupe 1 : Sècheresse
2. Groupe 2 : Inondation
3. Groupe 3 : Cyclone (spécifique à Toamasina)

Les modérateurs ont animé les discussions dans le but d'approfondir l'analyse des résultats des travaux de groupe notamment sur les aspects suivants :

- **Facteurs de vulnérabilité**

- 1- Quelles sont les vulnérabilités les plus complexes ?
- 2- Quelles sont les vulnérabilités nécessitant le plus de coût ?
- 3- Quelles sont les vulnérabilités touchant le genre ?

- **Facteurs d'adaptation**

- 4- Qui sont les responsables ?
- 5- Quelle est la durée ?
- 6- Quelles sont les adaptations ne touchant pas directement le danger ?
- 7- Quelles sont les risques potentiels liés à l'adaptation ?

✓ Principaux résultats des ateliers régionaux

La restitution des travaux de groupe, suivant chaque thème, a permis de dégager les résultats qui sont présentés dans les tableaux 9 à 14.

Tableau 9 - Récapitulatif sur les vulnérabilités à la sécheresse (Groupe 1)

Vulnérabilité les plus complexes	Vulnérabilité nécessitant le plus d'investissements financiers	Vulnérabilité touchant le genre
Manque d'infrastructures	Infrastructures	Homme : infrastructure, technique et gestion de l'eau
Manque de système d'information	Matériels et intrants	Femme : rizipisciculture, gestion du revenu des ménages
Préoccupation sociale sur le besoin en eau dans la vie quotidienne	Capacité technique des pisciculteurs	

Tableau 10 - Récapitulatif sur les moyens d'adaptation à la sécheresse (Groupe 1)

Moyens d'adaptation	Responsable	Durée	Adaptation ne touchant pas directement la sécheresse	Risques potentiels liés à l'adaptation
Renforcement des capacités (technique, eau, terrain, ...)	MPEB, APDRA, UE, BM, GIZ	Court terme		Financement
Construction et réhabilitation des infrastructures	BM, UE, BAD, IDA, GIZ, MEAH	Long terme		Financement
Formation (technique, éducation sociale, ...)	MPEB, APDRA, BM, GIZ, FORMAPROD, UE, MPE	Continue		Financement
Réalisation de travaux de recherche sur l'adaptabilité du riz aux poissons face à la variabilité de la température, eau (riz pluvial, riz irrigué)	MPEB, FOFIFA, CIRAD, APDRA, PAPRIZ	Continue		Financement
Adaptation institutionnelle	MPEB, MINAE, autorités	Long terme	X	Promulgation de loi, Vulgarisation Communication, Echange entre producteur et MPEB
Diversification (filères)	MPEB, CIRAD, FOFIFA, MINAE	Moyen terme		Financement

Moyens d'adaptation	Responsable	Durée	Risques potentiels liés à l'adaptation	Genre
Revue du référentiel de formation sur l'itinéraire technique	MPEB, GIZ, FAO, MinAE	Continue	Financement Mise en application	Hommes, femmes, formateurs
Adhésion dans une association de pisciculteurs	MPEB, tranoben'ny, tantsaha	Long terme		Hommes, femmes, formateurs,

				personnes âgées, jeunes
Technique d'aménagement, technique d'élevage piscicole	MPEB, MinAE, PTF, FDA, APDRA, MFR, LEFTA, IFTM, les autres centres de formation	Continue		Hommes, femmes, formateurs
Respect des critères d'un bon site durant l'identification	MPEB, PTF, GIZ	Continue		Hommes, femmes, formateurs
Décalage du calendrier piscicole	MPEB, PTF, GIZ	Continue		Hommes, femmes, formateurs
Sensibilisation de masse sur la pisciculture	Pisciculteur	Long terme/Continue		

Tableau 11 - Récapitulatifs sur les vulnérabilités aux inondations (Groupe 2)

Vulnérabilité les plus complexes	Vulnérabilité nécessitant le plus de coût	Vulnérabilité touchant le genre
1-Emplacement non adapté	1-Infrastructures non adaptés	Femme : faible pouvoir d'achat des pisciculteurs
2-Infrastructures non adaptés	2-Système de commercialisation non maîtrisé	

Tableau 12 - Récapitulatifs sur les moyens d'adaptation aux inondations (Groupe 2)

Moyens d'adaptation	Responsable	Durée	Adaptation ne touchant pas directement l'inondation	Risques potentiels liés à l'adaptation
Recherche sur les techniques piscicoles	APDRA, FOFIFA, CIRAD	Long terme		Manque de chercheur, manque de financement, manque de station de recherche
Formation sur les techniques piscicoles	MPE, MPEB, FMFP	Continue		Manque de centre de formation
Formation sur l'aménagement des sites	MPE, FMFP, PLAE, MINAE, Génie rurale	Continue		Très peu d'intervenant
Reboisement en amont du bassin versant	MEDD, projet DIABE, AGRISUD	Long terme	X	Pas de suivi
Facilitation de l'accès au financement	FIHARIANA, FDA, institutions de microfinance	Continue		Insuffisance enveloppe FDA, taux d'intérêt des institutions de microfinance élevé, difficulté préparation de dossier
Vulgarisation du GVEC	OSDRM	Moyen terme		Projet non pérenne
Mise en place point de vente	Association, coopérative	Court terme		Problème de gestion
Amélioration de la communication (Producteur-client, producteur-météo)	Association, coopérative, ONE	Continue	X	Coût de communication élevé

Tableau 13 - Récapitulatif sur les vulnérabilités aux cyclones (Groupe 3)

Vulnérabilité les plus complexes	Vulnérabilité nécessitant le plus de coût	Vulnérabilité touchant le genre
Défaut d'assurance récolte/fonds de solidarité	Création d'un fonds dédié à la pisciculture	Femme : manque d'accès à l'information
Manque de loi et réglementation sociale (prévention)	Création de dispositif antiérosif	Us et coutumes défavorables à la pisciculture
Choix du site inadapté	Protection des digues et canaux périphériques	Les femmes veuves sont les plus vulnérables
Zone sensible au passage du cyclone	Vulgarisation de techniques adaptées aux changements climatiques	

Tableau 14 - Récapitulatif sur les moyens d'adaptation aux cyclones (Groupe 3)

Moyens d'adaptation	Responsable	Durée	Risques potentiels liés à l'adaptation
Renforcement de capacité des pisciculteurs	MPEB, GIZ, APDRA, FAO, BNGRC	Continue	Insuffisance de formateurs Insuffisance de financement
Facilitation de l'accès à l'information	MPEB, CTD, DGM, ONE, BNGRC, RNM	Continue	Insuffisance de financement
Création d'un fond dédié à la pisciculture	FDA, IMF, banque	Moyen terme	Insuffisance de financement
Création de dispositif antiérosif	PLAE, GSDM, MINAE, MEDD	Continue	Insuffisance de financement
Création d'une plateforme d'échange	MPEB, associations et coopératives	Court terme	Insuffisance de formateurs Insuffisance de financement
Mutualisation des points de vente	Associations et coopératives, PTF	Court terme	Insuffisance de financement
Création des dispositifs légaux	MPEB, Min justice, STD	Long terme	Insuffisance de formateurs Insuffisance de financement
Promotion fournisseur de proximité	Banque, MPEB, secteur privé	Moyen terme	Insuffisance de financement
Protection de bassin versant	MPEB, MEDD, MinAE, GIZ, FAO, PADM, Région, VOI, APDRA	Continue	Insuffisance de financement Insuffisance d'ONG
Protection de digues et canaux périphériques	FDA, pisciculteurs, GIZ	Moyen terme	
Renforcement de capacité	MPEB, APDRA, FORMAPROD, OTIV	Continue	
Création d'organisation de GVEC (fonds de sureté)	MPEB, FORMAPROD, OTIV	Court terme	
Pare à feu/changement de mentalité et de technique	MPEB, MEDD, MinAE, Région, Préfecture	Continue	
Vulgarisation de techniques adaptées au changement climatique	MPEB, MEDD, MinAE, GIZ, PADM	Long terme	

Recherche sur les espèces adaptées aux changements climatiques	MPEB, MESUPRES, FOFIFA	Long terme	
--	------------------------	------------	--

✓ Evaluation de l'atelier

Avant la clôture de chaque atelier, une évaluation a été menée en vue de mieux cerner le ressenti des participants vis-à-vis des travaux effectués. Cette évaluation a été réalisée à main levée. Quatre questions ont été posées dont les réponses attendues étaient OUI ou NON :

1. Je comprends maintenant le changement climatique ;
2. Cet exercice m'est utile dans l'accomplissement de mon travail ;
3. Cela m'a permis de connaître les impacts d'un danger ;
4. Le temps alloué est suffisant.

Les résultats de l'évaluation démontrent que les participants ont bien compris le changement climatique et ses impacts sur le secteur aquacole en eau continentale à Madagascar. Ils affirment également l'utilité des exercices réalisés dans l'accomplissement de leur travail. Toutefois, le temps alloué pour cet atelier est insuffisant selon la majorité des participants. Les résultats des travaux de groupe ont été très riches et bien étoffés du fait de la participation active des personnes présentes.

✓ Conclusion

Dans son ensemble, le taux de participation est acceptable pour chaque atelier interrégional. Chaque niveau de la chaîne de valeur était représenté. Tous les participants étaient très actifs durant les travaux de groupe. Les participants ont été libres de s'exprimer en malagasy ou en français. Toutefois, la majorité des participants ont opté pour le malagasy afin faciliter les échanges et la compréhension. Les résultats étaient satisfaisants.

Les règles sanitaires ont toujours été suivies (distanciation sociale de 1 m, utilisation de gel main à l'entrée, pause-café et déjeuners servis individuellement, port de masque sollicité mais pas obligatoire). La salle de tenue de l'atelier était préalablement aménagée de manière à respecter les consignes sanitaires tout en restant dans l'enveloppe budgétaire.

Le budget alloué à chaque atelier était suffisant, en effet aucune dépense supplémentaire n'a été constatée. Le système de covoiturage (maximum 4 personnes par voiture), pour les participants habitants sur le même axe routier, a permis d'économiser le budget.

Les prochaines étapes sont la rédaction de la stratégie d'adaptation au changement climatique et l'organisation de l'atelier national de validation.



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Siège
Projet d'Aquaculture Durable à Madagascar (PADM)
BP 869
Lot IK 68 Bis Lotissement Bonnet Soavimasoandro-Antananarivo 101
Madagascar
padm@giz.de