



FOOD AND  
AGRICULTURE  
ORGANIZATION OF  
THE UNITED

**REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA**  
*Tanindrazana – Fahafahana – Fandrosoana*  
MINISTRE DE L'AGRICULTURE (MINAGRI)

SECRETARIAT GENERAL et  
DIRECTION GENERALE DE L'AGRICULTURE

---

Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandrare (PHBM)  
2001-2008

ETUDE DE CAS PROGRAMME PAYS MADAGASCAR  
Direction: Benoît Thierry, Chargé de Programme FIDA Madagascar  
Louis Bockel, Appui aux politiques agricoles FAO

Rédaction: Armel Gentien – Ecole Supérieure d'Agriculture, Angers, France  
Août, 2010

**Etude de cas: Analyse du potentiel de mitigation climatique du projet  
PHBM II**

**Outil EX-ACT pour l'analyse bilan carbone des projets d'investissements**



*Source PHBM*

## Sommaire

1. Introduction	3
1.1 Objectifs de l'étude de cas	3
1.2 Contexte climatique	3
1.3 Étapes d'analyse de l'évaluation ex-ante bilan carbone	3
1.4 L'outil EX-ACT	4
1.5 Contexte national	4
2. Les objectifs du projet	5
3. Potentiel de mitigation du projet d'après l'outil EX-ACT	7
3.1 Le module description d'EX-ACT	7
3.2 Un impact significatif sur la baisse de la déforestation	8
3.3 Pallier au manque de bois : Le reboisement communautaire, un puits de carbone important	11
3.4 Intensification et diversification de la production agricole	12
3.5 Aménagements hydroagricoles	14
3.6 Une meilleure gestion des feux de brousse	16
3.7 Élevage : des émissions non négligeables	18
3.8 Un accès facilité aux intrants	19
3.9 Les infrastructures : des émissions négligeables	20
4. Analyse des différents scénarios	20
4.1 Scénario «principal»	20
4.2 Scénario « pessimiste »	22
4.3 Scénario « optimiste »	23
5. Conclusion	24

# 1. Introduction

## 1.1 Objectifs de l'étude de cas

Cette étude porte sur le potentiel du Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandraré PHBM) un projet du Fonds international de développement agricole (FIDA) à Madagascar, à contribuer à la mitigation du changement climatique mondial. Le projet est achevé. L'outil EX-ACT (Ex-ante Appraisal Carbon Tool), développé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), permet en effet d'évaluer la concentration en gaz à effet de serre.

L'étude s'articule de la façon suivante : la première partie résume brièvement le Programme, ses objectifs ainsi que le contexte environnemental régional. La deuxième partie traite des données utilisées, de leur provenance, ainsi que des hypothèses formulées et de leurs résultats. La dernière partie concerne les différents scénarios possibles, depuis le scénario le plus pessimiste jusqu'au scénario plus optimiste, en passant par un état des lieux du stockage et des émissions de gaz à effet de serre du projet.

## 1.2 Contexte climatique

Le changement climatique est l'un des défis majeurs du vingt-et-unième siècle. Tous les jours, les activités humaines tels les transports, la production d'énergie et l'industrie produisent une quantité non négligeable de gaz à effets de serre qui contribuent au changement climatique. Le climat terrestre est affecté de diverses façons par l'augmentation des émissions de gaz à effets de serre : la moyenne des températures augmente et les événements climatiques extrêmes tels les cyclones, sécheresses ou inondations se font de plus en plus fréquents.

L'agriculture et la déforestation sont également des sources importantes de gaz à effet de serre (GES), contribuant pour 13 et 17 % des GES globaux en 2004.

Les principaux GES sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et le méthane (CH<sub>4</sub>). Le méthane et le protoxyde d'azote sont principalement produits par l'agriculture, notamment la riziculture, l'application d'engrais, les brûlis, et l'élevage. Le CO<sub>2</sub> provient principalement de la déforestation et du changement d'utilisation des terres. Les secteurs de l'agriculture et de la forêt ont un fort potentiel de mitigation (atténuation du changement climatique). Les options d'atténuation peuvent aussi contribuer à augmenter la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté rurale sachant également que 74 % de ce potentiel de mitigation se trouve dans les pays en voie de développement. (FAO, 2010)

## 1.3 Étapes d'analyse de l'évaluation ex-ante bilan carbone

L'évaluation *ex-ante* du bilan carbone des projets agricoles se construit autour de trois étapes principales :

i) Récolte et organisation des données du projet :

- Occupation actuelle des terres et changements d'occupation prévus selon les scénarios "sans projet" et "avec projet", description des systèmes agricoles, type de production de bétail, intrants utilisés, et autres investissements liés au projet
- Pratiques agricoles en vigueur détaillées pour chaque sous-module (forêts, cultures annuelles, prairies, etc.)

ii) Estimation du bilan carbone du projet en utilisant EX-ACT

iii) Description des scénarios, analyse des résultats et analyse économique

## 1.4 L'outil EX-ACT

EX-ACT est un outil conjointement développé par trois divisions de la FAO : Division de l'appui à l'élaboration des politiques et programmes de développement [TCS], Division du centre d'investissement [TCI] et Division de l'économie du développement agricole [ESA]). Il produit des estimations ex-ante de l'impact des projets de développement agricole et forestier sur les émissions de GES (dioxyde de carbone, protoxyde d'azote et méthane) et la séquestration de carbone, indiquant leurs effets dans un bilan carbone.

L'outil EX-ACT compare deux scénarios: le premier représente le scénario de référence sans projet, et le second le scénario avec projet. Le résultat carbone final est la différence entre les deux scénarios. C'est un outil facile d'utilisation qui est généralement utilisé dans un contexte de formulation ex-ante des projets de développement agricole et forestier, ou même durant la phase de mise en place du projet comme le démontre l'étude du PHBM.

## 1.5 Contexte national

**Information sur le pays.** Madagascar est une île située à l'est du Mozambique, dans l'Océan indien. Avec une surface totale de 587 041 km<sup>2</sup>, elle est divisée en 22 régions (faritra). La population, estimée en 2009, s'élevait à 20,7 millions d'habitants (CIA, 2010), dont 71% vivent en zone urbaine.

**Agriculture, riz et irrigation.** L'agriculture représente la base de l'économie domestique de Madagascar. Elle contribue à environ un tiers du PIB total et à 40% des exportations totales. Environ les trois quarts de la population dépendent de l'agriculture pour leur subsistance. Environ la moitié de Madagascar comprend des terres cultivables, mais seulement un peu plus de 5% sont utilisées pour la culture, avec une large partie de ces terres exploitées par irrigation (environ 40%). Le riz est la culture de base principale, représentant 70% de la production agricole totale et quelque 10 millions d'habitants du pays en sont tributaires pour leur alimentation et leurs revenus.

**Dégradation des terres, ressources naturelles et aménagement du territoire.** La dégradation des terres est l'un des problèmes les plus sérieux et les plus répandus dans le secteur agricole à Madagascar. Avec la stagnation des rendements dans les plaines irriguées et la croissance démographique, les agriculteurs ont étendu leurs activités sur les flancs des

collines. L'occupation des terres en amont des bassins versants est souvent basée sur des pratiques extensives avec une gestion non durable, la plus importante étant le manque de contrôle de l'érosion et le manque de gestion de la fertilité des sols sur les parcelles agricoles, l'agriculture sur brûlis (tavy) et les feux fréquents des pâtures (dans l'ouest).

La dégradation des terres est aussi causée par la déforestation dans un but agricole, causant une augmentation des émissions de carbone, une perte de la biodiversité et le déclin des services environnementaux réguliers. Ces pratiques ne contribuent pas seulement à la dégradation et la faible productivité des plateaux, elles ont aussi un impact significatif sur l'agriculture de plaine. L'érosion des sols des plateaux et le ruissellement des eaux de surface causent également une sédimentation des infrastructures en aval, contribuant à la réduction des zones cultivées et irriguées, à des inondations locales des parcelles de riz durant la saison des pluies et à un manque d'eau durant la saison sèche.

## **1.6 Contexte régional en 2001**

La zone d'intervention du PHBM est marquée par un relief cristallin irrigué par un réseau hydrographique alimentant le fleuve Mandraré. La population de la zone était estimée en 1995 à 96 000 habitants avec une densité moyenne de 10 hab/km<sup>2</sup>, et est passée à 130 000 habitants en 2008 du fait de la croissance naturelle et des migrants, attirés par les aménagements et les opportunités de services apportés par le projet.

Les systèmes de production sont caractérisés par une agriculture traditionnelle et un élevage traditionnel extensif orientés vers la subsistance et les marchés locaux. L'agriculture irriguée se pratique dans les périmètres traditionnels où domine la riziculture avec deux saisons de culture.

Durant la saison des pluies, l'agriculture sèche (type maraîchage) est pratiquée sur les collines dans de petites parcelles. Les zones de pâtures pour le bétail sont situées dans les zones non cultivables, généralement des zones de savane fréquemment sollicitées par les feux de brousse. Malgré plusieurs atouts tels que des sols de vallée fertile, des ressources en eau potentiellement importante, une faible pression démographique sur les terres et une population jeune, la zone est soumise à des contraintes majeures. Un enclavement sévère, une insécurité alimentaire épisodique à cause d'une forte variabilité climatique inter-annuelle, un taux d'analphabétisme très élevé (93% en 2001), une insécurité rurale endémique liée aux vols de bétail, des services et des infrastructures très faiblement développés, sont autant de facteurs qui influent de façon négative sur la région. (Rapport de Pré-évaluation, 2000)

## **2. Les objectifs du projet**

Le PHBM II est un projet terminé du FIDA qui s'est déroulé de 2001 à 2008 sur une période de sept ans. Il fait suite au projet PHBM I qui s'est déroulé entre 1996 et 2001. Le premier projet PHBM a été formulé suite à une succession de sécheresses qui a culminé en 1991,

entraînant une grave crise alimentaire chez les populations rurales du Haut Bassin du Mandrare.

**Objectifs globaux :** Contribuer à la **diminution de la pauvreté rurale** par une **diversification et un accroissement durable des revenus** des populations rurales, principalement les plus démunies, par une **amélioration de la sécurité alimentaire** et par une contribution à une **gestion durable des ressources** naturelles. **(RPE 2001)**

Les composantes du projet sont les suivantes :

Composante 1 : Renforcement des capacités locales

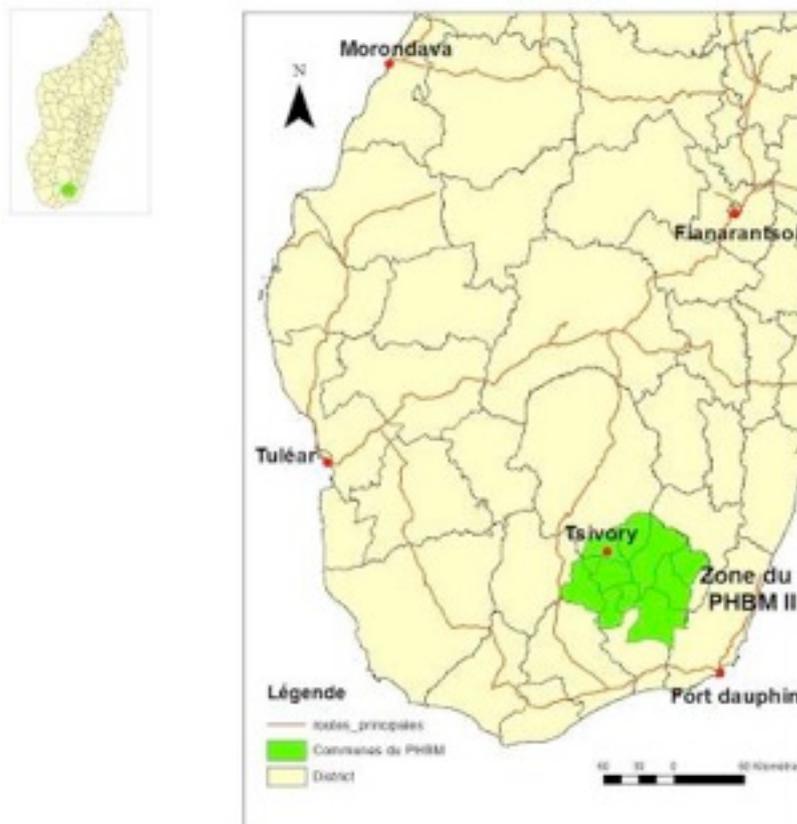
Composante 2 : Appui aux initiatives locales

Composante 3 : Appui aux services financiers

Composante 4 : Désenclavement

Composante 5 : Coordination et gestion de projet

Le périmètre du PHBM II concerne 11 communes situées dans les régions Anosy (dix communes) et Androy (une commune). La superficie de la zone est d'environ 860 700 ha<sup>1</sup>.



Carte 1: localisation de la zone du projet

---

<sup>1</sup> D'après analyse SIG

### 3. Potentiel de mitigation du projet d'après l'outil EX-ACT

Les activités prises en compte dans EX-ACT ayant un effet sur l'émission ou le stockage de gaz à effets de serre sont les suivantes :

- Sensibilisation environnementale
- Reboisement de la zone
- Lutte contre les feux de brousses
- Augmentation de l'élevage
- Promotion de nouvelles techniques de production rizicole
- Intensification et diversification de la production agricole

#### 3.1 Le module description d'EX-ACT

##### *Le climat*

Le projet se situe dans la région du Mandraré dans le grand sud de Madagascar. Le climat est de type sub-aride avec deux saisons bien distinctes : une saison pluvieuse qui concentre 80% des précipitations sur cinq mois et une saison sèche d'avril à octobre. Les précipitations moyennes sont de 640 mm dans la commune d'Ebelo et de 980 mm dans le chef-lieu de Tsimbucy. Celles-ci tombent généralement sous forme de grosses averses, pouvant entraîner des ravinements. Les irrégularités climatiques sont fréquentes d'une année à l'autre rendant la production des cultures vivrières non irriguées très aléatoires. La température moyenne annuelle est de 23,1 °C. Le climat indiqué dans le logiciel EX-ACT est de type « tropical dry ».

##### *Les sols*

On compte huit grandes unités pédologiques distinctes à vocations agricoles très distinctes<sup>1</sup>. Les sols cultivés sont principalement dans les bas-fonds. Ces derniers sont des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, à sesquioxyde de fer (sols LAC à faible teneur en argile selon la classification du GIEC), mais aussi des sols brunifiés tropicaux vertiques (Sols HAC à forte teneur en argile selon la classification du GIEC). Nous prendrons par défaut l'option des LAC pour l'étude.

##### *Durée du projet*

Pour les besoins du logiciel EX-ACT, nous considérons une durée de sept ans pour la phase d'implémentation et de 13 ans pour la phase de capitalisation.

---

<sup>1</sup> Document du PHBM : Résultats de prospection et d'analyse de sol (Juin 2006)

### 3.2 Un impact significatif sur la baisse de la déforestation

#### *La végétation de la zone d'étude*

D'après le rapport de pré-évaluation (RPE), on rencontre principalement cinq typologies de végétation dans la zone du projet PHBM, plus ou moins dégradée (voir en annexe du RPE PHBM l'explication sur les types de végétation)

- la forêt galerie
- La forêt sèche semi-cadulcifoliée
- Le fourré
- Le bush
- La savane

Ces types de forêt sont différents de la typologie utilisé dans l'inventaire écologique forestier national (IEFN)<sup>1</sup>, cependant on peut considérer que la forêt dense humide sempervirente (une des classes de l'IEFN) correspond à la forêt galerie, et la forêt dense sèche à Didiereaceae (classe de l'IEFN) correspond à la forêt sèche semi cadulcifoliée, les dénominations « savane » et « bush » comprenant à la fois les superficies de savane avec et sans élément ligneux.

Le tableau ci-dessous renseigne les différentes valeurs par défaut d'EX-ACT concernant la biomasse des forêts.

**Tableau 1** : Valeurs de biomasse par défaut pour les différents types de forêt pris en compte dans EX-ACT

Type of Default forest/plantation proposed within the specified Climatic zone			Suggested Default Values per hectare (/ha)						
			Above-Ground Biomass		Below-Ground Biomass		Litter	Dead Wood	Soil C
Ecological Zone			tonnes dm	t C	tonnes dm	t C	t C	tC	tC
Natural Forest	Forest1	Tropical rain forest	310	145.7	114.7	53.9	3.65	0	35
	Forest2	Tropical moist deciduous forest	260	122.2	62.4	29.3	3.65	0	35
	Forest3	Tropical dry forest	120	56.4	33.6	15.8	3.65	0	35
	Forest4	Tropical shrubland	70	32.9	28.0	13.2	3.65	0	35
Plantation	Plantation1	Tropical rain forest	150	70.5	55.5	26.1	3.65	0	35
	Plantation2	Tropical moist deciduous forest	120	56.4	24.0	11.3	3.65	0	35
	Plantation3	Tropical dry forest	60	28.2	16.8	7.9	3.65	0	35
	Plantation4	Tropical shrubland	30	14.1	12.0	5.6	3.65	0	35

La forêt galerie et la forêt sèche peuvent globalement être classées dans la catégorie « tropical dry forest ». Les fourrés sont dans la catégorie « Tropical shrublands » (plantation4). Une partie de la savane peut être considérée dans l'onglet forêt même si elle ne correspond pas à la

<sup>1</sup> Inventaire Ecologique Forestier National 2000, c'est l'inventaire le plus récent réalisé concernant l'occupation du sol de Madagascar.

définition d'une forêt<sup>1</sup>. En effet, celle-ci peut être arborée avec une strate arbustive de moins de sept mètres de haut. La savane arborée est donc classée dans la catégorie plantation 4.<sup>2</sup>

Les différentes surfaces sur la zone du PHBM en 2000 sont décrites dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2:** occupation du sol sur les zones du projet d'après l'IEFN 2000<sup>3</sup>

Occupation du sol	commune PHBM région Anosy	extrapolation manombo	surface PHBM	Classification dans EX-ACT
Forêts denses humides sempervirentes de moyenne altitude	4 986	626	5 612	forêt 2
Forêts denses sèches-série Didiereaceae	64 368	8 085	72 453	forêt 3
Forêts denses sèches-série Didiereaceae - dégradées et/ou secondaires	4 558	573	5 131	forêt 4
Fourrés xérophiles	53 661	6 740	60 402	plantation 4
Fourrés xérophiles dégradés et/ou secondaires	33 671	4 229	37 900	plantation 4
Mosaïque de cultures, jachères, lambeaux forestiers, formations graminéennes	3 644	458	4 101	-
Plans d'eau	2 791	351	3 141	-
Riz	6 713	843	7 557	-
Savanes et/ou pseudosteppes avec éléments ligneux	98 990	12 434	111 424	plantation 4
Savanes et/ou pseudosteppes sans éléments ligneux	495 507	62 239	557 746	prairie
<b>total</b>	<b>768 890</b>	<b>96 577</b>	<b>865 467</b>	

Avant l'arrivée du projet, les forêts sont déjà réduites en lambeaux : les feux de brousses ainsi que les prélèvements pour le bois de chauffe en sont les causes principales. Les forêts sèches sont également touchées par une exploitation incontrôlée, des feux accidentels et des défrichements agricoles. Il subsiste quelques rares plantations d'eucalyptus pour fournir du bois de chauffe et du bois d'œuvre pour fabriquer planches et madriers. Celles-ci sont fortement dégradées, surexploitées et non renouvelées. Il en résulte ainsi une pression accrue sur les forêts naturelles pour l'extraction de bois de construction et de chauffe dont la qualité est souvent moindre.

Le rythme de déforestation des forêts de la région d'Anosy où est situé le projet s'élevait à 1,02 % par an sur la période 2000-2005<sup>4</sup>. Faute de plus d'informations, nous considérerons ce taux comme celui de référence pour la situation sans projet.

Plusieurs actions du projet permettront de réduire la pression sur la forêt :

**L'éducation environnementale** des jeunes est fondamentale. Le projet a travaillé avec le World Wildlife Fund (WWF) pour sensibiliser les jeunes à l'importance de l'environnement et des forêts. Au total, 228 réunions de sensibilisation ont été organisées. Cette campagne de sensibilisation aura un effet indirect sur la gestion future des forêts.

<sup>1</sup> Définition d'une forêt selon la FAO : terrain de plus de 0,5 ha avec des arbres plus haut que 5 m (ou des arbres capables d'atteindre cette hauteur *in situ* et une couverture forestière de plus de 10%.

<sup>2</sup> Hypothèse personnelle après discussion avec l'ancien responsable du suivi-évaluation du projet. Cependant, une visite terrain avec échantillonnage sur terrain serait préférable. Les stocks de carbone des buissons épineux ainsi que des forêts sèches du sud devraient être évalués prochainement avec la mise en place des projets REDD. Document REDD sur le site de ministère de l'environnement et des forêts : [http://www.pnae.mg/ie/redd\\_docs/](http://www.pnae.mg/ie/redd_docs/)

<sup>3</sup> Une extrapolation a été faite pour la commune Manombolo car elle n'est pas dans la région Anosy et car le fichier SIG concernait uniquement la région Anosy. Le type de végétation est globalement le même sur cette commune que sur le reste de la zone.

<sup>4</sup> D'après le site du ministère de l'environnement de Madagascar: [http://www.meeft.gov.mg/index.php?option=com\\_content&task=view&id=7&Itemid=8](http://www.meeft.gov.mg/index.php?option=com_content&task=view&id=7&Itemid=8)

**La sensibilisation contre les feux de brousse** va également avoir un impact sur la forêt qui sera moins souvent soumise à des feux accidentels.

**L'arrêt des cultures sur brûlis** est primordial pour la conservation de la forêt. Dans la situation avant projet, les cultures sur brûlis étaient fréquemment rencontrées. Les cultures de maïs se pratiquaient sur la forêt sèche. En effet, les agriculteurs brûlaient la forêt afin de pouvoir disposer de la fertilité temporaire du sol. Nous formulons l'hypothèse que le projet va permettre l'arrêt de ces cultures sur brûlis sur forêt sèche. Dans une situation sans projet ces brûlis auraient continué.

**L'augmentation du niveau de vie** dans la zone grâce aux actions du projet PHBM va indirectement réduire la déforestation.

Ces actions vont permettre une baisse de la déforestation dans la zone du projet. On peut émettre l'hypothèse que la déforestation pourrait baisser de **1,02 à 0,5% par an** sur les communes du projet. Dans le logiciel EX-ACT, on suppose que le feu est la source principale de déforestation.

**L'opération de foyers améliorés.** Cette activité vise la promotion de fourneaux améliorés à charbon de bois qui permettraient une réduction de la consommation de charbon de bois de 66% par ménage concerné, soit une économie de bois de 1,3 tonne par an et par ménage (Évaluation finale PHBM, 2008). Cette activité se fait en lien avec des ONG spécialisées Association pour le développement de l'énergie solaire (ADES) et ALT énergie.

Au terme du projet, 3000 foyers améliorés ont été introduits auprès des ménages (environ 13% des ménages) et des formations ont été dispensées pour leur construction. Ces foyers permettent une économie de 78 000 tonnes de bois sur 20 ans (1,3 tonne de bois par an, multiplié par 3000 et par 20), ce qui correspond à environ 650 ha de forêt sèche tropicale (120 tonnes de MS dans la biomasse aérienne).

Dans une situation sans projet, ces foyers n'auraient pas été introduits dans la région et nous pouvons supposer que cette surface forestière aurait disparue. Cette action a permis d'économiser l'équivalent de 170 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>.

**Transfert de gestion des ressources forestières.** Le projet, en lien avec le WWF, a entrepris d'appliquer la procédure du gouvernement relative à la gestion communautaire des forêts. Celle-ci permet aux communautés riveraines de gérer elles-mêmes leurs espaces forestiers. Ce processus se base sur un inventaire forestier, un plan d'aménagement et un accord de gestion (cahier des charges pour l'exploitation « durable » de la forêt par les riverains).

Cinq massifs forestiers à protéger ont été sélectionnés dans la zone du projet, cependant seulement trois communautés de base autour de trois massifs d'une surface de 16 000 ha ont été mis en place et formalisés à la fin du projet<sup>1</sup>. On émet l'hypothèse que grâce à cette gestion communautaire des forêts, les 16 000 ha de massifs ne seront pas dégradés dans les

---

<sup>1</sup> Woldeyes, 2007. page 8

20 ans suivant le commencement du projet. Dans une situation sans projet cette surface se serait dégradée au même rythme que la forêt dans la région d'Anosy durant la période 2000-2005 (1,02% /an).

L'utilisation des terres après la forêt est la savane. Faute d'information, on considère qu'il n'y a pas d'exportation de bois.

**Tableau 3 : capture d'écran de l'outil EX-ACT**

Name	Conversion details (Harvest wood product exported before the conversion, use of fire, final use after conversion)					
	Vegetation Type	HWP before		Fire use		Final Use after deforestation
		tonne	t C exported	yes/no	% released	
Defor.1	Forest3	0	0	YES	0.36	Grassland
Defor.2	Forest3	0	0	YES	0.36	Grassland
Defor.3	Forest2	0	0	YES	0.36	Grassland
Defor.4	Forest3	0	0	YES	0.36	Grassland
Defor.5	Forest4	0	0	YES	0.72	Grassland
Defor.6	Plantation4	0	0	YES	0.72	Grassland

**Tableau 4 : Capture d'écran de l'outil EX-ACT**

GHG emissions						
Vegetation Type	Forested Area (ha)					Difference tCO2
	Start t0	Without Project		With Project		
		End	Rate	End	Rate	
Defor. 1	650	0	Linear	650	Linear	-176 762,10
Defor. 2	16000	12272	Linear	16000	Linear	-1 013 798,63
Defor. 3	5612	4571.6	Linear	5076	Linear	-289 103,05
Defor. 4	55803	46457.6	Linear	50480	Linear	-1 093 858,27
Defor. 5	5131	4179.62	Linear	4641	Linear	-81 940,59
Defor. 6	209726	170844.547	Linear	189720	Linear	-1 419 321,06
<b>Deforestation Total</b>				<b>7420899</b>	<b>3346116</b>	<b>-4 074 783,71</b>

Toutes ces activités vont permettre d'éviter l'émission de **4,07 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**<sup>1</sup> dans l'atmosphère par rapport à une situation sans projet.

Afin de réellement calculer les bénéfices du PHBM sur les forêts, un inventaire écologique forestier, utilisant la même méthodologie que le premier IEFN réalisé en 2008, aurait pu permettre de déterminer les évolutions réelles de la superficie forestière et éviter les suppositions. D'autres cartes ont aussi été réalisées par Conservation International (CI) pour la période 2000-2010, cependant la classification est beaucoup plus simplifiée et ne distingue que les zones forestières des zones non forestières, sans distinction des différents types de forêt.

### **3.3 Pallier au manque de bois : Le reboisement communautaire, un puits de carbone important**

Au total, 355 ha de reboisement communautaire ont été réalisés grâce au projet.

<sup>1</sup> Les valeurs utilisées pour les savanes arborées et les fourrés xérophiles sont peut-être exagérées, il faudrait davantage d'informations dendrométriques sur ces végétations dans le sud de Madagascar.

Les espèces plantées lors de ces reboisements sont majoritairement l'eucalyptus (pour le bois de chauffe et le bois d'œuvre) et des espèces agroforestières appréciées de la population telle le moringa, le neem et le vétiver. Ces espèces ont plusieurs vertus, qui ont été promues par le projet :

- le *Moringa*, forte valeur nutritionnelle des feuilles, vertus médicinales, rôle dans la fertilité du sol (légumineuse)
- le *Neem*, bois de construction et de chauffe, lutte contre les insectes
- le *vétiver* plante fixatrice du sol

Dans l'outil EX-ACT, la catégorie concernée par le reboisement est « plantation tropical dry forest » avec un taux de croissance de la biomasse aérienne de huit tonnes de matière sèche par hectare.

Ces plantations sont établies à proximité des villages sur des terres dégradées, mais aussi sur des parcelles dans les zones de savane. Nous émettons l'hypothèse que les plantations sont établies pour moitié sur ces deux types d'occupation du sol. Ainsi, le reboisement communautaire va permettre le stockage d'environ **154 610 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**, mais aussi favoriser la protection du sol de la forêt et la disponibilité en bois de chauffe pour les bénéficiaires.

### 3.4 Intensification et diversification de la production agricole

L'objectif principal du projet concernant les cultures annuelles est l'intensification et la diversification de la production agricole.

Les réalisations du projet sont l'introduction et l'intensification des cultures maraîchères avec des formations auprès des agriculteurs, un appui à la mécanisation, un appui en approvisionnement et en intrants, l'intensification des cultures pluviales avec un apport de nouvelles variétés résistantes à la sécheresse et plus productive (maïs et manioc), et aussi la réintroduction du sorgho, une plante résistante aux sécheresses. Il y a eu un changement important des pratiques culturales par rapport à la situation sans projet<sup>1</sup>.

Sur le tableau ci-dessous, on peut voir un aperçu des différentes spéculations du projet et des surfaces dans la situation avant projet.

**Tableau 2: Estimation de la production et partie commercialisée (situation avant projet)**

	Surface – ha	rendement t/ha	Production t/an	vente t/an (%)
Riz-paddy	8 950	1,2	10 700	~ 5 000 (50%)
Manioc/patate	8 500	4,0 (sec)	34 000	~12 000 (35%)
Mais	3 100	0,8	2 500	~ 675 (27%)
Arachide	3 100	0,9	2 800	~1 100 (40%)
Haricot/autre	775	0,6	450	~ 90 (20%)

Source: Elaboré par la mission à partir de l'étude de diagnostic participatif de la zone du PHBM, AHM, avril 2000.

<sup>1</sup> Woldeyes 2008, rapport d'achèvement.

Les parcelles de cultures pluviales, avant le projet, sont pour la plupart cultivées avec un système de défriche brûlis sur forêt sèche, afin de profiter de la fertilité provisoire du sol. Les cultures maraîchères sont rencontrées le long des cours d'eau au-dessus des zones irriguées ou sur les tanety (pentes) à proximité d'un point d'arrosage. Le maraîchage occupe de petites parcelles de 0,5 à 20 ares selon les familles et constitue une activité pour les femmes durant la saison sèche. Le maraîchage est principalement pratiqué durant la saison des pluies.

« [...]Le projet dénombrait en 2007, 7 649 agriculteurs, dont 4 629 femmes, alors que leur nombre n'était que de 401 en 2004, avec une progression de la superficie moyenne de 2 ares en 2001 à 25 ares en 2007. » (Woldeyes, 2008)

Le projet, grâce à l'accès grandissant à l'eau, a permis le passage d'une surface maraîchère insignifiante à une surface de près de 191 ha (0,025 ha x 7 650 agriculteurs). Cette augmentation des surfaces se fait sur les tanety, sols généralement dégradés.

Les cultures maraîchères sur lesquelles se concentrent les efforts concernent principalement l'oignon et l'ail, celles-ci passant d'une production quasi inexistante au commencement du projet, à une production de 620 t d'oignon et de 180 t d'ail en 2007. Aucune pratique spécifique n'est préconisée dans les documents du projet, mais des conseils techniques et des semences maraîchères sont fournies aux agriculteurs.

Pour les cultures pluviales comme le manioc, le maïs, le sorgho et le haricot, la principale innovation concerne l'introduction de nouvelles variétés plus productives et résistantes à la sécheresse et aux maladies. On considère que la culture du maïs avec brûlis des résidus est arrêtée (pris en compte dans forêt)<sup>1</sup>. Dans une situation sans projet cette culture se poursuit, la valeur de la biomasse brûlée est de 5 t de MS/ha.

Une initiation au compostage a été fournie par le projet PHBM et l'on considère que toutes les nouvelles cultures maraîchères utilisent de la fumure organique provenant du fumier des étables à zébus.

Il n'y a pas d'augmentation envisagée de la superficie cultivée des cultures pluviales.

**Tableau 5 : Capture d'écran de l'onglet cultures annuelles<sup>2</sup>**

	Your description	Improved agro-nomic practices	Nutrient management	NoTillage/residues management	Water management	Manure application	Residue/Biomass Burning	t dm/ha
<b>Reserved system A3</b>	Annual From OLUC	Yes	?	?	?	Yes	NO	10
<b>Annual System1</b>	Manioc/patate tradi	No	?	?	?	?	NO	10
<b>Annual System2</b>	Maïs tradi	No	?	?	?	?	YES	5
<b>Annual System3</b>	Arachide tradi	No	?	?	?	?	NO	10
<b>Annual System4</b>	haricot/autre tradi	No	?	?	?	?	NO	10
<b>Annual System5</b>	Manioc/patate amélioré	Yes	?	?	?	?	NO	10

<sup>1</sup> La culture sur brûlis ne dure que quelques années, puis la parcelle est laissée à l'abandon et une végétation secondaire de type savane apparaît sur la parcelle. Nous considérerons dans le logiciel que, sur une période de 20 ans, les parcelles de brûlis sont reconverties en savane.

<sup>2</sup> La ligne « annual from OLUC » représente l'augmentation de surface pour les cultures maraîchères

<b>Annual System6</b>	Mais amélioré	Yes	?	?	?	?	NO	10
<b>Annual System7</b>	Arachide amélioré	Yes	?	?	?	?	NO	10
<b>Annual System8</b>	haricot/autre amélioré	Yes	?	?	?	?	NO	10

<b>Mitigation potential</b>							<b>Difference</b>
Vegetation Type	Areas					tCO2	
	Start t0	Without project		With Project			
		End	Rate	End	Rate		
System A3	0	0	Linear	191	Linear	<b>-4853</b>	
Annual system 1	8500	8500	Linear	0	Linear	0	
Annual system 2	3100	3100	Linear	0	Linear	<b>-16041</b>	
Annual system 3	3100	3100	Linear	0	Linear	0	
Annual system 4	775	775	Linear	0	Linear	0	
Annual system 5	0	0	Linear	8500	Linear	<b>-40673</b>	
Annual system 6	0	0	Linear	3100	Linear	<b>-14834</b>	
Annual system 7	0	0	Linear	3100	Linear	<b>-14834</b>	
Annual system 8	0	0	Linear	775	Linear	<b>-3708</b>	
Annual system 9	0	0	Linear	0	Linear	0	
Annual system 10	0	0	Linear	0	Linear	0	
<b>Total Syst 1-10</b>	<b>15475</b>	<b>15475</b>		<b>15475</b>		<b>-94943</b>	

Les coefficients utilisés dans l'outil EX-ACT pour les « pratiques agronomiques améliorées » et « l'application de fumier » sont de 0,3 et 1,5 t de CO<sub>2</sub> stockés par ha et par an.

Les activités d'intensification et de diversification agricoles pourraient avoir un impact important sur le projet et permettre de stocker jusqu'à **95 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**.

### 3.5 Aménagements hydroagricoles

Avant le projet, la principale saison pour la riziculture se déroulait de décembre à mai-juin, lors des crues des cours d'eau. La maîtrise de l'eau constituait alors le principal handicap du développement rizicole.

La réhabilitation et l'aménagement de 5 220 ha de périmètres hydroagricoles (Entre PHBM phase 1 et phase 2) a permis la relance de la production rizicole dans le Haut Bassin du Mandraré. Au total, 76 périmètres hydroagricoles ont été aménagés durant la phase 2, permettant d'augmenter de **2 220 ha** la surface irriguée. Ces surfaces se situent sur les sols de bas-fonds possédant un bon potentiel agricole et aptes à la riziculture une fois irrigués.

Les périmètres ont été développés le long des affluents du Mandraré. Leur position leur confère une situation plus ou moins privilégiée du point de vue des disponibilités en eau. Ces surfaces sont gagnées sur de la savane et des terres dégradées.<sup>1</sup> À défaut d'informations détaillées, nous considérons qu'il s'agit pour moitié sur savane et pour moitié sur terres dégradées.

Le projet a également permis l'introduction à grande échelle de variétés de riz plus productives et du système de riziculture amélioré (SRA). L'irrigation par déversement d'une rizière à l'autre est toujours pratiquée, ne permettant pas une maîtrise totale de l'eau. C'est une des raisons pour laquelle le SRI est peu pratiqué dans la région du projet. L'aménagement

<sup>1</sup> Hypothèse personnelle après lecture des documents du projet et discussion avec le RSE du projet

des périmètres et les nouvelles variétés ont fait passer les rendements de 1 à 2 t/ha à 3 à 5 t /ha après réhabilitation.

**Tableau 6** : Aperçu des systèmes rizicoles dans la région

Systèmes rizicoles	Période de culture	Pendant la période de culture	Présaison non inondée	Type Amendement
Irrigué avec mauvaise maîtrise de l'eau (gestion inchangée) tradi	150	Inondé de manière intermittente	<180 jours pour 2 culture /an >180jours pour 1 culture /an	paille exportée
SRA	120	Inondé de manière intermittente	<180 jours pour 2 culture /an >180jours pour 1 culture /an	Compost Fumier de ferme (zébu)

**Les techniques rizicoles traditionnelles** sont homogènes pour toute la zone. Les plants de riz restent en pépinière très longtemps, de 45 à 75 jours, et la quantité de semences utilisée est de 60 à 100 kg. Les engrais minéraux et organiques ne sont pas utilisés avant le projet. Concernant l'inondation de la parcelle, les agriculteurs voudraient laisser l'eau en permanence dans la parcelle, mais à cause des sécheresses passagères, le niveau de l'eau n'est pas stable et la parcelle est inondée de manière intermittente. La pré-saison non inondée est inférieure à 180 jours pour les parcelles avec deux cultures de riz par an, et supérieure à 180 jours pour les parcelles avec une seule culture. La paille est exportée pour le bétail.

**L'utilisation du SRA** varie entre 35 et 70% des superficies rizicoles aménagées<sup>1</sup>. Dans le logiciel, nous utiliseront une valeur de 50%<sup>2</sup>. Les caractéristiques du SRA sont: une inondation par intermittence lors de la période de culture, une pré-saison non inondée de moins de 180 jours -- car il y a le plus souvent deux cultures sur la même parcelle -- et une utilisation de fumure organique et de compost. La paille est également exportée pour le bétail.

Grâce aux périmètres irrigués, la double culture annuelle est possible sur **80% de la surface irriguée**<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> D'après le rapport d'achèvement du PHBM, 2008.

<sup>2</sup> Les scénarios pessimiste et optimiste sont détaillés à la suite du document

<sup>3</sup> Discussion RSE

**Tableau 7** : Capture d'écran de l'outil EX-ACT pour l'activité riz<sup>1</sup>

	Your description	Cultivation period (Days)	Water Regime		Organic Amendment type (Straw or other)
			During the cultivation Period	Before the cultivation period	
<b>Reserved system R1</b>	from Deforestation	150	Please select water regime	Please select preseason water regime	Please select type of Organic Amendment
<b>Reserved system R2</b>	converted to A/R	150	Please select water regime	Please select preseason water regime	Please select type of Organic Amendment
<b>Reserved system R3</b>	from OLUK	240	Irrigated - Intermittently flooded	Non flooded preseason <180 days	Compost
<b>Reserved system R4</b>	Rice to OLUK	150	Please select water regime	Please select preseason water regime	Please select type of Organic Amendment
Rice1	SRA 1 cult	120	Irrigated - Intermittently flooded	Non flooded preseason >180 days	Farm yard manure
Rice2	Tradi 2 cult	300	Irrigated - Intermittently flooded	Non flooded preseason <180 days	Straw exported
Rice3	Tradi 1 cult	150	Irrigated - Intermittently flooded	Non flooded preseason >180 days	Straw exported

<b>CH4 emission from rice systems</b>					
Areas (ha) of the different options					
Type	Start t0	Without Project		With Project	
		End	Rate	End	Rate
System R3	0	0	Linear	2220	Linear
Rice 1	0	0	Linear	550	Linear
Rice 2	2640	2640	Linear	2200	Linear
Rice 3	660	660	Linear	550	Linear

Les émissions des différents systèmes par an (pour deux saisons de culture sur la même parcelle) s'élèvent à :

- 201,1 kg de CH<sub>4</sub>/ ha pour le SRA avec compost (0,84 kg de CH<sub>4</sub>/ha /j)
- 218,4 pour le système traditionnel (0,73 kg de CH<sub>4</sub>/ ha /j)

Le système promu par le projet est moins émetteur de méthane, cela est dû principalement à son cycle de culture plus court (120 jours) par rapport à la variété traditionnelle (150 jours). Cependant, en termes d'émission par jour, le système traditionnel émet moins de méthane que le système amélioré car aucune matière organique n'est apportée au sol. En revanche, le système amélioré permet une production plus élevée.

Au final, la mise en place du projet dans la zone par rapport à une situation sans projet va émettre **134 842 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>** sur une durée de 20 ans. Ces émissions sont dues à l'augmentation de la superficie rizicole de 2 240 ha, qui permettra une meilleure production rizicole et une amélioration de la sécurité alimentaire de la région.

### 3.6 Une meilleure gestion des feux de brousse

Généralement les animaux pâturent librement dans la savane. Cependant, durant la saison pluvieuse, ceux-ci sont souvent réquisitionnés pour les travaux agricoles et sont alors gardés aux villages. Ils sont alimentés par du foin et de la paille de riz. La pratique de la transhumance est pratiquée à l'intérieur du bassin du Haut Mandraré et la pratique des feux de

<sup>1</sup> LE SRA avec deux saisons culturales est comptabilisé dans la catégorie « reserved system R3 »

brousse est fréquemment utilisée sur la savane. Le feu est une nécessité pour les sociétés du sud. Il maintient la savane en éliminant les espèces trop ligneuses et stimule l'apparition de nouvelles pousses plus tendres pour le bétail. Néanmoins, cette pratique trop souvent répétée conduit à l'élimination des graminées de bonnes qualités fourragères et à l'apparition de graminée plus tolérantes aux feux mais de moindre qualité pour le bétail. De plus, les feux sont souvent totalement incontrôlés et peuvent se propager au reste des forêts vierges avoisinant les savanes (RPE).

Concernant les gaz à effet de serre, les feux de brousses émettent des quantités considérables de gaz à effet de serre. Le tableau ci-dessous indique les quantités équivalentes CO<sub>2</sub> émises lors du brûlis d'un hectare de biomasse. Lors de la combustion d'un hectare de savane d'une région tropicale sèche, 0,2 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> sont émises.

**Tableau 8** : Facteurs d'émission lors du brûlis d'un hectare de savane d'une zone tropical sèche

Default Biomass Above ground in t dm /ha	Combustion			t d'éq. CO <sub>2</sub> for one combustion
	% released of prefire dm	CH <sub>4</sub> kg GES / tonne dm	N <sub>2</sub> O	
2,3	0,77	2,3	0,21	0,201

Le rôle du projet dans la lutte contre les feux de brousses a été de mettre en place des comités locaux pour le contrôle des feux dans chaque commune, des comité de surveillance par fokontany et de trois policiers du feu par village. Ces comités joue un rôle d'animation et de sensibilisation contre les feux de brousses.

La surface totale de savane sans élément ligneux est de 557 746 ha dans la zone du projet d'après l'IEFN réalisé en 1996. Avant le projet et dans une situation sans projet, la moyenne des feux de brousse était de un par an et par hectare<sup>1</sup>, Après discussion avec les membres du projet, l'action de ce dernier aurait permis de réduire à un feu par hectare, tous les trois ans. La diminution des feux de brousse engendrera une réduction de la dégradation de la savane. Sans projet, on pose l'hypothèse que la savane se dégraderait de 5% et passerait d'après l'outil EX-ACT d'un statut « modérément dégradé » à un statut « fortement dégradé ». Grâce à la réduction des feux, le processus de dégradation de la savane est enrayeré et l'on émet l'hypothèse que la savane se détériorera seulement de 3%. Le taux de carbone du sol utilisé dans l'outil EX-ACT est de 33,6 t C par ha pour une savane moyennement dégradée et de 24,5 t C par ha pour une savane fortement dégradée

**Tableau 9** : Capture d'écran de l'onglet « prairie » de l'outil EX-ACT

Description of Grassland type, their management and areas (ha)				
Name of the Systems		Succession type	Fire used to manage	Fire used to manage

<sup>1</sup> Hypothèse émise suite à des discussions avec les ex-membres du projet : le responsable de cellule élevage et le responsable du suivi-évaluation

Default	Your name	Initial state	Final (with or without project) State of the Grassland	Without project Fire* Interval (yr)	With project Fire* Interval (yr)
Reserved system G1	from Deforestation	Moderately Degraded	Moderately Degraded	YES 1	YES 3
Reserved system G2	converted to A/R	Moderately Degraded	Moderately Degraded	YES 1	YES 3
Reserved system G4	Grassland to OLuc	Moderately Degraded	Moderately Degraded	YES 1	YES 3
Grass-1	savane	Moderately Degraded	Moderately Degraded	YES 1	YES 3
Grass-2	dégradation savane	Moderately Degraded	Severely Degraded	YES 1	YES 3

	Without project		With Project		Difference	
	End	Rate	End	Rate	tCO2eq	
from deforestation	54596.633	Linear	26355	Linear	-	151,807
converted to A/R	177.5	Linear	0	Linear	-	671
Grassland to OLuc	1110	Linear	0	Linear	-	4,198
savane	529859	Linear	541014	Linear	-	1,406,509
dégradation savane	27887	Linear	16732	Linear	-	394,065
					-	1,957,251
						<b>Grassland total</b>

En termes de lutte contre le changement climatique, la maîtrise des feux de brousse est primordiale, ces feux émettant des quantités considérables de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Pour le PHBM, la lutte contre les feux de brousse pourrait permettre d'éviter l'émission de grandes quantités de gaz à effet de serre, de l'ordre de **1,9 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> sur 20 ans**. De plus, une moindre pression sur la savane limiterait son érosion et augmenterait le stockage de carbone du sol et la biomasse piégée de la savane.

### 3.7 Élevage : des émissions non négligeables

L'élevage de bovins dans le bassin du Haut Mandraré s'appuie sur une stratégie d'accumulation du bétail et la production de beaux animaux pour une consommation surtout cérémonielle. Faute d'argent liquide dans cette région, le bétail représente aussi la seule forme d'épargne pratiquée. C'est un élevage extensif.

L'élevage caprin a également un rôle non négligeable dans la région, les chèvres constituent une épargne et aussi une ressource alimentaire et commerciale plus facilement mobilisable que le zébu (RMP, 2005).

L'élevage porcin est peu développé dans la région, pour la majorité de la population sa consommation est interdite, soit « Fady » (tabou), du fait de la tradition.

L'objectif du projet pour l'élevage concerne l'amélioration de la santé animale par des actions de déparasitage et de vaccination, mais aussi un encadrement technique des éleveurs et une professionnalisation de ceux-ci. Ces objectifs devraient mener à une augmentation du cheptel bovin et caprin.

Pour les caprins, il existe : un encadrement technique d'éleveurs pilotes au niveau de la conduite des troupeaux (santé, alimentation, reproduction, sélection, aménagement chèvreries, etc.), une amélioration génétique par l'approvisionnement d'animaux reproducteurs de race « angora » pour un croisement avec les races locales, et un traitement contre les maladies, notamment les affections respiratoires et les infestations parasitaires.

Le cheptel caprin est passé de 65 900 têtes en 2001 au commencement du projet à 85 000 têtes à la fin du projet, en 2008.<sup>1</sup>

En ce qui concerne les bovins, l'effectif dans la zone était de 95 000 têtes en 2001 avant le projet.<sup>2</sup> Les actions du projet concernaient l'amélioration de la conduite des animaux, en particulier ceux destinés à la vente. La méthode consistait à séparer les animaux destinés à la vente des autres, leur apporter des compléments d'aliments à base de sous-produits agricoles et de fourrage naturel et les traiter contre les maladies. Des campagnes de vaccination du cheptel bovin ont également été réalisées. Pour le projet, ces actions sont censées permettre une augmentation du cheptel bovin.

Le cheptel bovin est passé de 95 000 têtes en 2001 à 125 000 en 2008.

Dans une situation sans projet, l'hypothèse est émise que les cheptels bovin et caprin seraient restés stables.

Les émissions liées à l'élevage dans le projet PHBM sont importantes, elles s'élèvent à **486 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> sur 20 ans**. L'élevage est classiquement un émetteur net de gaz à effet de serre, mais, pour la région, il est un pilier de l'économie, la notion de richesse étant basée sur le nombre de têtes de zébus que possède la famille, et non sur les biens matériels.

### 3.8 Un accès facilité aux intrants

L'accès aux intrants fait partie du volet intensification agricole de la composante 2: appui aux initiatives locales. Le rôle du projet pour cette thématique a été :

- la mise en place de points de vente d'intrants
- la mise à disposition d'intrants aux organisations paysannes
- des crédits pour acheter des intrants

Les engrais distribués par le projet étaient principalement destinés à la riziculture : ce sont principalement du NPK (11-22-16) et de l'urée. Les quantités recommandées par les techniciens du projet sont de 150 kg de NPK, et de 50 kg d'urée par ha de rizière avec des variations selon le type de sol. Cependant, les quantités réellement distribuées par le projet sont bien moindre :

**Tableau 10** : Quantité d'intrants distribués par le PHBM durant les 7 ans du projet :

Type d'intrants	Quantité	Quantité /an
NPK 11-22-16 (t)	250	35,71
Urée 46% (t)	50	7,14
Herbicide chimique (l)	250	35,71
Insecticide (l)	150	21,43

<sup>1</sup> D'après les documents du projet. On considère que le cheptel caprin et bovin se stabilise durant la phase de capitalisation.

<sup>2</sup> Communication personnelle de la part de l'ancien responsable du suivi-évaluation du PHBM II.

On considère que la même quantité annuelle est appliquée sur les parcelles après le départ du projet (Cf. tableau ci-dessus).

En termes de gaz à effet de serre lié aux intrants, le projet émettra **1 132 t d'équivalent CO<sub>2</sub>** sur 20 ans, en admettant que l'application d'engrais à une dose similaire se poursuit dans le futur.

### **3.9 Les infrastructures : des émissions négligeables**

Faute d'infrastructure, la région du PHBM est très enclavée. De nombreuses pistes ont donc été construites. Malgré tout, certaines communes ne sont desservies par aucune piste rurale, créant des poches enclavées à l'intérieur de la zone du projet. Cela pose des problèmes pour la commercialisation des produits agricoles. Le projet a permis la réhabilitation de pistes de terre dans la zone. Cependant, celles-ci ne sont pas comptabilisées dans EX-ACT du fait de leur faible impact carbone.

En raison de l'absence de valeurs exactes pour les consommations de carburant du projet, nous prendrons des valeurs par défaut issue du PPRR<sup>1</sup>, un projet agricole qui a approximativement le même budget, c'est-à-dire environ 34 000 l de gazole par an pour les véhicules, soit 238 000 l de gazole pour 7 ans.

Pour la consommation électrique, celle-ci est assurée par un groupe électrogène qui consomme environ 64 l/ jour<sup>2</sup>. Le projet ayant duré 7 ans, la consommation pendant cette période a été d'environ 163 520 l. La consommation de gazole du projet a été d'environ 401 520 l durant toute la période du projet.

Une cinquantaine de bâtiments d'une surface moyenne de 50m<sup>2</sup> ont été construits par le projet. On les considère comme « bâtiments agricoles » d'une surface totale de 2 500 m<sup>2</sup>.

Les émissions carbonées de cet onglet « autres investissements » s'élèvent à **2 786 t d'équivalent CO<sub>2</sub>**. Elles sont relativement négligeables par rapport aux autres activités.

## **4. Analyse des différents scénarios**

### **4.1 Scénario «principal»**

Ce scénario est décrit en détail ci-dessus.

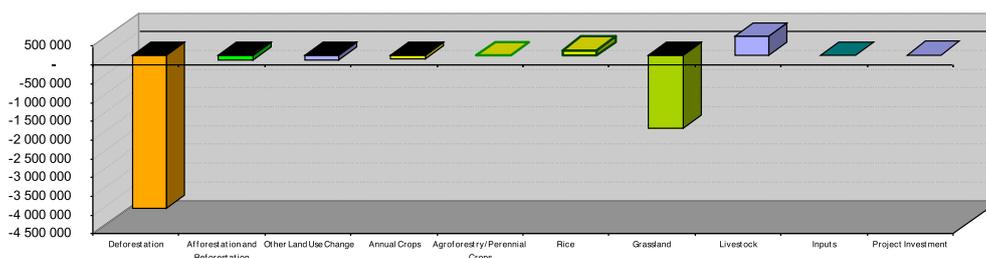
---

<sup>1</sup> Programme de Promotion des Revenus Ruraux

<sup>2</sup> D'après le RSE du projet PPRR

**Tableau 11 : Résultats du scénario « principal »**

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Mean per year Total
		Biomass	Soil			
Deforestation	- 4,074,784 this is a sink	-3902532	0	-52146	-120105	- 203,739
Afforestation and Reforestation	- 140,405 this is a sink	-127814	-12591	0	0	- 7,020
Non Forest Land Use Change	- 132,567 this is a sink	-25268	-107299	0	0	- 6,628
Agriculture						
Annual Crops	- 94,942 this is a sink	0	-78901	-4440	-11601	- 4,747
Agroforestry/Perennial Crops	-	0	0	0	0	-
Rice	134,842 this is a source	0	0	0	134842	6,742
Grassland	- 1,957,251 this is a sink	0	-307069	-947327	-702855	- 97,863
Other GHG Emissions		CO <sub>2</sub> (other)				
Livestock	485,814 this is a source	---	---	118958	366856	24,291
Inputs	1,132 this is a source	761	---	371	---	57
Other Investment	2,786 this is a source	2786	---	---	---	139
<b>Final Balance</b>	<b>- 5,775,375 It is a sink</b>	<b>- 4,052,066</b>	<b>- 505,861</b>	<b>-884,584</b>	<b>-332,863</b>	<b>- 288,769</b>
<b>Result per ha</b>	<b>- 6.62</b>	<b>- 4.65</b>	<b>- 0.58</b>	<b>- 1.01</b>	<b>- 0.38</b>	<b>- 0.33</b>



**Graphique 1 : résultat du scénario 1 pour les différentes activités en t CO<sub>2</sub> sur 20 ans**

Le résultat carbone final du projet est la différence entre les puits et les sources de carbone du projet sur 20 ans à partir de 2001, année de commencement du projet. Selon ce scénario, le projet pourrait permettre de stocker l'équivalent de 6,4 millions de t d'équivalent CO<sub>2</sub> et émettre 624 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Ainsi, les activités du projet pourraient créer un puits de 5 775 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Le potentiel de mitigation du projet est lié à la déforestation évitée avec 60,7% (en orange sur graphique) et à la diminution des feux de brousse avec 30,58% (en vert sur le graphique).

Plusieurs scénarios ont été élaborés afin d'élargir les hypothèses émises dans le scénario « principal ». En effet, à défaut de mesure carbone des résultats et d'inventaire de la végétation à la fin du projet, la plupart des résultats issus du scénario « principal » proviennent d'hypothèses personnelles validées par l'ancien responsable du suivi-évaluation du PHBM. Ainsi, deux autres scénarios sont construits pour réduire l'incertitude des données utilisées pour accomplir l'analyse. Les deux scénarios ci-dessous proviennent donc d'hypothèses optimistes pour l'un et pessimistes pour l'autre.

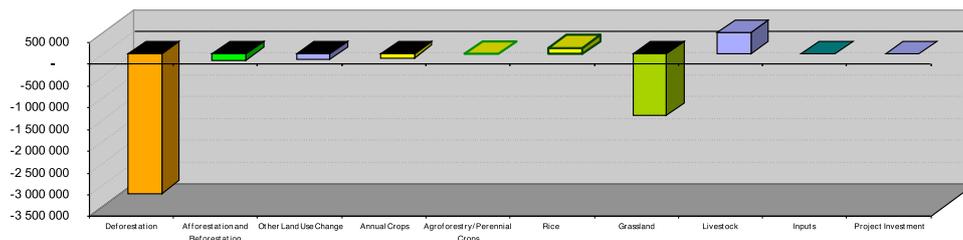
## 4.2 Scénario « pessimiste »

Le scénario pessimiste est construit en reconsidérant quelques activités :

- Le taux de déforestation est fixé à 0,6% par an au lieu de 0,5%
- Les aires protégées dans la zone du projet subissent également la déforestation à un rythme de 0,3% par an
- Le taux d'adoption des nouvelles pratiques culturales promues par le projet ne concernent plus que 50% des surfaces ciblées par le projet. Cela du fait de la difficulté d'approvisionnement en intrants et du travail supplémentaire que demande l'apprentissage des nouvelles techniques
- Pour la riziculture, seulement 30% des surfaces passent en SRA au lieu des 50% prévus. Les nouvelles surfaces irriguées sont gagnées sur de la savane.
- Passage des feux de brousse de un feu par an à un feu tous les 2 ans et dégradation de la savane de 4% au lieu de 3% (dans le scénario « le plus probable »).

Tableau 12 : Résultat du scénario pessimiste.

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO2eq	CO2		N2O	CH4	Mean per year Total
		Biomass	Soil			
Deforestation	-3,189,524 this is a sink	-3054013	0	-41024	-94488	-159476
Afforestation and Reforestation	- 140,405 this is a sink	-127814	-12591	0	0	-7020
Non Forest Land Use Change	- 43,734 this is a sink	-15174	-28560	0	0	-2187
Agriculture						
Annual Crops	- 49,898 this is a sink	0	-41877	-2220	-5800	-2495
Agroforestry/Perennial Crops	-	0	0	0	0	0
Rice	137,479 this is a source	0	0	0	137479	6874
Grassland	-1,409,900 this is a sink	0	-153521	-721255	-535124	-70495
Other GHG Emissions		CO2 (other)				
Livestock	485,814 this is a source	---	---	118958	366856	24291
Inputs	1,132 this is a source	761	---	371	---	57
Other Investment	2,786 this is a source	2786	---	---	---	139
<b>Final Balance</b>	<b>-4,206,249 It is a sink</b>	<b>-3193454</b>	<b>-236549</b>	<b>-645170</b>	<b>-131077</b>	<b>-210312</b>
<b>Result per ha</b>	<b>- 5</b>	<b>-3.7</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.20</b>



Graphique 2 : Résultat du scénario 2 pour les différentes activités en t CO2 pour 20 ans

Dans le cas du scénario « pessimiste », le projet pourrait tout de même stocker l'équivalent de **4,29 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**, soit environ 34 points de moins que le scénario principal. Les principaux puits de carbone restent identiques aux autres scénarios, à savoir la diminution des feux de brousse et la lutte contre la déforestation.

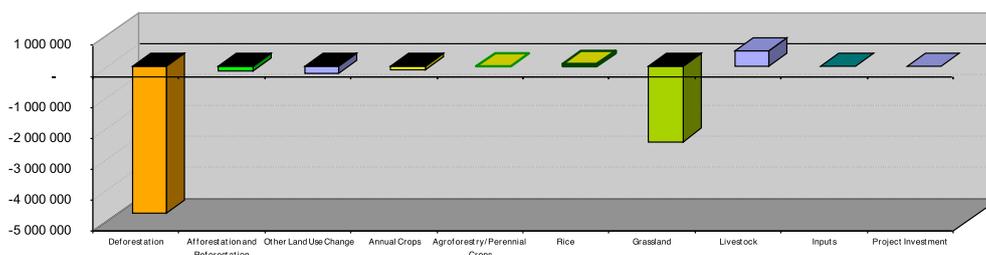
### 4.3 Scénario « optimiste »

Le scénario « optimiste » est construit en reconsidérant quelques activités :

- Le taux de déforestation passe à 0,4% au lieu de 0,5% dans le scénario principal
- On observe un meilleur taux d'adoption du SRA : 70% des agriculteurs passent en SRA au lieu de 50%. Les nouvelles surfaces irriguées sont gagnées sur des terres dégradées.
- Baisse du nombre de feux de brousse : Les feux de savane passent de un feu tous les ans à un feu tous les cinq ans (un feu tous les trois ans dans le scénario « principal »). Du fait de la baisse des feux de brousse, la savane est moins dégradée et dans ce scénario le taux de dégradation descend à 2%.

**Tableau 13** : Résultat du scénario optimiste

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Mean per year Total
		Biomass	Soil			
Deforestation	-4,719,230 this is a sink	-4517913	0	-60945	-140371	-235961
Afforestation and Reforestation	- 140,405 this is a sink	-127814	-12591	0	0	-7020
Non Forest Land Use Change	- 221,400 this is a sink	-35361	-186038	0	0	-11070
Agriculture						
Annual Crops	- 94,942 this is a sink	0	-78901	-4440	-11601	-4747
Agroforestry/Perennial Crops	-	0	0	0	0	0
Rice	76,790 this is a source	0	0	0	76790	3839
Grassland	-2,420,323 this is a sink	0	-460590	-1125032	-834701	-121016
Other GHG Emissions		CO <sub>2</sub> (other)				
Livestock	485,814 this is a source	---		118958	366856	24291
Inputs	1,132 this is a source	761		371	---	57
Other Investment	2,786 this is a source	2786		---	---	139
<b>Final Balance</b>	<b>- 7,029,778 It is a sink</b>	<b>-4677541</b>	<b>-738121</b>	<b>-1071088</b>	<b>-543028</b>	<b>- 351,489</b>
<b>Result per ha</b>	<b>-8.1</b>	<b>-5.4</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.2</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.400</b>



**Graphique 3** : Résultats du scénario 3 « optimiste » pour les différentes activités en t CO<sub>2</sub> pour 20 ans.

Dans le cas du scénario optimiste, le projet pourrait stocker **7,03 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>**. Les principaux puits de carbone restent identiques aux autres scénarios, à savoir: la diminution des feux de brousse et la lutte contre la déforestation.

## 5. Conclusion

Cette étude présente le potentiel de mitigation du projet PHBM. Ce projet de développement agricole a été terminé en 2008 et présente un fort potentiel d'atténuation au changement climatique, parallèlement à son but de réduction de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté dans la région.

Selon les scénarios, les quantités de carbone stockées ou évitées vont de 4,2 à 7,02 millions tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> sur 20 ans par rapport au scénario sans projet. Les activités contribuant le plus à ces chiffres concernent la lutte contre la déforestation, avec 60,7%, et la lutte contre les feux de brousse, avec 30,6%. Le potentiel de mitigation du projet va de 0,24 à 0,4 t de CO<sub>2</sub> stocké par ha et par an sur toute la zone du projet (0,33 t pour le scénario principal).

En se concentrant uniquement sur les activités agricoles (hors bétail) comme la riziculture, les cultures annuelles et le changement d'utilisation des terres agricoles, on remarque que ces activités ont une part minime dans le bilan carbone global. Elles permettraient de stocker 93 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> d'après le scénario principal, et 240 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> d'après le scénario optimiste. Dans le cas du scénario pessimiste, le projet deviendrait un émetteur de GES pour ces 3 volets avec 44 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère.

A l'avenir, les projets devraient s'intéresser davantage au carbone des sols agricoles. En effet, le fait d'augmenter le carbone du sol peut également apporter plus de matière organique au sol et donc une meilleure structure, un meilleur potentiel hydrique et une meilleure fertilité. Des techniques existent, comme le semis direct sous couvert végétale (SCV), promu par le Groupe de semis direct de Madagascar (GSDM). En augmentant la fertilité du sol, les agriculteurs augmentent leur production et ont ainsi besoin de moins d'engrais pour produire.

Les données et les coefficients de l'étude ci-présente pourraient être améliorés par une visite sur le terrain, permettant de se rendre compte de la réalité de la végétation. De même, un inventaire de la biomasse des différentes végétations de la zone permettrait de réduire

l'incertitude quant au stock de carbone de tous les types de végétation présents (en cours de réalisation via le programme REDD). Il serait également intéressant de comparer la carte de l'IEFN 2000 aux dernières images SPOT de la région (travail de digitalisation selon la même méthode que l'IEFN) afin de voir les évolutions des surfaces et évaluer si les hypothèses de cette étude sont correctes.

## Références

FIDA, 2000. Rapport de Préévaluation Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandraré phase II. Volume 1 rapport principal et volume 2 Documents de travail. Rapport N°1117-MG. Fonds International de Développement Agricole.

FIDA, 2000. Rapport de Préévaluation Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandraré phase II. Volume 1 rapport principal. Rapport N°1117-MG. Fonds International de Développement Agricole.

FIDA, 2005. Rapport de revue à Mi Parcours du Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandraré phase II. Rapport principal. Rapport N°1723-MG. Fonds International de Développement Agricole.

FIDA, 2009. Evaluation terminale Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandraré phase II. Rapport N°2062-MG. Fonds International de Développement Agricole.

WOLDEYES A, 2007. Mesure de résultats et d'impacts du Projet de mise en valeur du Haut Bassin du Mandrare. Fonds International de Développement Agricole.

WOLDEYES A., 2008. Rapport d'achèvement du PHBM II, république de Madagascar, Projet de Mise en Valeur du Haut Bassin du Mandrare phase II.

BERNOUX M., BOCKEL L., GIACOMO B., TINLOT M., GENTIEN A., 2010. Guide technique, outil EX-ACT (Ex-ante Appraisal Carbon Tool). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, FAO.

Intergovernmental Panel on Climate Change GIEC, 2006. GIEC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), Agriculture, Forestry and Other Land Use, vol. 4. IGES, Japan.

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Valeurs de biomasse par défaut pour les différents types de forêt pris en compte dans EX-ACT

**Tableau 2** : occupation du sol sur les zones du projet d'après l'IEFN 2000

**Tableau 3** : capture d'écran de l'outil EX-ACT

**Tableau 4** : Capture d'écran de l'outil EX-ACT

**Tableau 5** : Capture d'écran de l'onglet cultures annuelles

**Tableau 6** : Aperçu des systèmes rizicoles dans la région

- Tableau 7** : Capture d'écran de l'outil EX-ACT pour l'activité riz  
**Tableau 8** : Facteurs d'émission lors du brûlis d'1 ha de savane d'une zone tropical sèche  
**Tableau 9** : Capture d'écran de l'onglet « prairie » de l'outil EX-ACT  
**Tableau 10** : Quantité d'intrants distribués par le PHBM durant les 7 ans du projet :  
**Tableau 11** : Résultats du scénario « principal »  
**Tableau 12** : Résultat du scénario pessimiste.  
**Tableau 13** : Résultat du scénario optimiste

### **Liste des figures**

- Graphique 1** : résultat du scénario 1 pour les différentes activités en t CO2 sur 20 ans  
**Graphique 2** : Résultat du scénario 2 pour les différentes activités en t CO2 pour 20 ans  
**Graphique 3** : Résultats du scénario 3 « optimiste » pour les différentes activités en t CO2 pour 20 ans.  
**Carte 1**: localisation de la zone du projet

## **Annexes**

Annexe 1 : Les différents types de végétation présent sur la zone du projet

## La végétation

13. La végétation du haut bassin Mandraré est anthropophisée. En effet, les forêts naturelles ont été très réduites en superficie et appauvries en espèces du fait des feux de brousse et des prélèvements

14. Actuellement, cinq types de végétation peuvent être rencontrés :

- (a) La forêt galerie, constituée d'espèces telles que le kily (*Tamarindus indica*) et letalia et le halimbora (*Albizia bernieri*) dont la hauteur peut atteindre 15 m. C'est une formation originelle, dans laquelle la lumière pénètre difficilement jusqu'au sol. De ce fait, le sous-bois ne se présente que très localement. Aujourd'hui, ces forêts sont très largement détruites et se retrouvent non pas le long des rivières principales mais des ruisseaux temporaires. La disparition de ces formations là où on les attend le plus, c'est-à-dire le long des cours d'eau majeurs, est due aux défrichements à des fins culturales dans des secteurs potentiellement rizicoles du fait de la permanence de l'eau et de la qualité du sol.
- (b) La forêt sèche, à caractère semi-caducifolié, à trois strates : une strate arborée continue et dense, de moins de dix mètres de hauteur, dominée par des émergents discontinus tels que des baobabs, et un sous-bois généralement constitué d'espèces héliophiles avec quelques espèces xérophytiques, peu d'épiphytes et pas de fougères. La strate herbacée est absente. La forêt sèche est très attaquée tant pour le prélèvement des essences ligneuses que par les défrichements pour les cultures itinérantes, surtout du côté de Maromby et Tranomaro. Quelques espèces peuvent néanmoins atteindre 10 à 15 m : *Adansonia grandidieri* (Renala), *Adansonia fony* (Fony) et les *Dalbergia sp.* (Manary).
- (c) Le fourré, formation monostrate tabulaire, très dense et impénétrable, de hauteur comprise entre 2 et 4 m et sans strate herbacée. Cette formation secondaire fermée rappelle incontestablement le fourré naturel par sa physionomie et sa structure. La parcelle laissée en friche est d'abord recolonisée par des essences pionnières telles que les somotsoy (*Kigelia madagascariensis*) et les fandriandambo (*Physenia sessiflora*). Ces essences constituent une strate quasi uniforme de 2 à 3 m de hauteur qui élimine peu à peu les herbacées. Les essences forestières commencent alors à émerger si les conditions de régénération sont réunies (proximité des portes-graines, absence de feux de brousse, faible densité de pâturage...).
- (d) Le bush, essentiellement composé de sogno (*Didiera grandidieri*), de sasavy (*Salvadora angustifolia*), du laro (*Euphorbia laro*) et d'autres plantes rustiques à petites feuilles et à épines comme le roy (*Acacia faneriana*) et surtout le fantsiholitse (*Alhudia procera*).

Parfois, on rencontre des cactus dans ce type de formation végétale. Il est à signaler que le cactus est surtout planté autour des villages.

- (e) La savane, constituée d'une strate herbacée et d'une strate arbustive de moins de 7 m de hauteur. Parfois, la strate arbustive disparaît et laisse la place à une strate herbeuse. La strate arbustive est dominée généralement par trois espèces : les konazy (*Ziziphus jujuba*), les somotsoy (*Kigelia madagascariensis*) et les fandriandambo (*Physenia sessiflora*). Il est possible de rencontrer de loin en loin des rejets de souches d'essences forestières comme les katrafay (*Cedrolopsis grevei*) et les maintiampototse (*Diospyros tropophylla*) ou des espèces de savanes arborées comme le sakoa (*Poupartia caffra*) ou l'anakaraky (*Cordia madagascariensis*) et les sely (*Grewia sp.*) La strate herbacée est constituée de quelques espèces comme le kidresy (*Cynodon dactylon*), l'ahidambo ou danga (*Heteropogon contortus*), le vero (*Hyparrhenia rufa*), l'akatafoty (*Eragrostis cilianensis*) et l'ohinalika (*Pennisetum polystachyon*). Dans le cas d'une savane herbeuse, le taux de recouvrement est variable selon la composition floristique et son état de dégradation ; si le taux de recouvrement, à l'optimum du développement végétatif, atteint généralement 100 %, il est beaucoup plus faible à la base, l'emprise au sol ne dépassant guère 15 à 18 %. La savane herbeuse, recherchée pour les pâturages, est composée par des espèces annuelles où dominent le danga (*Heteropogon contortus*), le vero (*Hyparrhenia rufa*), le tenina (*Imperata cylindrica*), le kifafa (*Aristida rufescens*) et l'akata-vahiny ou kidresy (*Cynodon dactylon*). Les savanes ne restent pas identiques à elles-mêmes d'une année à l'autre. En réponse à un certain nombre de facteurs, comme la pluviosité et l'utilisation par les éleveurs, elles évoluent de façon régressive ou progressive. Plusieurs facteurs contraignants peuvent être brièvement énoncés : la péjoration climatique, la minceur du sol ou sa texture défavorable, un régime hydrique déficient, la toxicité, le surpâturage, le feu de brousse répété.