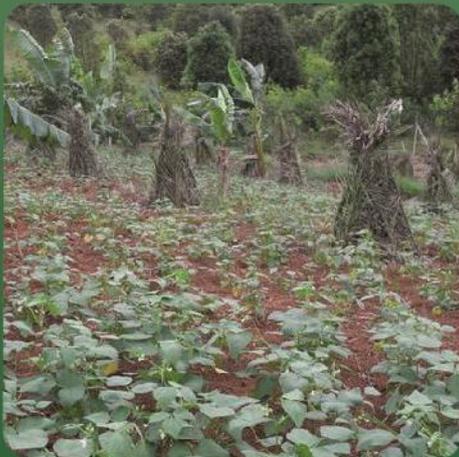


PROJET EVALUATION DES BESOINS EN TECHNOLOGIE EBT

IDENTIFICATION ET HIERARCHISATION DES TECHNOLOGIES

POUR ADAPTATION

Madagascar



Aout 2018



DISCLAIMER

Cette publication est un produit du projet "Evaluation des Besoins en Technologies", financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial (en anglais Global Environment Facility, GEF) et mis en œuvre par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP) et le centre UNEP DTU Partnership (UDP) en collaboration avec le centre régional ENDA Energie (Environnement et Développement du Tiers Monde - Energie). Les points de vue et opinions exprimés dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du UNEP DTU Partnership, UNEP ou ENDA. Nous regrettons toute erreur ou omission que nous pouvons avoir commise de façon involontaire. Cette publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation préalable du détenteur de droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Cette publication ne peut être vendue ou utilisée pour aucun autre but commercial sans la permission écrite préalable du UNEP DTU Partnership.

PREFACE

Madagascar a ratifié la Convention Cadre de Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) ainsi que les traités internationaux connexes tels que le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris. A l'échelle nationale, le Pays a montré sa volonté de lutter efficacement contre ce fléau en intégrant, tout d'abord, la dimension changement climatique dans la Politique Générale de l'Etat et le Plan National de Développement du pays depuis 2015. Certains secteurs de développement ont déjà inclus le volet changement climatique dans leur politique et stratégie respective.

En tant que pays le plus vulnérable aux effets néfastes du dérèglement climatique, Madagascar participe activement au processus de négociation internationale sur le climat, affiche clairement ses volontés de contribuer à l'effort mondial pour une solution durable contre les impacts du changement climatique et de mettre en œuvre des actions concrètes sur le terrain avec des appuis de différentes entités nationales et internationales. Le pays a soumis la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) qui renferme les besoins actualisés de Madagascar en matière de la lutte contre le changement climatique pour les années à venir. Pour ce faire, le pays a besoin des moyens de mise en œuvre tel que la technologie respectueuse de l'environnement.

Ce projet d'Evaluation des Besoins en Technologie (EBT) respectueuse de l'environnement répond parfaitement aux attentes des pays en développement pour réduire et/ou combattre les causes du réchauffement global ainsi que ses impacts tant au niveau national qu'international. Ainsi, il permet évidemment de déterminer les besoins en technologies et d'élaborer des plans d'action qui débouchent à des idées de projet concret. Ces dernières seraient des outils précieux pour convaincre les investisseurs d'une part et d'autre pour faciliter la mise en œuvre sur le terrain. Le processus d'élaboration de cette EBT était conduit par le Ministère en charge de l'Environnement à travers la Direction Générale de l'Environnement et a impliquée des différents techniciens nationaux issus des diverses institutions publiques et privées, et des organisations non gouvernementales concernées.

La publication de ce rapport intervient à un moment crucial où le développement économique à faible émission de carbone et le renforcement des capacités d'adaptation aux effets pervers du changement climatique deviennent les priorités de tous les pays. Nous voudrions inviter la communauté internationale et les partenaires techniques et financiers à s'approprier ce rapport qui constitue un document d'orientations sur les axes de coopération.

Nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance au Fonds pour l'Environnement Mondial, l'Organisation des Nations Unies pour l'Environnement, l'Université de Technologie de Danemark et l'Enda pour leur soutien financier et technique à la réalisation de ce document.



Table des Matières

1	Introduction.....	18
1.1	A propos du projet TNA ou EBT II.....	18
1.2	Politiques nationales existantes relatives à l'innovation technologique, adaptation au changement climatique et priorités en matière de développement	20
1.2.1	Contexte général de Madagascar:	20
1.2.1.1	Délimitation géographique.....	21
1.2.1.2	Pression démographique induisant la pauvreté.....	21
1.2.2	Défis et priorités de développement de Madagascar	22
1.3	Contexte et Vulnérabilité du secteur « Agriculture » et « Eau » à Madagascar	26
1.3.1	Contexte de « l'Agriculture » face au changement climatique à Madagascar	26
1.3.2	Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le Secteur « Agriculture ».....	27
1.3.2.1	. Vulnérabilité due à l'exposition de la filière clé à la variabilité climatique	27
1.3.2.2	Vulnérabilité liée à l'insuffisance d'infrastructures	28
1.3.2.3	Vulnérabilité due à la faible intensification du système de production.....	28
1.3.2.4	Vulnérabilité due à la faiblesse des moyens de productions et de la défaillance d'appui institutionnel	29
1.3.3	Contexte des ressources en eau à Madagascar.....	33
1.3.3.1	Les ressources en eaux pluviales.	33
1.3.3.2	Les ressources en eau de surface	33
1.3.3.3	Eaux souterraines.....	34
1.3.4	Vulnérabilité du secteur « Ressources en eau ».....	35
1.4	Sélection des secteurs.	36
2	Arrangement institutionnel pour le TNA et l'implication des parties prenantes	37
2.1	Equipe TNA nationale	37
2.1.1	Coordonnateur EBT.....	38
2.1.2	Comité National EBT	38
2.1.3	Consultants/Experts nationaux	39
2.1.4	Groupes de Travail Sectoriels	39
2.2	Processus de dialogue avec les parties prenantes suivi dans la EBT – Evaluation globale.....	40
3	Priorisation des technologies pour le Secteur Agriculture.....	42
3.1	Contexte de la prise de décision	42
3.2	Aperçu des Technologies Existantes dans le Secteur « Agriculture »	45
3.2	Options Technologiques pour le secteur Agriculture et leurs Principaux Avantages en matière d'Adaptation.....	47
1.	SCV	49
2.	Association de culture	49
3.	Paquets technologiques rizicoles résilients.....	49
4.	Epandage d'engrais de couverture (SGU ou Urée),	50
5.	Recyclage des fumiers	50
6.	Compostage artisanal en andain	50

7. Compostage liquide	51
8. Lombricompostage.....	51
9. Compostage industriel en andain	51
10. Confection des petits barrages en terre	51
11. Creusement des puits à ciel ouvert.....	51
12. Système de canal gravitaire à ciel ouvert.....	51
13. Système irrigation par aspersion	51
14. Système d'irrigation goutte à goutte.....	51
15. Création ou Réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel.....	52
16. Installation du système de pompe pour les petits exploitants	52
3.3 Critères et processus relatifs à la priorisation des technologies.	53
3.4 Résultats de la priorisation des technologies.	58
4 Priorisation des technologies pour le Secteur Eau	59
4.1 Contexte de la prise de décision	59
4.2 Aperçu des technologies existantes dans le secteur Ressources en eau	59
4.3 Options technologiques identifiées pour le secteur Ressources en eau et leurs principaux avantages	60
4.3.1 FORAGES.....	61
4.3.1.1 Adduction d'eau potable par forage alimentée par une pompe motorisée	62
4.3.1.2 Forage équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH).....	62
4.3.1.3 Forage tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages	63
4.3.2 Puits modernes.....	63
4.3.2.1 Puits tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages	64
4.3.2.2 Puits fermé équipé d'une pompe à motricité humaine	65
4.3.3 Petit barrage de retenue d'eau.....	65
4.3.4 Systèmes d'annonce de crues	65
4.3.5 Traitement, récupération et réutilisation des eaux usées	66
4.3.6 Collecte des eaux pluviales	67
4.3.7 Surcreusement des dépressions fermées à plan d'eau libre.....	69
4.3.8 Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)	69
4.3.9 Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)	70
4.4 Critères et processus relatifs à la priorisation des technologies	71
4.4.1 Différents critères utilisés	71
4.4.2 Notation des critères.....	72
4.4.3 Pondération des notes des critères.....	72
4.5 Résultats de la priorisation des technologies	72
5 Résumé et Conclusions	76
Fiche 2 : Groupe de l'Agroforesterie pour la protection du paysage.....	106
1. Objectif et justification.....	106
2. Description:	106
3. Avantages de cette technologie:	108

<i>a. Intérêts agronomiques</i>	108
<i>b. Intérêts socio-économiques</i>	109
<i>c. Intérêts environnementaux</i>	109
<i>d. Inconvénients de la technologie</i>	110
4. Coûts financiers :	111
5. Exigences institutionnelles et organisationnelles :	111
6. Les obstacles à la mise en œuvre de haut	113
7. Opportunités pour la mise en œuvre de haut:	114
8. Références	115
Fiche 3 : Paquets technologiques rizicoles résilients	116
<i>a. Intérêts agronomiques</i>	119
<i>b. Intérêts socio-économiques</i>	121
<i>c. Intérêts environnementaux</i>	121
Fiche 4 : L'AGRICULTURE DE CONSERVATION	127
Fiche 5 : Groupe de Système de micro irrigation	132
Fiche 6 : Fertilisation en riziculture : cas de SGU	144
<i>a) Mode d'apport</i>	144
3.1 Intérêts agronomiques	144
3.2 Intérêts socio-économiques	147
3.3 Intérêts environnementaux	147
Fiche n°1 : Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)	151
1- Caractéristiques de la technologie	151
2- Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique	152
3- Contributions de la technologie au développement	152
4- Spécificités du pays/applicabilité	152
5- Situation de la technologie dans le pays	153
6- Avantages	153
7- Inconvénient	153
8- Coûts	153
Fiche n°2 : Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)	153
1- Caractéristiques de la technologie	154

2-Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique	154
3- Contributions de la technologie au développement.....	155
4- Spécificités du pays/applicabilité	155
5- Situation de la technologie dans le pays	155
6- Avantages	155
7- Inconvénients	155
8- Besoins en renforcement de capacité	156
9- Coûts.....	156
Fiche n°3 : FORAGE	156
1- Caractéristiques de la technologie	157
2- Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique	157
3- Contributions de la technologie au développement.....	158
4- Spécificités du pays/applicabilité	158
5- Avantages	159
6- Inconvénients	160
7- Besoins en connaissances/renforcement des capacités.....	160
8- Coûts.....	160
9. Variantes de cette technologie suivant la conception et l'équipement.....	161
Fiche n°3.1 : Forage équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH)	161
Fiche n°3.2 : Adduction d'eau potable alimentée par un forage motorisé	162
Fiche n°4 : SYSTEMES D'ANNONCE DE CRUES	163
1- Caractéristiques de la technologie	164
2-Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique	164
3- Contributions de la technologie au développement.....	165
4- Spécificités du pays/applicabilité	165
5- Situation de la technologie dans le pays	165
6-Avantages	167
7- Inconvénients/contraintes	167
8-Besoins en renforcement de capacité	168
9-Coûts.....	168
1. Identification des institutions du secteur « eau ».....	172
2. Parties prenantes	173
3. Equipe EBT	173

Annexe 1: Fiches technologiques

A. Secteur Agriculture

Fiche 1 : Groupe des Fertilisants organiques améliorés

Fiche 2 : Groupe de l'Agroforesterie pour la protection du paysage

Fiche 3 : Paquets technologiques rizicoles résilients

Fiche 4 : L'AGRICULTURE DE CONSERVATION communément connue sous le terme "SCV ou système sous couverture végétale »

Fiche 5 : Groupe de Système de micro irrigation

Fiche 6 : Fertilisation en riziculture : cas de SGU comparé à Perlurée

B. Secteur Eau

Fiche n°1 : Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

Fiche n°2 : Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)

Fiche n°3 : FORAGES

Annexe 2 : Liste des parties prenantes

A. Secteur Agriculture

B. Secteur Eau

Annexe 3 : Différentes politiques agricoles

Annexe 4 : Contraintes climatiques en agriculture

Annexe 5 : Manifestations et Impacts du changement climatique sur l'agriculture malagasy

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Les 22 Régions de Madagascar
Figure 2 : Arrangement institutionnel pour EBT II
Figure 3 : Schéma d'identification des technologies nécessaires
Figure 4 : Changement climatique et riziculture à Madagascar

LISTE DES ENCADRES

- Encadré 1 : Politique Nationale de Développement (PND Madagascar, 2013)
Encadré 2 : Politique Nationale de Développement (PND Madagascar, 2015)
Encadré 3 : Politique nationale sur la lutte contre le changement climatique en Agriculture
Encadré 4 : Politique sectorielle de l'Agriculture, Elevage et Pêche (PSAEP/PNIAEP, 2015)
Encadré 5 : Programme d'Action National d'Adaptation au Changement Climatique (PANA, 2006)
Encadré 6 : Contraintes climatiques de la riziculture à Madagascar

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Calendrier d'exécution des activités
Tableau 2 : Taux de desserte en eau potable à Madagascar
Tableau 3 : Responsables d'institutions/organismes
Tableau 4 : Méthodologie d'approche pour l'implication des parties prenantes en EBT
Tableau 5 : Variabilité climatique et agriculture à Madagascar
Tableau 6 : Liste des technologies avant hiérarchisation
Tableau 7 : Pondération des critères en Agriculture
Tableau 8 : Construction de la matrice des notes en agriculture
Tableau 9 : matrice de combinaison du scoring et de la pondération des critères
Tableau 10 : Technologies prioritaires en agriculture
Tableau 11 : 14 principales technologies en "Eau"
Tableau 12 : Critères de priorisation des technologies
Tableau 13 : Notation des critères en « Eau »
Tableau 14 : Note de pondération des huit critères de priorisation

- Tableau
15 : Ordre de priorisation des onze premières technologies après notation du GTS
- Tableau
16 : Ordre de priorisation des onze premières technologies après pondération
- Tableau
17 : Trois technologies prioritaires du secteur « Eau » après notation, et pondération

LISTE DES ABREVIATIONS

AMC	Analyse Multicritère
AUE	Association des Usagers de l'Eau
AVSF	Agronomes Vétérinaires Sans Frontières
BVPI	Bassins Versants et Périmètres Irrigués
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CNS	Comité National de Secours
COI	Commission de l'océan indien
DTU	Technical University of Denmark
EBT	Evaluation des Besoins Technologiques
ENDA	Environnement et développement du tiers monde
EPM	Enquête Auprès des ménages
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
FIDA	Fonds International pour le Développement Agricole
FOFIFA	Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural
GSDM	Groupement de Semis Direct à Madagascar, promoteur de l'Agroécologie
GSRI	Groupement de système de riziculture intensif à Madagascar
GTSA	Groupe Technique Sectoriel Agriculture
Ha	Hectare
INSTAT	Institut National de la Statistique
LPDR	Lettre de Politique de Développement Rural
MECIE	Mise en compatibilité des investissements avec l'environnement
ODD	Objectifs de Développement Durable
ONG	Organisations Non Gouvernementales
PANA	Programme d'Action National d'Adaptation au Changement Climatique
PANSA	Politique Agricole Nationale pour la Sécurité Alimentaire
PapRiz	Projet d'Augmentation de la Productivité Rizicole sur les hautes terres et le Moyen Ouest et Moyen Est de Madagascar
PGE	Politique Générale de l'Etat
PHRD	Policy Human Resource Development
PIB	Produit Intérieur Brut
PNB	Production Nationale Brute
PND	Politique National de Développement
PNDR	Politique Nationale pour le Développement Rural
PNLCC	Politique Nationale de la Lutte Contre le Changement Climatique
PNUD	Programme des Nations Unis pour le Développement

PNUE	Programme des Nations Unis pour l'Environnement
PPU	Placement Profond de l'Urée
PSAEP	Politique Sectoriel de l'Agriculture, Elevage et Pêche
PTA	Plan de Travail Annuel
RBME	Riziculture à Bonne Maîtrise d'Eau
RMME	Riziculture à Mauvaise Maîtrise d'Eau
SCV	Système sur Couverture Végétale
SDA	Système de Semis Direct Amélioré
SGU	Super granule d'Urée
SNDR	Stratégie Nationale de Développement Rizicole
SRA	Système de Riziculture Amélioré
SRI	Système de Riziculture Intensif
SRT	Système de Riziculture traditionnel
TNA	Technology Needs Assessment
WWF	Wide World Fund

Résumé exécutif

Le projet Evaluation des Besoins Technologiques (EBT) s'inscrit dans le cadre des négociations liées à la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

Le projet EBT est financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et mis en œuvre par le centre UNEP DTU Partnership (UDP) avec l'appui de ses partenaires régionaux, entre autres « *Environnement et développement du tiers monde (ENDA)* ». Le projet EBT a pour but d'aider le pays à identifier et analyser ses besoins technologiques prioritaires, qui pourront servir de base à un portefeuille de projets et de programmes technologiques respectueux de l'environnement, à la facilitation de leur transfert et leur accès aux savoir-faire y afférant. L'EBT sera réalisée en trois principales étapes, à savoir : *l'Identification et hiérarchisation des Technologies ; les Analyses des barrières et cadre habilitant ; et le Plan d'Actions Technologiques*. En ce qui concerne Madagascar, la première étape « Identification et hiérarchisation des Technologies » a débuté en Août 2015. Pour le secteur Adaptation, elle a été menée à travers un processus participatif, par l'Equipe EBT Nationale composée du Comité National EBT, des Groupes de Travail Sectoriel/Agriculture ou Eau, assistée par les experts/consultants nationaux, et du Coordinateur National EBT chargé de coordonner les efforts et diriger le processus global de l'EBT. Ce coordonnateur sert également de lien entre les différents groupes pour assurer le bon fonctionnement des travaux.

Le présent document pour les secteurs de *l'Agriculture* et des *Ressources en eau* est la concrétisation de la 1^{ère} étape de l'étude d'EBT. Cette dernière consiste à :

- inventories des technologies d'adaptation aux changements climatiques, une vingtaine environ pour chacun des secteurs;
- identifier et prioriser des technologies à l'aide d'une analyse multicritère réalisée lors de mini-ateliers réunissant cinq à six membres de Groupe Technique Sectoriel (GTS) initiés, préalablement, au processus EBT ; la priorisation a été effectuée en rapport aux objectifs nationaux de développement durable à travers un processus participatif ;
- déterminer trois à quatre technologies prioritaires par secteur,

Secteur Agriculture :

Les options technologiques analysées pour ce le secteur de l'Agriculture sont:

GROUPE D'OPTIONS	OPTIONS TECHNOLOGIQUES
1- <i>Production et Utilisation des</i>	Recyclage du fumier

GROUPE D'OPTIONS	OPTIONS TECHNOLOGIQUES
<i>fertilisants organiques améliorés et des fumures d'entretien</i>	Compostage artisanal en andain
	Compostage liquide
	Lombricompostage
	Compostage industriel en andain
	Placement profond de l'Urée (SGU)
	Epandage de l'Urée
<i>2 Protection de la structure paysagère</i>	Association de culture (cultures fruitières/cultures vivrières) en courbe de niveau
<i>3-Intensification de la riziculture</i>	Système de Riziculture Intensif (SRI)
	Système de Riziculture Amélioré (SRA)
	« Voly varin-dRajao » ou techniques PapRiz
	Système de culture sur Couverture Végétale (SCV)
	Paquets technologiques rizicoles résilients
<i>4-Promotion des systèmes de micro irrigation</i>	Confection des puits à ciel ouvert
	Confection des petits barrages en terre
	Création ou réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel
	Système de canal gravitaire à ciel ouvert
	Système d'irrigation goutte à goutte
	Système d'irrigation par aspersion
	Installation du système de pompe pour les petits exploitants

Les 4 groupes présentent en totalité vingt (20) options technologiques permettant de faire face aux contraintes telles que la diminution de fertilité et la perte du sol, l'insuffisance en eau d'irrigation, la baisse et le faible rendement rizicole à l'hectare (faible productivité). L'identification des technologies et l'identification des catégories et critères d'évaluation, ont été effectuées à partir des études bibliographiques, web graphiques et des entretiens avec les experts du *Groupe de Travail Sectoriel Agriculture (GTSA)*. Ces critères sont axés sur :

- la disponibilité ou non des ressources et des savoir-faire à mobiliser,
- le coût de la technologie,
- le taux d'adoption (adaptabilité/appropriation des techniques),
- la faisabilité en relation avec les aspects juridiques, financiers, organisationnels et géographiques,

- la part de la technologie dans l'augmentation de la productivité agricole (par rapport au temps, aux forces de travail, et à la surface cultivée),
- la création d'emploi par rapport aux besoins en main d'œuvre générés, lors de la pratique des techniques, et par rapport aux opportunités de création des petites et moyennes entreprises PME,
- les impacts positifs/les avantages de la technologie sur :
 - *le sol* (en minimisant la dégradation et les pertes en terre, favorisant ainsi la fertilité du sol),
 - *l'eau* (en permettant l'économie et la meilleure maîtrise de l'eau d'une part, et en minimisant la pollution de l'eau, d'autre part),
 - *la plante* (en permettant la conservation de la diversité, à travers un bon développement et une croissance soutenue de la plante d'une part, et la conservation du paysage, par le biais de la diminution de l'érosion, de l'ensablement et de la pollution de l'air, d'autre part).

Les notations et pondérations ainsi que la proposition de liste de technologies choisies ont été réalisées d'une manière participative par le GTSA, et validées par le Comité National EBT. Les options technologiques choisies sont les premières classées de chaque groupe d'options :

Rang	GROUPE DE TECHNOLOGIES	OPTION TECHNOLOGIQUE CHOISIE
1er	<i>Fertilisation</i>	Recyclage du fumier en petite taille
2è	<i>Protection de la structure des paysages agricoles</i>	Association de cultures fruitières/cultures vivrières en courbe de niveau
3è	<i>Intensification rizicole</i>	Paquets technologiques rizicoles résilients

Secteur Eau

Concernant le secteur Eau, les critères finaux utilisés sont :

- la facilité d'application ;
- l'utilisation et l'entretien / « répliquabilité » ;
- le coût pour configurer et utiliser la technologie (ressources, compétences, infrastructures) ;
- le pouvoir de catalyser les investissements privés ;

- la contribution à la lutte contre la pauvreté ;
- la contribution de la technologie pour protéger et préserver les services écosystémiques ;
- l'appui à renforcer la résilience face aux changements climatiques ;
- la contribution au développement social et durable ou avantage pour la société ;
- la cohérence avec les politiques et priorités nationales de développement.

Les options technologiques analysées sont présentées dans le tableau ci-après.

GROUPE D'OPTIONS	OPTIONS TECHNOLOGIQUES
<i>Captage d'eaux souterraines</i>	Adduction d'eau potable par un forage motorisé (FPM)
	Forage équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH)
	Forage tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages
	Puits tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages
	Puits fermé équipé d'une pompe à motricité humaine
	Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)
<i>Captage d'eaux de surface</i>	Petit barrage de retenue d'eau
	Surcreusement des dépressions fermées à plan d'eau libre
	Adduction d'eau potable alimentée par un captage d'eau de source
<i>Captage d'eau pluviale</i>	Captage des eaux de pluie par citerne
	Captage d'eau de pluie par les toits
	Captage d'eau de pluie par une surface aménagée
	Captage d'eau de pluie par des petits barrages
<i>Système d'informations</i>	Mesure du débit des cours d'eau avec ADCP
	Systèmes d'annonce de crues
<i>Gestion de l'eau</i>	Recharge artificielle des nappes
	Dessalement des eaux (eau de mer, eau saumâtre)
	Traitement, récupération et réutilisation des eaux usées
	Irrigation goutte à goutte
	Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).

Les trois (03) technologies prioritaires après pondération sont données dans le tableau ci-dessous.

Rang	GROUPE D'OPTIONS TECHNOLOGIQUES	OPTION TECHNOLOGIQUE CHOISIE
1 ^{ère}	Gestion de l'eau	Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)
2 ^{ème}	Captage des eaux de surface	Adduction d'eau potable par gravitaire (AEPG)
3 ^{ème}	Captage d'eaux souterraines	Forages équipés de pompe à motricité humaine (FPMH)
		Forages équipés de pompe motorisée (FPM)

1 Introduction

Suite à la décision 4/CP13 de la XIII^{ème} Conférence des Parties qui demande au Fond pour l'Environnement Mondial (FEM) d'élaborer un programme stratégique visant l'augmentation des investissements pour le transfert de technologies, et du document résultant approuvé par le Conseil du FEM et par la COP14 à Poznań en décembre 2008, une étude relative à « l'Evaluation des Besoins en Technologies (EBT) est nécessaire.

1.1 A propos du projet TNA ou EBT II

Le projet global d'Evaluation des Besoins Technologiques (EBT), dérivé du volet du Programme stratégique de Poznan sur le transfert des technologies, vise à aider les pays à mener des évaluations de leurs besoins technologiques dans le cadre de la CCNUCC. Pour cette deuxième phase du projet, Madagascar fait partie des 26 pays bénéficiaires.

A Madagascar, le projet EBT est mis en œuvre par la Direction Générale de l'Environnement au sein du Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie, de la Mer et des Forêts, qui reçoit l'appui technique du centre UNEP DTU Partnership et du centre régional ENDA Energie.

Ce projet EBT a pour but d'aider Madagascar à identifier et à analyser ses besoins technologiques prioritaires, qui pourront servir de base à un portefeuille de projets et de programmes technologiques respectueux de l'environnement afin de faciliter leur transfert et l'accès au savoir-faire dans la mise en œuvre de l'article 4.5 de la CCNUCC.

En d'autres termes, l'objectif principal du projet EBT est d'identifier et d'évaluer des technologies écologiquement rationnelles qui sont en synergie avec la réduction de la vulnérabilité des secteurs d'activités, et le taux d'émissions de GES à Madagascar, selon les objectifs nationaux de développement.

Ce processus EBT comprend 4 étapes :

Une étape préliminaire : Définition des secteurs prioritaires

Elle consiste à définir les secteurs prioritaires pour lesquels les technologies sont nécessaires pour soutenir les projets et les programmes nationaux de développement à la lumière de la CCNUCC et les impacts potentiels du changement climatique.

Les analyses des études effectuées, regroupées dans les documents stratégiques de Madagascar ont permis de choisir les deux secteurs prioritaires suivants pour l'adaptation : *Agriculture et ressources en eau.*

Etape 1 : Identification et hiérarchisation des Technologies

Elle s'appuie sur des processus participatifs pilotés par le pays. Les technologies choisies doivent contribuer à atteindre les objectifs et priorités nationaux de développement durable. Cette étape inclut :

- identification d'une dizaine d'options technologiques par secteur
- hiérarchisation des Technologies par une Analyse Multicritères (AMC) menée par le Groupe de Travail Sectoriel.
- choix de trois (3) à quatre (4) technologies par secteur en vue des étapes 2 et 3 de l'EBT.

Etape 2 : Analyse des barrières et cadre habilitant

Etape 2.1 Analyse des barrières

- Identifier et regrouper les lacunes juridiques, économiques, institutionnels, techniques, socio-organisationnelles, conduisant à une amélioration d'un environnement favorable, pour le déploiement et la diffusion de ces technologies prioritaires.

Etape 2.1 Cadre habilitant

- Faciliter la mise en œuvre de la politique nationale sur le changement climatique et sur le développement en apportant des solutions à ces barrières du point de vue:
 - o *technique (savoir-faire, ressources à mobiliser, etc)*
 - o *juridique et légale (contrat de collaboration, normes d'utilisation et de qualité, etc)*
 - o *institutionnelle (implication de toutes les parties prenantes)*
 - o *financière et économique (mécanismes de financement, subventions, etc)*
 - o *géographique (zone de couverture cible)*
 - o *sociale (acceptabilité et appropriation de la technologie)*
- Augmenter la capacité d'adaptation des institutions locales et des acteurs
- Sensibiliser le public sur le changement climatique.

Etape 3 : Plan d'Actions Technologiques (PAT)

C'est un ensemble d'actions prioritaires et d'idées de projet pour le transfert, l'adoption et la diffusion des technologies sélectionnées au monde malagasy avec les mesures d'accompagnement assurant une appropriation de tous les acteurs :

- *éléments pour un cadre propice à la participation du gouvernement*
- *acteurs et institutions responsables (projets, ONG, etc)*
- *étapes et calendrier de mise en œuvre*

- moyens de mise en œuvre (besoins financiers, mécanismes de financement rural et micro crédit,...).

Le planning des activités du projet est consigné dans le tableau 1.

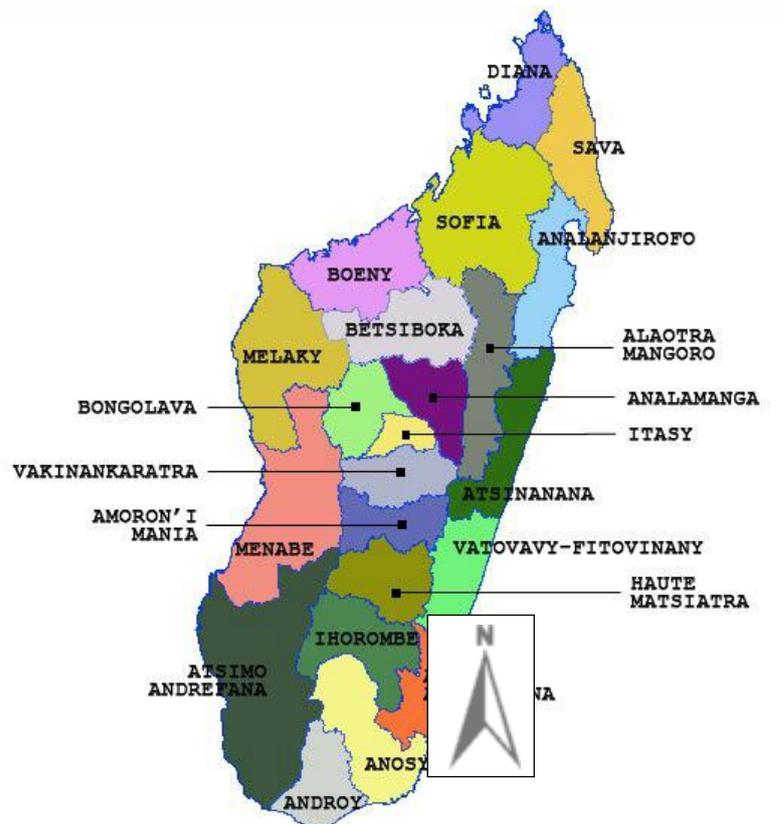
Tableau 1 : Calendrier d'exécution des activités

No.	Activité	Année	2015				2016			2017		
			Mois	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27
1.1	Nommer le coordinateur du projet EBT et constituer le Comité National EBT		■									
1.2	Organiser les parties prenantes		■									
1.3	Elaborer un projet de plan de travail détaillé			■								
1.4	Identifier des sources de données et d'expertise		■									
1.5	Organiser un atelier de lancement national et finaliser le plan de travail sur la base des commentaires des parties prenantes				■							
1.6	Participer aux ateliers régionaux a) de renforcement des capacités b) de partage d'expériences			■		■		■				
1.7	Prioriser des technologies, produire projet de rapport				■							
1.8	Finaliser le rapport de technologies priorisées (Rapport EBT)					■						
1.9	Effectuer une évaluation du marché, c'est-à-dire analyser les obstacles et créer un cadre propice au déploiement et à la diffusion des technologies prioritaires						■	■				
	Finaliser the rapport (rapport AB&CP)								■			
1.10	Préparer un plan d'action technologique (PAT) + idées de Projet, produire projet de rapport									■		

1.2 Politiques nationales existantes relatives à l'innovation technologique, adaptation au changement climatique et priorités en matière de développement

1.2.1 Contexte général de Madagascar:

1.2.1.1 Délimitation géographique



Source : BD 500, FTM

Figure 1 : Les 22 régions de Madagascar

1.2.1.2 Pression démographique induisant la pauvreté

Selon l'estimation de l'INSTAT, la population de Madagascar se chiffrait à 17 730 289 habitants en 2005. Sur la base de taux de croissance annuel moyen de 3,11%, elle serait de 21 610 959 habitants en 2015 et de 32 763 383 habitants en 2025. L'Enquête Permanente auprès des Ménages (EPM) de l'INSTAT en 2005 mentionne que 68,7 % des ménages vivaient en dessous du seuil de pauvreté. Ce taux était de 76,5% en 2010 alors que le PNUD a annoncé un taux de 70 % en 2015.

a) Faible croissance économique

La vulnérabilité de la majorité des secteurs productifs de l'économie aux catastrophes liées aux événements climatiques représente une problématique majeure pour le développement de l'île. Les coûts de la dégradation environnementale sont estimés entre USD 450 et 500 millions par an, soit 9 à 10% du PNB selon la Banque Mondiale. Cette situation est aggravée par le fait que Madagascar fait partie au niveau mondial des cinq premiers pays les plus vulnérables au changement climatique et que les différents phénomènes de changements

climatiques vont se traduire par des événements météorologiques extrêmes de plus en plus intenses au cours des prochaines années.

La majorité des chocs liés au climat (cyclones, inondations...) a occasionné une diminution de la production agricole générant des faibles revenus et diminuant de façon drastique la consommation au niveau des ménages. Si les ménages n'arrivent pas à se remettre rapidement de ces chocs, ils passeront dans une situation extrême de pauvreté. L'insertion des enfants dans le marché du travail ou quelquefois l'incitation à la prostitution, en les retirant précocement du système éducatif, figurent parmi les voies adoptées par les ménages pour lutter contre la pauvreté. Cette situation porte atteinte au développement du capital humain dans le futur.

b) Faible accès aux innovations technologiques

D'après le Rapport Mondial sur l'Innovation 2012, le rang de Madagascar a peu évolué durant ces dernières années : l'indice d'innovation global a été de 24,2 et Madagascar se trouve au 126^e rang (sur 141 pays) en 2012, au 113^e (sur 125 pays) en 2011. Par ailleurs, l'indice d'efficacité d'innovation n'est que 0,6.

c) Sous-emploi induisant la pauvreté

Le marché du travail est dominé par le phénomène de sous-emploi et d'emplois inadéquats si l'on se réfère aux enquêtes menées par l'INSTAT. En outre, les inégalités de rémunération entre les hommes et les femmes restent significatives, avec un écart estimé à environ 34% en 2012 (ENSOMD, 2013). Le taux de pauvreté se trouve à un niveau élevé (76,5% en 2010 et 71,5% en 2012) et prédomine essentiellement en milieu rural où le système de protection sociale est précaire. Les ménages dirigés par des femmes sont particulièrement touchés par l'extrême pauvreté.

1.2.2 Défis et priorités de développement de Madagascar

Secteur Agriculture

L'Etat Malgache a manifesté ses engagements dans la lutte contre la pauvreté. La ratification de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC), le 18 décembre 1998 et celle du Protocole de Kyoto, le 3 septembre 2003, témoignent de l'engagement de l'Etat aux questions relatives aux perturbations

environnementales, particulièrement le changement climatique. Par ailleurs, figurant parmi les Etats les plus exposés à des risques très élevés, Madagascar tient la 3ème place en ce qui concerne les menaces des impacts désastreux du changement climatique pour les 30 prochaines années. Ainsi, une politique et des stratégies touchant le secteur agricole pour faire face au changement climatique sont primordiales.

Au niveau national, faisant suite à la politique nationale de lutte contre le changement climatique (PNLCC) élaborée en 2010, des stratégies de sécurité alimentaire et d'augmentation de la production rizicole s'avèrent très opportunes, pour faire face aux problématiques de changement climatique.

Aussi, depuis 2009, le Ministère de l'Agriculture dispose d'un document de « *Stratégie nationale face au changement climatique - Secteur agriculture- élevage- pêche* » pour la période de 2012 à 2025. Cette stratégie découle du cadre politique et des programmes de développement dans sa généralité, d'une part, et des stratégies et du programme de développement rural, ainsi que des politiques et stratégies sectorielles (agricoles), d'autre part. En plus de la PNLCC, les éléments de cadrage stratégique liés aux programmes de développement rural et sectoriel sont le *Plan d'Action pour le développement Rural (PADR, 2001)*, la *Lettre de Politique de Développement Rural (LPDR, 2004)*, le *Programme National de Développement Rural (PNDR, 2005)* et le *Programme national pour la Sécurité Alimentaire (PANSA, 2005)*. Par rapport à son contenu, le document de la « *Stratégie nationale face au changement climatique du secteur agriculture-élevage- pêche* » pour la période de 2012 à 2025, promeut l'agriculture durable parmi les réponses au besoin fondamental d'assurer la sécurité alimentaire, la préservation du capital sol et l'économie agricole à travers les axes d'adaptation face aux changements, ceux d'atténuation des changements et de promotion de la recherche et des technologies.

En outre, le décret MECIE, promulgué par l'Office Nationale pour l'Environnement, exige que tout projet entrepris à Madagascar doive tenir compte de ses impacts environnementaux ; c'est ainsi que l'Agriculture figure en premier lieu par le biais de l'*Agroécologie*. En sous-tendant un profit économique, cette agro écologie cherche à conserver et à optimiser l'utilisation des ressources en eau, en sol, en diversité génétique des plantes, et la structure des paysages agricoles.

En réponse aux changements climatiques et à la baisse concomitante de la production générant une malnutrition et une sous-nutrition chronique, le ministère de l'Environnement et la cellule environnementale du Ministère de l'Agriculture ont lancé, depuis 2006, le *Programme d'Action National d'Adaptation au Changement Climatique ou PANA*. Il stipule différents projets agricoles pour s'adapter au changement climatique en identifiant les zones

à risque, les besoins, les parties prenantes concernées et les budgets de mise en œuvre. Comme impacts attendus, ce PANA cherche à procurer davantage de bénéfices agronomiques, environnementaux et socio-économiques, en mobilisant les savoirs et les savoir-faire de l'agriculture (innovations technologiques et acquis). Le présent processus EBT ou Evaluation des besoins technologiques phase II, dont Madagascar fait partie, va suivre cette logique.

Ce PANA ou **Programme d'Action National d'Adaptation au Changement Climatique (PANA Madagascar, 2006)** est axé sur :

1. réhabilitation et/ou construction des barrages et digues de protection.
2. mise en place et redynamisation des associations des usagers de l'eau.
3. appui à l'intensification de la production végétale et animale à travers notamment l'acquisition de matériels agricoles, la distribution d'intrants, le développement des activités génératrices de revenus dans les différentes filières porteuses régionales.
4. adoption de la lutte antiérosive par les techniques de défense et de restauration du sol (conservation des sols).
5. mise en place de structure légère et/ou renforcement du Service Météo décentralisé.
6. reboisement des zones rurales disposant de plans de reforestation avec des espèces adaptées/appropriées.

Actuellement, selon la vision de la Politique Nationale de Développement (PND) en 2015, à savoir « *Madagascar Prospère et moderne* », le but final est de parvenir à une croissance économique soutenue et partagée permettant à la société malagasy d'être résiliente aux chocs additionnels de par l'utilisation de ces différents types de capital naturel, humain et productif d'une manière inclusive, intégrée et durable. L'axe stratégique N°5 s'intitule « Valorisation du Capital naturel et renforcement de la résilience aux risques de catastrophes » dont l'une des composantes est d'Intégrer les actions *de lutte contre le changement climatique dans la promotion d'une économie résiliente*.

Au niveau du Ministère de l'Agriculture, cette PND se décline en « **Politique sectorielle de l'Agriculture, Elevage et Pêche (PSAEP/PNIAEP Madagascar, 2015)** », dont la vision est : « *Madagascar en 2025, s'appuie sur une production Agricole compétitive et durable, intégrant des exploitations familiales et des unités de transformation modernisées pour assurer la sécurité alimentaire et conquérir les marchés d'exportation* ».

L'objectif global du PSAEP/PNIAEP est de réduire le taux de pauvreté de la population, vivant en dessous du seuil de 1,25 USD par jour, en passant de 82% à 20% en 2025, d'avoir un taux de croissance annuelle pour le secteur AEP de 6%, s'il n'est que 2,6 % actuellement

et de faire progresser les investissements privés dans les trois sous-secteurs (agriculture, élevage et pêche).

Un des **défis à relever pour le PSAEP** est de :

- *renforcer la résilience des systèmes de production Agricoles pour faire face aux changements climatiques*
- *favoriser les pratiques agricoles durables permettant d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre.*

Le PSAEP propose 5 programmes bien définis notamment au niveau de l'*Amélioration soutenue de la productivité et de la promotion des systèmes de productions compétitifs* (visant à augmenter le pourcentage de producteurs adoptant les nouvelles technologies de production). Ces politiques agricoles sont détaillées en annexe3.

Secteur Eau

Madagascar a adopté une Politique sectorielle de l'eau après diagnostic du secteur en 1991. Elle retrace les grandes lignes de développement du secteur qui repose sur une meilleure coordination par :

- la mise en place de la Gestion Intégrée des Ressources en eau (GIRE) ;
- l'approvisionnement équitable en eau potable et en assainissement ;
- le désengagement de l'Etat des activités d'exploitation ;
- la promotion du partenariat public-privé ;
- l'application du principe pollueur-payeur ;
- le principe de non-gratuité de l'eau.

Après la déclaration de la politique sectorielle, le Code de l'Eau a vu le jour en 1998, suivi de ses décrets d'application. L'Autorité Nationale De l'Eau et de l'Assainissement (ANDEA) est créée en 2004 et en charge de la GIRE au niveau national, et des Agences de Bassins ont pu être mis en place sans être, pour autant, suffisamment opérationnelles.

Le Ministère de l'Eau, chargé de la mise en application de la politique du secteur a été créé en 2008. Le PNAEPA (Programme National d'Alimentation en Eau Potable et d'Assainissement) a été élaboré en vue d'atteindre les objectifs fixés par l'Etat pour les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) à l'horizon 2015. Mais vu que l'Etat a des difficultés pour les atteindre, on élabore actuellement de nouveaux objectifs pour 2018, en fonction des priorités nationales.

Depuis, plusieurs documents stratégiques ont été élaborés. Ils ont présenté des stratégies et des actions spécifiques directes ou indirectes sur les ressources en eau. Les principaux

objectifs du secteur sont ainsi de garantir l'accès à l'eau potable, de développer une gestion intégrée des ressources en eau.

Encadré 1 : Politique Nationale de Développement (PND Madagascar, 2013

i. Vision : « Madagascar Prospère et moderne » devant se décliner en des capacités multiformes et en une adéquation harmonieuse avec les formes de progrès vécues et rencontrées à travers le monde »

ii. Objectif final : parvenir à une croissance économique soutenue et partagée permettant à la société malagasy d'être résiliente aux chocs additionnels de par l'utilisation de ces différents types de capital naturel, humain et productif d'une manière inclusive, intégrée et durable.

Axe stratégique N°4 : «Capital humain adéquat au processus de développement »

Programme 4.5 : Eau, Hygiène et Assainissement garants de la sante publique

Objectif spécifique : Assurer l'accès à l'eau potable, l'hygiène et aux infrastructures d'assainissement (EHA)

- Garantir l'accès à l'eau potable salubre et accessible et un assainissement adéquat pour tous
- Développer la gestion intégrée des ressources en eau

Axe stratégique N°5 : « Valorisation du Capital naturel et renforcement de la résilience aux risques de catastrophes ».

Programme 5.1 : Ressources naturelles, un legs assuré pour les générations futures

Objectif spécifique : Assurer l'articulation ressources naturelles et développement économique

- Intégrer la dimension capitale naturelle dans la planification du développement
- Accroître la contribution du secteur ressources naturelles à l'économie
- Intégrer les actions de lutte contre le changement climatique dans la promotion d'une économie résiliente

1.3 Contexte et Vulnérabilité du secteur « Agriculture » et « Eau » à Madagascar

1.3.1 Contexte de « l'Agriculture » face au changement climatique à Madagascar

D'ici 2099, la température augmentera de 0,5°C à 3°C, avec des élévations moyennes de 0,5°C environ tous les 20 ans. Quant à la pluviométrie, les précipitations moyennes annuelles diminueront de 5% à la fin du siècle sur l'ensemble de l'île. On prévoit néanmoins

une augmentation de 5% à 10% des précipitations en Décembre/Janvier/Février (saison chaude et pluvieuse).

Les saisons sont perturbées : venue tardive des pluies qui, lorsqu'elles arrivent, sont très intenses et souvent violentes ; sécheresse accentuée dans le Sud ; montées généralisées (mais inégales) de la température, même sur les hautes terres centrales ; répartition pluviométrique ayant connu des variabilités ;

En Agriculture, la vulnérabilité est perçue comme **forte**. D'une manière générale, la sensibilité du secteur agricole est forte par rapport aux perturbations ou changements climatiques et repose sur: (i) la variabilité des précipitations et la fréquence des catastrophes naturelles intenses ; (ii) l'irrégularité des saisons pluvieuses, dans de nombreuses zones, qui perturbent le calendrier agricole ; (iii) les pressions anthropiques ; (iv) la mauvaise gestion des ressources en eau ; (v) la forte érosion des versants, et (vi) dans certains endroits, la menace acridienne.

1.3.2 Vulnérabilités clés au Changement Climatique dans le Secteur « Agriculture »

1.3.2.1 . Vulnérabilité due à l'exposition de la filière clé à la variabilité climatique

Les activités agricoles de la plupart des paysans malgaches sont basées principalement sur les cultures vivrières, dont notamment le riz. La riziculture est pratiquée par la majorité des cultivateurs et couvre une grande partie des superficies cultivées. Les vécus et les projections climatiques dans le futur montrent que les phénomènes extrêmes de sécheresse dus à la diminution de la pluviosité et à l'augmentation de la température et d'inondations dues à la grosse pluie mal répartie dans l'année) vont impacter sur l'agriculture malagasy.

En effet, le calendrier agricole est très sensible aux facteurs climatiques. Les effets des changements climatiques se ressentent sur la productivité agricole et de surcroît sur la sécurité alimentaire et les prix des denrées alimentaires de telle manière que l'agriculture devient de plus en plus une problématique au quotidien.

En général, les impacts observés se traduisent par :

- Une pluviométrie très variable
- La tendance à l'augmentation de la température favorisant la prolifération des mauvaises herbes.
- La dégradation des terres, se traduisant particulièrement par des érosions en ravine au niveau des bassins versants.

- Les perturbations des activités socio-économiques, liées à la perturbation des calendriers agricoles en raison du démarrage de plus en plus tardif des saisons pluvieuses.

Les résumés de ces contraintes climatiques sont consignés dans l'Encadré 5 en annexe 4 alors que les manifestations et les impacts sur l'agriculture en général du changement climatique/de la variabilité climatique sur la riziculture dans les différentes zones agro écologiques de Madagascar (FOFIFA, 2014) sont reportés en annexe 5.

1.3.2.2 Vulnérabilité liée à l'insuffisance d'infrastructures

Quant aux Infrastructures hydro-agricoles, elles sont peu entretenues. Madagascar possède plus de 1 200 000 ha de rizières, mais seules 10% de ces infrastructures ont bénéficié de réhabilitations représentant environ 100 000 hectares avec une irrigation normalisée pouvant produire jusqu' à 6 tonnes à l'hectare. Le reste, non réhabilité ou peu entretenu, ne produit que 1,5 à 3 tonnes à l'hectare. Depuis des années, les réhabilitations et les maintenances ne sont pas internalisées dans les pratiques systématiques du secteur agricole. Ces infrastructures souffrent également des impacts des aléas climatiques, notamment des cyclones et des pluies diluviennes. Ces phénomènes provoquent souvent des grandes crues et des inondations qui ensablent notamment les rizières et fragilisent, voire détruisent les infrastructures hydro agricoles. Ces dégâts amenuisent les productions et constituent une menace sérieuse pour la sécurité alimentaire.

1.3.2.3 Vulnérabilité due à la faible intensification du système de production

L'intensification agricole, malgré les critiques qui pourraient être émis à son égard notamment pour des raisons de faisabilité économique, fragilise encore les économies rurales voire urbaines par son manque ou son insuffisance. Les agriculteurs utilisent souvent des techniques et des technologies rudimentaires, parfois faute d'encadrement. Pourtant, plus d'intensification et donc de production ne pourrait être que bénéfiques à ces populations qui sont généralement dans une situation d'insuffisance, surtout alimentaire.

En conséquence, pour le cas de **Boeny**, 27,90% de ménages se sont retrouvés en situation d'insécurité alimentaire, de manque de nourriture. Le manque de nourriture chronique reste ainsi un grand défi pour la région.

Pour le riz en général, les techniques de culture utilisées restent encore traditionnelles. De plus, le taux d'utilisation des intrants est encore très faible avec un rendement peu satisfaisant (ne dépassant pas en moyenne les 2,1 tonnes par hectare). Selon le Recensement de l'Agriculture 2004-2005, les superficies cultivées progressent de 0,9%

chaque année. Dans l'ensemble, celles-ci sont estimées à 1 755 700 ha dont 1 140 100 ha de rizière en 2004/2005, les superficies irriguées représentant 47,0 % de la totalité. Dans cette période (2005), la production du paddy était de 3 392 459 tonnes correspondant à un rendement de 2,72 T/ha. Il est à noter qu'en 2014, la projection était de 1 417 453 ha produisant 3 977 863 tonnes de paddy. Selon MINTEN et RALISON, 2003, et relayé dans le document de SNDR (2015), la dose moyenne d'utilisation des fertilisants sur l'ensemble des terres cultivées à Madagascar est de l'ordre de 6 à 8kg par hectare de rizière. De plus, 5 à 6% des terres cultivées reçoivent de l'engrais minéral. Plusieurs raisons limitent l'utilisation des engrais à savoir : le faible pouvoir d'achat, la non disponibilité à temps et *in situ*, la non maîtrise des modes et des périodes d'apport des fertilisants.

Par ailleurs, le problème de la gestion de l'eau persiste encore dans la filière riziculture, malgré que 30% des terres agricoles sont potentiellement irrigables (SNDR, 2015).

1.3.2.4 Vulnérabilité due à la faiblesse des moyens de productions et de la défaillance d'appui institutionnel

➤ Les effets pervers des projets d'appui technique et financier :

La dépendance est une attitude à craindre suite à la mise en place de projets d'appui. Les interventions d'urgence des différents projets favorisent une attitude passive des victimes des catastrophes qui ont tendance à compter sur un assistanat gratuit de toutes les façons : « la formule subvention de secours » incite les organisations et la population à attendre des dons en cas de catastrophe alors que son objectif principal est d'atténuer leur vulnérabilité » (CNS et PNUD, 2007).

En outre, pour les projets de développement, les dirigeants communaux perdent leurs initiatives au départ des projets, scénario classique qui empêche toute pérennisation des éventuels avantages acquis grâce aux projets. Sans trop de risques, il est possible d'affirmer que les projets d'appui risquent de créer une dépendance et une passivité des assistés. Les bénéficiaires des projets devraient plutôt adopter une attitude proactive, en se disant qu'un projet n'est ni éternel ni la panacée à leurs problèmes quotidiens, mais qu'ils devraient plutôt les saisir comme des opportunités pour se renforcer eux-mêmes afin d'augmenter leurs capacités de se prendre en charge dans les défis quotidiens du développement. Le manque de synergie entre les projets et les services étatiques est un autre constat (COI, 2011) qui peut nuire à l'efficacité présumée des projets. Il peut y avoir parfois substitution de fait entre projets d'appui et administration, voire des conflits dans certains cas. Pourtant, l'idéal est la complémentarité créant la synergie.

Ici, il est bon de rappeler les impacts psychologiques de la situation actuelle de toutes les régions par rapport aux aléas climatiques et au changement climatique : la situation ou l'apparence d'une région « peu ou tout au plus moyennement vulnérable » diminue encore plus les incitations à réfléchir à une démarche proactive actuellement. Mais mieux vaut prévenir que guérir.

Enfin, des projets sectoriels apportent aussi parfois des solutions spécifiques inadaptées, à risque sur le long terme (Exemple : SRI proposée en conditions de *Mauvaise Maîtrise d'Eau* et aux producteurs à faible pouvoir d'investissement ; SCV à résultat à *Long Terme* mais proposé dans une région à faible production présentant des problèmes de « sous nutrition » immédiate et aigue.

➤ ***Inadéquation de la micro finance rurale***

Les populations rurales ont peu d'accès au système, soit par manque de moyens, soit par l'inexistence de services financiers tels que les micro-finances qui travaillent peu en milieu rural, soit par manque de connaissance faute d'appuis techniques, et certainement pour d'autres raisons. Les stratégies régionales de développement ainsi que les structures de mise en œuvre actuelle ne permettent pas de remédier à cette situation pour des raisons de ciblage des interventions, comme il sera expliqué plus loin.

Près de 70% des micros entreprises opèrent dans le milieu rural. Des résultats de l'enquête montrent que : (i) Seuls 6% des micros entrepreneurs ont fait une demande de crédit auprès d'Institutions de micro finance. (ii) Le microcrédit n'est pas le moyen de financement privilégié par les ruraux étant donné la prédominance de l'épargne des ménages et des dons.

Les principales causes de la réticence des petits agriculteurs à recourir au microcrédit sont :

- les garanties exigées
- l'ignorance et méfiance quant à son utilité
- la complexité des démarches d'octroi lié au période de débloqué du fonds
- le taux d'intérêt jugé trop élevé pour permettre le financement de projets d'investissements
- l'échéance jugée trop courte
- le manque d'esprit d'entrepreneuriat des petits producteurs (80% de la population malagasy),
- la faible intégration de l'idée d'affaires dans leur agriculture due au faible écoulement de leurs produits.

Cette situation financière se répercute au niveau des agriculteurs par :

- la faiblesse de leur niveau d'équipement
- la faiblesse de leur pouvoir d'achat ne permettant d'acheter que faibles quantités d'intrants
- l'insuffisance du niveau d'engagement des mains d'œuvre
- la faiblesse du prix de produits à la récolte lors de la commercialisation
- la faiblesse des activités génératrices de revenus

➤ **Fort Degré de vulnérabilité des régions à risque**

Quant aux impacts sur la population, les chocs ou pertes déjà subis seront considérés comme des conséquences potentielles des effets néfastes du changement climatique sur la vie des populations, du moment qu'il est possible de percevoir ce lien. L'Agriculture malagasy est très sensible au changement climatique, la vulnérabilité a une tendance **forte**.

- Les inondations ont touché **en grande partie des ménages** ruraux de la totalité de la région (INSTAT, 2011). Elles peuvent causer des pertes de terrains de culture, par le biais des crues des eaux voire le changement de lit des fleuves (Monographie régionale, 2011) dans les cas extrêmes. Les inondations peuvent être provoquées par des cyclones ou simplement par des pluies importantes.
- **La perte de la production agricole** : en 2008, après les cyclones Fame, Ivan et Jokwe, les pertes se sont chiffrées à 80000T de paddy pour chacune des 17 Régions touchées. De plus, **la prolifération des maladies, des mauvaises herbes, des ennemis** conditionnés par le climat favorable, entraînent les zéro récoltes pour la plupart des plaines rizicoles. Enfin, la **perturbation du calendrier cultural** va impacter le rendement de culture.
- **La perte de revenus et diminution du pouvoir d'achat** dont le premier représentait 64% des chocs d'origine divers, économiques ou climatiques etc., subis par la population de d'après l'EPM 2010 (INSTAT, 2011). Ainsi, perte de production signifie que la production est déjà là mais a été perdue, par endommagement ou destruction. Par exemple, les rizières ont donné des épis, mais qui ont été endommagés ou détruits en cours de mûrissement ou juste après. Par contre, la baisse de rendements à laquelle il est fait référence ici rend compte des changements des facteurs de production agronomique qui diminuent carrément le potentiel de production. C'est par exemple ce qu'expriment les agriculteurs en expliquant la baisse des rendements par la variation des températures minimales, plus précisément leur diminution. Les plantes fleuriront ou donneront moins puisqu'elles poussent dans des conditions plus mauvaises.

La récolte prématurée représente aussi une forme de baisse des rendements, autant en qualité qu'en quantité. La modification du calendrier cultural agit aussi dans ce sens, puisque les décalages des travaux agricoles et des différents entretiens aux cultures modifient la capacité de production de ces dernières. Les différentes maladies empêchent aussi le développement des plantes ou des animaux, causant une perte ou une diminution de rendement.

- **L'augmentation de l'insécurité alimentaire** : L'insécurité alimentaire est aggravée par les risques liés au changement climatique. Elle est une conséquence directe sur la perte de la production ou des rendements où la proportion des aliments autoproduits est sans doute plus élevée qu'en milieu urbain. La période de soudure est particulièrement plus rude à cause de sa coïncidence avec la période cyclonique.
- **Les invasions acridiennes** : Les invasions acridiennes constituent présentement un fléau, particulièrement pour le Sud. Le développement des criquets dépend de conditions écologiques particulières. L'existence de sécheresses marquées avant la saison de pluie leur est favorable, et explique les incursions acridiennes dans les régions Bongolava et Itasy depuis 1990 (COI, 2011). Les prévisions climatiques futures prévoient pour la région des saisons sèches plus marquées et plus longues, succédées par des saisons pluvieuses plus courtes mais aux pluies plus intenses. Ces conditions font de plusieurs régions, une future aire de déploiement des criquets. En fait, tout le pays est menacé dès que les conditions météorologiques sont favorables (CNS et PNUD, 2007). Bien qu'actuellement isolées, les risques d'évasion sont censés augmenter dans le futur. Les invasions acridiennes représentent autant de risques pour les cultures à l'avenir.
- **L'érosion** est une menace indirecte du changement climatique. La forte érodabilité des sols de la région, combinée au réseau dense des cours d'eau, qui de plus ont des régimes extrêmes (étiage et crues alternées), font de l'érosion une menace importante pour la plupart des régions de Madagascar.
- **L'augmentation des conflits fonciers et l'insécurité rurale** : ceux-ci constituent des conséquences indirectes du changement climatique via la perte de récolte.
- **La Faible capacité d'adaptation** en matière d'agriculture : Les mesures d'adaptation pertinentes existent, certes. Mais elles ne sont pas suffisantes pour surmonter les chocs. Leur portée est limitée puisque leur ampleur spatiale ou leur intensité est faible (les petits ouvrages agricoles de faible envergure, les échanges localisés de semences résistantes, les activités faiblement génératrices de revenus, etc.), et **les capacités technologiques et techniques locales sont**

faibles. L'insuffisance de l'encadrement, à l'exception de quelques filières dans quelques districts favorisés, limite encore les capacités d'adaptation. Ainsi, la capacité d'adaptation du système agricole est faible. Avec une exposition et une sensibilité élevée, des impacts forts et une capacité d'adaptation faible, le secteur agriculture a une vulnérabilité forte.

1.3.3 Contexte des ressources en eau à Madagascar.

Madagascar dispose d'une grande quantité d'eau (eaux pluviales, de fleuves et rivières des lacs et marais, et eaux souterraines), grâce à sa situation géographique, à son climat globalement de type tropical, à réseau hydrographique relativement dense selon les régions, à son relief et à sa géologie variée. Cependant ces ressources sont inégalement réparties sur les plans temporel et spatial.

1.3.3.1 Les ressources en eaux pluviales.

Le régime pluviométrique contrôle le régime hydrologique. La ressource en eau pluviale malgache est évaluée, en moyenne, à 1 632 mm par an, soit 905.10^9 m³ (OSIPD-CNRE-SEMINAR, 1997). En 1999, elle est évaluée, en moyenne, à 1 500 mm, soit $831,8.10^9$ m³/an sur tout le territoire national (*"Rapport sur l'état de l'environnement à Madagascar" édition 1999*). Il faut toutefois noter qu'une forte disparité existe entre les régions en matière de précipitations et que certains endroits de l'île souffrent d'insuffisance de ressources en eau en particulier le Nord-est et l'Extrême Sud.

1.3.3.2 Les ressources en eau de surface

Les eaux fluviales sont estimées à environ $3,55.10^{13}$ m³/an (OSIPD-CNRE-SEMINAR, 1997). La longueur totale des voies navigables (canaux et rivières) est de 3 438 km (MTM, 1994). En termes de stocks en eau de surface, les ressources annuelles disponibles en eau ou écoulement sont estimées à 40 km³.

Plus de 2 000 lacs ou dépressions fermées à plan d'eau libre naturelle ont été inventoriés (LRSAE-CNRE-ORSTOM, 1997) dont 30 lacs ont une superficie supérieure à 8 km².

En totalité, les ressources en eau de surface sont estimées à 355.10^9 m³.

Selon les normes (malgaches, françaises, marocaines et OMS), la qualité des eaux de surface suivies par la JIRAMA montre que durant l'année 2006-2007, la qualité globale des eaux de surface surveillées a été bonne pour les 62 % des points d'eau, et moyenne au niveau de 23 %. Par contre, elle a été mauvaise au niveau de 13 %.

Les ressources à qualité dégradée sont celles qui sont affectées par les rejets domestiques tels que les rivières.

1.3.3.3 Eaux souterraines.

Le bilan hydrologique donne une évaluation approximative du volume d'eaux souterraines à 14.10^6m^3 (MEM/DAE, 1997). Les eaux souterraines sont réparties:

- sur les Hautes Terres où l'on rencontre les nappes d'alluvions, d'arènes et de socle fracturé ;
- sur les zones des terrains sédimentaires où l'on trouve les nappes d'alluvions ; de sable de plage, de calcaires et grés jurassiques, crétacé, Isalo, néogène, éocène et quaternaire ; de sables blonds.

Pour la période 2006-2007, la qualité globale des nappes d'eau souterraine a été bonne au niveau de 52% des ressources, moyenne sur 13 % et dégradée sur 16 %.

Les paramètres responsables de cette dégradation sont la forte minéralisation et la présence élevée de matières organiques. Les non conformités aux normes correspondent à des dépassements des valeurs limites concernant la turbidité, la teneur en éléments chimiques (fer, sulfates, nitrates matières organiques...) due à une forte évaporation et ou aux apports polluants.

Concernant les besoins en eau, la consommation d'eau à usage agricole est de 13.109 m³/an pour l'ensemble du pays. Pour la consommation en eau potable, 48% de la population ont accès à l'eau potable selon le Ministère de l'eau et, selon l'UNICEF. Des informations sur l'eau potable sont présentées dans les tableaux ci-après :

Tableau 2 : Taux de desserte en eau potable à Madagascar

Régions	Population 2012	Réalisation 2011			Situation 2011		Population desservies 2011	Taux 2011
		BF/F/P	BP	Pop. Dess	BF/F/P	BP		
Analamanga	1 668 194	133	0	33 250	4 017	452	1 008 770	60%
Bongolava	344 586	58	0	14 500	613	0	153 250	44%
Itasy	764 251	123	0	30 750	2 856	0	714 000	93%
Vakinankaratra	1 584 121	176	304	47 040	2 410	305	605 550	38%
DIANA	423 320	16	0	4 000	599	32	150 070	35%
SAVA	892 371	29	0	7 250	636	73	159 730	18%
Amoron'l mania	749 946	0	0	0	1 671	70	418 450	56%
Atsimo-	697 923	53	7	13 320	289	22	72 470	10%

Atsinanana								
Haute Matsiatra	1 182 701	104	0	26 000	1 972	26	493 260	42%
Ihorombe	192 789	0	0	0	401	0	100 250	52%
Vatovavy-Fitovinany	1 245 481	375	0	93 750	1 926	367	485 170	39%
Betsiboka	222 701	0	0	0	341	0	85 250	38%
Boeny	399 756	12	0	3 000	244	0	61 000	15%
Melaky	217 070	2	0	500	33	0	8 250	4%
Sofia	1 070 377	36	0	9 000	1 287	0	321 750	30%
Alaotra-Mangoro	1 026 651	0	0	0	1 489	59	372 840	36%
Analanjirifo	867 962	79	26	20 010	1 178	31	294 810	34%
Antsinanana	1 002 068	30	40	7 900	553	50	138 750	14%
Androy	484 596	0	0	0	633	10	158 350	33%
Anosy	569 021	0	0	0	865	300	219 250	39%
Atsimo-Andrefana	1 010 318	12	0	3 000	1 444	185	362 850	36%
MenabE	357 137	0	0	0	667	17	166 920	47%
Madagascar	16 973 340	1 238	377	313 270	26 124	1 999	6 550 990	39%

Source: Ministère de l'eau (2012)

1.3.4 Vulnérabilité du secteur « Ressources en eau »

Les impacts du changement climatique se manifestent sur la disponibilité en eau tant en quantité qu'en qualité ; sur la production, la commerce de l'eau et l'assainissement ; et sur les infrastructures hydrauliques.

Concernant les précipitations, au cours des 100 dernières années, le niveau des précipitations, a connu une grande variabilité. Pour la moitié Sud, les précipitations augmentent avec la température. Dans la moitié Nord, elles augmentent quand la température diminue. Sur les Hautes Terres Centrales et la Côte Est, les précipitations des trimestres Juin à Août et Septembre à Novembre ont tendance à diminuer. Un allongement des séquences sèches est constaté. Sur la partie occidentale, l'intensité des précipitations a tendance à augmenter.

Pour les réseaux de surface et souterraines, la disponibilité en eau de surface et en eaux souterraines dépend du régime pluviométrique.

Les impacts du Changement Climatique sur le secteur « eau » pourraient être :

- la persistance et même l'augmentation de la variabilité et de l'irrégularité des pluies et de l'écoulement dans les différents bassins versants ;

- l'intensification des phénomènes extrêmes tels que les crues et les sécheresses ;
- Cette intensification influe non seulement sur la disponibilité en quantité (excédentaire ou déficitaire) et en eau de qualité (suivant l'exigence de l'usage) mais elle pourrait aussi entraîner le déplacement des lits des cours d'eau traversant les plaines dans le bassin versant.
- l'augmentation des transports solides des cours d'eau et leurs pollutions physiques, chimiques et organiques ou microbiologiques ;
 - la répétition ou retour des crues et des inondations dévastatrices.

Les impacts sur les infrastructures hydrauliques, de production, d'approvisionnement en eau, d'assainissement et de commerce sont des plus importants.

Des infrastructures hydrauliques dont des barrages, des systèmes d'adduction d'eau potable ou pastorale pourraient être ruinées et où inondées. Des conflits sociaux sur l'appropriation de l'eau pourraient alors éclater et seraient plus compliqués à résoudre dans l'avenir si aucune mesure y afférente n'était prise.

On aurait des difficultés à atteindre l'objectif du Gouvernement de fournir de l'eau en qualité et en quantité suffisante à toute la population.

En ce qui concerne la production, le commerce et l'assainissement, l'eau coûterait plus chère à cause des frais de production et de traitement nécessaire pour la rendre utilisable par les différents secteurs utilisateurs.

La gestion des ressources en eau serait plus difficile par rapport à la situation actuelle. Les frais d'installation et de maintenance des infrastructures seraient élevés et risqueraient d'être hors de portée des usagers à revenu très limité.

Les maladies d'origine hydrique deviendraient plus graves et leur prévalence dans le bassin versant serait plus élevée.

1.4 Sélection des secteurs.

Le choix des secteurs s'est effectué sur la base des différents documents stratégiques, en l'occurrence la première et deuxième Communication Nationale sur le Changement Climatique (MEEF, 2004 & 2008) ainsi que la version provisoire de la troisième communication nationale.

Les impacts négatifs des changements climatiques sont importants à Madagascar en terme des pertes de vies humaines, des effets sur les investissements, sur l'économie en général. Les impacts sont constatés aussi dans les différents secteurs prioritaires tels que l'agriculture et l'eau.

D'un côté, l'agriculture est la base de l'économie malagasy (26% du PIB et occupant 75% de la population active), et est marquée par sa grande vulnérabilité. Ce secteur est donc incontournable en termes d'adaptation au changement climatique et a été sélectionné comme secteur pour la composante adaptation du projet EBT.

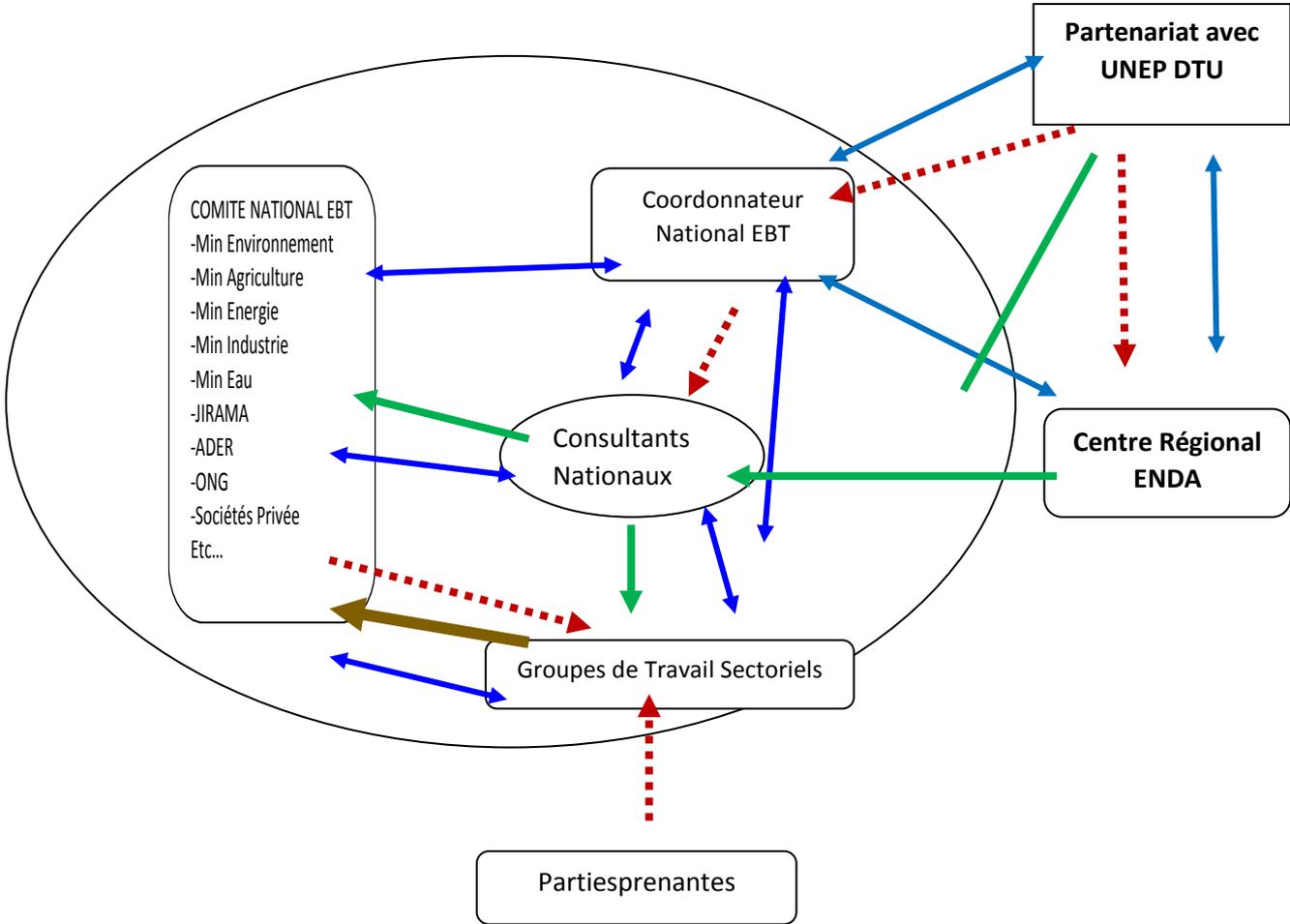
De l'autre côté, le développement de Madagascar ne pourra se faire sainement sans la mise en valeur rationnelle de ses ressources en eau. Selon le Ministère de l'eau, de l'hygiène et de l'assainissement, plus de la moitié de la population de la Grande Ile ne bénéficient pas encore de services d'adduction d'eau et d'assainissement adéquats. La plupart des activités socio-économiques sont intimement liées aux ressources en eau. Ce secteur est très vulnérable au Changement Climatique. Son adaptation est donc indispensable pour l'atteinte des principaux buts de l'Etat ainsi a-t-on sélectionné ce secteur pour la composante adaptation du projet EBT.

2 Arrangement institutionnel pour le TNA et l'implication des parties prenantes

2.1 Equipe TNA nationale

EQUIPE EBT NATIONALE

EQUIPE EBT INTERNATIONALE



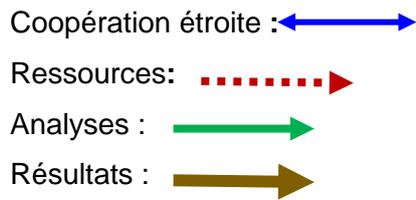


Figure 2 : Arrangement institutionnel pour l'EBT II

L'Equipe Nationale EBT est le principal organe de décision du projet EBT ; elle présidée par le Directeur Général de l'Environnement. Cette équipe est composée du Comité National EBT et d'un groupe élargi comprenant les Groupes de Travail Sectoriels/Technologiques et les Experts/Consultants nationaux qui les assisteront. Le Coordonnateur EBT, point focal du projet, joue un rôle clé et sert de lien entre les différents groupes pour assurer le bon fonctionnement de leurs travaux.

2.1.1 Coordonnateur EBT

Le Coordonnateur EBT, basé au Ministère de l'Environnement – Bureau National de coordination de changement climatique, est chargé d'assurer le rôle de point focal pour le projet, de coordonner les travaux des différents groupes et de gérer le processus global de l'EBT. Il donnera l'orientation et encadrera le projet global, en facilitant la communication avec les membres du Comité EBT National, les consultants nationaux et les groupes de parties prenantes, ainsi que la formation de réseaux, la compilation des informations, la coordination et la communication de tous les résultats des travaux.

2.1.2 Comité National EBT

Le Comité National EBT est le groupe central de décideurs et comprend des représentants chargés de la mise en œuvre des politiques issus de ministères concernés, ou d'autres représentants familiarisés avec les objectifs de développement nationaux, des politiques sectorielles, la science du changement climatique, les impacts potentiels du changement climatique pour le pays, et les besoins en matière d'adaptation. La liste des entités membres du Comité National EBT est donnée en annexe 2. Le principal rôle du Comité National EBT consiste à superviser le projet en collaboration avec le coordinateur EBT ; ses responsabilités spécifiques sont les suivantes :

- *identifier les priorités nationales de développement, ainsi que les secteurs prioritaires.*
- *approuver les technologies et les stratégies d'atténuation et d'adaptation recommandées par les Groupes de Travail Sectoriels.*

- approuver le *Plan d'Action Technologique Sectoriel* (une feuille de route en termes de politiques qui seront requises pour éliminer les obstacles et créer un environnement favorable) et élaborer un *Plan d'Action Technologique National transversal pour l'atténuation et l'adaptation*.

2.1.3 Consultants/Experts nationaux

Les consultants sont des experts nationaux en atténuation et en adaptation qui travaillent en étroite collaboration avec les Groupes de Travail Sectoriels et le Comité National EBT, sous la supervision du Coordinateur EBT. D'une manière générale, la tâche des consultants nationaux consiste à soutenir tous les processus EBT. Dans cette première étape de l'EBT, ils ont fourni les services d'assistance technique liés aux processus nécessaires pour mener l'identification et la hiérarchisation des technologies d'atténuation et d'adaptation via un processus participatif impliquant les parties prenantes concernées. Les consultants nationaux ont aidé le Coordinateur EBT à appliquer une approche participative au processus EBT en facilitant la communication au sein de l'équipe nationale EBT, la sensibilisation des parties prenantes, la formation de réseaux, la coordination et la diffusion des résultats.

2.1.4 Groupes de Travail Sectoriels

Suite à des analyses issues des rencontres avec les responsables d'institutions/organismes, les Groupes de Travail Sectoriel Agriculture et Ressource en Eau ont été constitués selon le tableau suivant :

a) Secteur Agriculture

Tableau 3: Responsables d'Institutions/Organismes

N°	Fonction	Institution/Organisme
1	Trois techniciens responsables dont un issu de la cellule environnementale	Direction de Production Agricole, Ministère de l'Agriculture
2	Directeur de Génie Rural (irrigation et mécanisation)	Direction de Génie Rural, Ministère de l'Agriculture
3	Membre exécutif et Responsable de l'agroécologie	Groupement de Semis Direct de Madagascar ONG ANAE

N°	Fonction	Institution/Organisme
4	Un Cadre Dirigeant	Société commerciale et productrice d'engrais biologique de GUANOMAD
5	Chef de projet Agroécologie, agent de terrain	ONG AGRISUD Madagascar
6	Directeur Scientifique	FOFIFA/Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural

b) Secteur Eau :

Le Groupe de travail sectoriel (GTS) EBT « eau » formé par les représentants :

- de l'Alimentation en Eau dans le Sud ou AES ;
- de la Société d'Electricité et d'Eau Malagasy ou JIRAMA ;
- du Ministère de l'eau ;
- du Centre National de Recherches Industriels et Technologiques (CNRIT) ;
- de l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement ou ANDEA

2.2 Processus de dialogue avec les parties prenantes suivi dans la EBT – Evaluation globale.

Secteur Agriculture :

La méthodologie d'approche suivie pour engager les parties prenantes est résumée dans le tableau 4 suivant:

Tableau 4 : Méthodologie de dialogue

<i>Etapes franchies</i>	<i>Outils/moyens</i>	<i>Produits livrables</i>
1. Consultation et cartographie des parties prenantes	Interviews/Questionnaires et Enquêtes/observations des terrains	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informations pertinentes et détaillées sur les parties prenantes (acteurs étatiques, secteurs privés, organisations paysannes, cf Annexe) ▪ Conditions/ intérêts des parties prenantes dans le processus de l'EBT ▪ Sélection des technologies potentielles à partir des besoins et des problématiques ressenties du point de vue agro-environnemental et socio-économique
2. Constitution	Discussion/échange	▪ Différentes options technologiques suivant les

d'un Groupe technique de travail	e/ Brainstorming	critères bien définies <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consensus sur des technologies prioritaires dans le secteur Agriculture à Madagascar
3. Assemblée générale du comité national de technologie	Validation/questions/réponses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Présentation des avancements du travail dans le cadre du processus EBT ▪ Communication des technologies Agricoles prioritaires pour Madagascar

Secteur Eau :

En se référant aux documents, processus et guide EBT, des technologies issues de la revue des documents stratégiques nationaux existants notamment le PND (Etat Malagasy, 2015), le PANA (Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts, 2006), les Circonstances nationales (Ministères de l'Environnement, des Eaux et Forêts, 2012) ; etc. ont été identifiées. Des visites des institutions et des contacts avec des responsables des institutions et centres privés et publics ont été réalisés dans le but de collecter d'autres informations sur les technologies utilisées (Agents d'exécution, Bureaux d'étude, Centres de formations et de recherches, Associations, etc.). Ces technologies ont fait l'objet de présélection par le Groupe de Travail Sectoriel (GTS).

Ainsi, deux réunions de GTS ont été organisées. La première a pour objectifs :

- de présenter aux membres du Groupe :
 - le projet « Evaluation des Besoins en Transfert de technologie (EBT) dans le secteur des ressources en eau avec ses objectifs ;
 - les processus et approches méthodologiques à utiliser ou à suivre ;
 - la tâche des membres du Groupe Technique Sectoriel ;
 - les technologies identifiées à partir de la documentation ;
 - les fiches des vingt (20) technologies (leurs variantes comprises) supposées plus pertinentes à présélectionner ;
 - le processus sélection et de présélection des quatre (03) technologies prioritaires pour le secteur « eau ».
- de discuter sur les critères de priorisation des technologies préparées par le Consultant et collaborateur et la notation pour la présélection, selon le guide TNA ou EBT ;
- d'initier sur priorisation des technologies par la notation des critères.

Un Président a été choisi au début de la séance.

Le document de la réunion, relatif aux fiches technologiques, aux critères et au processus de priorisation a été distribué aux participants une semaine avant la réunion.

L'approche adoptée est participative, et, toute décision est prise de façon consensuelle. Les notes attribuées sont transcrites sur une matrice de notation préétablie mise à la disposition de chaque membre (notation préconisée par le guide TNA). Chaque membre du GTS donne une note circonstanciée et explique les raisons de l'appréciation par critère et par technologie. Ainsi, chaque critère obtient 5 notes comprises entre 1 (très médiocre) et 100 (excellent). Enfin, pour avoir la note consensuelle, les membres du groupe ont décidé à l'unanimité d'attribuer à chaque critère la moyenne des cinq notes que ce critère aura reçues.

La seconde réunion a pour objectifs de continuer et finaliser la priorisation et la sélection des 11 technologies d'adaptation du secteur « Ressources en eau », de donner une pondération à chaque critère pour chaque technologie. On donne, à chaque critère une note de pondération entre 1 et 100 de telle manière que la somme de tous les notes de pondération soit égale à 100.

3 Priorisation des technologies pour le Secteur Agriculture

3.1 Contexte de la prise de décision

Selon le PNUD, environ 70% des ménages vivent en dessous du seuil de pauvreté en 2015. Cette pauvreté prédomine en milieu rural. De plus, Madagascar a toujours connu une faible croissance économique nonobstant une population agricole active estimée à 75%. Cette situation est liée plus particulièrement aux dégradations environnementales estimées à 9 à 10% du PNB. En outre, la capacité de réceptivité des nouvelles technologies reste faible, à cause du très bas niveau d'éducation des producteurs. Le marché de travail est très serré, induisant un faible revenu par tête très impressionnant. La situation géographique de Madagascar expose la totalité des filières clés telles que la riziculture aux fortes variabilités climatiques notamment la sécheresse intense et l'inondation. De ce fait, la plupart des infrastructures hydro-agricoles ainsi que les routes de desserte sont mal entretenues et détruites par les phénomènes climatiques tels que les grandes crues, les cyclones. Parallèlement, le rendement agricole reste faible ; la production n'arrive pas à satisfaire les besoins alimentaires de la population surtout pendant les périodes de soudure. Les techniques culturelles traditionnelles dominant dans l'ensemble du secteur ; les moyens de production semblent très insuffisants induisant un faible niveau d'intensification agricole. En définitive, l'agriculture malagasy est très vulnérable, surtout vis-à-vis du changement climatique (*voir figure montrant le schéma d'identification des besoins en technologies*).

Pour faire face au Changement Climatique, les décisions prises dans ce processus EBT ont été élaborées et fixées en cohérence avec des programmes mis en œuvre et surtout avec des **stratégies d'adaptation paysannes** sur la gestion de culture. Ils veillent à ce que les paysans puissent s'adapter, améliorer les rendements de la production et assurer la durabilité du développement agricole tout en considérant les problèmes environnementaux.

Le processus participatif qui évite le « top down », essaie d'appréhender les problèmes agro-environnementaux et socio-économiques de base, en mettant en concertation les promoteurs de l'agro écologie, les services étatiques, les projets de développement (avec leurs bailleurs de fonds), les institutions de recherche et les secteurs privés. Cette approche a pour finalité de coupler les objectifs de sécurité alimentaire, de réduction de la pauvreté ainsi que de préservation de l'environnement en respectant les caractéristiques socioculturelles du monde rural malagasy.

Par ailleurs, le choix des technologies à hiérarchiser puis à prioriser s'est effectué à la lumière des revues des différents documents y afférents. Il s'agit entre autres de *l'Objectif de Développement Durable, de la Politique Nationale de Développement, de la Politique sectorielle de l'Agriculture, Elevage et Pêche, de la Lettre de Politique de Développement Rural, des Trois Communications Nationales, du PANA*. Leurs **axes stratégiques** ont été pris en compte. De plus, il a été aussi mis en exergue, **les capitalisations des acquis des différents projets menées par les différents organismes à Madagascar (FAO, AVSF, FIDA, WWF, FOFIFA, etc.), les données du Climatetechwiki, les différents rapports EBT adaptation de Côte d'Ivoire, Sénégal, Congo, Maroc, Sri Lanka, les publications sur les technologies d'adaptation-secteur agriculture.**

La figure suivante nous montre la problématique de l'Agriculture malagasy qui induit les besoins technologiques prioritaires.

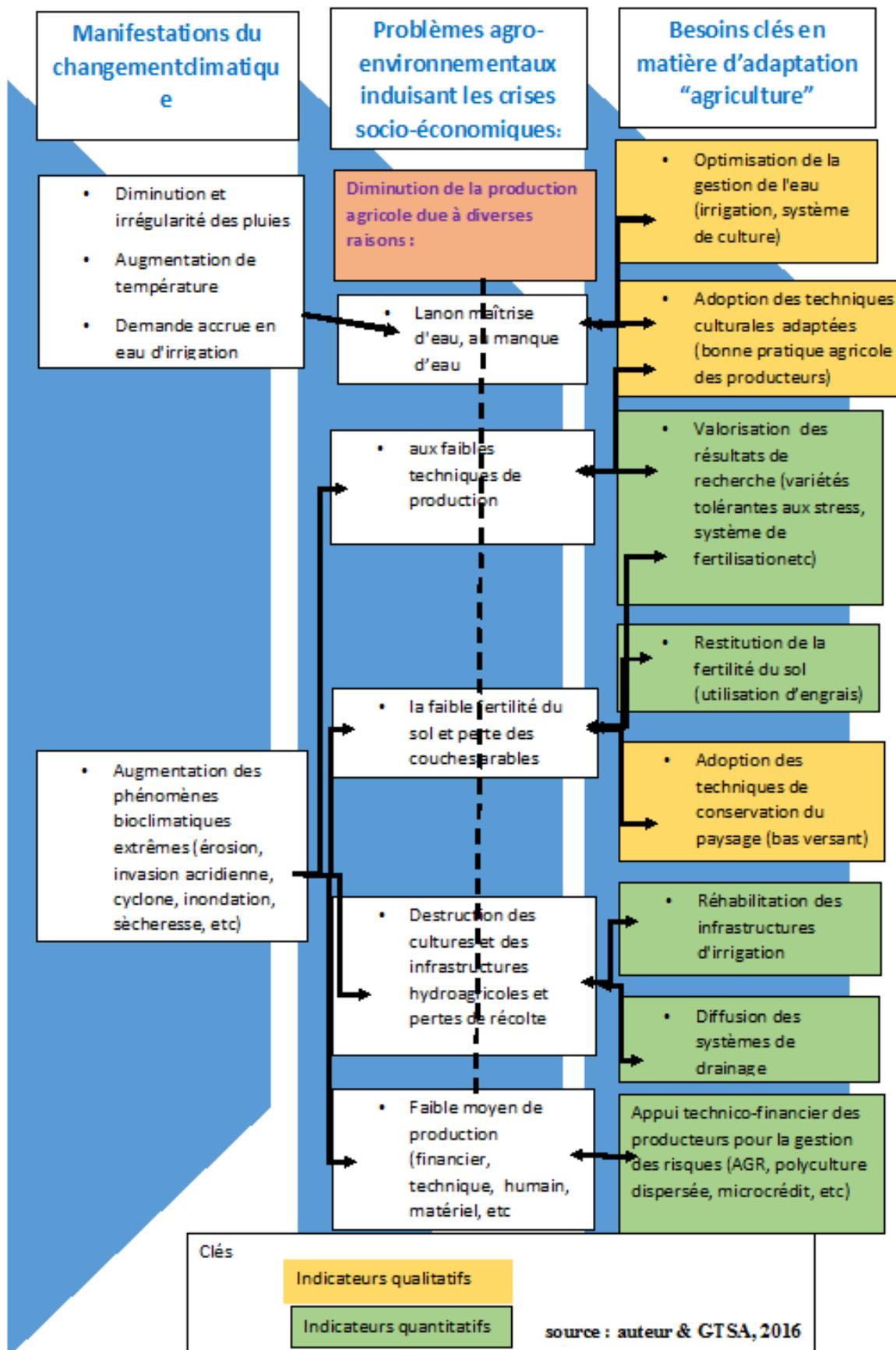


Figure 3: Schéma d'identification des technologies nécessaires

3.2. Aperçu des Technologies Existantes dans le Secteur « Agriculture »

A l'issue des longues années de vulgarisation et d'apprentissage participatif, les agriculteurs malagasy disposent de plusieurs technologies locales pour des objectifs variés, selon leur catégorie d'exploitation, à savoir :

Tableau 5 : Technologies agricoles existantes à Madagascar

Rubrique	Technologies recensées
A. Gestion phytosanitaire intégrée pour la protection de culture (mesure préventive et moyen de lutte selon le degré d'infestation)	lutte agronomique (brûlage, arrachage des sources d'inoculum, etc),
	lutte génétique (jouant la symbiose, l'antagonisme, etc intra et inter espèce)
	lutte biologique (« ady gasy » c'est-à-dire à la façon traditionnelle, etc) et chimique (utilisation des pesticides, etc)
B. Gestion des pépinières du riz	Dapog (technique de gestion de pépinière initiée par IRRI à Madagascar, semis des grains sur une surface artificielle)
	« Ketsa-vohitra » (pépinière dont on fait appel à l'arrosage des plants sur les plates-bandes, semis des grains dans des sols humides)
	Submergée d'eau (semis des grains dans des sols boueux, pépinière de type traditionnel)
C. Gestion de la fertilité du sol	Recyclage des fumiers
	Compostage artisanal en andain
	Compostageliquid
	Lombricompostage
	Compostageindustriel en andain
	Utilisation des engrais de couverture tels que Super Granule d'Urée (SGU), Perlurée
	Restitution des résidus de récolte, enfouissement ou brûlage des déchets de culture

Rubrique	Technologies recensées
	<p>Mise en jachère</p> <p>Epannage de fumure de fond tel que NPK, etc</p> <p>Ecobuage</p>
<p>D. Amélioration de l'accès à l'eau</p>	<p>la micro irrigation tant pour les bas-fonds que pour les plateaux (sommets des collines, bas de pente):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Creusement des puits à ciel ouvert ○ Système de canal gravitaire à ciel ouvert ○ Système d'irrigation par aspersion ○ Système d'irrigation goutte à goutte ○ Création ou Réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel ○ Confection des petits barrages en terre ○ Installation du système de pompe pour les petits exploitants <p>Des grands ouvrages hydro-agricoles tels que barrages, etc</p>
<p>E. Mécanisation</p>	<p>Utilisation des machines appropriées pour le travail du sol, le semis, le repiquage, le désherbage, la moisson et le décorticage</p> <p>Outils non motorisés conçus par le projet FELAMBOLY (sarcluse bulldozer, herse rapide, etc), par CFAMA et autres industries de mécanisation (coono-weeder, etc)</p>
<p>F. Adaptation des systèmes culture et préservation du paysage (protection des bassins versants)</p>	<p>Agroforesterie incluant l'association culturale (embocagement/haie vive/cultures de rente/cultures fruitières/brise vent + cultures vivrières sur des plateaux en terrasse</p> <p>Système de culture à base de riz incluant les variétés utilisées, la conduite de culture</p>

Rubrique	Technologies recensées
	<ul style="list-style-type: none"> - Rotation culturale riz/cultures de contre saison aux bas-fonds - Système de riziculture amélioré SRA (bas-fonds) - Techniques PapRiz (bas-fonds) - Système de riziculture intensif SRI (bas-fonds) - Système de semis direct amélioré (SDA aux bas-fonds) - Paquets technologiques rizicoles résilients (pour tout type de terroir) - Système sur couverture végétale SCV (plateau)
G. Technologie de transformation et post-récolte	Stockage semi -fermé minimisant la perte post récolte (de la coupe jusqu'au stockage)
	Conditionnement générant la qualité du produit agricole (emballage et conservation)
H. Technologie sur le marketing agricole et le financement rural	Système de crédit et épargne mutuel
I. Technologie de sécurisation foncière et d'aménagement des terrains agricoles	Délivrance des certificats fonciers
	Occupation de fait par des cultures pérennes, etc

3.2 Options Technologiques pour le secteur Agriculture et leurs Principaux Avantages en matière d'Adaptation

Des changements des systèmes cultureux, des modifications des structures paysagères et des pratiques agricoles ont entraîné depuis quelques décennies des problèmes environnementaux, en particulier une dégradation importante de la qualité des sols et des ressources en eau. En d'autres termes, les espaces agricoles sont fortement dégradés par les érosions fréquentes et les massifs forestiers en constante disparition ; puis une perte de surfaces de bas-fonds rizicoles a été fortement remarquée en

raison de l'ensablement des rizières. Les systèmes de production agricole sont aujourd'hui en déclin et ont besoin d'évoluer pour pouvoir subsister (AGRISUD, 2011).

Par ailleurs, la protection de l'environnement figure parmi les priorités de la stratégie de développement du pays et de lutte contre la pauvreté. Ainsi, la gestion des risques liés à l'agriculture et à l'espace rurale s'avère très importante. En réponse, la mise en place de programmes de restauration, tels que l'agro écologie, a enclenché des modes d'usage des sols et des pratiques agricoles pouvant se traduire spatialement. Dans ce contexte, la connaissance des variations spatio-temporelles de « l'occupation-utilisation » du sol constitue un élément-clé dans une démarche de restauration de la qualité " eau-sol "(LEDUC F. et al, 2001). Elle fait partie des enjeux importants.

De plus, les producteurs malagasy ont leurs propres stratégies pour gérer les risques et réduire les pertes agricoles en tenant compte le type de spéculation, le type de terroir exploité, etc. A cet effet, leur polyculture dispersée et leur diversification de culture sont soumises à des contraintes liées à l'eau et à la fertilité du sol. La logique de sélection et de priorisation des technologies s'est établie

Enfin, selon les études de vulnérabilité par filière dans les communications nationales, le riz est la principale culture sensible aux effets du changement climatique alors qu'elle est la principale culture pratiquée par la majorité des producteurs malagasy presque dans toutes les zones à risque (sauf la partie Sud). Elle occupe près de 1.250.292 ha parmi les 2.047.512 ha de terrains cultivés de Madagascar.

Dans ce contexte, le Groupe de travail Agriculture a retenu les technologies présentées dans le tableau suivant pour être hiérarchisées dans le cadre du projet.

Tableau 6: Liste des technologies avant hiérarchisation

Besoins clés	Technologies à hiérarchiser (<i>voir les fiches technologiques</i>)	Echelle	Disponibilité	Principaux avantages en matière d'adaptation
<ul style="list-style-type: none"> ○ Optimisation de la gestion de l'eau (irrigation, système de culture) ○ Adoption des techniques de conservation du paysage (bas versant) ○ Appui technico-financier des producteurs pour la gestion des risques (AGR, polyculture dispersée, microcrédit, etc) 	<p>1. SCV (paillage, cf fiche N°4)</p>	<p>Grande et petite (Toute l'île, surtout dans les zones d'élevage et adaptable pour tout type de culture)</p>	<p>long terme</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Economie d'eau limitant l'évapotranspiration ○ Réduction des pertes en terre ○ Génératrice de revenus supplémentaires ○ Acquis depuis très longtemps ○ En parallèle avec les technologies de reboisement ○ Minimisant l'érosion hydrique
	<p>2. Association de culture (haie vive / brise-vent et cultures fruitières/cultures vivrières) ou Agroforesterie basée sur la culture suivant les courbes de niveau, ou Diversification et polyculture diversifiée (cf fiche N°2)</p>			
<ul style="list-style-type: none"> ○ Adoption des 	<p>3. Paquets technologiques rizicoles</p>	<p>Petite et</p>	<p>moyenter</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Adaptable à tout type de terroir

Besoins clés	Technologies à hiérarchiser (<i>voir les fiches technologiques</i>)	Echelle	Disponibilité	Principaux avantages en matière d'adaptation
<p>techniques culturales adaptées (bonne pratique agricole des producteurs)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorisation des résultats de recherche (variétés tolérantes aux stress, système de fertilisation etc) 	<p>résilients (SRT, SRA, PapRiz, SCV) pour tout type de terroir (RBME, RMME), incluant l'insertion des variétés améliorées, le système de culture à base riz performant (riz/culture de contre saison, etc), cf fiche N°3</p>	<p>grande (pour les grandes zones rizicoles de Madagascar sauf le Sud))</p>	<p>me</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Approche intégrée de protection de bassin versant/périmètre irrigué ○ Approprié par les producteurs même ○ Contribuant à l'augmentation de rendement à l'ha ○ Fruit de la recherche participative (venant des producteurs et de la recherche)
<p>Restitution de la fertilité du sol (utilisation d'engrais)</p>	<p>4. Epandage d'engrais de couverture (SGU ou Urée), cf fiche N°6</p>	<p>Grande et petite</p>	<p>Court et moyen terme</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Biologique, ne mobilisant que des ressources locales ○ A la portée des petits producteurs, adaptable à leur niveau d'investissement ○ Technologies déjà acquises depuis très longtemps ○ Contribuant à l'augmentation de rendement à l'Ha
	<p>5. Rotation ou association culturale (riz/légumineuses sur le plateau), cf fiche N°2</p>			
	<p>5. Recyclage des fumiers (fiche N°1)</p>			
	<p>6. Compostage artisanal en andain (fiche N°1)</p>			

Besoins clés	Technologies à hiérarchiser (<i>voir les fiches technologiques</i>)	Echelle	Disponibilité	Principaux avantages en matière d'adaptation
	7. Compostage liquide (fiche N°1) 8. Lombricompostage (fiche N°1) 9. Compostage industriel en andain (fiche N°1)			
Réhabilitation des infrastructures d'irrigation	10. Confection des petits barrages en terre (sources d'eau en amont) servant à alimenter les terroirs de bas de pente et des rizières à mauvaise maîtrise d'eau (cf fiche N°5) 11. Creusement des puits à ciel ouvert (cf fiche N°5) 12. Système de canal gravitaire à ciel ouvert (cf fiche N°5) 13. Système irrigation par aspersion (cf fiche N°5) 14. Système d'irrigation goutte à goutte (cf fiche N°5)	Petite et grande (toute l'île surtout les hautes terres)	Court et moyen terme	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mobilisant les techniques artisanales locales, faciles et moins coûteux ○ Déjà acquis par la plupart des producteurs ○ Solutionnant les déficits en eau tant sur les plateaux que sur les bas-fonds pluviaux

Besoins clés	Technologies à hiérarchiser (<i>voir les fiches technologiques</i>)	Echelle	Disponibilité	Principaux avantages en matière d'adaptation
	<p>15. Création ou Réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel (cf fiche N°5)</p> <p>16. Installation du système de pompe pour les petits exploitants (cf fiche N°5)</p>			
Diffusion des systèmes de drainage	Détournement des eaux stagnantes pour arroser les cultures de contre saison et servant de pisciculture (cf fiche N°5)	Petite	Court terme	<ul style="list-style-type: none"> ○ Permettant d'évacuer les eaux dérivant de l'inondation (basin) ○ Générant des revenus supplémentaires ○ Techniques faciles et maniables par les producteurs

3.3 Critères et processus relatifs à la priorisation des technologies.

Dans la priorisation des technologies potentielles d'adaptation en matière d'Agriculture, l'outil d'analyse multicritère a été utilisé. Cette approche offre une opportunité d'évaluer les technologies dans un contexte de développement agricole durable. Se référant au guide et au PANA, les catégories de critères identifiés par les consultants et adoptés par le groupe technique sectoriel pour l'évaluation de ces technologies comprennent les points suivants :

- *Faisabilité technique*
- *Potentiel d'opérationnalisation*
- *Acceptabilité sociale*
- *Coût de la technologie*
- *Impacts économiques*
- *Impacts environnementaux.*

Le système de notation pour l'évaluation des options technologiques est fonction du degré de compétitivité de chaque technologie, l'échelle ou la note attribuée variant d'un critère à l'autre (1 à 10, au sens croissant), compte tenu que seul le critère lié au « coût » est un désavantage. Le poids de chaque critère est établi en répartissant 100 points selon l'importance relative de chaque critère. Tous les critères sont notés qualitativement sur base des informations disponibles dans les fiches technologiques préparées au préalable par le consultant. Les pondérations et notes ont été attribuées par les experts du Groupe de Travail Agriculture sur les moyennes de valeurs.

Tableau 7: Pondération des critères

Catégorie	Critères	Poids affecté
Faisabilité technique (21,5)	Disponibilité ou non des ressources et des savoir-faire à mobiliser	21, 50
Coût (13,5)	Coût de la technologie	13,50
Acceptabilité sociale (16, 25)	Taux d'adoption (adaptabilité/appropriation des techniques)	16, 25
Potentiel d'opérationnalisation (9,63)	Faisable : <ul style="list-style-type: none"> - juridiquement (cadre légal), - financièrement (bailleurs de fonds), - organisationnellement (nombre de parties 	9,63

Catégorie	Critères	Poids affecté
	<p>prenantes impliquées),</p> <ul style="list-style-type: none"> - géographiquement (zones de couverture) 	
Impact économique (22)	Part de la technologie dans l'augmentation de la productivité agricole (par rapport au temps, aux forces de travail, et à la surface cultivée)	15,40
	Création d'emploi par rapport aux besoins en main d'œuvre lors de la pratique des techniques, et aux opportunités de création des petites et moyennes entreprises PME	6,60
Impact environnemental (17,13)	<p>Impact positifs sur</p> <ul style="list-style-type: none"> - le sol (minimisant les pertes en terre, générant la fertilité du sol), - l'eau (permettant l'économie et la meilleure maîtrise de l'eau, minimisant la pollution de l'eau), - la plante (permettant une conservation de la diversité, favorisant le développement, la croissance de la plante), et - le paysage (diminuant l'érosion, l'ensablement, la pollution de l'air) 	17,13
	TOTAL	100

Tableau 8: Construction des matrices des notes

Option/Criterion	Disponibilité des ressources et des savoirs faire à mobiliser	Création d'emploi	Productivité agricole	coût de mise en œuvre à l'ha et de maintenance	Taux d'adoption (adaptabilité/appropriation des techniques)	Effet positif sur le sol, l'eau, la plante et le paysage	potentiel d'opérationnalisation
Units	Echelle de 1 à 10	Echelle de 1 à 10	Echelle de 1 à 10	Echelle de 1 à 10	Echelle de 1 à 10	Echelle de 1 à 10	Echelle de 1 à 10
Preferred value	High	High	High	Low	High	High	High
Agroforesterie	7,29	6,25	6,75	5,88	5,94	9,69	6,50
recyclage de fumier	8,33	5,00	6,50	1,38	9,69	6,88	7,50
compostage artisanal en andain	6,25	5,42	6,25	4,00	6,56	6,88	7,50
Irrigation goutte à goutte	5,42	5,42	7,00	6,38	5,31	7,50	7,00
Paquets technologiques riziocoles résilients	7,50	7,50	6,50	4,38	7,19	8,75	7,25
création ou réhabilitation d'un	6,25	7,08	6,25	6,88	7,19	7,50	6,75

déversoir de détournement traditionnel								
petits barrages en terre	6,67	6,67	6,25	6,75	7,50	7,19	6,75	

Tableau 9 montrant la matrice de combinaison du scoring et de la pondération des critères

Criteria	non?? (disponibilité des ressources à mobiliser, savoir faire c'est-à-dire facile à apprendre ou non);	Création d'emploi	Productivité agricole	coût de mise en œuvre à l'ha/maintenance	Taux d'adoption (adaptabilité/appropriation des techniques)	l'amélioration de la résilience au changement climatique, c'est-à-potentiel d'opérationnalisation	Weighted scores of each option	
Units	échelle de 1 à 10	échelle de 1 à 10	échelle de 1 à 10	échelle de 1 à 10	échelle de 1 à 10	échelle de 1 à 10		
Preferred value	High	High	High	Low	High	High		
Weight	22%	7%	15%	14%	16%	17%	10%	
Agroforesterie	64,29	50	66,67	0	14,29	100	0	46,83
Recyclage de fumier	100	0	33,33	0	100	0	100	52,51

Compostage artisanal en andain	28,57	16,67	0	0	28,57	0	100	21,51
Paquets technologiques rizicoles résilients	71,43	100	33,33	0	42,86	66,67	75	52,69
Création ou réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel	28,57	83,33	0	0	42,86	22,22	25	24,82
Petits barrages en terre	42,86	66,67	0	0	50	11,11	25	26,05
Irrigation goutte à goutte	0	16,67	100	0	0	22,22	50	25,12

3.4 Résultats de la priorisation des technologies.

Tableau 10: Technologies prioritaires

Rang	Technologie	Points pondérés
1	Paquets technologiques rizicoles résilients	52,7
2	Recyclage de fumier	52,5
3	Agroforesterie(embocagement/cultures vivrières en terrasse ou suivant courbe de niveau)	46,8
4	Petits barrages en terre	26,0
5	Irrigation goutte à goutte	25,1
6	Création ou réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel	24,8
7	Compostage artisanal en andain	21,5

En considérant le rapport coût – efficacité de chaque technologie (productivité obtenue de chaque technologie) et les conditions piliers d'intensification agricole (fertilisants, techniques culturales, eau), l'analyse de sensibilité a été menée en rectifiant le poids alloué à ces critères.

Finalement, les trois technologies prioritaires retenues sont :

1. Recyclage de fumier
2. Paquets technologiques rizicoles résilients
3. Agroforesterie (embocagement/cultures vivrières en terrasse ou suivant courbe de niveau)

4 Priorisation des technologies pour le Secteur Eau

4.1 Contexte de la prise de décision

La variabilité annuelle et saisonnière assez forte des ressources en eau due aux caprices du climat est marquée sur le plan spatial et temporel et surtout sur le plan de l'intensité et de l'importance. Le régime hydro pluviométrique est très irrégulier. La quantité d'eau disponible ainsi que la qualité varie selon les saisons. L'eau est très abondante en saison pluvieuse.

Les eaux de rivières et des lacs ne sont pas de bonne qualité et ne peuvent pas être consommées sans un traitement préalable. Elles sont très surchargées de matières en suspension. En cas de crues importantes, presque chaque année, l'inondation, les boues et les sables envahissent les plaines, les champs des cultures, les routes et les villages. L'environnement dans les bassins versants n'est pas protégé convenablement. La déforestation continue malgré les règles et les textes juridiques y afférents. Les infrastructures d'adduction d'eau potable et le système d'assainissement est encore insuffisant. Le réseau d'observation des ressources en eau est défaillant, aussi ne sont-elles pas bien suivies.

Les ressources en eau ne sont pas suffisamment maîtrisées, ne sont pas bien protégées et subissent de forte pression.

Ainsi, la décision de priorisation devrait tenir compte de la situation socio-économique, des réalités physiques du pays, des objectifs de développement du pays, des textes et politiques nationaux relatifs à la lutte contre la pauvreté et la réduction de la pauvreté. La Politique Sectorielle de l'eau retrace les grandes lignes de développement du secteur reposant particulièrement sur la mise en place d'ANDEA pour la Gestion Intégrée des Ressources en eau (GIRE) ; l'approvisionnement équitable en eau potable et en assainissement ; le désengagement de l'Etat des activités d'exploitation avec la promotion du partenariat public-privé. La création du Ministère de l'Eau, chargé de la mise en application de la politique du secteur en 2008, l'élaboration du Programme National pour l'Alimentation en Eau Potable et l'Assainissement (PNAEPA) et plusieurs autres documents stratégiques sur l'eau sont des actions spécifiques avec lesquelles des technologies sur les ressources en eau et leur adaptation au changement climatique sont tenues en compte. Les principaux objectifs du secteur sont ainsi de garantir l'accès à l'eau potable et de développer une gestion intégrée des ressources en eau.

4.2 Aperçu des technologies existantes dans le secteur Ressources en eau

Il existe plusieurs technologies d'après le recensement. Quatorze (14) technologies avec trois (03) variantes pour le captage par forage, deux (02) variantes pour le captage par puits

et quatre (04) variantes pour le captage d'eau pluviale, sont choisies comme pertinentes par le consultant national. Elles sont présentées dans le tableau 11 ci-après (Annexe 2).

Tableau 11 : Quatorze (14) principales technologies recensées par documentations et enquêtes

N° Fiche	Technologies existantes	
1	FORAGES (03 variantes)	
	1.1	Adduction d'eau potable alimentée par un forage motorisé
	1.2	Forage équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH)
	1.3	Forage tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages
2	PUITS MODERNES (02 variantes)	
	2.1	Puits tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages
	2.2	Puits fermé équipé d'une pompe à motricité humaine
3	Petit barrage de retenue d'eau	
4	Surcreusement des dépressions fermées a plan d'eau libre	
5	Captage d'eau pluviale (04 variantes)	
	5.1	Captage des eaux de pluie par citerne
	5.2	Captage d'eau de pluie par les toits
	5.3	Captage d'eau de pluie par une surface aménagée
	5.4	Captage d'eau de pluie par des petits barrages
6	Systèmes d'annonce de crues	
7	Recharge artificielle des nappes	
8	Dessalement des eaux (eau de mer, eau saumâtre)	
9	Traitement, récupération et réutilisation des eaux usées	
10	Mesure du debit des cours d'eau avec ADCP	
11	Irrigation goutte a goutte	
12	Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)	
13	Adduction d'eau potable alimentee par un captage d'eau de surface	
14	Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)	

4.3 Options technologiques identifiées pour le secteur Ressources en eau et leurs principaux avantages

Le développement de Madagascar ne pourra se faire sainement sans la mise en valeur rationnelle de ses ressources en eau. Selon le Ministère de l'eau, de l'hygiène et de l'assainissement, plus de la moitié de la population de la Grande île ne bénéficient pas

encore de services d'adduction d'eau et d'assainissement adéquats. Malheureusement, ce secteur est très vulnérable au Changement Climatique. Son adaptation est indispensable pour l'atteinte du principal but de l'Etat qui consiste à fournir de l'eau en qualité et en quantité suffisantes à la population. Ainsi, a-t-on sélectionné ce secteur pour la composante adaptation du projet EBT.

4.3.1 FORAGES

Une politique de mise en valeur des eaux profondes à travers la construction de forages doit figurer en bonne place dans les stratégies d'adaptation au changement climatique. En général, le mot forage désigne l'ensemble d'opérations de creusement de trou de diamètre centimétrique à décimétrique, souvent vertical, utilisé à des fins scientifiques ou économiques. Mais un forage d'eau est un ouvrage réalisé par des professionnels pour capter des eaux profondes inaccessibles avec des moyens traditionnels. Il s'effectue au moyen de machines semi-automatiques ou foreuses qui permettent d'accéder aux nappes profondes. Un forage est équipé d'un cuvelage en tube pour stabiliser les parois du trou. Le tube est crépiné au niveau de l'aquifère qui emmagasine la nappe à capter.

Les forages profonds sont définis comme ceux qui peuvent pénétrer une ou plusieurs couches de roches compactes. Ils sont le plus résistants à la sécheresse que les autres systèmes d'approvisionnement d'eau habituels tels que les captages des eaux de surface, des sources naturelles et les puits. C'est aussi une option de diversification des systèmes pour résoudre les difficultés de l'approvisionnement en eau dues à toute future augmentation des demandes en eau.

Les eaux profondes sont protégées contre l'évapotranspiration directe due à l'élévation de la température ambiante. Cette technologie peut réduire l'insuffisance d'eau en période sèche qui handicape les activités de développement socio-économique (productions, santé, etc.), réduit les pressions sur les eaux superficielles, améliore la satisfaction des bessons en eau en période de sécheresse, donc permet la continuation des activités agricoles et l'augmentation la productivité alimentaire et les revenus supplémentaires pour les paysans. La maintenance de l'installation procure des emplois permanents à la population vulnérable si elle est utilisée à grande échelle dans les régions arides et semi-aride come le Grand sud de Madagascar.

Le captage par forage constitue une des préventions contre certaines épidémies de maladies hydriques, surtout en période de crue.

La proximité du système d'adduction par rapport aux usagers réduit normalement le temps d'occupation des gens chargées de puiser de l'eau et leur donne plus de temps et d'occasions pour exercer d'autres activités génératrices de revenus.

La technologie est applicable en différentes zones hydrogéologiques de Madagascar : en zone du socle (Hautes Terres, le Grand Sud et en zone sédimentaire à roches compactes fracturées.

Le coût moyen est de 60 US\$ par habitant.

Le coût du forage dépend d'un certain nombre de facteurs dont la profondeur de l'aquifère ou de la venue d'eau, la distance et l'accessibilité de la localité d'implantation et des matériaux de construction. On peut différencier différentes variantes suivant la conception, l'équipement et le moyen d'exhaure installé (pompe manuelle, électrique : solaire, groupe électrogène, éolienne) dont les coûts et frais de maintenance sont variables.

4.3.1.1 Adduction d'eau potable par forage alimentée par une pompe motorisée

Ce type d'adduction est utilisé lorsqu'il est nécessaire de capter l'eau à grande profondeur (jusqu'à 100 m). L'eau captée est amenée par élévation mécanique motorisée vers le réservoir donc le type d'énergie d'alimentation doit être tenu en compte : moteur diesel ou thermique, électrique en liaison à un réseau ou solaire, etc.

Etant donné le coût de la motorisation et du traitement, ce type d'ouvrage est plutôt implanté au niveau des Chefs lieu des Communes (communauté plus grandes et ou plus denses). Il peut desservir jusqu'à 20 000 hab. en utilisant plusieurs forages.

A cause des coûts, l'utilisation de cette technique est assez limitée. D'après l'étude « eau pour tous », il répond aux besoins de 17% de la population malgache.

Le système de captage par Pipe-lines est parmi ce type de technologie mais avec un ou plusieurs forages très productifs et une conduite de distribution d'eau de longueur importante. A Madagascar, ce type d'ouvrage concerne spécifiquement l'Extrême Sud. Il peut alimenter des zones très étendues à partir de captage par un long réseau de distribution. Chaque village tout au long de ce réseau est alors desservi par des adductions secondaires.

4.3.1.2 Forage équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH)

Ce système est utilisé si le forage par sa profondeur permet de capter l'eau souterraine au moyen d'une pompe à motricité humaine (FPMH). La pompe peut être manuelle en levier ou en manivelle ou à pied. Les plus utilisées à Madagascar sont:

- India Mark II et III : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston immergé,
- Afridev : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston immergé,
- Vergnet : pompe à diaphragme, hydropompe ou à transmission hydraulique.

Cette technologie est adaptée aux différentes zones hydrogéologiques de la Grande Ile à nappes plus ou moins peu profondes (inférieures à 50 m). Le coût moyen est de 55 US\$ par habitant.

4.3.1.3 Forage tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages

Ce type d'adduction est utilisé pour affronter des phénomènes météorologiques extrêmes. Cette technologie consiste à améliorer l'accès à l'eau souterraine. C'est une stratégie clé pour l'approvisionnement en eau potable ou non potable des ménages en période de sécheresse.

Ces forages traversent le substrat rocheux. Trois stratégies principales sont utilisées pour développer les approvisionnements en eau en période de sécheresse à l'aide de ce système d'adduction:

- creuser de nouveaux forages ou élargir les forages existants ;
- réparer les forages endommagés ;
- implanter des forages de secours pour sécuriser les besoins en eau en cas de sécheresse. La productivité augmente avec le nombre de point d'eau.

4.3.2 Puits modernes

Comme les forages, on peut utiliser cette technologie dans un contexte de baisse du niveau statique des nappes souterraines suite aux déficits pluviométriques ou à la surexploitation des eaux, les puits traditionnels n'arrivent plus à assurer le ravitaillement continu en eau de la population. Les puits modernes permettent de capter les eaux souterraines à des profondeurs relativement importantes et d'assurer de façon permanente certains besoins en eau (ménages, cultures maraichères, bétails, arboriculture, etc.).

Ce type de puits est un ouvrage à grande section de captage souvent implanté en zone de roche meuble ou friable (1,5 à 2 m) mais on peut l'agrandir ou l'approfondir suivant la profondeur de la nappe à capter et de la capacité de stockage voulue. La paroi est protégée par des buses pleines (cuvelage) ou à barbacanes (captage) en béton. Ce type de puits peut être réalisé en partie à la main ou avec des machines.

Les puits modernes sont plus résistants à la sécheresse que les approvisionnements d'eau plus traditionnels tels que les sources naturelles, les puits creusés à la main et les autres sources d'eau de surface. De plus, les eaux profondes sont protégées contre l'évapotranspiration directe due à l'élévation de la température ambiante. L'utilisation de cette technologie permet de diversifier les sources d'approvisionnement en eau et de réduire la vulnérabilité à l'insuffisance d'eau en période de sécheresse. Elle est aussi une option pour limiter les pressions sur les eaux superficielles.

Le captage des eaux souterraines ne nécessite pas de grand système de traitement. L'utilisation de cette technologie pour l'approvisionnement en eau pour les cultures de contre saison, pendant la période de longue sécheresse peut favoriser l'augmentation de la production agricole et générer des sources de revenu additionnelles pour les paysans.

La population peut s'adonner à d'autres activités socio-économiques génératrices de revenus (cultures maraichères, petit élevage, commerce, etc.) et avoir plus de temps pour s'occuper de l'éducation des enfants.

La maintenance de l'installation, si le système est pratiqué à grande échelle, créera des emplois que ce soit directs ou indirects (réparation/ dépannage en cas de panne de l'installation et commerce des pièces détachées).

Cet ouvrage est adapté aux différentes zones hydrogéologiques de Madagascar. Il permet de capter l'eau souterraine à faible profondeur donc l'accès à une ressource en eau pérenne et de qualité à faible coût d'opération, même pour des populations à faible revenu.

Avec cette technologie, on peut utiliser différents moyens d'exhaure (traditionnelle, mécanique ou motorisés). Le retour au puisage traditionnel est toujours possible en cas de panne.

Il n'a pas de risque d'obstruction par chute d'objets (pierres, pièces de pompe détachées, etc.) et faciles à réhabiliter (curage manuel) et à recreuser en cas d'abaissement des niveaux piézométrique dans le puits.

Ce type d'équipement est programmable si des raisons techniques (ressource en eau) ou humaines (densité de population très faible) ne permet pas de réaliser d'autres types d'ouvrage équipé.

Le cout du puits moderne dépend d'un certain nombre de facteurs dont la profondeur de l'aquifère ou de la venue d'eau, la distance et l'accessibilité de la localité, et des gites d'empreintes des matériaux de construction. Suivant le moyen d'exhaure ou la technique d'équipement utilisé, on peut distinguer quelques variantes de puits modernes.

4.3.2.1 Puits tubulaire pour l'approvisionnement en eau des ménages

Le fond du puits ne descend pas en dessous de l'interface entre le sol non consolidé et le substrat rocheux. Ils peuvent être installés à la main par les puisatiers. Le choix de la technologie et de la méthode de creusage dépend des coûts, des ressources, de la nappe souterraine, du rendement souhaité, etc. Un puits tubulaire est caractérisé principalement par une partie à tube en plastique ou en métal généralement de 100 à 150 mm de diamètre et une partie à tube renforcé dans les sols non consolidés située sous la nappe aquifère perforée avec un joint composé de mastic et d'argile pour empêcher l'infiltration d'eau autour de l'enveloppe.

4.3.2.2 Puits fermé équipé d'une pompe à motricité humaine

Ce système de captage d'eaux souterraines à faible profondeur est équipé d'une pompe utilisant la force humaine (pompe manuelle ou pédale) donc à motricité humaine. Ce type d'équipement est à programmer si pour des raisons techniques (ressource en eau) ou socio-économique (densité de population très faible), il n'est pas possible de réaliser d'autres équipements plus rentables. Les pompes les plus utilisées sont:

- Shallowell, N6, Zoté, etc. : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston émergé,
- India Mark II et III : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston immergé,
- Japy : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston immergé.

4.3.3 Petit barrage de retenue d'eau

Dans le Sud-ouest, l'Extrême sud et l'Extrême nord du pays où la densité du réseau hydrographique est très faible, les précipitations sont rares et le climat est marqué par une longue saison sèche, les habitants ont recours à la construction de petits barrages de retenue d'eau sur les cours d'eau temporaire. Ils ont destinés à retenir l'eau pendant les épisodes pluvieux pour subvenir les besoins en eau en période sèche.

Cette technologie assez facile à installer, à la portée du budget des communautés paysanne permet de varier sources d'approvisionnement en eau ; de tamponner la vitesse d'écoulement en période de crues ; d'atténuer les inondations et le réchauffement de l'atmosphère environnante ; de favoriser la recharge des nappes souterraines, les activités économiques génératrices de revenus ; de réduire la vulnérabilité due à l'insuffisance d'eau et d'assurer la satisfaction des demandes croissantes en eau futures.

Cependant, il faut éviter les impacts négatifs de la construction du barrage.

4.3.4 Systèmes d'annonce de crues

Etant un pays tropical au relief et au climat très variés, Madagascar comprend plusieurs zones sujettes aux inondations et aux crues dévastatrices, surtout, en période de perturbations tropicales et de cyclones, pendant la saison pluvieuse (Décembre à Mars) chaque année. Les moyens disponibles ne permettent d'y faire face convenablement. Les dégâts causés par ces cataclysmes météorologiques sont énormes (pertes en vies humaines et économiques importantes, destruction de récoltes et d'infrastructures). Ainsi, des régions entières sont souvent déclarées sinistrées après les passages de ces météores. De ce fait, il est indispensable pour la Grande Ile de se doter de systèmes d'annonce de crues performants et opérationnels pour aider l'Etat malgache à réaliser des programmes de développement efficaces. Le système englobe :

- le renforcement des réseaux d'observation hydro-climatiques au sol et en altitude, ainsi que des moyens de la télédétection (radar, satellite, Argos) ;

- l'équipement des bassins versants vulnérables au risque d'inondations par des systèmes de télémessure hydrologique et d'annonce de crues (radar, satellite, Argos) adaptés (à chaque bassin) ;
- l'équipement des centres de prévisions et d'annonce des crues (cf. APIPA pour Antananarivo) par du matériel et des logiciels de modélisation numérique de prévision à très courte échéance et à très haute résolution ;
- la mise à disposition de ces centres d'une équipe de veille permanente, opérationnelle et apte à gérer les données et les résultats des observations et informations météorologiques transmises, au niveau national, régional et local. Des stations d'observation (climatiques, hydrométriques) et des systèmes d'informations fonctionnels avec des équipes actifs pour leur installation et leur fonctionnement sont utiles.

Ainsi, cette technologie permet à Madagascar :

- d'anticiper la connaissance de la genèse des crues ;
- de prévenir des inondations, leur envergure et leur force;
- de limiter les conséquences désastreuses des inondations sur la sécurité de la population et sur ses biens, en prenant, suffisamment à l'avance, les mesures adéquates ;
- de prendre les dispositions nécessaires (évacuation/déplacement des populations à risque, préservation et protection des denrées alimentaires périssables, renforcement des dispositifs de lutte contre les inondations, prévention des maladies d'origine hydrique, protection et renforcement des infrastructures etc.).
- de mettre en place des options et des mesures d'adaptation au changement climatique par l'atténuation des effets néfastes des cyclones ou des dépressions tropicaux qui menacent presque chaque année le pays. L'exploitation de ces systèmes contribue à la résilience climatique aux crues et aux inondations.
- d'aider l'Etat malgache à prévenir et diminuer les conséquences néfastes des crues et des inondations qui sévissent chaque année dans plusieurs régions du pays lors des passages de perturbations tropicales. Elle permet de réduire considérablement les pertes économiques causées par ces météores en limitant énormément les dégâts auxquels l'on est exposé. La réduction des risques et catastrophes aide le pays à assurer son développement.

4.3.5 Traitement, récupération et réutilisation des eaux usées

Après utilisation, les eaux usées contiennent des composants chimiques et ou organiques solubles ou non. Elles devraient subir des traitements suivant les procédés successifs de décantation, aération, filtration, dénitrification et désinfection pour être réutilisable.

Cette technologie consiste à éliminer les impuretés physiques non solubles, physico-chimiques, solubles ou en solution colloïdale, organiques biodégradables ou non au niveau des unités ou systèmes de traitement, tout en intégrant le volet impact des changements climatiques sur la

dégradation de la qualité de l'eau (transports solides, turbidité, minéralisation, acidité, toxicité, prolifération de certaines faunes et flores aquatiques macro et microscopiques) y compris les bactéries et virus. Les germes pathogènes, les parasites doivent être identifiés ainsi que la présence de certains métaux lourds.

Les systèmes de traitement des eaux usées domestiques se font en différents niveaux :

- primaire, un niveau de prétraitement dont la fonction est d'éliminer les matières flottantes et la partie décantable des matières en suspension afin d'éviter de colmater l'élément épurateur.
- secondaire à action bactérienne permettant la biodégradation de la matière organique donc destruction d'un nombre important de microorganismes vecteurs des maladies ;
- tertiaire pour réduire le taux de phosphate (déphosphatation) et éliminer les coliformes et bactéries (désinfection).

Dans le contexte de changement climatique, la réutilisation des eaux usagées constitue une alternative pour accroître les ressources en eau, elle permettra de :

- d'améliorer la qualité des eaux de surface destinées à la production de l'eau potable ;
- d'augmenter le degré d'adaptation du secteur de l'eau potable aux effets néfastes des changements climatiques, caractérisés par une augmentation des températures de l'air, favorisant le développement des bactéries ;
- de diversifier les sources d'approvisionnement en eau ;
- d'assurer la disponibilité en eau pour combler le déficit d'eau ;
- de stabiliser les ressources en eau par rapport à celles liées à la pluviométrie ;
- de préserver certaines zones humides en manque d'eau ;
- d'économiser les ressources en eau conventionnelle et pour les utiliser dans d'autres secteurs plus exigeants en termes de qualité ;
- de protéger des milieux récepteurs en particulier le littoral, le milieu naturel et les ouvrages hydrauliques (barrages) contre une eau riche en nutriments ;
- de réduire les quantités d'engrais utilisés en agriculture si les agriculteurs prennent en compte cet aspect.

Le coût du traitement varie avec la filière utilisée. A titre indicatif, le coût de transformation d'un ouvrage de filtration type monocouche en filtration type bicouche est de l'ordre de 1242,59 US\$ par m³/h d'eau filtrée.

4.3.6 Collecte des eaux pluviales

La collecte et le stockage des eaux pluviales sont pratiqués pour aider à la satisfaction des besoins en eau domestiques (eau potable), agricole (cultures maraichères, élevage, etc.) en

période d'étiage dans les zones où le système d'approvisionnement en eau existant n'arrive pas à couvrir les demandes surtout en zones à longue saison sèche.

Elle consiste à récupérer l'eau de pluie sur des surfaces imperméables (surface aménagée, toitures des maisons) et son transport par des gouttières et d'autres canalisations jusqu'au réservoir de stockage, en vue de son utilisation pour la satisfaction des besoins en eau domestiques, agricoles, urbaines, etc. elle permettra :

- d'économiser un volume d'eau important par an,
- de réduire le nombre de captages (barrages, puits, forages, etc.) à réaliser ;
- de mettre à la disposition de la population rurale une ressource en eau permettant de satisfaire les besoins de son développement socio-économique (besoins domestiques, agricoles, etc.);
- d'améliorer les conditions de vie de la population rurale.
- aider à la planification des activités agricoles,
- résoudre quelques problèmes sociaux engendrés par l'arrêt des activités agricoles ;
- favoriser la sédentarisation des populations et le développement économique (aménagement d'infrastructures) des riverains, et la diminution de l'exode rurale ; de ce fait elle contribue à la lutte contre la pauvreté.

Dénommée Impluvium, ce système de captage est composé d'une surface imperméable de captage, d'un système collecteur ou conduite, et d'une citerne pour le stockage de l'eau qui peut être utilisée pour la consommation en période sèche. Cette technologie peut:

La pratique de CEP favorise l'essor du niveau et de la qualité de vie des ménages en permettant aux usagers de s'adonner à diverses activités génératrices de revenu telles que les cultures maraichères, les petits commerces, le petit élevage et la pisciculture dans les zones soumises à de longues périodes de sécheresse. Il peut rallonger la durabilité des ressources en eau et réduire les dépenses publiques et privées liées aux infrastructures liées à l'eau.

La pluviométrie annuelle à Madagascar de 450 mm (Extrême Sud le plus sèche) à 3 500 mm (Versants Oriental et Nord-ouest) ne pose pas de difficultés majeures à l'utilisation de cette technologie.

Le coût du matériel et de matériaux pour la réalisation de cette technologie peut varier selon le type et la qualité de l'installation à réaliser. Il peut être faible si l'installation est très simple et, élevé si celle-ci est réalisée avec des matériels chers ou importés. Elle peut être à la portée du budget du ménage.

On peut citer le CEP par des petits barrages

Il consiste à recevoir les eaux de pluie par des réservoirs de stockage qui reçoivent de l'eau de ruissellement en tête de bas fond ou dans des dépressions fermées. Ce type d'ouvrage est à installer surtout pour le ménage et l'agriculture. Mais pour l'eau destinée à la consommation, il faut aussi prendre des mesures de traitement nécessaires pour la rendre potable.

Des impluviums naturels se forment en zone karstique sous couvert de carapaces sablo-argileuses. Ces systèmes naturels sont très répandus dans le Sud et Sud-ouest de Madagascar, et peuvent être aménagées facilement pour capter plus d'eau.

4.3.7 Surcreusement des dépressions fermées à plan d'eau libre

La mare est généralement une étendue d'eau de faible extension, pérenne ou non, couvrant moins de 5 000 m², avec une profondeur inférieure à 2 m.

Dans un contexte de changement climatique (diminution des pluies, augmentation des températures) et de dégradation corrélative du couvert végétal et des sols, les coefficients de ruissellement augmentent. Une bonne stratégie de récupération et de stockage de ces eaux de ruissellement est l'accroissement de la capacité des mares. Les eaux stockées peuvent servir à l'amélioration de l'hydraulique pastorale et/ou de production végétale (maraichage de contre-saison) et de pisciculture.

Le surcreusement de mare est à prévoir dans l'ensemble des zones arides et semi-arides du pays (pluviométrie annuelle de 200 à 600 mm).

Les mares sont utiles pour diverses raisons, en particulier :

- l'augmentation de la disponibilité en eau de surface dans l'espace pastoral ;
- l'économie d'efforts et de ressources financières par rapport à l'utilisation de puits et forages;
- l'amélioration de la rentabilité de l'élevage ;
- le développement des activités agricoles (maraichage de contre-saison par exemple) et la pisciculture.
- la satisfaction des besoins domestiques en mettant en place des mesures de traitement.

4.3.8 Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)

Une AEPG est un système de captage d'eau constitué d'un ensemble d'ouvrages et d'organes ayant pour but d'amener l'eau potable près des usagers et de satisfaire leurs besoins en eau (quantité et qualité). Elle n'utilise aucune source d'énergie car l'eau captée est située à une cote supérieure à celle du point de stockage ou réservoir et des sites d'utilisation. L'eau est mobilisée par la simple force de gravité.

Ce type peut être réalisé à l'aide d'ouvrages à écoulement libre ou aqueducs ou au moyen de conduites forcées.

Pour cette technologie, l'ouvrage installé est constitué d'un captage des venues d'eaux souterraines naturelles (sources) ou des eaux souterraines pompées directement dans un

puits ou forage. Un réservoir devrait être conçu pour stocker la quantité d'eau nécessaire à la consommation quotidienne, pour mieux gérer la quantité d'eau disponible par rapport aux besoins, afin d'alimenter le réseau d'adduction à un débit fixe donné, d'assurer la continuité de service, de fixer la charge en tête du réseau de distribution et aussi d'obtenir plus facilement la pression d'eau désirée dans le réseau aval.

Les éléments constitutifs d'une AEPG nécessitent une bonne configuration et conception, et un bon dimensionnement pour sa pérennité.

La technologie AEPG peut être utilisée sur toutes les Hautes Terres, les Versants Occidentaux et Orientaux et le Moyen Ouest de Madagascar où les reliefs sont favorables à son utilisation. Il est aussi profitable pour l'agriculture.

Elle peut réduire le temps consacré à l'approvisionnement en eau des ménages puisque l'eau arrive directement aux usagers. La mise en œuvre de cette technologie favorise le développement socio-économique par le fait que l'eau est livrée directement là où c'est nécessaire et la position des points de captage toujours en amont des habitations qui minimise le risque de pollution due aux rejets domestiques.

4.3.9 Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

L'eau est une ressource fondamentale pour le développement socio-économique du pays. Tous les secteurs en ont besoin. Malheureusement, elle est sous pressions de manière croissante à cause de l'augmentation des besoins de tous les secteurs pour favoriser le développement. Elle est très vulnérable au Changement climatique et source de nombreux conflits quand elle n'est pas gérée de manière convenable et efficace. La meilleure solution est de la gérer d'une manière intégrée d'où la nécessité de l'application de la technologie de Gestion Intégrée des Ressources en Eau ou GIRE.

Cette technologie requiert la connaissance des ressources disponibles et des réserves exploitables, leurs usages pour pouvoir réaliser le bilan demandes-besoins base de la gestion. Elle tient compte du bassin versant hydrologique, le système naturel de gestion. Les intervenants dans la gestion et les utilisateurs de l'eau sont issus des différents secteurs. Les principaux avantages de cette technologie sont :

- l'exploitation de l'eau bien planifiée pour assurer la satisfaction des demandes en eau futures toujours en augmentation à cause de l'accroissement démographique et la diversification des besoins pour le développement ;
- la gestion durable des écosystèmes environnementaux qui nécessite la mise en œuvre d'une stratégie efficace de planification des ressources environnementales ;

- les objectifs principaux de l'Etat de fournir à tous les habitants et à tous les secteurs, de l'eau en qualité et en quantité suffisante en toute circonstance d'une manière efficace et, en même temps, l'optimisation des investissements réalisés dans les infrastructures et la résolution des différents problèmes liés à l'eau seront atteints facilement ;

Le coût de la mise en place de la GIRE est important et dépend de l'importance du bassin versant hydrologique considéré ; mais cela n'est rien par rapport aux bénéfices qu'elle procure.

Les besoins en transfert de technologie pour sa mise en place consistent à renforcer la maîtrise du système hydrologique du bassin versant, la capacité de gestion des responsables impliqués dans la gestion de l'eau du bassin et du système d'informations. Les responsables de la GIRE doivent posséder une connaissance approfondie des conditions des ressources hydro-climatiques du bassin être capables de prévenir les impacts des aléas climatiques dans le bassin (inondations et sécheresses) et d'élaborer des solutions y afférents.

La GIRE aide le secteur des ressources en eau en sensibilisant les usagers sur les besoins des écosystèmes à protéger le bassin versant, à lutter contre la pollution et les flux environnementaux. Elle invite les usagers à une planification intégrée afin d'utiliser les ressources naturelles d'une manière durable et cherche à accroître la productivité dans les contraintes imposées par le contexte socio-économique de la région et ou du pays. Elle considère l'efficacité de l'approvisionnement en eau et l'efficience des consommateurs, la répartition stratégique de l'eau, l'optimisation des investissements réalisés dans les infrastructures et la résolution avec les différentes approches (genre, écosystémique, bassin versant, etc.) des difficiles problèmes par des approches multisectorielles conventionnelles.

4.4 Critères et processus relatifs à la priorisation des technologies

4.4.1 Différents critères utilisés

Neuf critères du guide TNA (Technology Need Assessment, 2015) ont été adoptés. Les 5 et 8 sont regroupés en un seul critère intitulé « Contribution à la réduction de la pauvreté ». Ainsi, les huit (08) critères de priorisation sont validés à partir d'une liste proposée par les consultants, sont présentés dans le tableau 12 ci-après.

Tableau 12 : Critères de priorisation des technologies

N°	Critères de priorisation des technologies
1	Facilité d'application
2	Utilisation, entretien et répliquabilité
3	Coût pour configurer et utiliser la technologie (, compétences, infrastructures)

4	Catalyser les investissements privés
5	Réduction de la pauvreté
6	Contribution de la technologie pour protéger et préserver les services écosystemiques
7	Renforcer la résilience face aux changements climatiques (contribution à la réduction de la vulnérabilité aux impacts du changement climatique)
8	Cohérence avec les politiques et priorités nationales de développement

4.4.2 Notation des critères

Chaque technologie est priorisée selon chacun des 8 critères sus cités en donnant une note entre 0 (le moins) et 100 (le plus) pour chaque critère suivant le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Notation des critères de priorisation

Note proposée	Description générale
0	Si les informations relatives à la technologie ne s'appliquent pas aux critères particuliers
1-20	Performance extrêmement faible ; fortement défavorable
21 -40	Performance médiocre, améliorations majeures exigées
41-60	A un niveau acceptable ou plus qu'acceptable
61-80	Performance très favorable, mais nécessite quand même des améliorations
81-100	Performance clairement éminente, c'est-à-dire bien au-dessus de la norme

4.4.3 Pondération des notes des critères

Tableau 14 : Note de pondération des huit critères de priorisation

Critères	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Pondération	13	10	8	7	12	17	18	15	100

4.5 Résultats de la priorisation des technologies

La note de chaque critère est multipliée par sa pondération. La note finale obtenue par chaque technologie est la somme des notes pondérées des 8 critères.

Les tableaux n°15 et 16 ci-après montrent les matrices de notation et notes pondérées remplies

GIRE : Gestion Intégrée des Ressources en eau ; **AEPG** : Adduction d'Eau Potable Gravitaire ; **AEPFPMH** : Adduction d'Eau Potable Par Forage équipé de Pompe à Motricité Humaine ; **AEPFPM** : Adduction d'Eau par Forage à Pompe Manuelle ; **PUITS PFMH** : Puits Fermé équipé d'une pompe à Motricité Humaine ; **PBRE** : Petit Barrage de Retenue d'Eau ; **TRREU** : Traitement, Récupération et Réutilisation des Eaux Usées ; **IMPLUVIUM PETIT BRG** : captage d'eau de pluie par de petit barrage.

Les tableaux n°15 et 16 ci-après montrent l'ordre de priorité après notation et pondération. **Une longue discussion du GTS sur le traitement des eaux (TRREU) très utile en zone industrielle et l'impluvium par petit barrage très utilisé dans le Sud de Madagascar (classés 10 et 11^{ème}) s'est produit. Par conséquent, onze technologies sont retenues.**

Tableau 15: Ordre de priorisation des onze premières technologies après notation du GTS

HUIT CRITERES		1. Facilité d'application	2. Entretien / réparabilité	3. Configurer et utiliser la technologie	4. Investissements privés	5. Coût de construction	6. Lutte contre la pauvreté	7. Technologie pour protéger et préserver les services	8. Résilience face aux CC	9. Les politiques et priorités nationales de développement	TOTAL DES POINTS
1	GIRE	68,6	76,4	63	69,4	67,2	88,6	86,4	94,6	614,2	
2	AEPG	72,4	80,2	67	75,6	65,6	69,6	77,6	93,6	601,6	
3	AEPFPMH	81	66,2	72	75	71,2	52,6	78	93	589	
4	AEPFPM	<u>64,2</u>	<u>72</u>	<u>54,2</u>	<u>55,4</u>	<u>84</u>	<u>44</u>	<u>86</u>	<u>82,6</u>	542,4	
5	PFMH	69,2	66,4	66	59	67,4	68,6	70,6	75	542,2	
6	PBRE	80	54	65	73,6	64,6	53	60	89	539,2	
7	CITERNE	79,4	71	70	63,8	69	74	62,6	42	531,8	
8	TOIT	73	71	70	63,8	69	74	62,6	42	525,4	
9	TUBULAIRE	70	70,4	68	43	62	65,8	69,4	75	523,6	
10	TRREU	51,2	60,8	48	58,6	65,8	76,6	75,8	84	520,8	
11	IMPLUVIUM PBRG	80	54	65	39,4	64,6	68	60	89	520	

Tableau 16 : Ordre de priorisation des onze premières technologies après pondération

		1. Facilité d'application	2. Utilisation et entretien / réplicabilité	3. Coût pour configurer et utiliser la technologie	4. Catalyseur des investissements privés	5. Contribution à la lutte contre la pauvreté	technologie pour protéger et préserver les services	la résilience face aux catastrophes	les politiques et priorités nationales de développement	TOTAL DES POINTS
1	GIRE	891,8	764	504	485,8	806,4	1506,2	1555,2	1419	7932,4
2	AEPG	941,2	802	536	529,2	787,2	1183,2	1396,8	1404	7579,6
3	AEPFPMH	1053	662	576	525	854,4	894,2	1404	1395	7363,6
4	AEPFPM	834,6	720	433,6	387,8	1008	748	1548	1239	6919
5	SYSAC	826,8	604	347,2	357	691,2	1380,4	1458	1212	6876,6
6	PFMH	899,6	664	528	413	808,8	1166,2	1270,8	1125	6875,4
7	TRREU	665,6	608	384	410,2	789,6	1302,2	1364,4	1260	6784
8	PETIT BRG	1040	540	520	275,8	775,2	1156	1080	1335	6722
9	PBRE	1040	540	520	515,2	775,2	901	1080	1335	6706,4
10	SDFPEL	702	680	432	243,6	746,4	1370,2	1314	1209	6697,2
11	FORAGE TUBULAIRE	910	704	544	301	744	1118,6	1249,2	1125	6695,8
DES CRITERES		13	10	8	7	12	17	18	15	100

Après attribution de poids aux huit critères suite au consensus entre le GTS Eau et le consultant national, le résultat de la hiérarchisation des options technologiques présente une légère modification. Cependant, les trois premières technologies issues de ces deux processus restent identiques. Le tableau 17 ci-dessous présente les trois technologies

prioritaires demandées suivant le terme de références pour le secteur « eau » après ces différents processus.

Tableau 17 : Trois technologies prioritaires du secteur « eau » après notation, pondération et modélisation

HUIT CRITERES		1. Facilité d'application	entretien / répliquabilité	configurer et utiliser la technologie	investissements privés	lutte contre la pauvreté	protéger et préserver les services	la résilience face	les politiques et priorités nationales de développement	TOTAL DES POINTS
1	GIRE	68,6	76,4	63	69,4	67,2	88,6	86,4	94,6	614,2
2	AEPG	72,4	80,2	67	75,6	65,6	69,6	77,6	93,6	601,6
3	AEPFPMH	81	66,2	72	75	71,2	52,6	78	93	589

Après notation, les technologies N°4 et N°5 ont la même valeur ; par contre la pondération provoque une grande différence entre ces deux technologies. Cependant, le poids affecté n'a pas d'influence sur les trois premières technologies.

5 Résumé et Conclusions

Les objectifs de la première étape de l'EBT consistent à identifier et hiérarchiser les technologies dont le développement contribue à atteindre les objectifs nationaux de développement durable et les objectifs d'adaptation au changement climatique dans les secteurs « Agriculture » et « Eau » à Madagascar.

L'identification, l'élaboration des fiches et la priorisation des technologies ont été respectivement réalisées selon le processus participatif et la hiérarchisation selon la méthode d'analyse multicritère. Les parties prenantes ont participé effectivement à la réalisation selon la règle d'art, par le biais des différentes réunions organisées et par des échanges de correspondances.

Madagascar fait partie des pays jugés très vulnérables aux changements climatiques. Les différents responsables nationaux sont conscients de ces phénomènes et se sont engagés, depuis quelques années dans une stratégie politique d'adaptation.

Ce rapport a fourni des informations générales sur le Changement Climatique, notamment, dans le domaine des ressources en Eau et en Agriculture, en insistant particulièrement sur ses impacts négatifs. Des technologies d'adaptation ont aussi été proposées.

En ce qui concerne les ressources en eau, des technologies devraient être réalisables dans le pays. Quatorze principales technologies avec quelques variantes ont été inventoriées dont onze ont été faites l'objet présélection avec le GTS. Ces options sont présentées dans des fiches technologiques mentionnant, pour chacune d'elles : sa situation dans le pays, sa description technique, son applicabilité, ses avantages, ses inconvénients, ses contributions en matière de réduction de la vulnérabilité et de la pauvreté ainsi que son apport au développement, si elle est effectivement mise en œuvre. Elles correspondent aux typologies des technologies en matière d'adaptation au Changement climatique ; ce sont la diversification de l'approvisionnement en eau pour satisfaire les besoins des habitants quel que soit la situation climatique, la réalimentation des nappes phréatiques, la prévention des désastres dus aux phénomènes climatiques extrêmes, la résistance à la dégradation de la qualité de l'eau, le contrôle et la rétention des eaux pluviales et la préservation de l'eau. Ainsi, ces 14 technologies sont : le forage avec 4 variantes, le puits moderne, le petit barrage de retenue d'eau, le surcreusement des dépressions fermées à nappes d'eau libre, le captage d'eau pluviale avec 4 variantes, le système d'annonce des crues, la recharge artificielle des nappes, le dessalement des eaux, le traitement, la récupération et la réutilisation des eaux usées, la mesure des débits des cours d'eau avec ADCP utilisant l'effet doppler, l'irrigation goutte à goutte, l'Adduction d'Eau Potable Gravitaire ou AEPG et la Gestion Intégrée des Ressources en Eau ou GIRE, l'AEPG, le Forage et le Système d'annonce des Crues

Elles ont été priorisées selon la méthode d'Analyse Multicritère ou AMC afin d'aboutir, de façon consensuelle, à la sélection de trois technologies classées par ordre de priorité pour l'adaptation au Changement Climatique. Ce sont : la GIRE, l'AEPG, et les Forages.

Pour avancer réellement dans l'adaptation du secteur des ressources en eau vis-à-vis du Changement Climatique, il ne suffit pas d'appliquer seulement des technologies aussi parfaites qu'elles soient ; mais encore faut-il qu'elles soient prises en compte dans le cadre d'une stratégie cohérente et intersectorielle afin d'assurer l'approvisionnement en eau de façon durable et saine.

Quant à l'Agriculture, les trois technologies recommandées sont :

1er rang: Recyclage du fumier (CT et MT)

C'est une des technologies fortement pratiquée depuis longtemps à Madagascar, pour restaurer la fertilité du sol. Elle consiste à bien décomposer le fumier brut avant de l'enfouir dans le sol pour la fertilisation. Elle est une source de nutriments pour la plante tout en étant un facteur de fertilité des sols. L'exigence des tabous liée à son utilisation, la raréfaction des ressources en déjections animales, le coût de l'élaboration sont parmi les raisons limitant son adoption totale.

2è rang: Paquets technologiques rizicoles résilients (MT et LT)

C'est une des technologies dont le « modèle » est récemment conçu et en phase de validation. Les composantes consistent à rassembler, suivant les conditions édaphiques et hydriques qui prévalent, les bonnes pratiques de toutes les technologies existantes (SRA, SRT, SDA, SRI, SCV), suivi des mesures d'accompagnement d'intensification et de protection des bassins versants. Ce paquet technologique se présente comme un atout pour redynamiser et « booster » la riziculture malagasy que ce soit en condition « pluviale » (riziculture de plateau) qu'en condition irriguée ou inondée. Elle est adaptable à toutes les conditions de culture (avec ou sans maîtrise d'eau, régime d'asec et d'inondation, etc...) et permet d'optimiser le rendement rizicole à l'ha.

3è rang : Agroforesterie (embocagement/cultures vivrières en terrasse ou suivant courbe de niveau) (LT)

Cette technologie n'est pas prise au sens strict du terme dont le principe consiste à intégrer les produits de l'élevage et de l'agriculture au service de l'écosystème. Elle a été modifiée et adaptée selon le contexte local. Dans le cas présent, la technologie est interprétée comme étant une *Association de cultures* dont l'une sert de bocages/haies vives/brise vent (cultures fruitières ou rente), et l'autre de cultures vivrières, implantées en terrasse ou en courbe de niveau. Elle est surtout adoptée progressivement par les producteurs pour valoriser les plateaux en pente.

Le développement de ces quatre technologies correspond aux actions prioritaires pour le développement soutenu et durable de l'Agriculture Malgache. Dans la deuxième étape du projet EBT, les technologies feront l'objet d'analyse des barrières freinant leur mise en valeur et de détermination des solutions pour la levée des barrières, afin d'arriver à la troisième étape du projet visant l'élaboration d'un Plan d'Actions Technologiques (PAT).

Liste de Références

1. Trærup S. et Bakkegaard R. K. (2015) : Evaluer et prioriser les technologies d'adaptation au changement climatique. Orientations pratiques pour une analyse multicritères et l'identification et évaluation de critères afférents. Programme de développement pour la résilience au climat (PNUE DTU). Mai 2015. 40p.
2. CTNC (2015): Technology Guidebooks from UDP a.
3. CTNC (2014): Factsheet database from TNA Phase 1.
4. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (2006): Programme d'Action National d'Adaptation au changement climatique- Antananarivo, Octobre 2006. 69p.
5. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (2010): Politique nationale de l'environnement. Déclaration de politique. Janvier 2010. 6p.
6. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (2011) : Politique nationale de lutte contre le changement climatique. Mars 2011. 8p.
7. Présidence de la République (2013) : Plan National de Développement 2015-2019. 101p.
8. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (2004) : Communication nationale initiale.
9. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (2008) : Deuxième Communication nationale.
10. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (en cours) : Troisième Communication nationale.
11. GIEC (2000) : Questions méthodologiques et technologiques en jeu dans le Transfert de Technologie.
12. PNUD (2010) : Manuel pour l'Evaluation des besoins technologiques pour le changement climatique.
13. CCNUCC (2010) : Développement et transfert des technologies d'adaptation aux changements climatiques.
14. Ramanantsialonina S. (2008) : Etude de la vulnérabilité des zones dans le bassin versant d'Alaotra face aux aléas. Rapport de stage de D.E.A, Option Géophysique Appliquée. Faculté des Sciences. Univ. d'Antananarivo.
15. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (2006): Programme d'Action National d'Adaptation au changement climatique- Antananarivo, Octobre 2006.

16. Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts (2000) Convention Cadre des Nations Unies sur le changement climatique. Communication Nationale Initiale.
17. Ministère de l'Energie et des Mines (1999) : Code de l'eau (Loi N° 98 – 029), Janvier 1999. Ministère de l'Energie et des Mines (2003) : Décret portant création des Agences de Bassins et fixant leur organisation, attributions et fonctionnement.
18. Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts (2007) : Préparation de la seconde communication nationale. Elaboration des scénarios de changement climatique pour les études de vulnérabilité et d'adaptation, Février 2007. 22 p.
19. Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts (2013) : Circonstance nationale.
- 20 <http://web.csag.uct.ac.za/~mtadross/Madagascar%20glossy.pdf>
- 21 <http://wsup.com/sharing/documents/Madagascarsommairechangementclimatique2010.pdf>
- 22 Agriculture, élevage, pêche (2012-2025) - Novembre 2012
- 23 Agriculture et changement climatique (<http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-lafrance/securite-alimentaire-mondiale-et/agriculture-et-changement> consulté le 25 mai 2013)
- 24 Les effets bénéfiques du changement climatique sur le riz Madagascar : (<http://www.cirad.fr/nosrecherches/resultats-de-recherche/2012/les-effets-benefiques-du-changement-climatique-sur-le-riz-amadagascar> consulté le 25 mai 2013)
- 25 Direction Générale de la Météorologie, 2008. Le changement climatique à Madagascar – page 32
- 26 Dominique S., (2000) – Les bases de la production végétale : Métrologie – Pédologie – Bioclimat ; Tome II -2^é édition
- 27 FIDA, (année)-Le changement climatique : Renforcer la capacité d'adaptation des petits agriculteurs
- 28 Gerald C et al (nom du deuxième signataire de l'article), (2009). Impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires IFPRI Washington, D.C.
- 29 GT CC, (2011). Madagascar face aux défis du changement climatique. Capitalisation de nos expériences Ce document présente l'évolution de Madagascar par rapport au changement climatique, décrit les actions initiées par les acteurs et résume les différentes initiatives (projets, programmes) développées

- 30 Guide d'identification des contraintes à la production rizicole :
<http://Guide%20d%27identification%20des%20contraintes%20de%20terrian%20%C3%A0%20la%20production%20de%20riz.htm>
- 31 IFRI, (2013). La résilience agricole face aux crises et aux chocs.
- 32 IndustrialEconomics, Incorporated (IEc), (2013). L'adaptation aux risques climatiques futurs à Madagascar
- 33 Randriamarolaza L., (2009). Le Changement climatique à Madagascar. Atelier Adaptation au changementclimatique de la COI
- 34 Marilise T., Charlotte L. Sterrett, Amy Hilleboe, (2013). Vers la résilience. Un Guide pour la Réduction des Risques de Catastrophes et l'Adaptation au Changement Climatique. Catholic Relief Services – Conférence des Évêques Catholiques des ÉtatsUnis d'Amérique,
- 35 Ministère de l'Agriculture (année ?)- DraftStratégie Nationale face au changement climatique des secteurs
- 36 Ministère de l'Agriculture (année ?) .Projet d'appui à la gestion de la sante des sols de rizière. Note conceptuelle
- 37 Ministère de l'Agriculture, (2015). PSAEP
- 38 Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts, (2006). PANA.
- 39 Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts, (2010). PNE
- 40 Ministère de l'Environnement et des Forêts, (2009) – Politique nationale de lutte contre le changement climatique
- 41 Ministère de l'Environnement, (2011). Etude de vulnérabilité par secteur à Madagascar.
- 42 Ministère de l'Environnement, (année ??) - Communications nationales
- 43 Rahoijao N., (2009). La sécheresse et le changement climatique à Madagascar. Atelier << Lutte contre la dégradation des terres: valorisation des acquis et perspectives>>. Service de la Recherche Appliquée de la Direction Générale de la météorologie
- 44 ODD,<http://Objectifs%20de%20d%E9veloppement%20durable%20-%20D%E9veloppement%20durable-1.html>
- 45 Rakotomanana A. R., (2011). Problématique du changement climatique à Madagascar. Ministère de finance et Budget. Repoblikan'iMadagasikara.
- 46 Ranjatson P., Rakoto R. H., (2013). Etude de vulnérabilité et identification des options

d'adaptation avec focus sur les services écosystémiques dans la région de Boeny. GIZ

47 Razafindrakoto B., (2013). Scénarios climatiques pour Madagascar

48 Repoblikan'iMadagasikara, PND 2015-2019

49 République de Madagascar. (2015). CPDN Contribution Prévues Déterminées au niveau National

50 SENV/MinAgri, Madagascar, (année) : Le secteur agriculture face au changement climatique

Annexe I: Fiches Technologiques pour des technologies choisies

A. Secteur Agriculture

Fiche 1 : Groupe des Fertilisants organiques améliorés

I. Objectif et justification

Les systèmes de culture traditionnels conduisent à des phénomènes d'érosion et de perte de sol (défrichement des collines, brûlis...) avec un processus important de dégradation chimique. L'utilisation d'engrais, très réduite, conduit à un épuisement et à un appauvrissement général du sol.

La faiblesse de l'utilisation d'engrais s'explique entre autres par le manque d'informations concernant l'utilisation et l'avantage du produit. De plus, les points suivants sont à noter:

- Manque de capitalisation et de diffusion des résultats de recherches
- Insuffisance de la couverture de vulgarisation et de la cohérence des messages techniques à la base
- Insuffisance de la prise en compte de la demande réelle des paysans
- Relative absence de continuité des projets (durée trop courte pour aboutir à une véritable sensibilisation et appropriation)
- Un manque de réflexion et de formation des acteurs sur la composition et l'utilisation des engrais complets.

Le tableau 1 donne un aperçu de la situation de l'utilisation des engrais dans l'agriculture péri urbaine d'Antananarivo.

Tableau1 : Répartition de la consommation d'engrais

Engrais	Proportion	Plus de 1 ha	Moins de 1 ha	Engrais le plus utilisé		
				Organique	Minéral	Bouse de vache
Bouse de vache	60%	32%	28%	0%	0%	60%
Bouse de vache +engrais organique	3%	2%	1%	1%	0%	2%
Bouse de vache +engrais minéral	8%	5%	3%	0%	2%	6%
Bouse de vache + mixte engrais organique	2%	2%	0%	0%	0%	2%
engrais minéral	13%	4%	9%	13%	0%	0%
engrais minéral	11%	3%	8%	0%	11%	0%
mixte	3%	2%	1%	2%	1%	0%
Total	100%	50%	50%	16%	14%	70%

Source : Enquête de RANDRIANATOAVINA, 2008.

A Madagascar, selon une source auprès du Ministère de l'Agriculture lors du dernier recensement agricole en 2005, la superficie agricole totale est évaluée à 2.047.512 ha, dont 15,34 % soit l'équivalent de 314.045 ha, incluant 190 318 ha de rizière bénéficie d'un apport d'engrais. Cette superficie rizicole fertilisée représente seulement 15,22% des 1.250.292 ha de rizières totales à Madagascar.

Tableau 2 : Mode de fertilisation et superficie exploitée par région en riziculteur (unité : ha)

Région	Mode de fertilisation par hectare			Sans fertilisation
	Organique	Minérale	Mixte	
Analamanga	29 425	1 272	3 593	29 105
Vakinankaratra	25 552	869	7 710	25 780
Itasy	18 429	278	518	27 341
Bongolava	5 903	310	262	56 241
Haute Matsiatra	22 253	1 412	5 078	21 420
Aoronon'i Mania	20 936	205	508	17 751
Vatovavy Fitovinany	2 123	377	438	126 596
Ihorombe	99	24	01	17 303
Atsimo Atsinanana	362	1 148	73	51 969
Atsinanana	246	84	17	76 911
Analanjirifo	618	462	147	67 770
Alaotra Mangoro	15 137	8 336	4 581	58 515
Boeny	625	787	350	59 473
Sofia	120	286	12	110 852
Betsiboka	740	14	0	34 571
Melaky	47	2	24	28 462
Atsimo Andrefana	107	1 422	123	38 140
Androy	20	16	19	5 078
Anosy	3 236	81	161	28 455
Menabe	1 500	636	129	63 653
Diana	270	133	18	43 777
Sava	227	308	119	70 612
MADAGASIKARA	147 977	18 462	23 879	1 059 774
Total		190 318		1 059 774

Source : recensement de l'agriculture (campagne agricole 2004-2005) de MAEP / INSTAT

D'après ce tableau 15,22 % de la superficie rizicole totale bénéficie d'un apport en engrais fertilisant ; il y a un fort pourcentage (84,77%) de surface qui ne reçoit pas de fertilisation. Faute de statistique disponible auprès de ce ministère sur l'engrais utilisé en riziculture, nous supposons que 60,60% de cette quantité a été utilisée pour la riziculture soit 21 106 tonnes pour les 190 318 ha de rizières fertilisées engendrant une quantité moyenne à l'hectare de 0,110 tonnes, très loin des 5 tonnes à l'hectare favorables pour ce type de culture en vue de garantir une révolution verte durable.

II. Description:

Différents types de fertilisants organiques sont connus à Madagascar.

2.1. Recyclage du fumier :

Le recyclage du fumier est une opération qui consiste à préparer le fumier brut avant de l'enfouir dans le sol pour la fertilisation. Il présente l'avantage d'améliorer la qualité de la matière organique enfouie. Ils ont un effet sur l'eau, le sol, la plante, et le paysage

Principe

En général, les fumiers (déjections brutes ou mélangées à la litière, poudrette de parcs...) sont stockés par les producteurs en tas à l'air libre pendant une période prolongée. Ils sont ensuite apportés tels quels à la parcelle.

Objectifs :

- Rendre les éléments nutritifs facilement disponibles pour la plante en améliorant la décomposition du fumier
- Limiter le risque de chauffe lors de la décomposition du fumier
- Limiter les risques de propagation des adventices, ravageurs, bactéries et autres moisissures contenus dans le fumier

La pratique consiste à effectuer une fermentation des fumiers de type compostage (en présence d'air et avec élévation de la température). Deux techniques sont possibles en fonction des conditions climatiques de la zone (humidité ambiante, pluies, chaleur...).

2.2. Compostage en andain

De nombreux pays développés et pays en développement pratiquent le compostage et la digestion anaérobie des déchets mixtes ou fractions de déchets biodégradables (déchets de cuisine ou de restaurant, déchets de jardin, les boues d'épuration). Les deux processus sont

mieux appliqués aux fractions de déchets séparées à la source. Bien que le compostage soit souvent approprié pour des charges sèches, la digestion anaérobie est particulièrement appropriée pour les déchets humides.

Le compostage en andain consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés « andains ». La méthode permet de composter des quantités plus grandes de matière organique que la méthode en tas. Cette pratique a essentiellement été mise en œuvre dans le cadre des programmes AGRISUD à Madagascar. Les déchets organiques sont stockés en longues rangées appelés andains qui sont retournés périodiquement pour l'aération. La méthode consiste à décomposer les matières organiques et végétales par une fermentation aérobie.

Principe

Le compostage est une accélération du processus naturel de décomposition des déchets organiques. Une activité bactérienne intense est la principale responsable de la décomposition ; elle nécessite de l'oxygène et dégage de la chaleur. Le compost qui en résulte a une fonction d'amendement et d'engrais. Il existe différentes techniques de compostage parmi lesquelles le compostage en andain.

Objectifs:

- Elaborer un fertilisant organique de qualité avec les matières premières disponibles localement
- Rendre les éléments nutritifs facilement disponibles pour la plante après humification et minéralisation
- Limiter les risques de propagation des adventices, ravageurs, bactéries et autres moisissures contenus dans le fumier et les pailles

2.3. Compost liquide

Le compost liquide est un mélange fermenté aqueux, qui peut être utilisé comme un engrais et/ou comme produit de traitement selon les matériaux qui le composent. Ils ont un effet sur le sol et la plante

Objectifs

- Améliorer la fertilité du sol
- Améliorer la décomposition du paillage
- Obtenir un effet phytosanitaire contre les attaques d'insectes, bactéries et autres pestes

2.4. Lombricompostage

Le Lombricompost est issu de la digestion de divers fumiers et déchets organiques par des vers de terre: le « *lombr* ». On utilise deux espèces de vers composteurs (*eisenia*, *dandrobena*), très robustes consommant une quantité phénoménale de déchets. Ils mangent de la matière organique en décomposition et rejettent ensuite les déchets en petites crottes ou tortillons en enrichissant le sol.

On estime généralement que le lombricompost surpasse le compost en ce qui a trait aux niveaux d'activité microbienne.

2.5. Compostage par ventilation des tas des déchets organiques (mode industriel)

Le compost dérive du processus de compostage qui est défini comme un processus de décomposition biologique contrôlée de la matière organique dans un milieu aérobie. L'engrais obtenu est donc un engrais 100% organique provenant de la décomposition par divers micro-organismes tels que les bactéries, les champignons et macroorganisme comme certains insectes, les acariens, les crustacés des déchets uniquement organiques. Les étapes à franchir se font comme suit :

- Etape I : Opérations de pré compostage
- Etape II : Fermentation chaude
- Etape III : Refroidissement
- Etape IV : Maturation
- Etape V : Opération de post compostage

Matériels et outillages industriels:

- 2 compresseurs à air de 180L pour l'aération du tas de déchets
- 2 groupes électrogènes 5KW pour alimenter les 2 compresseurs
- 1 broyeur et déchiqueteur qui sert à réduire la taille des déchets à mettre en tas
- 4 brouettes pour le transport des déchets triés de la décharge au hangar ainsi que des produits finis
- 4 arrosoirs pour humidifier le tas
- 5 pelles pour fouiller les déchets et mettre en conditionnement le produit fini
- 4 fourches pour mélanger le tas avec les matières additives
- 1 balance portée 150kg pour définir le poids des déchets à traiter et le poids du produit fini
- 1 balance de précision pour le dosage des mélanges

- 2 bâches de 400m² dont la première servant à protéger le tas de déchets en cours de traitement au compresseur tandis que le second pour recouvrir ceux ayant déjà été broyé mais en attente du traitement suivant dans le cadre du processus de fabrication de compost.

III. Avantages de cette technologie:

	Intérêts agronomiques	Intérêts socioéconomiques	Intérêts environnementaux
Fumier recyclé	<ul style="list-style-type: none"> - Pratique simple à mettre en œuvre (comparée au compostage) - Assurer une bonne décomposition des fumiers pailleux - Meilleure qualité que le fumier brut - Selon son stade d'élaboration, le fumier recyclé peut être utilisé : <ul style="list-style-type: none"> • grossier, jeune : utilisation en fumure de redressement (restauration de la fertilité de fond) ; • à maturité : mélangé au sol, au niveau de l'horizon exploité par les racines (en cas de faible quantité, faire des apports localisés) ; • bien décomposé : utilisé en arboriculture pour le remplissage des pots, et en couverture de semis pour les pépinières maraîchères et rizicoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible mobilisation de main d'œuvre - Faible coût de réalisation si l'exploitant possède du fumier 	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer la complémentarité agriculture/élevage - Améliorer les sols sans recours aux produits chimiques de synthèse - Pratique adaptée aux zones d'élevage - Permettre le recyclage des effluents d'élevage
Compost en andain	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisable avec différents types de matières organiques locales 	<ul style="list-style-type: none"> - Produire un fertilisant de qualité qui impacte positivement et 	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer les sols sans recours aux produits chimiques de synthèse

	Intérêts agronomiques	Intérêts socioéconomiques	Intérêts environnementaux
	<ul style="list-style-type: none"> - Selon son stade d'élaboration, le compost peut être utilisé : <ul style="list-style-type: none"> • grossier, jeune : utilisation en fumure de redressement (restauration de la fertilité de fond) ; • à maturité : mélangé au sol, au niveau de l'horizon exploité par les racines (en cas de faible quantité, faire des apports localisés) ; • bien décomposé : utilisé en arboriculture pour le remplissage des pots, et en couverture de semis pour les pépinières maraîchères et rizières. 	<ul style="list-style-type: none"> - durablement sur les rendements - Permettre une valorisation des matières disponibles localement - Dans certains contextes, réduire les charges liées à l'achat de fertilisants chimiques de synthèse si le fertilisant organique est fabriqué localement - 	<ul style="list-style-type: none"> - Permettre une valorisation de la biomasse naturelle - Permettre un entretien des zones de friche sans brûlis (fauchage des pailles)
Compost liquide	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisable avec de nombreuses matières végétales selon les effets voulus et les complémentarités recherchées - L'utilisation du compost peut se faire : <ul style="list-style-type: none"> • Directement à la parcelle : appliquer le compost liquide 2 semaines après le 	<ul style="list-style-type: none"> - Représenter un faible coût de réalisation (si disponibilité des récipients) - Réduire les charges liées à l'achat des fertilisants chimiques et des pesticides 	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la structure des sols si le compost liquide est apporté sur paillage - Réduire le recours aux pesticides chimiques de synthèse si utilisation de plantes pesticides dans la

	Intérêts agronomiques	Intérêts socioéconomiques	Intérêts environnementaux
	<p>repiquage, ou 3 semaines après la levée des semis, au moment de la floraison ou lorsque des symptômes de carence apparaissent (perte de couleur verte due à une carence en azote) ; dilution 50/50 ; dosage : 2,5 à 3 litres par m² ou 0,3 litre par cuvette si apport localisé.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sur le feuillage (à éviter sur les jeunes plants) : diluer à raison de 1/4 de compost liquide dans 3/4 d'eau et appliquer à raison de 1 à 2 litres/m² (pomme d'arrosoir à perforations fines). Le compost liquide peut être apporté en engrais foliaire avec un pulvérisateur s'il a préalablement été filtré grâce à un tissu fin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de l'utilisation de la fosse à compost liquide maçonnée 	<p>préparation du compost</p>
Lombricompost	<ul style="list-style-type: none"> - Le compost contient plus de nutriments que le compost normal - Il n'est pas nécessaire de maintenir le compost à températures élevées - Augmente la résistance aux maladies - Stimule la croissance (le <i>lombricompost</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte réponse de la technologie aux conditions des petites exploitations paysannes - L'élevage des vers constitue une autre activité génératrice des producteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - meilleure aération du sol, infiltration et percolation - Les cultures absorbent plus efficacement le phosphore et les oligo-éléments renforçant leurs résistances aux aléas naturels, tels

	Intérêts agronomiques	Intérêts socioéconomiques	Intérêts environnementaux
	<p>contiendrait des régulateurs de croissance bénéfiques à la croissance et au rendement)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilite l'enracinement - Utilisé en agriculture biologique 	<ul style="list-style-type: none"> - il s'agit d'une technique simple, non coûteuse en temps et en argent, rapide et permettant d'avoir de l'engrais organique riche en minéraux. - Peut-être mélangé à n'importe quelle terre 	<p>qu'une pénurie d'eau, une maladie ou un stress extérieur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - cette technique est en accord avec les normes exigées par le marché des « produits biologiques » actuellement en voie de développement à Madagascar particulièrement pour la filière litchi. A plus grande échelle, elle assure la préservation de l'environnement et une gestion durable des parcelles.
Compost en andain industriel	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la structure de sol par augmentation des agrégats qui facilitent la pénétration des racines et favorisent l'exploitation - Meilleure perméabilité à l'air et à l'eau, - Meilleure rétention d'eau, - Amélioration de la structure du sol, - Meilleure disponibilité en divers éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, les 	<ul style="list-style-type: none"> - Accroissement du volume d'engrais distribué sur le marché surtout vers les riziculteurs - Création d'emploi : Des prestations de développement économique se produisent dans les cas où les coûts pour d'autres options de gestion des déchets sont élevés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le compost sert alors à la fois d'engrais pour les plantes et de conditionneur du sol. - Diminution de quantité de déchets entassés avec tous les 88 problèmes que cela provoque mais aussi la quantité du produit purement organique apporte des effets bénéfiques à la structure du

	Intérêts agronomiques	Intérêts socioéconomiques	Intérêts environnementaux
	<p>sulfures, le potassium,</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apport d'oligo-éléments comme le bore, le manganèse, le soufre indispensables en quantité infime à la croissance, - Obtention rapide de compost de qualité supérieure sur une superficie limitée 	<ul style="list-style-type: none"> - Valorisation des grandes quantités en déchets organiques de la commune urbaine - Réduction du chômage et celle de la pauvreté de par une distribution de revenus permettant aux employés de satisfaire leur besoin, constituer une épargne qui alimente de la sorte les ressources d'autres agents économiques par les consommations et par extension accroît la valeur ajoutée du pays - Réduction de la pauvreté parce que le produit généré par l'activité permet d'accroître la production agricole et donc de rétablir la sécurité alimentaire - Participer à la réalisation de la politique économique qui prévoit un rendement moyen de 3 à 5 tonnes à l'hectare à l'échelle 	<p>sol comme sa résistance à l'érosion, sa meilleure perméabilité à l'air, à l'eau et à la chaleur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possibilité d'avoir 783,229 tonnes/an sur 1204,968 tonnes de déchets recyclés, pour une unité de transformation

	Intérêts agronomiques	Intérêts socioéconomiques	Intérêts environnementaux
		d'une exploitation familiale – Les entreprises rurales ont une réduction de la dépendance sur les engrais.	

IV. Inconvénients de la technologie

	Inconvénients agronomiques	Inconvénients socioéconomiques	Inconvénients environnementaux
Fumier recyclé	<ul style="list-style-type: none"> – N'est pas aussi riche qu'un bon compost – Ce mode de stockage a pour conséquences : <ul style="list-style-type: none"> • une perte de la qualité des fumiers du fait de l'exposition à la chaleur et à la pluie 	<ul style="list-style-type: none"> – Insuffisance des déjections animales liées à la diminution des têtes de zébus 	<ul style="list-style-type: none"> – Présenter des risques de pollution en cas de sur-arrosage (écoulement des jus de ressuyage)

	Inconvénients agronomiques	Inconvénients socioéconomiques	Inconvénients environnementaux
	<p>(libération de l'azote dans l'atmosphère, lessivage des éléments fertilisants, destruction des micro-organismes utiles...);</p> <ul style="list-style-type: none"> • une décomposition incomplète et hétérogène du fumier ; • un risque de contamination des parcelles lors de la fertilisation (foyer de maladies et de semences de mauvaises herbes). 		
Compost en andain	<ul style="list-style-type: none"> - Demander un savoir-faire suffisant afin de bien contrôler la fermentation 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande une forte mobilisation de main d'œuvre - Représente un coût de réalisation en zone humide (construction de l'abri) - Forte utilisation d'espaces - Processus lent (la longue attente de la décomposition de la matière organique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Entre en concurrence avec l'élevage pour la mobilisation des pailles d'où la dégénérescence des ressources végétales

	Inconvénients agronomiques	Inconvénients socioéconomiques	Inconvénients environnementaux
		<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté de la technique, - Besoin d'aménagement d'un abri - Nécessité de chercher des ferments.) - Investissement coûteux en engin de retournement à grande échelle 	
Compost liquide	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions de mise en œuvre difficilement réunies (matériaux, matériels) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité des récipients suffisamment grands et étanches qui ne sont pas forcément disponibles à faibles coûts 	<ul style="list-style-type: none"> - dégradation des ressources végétales
Lombricompost	<ul style="list-style-type: none"> - Le processus est très lent et requiert un contrôle minutieux - Conditions de mise en œuvre difficilement réunies (matériaux tels que vert, matériels) 	<ul style="list-style-type: none"> - N'est pas éprouvé à grande échelle 	
Compost en andain	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance intensive du système de pompage - Eventualité de pannes 	<ul style="list-style-type: none"> - celui-ci nécessite un investissement plus important 	

	Inconvénients agronomiques	Inconvénients socioéconomiques	Inconvénients environnementaux
industriel		<p>que les procédés artisanaux comme le lombricompostage domestique des déchets du jardin.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peu d'usines de transformations d'où la rareté des produits sur le marché 	

V. Coûts financiers :

	Coût	Dosage utile selon sa destination
Fumier recyclé	Prix : 12 000Ar/charrette de 250kg c'est-à-dire 48Ar/kg	<p>Selon sa destination, le fumier recyclé est utilisé et dosé comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour le maraîchage : 25 à 30 kg par planche ou casier de 10 m² épandus sur le sol avant labour. En cas de faible quantité, réduire les doses et localiser au niveau des cuvettes (une poignée de deux mains jointes) ; - pour les cultures pluviales : 10 à 20 t/ha épandues sur le sol avant labour ou apportées de manière localisée ; - pour les pépinières : enfouir 3 à 5 kg/m² de platebande.

	Coût	Dosage utile selon sa destination
Compost en andain	<p>Prix vers 500Ar/kg</p> <p>Pour 800 kg de compost (andain de 1 m x 3 m) , il faut :</p> <p>17 brouettes de paille</p> <p>7 brouettes de bouse, de fumier pailleux ou de poudrette</p> <p>1 brouette d'argile ou de sable (selon le type de sol)</p> <p>15 à 18 arrosoirs d'eau</p> <p>20 poignées de cendres de bois</p> <p>20 poignées de poudre d'os, de plumes et déchets de poisson ou de phosphate naturel</p> <p>Autres matériaux possibles : herbes, palmes broyées, légumineuses, feuilles d'arbres, glumes, coques d'arachides, pelures...</p>	<p>Selon sa destination, le compost est utilisé et dosé comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour la rizière (SRI) : - fumure de fond : épandre (10 t/ha minimum) juste avant le 1er labour ; - fumure d'entretien : épandre dans les lignes avant sarclage (environ 5 t/ha) ; - pour le maraîchage : 25 à 30 kg par planche ou casier de 10 m², épandus sur le sol avant labour. En cas de faible quantité, réduire les doses et localiser au niveau des cuvettes (une poignée de deux mains jointes) ; - pour les cultures pluviales : 10 à 20 t/ha épandues sur le sol avant labour ou apportées de manière localisée ; - pour les pépinières : enfouir 5 à 8 kg/m² de plate-bande, puis après semis, étaler uniformément en couche fine 0,5 kg/m².
Compost liquide	De l'ordre de 1000Ar/litre	
Lombricompost	Prix de 1000Ar/kg	
Compost en andain	Prix de 260Ar/kg	

	<i>Coût</i>	<i>Dosage utile selon sa destination</i>
industriel		

VI. Exigences institutionnelles et organisationnelles :

Vue la SNDR retraçant la Politique Agricole, la fertilisation semble incontournable dans l'intensification agricole ; ce constat est bien stipulé dans le PANA et dans les trois Communications Nationales sur le changement climatique.

Les paysans bénéficient actuellement de conseils agricoles suite au désengagement de l'état et à la faiblesse des interventions des autres opérateurs dans le domaine du conseil et ceci malgré l'existence de deux niveaux de structures publiques sur terrain :

- les Directions Régionales de Développement Rural ou DRDR au niveau des régions
- et les Circonscriptions de développement rural ou CIRDR au niveau des districts.

La nécessité de relancer les activités de « conseils agricoles » constitue dans l'ensemble une préoccupation majeure. La mise en place de Centres de Services Agricoles (CSA) au niveau des districts est lancée et s'achemine effectivement dans ce sens. Par ailleurs avec l'appui de leurs fournisseurs internationaux, plusieurs importateurs / distributeurs malgaches développent des séries de formation et de conseil aux revendeurs, voire aux paysans en vue de développer l'utilisation d'intrants agricoles. Le fonds régional de développement agricole (FRDA) permettra de financer le coût de conseil aux agriculteurs, aux organisations paysannes.

VII. Les obstacles et les Opportunités pour la mise en œuvre de haut

	Obstacles	Opportunités
Fumier recyclé	<p>Conditions de mise en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Disposer de fumier brut ou de litière entre 1,5 et 3 kg par m² selon le type de culture et la durée de son cycle (une moyenne de 2,5 kg par m² en cas de pluriculture sur une même parcelle) – Disposer d'un emplacement à l'ombre et de pailles pour couvrir le fumier (cas du recyclage du fumier en tas) – Disposer de l'outillage nécessaire (une pelle pour creuser la fosse, fragmenter le fumier ou monter les tas et un arrosoir) – Disposer d'une source d'eau à proximité 	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisation des fumiers est généralement le mode de fertilisation le plus courant car ils sont disponibles localement et à faible coût (contrairement aux engrais chimiques de synthèse). 2. Il est donc recommandé d'utiliser les fumiers en les recyclant au préalable afin de : <ul style="list-style-type: none"> - préserver leur qualité grâce à de meilleures conditions de stockage - améliorer leur décomposition afin de les utiliser de manière efficace sans risque pour la plante. 3. Le recyclage du fumier est facilement réalisable, nécessaire et efficace pour la valorisation de ce sous-produit de l'élevage. Bien que moins performante que le compostage, cette pratique est vraisemblablement mieux adaptée aux zones tropicales au regard des conditions socio-économiques et environnementales, à savoir : concurrence pour la matière végétale, faible disponibilité des pailles et importance des activités d'élevage. 4. Il fait aussi parmi des pratiques paysannes courantes adoptées depuis des années, faisables techniquement et économiques au sein même de l'exploitation
Compost en	<p>1. Conditions de mise en œuvre :</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. La pratique du compostage en andain est facilement adaptable et permet la valorisation de nombreux sous-produits végétaux.

	Obstacles	Opportunités
andain	<p>En Zone sèche :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disposer d'un terrain avec accès à l'eau et de l'outillage nécessaire (brouette, arrosoir, pelle, fourche, tamis) - Disposer des matériaux pour réaliser le compost (fumier, pailles, argile ou sable selon le type de sol, cendres de bois, poudre d'os...) <p>En Zone humide :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disposer d'un terrain avec accès à l'eau et de l'outillage nécessaire (arrosoir, coupe-coupe, panier, fourche, pelle) - Disposer des matériaux pour réaliser le compost (fumier, pailles, herbes, troncs de bananiers, résidus de canne après distillation, cendres...) <p>2. Absence des machines spécialisées pour l'aération (tout se fait artisanalement et manuellement)</p>	<p>2. Le compost qui en résulte peut être utilisé pour toutes les cultures. Selon son niveau de maturité, son usage diffère ; il peut être apporté aussi bien en fumure de fond que d'entretien. Cependant, la quantité à apporter à la parcelle doit être suffisante. En cas de faible quantité disponible, il est préférable de réduire les surfaces cultivées et/ou d'apporter le compost de façon localisée plutôt que de l'épandre à faible dose.</p> <p>3. L'expérience a montré que la principale difficulté réside dans la capacité à mobiliser les matières végétales surtout en période sèche, et produire ainsi suffisamment de compost.</p> <p>4. Ce compostage a été promu par différentes ONG et projets de d'intensification agricole depuis très longtemps à Madagascar (cas d'AGRISUD au Moyen Ouest de Madagascar)</p>
Compost liquide	<p>Conditions de mise en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Disposer de fumier : fientes de volaille ou de chauvesouris, lisier de porc, fumier de vache, fumier 	<p>Objet de transfert de technologie en cours avec AGRISUD aux Hautes Terres et Moyen Ouest de Madagascar</p>

	Obstacles	Opportunités
	<p>de mouton...</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposer de matière végétale (feuilles) : <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chromoleanaodorata</i>(Eupathorium) : nématofuge - <i>Nicotiana tabacum</i>(tabac) : insectifuge - <i>Tetradeniariparia</i>: bactéricide - Neem : insecticide - <i>Tithoniadiversifolia</i>: pesticide - Légumineuses (<i>Sesbania grandiflora et rostrata</i>, <i>Leucaenaleucocephala</i>, <i>Cassia siamea</i> et <i>spectabilis</i>, <i>Moringaolifera</i>) : favorisent l'apport d'azote ○ Disposer d'un sac en fibres tissées et d'un fût ou d'une jarre ○ Disposer d'un bâton 	
Lombricompost	<ul style="list-style-type: none"> - Méconnaissance des bienfaits de « vers » due à la faible sensibilisation - « Ver » peu disponible sur le marché - Selon PPRR Est de Madagascar, Faible appropriation de la méthode due à plusieurs facteurs, à savoir : <ul style="list-style-type: none"> ○ inutilisation d'engrais sur les cultures 	<ul style="list-style-type: none"> - Faisable pour les cultures riches (litchi, maraîchage) - En promotion avec les centres de formation, les pépiniéristes, les arboriculteurs - Adaptable pour le cas de petits agriculteurs - A l'issue des formations dans la région Est de Madagascar, un membre de chacune des 31 OP a reçu 300 lombrics afin de pouvoir directement mettre en pratique le lombricompostage. Le

	Obstacles	Opportunités
	<ul style="list-style-type: none"> ○ perte des lombrics ○ Suivi technique très inégal d'une région à l'autre ○ méfiance des producteurs pour cette nouvelle technique ○ Demandant un fort investissement en temps (La pratique du lombricompost est encore loin des résultats attendus pour septembre 2012 (372 nouveaux abritants). Les producteurs ayant bénéficié des lombrics ne trouvent pas ou peu de preneurs) 	<p>partage des lombrics est ensuite assuré par la chaîne de solidarité instaurée par le PPRR. Ce modèle de vulgarisation a été appliqué à plus grande échelle, au sein du programme, pour la grenadelle, le taro, l'igname, et le manioc greffé.</p>
Compost en industriel	<ul style="list-style-type: none"> - Celui-ci nécessite un investissement plus important que les procédés artisanaux comme le lombricompostage domestique des déchets du jardin. - Peu d'usines de transformations d'où la rareté des produits sur le marché - Environnement des affaires peu favorable à Madagascar - Manque de volonté politique dans le recyclage des déchets urbains (assainissement urbain) 	<ul style="list-style-type: none"> - Existence des entreprises de fabrication locale telles que TAROKA STOI, GUANOMAD, ADONIS qui ont promu les engrais biologiques - La technique est adaptée à grandes quantités telles que celui généré par des communautés entières et collectées par les gouvernements locaux et le volume élevé des entreprises de transformation des aliments.

VIII. Références

- RANDRIANATOAVINA, 2008. PROJET DE CREATION D'UNE USINE DE COMPOSTAGE PAR VENTILATION DES TAS DES DECHETS ORGANIQUES DANS LA COMMUNE RURALE DE TANJOMBATO REGION ANALAMANGA. Mémoire de fin d'études, faculté DEGS Université d'Antananarivo
- AGRISUD, E book, guide d'apprentissage en agroécologie
- Programme FIDA Madagascar, 2012. Initiation au lombricompostage sur la côte est de Madagascar. Programme de promotion des revenus ruraux (PPRR)

Fiche 2 : Groupe de l'Agroforesterie pour la protection du paysage

1. Objectif et justification

Vue la déforestation et de l'érosion (y compris tout impact perçu sur les rendements des cultures), ainsi que les intenses évapotranspirations, les relations agro-forestières peuvent solutionner ce problème.

Objectifs

- Créer un environnement favorable aux cultures (humidité, ombrage, diversité)
- Diversifier la production
- Limiter les dégâts causés par le vent et/ou par les animaux en divagation (haies de clôture et brise-vents)
- Recycler les éléments minéraux lessivés en limitant l'érosion
- Disposer d'un apport en biomasse valorisable sur l'exploitation

2. Description:

L'agroforesterie est un mode d'exploitation des terres agricoles associant des plantations d'arbres dans des cultures ou des pâturages. C'est une approche intégrée de la production d'arbres (et de cultures non-arbres) et de la production animale sur le même lopin de terre. Pour ce type de cultures associées, trois configurations principales existent, éventuellement complémentaires :

- Cultures d'arbres (en rangs, en quinconce...) espacés au sein de parcelles agricoles labourées et cultivées de manière pérenne
- Implantation de cultures (pérennes ou non) dans des clairières, ou sous les arbres de parcelles boisées qui ont été éclaircies
- Silvopastoralisme, faisant cohabiter arbres et animaux domestiques.

Outre ses qualités paysagères, l'agroforesterie permet d'augmenter la rentabilité des terres. En effet, les arbres plantés dans une parcelle, en sollicitant une surface négligeable au sol, constituent un investissement important qui rapportera sensiblement la même somme que les cultures elles-mêmes au moment où on les abattra pour les exploiter trente ou quarante ans plus tard.

Les arbres agroforestiers constituent un stock non négligeable de carbone, à la fois dans leur bois, mais aussi dans le sol qui est enrichi en profondeur en matière organique par la décomposition continue de leurs racines fines, année après année.

L'arbre a un effet protecteur des cultures (brise-vent, moindres impacts des pluies violentes, grêles et insolation excessives...).

Vue sous un autre angle, l'agroforesterie est un terme générique pour qualifier les associations entre arbres, arbustes et cultures associées. Les arbres et arbustes peuvent être implantés en pourtour de parcelles de culture (cloisonnement) ou en ligne préservant des couloirs de culture. Sur sols en pente, les lignes de plantation des arbres suivent les **courbes de niveau**. La largeur conseillée des couloirs de culture est au minimum de 10 mètres.

Cultures vivrières / L'Embocagement

L'embocagement est une technique d'agroforesterie qui consiste à planter des arbustes et des arbres autour et dans les parcelles cultivées pour créer un effet de bocage. Selon leur densité, leur disposition et leur nature, ils limitent l'ensoleillement et le vent, ce qui favorise le maintien de l'humidité du sol et la création d'un micro-climat favorable aux cultures. Le système racinaire de ces plantations permet l'absorption et le recyclage des éléments minéraux ayant migré dans les couches profondes du sol. La biomasse produite peut aussi être **valorisée pour la fertilisation organique et le paillage**.

Règles de l'association:

- Ne pas planter les arbres de manière trop dense et préférer des essences à système racinaire pivotant : Acacia, Leucaena...
- Elaguer pour ne pas gêner les cultures (trop d'ombrage) ou les opérations culturales (racines et branches). Les résidus d'élagages pourront servir de bois de chauffe, de tuteurs...
- Planter les lignes d'arbres d'Est en Ouest (ensoleillement des cultures). Les arbres profitent de la fertilisation apportée aux cultures sous-jacentes, d'une humidité constante grâce à l'irrigation, du désherbage régulier des planches et du binage du sol (entretien).

Les cultures sous-jacentes profitent des effets régulateurs et améliorateurs des arbres : ombrage, litière, recyclage de l'eau et des éléments lessivés.

Les parcelles pluviales n'étant pas irriguées, il est important de choisir des essences fruitières adaptées aux conditions climatiques (résistance aux périodes de sécheresse).

La mise en place des haies et des brise-vent se fait :

- par semis direct (poquets espacés de 50 cm à 1 m en fonction de l'usage de la haie).
Ex : Moringa, Acacia mangium et auriculiformis, Leucaena ;

- par bouture (ex : Glyricidia) ;
- par plantation en mottes.

Les haies sont implantées en début de saison pluvieuse (juste après une bonne pluie), afin de permettre au plant une bonne reprise avant la période sèche. Pour les plants en mottes :

- **Effectuer une trouaison**d'environ 30 cm x 30 cm x 30 cm (en fonction du développement futur du plant) ;
- **Planter le plant** en gardant le collet au niveau du sol. En zone sèche, laisser une cuvette permettant la collecte des eaux de pluie et le maintien de l'humidité dans le sol. En zone humide, il faut planter sur buttes (cuvette au sommet de la butte) ;
- **Arroser** en cas de faible pluviométrie, il est nécessaire d'apporter de l'eau au moins une fois par semaine (2 fois pendant les premières semaines). Les plants seront alors capables de résister à la sécheresse ;
- **Protéger les jeunes plants** qui ne sont pas à l'abri des animaux en divagation (branchages, filets, paniers...).
- **Regarnir** après un mois ou au début de la saison pluvieuse de l'année suivante. L'expérience montre qu'un certain nombre de plants meurt durant la première année, il est donc nécessaire de procéder au regarnissage.
- **Elaguer** les arbres en fonction du port voulu pour le plant

3. Avantages de cette technologie:

a. Intérêts agronomiques

- Les arbres les plus importants pour l'intégration dans un système agro-forestier sont des légumineuses en raison de leur capacité à fixer l'azote et le rendre disponible à d'autres plantes. L'Azote améliore la fertilité et la qualité du sol et peut améliorer la croissance des cultures.

De plus, les arbres forment un filet racinaire qui passe sous les couches superficielles du sol occupées par les cultures. Les champignons qui vivent en symbiose avec ces bactéries augmentent la fertilité du sol et sa capacité à retenir et faire circuler l'eau et les nutriments, améliorant la productivité sylvicole et agricole.

Elle consiste à:

- Conserver l'eau du sol et protéger la plante (réduit l'évapotranspiration)
- Protéger contre le vent et les animaux
- Apporter de la matière végétale pour le paillage ou le compostage
- Créer un micro-climat propice aux cultures
- Permettre le recyclage des minéraux lessivés

- Favoriser l'aération du sol et l'amélioration de la vie microbienne du sol
- Prioriser des avantages de rendement sur une longue période de temps usages

L'embocagement des parcelles améliore nettement les conditions de culture (amélioration des sols, recyclage de l'eau et des éléments minéraux, microclimat favorable) et permet une diversification des productions (bois, fruits...). Après leur plantation, la protection et l'arrosage d'appoint permettent aux jeunes plants de se mettre en place rapidement et durablement. Il est nécessaire d'entretenir ces arbres pour qu'ils puissent assurer leurs rôles : protection des cultures, apport en biomasse... Les arbres fruitiers profitent de l'attention portée par le producteur aux cultures sous-jacentes. Cependant, il est nécessaire d'organiser l'espace afin de s'assurer qu'à terme les arbres n'entrent pas en concurrence trop importante avec les cultures pluviales. L'association cultures pluviales-fruitiers permet une meilleure mise en valeur de la parcelle.

b. Intérêts socio-économiques

- Limiter le renouvellement des clôtures et les dégradations par les animaux (haies vives de protection)
- Apporter des ressources variées (fruits, bois, bio-pesticides...)
- Permettre l'allongement des périodes de culture et améliorer les rendements (Par exemple, le millet et le sorgho peuvent augmenter leurs rendements de 50 à 100 pour cent quand ils sont plantés directement sous *Acacia albida* (FAO, 1991).
- Permettre des économies d'arrosage (par réduction de l'évapotranspiration)

Selon le Centre mondial d'agroforesterie, l'agroforesterie est particulièrement bien adaptée :

- pour répondre à la fois la nécessité d'améliorer la sécurité alimentaire et l'augmentation des ressources pour l'énergie,
- ainsi que la nécessité de gérer durablement les paysages agricoles pour les services écosystémiques essentiels qu'ils fournissent.

<http://www.worldagroforestrycentre.org/research/overview>).

c. Intérêts environnementaux

- L'agroforesterie est appropriée pour tous les types de terrain et est particulièrement important pour l'agriculture à flanc de colline, où l'agriculture peut conduire à la perte rapide de sol. Celle-ci permet de protéger contre l'érosion hydrique et éolienne.
- La conception de systèmes agro-forestiers privilégie les interactions bénéfiques entre les cultures, par exemple, les arbres peuvent fournir de l'ombre et de réduire l'érosion éolienne.

- En plus des avantages de l'adaptation, de l'agroforesterie a aussi une fonction de la séquestration du carbone (atténuation).
- L'arbre - en compétition avec la culture dès sa plantation - enfonce naturellement ses racines plus profondément. Ce faisant, il décolmate le sol et favorise la circulation capillaire de l'eau profonde, tout en permettant aux pluies de mieux s'infiltrer pour recharger la nappe. L'enracinement profond des arbres permet aussi de récupérer les nitrates en profondeur et donc de limiter la pollution des eaux.

Elle permet aussi de:

- restaurer le couvert végétal ;
- limiter les coupes d'arbres abusives ;
- améliorer la biodiversité (faune et flore).

d. Inconvénients de la technologie

Ils sont surtout de l'ordre économique à savoir :

- Nécessité un temps d'implantation relativement long (1 à 2 saisons)
- Nécessité un entretien régulier
- Pratique consommatrice d'espace : Le fait d'intégrer arbres et les cultures dans un système peut créer une concurrence pour l'espace, l'eau et les nutriments et la lumière ainsi qu'elle peut entraver la mécanisation agricole
- Nécessité d'être propriétaire du foncier
- Coût relativement élevé si les plants doivent être achetés
- Nécessité de main d'œuvre importante (plantation, arrosage des jeunes plants, élagage)

Du côté environnemental, cette technologie présente quelques faiblesses à savoir :

- Processus lent de conservation du carbone marginal
- Augmentation du carbone du sol en zone sèche seulement tandis que diminution en zone humide
- Sous un environnement sec, possibilité de compétition en eau des arbres (fort système racinaire), d'où la vulnérabilité de certaines cultures (faible système racinaire) au stress hydrique (Schroeder, 1995)
- En zone tropicale, possibilité de prolifération des différentes espèces d'insectes, de pestes végétales et de maladies fongiques
- Apparition des autres émissions de gaz à effet de serra tels que N₂O et CH₄

4. Coûts financiers :

Selon Lal et al (1998a), dans un système agro-forestier pour la recapitalisation des nutriments sur les hautes terres de l'Afrique de l'Est, le coût valait 87\$ par tonnes de carbone séquestré. En Inde, Sudha et al. (2007) a effectué une analyse du coût et bénéfice comme étude de base, illustrée par les scénarios suivant :

	Ligne de base	Projection
Coût (US\$/ha)	297	108
Bénéfice (US\$/ha)	423	235
Bénéfice nette (US\$/ha/an)	126	178
Ratio bénéfice coût	1,42	2,18

Un projet de cinq ans inclus dans le PANA du Sénégal visant à promouvoir l'agroforesterie eu un budget total de US \$ 258 000 pour établir des pépinières communautaires, la culture des plantes, l'installation de plantations et rajeunissement des forêts régionales (Source: CCNUCC, 2008a)

5. Exigences institutionnelles et organisationnelles :

- ❖ La lutte antiérosive, la diversification de cultures ainsi que la conservation de la biodiversité naturelle font l'objet de la politique actuelle agricole et environnementale de Madagascar. La collaboration étroite entre les usagers de l'eau en aval (bas-fonds) et ceux qui occupent du bassin versant en amont doit être mise en vigueur.
- ❖ Pour planifier l'utilisation des arbres dans les systèmes agro-forestiers, des connaissances considérables de leurs propriétés et du système agraire et les opportunités de marché (Martin et Sherman, 1998) sont requis (adaptations climatiques des espèces, y compris les adaptations aux différents sols et des contraintes; la taille et la forme de la voilure, ainsi que du système racinaire; et l'aptitude à diverses pratiques agro-forestières).
- ❖ Le contexte institutionnel est essentiel à la gestion des ressources naturelles et de l'agroforesterie. Les principales catégories d'institutions ayant une incidence sur l'agroforesterie sont présentées ci-dessous :

Les organismes gouvernementaux

- gouvernementaux avec un mandat lié à l'agroforesterie et la fonction de ces organismes par rapport à l'agroforesterie et la gestion des ressources naturelles
- Les agences gouvernementales impliquées dans les programmes de vulgarisation liés à la gestion des ressources naturelles
- l'administration du gouvernement à différents niveaux: national, régional et local (y compris les niveaux de village provincial, municipal, de district et)

Les organisations non-gouvernementales (ONG)

- ONG locales, nationales et internationales impliquées dans des domaines pertinents tels que le développement rural et la conservation de l'environnement
- Présentation des ONG avec un rôle dans le développement de l'agroforesterie, et l'ordre du jour et le mandat ainsi que des objectifs de programmes et les priorités de ces organisations
- Liens, les interactions et la collaboration entre les ONG, le secteur public et les institutions locales et les populations locales

Le secteur privé

- Les liens et les fonctions du secteur privé dans le secteur de l'agriculture
- forces et les fonctions du marché
- Les institutions locales par rapport au secteur privé

Institutions communautaires formelles et non formelles

- Rôles et fonctions dans le développement de l'agroforesterie, y compris le développement du marché pour les produits agro-forestiers; et dans l'intensification des innovations agro-forestières
- Rôles dans le suivi et l'évaluation des programmes d'agroforesterie

Les instituts de recherche

- Les institutions de recherche avec le mandat de l'agroforesterie et en mettant l'accent sur la recherche sur le terrain et sur la ferme d'expérimentation participative
- recherche et développement liens agro-forestières à tous les niveaux

Formation et éducation instituts

- Recherche et développement de la technologie
- Les programmes de vulgarisation dans la formation et l'éducation des institutions
- ❖ Le cadre politique et juridique est d'une grande importance pour la gestion durable des ressources naturelles. Les autorités gouvernementales et forestières locales doivent faire une pression pour simplifier les procédures juridiques pour la commercialisation des produits ligneux et non ligneux indigènes cultivées dans les systèmes agro-forestiers. L'adoption accrue de l'agroforesterie devrait être soutenue par le gouvernement par le biais de la finance. La recherche et la formation est nécessaire pour correspondre espèces agro-forestières de grande valeur avec les zones agro-écologiques et bonnes pratiques agricoles (Neufeldt et al, 2009).
- ❖ La mise en œuvre de l'approche de l'agriculture- agroforesterie devrait être accompagnée par l'organisation des agriculteurs en coopératives afin d'améliorer leur capacité à négocier de meilleurs prix pour leurs produits et éviter de payer un pourcentage de leurs bénéfices à des intermédiaires. Rejoindre les coopératives donne aux agriculteurs le statut de producteurs organisés, facilitant l'accès à des marchés plus vastes et de certification biologique et équitable. En conséquence, le revenu des agriculteurs peut augmenter de manière significative. Les agriculteurs devraient également recevoir une formation sur les questions de gestion, la prise de décision et la participation à l'administration locale, comme le budget participatif et la planification du développement au niveau municipal.

6. Les obstacles à la mise en œuvre de haut

Les principaux obstacles à la pratique de l'agroforesterie sont:

- Le manque d'accès aux intrants agro-forestières / ressources, y compris le régime foncier, la tenure des arbres, de l'eau, des semences et du matériel génétique, et le crédit.
- Nécessité de gestion des questions relatives à la connaissance des systèmes agro-forestiers, contrôle de la qualité, le stockage, la transformation des produits, l'accès aux services de vulgarisation technique et les coûts initiaux par rapport à un gain à long terme.
- Les principaux avantages de l'agroforesterie sont perçus à moyen terme au moins cinq à dix ans après l'établissement. Ce qui signifie que les agriculteurs doivent être prêts à investir dans leur création et leur gestion pendant plusieurs années avant que les principaux avantages sont générés.

- La commercialisation des produits et services agro-forestières à savoir le manque d'accès au transport, la manutention, la transformation et l'infrastructure de commercialisation, interdictions / restrictions sur les produits du bois, la surproduction, et le manque de demande pour les produits.

7. Opportunités pour la mise en œuvre de haut:

Cette technologie est faisable dans toute l'île surtout sur les zones à risque d'érosion. Elle entre dans la mise en valeur des terrains pluviaux dont Madagascar en possède beaucoup.

Concernant la terre et la tenure des arbres. Si les agriculteurs ont droit à leurs arbres, ils ont une incitation à planter. Les plantations limites / clôtures vivantes, c'est-à-dire les arbres plantés le long des frontières marquent bien les limites de la propriété. La promotion de l'agroforesterie/embocagement peut favoriser la sécurité foncière.

L'agroforesterie peut se faire avec des jardins potagers familiaux (cas des Hautes Terres Centrales) ou avec des cultures de rente (cacao, café aux zones de Sambirano et Est). Compte tenu de l'intégration agriculture/élevage, cette technologie contribue dans des zones d'élevage de zébus (cas du Sud de Madagascar) à :

- l'augmentation d'un certain nombre d'arbres, des arbustes ou des cultures pérennes ombragées (*Jatropha* sp.) dispersés parmi les cultures ou les pâturages et le long des frontières de la ferme.
- L'amélioration de l'alimentation animale et humaine par le biais de potentiel de production

L'agroforesterie offre une excellente occasion de promouvoir la gestion durable des forêts, tout en améliorant les opportunités génératrices de revenus pour les communautés locales. L'agroforesterie peut fournir une économie agricole plus diversifiée et de stimuler toute l'économie rurale, conduisant à des fermes et des communautés plus stables. Les risques économiques sont réduits lorsque les systèmes produisent de multiples produits. De même, cette approche privilégie les mesures de conservation et de réhabilitation tels que la réhabilitation des bassins versants et la conservation des sols.

En vue d'une synergie entre les projets de développement rural, touristique et minier à Madagascar, sur le volet « environnement », cette technologie d'agroforesterie doit être une exigence de l'Etat vis-à-vis des Bailleurs de fonds, selon les zones d'interventions.

Au regard des conditions agro écologiques, les enjeux majeurs d'un producteur fruitier (adoptant le système agroforestier) sont :

- la maîtrise des itinéraires techniques des cultures ;
- l'accès ou la production de jeunes plants et rejets de qualité ;
- la maîtrise de la taille des plants productifs ;
- la prévention des maladies et des parasites ;
- la maîtrise de la ressource en eau ;
- le choix des variétés adaptées au milieu environnemental et aux besoins du marché

8. Références

- PANA Madagascar, 2006
- PNE Madagascar
- <http://www.climatetechwiki.org/technology-information>
- Eric Penot « étude sur l'agroforesterie au Côte Est de Madagascar », Rapport provisoire Ste Marie pour Cifor-V2.pdf

Fiche 3 : Paquets technologiques rizicoles résilients

1. Objectif et justification

A Madagascar, les effets des changements climatiques se ressentent sur la productivité agricole et ainsi sur la sécurité alimentaire et les prix des denrées alimentaires de telle manière que l'agriculture devient de plus en plus une problématique au quotidien.

En général, les impacts observés se traduisent par :

- *Une pluviométrie très variable :*
 - pluies diluviennes inopinées et incessantes, provoquant des évènements extrêmes comme les inondations.
 - des périodes plus longues de sécheresse. Augmentation des séquences de sécheresse pendant les saisons de pluie.
 - une saison d'hivernage aléatoire et plus courte.
- *la tendance à l'augmentation de la température générant la prolifération des mauvaises herbes.*
- *la dégradation des terres, se traduisant particulièrement par des érosions ravinentes au niveau des bassins versants.* On assiste à un ensablement important et quelquefois irréversible des plaines et des bas-fonds situés en aval sous-tendant une perte constante de la fertilité des sols, défavorables aux cultures qui donneront une grande variabilité de production.
- *Les perturbations des activités socio-économiques, sous forme de perturbation des calendriers agricoles* en raison de démarrage de plus en plus tardif des saisons pluvieuses.

Cette péjoration climatique couplée à l'action anthropique induit une dégradation du milieu écologique, une modification du bilan hydrique des cultures, une baisse de la productivité agricole et un désarroi au niveau du monde paysan. L'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les agricultures familiales subissent aussi d'autres mutations de leur environnement :

- dégradation de la fertilité des sols,
- déforestation et érosion de la biodiversité,

- insertion à l'économie de marché et libéralisation, avec ses exigences de compétitivité,
- position défavorisée pour l'accès aux ressources (eau, foncier notamment), mais également problèmes de financement.

2. Description:

Cette technologie constitue un paquet qui rassemble toutes les itinéraires techniques mises à la disposition des paysans, selon les conditions de riziculture (RBME ou RMME), la situation des rizières dans le paysage (bas fond ou « tanety » = Plateau), les conditions édaphiques et hydriques ainsi que la disponibilité des moyens de production (peu ou beaucoup d'intrants).

<i>Technologie résiliente et courante</i>	<i>Conditions de riziculture</i>	<i>Composantes technologiques</i>
à base de SRT	Sol marécageux, inondé en permanence, difficilement accessibles par les bœufs de traction	Légèrement amélioré : <ul style="list-style-type: none"> - par la réduction de l'âge des plants au repiquage - et par un seul passage de sarclage ou l'utilisation d'herbicide. - la dose de semis : assez élevée, allant de 100 et pouvant atteindre 150 kg/ha pour les SRT - pépinière traditionnelle (semis à la volée dans l'eau de semences non pré germées) - plants âgés de plus de 35 jours pour le repiquage en foule
A base de SRA	aussi bien en RMME qu'en RBME	<ul style="list-style-type: none"> - réduits à un apport seulement de l'urée - et à un repiquage en ligne dans un seul sens - pépinière en plate-bande même pour la technique
« Papriz ou Volyvarin-dRajao »	ne se pratiquent qu'en RBME.	<ul style="list-style-type: none"> - Jeunes plants repiqués vers 15 à 21 jours - assez réduite (30 à 45 kg/ha tout au plus) - Fumure organique et minérale équilibrée exigée

		<ul style="list-style-type: none"> - Pépinière en dapog ou « ketsavohitra »
A base de SRI	ne se pratiquent qu'en RBME	<ul style="list-style-type: none"> - Jeunes plants repiqués à 8 jours - assez réduite (30 à 45 kg/ha tout au plus) - Pépinière en dapog ou « ketsavohitra »
SDA	aussi bien en RMME qu'en RBME	<ul style="list-style-type: none"> - à une bonne préparation du sol générant une bonne qualité du lit de semences, - à une dose de semis plus faible (30 à 50kg de semences), - à une meilleure intensification de la culture: apport de fumure organique de 5 à 10 T/ha, avant le labour ou en couverture des poquets ; apport de fertilisation minérale, apport fractionnée de l'urée à épandre sur les lignes de semis ou aux pieds des poquets ; sarclage précoce et fréquence à la demande.
Riz pluvial en SCV	Terrain en forte pente (zone à risque)	Dose de semis : 40kg/ha en poquet
Riz pluvial conventionnel mécanisé	Terrain plat à grande superficie prête à une culture intensive	Forte dose de semis selon le type de semoir (vers 60kg/ha si en billon)

Comme **mesures d'accompagnement**, il faut noter les composantes technologies suivantes :

- Le reboisement et l'utilisation des techniques agro-écologiques (SCV, embocagement, agroforesterie, paillage, etc) en amont du bassin versant, aux franges des collines
- l'irrigation par des puits (forage) pour les zones de bas ou de moyenne pente (zones de collines)
- la réhabilitation/rénovation des systèmes d'irrigation et de drainage pour les bas-fonds
- la construction de digues traditionnelles autour des parcelles autant bien sur les bas-fonds que sur les plateaux

- l'usage de variétés à forte productivité, précoces et à la fois tolérantes aux stress générés/ variabilités climatiques. Ces variétés sont reconnues résistantes à sécheresse, à l'inondation, au froid de fin de cycle mais aussi à fort pouvoir d'enracinement et vigoureux pour être compétitif aux mauvaises herbes et aux plantes de couverture en SCV.
- l'accroissement de la résilience de la culture par l'amélioration de sa nutrition minérale notamment azotée par placement profond de l'urée super granulée: Il s'agit d'une technique, économique, efficiente et respectueuse de l'environnement, en riziculture de bas-fonds.
- Par ailleurs, l'utilisation de fumure organique combinée ou non avec de la fumure minérale est également recommandée.
- Une modification du paysage cultural par des nouvelles pratiques culturales et par la diversification de cultures (rotation/association culturale) dans tous les terroirs.
- La refonte du calendrier cultural dont la date de mise en place du riz se décale de plus en plus en fonction du démarrage effective de la saison des pluies et de la durée plus courte du régime pluviométrique.

3. Avantages de cette technologie:

a. Intérêts agronomiques

a) Ces paquets technologiques permettent d'optimiser les rendements rizicoles quel que soit les conditions de riziculture du producteur.

- la technique dite « Papriz » en RBME qui présente l'avantage de favoriser l'utilisation de plants jeunes au repiquage et contribue par conséquent à l'amélioration de la productivité.
- le semis direct amélioré (SDA) et/ou SCV en RMME, en substitution du repiquage. En effet, ces techniques peu exigeantes en disponibilité de l'eau dans les rizières, permettent une meilleure maîtrise de la décision de la date de semis. En outre, elles permettent de semer dès que le sol est suffisamment humide. Par ailleurs, la couverture du sol en SCV limite l'évapotranspiration et conserve mieux l'humidité du sol

b) Quant aux mesures d'accompagnement, les bénéfiques se feront sentir à plusieurs niveaux :

- les puits des villages seront moins profonds et moins susceptibles de s'assécher, l'alimentation plus régulière du régime hydrologique des bas-

fonds sera plus propice à la riziculture ainsi qu'au maraîchage de contre-saison, et à l'abreuvement des animaux,

- les franges plus ou moins larges en périphérie des bas-fonds et dépressions où la nappe, devenue peu profonde, pourra de nouveau alimenter (en partie) des « cultures sur nappe » telle que le riz et les tubercules (manioc, patate...) et tamponner l'irrégularité des pluies,
- les écoulements des cours d'eau peuvent être régularisés et étalés dans l'année.
- La large gamme de variétés de riz sont résistantes à sécheresse, à l'inondation, au froid de fin de cycle mais aussi à fort pouvoir d'enracinement et vigoureux pour être compétitif aux mauvaises herbes et aux plantes de couverture en SCV. Ces variétés peuvent être installées en pluvial et continuer leur croissance en irrigué lorsque l'eau est disponible par la suite, ou au contraire, si l'eau est disponible en début de campagne, être repiquées en irrigué et continuer leur croissance en condition de pluies déficientes. Il est à noter que cette même variété peut produire en pluvial strict. Ce qui lui confère la caractéristique de « poly-aptitude ».
- Un changement de pratique pour la conduite de la pépinière : Au lieu et place des pépinières traditionnelles classiques, les riziculteurs pratiquent soit la pépinière Dapog, soit la pépinière en plate-bande, à proximité de leurs lieux d'habitation, dénommé « ketsavohitra ». Ces pratiques permettent en effet, de maîtriser la date de semis et assurent le repiquage de plants jeunes, à bonne capacité de tallage donc plus productives.
- En outre, les producteurs pratiquent de plus en plus les *cultures de contre saison* (haricot, légumes feuilles, oignon, tomate, pomme de terre, ...) sur lesquelles les apports combinés d'engrais organiques et minéraux sont systématiques. La culture de riz de saison normale suivante profite ainsi des effets résiduels de la fertilisation apportée sur les cultures de contre saison précédente.

b. Intérêts socio-économiques

- Par ailleurs, les parcelles de rizières peuvent être bien valorisées soit en riz soit *d'autres cultures* (patate douce, taro ...) plus rémunératrices et pouvant s'adapter aux contraintes de déficiences hydriques et de faible fertilité du sol.
- Le niveau de productivité n'est pas assez discriminatif entre SRT et le SRA. En effet, le niveau de rendement moyen de ces 2 techniques se situe entre 2 et 3 t/ha.
- Tandis que pour les autres techniques telles que SRI, SDA, Volivarin-dRajao de 4 à 6tonnes/ha

c. Intérêts environnementaux

- En effet, ces actions permettraient de lutter efficacement contre le ravinement, l'appauvrissement des sols, l'ensablement et les inondations récurrentes des bas-fonds.
- Ces mesures impliquent également l'amélioration de la mobilisation des eaux de pluies par la limitation du ruissellement, l'amélioration de l'infiltration grâce à une meilleure couverture végétale du sol
- le SRI (tendant vers le SRA) en RBME. Cette technique économise, en effet l'eau et réduit l'émission des gaz à effet de serre tel que le méthane,
- le SCV en riziculture pluviale limite le ruissellement érosif tout en favorisant l'infiltration de l'eau. Il permet donc de conserver l'humidité du sol, régularise la température du sol, restaure la fertilité tout en limitant l'émission des GES comme le CO₂ par séquestration du C.

4. Inconvénients de la technologie

4.1. Le SDA

Il est vulnérable aux attaques des rats et des insectes terricoles. De plus, il est plus sensible à l'enherbement comparativement au système avec repiquage.

4.2. Pour le SRA :

En pépinière, les problèmes résident surtout dans la gestion de l'eau, qui constitue un frein majeur dans le déploiement des techniques de riziculture.

- De plus, la bonne qualité de la fumure organique est une condition pour la vigueur des jeunes plantules.
- Certains paysans ont adopté la technique de « Ketsavohitra » (pépinière en planche et arrosée, pratiquée sur « tanety » ou dans le jardin).

- Certains paysans éprouvent des difficultés dans le planage des rizières et dans le maintien du niveau adéquat de la lame d'eau, à cause d'une mauvaise configuration topographique (ondulée ou bosselée) de leur parcelle. Or, le nivellement de la rizière est indispensable pour assurer une reprise homogène des plants et un tallage vigoureux.

Concernant le repiquage, certains paysans sont obligés de repiquer des plants âgés (plus de 45 jours) à cause de l'insuffisance de l'alimentation en eau du barrage amenant le retard de son ouverture.

- Cette situation provoquera inévitablement une chute de rendement liée à l'utilisation de variété à cycle long.
- Des paysans ont signalé le coût élevé de main d'œuvre généré par le repiquage en ligne.

En Fertilisation, la baisse de la fertilité des sols nécessite le recours aux engrais qui ne sont pas toujours disponibles sur place et au moment opportun, avec un coût élevé et des doses préconisées prohibitifs pour les paysans les amenant à une utilisation généralisée de faible dose.

- Pour ce qui est du mode d'apport, l'urée se fait à la volée mais cela entraîne une perte élevée et une augmentation d'adventices en compétition avec le riz.
- Cela provoque aussi des dégâts sur l'environnement à travers le dégagement de CO₂ et de nitrate. La technique de placement profond de l'urée super granulée est une alternative de solution à la fois économique et efficace.

Quant au contrôle des mauvaises herbes, la prolifération des adventices associée au phénomène de changement/variabilité climatique, incite les producteurs à procéder à plusieurs sarclages.

- Le sarclage croisé s'avère le plus efficace alors que les paysans n'ont pas l'habitude de le pratiquer à défaut d'équipements adaptés ou de disponibilité d'équipements.

Au moment de la récolte, le problème de gestion de l'eau se pose étant donné que cette opération s'effectue souvent dans des rizières submergées qui normalement devrait être ressuyées pour finaliser une bonne maturation et pour assurer la qualité des grains.

4.3. Pour le SRI

- Pépinière

Le problème de la gestion de l'eau et celui de l'apport d'engrais reportés précédemment sont aussi valables en SRI et pour le système PapRiz. Le SRI a avancé une solution comme la pépinière « Ketsavohitra » pour une meilleure adaptation au régime hydrique/hydrologique.

➤ Variétés :

Tant pour SRA que pour SRI et le système PapRiz, la non disponibilité des variétés améliorées (entre autres à cycle court, ou résistantes au froid en début du cycle, ou tolérantes à la submersion (paille haute), ou résistante à la pyriculariose ou tolérantes à la toxicité ferreuse) constitue un handicap majeur, obligeant les producteurs à se rabattre sur les variétés rustiques traditionnelles à faible potentialité de rendement.

➤ Préparation des sols

Les travaux de planage sont impératifs en SRI. La différence de niveau accumule l'eau et rend plus difficile le repiquage. Les jeunes plants risquent aussi d'être submergés et noyés.

➤ Repiquage

La manipulation des petits plants est un travail assez délicat et nécessite une manipulation soigneuse, contrairement à l'habitude des paysans de repiquer des plants beaucoup plus âgés de deux à trois mois, plus résistants à la main lors du repiquage.

Les techniques sont adaptées par les paysans selon leurs conditions édaphiques et hydriques tel que le repiquage avec des plants de plus de 8 jours. Les écartements préconisés ne sont pas respectés.

➤ Sarclage

Des sarclages précoces et répétées sont indispensables en SRI pour éviter que les mauvaises herbes n'aient le temps d'exercer leur action néfaste. Cela nécessite donc une main d'œuvre importante.

➤ Gestion de l'eau

Le drainage n'est pas non plus respecté, étant donné la difficulté de l'opération devant l'importance de la hauteur des lames d'eau (système de drainage déficient). De plus, la plupart des rizières sont irriguées d'amont en aval. Souvent, l'eau d'irrigation doit passer d'une rizière à une autre et cette configuration hydro agricole complique davantage la possibilité de maîtriser l'eau et de pratiquer l'alternance d'assecs et d'irrigation en SRI.

Le conflit de gestion d'eau au niveau du même réseau entre pratiquants SRI et non pratiquants constitue d'autres contraintes.

L'irrégularité de la pluviométrie ne permet pas une maîtrise des apports d'eau.

➤ Récolte

La récolte, comme en SRA, présente aussi des problèmes liés à la gestion de l'eau.

4.4. Pour le SCV

La maîtrise de la plante de couverture vive apparaît comme la principale contrainte pour cette technique. En effet, en cas de mauvaise maîtrise, la plante de couverture risque d'entrer en compétition avec la culture principale aussi bien pour la lumière que les éléments nutritifs. Ce qui risque d'anéantir le rendement escompté pour la culture principale. Une meilleure maîtrise de la plante de couverture requiert l'utilisation des herbicides, avant le semis de la plante vivrière. Mais, leurs coûts ne sont pas toujours à la portée des producteurs.

L'installation de la culture est également plus difficile en SCV, du fait du non labour (développement racinaire moins rapide). Par ailleurs, si la couverture du sol est insuffisante, l'enherbement plus difficilement maîtrisé en SCV (particulièrement les premières années) peut expliquer les différences de rendement.

Il faut aussi reconnaître que le gain de temps dû à la suppression du travail du sol, ne compense pas toujours les temps de travaux requis pour le décapage de la plante de couverture (cas du Riz pluvial sur une couverture de stylosanthès).

4.5. Pour le système de riziculture pluvial intensifié et mécanisé

Le gaspillage en semences figure parmi les faiblesses.

Les pertes en terre dans le cas où la mesure de terrassement ou embocagement ne se fait pas

4.6. Pour le SRTou système de riziculture traditionnel

- Auto approvisionnement en semences (souvent mélangées et de qualité douteuse),
- Forte densité de semis à l'hectare (ne permettant pas une économie de semence),
- Utilisation des plants très âgés au repiquage (engendrant une faible capacité de tallage),
- Absence de fertilisation (causant la dégradation de la fertilité du sol),
- Fort taux d'enherbement, lié à l'absence ou au sarclage limité

5. Coûts financiers :

Il s'avère que le surplus de revenu de l'ordre de 1 050 000 Ariary/ha/an est enregistré dans les sites modèles du projet de la mise en œuvre de ce paquet à l'échelle d'un bassin versant

Cas du Semis direct Amélioré : Selon Wassmann and Pathak (2007), le coût des émissions en semis direct est plus de US\$35 par tCO₂ séquestré.

Région	Coût total en US\$/hectare	Produit brut en US\$/hectare	Profit en US\$/hectare
Zone sèche mais irriguée	523	865	342
Zone intermédiaire mais irriguée	551	731	181
Zone humide alimentée par des eaux de pluies	538	426	-112

6. Exigences institutionnelles et organisationnelles :

L'application de ce paquet exige la volonté et la forte mobilisation de l'ensemble des exploitants du bassin versant de l'amont en aval, avec un fort appui des services techniques et financiers ainsi que des autorités locales ou gouvernementales.

7. Obstacles de mise en œuvre

- Le premier obstacle se trouve sur le financement et la forte dispersion (répartition géographique) des sites d'interventions des projets de lutte anti-érosive, de protection des bassins versants et de l'intensification rizicole. D'où le manque de synergie
- La faible conscientisation des producteurs cibles sur les effets néfastes du Changement climatique sur le système de production
- La faible sécurisation foncière a limité aussi la mise en œuvre de MIRR dans les 22 régions de Madagascar

8. Opportunités pour la mise en œuvre de haut:

8.1. Déjà la présence du projet BVPI, PHRD dans des régions à risque constituent un espoir en valorisant les acquis en ce paquet.

8.2. Comme ce paquet est fortement adapté aux conditions paysannes à faible moyen de production (vulnérables), il est déjà acceptable socialement afin d'une gestion des risques

- o Les risques dus aux aléas climatiques étant amortis, l'agriculteur qui, en pratiques traditionnelles, produit très peu ou rien en années « exceptionnelles

» aura en SCV, une production correcte. Il devra cependant bien contrôler les mauvaises herbes et autres ennemis des cultures (maladies et insectes). En effet, les SCV, avec leur biomasse et leur micro-environnement, sont favorables à la biodiversité dont l'agriculteur ne devra conserver que celle qui est utile.

- Une biodiversité nuisible peut éventuellement apparaître à certaines périodes. Seule une lutte intégrée (IPM), incluant diversification et rotations des cultures, avec peu de pesticides car trop coûteux, pourra donner une régression à un niveau admissible d'infestation. La gamme d'avantages décrits précédemment (en particulier l'économie sur les temps de travaux) obtenus avec les SCV justifient une vigilance minimale et acceptable par l'agriculteur.
- Un autre avantage que l'on peut rajouter aux SCV est qu'ils ont tendance à gommer la variabilité des cultures dans les parcelles. L'environnement « SCV », à régime hydriquetamponné, évite les contrastes et les irrégularités spatiales si fréquents en gestion.
- Il convient également de mentionner les variétés de riz améliorées mises au point par le Centre National de Recherche FOFIFA en fonction du régime hydrique et des zones agro écologiques ainsi que l'introduction de variétés de riz "poly-aptitudes" (mixtes pluvial / inondé) dénommée SEBOTA, dans les situations à mauvaise maîtrise de l'eau. Ces options concernent le *choix de cultures et de variétés moins consommatrices en eau*, plus résistantes aux sécheresses lorsque cela est possible. Elles doivent également conduire à développer de nouvelles pratiques agricoles : *refonte du calendrier agricole en fonction du décalage des saisons et des régimes des pluies, choix de variétés de riz à cycle court adaptées aux conditions de sol et climatiques, utilisation de semences sélectionnées.*

8.2 Le développement des différentes disciplines telles que l'agro météorologie, la télédétection peut être prometteur dans la refonte du calendrier cultural et d'une riziculture de précision

9. Références

- Rabeson Raymond, Rakotoarisoa Jacqueline, Septembre 2014. PROPOSITION DE DIRECTIVES TECHNIQUES POUR LE MODELE INTEGRE DE RIZICULTURE RESILIENTE (MIRR)
- GSRI, 2011. LE SYSTEME DE RIZICULTURE INTENSIVE (SRI) FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Fiche 4 : L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

Commencement connue sous le terme "SCV ou système sous couverture végétale »

1. Description

L'agriculture de conservation est un système conservatoire de gestion des sols qui consiste à implanter une culture sans travail du sol, soit dans les résidus végétaux de précédentes récoltes, appelés « couverture morte », soit sur « couvertures vives » constituées par des cultures de second cycle installées en association ou en relais avec la culture principale de premier cycle. (Séguy *et al.* 2001 ; AFD, 2006). Communément, on appelle ce système zéro labour

Caractéristiques du zérolabour:

- Les résidus de récolte sont répartis uniformément sur la surface du sol
- Aucun instruments sont utilisés (a) pour retourner la terre, (b) pour cultiver les cultures ou (c) pour incorporer les résidus de récolte dans le sol
- Les mauvaises herbes et les plantes de couverture sont contrôlées avant semis par une application d'herbicide totale
- Un semoir spécifique est utilisé pour couper les résidus de récolte sur la surface du sol et insérer les semences et les engrais dans le sol avec un minimum de perturbation. Généralement, le semis se fait lorsque la teneur en humidité du sol est suffisante pour la germination des graines, mais pas trop humide pour éviter que le semoir s'embourbe ou compacte le sol
- Le désherbage est également réalisé avec des herbicides pré- et post-levée
- La rotation des cultures est fondamentale pour la culture sans labour, car il permet de réduire les populations de mauvaises herbes, la pullulation des insectes et des maladies qui augmentent lorsque la même plante est cultivée, tous les ans sur le même terrain

2. Les avantages de la technologie

- Augmente la teneur en matière organique et le statut azoté du sol
- Augmente la capacité du sol à stocker ou à séquestrer le carbone tout en enrichissant simultanément le sol. Le Zéro labour augmente le carbone du sol de 0,1 à 0,7 tonnes métriques ha⁻¹ an⁻¹ (Paustion *et al.*, 1995) dans des conditions sub-tropicales.
- Améliore l'infiltration d'eau dans le sol, réduisant ainsi l'érosion et le ruissellement de l'eau et de nitrate d'où une augmentation de la capacité de rétention en eau du sol

- Diminue l'évaporation et augmente la rétention d'humidité du sol, ce qui peut augmenter les rendements dans les années de sécheresse (Suddick et al., 2010).
- Réduit le lessivage des éléments nutritifs en raison de plus grandes quantités de matière organique du sol.
- Améliore la stabilisation de la surface du sol à l'érosion éolienne et la libération de la poussière et d'autres particules en suspension.

3. Les inconvénients de la technologie

- Adoption de travail réduit du sol dans les sols frais, humides affecterait la distribution du carbone organique du sol dans le profil, à moins que les entrées de carbone ont augmenté (Lal et al., 1998).
- Nécessite plus herbicides et de pesticides que la pratique conventionnelle standard pour contrôler les mauvaises herbes et autres parasites.
- Des équipements spécialisés, coûteux sont nécessaires pour les grandes exploitations ou une quantité plus importante de main d'œuvre pour les petites agricultures familiales.
- Des quantités considérables de gaz à effet de serre autres que le CO₂ (N₂O et de CH₄) peuvent être émises en agriculture de conservation par rapport à la quantité de carbone stockée, de sorte que les avantages dans le stockage du carbone peuvent être compensés par les inconvénients d'autres émissions de GES.

4. Les besoins financiers et les coûts

- Moins de temps de travail et de coût en raison de la suppression de travail du sol et des opérations culturales pour la préparation du lit de semence. Les économies vont de \$ 2,47 / ha à 19,13 \$ / ha (Kimble et al., 2007).
- Un grand nombre d'études ont estimé les économies potentielles de carburant en raison de la suppression du labour. Ils varient entre 3,58 \$ / ha et 28,29 \$ / ha (Kimble et al., 2007). Généralement, les systèmes de travail réduit du sol ont des coûts inférieurs de réparation et d'entretien de matériels agricoles en raison de la moindre utilisation des instruments aratoires (Kimble et al., 2007).
- La technologie sans labour réduit le frais de préparation du terrain jusqu'à 70 US \$ par hectare (Verma et Singh, 2009), et il permet aussi d'économiser du temps et de la main-d'œuvre (jusqu'à 10-20%).

- Une économie de consommation de carburant par 26.5-43.7 litres par hectare (Verma et Singh, 2009) entraîne des coûts réduits de carburant et réduit le carbone émis dans l'atmosphère

5. Les conditions institutionnelles et organisationnelles

- Existence d'une structure, le GSDM soutenant la promotion de l'Agriculture de conservation,
- Intégration de l'Agriculture de conservation dans la politique publique (Lettre de politique Agricole, PSAEP)
- Conception d'un référentiel de formation en Agriculture de conservation au sein de la stratégie nationale de formation agricole et rurale

6. Les obstacles (difficultés) à la mise en œuvre

- Pratique du labour ancrée dans les habitudes des agriculteurs
- Gestion des plantes de couverture pour éviter la compétition avec la culture principale difficile à maîtriser
- Manque de techniciens spécialisés en agriculture de conservation pour assurer l'encadrement des adoptants
- Effet bénéfique de la pratique de l'Agriculture de conservation pas très perceptible durant les 3 premières années. Il faut attendre la quatrième et la cinquième année pour un retour d'investissement. Ce qui est incompatible avec l'agriculture de subsistance de la petite agriculture familiale.

7. Opportunités pour la mise en œuvre

- Expérience de Madagascar date de plus de 10 ans (début dans le Vakinankaratra depuis les années 2003)
- Accompagnement par la Recherche
- Appui des bailleurs de fonds : AFD, FIDA, FAO pour la diffusion de l'Agriculture de conservation
- Phénomènes de changement climatique (retard d'installation et raccourcissement de la saison pluvieuse) incite les agriculteurs à la pratique de l'Agriculture de conservation (Région d'Alaotra)

8. Références

- Abrol, IP, RK Gupta RK et Malik (éditeurs) (2005): l'agriculture de conservation. Bilan et perspectives. Centre pour la promotion de l'agriculture durable, New Delhi pp. 242.

- Brown, LR (2008). Présentation. Dans Goddard, T., Zoebisch, MA, Gan, YT, Ellis, W., Watson, A. et Sombatpanit, S. (dir.) Zero-till systèmes agricoles. Publication spéciale n ° 3, Association mondiale des sols et de conservation de l'eau, Bangkok. pp. 3-6.
- CIMMYT (2010): la conservation des ressources des technologies en Asie du Sud: Foire aux questions. Jat ML, RG Singh, Sidhu HS, Singh UP, Malik RK, Kamboj BR, Jat RK, Singh V, Hussain I, Mazid MA, Sherchan DP, Khan A, VP Singh, Patil SG, Gupta R. pp 1-32.
- Dinnes DL (2004): Évaluation des pratiques pour réduire l'azote et le potassium non-pollution diffuse des eaux de surface de l'Iowa, Iowa Département des ressources nationales, Des Moines, LA.
- Kimble, JM, riz CW, Reed D, S Mooney, Follett RF, et Lal R. (2007): la gestion des sols carbone, des avantages économiques, environnementaux et sociaux. CRC Press, Taylor &Francic Groupe.
- Lal, R., Kimble, JM, Follet, RF, et Cole, CV. (1998): Le potentiel de terres cultivées US pour séquestrer le carbone et d'atténuer l'effet de serre, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, USA.
- Lal, R, Kimble JM, Follett RF, et Stewart BA. (1998c) processus pédologiques et le cycle du carbone. CRC Press LLC.
- MDA (2011): pratiques de conservation, Guide de financement conservation Minnesota, Minnesota Department of Agriculture. Disponible à l'adresse: [http://www.mda.state.mn.us/protecting/conservation/practices/constillage ...](http://www.mda.state.mn.us/protecting/conservation/practices/constillage...)
- Paustion, K., Cole CV, Sauerbeck D et Sampson N. (1995): l'atténuation des émissions de CO₂ par l'agriculture: Un aperçu de changement climatique. 40 (1): 135-162.
- A Rehman (2007): la technologie du semis pour le riz et de blé. Cité à partir du site www.archives.dawn.com
- Smith P, D Martino, Cai Z, Gwary D, Janzen HH, Kumar P, McCarl B, S Ogle, O'mara F, riz C, Scholes RJ, Sirotenko O, M Howden, Mcallister T, G Pan, Romanenkov V, Schneider U, Towprayoon S, M et Wattenbach Smith JU (2008): l'atténuation des gaz à effet de serre dans l'agriculture. Philosophical Transactions de la Royal Society B 363: 789-813.
- Suddick CE, Scow KM, Horwath WR, Jackson LE, Smart DR, Mitchell J, et Six J (2010): Le potentiel pour la Californie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre : une évaluation holistique. Advances in Agronomy 107 : 123-162.

- Verma MP & JP Singh (2009): sans labour technologie est une autre méthode de Semis par l'étude d'un cas. Pourquoi Files (2011): http://whyfiles.org/199_soil/4.html

Fiche 5 : Groupe de Système de micro irrigation

1. Objectif et justification

L'introduction de techniques et de technologies efficaces et appropriées, pour la maîtrise de l'eau dans le domaine agricole, incluant l'irrigation, consiste à aider les communautés fortement exposées aux risques à surmonter les menaces récurrentes, du point de vue de leur revenu, de leur production et de leur résilience. Dans la plupart des cas, la technologie liée à l'irrigation constituera dans la plupart des cas une option intéressante, notamment en situation de sécheresse, grâce à un accès permanent à l'eau. La sélection de technologie appropriée selon le contexte agro-écologique donné est un facteur déterminant du succès ou de l'échec. Elle se fait en fonction du climat, du sol et de la disponibilité des ressources en eau, ainsi qu'aux conditions socio-économiques des petits exploitants agricoles cibles. En Afrique australe, basée sur une large revue des réussites et des échecs des techniques d'irrigation introduites dans le cadre des Programmes Spéciaux pour la Sécurité Alimentaire sur une période de plus de 15 ans, le système de micro irrigation par barrage en terre fait l'objet de comparaison avec d'autres technologies courantes.

A Madagascar, durant ces dernières décennies, les zones de production pluviale malagasy ont souffert du manque d'eau, dû principalement à la sécheresse et à la surexploitation de la nappe phréatique.

Les coûts élevés des facteurs de production ainsi que le manque de conditions favorables au développement de l'agriculture (sécurité sociale et foncière, infrastructures, information, services et financement) constituent les principales causes de la pauvreté rurale à Madagascar. Ces problèmes ont fragilisé le secteur agricole du pays qui n'a cessé de perdre du poids dans l'économie nationale au cours des trois dernières décennies, en particulier après les crises politiques de 2002 et de 2009. Environ 3 millions de ménages ruraux malgaches se trouvent actuellement dans des conditions précaires et de vulnérabilité accrue. Cette situation se trouve amplifiée par les contraintes liées à l'accès à l'eau : *éloignement des points d'eau, tarissement précoce et baisse chronique des ressources en eau*. Dans certains endroits, celles-ci ont déjà conduit des paysans à laisser en friche une partie de leurs terrains. Sans mesures adaptées, elle pourrait contraindre les ménages à limiter leur consommation en eau pour l'hygiène et l'agriculture, et diminuer drastiquement leurs capacités d'adaptation au changement climatique.

2. Description, Avantages, Inconvénients, Coûts de la technologie

Le tableau suivant montre les conditions, les exigences et les contraintes pour l'utilisation de ces types de technologie d'irrigation.

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
Puits à ciel ouvert	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur d'eau souterraine jusqu'à 15–20m • Structure de sol stable pour les puits sans revêtement • Revêtement nécessaire pour les puits de profondeur supérieure à 2m dans les sols sablonneux 	<ul style="list-style-type: none"> • Artisans locaux avec expérience traditionnelle en forage de puits • Stabilisation de puits par revêtement nécessaire pour les sols instables (sable) • Conseil technique pour la fabrication de couronne en béton et les procédures d'installation 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible débit • Petite surface à irriguer • Connaissances techniques pour le revêtement et la fabrication de couronnes en béton • Protection et visibilité pour éviter des accidents 	<p>Le coût d'un puits à ciel ouvert peut varier considérablement selon la profondeur du puits et l'équipement nécessaire pour son forage ; les coûts peuvent varier de 500 US\$ à 1 500 US\$ par puits à ciel ouvert équipé d'un revêtement en béton (autre que main d'œuvre). Traditionnellement, le forage de puits à ciel ouvert avec ou sans revêtement de brique peut être moins coûteux et réalisé la plupart du temps par les artisans locaux.</p>
Système de canal gravitaire à	<ul style="list-style-type: none"> • Structure de prise d'eau fiable (pompe, barrage, 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonds adéquats disponibles pour la 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts d'investissement 	<p>Partant de l'hypothèse de coûts des travaux d'excavation équivalant à 4US\$ par m3 et des ouvrages en béton revenant à 150 US\$ par m3</p>

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
ciel ouvert	<p>source, détournement)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Approvisionnement en eau adéquat pour la zone irriguée • Bon potentiel d'élargissement de la zone irriguée • Faible efficacité d'utilisation d'eau du système de transport actuel 	<p>construction</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assistance technique adéquate pour la conception et services de conseil technique pour les exploitants agricoles • Maçons locaux à former sur les petits dispositifs de régulation • Groupes d'utilisateurs d'eau motivés, prêts à contribuer 	<p>élevés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faible motivation des membres des AUE à déboursier pour l'exploitation et l'entretien • Conflits sur l'utilisation de l'eau entre les utilisateurs en amont et les utilisateurs en aval • Complexité de la distribution d'eau • Manque de services 	<p>pour le revêtement et les dispositifs de régulation, la construction des canaux pourrait avoisiner 600–800 US\$ par ha, incluant le revêtement partiel (10 %) et de petits dispositifs de régulation. Pour réduire les coûts, les entrepreneurs locaux devraient réaliser la plus grande partie possible du travail. Si des entrepreneurs nationaux ou internationaux réalisent la conception et la construction, les coûts seront substantiellement plus élevés et les coûts d'investissement pourront varier de 3 000 US\$ à 8 000 US\$/ha.</p>

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
		substantiellement aux travaux d'excavation et de construction	d'appui technique compétents pour l'exploitation et la maintenance	
Systèmes d'irrigation par aspersion	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation en eau suffisante à partir de rivière, de lac, de réservoir ou de source d'eau souterraine • Mobilité du système d'irrigation • Irrigation d'appoint • vent faible 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipement disponible dans le commerce • Système de pompe pressurisé (2–3 bar) • Energie peu coûteuse disponible • Conseil technique pour la conception, l'installation et 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût énergétique élevé • Coût d'investissement élevé • Coûts de main d'œuvre pour déplacer les dérivations de conduite 	<p>Les coûts d'investissement pour le système d'asperseur incluent une motopompe ayant la capacité de produire la pression suffisante, ainsi que les dérivations de conduit à raccordement rapide avec les colonnes montantes des asperseurs et le système de tuyau pressurisé. Les estimations des coûts d'investissement sont d'environ 3 000–5 000US\$/ha. A cause de la pression élevée nécessaire, les coûts d'exploitation sont élevés à cause des coûts de carburant, qui atteignent 800–1 000US\$/ha par saison.</p>

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
		l'exploitation du système		
Système d'irrigation au goutte-à-goutte Kit d'irrigation au goutte-à-goutte familial	<ul style="list-style-type: none"> •Optimisation des faibles ressources en eau disponibles (saison sèche ou région aride) •Alimentation en eau disponible à partir de puits à ciel ouvert, de pompe manuelle ou d'autre source d'eau •Eau de bonne qualité (propre) 	<ul style="list-style-type: none"> •Equipement de goutteur disponible dans le commerce •Réservoir d'eau de taille suffisante disponible •Mécanismes pour pomper l'eau dans le réservoir (pompe à pédale) •Conseil technique sur l'exploitation du système d'irrigation au goutte-à-goutte et sur la 	<ul style="list-style-type: none"> •Petite surface à irriguer (< 500 m²) •Efforts à fournir pour remplir le réservoir d'eau •Bouchage des goutteurs •Nettoyage des filtres •Coûts d'investissement élevés •Manque de connaissances sur le système de goutteur (le sol reste 	Les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte coûtent environ 8 000–10 000 US\$/ha dans le commerce et les coûts de l'énergie sont estimés à 500–700 US\$/ha. L'investissement pour un système d'irrigation au goutte-à-goutte simplifié avec seau ou familial est considérable. Même si le coût d'une unité de système à seau (50 US\$) et le coût d'une unité d'irrigation au goutte-à-goutte familiale (300 US\$) sont modestes, les coûts d'investissement par hectare sont encore importants (10 000–12 000US\$/ha), étant donné que la surface couverte est plutôt petite (50–250m ²). Les coûts de la main-d'œuvre nécessaire pour remplir régulièrement le seau et la citerne d'eau sont également plutôt importants et sont estimés à 500–700 US\$/ha.

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
		fréquence d'irrigation	sec)	
Système d'irrigation au goutte-à-goutte simplifié avec seau	<ul style="list-style-type: none"> •Petit jardin potager (50–100 m2) •Eau provenant de puits ou de source d'eau potable 	<ul style="list-style-type: none"> •Équipement fabriqué avec des matériaux locaux •Conseil technique sur l'exploitation du système 	<ul style="list-style-type: none"> •Très petite surface irriguée (50 m2) •Remplissage fréquent du seau •Manque de connaissances sur le système de goutteur 	
Systèmes d'irrigation à petite échelle et systèmes d'irrigation communautaires				
•Création ou réhabilitation d'un déversoir de détournement traditionnel	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation en eau suffisante pour deux saisons • A distance raisonnable (<2km) de la prise d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • AUE motivées, prêtes à contribuer substantiellement aux travaux de réhabilitation et à assurer l'exploitation et la maintenance (E&M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de réhabilitation • Motivation des membres de l'AUE à déboursier pour l'E&M • Passation de marché pour les travaux de 	Coût US\$/ha <ul style="list-style-type: none"> – Détournement de ruisseau : 500–1 000 (Petite structure de prise d'eau simple) – Nouvelle construction de déversoir de détournement : 6 000 –15 000 (Incluant l'excavation du canal, les dispositifs de régulation, les champs) – Reconstruction de déversoirs traditionnels : 4

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
	<ul style="list-style-type: none"> • Association des Usagers de l'Eau (AUE) en place 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonds disponibles pour le détournement • Assistance technique pour la conception et les services de conseil technique • Formation intensive des exploitants agricoles (FP&V) 	<ul style="list-style-type: none"> • Services d'assistance à fournir pendant au moins deux ans 	<ul style="list-style-type: none"> 000–6 000 (Structures de qualité normalisée) – Reconstruction de déversoirs traditionnels : 1 500–2 500 (Matériaux locaux, structures de qualité inférieure) – Réhabilitation de déversoirs existants : 2 000–3 000 (Structures de qualité normalisée) – Réhabilitation de déversoirs existants : 600–1 500 (Matériaux locaux simples)
<ul style="list-style-type: none"> • Petits barrages en terre 	<ul style="list-style-type: none"> • Petits ruisseaux • Relief terrestre favorable (valloné) convenant au 	<ul style="list-style-type: none"> • AUE motivées, prêtes à contribuer substantiellement aux travaux de construction • Fonds disponibles pour 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts d'investissement élevés • Durée limitée de la disponibilité d'eau • Envasement 	<p>Les coûts de construction d'un barrage peuvent être importants et sont déterminés par un grand nombre de facteurs. Un petit réservoir d'exploitation agricole peut être construit avec de simples matériels d'excavation et peut revenir à environ 2 500 US\$, alors qu'une construction plus</p>

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
	<p>site du barrage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface convenable (2–5 ha) à irriguer près du site du barrage • Sols convenables pour la construction du barrage à proximité. 	<p>la construction du barrage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assistance technique pour la conception et services de conseil technique pour les exploitants agricoles • Entrepreneurs spécialisés avec équipement de terrassement 	<ul style="list-style-type: none"> • Risques d'inondation • Maintenance élevée • Motivation des membres de l'AUE à déboursier pour l'E&M • Services d'assistance à fournir pendant au moins plusieurs années 	<p>grande coûterait entre 50 000 et 100 000 US\$.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Installation de systèmes de pompe pour petits exploitants 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation en eau suffisante • Principaux ouvrages 	<ul style="list-style-type: none"> • AUE motivées, prêtes à contribuer substantiellement aux travaux de réhabilitation et à assurer l'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de réhabilitation • Motivation des membres de l'AUE à déboursier pour les 	<p>Les coûts d'installation des systèmes de pompe sont généralement considérablement inférieurs à ceux d'une prise d'eau de détournement avec un long canal d'amenée, mais les coûts du carburant et des réparations constituent souvent une</p>

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
	<p>en état de fonctionner</p> <ul style="list-style-type: none"> • AUE existante 	<p>et la maintenance (E&M)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fonds disponibles pour les travaux de réhabilitation • Assistance technique des services de conseil technique • Formation intensive des exploitants agricoles (FP&V) 	<p>coûts de carburant et d'E&M</p> <ul style="list-style-type: none"> • Services d'assistance à fournir pendant au moins deux ans 	<p>contrainte dans un grand nombre de systèmes d'irrigation à petite échelle et doivent être soigneusement examinés en consultation étroite avec les exploitants agricoles.</p> <p>Les coûts d'exploitation varieront selon l'élévation à laquelle l'eau doit être pompée, qui déterminera la capacité de la pompe ainsi que les coûts en carburant par hectare.</p> <p>L'estimation des coûts d'investissement pour les systèmes de pompe avoisine 1 500–4 000 US\$/ha. Les systèmes plus larges sont plus coûteux étant donné que les dispositifs de régulation du système de canal deviennent plus complexes et nécessitent des travaux de qualité supérieure ainsi que des techniciens ayant plus de compétences pour l'installation du système. L'augmentation des coûts d'investissement ne</p>

Type de technologie courante d'irrigation	Conditions techniques (faisabilité)	Exigences	Contraintes pour l'utilisation	Coût
				constitue pas une contrainte majeure, mais les coûts de carburant sont élevés et nécessiteront 300–500 US\$/ha par saison.

3. Exigences institutionnelles et organisationnelles :

Des investissements seront nécessaires pour renforcer la capacité des producteurs utilisateurs afin de gérer avec précision la maintenance et le contrôle du flux de l'eau. A Madagascar, ce système fait partie de la mise en œuvre du Plan d'Action pour le Développement Rural par l'intensification et la professionnalisation de la production agricole et animale. Il est mentionné dans la Communication Nationale sur le Changement climatique, au niveau des exigences, notamment dans la priorité 1 du PANA (mobilisation de l'eau par irrigation).

Les mobilisations des AUE sont des conditions primordiales

4. Les obstacles à la mise en œuvre

Comme le système d'irrigation par aspersion, cette technologie est confrontée à des différents obstacles lors de la mise en œuvre, y compris :

- le manque d'accès au financement pour l'achat de matériel, c'est-à-dire le besoin de subvention des utilisateurs
- un montant plus élevé de l'investissement initial impliqué par rapport aux autres systèmes,
- la faible capacité d'entretien des kits/accessoires (tuyauterie d'arrosage, arrosoir, etc) par les producteurs
- l'existence des ressources en eau à mobiliser.

5. Opportunités pour la mise en œuvre

L'irrigation par conception des petits barrages en terre est particulièrement adaptée et complétée avec l'utilisation kits d'arrosage (goutte à goutte, arrosoir, canaux d'irrigation). Elle exige des arrangements institutionnels et le renforcement des capacités des usagers de l'eau pour éviter une surexploitation des ressources aquifères et les conflits potentiels.

Cette technologie de l'irrigation peut être mise en œuvre par l'intermédiaire d'une association d'usagers de l'eau pour améliorer les avantages économiques et de réduire les coûts d'investissement initiaux.

L'irrigation par confection des petits barrages est une technologie polyvalente adaptée à une application dans un large éventail de contextes. Elle peut être mise en œuvre à petite ou grande échelle et à faible coût ou des composants plus sophistiqués.

Ce système est particulièrement adapté dans les zones où règne la pénurie d'eau permanente ou saisonnière, puisque les variétés de cultures à planter peuvent également être adaptables à ces conditions.

6. Références

1. PANA, 2006. DGE MINENVEF
2. Deuxième Communication nationale. DGE MINENVEF
3. FAO, 2014. Techniques d'Irrigation pour les Agriculteurs à Petite Échelle, RRC.
4. SCAMPIS AVSF, 2012. Développement des Systèmes de Micro-irrigation

Fiche 6 : Fertilisation en riziculture : cas de SGU

1. Objectif et justification

A Madagascar, la productivité rizicole est limitée par la faible fertilité des sols et plus particulièrement par la déficience en N.

Il faut définir la formule de fertilisation appropriée aux différents types de sols et de cultures, en tenant compte de la disponibilité locale des fertilisants (IFDC, Projet Sherrit) en vue d'une augmentation de la production.

2. Description:

Le SGU ou super granule d'urée est un engrais azoté uniquement à base d'urée. Sa fabrication, à partir de la poudre d'urée, se fait par « granulation » qui nécessite l'emploi d'une machine « compacteur ». Un granule de SGU pèse entre 1 à 3g et dose 46% d'azote.

a) Mode d'apport

L'enfouissement des SGU dans le sol a été fait manuellement. L'application de SGU se fait au moment du repiquage.

La profondeur d'enfouissement est de 10cm environ (longueur de l'index). A ce niveau, le processus de nitrification et de dénitrification est atténué. L'oxydation de l'ammonium en nitrates est faible dans la couche réduite.

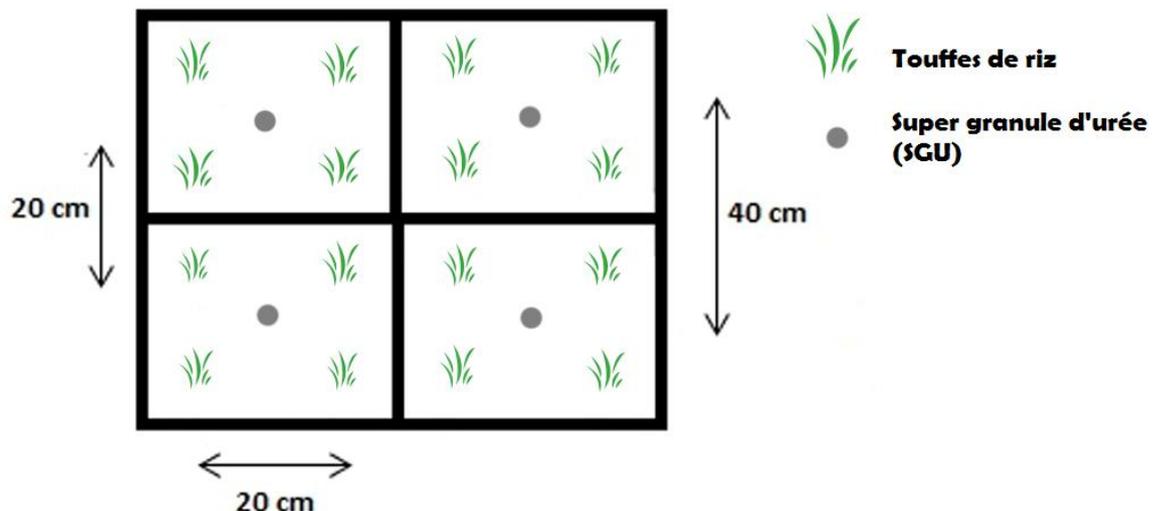


Figure : Géométrie de repiquage

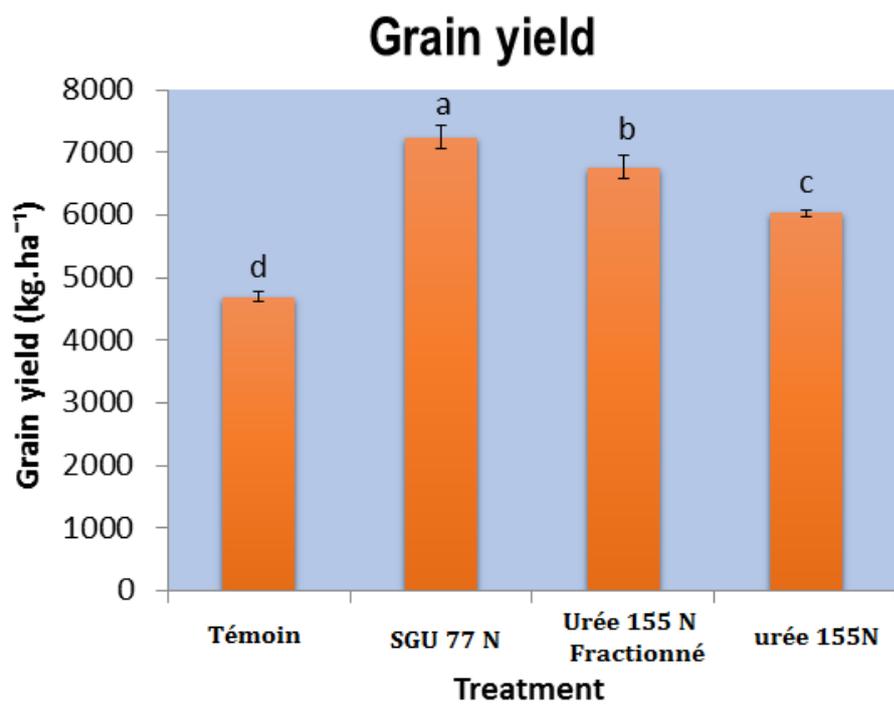
3. Avantages de cette technologie:

3.1 Intérêts agronomiques

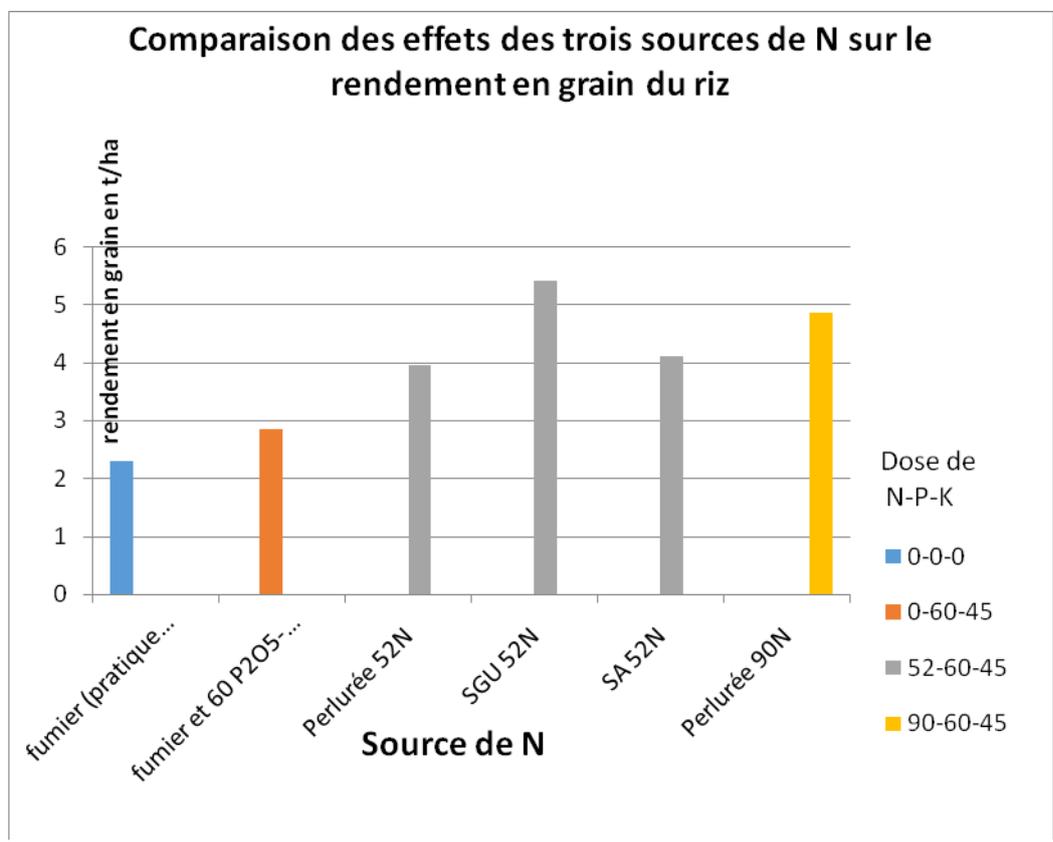
- La technologie du placement profond de l'urée comporte de nombreux avantages dont :
 - une meilleure efficacité de l'urée en riziculture inondée
 - une réduction significative des pertes d'azote liées aux émissions gazeuses, au lessivage
 - une seule application de SGU durant toute la campagne
 - un gain de rendement notamment sur la formation et le remplissage des grains dû à l'équilibre nutritionnel N, P, K
 - une augmentation de la production du riz, de 15 à 25% (IFDC, 2009), sachant que le PPU réduit jusqu'à 50% les besoins en azote, comparativement à la méthode d'épandage à la volée et aux pratiques paysannes (PP).
- Les éléments minéraux seront libérés progressivement pendant 57 à 65 jours, à compter du repiquage, selon les besoins de la plante ; ce qui implique le bon développement végétative (bon tallage et hauteur).
- La concurrence du riz avec les mauvaises herbes est diminuée, ce qui réduit le nombre de mains d'œuvre alloué au sarclage.
- Le grain possède une bonne qualité organoleptique.

Etude de cas à Mahitsy :

Pour un même rendement à l'hectare, concernant la fertilisation azotée, une dose de SGU équivaut à deux doses de perlurée. En d'autres termes, la production sera doublée ou triplée, suivant les régions agro-écologiques de Madagascar, en utilisant le SGU par rapport à la perlurée



Etude de cas à Itasy :



Le graphique ci-dessus confirme les avantages sus mentionnés.

Autres remarques :

- Résultats plus prononcés sur des sols peu perméables, à faible taux de matière organique dont la capacité d'échange cationique est de 10 cmol/kg et par l'utilisation d'une variété améliorée.
- Les sols à texture grossière peuvent donner des résultats mitigés mais toujours supérieurs au rendement classique.

3.2 Intérêts socio-économiques

L'objectif de tout producteur est de produire davantage à moindre coût par la diminution des dépenses en engrais. Aussi, cette nouvelle technologie consiste à :

- augmenter sensiblement les rendements, le profit des producteurs voire leurs revenus (l'utilisation de SGU augmente les marges bénéficiaires)
- offrir une opportunité aux entreprises d'exploiter une nouvelle aire de business et contribue au développement de l'économie nationale
- contribuer à la création d'emploi en milieu rural à l'échelle nationale.

3.3 Intérêts environnementaux

Du point de vue environnemental, on note la :

- Réduction de la pollution de la nappe phréatique (liée à l'eau potable)
- Réduction des émissions des Gaz à effet de serre liée à la faible volatilisation de l'ammoniac (car presque les azotes sont absorbés par la plante)

La réduction des pertes en azote se présente de la façon suivante :

- Suite aux fortes quantités d'azote emportées par les eaux de drainage, elle est de l'ordre de 40% pour la perlurée épandue à la volée tandis qu'elle est réduite à 1% pour le placement en profondeur de l'urée;
- par la volatilisation, il y a 35% de perte pour l'épandage à la volée de perlurée alors qu'elle se ramène à 4% seulement avec le placement profond de l'urée.

4. Inconvénients de la technologie

- Non disponibilité du produit sur le marché, induisant le coût élevé du SGU à l'hectare (3500 Ariary le kilo).
- Nombre insuffisant de machines briqueteuses.

- Pénibilité de l'enfouissement mentionnée par certains producteurs. Toutefois, la diffusion d'applicateur va solutionner ce problème.
- Faible intégration voire adoption de la fertilisation organique et minérale.

5. Coûts financiers :

- si 1 granule de SGU pèse 1,2 g (35 unités d'azote), il faut 75kg/ha avec un coût de 225 000 Ariary à l'ha, *(si le coût au kilo de SGU est de 3000 ariary)*.
- si 1 granule de SGU pèse 1.4g (40 unités d'azote), il faut 85.5kg/ha avec un coût de 256 500 Ariary à l'ha
- si 1 granule de SGU pèse 1.8g (52 unités d'azote), il faut 112.5kg/ha avec un coût de 337 500 Ariary à l'ha. Pour à peu près un même rendement, cette SGU à 52 unités est équivalent à 90 unités d'azote de perlurée, soit 196 kg de perlurée par hectare avec un coût de 490 000 Ariary à l'hectare.

6. Exigences institutionnelles et organisationnelles :

Il s'agit d'établir:

- Un partenariat avec les organisations paysannes, facilité par les CSA et les projets de développement agricole (PHRD, etc) pour une synergie et une complémentarité entre l'agriculture conventionnelle et celle biologique
- Une collaboration étroite avec les artisans locaux dans la conception et la fabrication des applicateurs adaptables aux conditions paysannes données.
- Une promotion du crédit agricole et d'une riziculture contractualisée

Cette fertilisation incluant le SGU fait partie des exigences dans la PANA (page 25), 3^e rang parmi les priorités, et dans la communication nationale sur le Changement climatique pour l'intensification de la production végétale, faisable dans toutes les 12 régions mentionnées (PANA, 2006). De plus la stratégie nationale de développement rizicole malagasy (SNDR, 2015) a renforcé cette rubrique fertilisation et engrais.

Sachant la place de la riziculture dans l'économie et dans la communauté malagasy, cette fertilisation incluant le SGU peut être un effort de maximiser la productivité au sein des périmètres hydro rizicoles et d'adapter aux contraintes de faible fertilité du sol de bas-fonds due à la dégradation, de l'étroitesse de la surface cultivable et de l'augmentation des bouches à nourrir par ménage.

7. Les obstacles à la mise en œuvre à grande échelle

- Ordre socio-culturel : Méfiance des producteurs dans l'utilisation brutale des engrais chimiques sur la qualité du sol et des produits.
- Ordre économique : faible pouvoir d'achat, faible investissement des petits agriculteurs dans la restitution de la fertilité du sol en matière de riziculture.

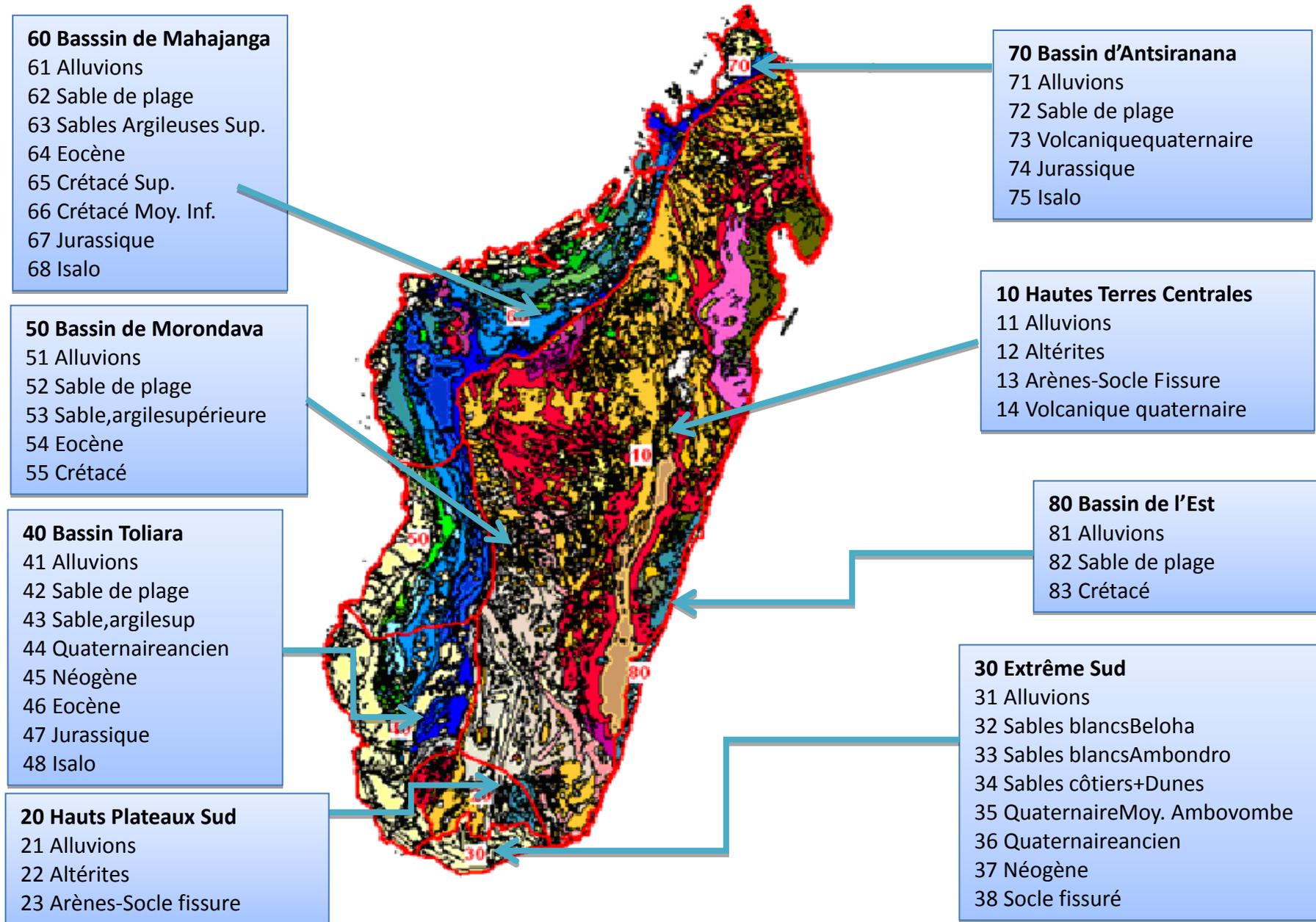
8. Opportunités pour la mise en œuvre de haut:

- La collaboration entre FOFIFA et IFDC met à disposition de 2 machines « compacteurs » de perlurée (urée grain), l'une à Majunga et l'autre à Antananarivo. La perspective se situe dans le mode de diffusion de ces machines dans toute l'île, notamment dans des Pôles de Développement Rizicole, en incitant le partenariat avec les opérateurs économiques locaux à la fabrication de SGU à l'échelle régionale.
- Sur les Hautes Terres centrales, il y a une grande adoption des systèmes de culture à base de riz, en insérant la culture de contre-saison marquée par un apport en fumier ou en compost. En fait, la promotion de ce SGU se fait simultanément avec celle des composts afin d'une bonne intégration des deux fumures dans le système de production des petits exploitants.
- Le FOFIFA continue la recherche de la formule de fertilisation (unités d'azote convenable aux cultures) pour une région donnée à Madagascar afin d'avoir le pic de production avec un taux d'azote convenable

9. Références

1. IFDC, 2009. USG report in west of africa
2. RAKOTOARISOA N., 2011. Suivi des effets du supergranule d'urée (sgu) sur la riziculture irriguée en comparaison avec l'urée perlée apportée par fractionnement. Mémoire de fin d'étude ESSA
3. MIRPlus, 2011. La technologie du placement profond de l'urée. Bulletin n°6.
4. RABESON, RAZAFINIARIVO, 2012. Etude de l'efficience de trois sources de N (Perlurée, Supergranule d'urée et Sulfate d'ammonium) en riziculture inondée de bas-fonds
5. RABESON et al, 2010. Placement en profondeur des super granules d'urée : un moyen de relancer la production rizicole à Madagascar

B. Secteur Eau



Zones hydrogéologiques de Madagascar et leurs nappes

Fiche n°1 : Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

L'eau est vitale à la survie, à la santé et à la dignité humaine. Elle joue un rôle primordial par l'intermédiaire du cycle hydrologique. C'est une ressource fondamentale au développement socio-économique du pays.

L'eau a deux fonctions bien distinctes :

- L'eau « matière », par ses propriétés physico-chimiques (pH, diluant, solvant, etc.), utilisée pour l'alimentation consommation humaine, le refroidissement ou chauffage, la cuisson, etc. ;
- L'eau « milieu », par son rôle d'habitat, endroit où certains êtres vivants ou organismes vivent (lac, rivière, zone des mangroves, océan, etc.).

L'eau est une ressource limitée et vulnérable. Les ressources en eau du monde sont sous pressions croissantes. Le changement climatique et l'exploitation sans gestion convenable et efficace sont les véritables soucis de ces ressources. La croissance de la population, les conflits, les gaspillages d'eau et le manque de relations intersectorielles exigent une bonne gestion de ces ressources vitales. La meilleure issue est l'application de la technique Gestion Intégrée des Ressources en Eau ou GIRE.

1- Caractéristiques de la technologie

Cette technologie requiert la connaissance des ressources disponibles et réserves exploitables, leurs usages pour pouvoir réaliser le bilan demandes-besoins base de la gestion. Il est impératif que l'eau soit utilisée à bon escient. La solution pour avoir des ressources en eau durable pouvant satisfaire les besoins des usagers est la bonne gestion de l'eau. La technologie tient compte du bassin versant hydrologique, le système naturel de gestion.

Elle est indispensable car les intervenants dans la gestion et les utilisateurs de l'eau sont issus des différents secteurs. Gestion Intégrée veut dire que toutes les usagers et les différentes utilisations des ressources en eau sont pris en compte ensembles :

- l'interaction entre systèmes naturels et systèmes humains, la gestion intégrée de toutes les ressources en eau existantes (eau douce, eaux côtières, eaux de surface et eaux souterraines, eaux usées, etc.),
- l'intégration intersectorielle pour l'élaboration des politiques et stratégies de gestion ; de la gestion des terres et de l'eau, des intérêts amont et aval ; des notions de qualité et de quantité en matière de gestion de l'eau.

Le bassin versant hydrologique qui est le système naturel de gestion des ressources en eau (espace d'étude du bilan hydrologique) doit être utilisé comme unité de base pour la mise en œuvre de la GIRE.

2- Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique

Le système naturel de gestion a pour fonctions :

- hydrologique, recueillir les précipitations, les accumuler en quantité et en qualité pour des durées variables, retourner le surplus d'eau par ruissellement et par évapotranspiration en cycle hydrologique,
- écologique, en procurant des bons sites d'échanges et des mécanismes essentiels pour le bon développement des réactions chimiques nécessaires aux organismes vivants et des habitats aux faunes et flores aquatiques et des zones humides.

3- Contributions de la technologie au développement

L'eau a une valeur économique mais avec une forte dimension sociale. Toute personne vivant ou travaillant dans un bassin versant hydrologique, le système de gestion de ressources en eau, a un impact sur les conditions de ce bassin et sur les ressources en eau qu'elle soutienne.

Les bassins versants « en bonne santé » sont nécessaires pour assurer un environnement socio-économique sain.

Cette technologie favorise l'accès plus équitable aux ressources en eau et aux bénéfices connexes pour combattre la pauvreté.

4- Spécificités du pays/applicabilité

A Madagascar, l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ANDEA) est créée pour assurer la gestion intégrée des ressources en eau et le développement rationnel du secteur de l'eau et de l'assainissement (Code de l'eau) au niveau national :

- évaluation des ressources en eau, suivi et contrôle de leur utilisation;
- élaboration de documents de politique et de stratégie de la GIRE ;
- élaboration et mise en œuvre du Plan Directeur National.

Le territoire national dispose 97 bassins versants hydrologiques, est découpé en 6 Agences de bassin pour prendre en charge la gestion des ressources en eau d'intérêt commun sur leurs zones d'intervention :

- élaboration du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (SDAGIRE), avec la participation de l'ANDEA ;
- animation et coordination de la politique de l'Etat en matière de GIRE ;
- appui aux Comités de bassin à l'élaboration des SDAGIRE et supervision de leur mise en œuvre ;
- facilitation des actions sur la gestion des ressources en eau d'intérêt commun dans les Agences.

5- Situation de la technologie dans le pays

Sur les 6 Agences de bassin, il n'y a que quatre SDAGIRE élaborés (Grand Sud-ouest, Sud-est, Sud et le bassin de Betsiboka) :

« Schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau du Grand Sud de Madagascar »

Sur les 97 bassins versants hydrologiques, il n'y a qu'un SDAGIRE élaboré (Bassin versant de Betsiboka en 2013) :

« Elaboration d'un SDAGIRE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion Intégrée des Ressources en Eau) du bassin de Betsiboka »

6- Avantages

La GIRE :

- aide le secteur en sensibilisant les usagers sur les besoins des écosystèmes, de protéger le bassin versant, de lutter contre la pollution et flux environnementaux.
- invite à une planification intégrée afin d'utiliser la terre, l'eau et d'autres ressources d'une manière durable, cherche à accroître la productivité dans les contraintes imposées par le contexte socio-économique de la région et ou du pays.
- considère l'efficacité de l'approvisionnement en eau et l'efficience des consommateurs, la répartition stratégique de l'eau, l'optimisation des investissements réalisés dans les infrastructures et la résolution avec les différentes approches (genre, écosystémique, bassin versant, etc.) des difficiles problèmes par des approches multisectorielles conventionnelles.

7- Inconvénient

Le processus est à très long terme.

8- Coûts

Le coût dépend de l'importance du bassin versant hydrologique considéré.

Fiche n°2 : Adduction d'eau potable gravitaire (AEPG)

Une Adduction d'Eau Potable par Gravitaire (AEPG) est un système de captage d'eau par gravitaire constitué d'un ensemble d'ouvrages et d'organes ayant pour but d'amener l'eau potable près des usagers et de satisfaire leurs besoins en eau (quantité et qualité).

L'adduction d'eau est dite par gravitaire lorsque l'eau captée située à une cote supérieure à celle du point de stockage ou réservoir et des sites d'utilisation. L'eau est mobilisée par la simple force de gravité. Ce type d'adduction peut être réalisé à l'aide d'ouvrages à écoulement libre (canaux découverts) ou aqueducs (fermés) ou au moyen de conduites forcées.

Les amenées d'eau destinée à l'alimentation humaine par canaux à ciel ouvert sont déconseillées. On utilise généralement des canalisations fermées à écoulement libre, aqueducs ou à écoulement en charge (tuyaux).

1- Caractéristiques de la technologie

Pour cette technologie, le type d'ouvrage installé est constitué d'un captage des venues d'eaux souterraines naturelles (sources) ou des eaux souterraines pompées directement dans un puits ou forage, ou aussi des eaux de surface, située à une altitude plus élevée par rapport aux sites à desservir, d'une conduite d'amenée à un réservoir de stockage et d'un réseau de distribution vers les bornes fontaines et les branchements particuliers. Le système gravitaire comprend aussi un ouvrage de traitement d'eau.

Suivant le débit d'eau capté et le nombre de la population à proximité, ce type d'ouvrage peut desservir 500 à 15 000 habitants, avec une borne-fontaine par 200 habitants, en milieu urbain et entre 50 et 100 en milieu rural.

Un système de captage ponctuel est applicable au captage d'une source ayant une émergence d'eau ponctuelle ou venue d'eau bien localisée. Un drain étanche (tranchée ou canal collecteur) est utilisé pour capter des venues d'eau dispersées.

Pour l'eau potable, la conduite de l'eau captée vers le réservoir est constituée de tuyaux (en PEHD/PVC/PN, fonte, etc.) et divers accessoires (systèmes de purge, de vidange ou de chasse et de vanne de sectionnement, etc.).

Le réservoir généralement en béton armé, enterré ou non devrait être équipé de vanne de sectionnement, de système de vidange et un trop-plein. Il est conçu pour stocker la quantité d'eau nécessaire à la consommation quotidienne des usagers, pour mieux gérer la quantité d'eau disponible par rapport aux besoins, d'alimenter le réseau d'adduction à un débit fixe donné, d'assurer la continuité de service, de fixer la charge en tête du réseau de distribution et aussi d'obtenir plus facilement la pression d'eau désirée dans le réseau aval.

Le réseau de distribution de l'eau jusqu'aux sites d'usage est constitué de tuyaux (en PEHD/PVC/PN, fonte, etc.) et ses accessoires.

Les éléments constitutifs d'une AEPG nécessitent une bonne configuration et conception, et un bon dimensionnement pour sa pérennité.

2-Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique

La technologie AEPG est indiquée quand la source est pérenne, sur les Hautes Terres et dans les zones où le relief permet l'utilisation du système gravitaire. Elle peut réduire le temps consacré à l'approvisionnement en eau des ménages. L'eau arrive directement dans les localités pour satisfaire les besoins soit par branchement individuel soit par bornes fontaines. Elle fait disparaître le stress du manque d'eau ou de l'insuffisance d'eau. La

vulnérabilité par rapport à la pénurie d'eau n'existe plus si l'on exploite cette technologie d'une manière intégrée et en respectant les conditions environnementales requises. La population peut s'adonner à d'autres activités autres que les tâches de l'eau.

3- Contributions de la technologie au développement

La mise en œuvre de cette technologie favorise le développement socio-économique par le fait que l'eau est livrée directement là où c'est nécessaire ; à n'importe quel moment, on peut s'en servir. Le développement de toutes les activités vitales pour les habitants et dépendantes de l'eau (industries, commerces, loisirs, énergie, etc.) est possible.

4- Spécificités du pays/applicabilité

L'AEPPG peut concerner la zone du socle altéré d'altitude ou toutes les Hautes Terres et le Versant Est correspondant aux zones hydrogéologiques 10 et 70 avec les nappes aquifères 11, 12, 13, 14 et 73.

En se référant à la densité de la population, il peut desservir environ 54% de la population sur l'ensemble de Madagascar.

5- Situation de la technologie dans le pays

Ce type de système d'adduction d'eau est utilisé surtout pour l'approvisionnement en eau potable et ou pour l'agriculture presque dans toute zone collinaire ou montagneuse de Madagascar (Hautes Terres Centrales, Versant Orientale, Moyen Ouest, Versant Occidental, etc.) .Après quelques années (2 à 5 ans) d'installation, la plupart des systèmes ne fonctionnent plus totalement surtout en milieu rural.

6- Avantages

Avec cette technologie, on peut :

- réduire le temps occupé pour puiser de l'eau ;
- minimiser le risque de pollution due aux effluents liquides domestiques pour l'eau destinée à la consommation humaine ;
- avoir une faible risque de pollution d'origine fécale du fait de la position en amont des habitations.

7- Inconvénients

L'installation nécessite la délimitation de trois niveaux de périmètre de protection (immédiate, rapprochée et éloignée) provoquant souvent des risques de conflit foncier relatifs à l'occupation humaine au niveau des zones devant être incluses dans le périmètre et quelques fois le long de la tracée des réseaux.

Le captage a des impacts environnementaux en relation avec la diminution de débit voir le tarissement de l'eau d'irrigation entre le point de captage et la zone à desservir.

8- Besoins en renforcement de capacité

Les besoins en renforcement de capacité consistent à savoir:

- faire une étude de faisabilité de l'installation envisagée ;
- calculer le débit d'eau à capter pour assurer la satisfaction des usagers en aval des prises ;
- posséder une bonne maîtrise de l'Etude d'Impacts Environnementaux et Sociaux de l'installation de la technologie ;
- dimensionner le réseau de tuyauterie et les ouvrages composant le système.

9- Coûts

Le coût moyen est de 100 US\$ par habitant. Il dépend surtout de la distance entre la source captée et les sites d'utilisation, du nombre de sites à desservir. Le tableau ci-après présente le coût estimatif des travaux d'installation d'un système AEPG en zone des Hautes Terres centrales de Madagascar en 2014 avec un cours moyen de 1 US\$ = 2414,31 Ariary.

Coûts estimatifs des travaux d'AEPG dans une Commune de la Région Analamanga

DESIGNATION	MONTANT (US\$)
TRAVAUX PREPARATOIRES	4 602
UN BASSIN OU OUVRAGE DE CAPTAGE	5 327
UN PUIITS (H=3 m)	1 885
UN BASSIN DE FILTRATION	2 332
UN RESERVOIR DE 15 m ³	3 583
UNE BORNE FONTAINE PUBLIQUE	1 044
UNE LAVE MAIN SCOLAIRE AU CEG	849
CONDUITE D'AMENEE	26 923
CONDUITE DE DISTRIBUTION	10 910
IMPREVUS	5 745
MONTANT HTVA	63 199
TVA 20%	12 640
MONTANT TOTAL TTC	75 838

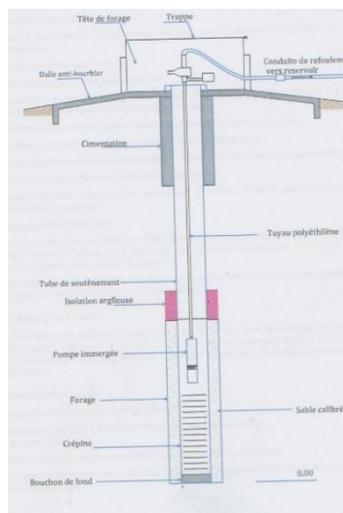
Fiche n°3 : FORAGE

Une politique de mise en valeur des eaux profondes à travers la construction de forages doit figurer en bonne place dans les stratégies d'adaptation au changement climatique. En terminologie:

- le forage est un ensemble d'opérations qui permet de creuser un trou de diamètre centimétrique à décimétrique, généralement vertical et utilisé à des fins scientifiques ou économiques. Le forage d'eau est un ouvrage réalisé par des professionnels pour la mise en valeur des eaux profondes.
- le forage permet de capter les eaux profondes inaccessibles à partir des moyens traditionnels et apparait comme une alternative, donc une stratégie d'adaptation au contexte actuel de changement climatique.

1- Caractéristiques de la technologie

Le forage s'effectue au moyen de machines semi-automatiques ou foreuses qui permettent d'accéder aux nappes profondes. Le forage est équipé d'un tube plein en PVC pour stabiliser les parois et d'une crépine au niveau de la zone saturée en eaux souterraines pour assurer le captage de l'aquifère.



Coupe schématique d'un forage d'adduction d'eau

2- Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique

Le changement climatique risque très probablement d'entraîner des sécheresses plus fréquentes. Les forages profonds sont définis comme ceux qui peuvent pénétrer une ou plusieurs couches de roches compactes. Ils sont le plus résistants à la sécheresse que les autres systèmes d'approvisionnement d'eau habituels tels que les captages de sources naturelles et des eaux de surface, et, les puits. De plus, les eaux profondes sont protégées contre l'évapotranspiration directe due à l'élévation de la température ambiante. C'est aussi une option de diversification des sources d'approvisionnement en eau pour résoudre les difficultés de l'approvisionnement en eau dues à la future augmentation des demandes en eau à cause de la croissance démographique.

La mise en œuvre de cette technologie peut réduire l'insuffisance d'eau en période sèche qui handicape les activités de développement socio-économique (productions, santé, etc.) et réduit les pressions sur les eaux superficielles.

3- Contributions de la technologie au développement

Le forage permet de diversifier les sources d'approvisionnement en eau potable, de diminuer les pressions sur les eaux superficielles, d'assurer la satisfaction des besoins en eau en période de sécheresse, de permettre la continuation des activités agricoles pour pouvoir augmenter la productivité alimentaire et agricole. De ce fait, des sources de revenu supplémentaires sont garanties pour les paysans. En outre, la maintenance de l'installation procure des emplois permanents à la population vulnérable si elle est utilisée à grande échelle dans les régions arides et semi-aride comme le Grand sud de Madagascar.

La ressource en eaux souterraines est plus protégée contre la pollution par rapport aux autres ressources. Le captage des eaux souterraines profondes par forage constitue une des préventions contre certaines épidémies de maladies dues à la consommation d'eau superficielle, surtout en période de crue. L'utilisation de cette technologie contribue ainsi à la protection des usagers contre les maladies d'origine hydrique (choléra, bilharziose, etc.) les rendant capables de produire suffisamment.

L'accès aux eaux souterraines empêche de dépendre des autres ressources en eau de mauvaise qualité.

La proximité du système d'adduction par rapport aux usagers réduit normalement le temps d'occupation des gens chargés de puiser de l'eau et leur donne plus de temps et d'occasions pour exercer d'autres activités génératrices de revenus.

4- Spécificités du pays/applicabilité

La technologie des forages est applicable en zone de socle (Haute Terres), dans le Grand Sud du pays et en zone sédimentaire à roches compactes fracturées. Elle est adaptée aux zones hydrogéologiques de Madagascar et nappes suivantes :

- zone 10, nappes aquifères 11 à 13 pour les sites situés sur les interfluves ;
- zone 20, nappes aquifères 21 à 23 ;
- zone 30, nappes aquifères 31, 33, 35 à 38 ;
- zone 40, nappes aquifères 41, 43 à 49 ;
- zone 50, nappes 51, 53 à 57 ;
- zone 60, nappes 61, 63 à 68 ;
- zone 70, nappes aquifères 71, 73 à 76 ;
- zone 80, nappes aquifères 81, 83 et 85.

Selon une estimation de 2012, il existe 3658 forages positifs à Madagascar (MinEau, 2013) lors des projets UNICEF, PAEPAR, PAEAR, JICA, etc. Le nombre de forages implantés inventoriés à Madagascar est présenté dans le tableau ci-dessous.

Nombre de forages d'adduction d'eau inventoriés

Région	Population Totale	PPMH	FPMH	BF	BP	Population desservie	Taux de desserte
DIANA	718 135	74	104	711	10 372	278 131	39%
SAVA	1 006 197	77	12	1 143	2 356	313 608	31%
Itasy	751 800			3 137	1 467	528 067	70%
Analamanga	3 435 466	141	16	7 013	207 415	2 579 952	75%
Vakinankaratra	1 849 975	44	1	4 565	8 921	806 807	44%
Bongolava	469 209	29	12	600	1 823	160 308	34%
Sofia	1 279 321	291	246	1 111	2 785	457 199	36%
Boeny	820 374	135	44	417	10 679	209 251	26%
Betsiboka	301 120	23	46	473	827	104 315	35%
Melaky	297 090	13	85	133	972	45 228	15%
AlaotraMangoro	1 053 692	52	8	1 560	4 242	377 853	36%
Atsinanana	1 303 565	227	94	720	10 216	227 721	17%
Analanjirifo	1 061 924	33	105	2 023	1 642	267 277	25%
Amoron'i Mania	733 534	14	18	1 884	1 795	357 506	49%
Haute Matsiatra	1 230 214	53	86	2 063	7 694	426 986	35%
VatovavyFitovinany	1 453 123	190	347	2 265	2 555	499 392	34%
AtsimoAtsinanana	921 961	2	59	199	1 056	79 944	9%
Ihorombe	320 391	6	395	220	428	111 456	35%
Menabe	607 439	497	149	347	3 992	297 067	49%
AtsimoAndrefana	1 350 833	305	703	1 111	14 022	437 472	32%
Androy	752 926	10	556	21	268	175 443	23%
Anosy	689 189	48	572	464	3 344	280 981	41%
TOTAL	22 407 478	2 264	3 658	32 180	298 871	9 021 964	40%

Source :MinEau (2013)

Le forage captant les aquifères profonds est mieux protégé contre la pollution, et permet l'accès à l'eau de qualité et en quantité suffisante (pompe manuelle d'eau). Il garantit l'accès à l'eau potable même pendant les périodes sèches. Le risque de pollution est minime.

6- Inconvénients

Le problème de maintenance de moyen d'exhaure, en milieu rural très défavorisé, est un inconvénient majeur pour assurer un accès continu à l'eau des forages. Le problème de saveur, saumâtre à salé ou dur, et de turbidité, dans certains cas réduit son utilisation. Ces problèmes rendent les populations réticentes à l'eau des forages.

Par sa faible section (petite diamètre) et sa grande profondeur, le retour au puisage traditionnel est impossible en cas de panne.

Le risque d'obstruction par chute d'objets (pierres, tringle de pompe détachées, etc.) est trop élevé et le curage manuel n'est pas possible en cas d'obstruction.

7- Besoins en connaissances/renforcement des capacités

Déterminer la meilleure stratégie pour améliorer l'accès aux eaux souterraines en période de sécheresse avec cette technologie nécessite une bonne connaissance de la répartition démographique, de la disponibilité en eaux souterraines en quantité et de qualité, des emplacements favorables de points d'eau, l'état des points d'eau déjà existants, et la gestion des infrastructures de ce type de système d'adduction d'eau par forage.

8- Coûts

Le coût du forage dépend d'un certain nombre de facteurs dont la profondeur de l'aquifère ou de la venue d'eau, la distance et l'accessibilité de la localité, la qualité du gravier servant de massif filtrant et la distance aux sources de ravitaillement, etc. Le coût moyen est de 60 US\$ par habitant. Le tableau ci-après donne les coûts estimatifs d'implantation d'un forage dans le Sud-ouest de Madagascar en 2014 avec un cours moyen de 1 US\$ = 2414,31 Ariary.

Coût d'implantation d'un forage de 150 m de profondeur à la Région Atsimo-Andrefana

DESIGNATION	MONTANT (US\$)
Etude géophysique (4 points)	2 817
Transports, installation et repli de sentier	8 284
Forage et tubage	18 825
Equipement souterrain (massif filtrant, cellage,	1 330

etc.)	
Développement du forage	973
Essai par pompage	988
Analyses physico-chimiques	89
Analyses bactériologiques	126
Autres (Rapportage, frais administratifs, etc.)	271
IMPREVUS	3 370
MONTANT TOTAL HTVA	37 074
TVA 20%	7 415
MONTANT TOTAL TTC	44 488

Le forage permet de capter l'eau en profondeur, la mise à la disposition de l'installation de moyens d'exhaure (pompe manuelle ; électrique : solaire, groupe électrogène, éolienne) dont les coûts et frais de maintenance sont variables.

9. Variantes de cette technologie suivant la conception et l'équipement

Deux variants sont présélectionnés :

- adduction d'eau potable alimentée par un forage à motricité humaine (FPMH)
- adduction d'eau potable alimentée par un forage motorisé (FPM)

Fiche n°3.1 : Forage équipé d'une pompe à motricité humaine (PMH)

Il s'agit aussi d'un système de captage par forage (fiche n°3).

Particularités

Ce système est utilisé si le forage par sa profondeur permet de capter l'eau souterraine au moyen d'une pompe à motricité humaine (FPMH). Le système est équipé de pompe manuelle ou pompe à pied. Les PMH les plus utilisées à Madagascar sont :

- India Mark II et III : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston immergé,
- Afridev : pompe à transmission aspirante, pompe aspirante à piston immergé,
- Vergnet : pompe à diaphragme, hydropompe ou à transmission hydraulique.

Cette technologie avec ce type d'équipement est adaptée aux différentes zones hydrogéologiques de la Grande Ile.

Le système de captage est proposé sur toutes les zones hydrogéologiques, sauf si les nappes sont plus ou moins profondes (environ 50 à 60 m de profondeur). Il peut répondre 40 à 75% de la population à desservir dans toute l'île.



Le coût moyen est de 55 US\$ par habitant.

Fiche n°3.2 : Adduction d'eau potable alimentée par un forage motorisé

Il s'agit d'un système de captage par forage (fiche n°3).

Particularités

Ce type d'adduction est utilisé lorsqu'il est nécessaire de capter l'eau à grande profondeur (jusqu'à 100 m). L'eau captée est amenée par élévation mécanique motorisée vers le réservoir, donc le type d'énergie d'alimentation doit être tenu en compte : moteur diesel ou thermique, électrique en liaison à un réseau ou solaire, etc.

L'adduction d'eau potable par un forage muni d'une pompe électrique immergée est aussi adapté dans les zones sédimentaires de formations géologiques allant de l'Isalo à l'Eocène, et le Quaternaire ancien de l'Extrême Sud de l'île où la profondeur des nappes aquifères dépasse 50 m. Pour ces zones, l'exploitation doit se faire par des pompes électriques actionnées en général par des groupes électrogènes ou des panneaux solaires.

Compte tenu de la minéralisation de l'eau souterraine à certains endroits, des installations simples de système de traitement (deminéralisation) peuvent être mises en place.

Etant donné le coût de la motorisation et du traitement, ce type d'ouvrage est plutôt implanté au niveau des Chefs lieu des Communes (communauté plus grandes et ou plus denses). Il peut desservir jusqu'à 20000 hab. en utilisant plusieurs forages.

A cause des coûts, l'utilisation de cette technique est assez limitée. D'après l'étude « eau pour tous », il répond aux besoins de 17% de la population malgache.

Le système de captage par Pipe-lines est parmi ce type de technologie mais avec un ou plusieurs forages très productifs et une conduite de distribution d'eau de longueur importante. A Madagascar, ce type d'ouvrage concerne spécifiquement l'ExtrêmeSud.



Réseau d'alimentation en eau par Pipeline dans l'Extrême Sud de Madagascar

Il consiste à alimenter des zones très étendues à partir de captage de sous-écoulement de la rivière Menarandra, avec un réseau de distribution de 142,5 km (entre Ampotaka et Tsihombe) Chaque village est alors desservi par des adductions secondaires.

Le coût moyen est estimé à **40 US\$ par habitant**.

Fiche n°4 : SYSTEMES D'ANNONCE DE CRUES

Etant un pays tropical au relief et au climat très variés, Madagascar comprend plusieurs zones sujettes aux inondations et aux crues dévastatrices, surtout, en période de perturbations tropicales et de cyclones, pendant la saison pluvieuse (Décembre à Mars). Le pays y est très vulnérable. Chaque année, pendant cette saison, on s'attend à ces phénomènes ; seulement, les moyens à disposition ne permettent d'y faire face convenablement. Il s'ensuit que les dégâts causés par ces cataclysmes météorologiques sont énormes (pertes en vies humaines et économiques importantes, destruction de récoltes et d'infrastructures). Les coûts des dommages sont si énormes que le pays a des difficultés pour s'en remettre, sans aide extérieure. Des régions entières sont souvent déclarées

sinistrées après les passages de ces météores. Il est, de ce fait, indispensable pour la Grande île de se doter de systèmes d'annonce de crues performants et opérationnels car l'efficacité de ces systèmes aidera, énormément l'Etat malgache à réaliser ses programmes de développement dans tous les domaines de la vie socio-économique.

1- Caractéristiques de la technologie

Le système englobe :

- le renforcement des réseaux d'observation hydro-climatiques au sol et en altitude, ainsi que des moyens de la télédétection (radar, satellite, Argos) ;
- l'équipement des bassins versants vulnérables au risque d'inondations par des systèmes de télémessure hydrologique et d'annonce de crues (radar, satellite, Argos) adaptés (à chaque bassin) ;
- l'équipement des centres de prévisions et d'annonce des crues (cf. APIPA pour Antananarivo) par du matériel et des logiciels de modélisation numérique de prévision à très courte échéance et à très haute résolution ;
- la mise à disposition de ces centres d'une équipe de veille permanente, opérationnelle et apte à gérer les données et les résultats des observations et informations météorologiques transmises, au niveau national, régional et local.

Il devrait donc y avoir des stations d'observation et comprendre :

- des stations climatiques ;
- des stations hydrométriques ;
- des systèmes d'informations fonctionnels ;
- des équipes pour l'installation et le fonctionnement des stations ; la saisie et le traitement des données ; l'information, la sensibilisation et la communication.

L'annonce des crues consiste à :

- prévoir les crues qui constituent des menaces d'inondation de l'agglomération ;
- alerter les autorités de gestion de risques et des catastrophes de leur occurrence pour qu'elles prennent les mesures nécessaires ;
- informer l'évolution de la situation hydrologique.

2-Contribution de la technologie à l'adaptation au Changement Climatique

Cette technologie permettra:

- d'anticiper la connaissance de la genèse des crues ;
- de prévenir des inondations, leur envergure et leur force;
- de limiter les conséquences désastreuses des inondations sur la sécurité de la population et sur ses biens, en prenant, suffisamment à l'avance, les mesures adéquates ;

- de prendre les dispositions nécessaires (évacuation/déplacement des populations à risque, préservation et protection des denrées alimentaires périssables, renforcement des dispositifs de lutte contre les inondations, prévention des maladies d'origine hydrique, protection et renforcement des infrastructures etc.).

Ainsi, la mise en œuvre de ces systèmes permet de mettre en place des options et des mesures d'adaptation au changement climatique par l'atténuation des effets néfastes des cyclones ou des dépressions tropicales qui menacent presque chaque année le pays. L'exploitation de ces systèmes contribue à la résilience climatique aux crues et aux inondations.

3- Contributions de la technologie au développement

La mise en œuvre de systèmes d'annonce de crues performants aidera l'Etat malgache à prévenir et diminuer les conséquences néfastes des crues et des inondations qui sévissent chaque année dans plusieurs régions du pays lors des passages de perturbations tropicales. Elle permet de réduire considérablement les pertes économiques causées par ces météores en limitant énormément les dégâts auxquels l'on est exposé. La réduction des risques et catastrophes aide le pays à assurer son développement.

4- Spécificités du pays/applicabilité

Vue la configuration géographique de Madagascar, avec son climat tropical capricieux et son relief souvent accidenté (fréquente alternance de collines et de vallées sujettes à l'inondation) et l'existence d'une compétence nationale assez fournie dans le domaine des ressources en eau, la technologie de prévision des crues devrait être applicable et mise en œuvre dans la Grande Ile. Il suffit d'en avoir vraiment la volonté politique de le faire.

5- Situation de la technologie dans le pays

Cette technologie n'est pas rependue à Madagascar. Seule, la ville d'Antananarivo en dispose. Elle vient récemment de se doter de nouveaux équipements y afférents permettant de superviser la situation des niveaux d'eau des principales rivières qui serpentent à travers les plaines de la Capitale et d'en surveiller le niveau d'eau.

Le responsable de l'annonce des crues y est la Direction Générale de l'APIPA. Tél : 020 22 617 92.

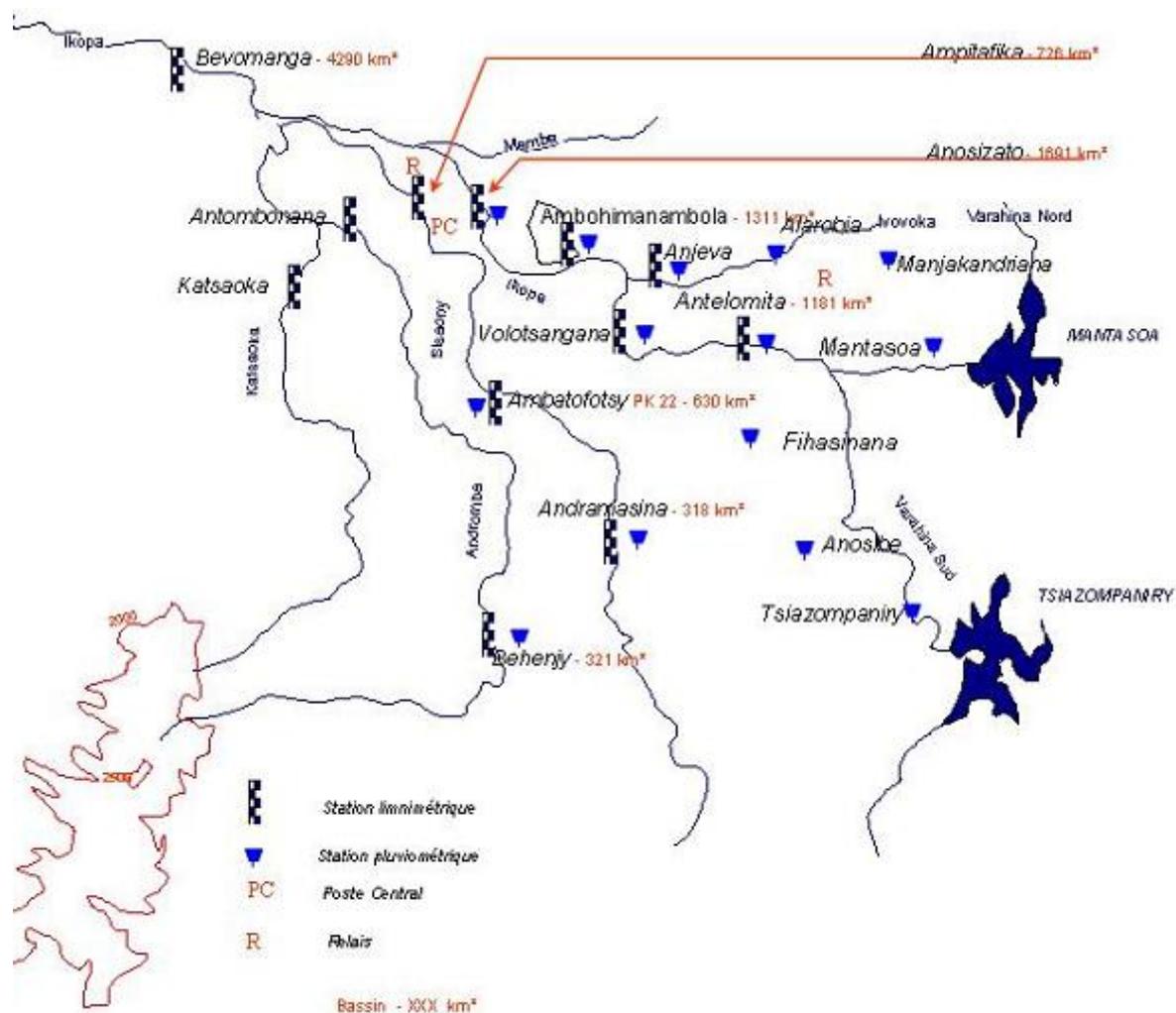
E-mail : apipatana@yahoo.fr.

Les responsables alertés doivent être des décideurs opérationnels toujours joignables et qui peuvent mobiliser toutes les autres parties prenantes à leur niveau respectif.

La communication de la situation se fait par :

- un bulletin donnant la situation hydrologique de la plaine est envoyé par courrier électronique aux autorités une fois par jour en dehors des périodes de danger et deux fois par jour en période de danger et sur le site web de l'APIPA : <http://apipa.ifrance.fr> ;
- des avis d'alerte de menace de danger ou d'alerte de danger déclaré sont envoyés aux autorités par téléphone et par courrier électronique quand les prévisions de crues font apparaître que des hauteurs d'eau critiques lues aux échelles des stations hydrologiques d'Anosizato et de Bevomanga seront dépassées.

La figure ci-après présente les stations d'observation et de suivi du réseau d'annonce de crues dans le Bassin versant de la Haute Ikopa englobant la plaine d'Antananarivo.



Réseau d'annonce de crues d'Antananarivo

En dehors d'Antananarivo, le système d'annonce des crues se limite au suivi des annonces médiatiques diffusées par les radios et les postes de télévision locales et, parfois dans les campagnes, les alertes aux crues peuvent se faire par téléphone ou de bouche à oreilles.

Actuellement, aucune station d'observation hydrométrique fonctionnelle en vue d'annonce de crues n'est inventoriée dans presque toutes autres Régions.

6-Avantages

L'exploitation de systèmes d'annonce de crues opérationnels et efficaces pour le pays peut mettre ce dernier de prévoir les crues et les inondations des heures, des jours, voire des, pour lui permettre de prendre les dispositions nécessaires pour éviter beaucoup de dégâts et des catastrophes irréversibles occasionnés par les passages des phénomènes climatiques dangereux, car elle permet :

- d'anticiper la connaissance de la genèse des crues ;
- de prévenir des inondations et de leur importance;
- de limiter les conséquences désastreuses des inondations sur la sécurité de la population et sur ses biens
- de gérer d'une manière optimale les retenues des barrages (lâchers, vidange, etc.).
- d'encourager :
 - le secteur privé à s'investir dans la production de ces technologies ;
 - la collaboration entre les industries et les institutions universitaires ;
 - les chercheurs universitaires à développer des technologies adaptées au contexte des régions ou des localités sujettes à ces fléaux ;
 - les services d'annonce des crues et de protection contre les crues à homogénéiser la technologie au niveau national ;
 - la mise à disposition de cette technologie aux responsables de la protection de la ville contre les inondations met les habitants en confiance vis-à-vis des dangers.

7- Inconvénients/contraintes

Les principaux inconvénients sont:

- la technologie n'est pas disponible sur le marché local ;
- la mise en place des systèmes d'annonce des crues coûte très chère ;
- la technologie nécessite une coordination très efficace et très vigilante, l'existence d'équipe bien soudée et ayant les arguments convaincants pour persuader les habitants des zones exposées de quitter les lieux et de rejoindre les hauteurs et les sites d'hébergement pour sinistrés afin de se mettre à l'abri des dangers ; cela nécessite la mobilisation de moyens matériels, financiers et humains assez conséquents et bien coordonnés pour être efficace ;
- L'application de la technologie exige, au préalable des préparations et des exercices d'entraînements sérieux et fréquents pour être opérationnelle au moment voulu ;

- la mise en œuvre de la technologie requiert la mise en confiance totale des responsables face aux défis de protéger convenablement la population contre les dangers imminents.
- la coordination insuffisante entre les institutions concernées par la protection des habitants, la protection civile et les responsables acteurs du développement national ;
- la réticence et le refus des populations menacées dans les zones à risque d'abandonner leurs biens et de suivre les directives imposées par la mise en œuvre de la prévention des dangers et catastrophes.

8-Besoins en renforcement de capacité

Les besoins en renforcement de capacité pour l'exploitation de la technologie d'annonce de crues comprennent :

- la mise en place d'un réseau opérationnel de prévision et d'annonce des crues équipé d'instruments de mesure indispensables dans le bassin concerné;
- le perfectionnement des agents responsables de l'exploitation des logiciels/modèles à utiliser ;
- la gestion du réseau de surveillance et de protection contre les crues.

9-Coûts

Le prix de revient de la mise en place d'un système d'annonce de crues est très élevé. Il se répartit de la façon suivante:

- le coût de l'étude de faisabilité qui s'élève à quelques dizaines de milliers de dollars ;-
- le prix de revient des équipements qui est de l'ordre de quelques centaines de milliers de dollars ;
- le coût de la maintenance annuelle des équipements qui s'élève à quelques dizaines de milliers de dollars.

Le coût total de la mise en place d'un système d'alerte de crue peut enfin atteindre plusieurs centaines de milliers de dollars.

Annexe II: Liste des parties prenantes impliquées et leurs coordonnées.

a) Secteur Agriculture

Ainsi, la cartographie des parties prenantes se fait comme suit :

<i>Parties prenantes identifiées et consultées</i>	<i>Type d'intervention</i>	<i>Période de participation</i>
--	----------------------------	---------------------------------

Parties prenantes identifiées et consultées		Type d'intervention	Période de participation
Services étatiques, représentant s du Gouverneme nt	Ministère de l'Agriculture, Direction de production Agricole	Planification des activités d'intensification agricole et de vulgarisation des nouvelles technologies agricoles	<ul style="list-style-type: none"> - Phase d'initiation - Planification - Contrôle - fermeture
	Ministère de l'Agriculture, Direction de Génie Rural	Planification des activités de réhabilitation/construction des ouvrages hydroagricoles et de mécanisation	
	Centre de Service Agricole (CSA) : Bongolava, Itasy, Analamanga, Vakinankaratra	<ul style="list-style-type: none"> - Recensement des besoins des producteurs en matière de fertilisants, de semences, etc pour une intensification agricole - Interface producteur et autre acteur (fournisseur d'intrant, etc) - Appui et conseil 	<ul style="list-style-type: none"> - Phase d'initiation - Mise en œuvre
	Chambre de l'agriculture, de commerce Bongolava et Itasy	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des filières porteuses : <ul style="list-style-type: none"> o Riziculture o Cultures maraîchères o Cultures de rente (fruitières) - Interface producteur et autre acteur (fournisseur d'intrant, etc) - Appui et conseil - Recherche de débouché 	<ul style="list-style-type: none"> - Phase d'initiation - Mise en œuvre - Contrôle (suivi évaluation)
Projets ministériels (BVPI, PHRD, PURSAPS, PapRiz, PLAE)	<ul style="list-style-type: none"> o Projets de protection des bassins versants et périmètres irrigués o Projets d'intensification agricole et de promotion des 	<ul style="list-style-type: none"> - Phase de Mise en œuvre 	

Parties prenantes identifiées et consultées		Type d'intervention	Période de participation
		filières clés (riz, cultures vivrières) <ul style="list-style-type: none"> ○ Projets de réhabilitation des réseaux d'irrigation/drainage ○ Projets d'augmentation de la productivité rizicole : Adaptation en milieu réel du système de riziculture à base de SRA et SRI telle que « Volyvarin_dRajao/PAPRIZ » ○ Projets de lutte anti-érosive surtout dans les zones à risque 	
Institut de recherche appliquée au développement rural	FOFIFA, Département de Recherche Rizicole	Capitalisation et valorisation des acquis sur le système de culture, la fertilisation et la gestion de l'eau en matière de riziculture	Transversale à <ul style="list-style-type: none"> - Phase d'initiation - Planification - Exécution - Contrôle et fermeture
Plateforme réunissant les ONG, les producteurs, les fournisseurs, les instituts de recherche	Groupement de Semis Direct de Madagascar (GSDM et projet MANITATRA)	Techniques agroécologiques (Système sur Couverture Végétale, lombricompostage)	<ul style="list-style-type: none"> - Phase d'initiation - Mise en œuvre
	Groupement de Système de Riziculture Intensive (GSRI)	Itinéraires techniques SRI pour l'augmentation de la productivité rizicole tout en favorisant l'adaptation au changement climatique	
	Plateforme d'Innovation (sise à Vakinankaratra)	Promotion de la chaîne de valeur « riz » par des injections des	- Mise en

<i>Parties prenantes identifiées et consultées</i>		<i>Type d'intervention</i>	<i>Période de participation</i>
	incluant les autorités locales et les acteurs de la chaîne de valeur « riz »	nouvelles technologies et des bonnes pratiques agricoles locales	œuvre
	Organisations paysannes (Région Bongolova, Itasy, Vakinankaratra, Soafia, Menabe, AtsimoAndrefana, AlaotraMangoro)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Besoins des Innovations sur les techniques culturales ○ Stratégies paysannes pour faire face au changement climatique : association/rotation culturale, paillage ou couverture végétale morte, gestion afin d'une complémentarité des terroirs, diversification des spéculations (cultures maraîchères arrosées par des puits, des kits goutte à gouttes), gestion de l'eau en pépinière par arrosage, étang servant de pisciculture et de réservoir d'eau pour alimentation de la parcelle en aval), utilisation des motopompes pour le drainage et l'arrosage des parcelles 	
Secteur privé	ONG AGRISUD	<ul style="list-style-type: none"> ○ Calage du calendrier cultural en fonction de la variabilité de la pluviométrie ○ Diffusion des Techniques agroécologiques (SRI, embocagement/cultures vivrières, agroforesterie paysanne par des cultures fruitières, compostage en andain et liquide) 	<ul style="list-style-type: none"> - Phase d'initiation - Mise en œuvre

Parties prenantes identifiées et consultées	Type d'intervention	Période de participation	
	ONG ANAE	Promotion de la protection de l'environnement	
	ONG AVSF/projet FIDA	Appui à l'Agriculture résiliente au changement climatique : irrigation goutte à goutte, système de culture, rentabilisation d'une exploitation paysanne, etc	
	Fondation Agha Khan de la Région Sofia/ IFDC	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gestion intégrée de la riziculture ○ Gestion de la fertilité du sol par intégration de la fumure organique et minérale (fertilisants organiques + Super Granule d'Urée SGU + NPK) 	
	Société productrice et commerciale d'intrants GUANOMAD, TAROKA,	Promotion des engrais biologiques pour une agriculture saine et respectueuse de l'environnement	
	Société productrice et commerciale d'intrants AGRIVET	Fourniture des intrants agricoles afin d'une intensification	

b) Secteur Eau

1. Identification des institutions du secteur « eau ».

Dans le cadre institutionnel, on peut citer :

- **au niveau national :**

- l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement, sous tutelle de la Primature ;
- le Ministère de l'Eau ;
- le Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie, des Forêts et de la Mer ;

- le Ministère des Finances et du Budget ;
- le Ministère des Affaires Etrangères ;
- *au niveau régional et local :*
 - les Agences de bassin, les comités de bassin, les Associations des Usagers de l'Eau (AUE) et les comités de point d'eau (CPE) ;
 - la DGM qui la gestionnaire de la banque de données hydro climatiques du pays ;
 - les Directions Régionales de l'eau, de l'Environnement, de l'Ecologie, des forêts et de la Mer

2. Parties prenantes

Nombreuses sont les parties prenantes dont les principales sont :

- les différents Départements techniques des Ministères (Génie Rural, les cellules environnementales des autres ministères) ;
- la Compagnie nationale de l'Eau et de l'Electricité (JIRAMA) ;
- la Water aid ;
- le Diorano Wash ;
- l'Agences d'exécution (ONG TARATRA, REVA FORAGE, FIKRIFAMA, Catholique Relief Service ou CRS, SOMEAH, APIPA, SAMVA...)
- l'AES ;
- le CGDIS ;
- la SGDM ; MADAGEO Besoa ; JICA et GTZ ;
- les Centres de recherche (CNRE, CNRIT, CNEAGR, EESPA, EESSA,...)

3. Equipe EBT

L'équipe EBT est formée par :

- la Coordination nationale assurée par la Direction Générale de l'Environnement et le Point Focal du projet EBT ;
- le Comité National EBT qui regroupe les différents ministères techniques, les Universités et Centres de recherches, les ONG, les Secteurs privés, les élus et les Associations directement concernés par l'eau ;
- le Groupe de travail sectoriel (GTS) EBT « eau » formé par les représentants :
 - de l'AES ;
 - de la JIRAMA ;
 - du Ministère de l'eau ;
 - du Centre National de Recherches Industriels et Technologiques (CNRIT) ;
 - de l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement.
- le Comité National (EBT) « eau » formé par les représentants :

- du Ministère de l'Environnement ;
- du Ministère des Finances et du Budget ;
- du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ;
- du Génie Rural ;
- de l'ONG TARATRA ;
- de la Direction Générale de la Météorologie (DGM) ;
- de l'AES ;
- de la JIRAMA ;
- du Ministère de l'eau ;
- du Centre National de Recherches Industriels et Technologiques (CNRIT)
- de l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement.

Institution ou Organisme	Nom, prénom et contact
WATERAID	Ridjanirainy RANDRIANARISOA E-mail: RidjanirainyRandianarisoa@wateraid.org Tél : 0341684189
CRS/RanoHP	RANDRIAMBOLANANTENAINA Mahefatahiana, E-mail: mrandria@crs.org
ONG TARATRA	RAVELOSON Arsène E-mail: taratra@moov.mg tel.O342812424
CAIRE INTERNATIONAL	RAKOTOARIJAONA Avo E-mail: Avo.Rakotoarijaona@.care.org
FIKRIFAMA	William RAMAROHARINOSY E-mail: fikrifama@moov.mg
APIPA	RATELOSON Philippe E-mail: plainedetana@wanadoo.mg
PAEAR	<u>RAKOTONJANAHARY Ranto</u> E-mail: ranto@paearmag.com Tél: 0331555531

Institution ou Organisme	Nom, prénom et contact
JIRAMA	Henri RABENANDRASANA Directeur Equipement Eau, Antsahavola E-mail : deo@jirama.mg Tel : 034 83 341 95/032 52 34195
CNRIT	RAKOTOARIVONY Emma E-mail: emmarakotoarivony@yahoo.fr Tél: 03305 030 90
CARITAS	RAKOTOMALALA Philemon E-mail: caritasaepah@moov.mg Tél : 0340527181
PSI	Nicole RANDRIAMAMPIANINA E-mail: nicolea@psi.mg Tél : 0320745288
UNICEF	RivoNoeison/WASH Specialist E-mail: rnoelson@unicef.org Tél: 0322342758
AES	RAZAFIMAHATRATRA TheomoléonDelys delys@yahoo.fr Tél: 0332122226
SAF/FJKM	Simon RAMANGARIJAONA E-mail: simonramagarijaona@saf-fkm.org Tél : 0332066389
INTERAIDE	M. HARACA Geoffrey E-mail: eau_mada@interaide.org Tél : (020) 2252638/0326117731
Direction Régionale de l'Eau, Assainissement et Hygiène AtsimoAndrefana	RANDRIANILAINA Herimampionona E-mail: herihlg@gmail.com Tél : 0330240866

Annexe III : Différentes politiques agricoles

Encadré 2 : Politique Nationale de Développement (PND Madagascar, 2015)

La vision de la PGE/PND « Madagascar Prospère et moderne » devant se décliner en des capacités multiformes (économique, sociale, politique, spatiale, environnementale...) et en une adéquation harmonieuse avec les formes de progrès vécues et rencontrées à travers le monde

Le but final est de parvenir à une croissance économique soutenue et partagée permettant à la société malagasy d'être résiliente aux chocs additionnels de par l'utilisation de ces différents types de capital naturel, humain et productif d'une manière inclusive, intégrée et durable.

Axe stratégique N°5 : « Valorisation du Capital naturel et renforcement de la résilience aux risques de catastrophes ». dont l'une des composantes est d'Intégrer les actions *de lutte contre le changement climatique dans la promotion d'une économie résiliente*

Encadré 3 : Politique nationale sur la lutte contre le changement climatique en Agriculture à Madagascar

i. **Vision** Pour faire face au Changement Climatique, « *Madagascar a comme vision de disposer de toutes les capacités requises favorables au développement durable du pays* ».

ii. **Objectifs**

- Promouvoir des mesures nationales appropriées pour réduire le degré de vulnérabilité du pays face au Changement Climatique et les émissions de Gaz à Effet de serre.
- Développer des comportements contribuant à la lutte contre le Changement Climatique à tous les niveaux.

iii. **Axes stratégiques**

Axe 1 : Renforcement des actions d'adaptation au changement climatique

tenant en compte *des besoins réels* du pays

Axe 2 : Mise en œuvre des actions d'atténuation au profit du développement du Pays

Axe 3 : Intégration du changement climatique à tous les niveaux.

Axe 4 : Développement des instruments de financements pérennes.

Axe 5 : Promotion de la recherche, développement et *transfert de technologie* et la gestion adaptive

Encadré 4 : Politique sectorielle de l'Agriculture, Elevage et Pêche (PSAEP/PNIAEP Madagascar, 2015)

Vision : « Madagascar en 2025, s'appuie sur une production Agricole compétitive et durable, intégrant des exploitations familiales et des unités de transformation modernisées pour assurer la sécurité alimentaire et conquérir les marchés d'exportation ».

L'objectif global du PSAEP/PNIAEP est de réduire le taux de pauvreté de la population, vivant en dessous du seuil de 1,25 USD par jour en passant de 82% à 20% en 2025, d'avoir un taux de croissance annuelle pour le secteur AEP de 6% s'il n'est que 2,6 % actuellement et de faire progresser les investissements privés dans les trois sous-secteurs (agriculture, élevage et pêche).

Les défis à relever pour le PSAEP sont de :

- mobiliser l'ensemble des acteurs, avec l'adoption de l'approche genre, autour des objectifs du secteur tout en accordant une importance au processus de décentralisation et de déconcentration à travers une démarche d'approche programme ;
- préserver les acquis et relancer le secteur après la crise ;
- obtenir une croissance agricole de 6% par an ;
- optimiser l'utilisation des ressources disponibles afin d'obtenir des résultats directs pour la population ;
- rendre disponibles, accessibles et compétitifs les produits Agricoles sur les marchés intérieurs et extérieurs ;

- *Renforcer la résilience des systèmes de production Agricoles pour faire face aux changements climatiques et favoriser les pratiques agricoles durables permettant d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre.*

Le PSAEP propose 5 programmes bien définis. Il s'agit de :

- P1 : Exploitation rationnelle et durable des espaces de production et d'exploitation des ressources
- P2. *Amélioration soutenue de la productivité et de la promotion des systèmes de productions compétitifs* (visant à augmenter le pourcentage de producteurs adoptant les nouvelles technologies de production)
- P3. Contribution à la sécurisation alimentaire et amélioration nutritionnelle et la réduction des risques
- P4. Amélioration de l'accès aux marchés nationaux et repositionnement de l'exportation
- P5. Amélioration de la gouvernance des institutions et renforcement de la capacitation des acteurs

Encadré 5 : Programme d'Action National d'Adaptation au Changement Climatique (PANA Madagascar, 2006)

1. Réhabilitation et/ou construction des barrages et digues de protection
2. Mise en place et redynamisation des associations des usagers de l'eau
3. Appui à l'intensification de la production végétale et animale à travers notamment l'acquisition de matériels agricoles, la distribution d'intrants, le développement des activités génératrices de revenus dans les différentes filières porteuses régionales,
4. Adoption de la lutte antiérosive par les techniques de défense et de restauration du sol (conservation des sols).
5. Mise en place de structure légère et/ou renforcement du Service Météo décentralisé
6. Reboisement des zones rurales disposant de plans de reforestation avec des espèces adaptées/appropriées

Annexe IV : Contraintes climatiques de l'agriculture à Madagascar

Encadré 6 : Contraintes climatiques de la riziculture à Madagascar

Les sécheresses critiques pour la riziculture

Sans être une plante aquatique, le riz demande plus d'eau que les autres céréales. Les sécheresses les plus critiques se présentent de la façon suivante :

I. Retard de la saison des pluies

S'il n'y a pas de source ou de retenue d'eau, il faut attendre l'arrivée de la saison des pluies pour pouvoir mettre en boue la rizière et ensuite repiquer. Les conséquences d'un retard de la saison des pluies sont les suivantes :

- En attendant la pluie, les plants vieillissent dans la pépinière. Les premières talles ne peuvent pas pousser. Après repiquage il y aura une **baisse du pouvoir de tallage et diminution du rendement**. Les meilleurs repiquages s'effectuent de 12 à 20 jours après semis. Au-delà de 24 jours, **la baisse de rendement devient nette**, mais à Madagascar on repique encore souvent à plus de quarante jours.

- Pour les variétés photopériodiques, le repiquage tardif ne génère pas de décalage du cycle mais une diminution de la durée du tallage se répercutant **négativement sur le rendement**. C'est particulièrement le cas avec la variété locale Makalioka 34 au Lac Alaotra.

II. Sécheresse après repiquage ou durant le tallage

- Premier cas : il y a eu assez de pluies pour repiquer, mais il s'ensuit un arrêt de la précipitation. Les **plants fragilisés par le stress de la transplantation meurent**.

- Plus courante est la sécheresse survenue au moment du tallage, au point que **les plantes sèchent**. En 2000, cette situation survient d'une façon généralisée au Lac Alaotra .

III. Sécheresse durant la montaison

La plante est particulièrement sensible à la sécheresse lors de l'initiation florale, et durant la montaison, l'épiaison, la floraison, jusqu'au début de la maturation. Elle l'est aussi aux coups de vents, et même aux orages magnétiques lors de l'initiation florale. La période critique est d'une quinzaine de jours. Mais le début de cette période varie selon la variété, la chaleur, la longueur du jour, ou même selon la densité du repiquage.

Inondations entraînant la submersion permanente de la plante du riz dans l'eau

I. Froid aigu au moment de la floraison

Celui-ci provoque la stérilité des épillets ; il affecte surtout les variétés à faible tolérance au froid

II. Submersion permanente à la phase de maturité

Celle-ci entraîne la pourriture des grains et la propagation des maladies

III. Submersion après la mise en place :

On assiste à un faible taux de survie des jeunes plants

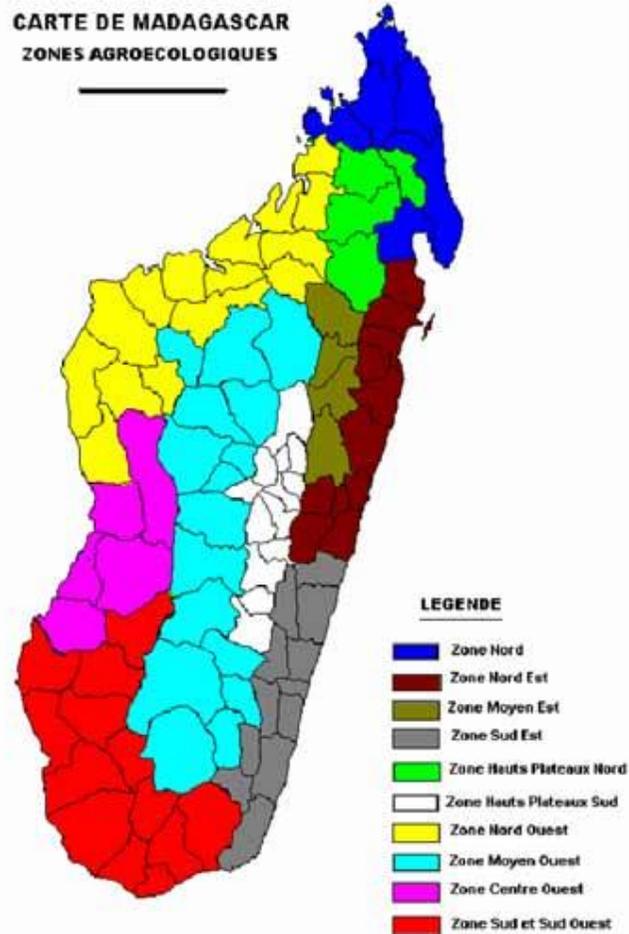
Annexe V : Manifestations et impacts du changement climatiques sur l'agriculture malagasy

Figure 4 : Changement climatique sur la riziculture des différentes zones agro écologiques de Madagascar

Pour la riziculture des Hautes Terres notamment sur les Hauts Plateaux, la partie Nord-est des Hauts Plateaux, la partie Sud des Hauts Plateaux et le Centre-Est :

- Perturbations du calendrier cultural : la tendance à la diminution des précipitations, observée ces dernières années :
 - ⇒ Menace sérieuse pour le rendement rizicole « varyaloha » (récoltes attendues en Janvier), tandis qu'en même temps ces mêmes récoltes risquent d'être saccagées par les cyclones du mois de Janvier.
 - ⇒ Menaces des « vakiambiaty » (récoltes attendues en Mai-Juin) par les cyclones de la période Janvier-Avril menacent. Or, la riziculture irriguée reste le mode de culture du riz le plus répandu et 98% des terres irriguées sont destinées à la riziculture, le riz étant l'aliment de base à Madagascar.

Impacts positifs : en absence de contraintes biotiques et d'événements météorologiques violents, le **réchauffement climatique pourrait avoir un effet positif sur la productivité du riz irrigué** : l'augmentation des températures accélérant, de ce fait, la floraison et la maturation des grains de sorte que la demande en eau et en nutriments de la plante est mieux ajustée aux disponibilités du sol cultivé. (CIRAD, 2012)



Les parties Est, Centrale, Nord-est et Nord-ouest de Madagascar subissent des

Cyclones intenses + inondations, dont l'une des premières victimes est la riziculture.

Avant l'arrivée des cyclones, des zones peuvent connaître des déficits hydriques accrus dus au prolongement des séquences sèches.

Régions d'Antsinanana, de VatovavyFitovinany et d'AtsimoAntsinanana sur la côte Est,

- ⇒ le cyclone a détruit entre 40 et 70 pourcent de leur production rizicole. D'une manière générale, le secteur agriculture, particulièrement la riziculture, subit depuis au moins 10 ans les conséquences de ce déséquilibre climatique, ce dernier devenant une menace importante pour la sécurité alimentaire et l'économie. (A titre d'information, au niveau national, la culture de riz représente 60% des surfaces cultivées et 87% des exploitations agricoles).

Partie Sud du pays,

La sévérité des sécheresses perturbe la pratique agricole. Dans cette région, d'une manière cyclique, les cultures pluviales (maïs, haricots, manioc) sont affectées par la venue tardive des pluies, leur répartition irrégulière ou la faiblesse des précipitations.

Ce phénomène entrave le développement des cultures et conduit, dans le cas de la région Androy à un échec total des récoltes de maïs, du sorgho et du niébé,

Les régions **Anosy et AtsimoAndrefana** connaissent des pertes de l'ordre de 40% de leur récolte de riz du fait de la sécheresse, et des dégâts considérables sur l'ensemble des cultures suite aux invasions acridiennes.

Les impacts du changement climatique /de la variabilité climatique sur l'agriculture en général sont matérialisés dans le tableau 5:

Tableau 5: Variabilité climatique et agriculture à Madagascar

Manifestations du changement Climatique	Conséquences négatives pour les petits producteurs	Réponses paysannes observées et propositions des structures d'appui	Conditions de réussite et de répliquabilité	Zones touchées
<p><u>Sècheresse au stade critique</u> (floraison, mise en place, etc) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un prolongement de la saison chaude qui actuellement, a tendance à s'étendre jusqu'au milieu de l'année, alors qu'auparavant, vers le mois de juin la saison fraîche devrait être déjà bien sentie - la montée de la température accentuant l'aridité de la partie Sud de l'île, marquée depuis 1950 : un phénomène qui s'est d'ailleurs étendu vers la partie Nord du pays à partir des années 70, et aboutissant en 2000, à un niveau de 	<ul style="list-style-type: none"> - Chute des rendements agricoles - Moins de fourrages pour les bétails - Moins d'eau dans les barrages hydroagricoles/tarissement des sources d'eau - Diminution des surfaces cultivées - Famine 	<ul style="list-style-type: none"> o Changement de système de production/système de culture/spéculation o Pratiques moins intensives par les producteurs (gestion de risque en combinant les composantes de plusieurs systèmes de culture) o Aménagement des réseaux d'irrigation et de drainage 	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver des marchés pour les produits - Identifier des sols adaptés, - Améliorer l'accès des ressources en eau - Réduire la pression foncière - Faciliter l'entretien de la fertilité et la jachère 	<p>Presque toute l'île, avec un impact plus prononcé dans l'Extrême Sud</p>

Manifestations du changement Climatique	Conséquences négatives pour les petits producteurs	Réponses paysannes observées et propositions des structures d'appui	Conditions de réussite et de répliquabilité	Zones touchées
réchauffement observé de plus en plus important dans la moitié Sud du pays par rapport à celui du Nord		<ul style="list-style-type: none"> ○ Extension des surfaces cultivables (plateau, etc) 		
<u>Retard des pluies</u> : arrivée tardive des premières pluies , qui habituellement se passe dès la mi-septembre, vers la fin de l'année et ceci avec une tendance à la diminution de la précipitation annuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Perturbation du calendrier cultural - Chute de rendement - Durée de Cycle de culture réduite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilisation des variétés plus précoces (à cycle court) ○ Accélération des semis (mécanisation) ○ Refonte du calendrier cultural (date de mise en place) ○ Diversification et polyculture dispersée tant en saison qu'en contre saison (cultures riches/cultures de rente) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Doter les producteurs aux équipements adéquats ○ Mettre à disposition des producteurs des innovations technologiques et des intrants agricoles appropriés (informations sur les itinéraires techniques adaptés, sur les données 	Presque toute l'île sauf la partie Est

Manifestations du changement Climatique	Conséquences négatives pour les petits producteurs	Réponses paysannes observées et propositions des structures d'appui	Conditions de réussite et de répliquabilité	Zones touchées
			<p>météorologiques pertinentes)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Faciliter de l'Irrigation/accès en eau (zones en amont) 	
<p><u>Inondations dues à :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - l'augmentation du nombre de cyclones d'intensité supérieure. En effet, depuis l'année 2004, si le nombre de cyclones par saison de pluie est restée plus ou moins invariable (3 à 4, rarement 5), leurs intensités se sont aggravées. Entre 1975 et 1989, le nombre de cyclones de catégories 4 et 5, c'est-à dire caractérisées par des vents allant à 150 km/heure, parcourant l'Océan Indien était de 18, tandis qu'à peu 	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de récoltes - Perte d'animaux - Prolifération des maladies fongiques/ennemis de la plante - Problèmes socio-économiques : <ul style="list-style-type: none"> ○ insécurité, ○ famine, ○ épidémie, ○ une élévation du taux de 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Migrations pour compléter les revenus ○ Diversification des cultures (polyculture dispersée) ○ Valorisation des autres terroirs en amont (« tanety » ou plateau) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Trouver des marchés pour les produits ○ Faciliter de l'Irrigation/accès en eau (zones de plateau) et de drainage (zones de bas-fonds) ○ Mettre à disposition des producteurs des outils pour la restauration de la 	<p>La partie Est, les Hautes Terres Centrales, le Sud-Ouest</p>

Manifestations du changement Climatique	Conséquences négatives pour les petits producteurs	Réponses paysannes observées et propositions des structures d'appui	Conditions de réussite et de répliquabilité	Zones touchées
<p>près pour la même durée, entre 1990 et 2004, ce chiffre est passé à 50 cyclones/saison de pluie, traduisant de ce fait une alarmante augmentation.</p> <p>– des pluies diluviennes inopinées et incessantes sur une courte durée</p>	<p>malnutrition,</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ la diminution des revenus des ménages, et tout en sachant que l'agriculture contribue à hauteur de 26% pour l'économie nationale, conduirait à une diminution du PIB national. 		<p>fertilité du sol</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Créer une nouvelle source d'emplois pour les producteurs 	
<p><u>Froids anormaux au stade critique(floraison)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Perte de récoltes – Perte d'animaux – Duré de cycle de culture réduite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagements (haies vives, brise vent) ○ Variétés résistantes au froid 	<ul style="list-style-type: none"> – Informer et assister les producteurs dans la mise en œuvre – Renforcer la 	<p>Les Hautes Terres Centrales</p>

Manifestations du changement Climatique	Conséquences négatives pour les petits producteurs	Réponses paysannes observées et propositions des structures d'appui	Conditions de réussite et de réplicabilité	Zones touchées
			recherche des variétés tolérantes au froid et aux différents stress	
<u>Erosion hydrique</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de rendements agricoles - Perte de couches arables du sol - désertification 	<ul style="list-style-type: none"> o Extension des surfaces cultivées et intensification des cultures moins risquées (restauration fertilité du sol, de l'accès en eau) o Diverses actions de lutte antiérosive pour la restructuration du paysage (terrasses, culture en courbes de niveau, reboisement, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> - Faciliter l'accès aux ressources foncières (juridiquement) - Solutionner les problèmes de crédit et/ou moyens financiers, de main d'œuvre 	Les Hautes Terres Centrales, le Sud, l'Est, l'Ouest et le Moyen Ouest/Moyen Est