

# 16 — Pertinence de la mise en œuvre des initiatives de Réductions des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) pour les communautés locales. Cas des formations de *tapia* dans la région d'Itasy

Harifidy R. RATSIMBA, Zo H. RABEMANANJARA, Andriantsoa T. RABEFARIHY,  
Fetra M. RABENILALANA, Thalès DE HAULLEVILLE, Jean-François BASTIN,  
Jan BOGAERT, Bruno S. RAMAMONJISOA

La diminution du couvert forestier étant l'un des principaux responsables des émissions globales de gaz à effet de serre (GES), la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) a décidé de lancer, en 2007, un mécanisme visant la Réduction des Émissions de GES dus à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD). Ce mécanisme, via des incitants financiers, vise à encourager les pays en voie de développement, comme Madagascar, à développer des méthodologies de mesure, de rapportage et de vérification (MRV) des émissions de carbone forestier. Le succès de ce programme dépendra principalement d'une implication pleine et entière de la communauté locale dans la gestion durable des ressources forestières. Dans ce sens, quatre points essentiels méritent d'être approfondis : déterminer le stock disponible dans les formations de *tapia*, connaître la tendance des processus de déforestation et de dégradation, les localiser et comprendre les besoins des communautés locales en ressources forestières. Cette étude combine une approche de télédétection multitemporelle intégrant des capteurs de haute résolution, un inventaire de biomasse sur le terrain avec un échantillonnage stratifié systématique aléatoire au niveau des strates considérées (classe de forêt) et une étude socio-économique visant à identifier les acteurs de la déforestation/dégradation et à analyser leur pratiques de consommation des produits forestiers ligneux. Ces différentes analyses ont permis de démontrer que la formation de *tapia* est une formation à faible biomasse, présentant en moyenne  $20,04 \pm 1,94 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tonne métrique à l'hectare) de biomasse sèche. La pression anthropique sur la formation de *tapia* est élevée et se manifeste par une déforestation continue de l'ordre de 3,26 % entre 1990 et 2000 et de 7,41 % entre 2000 et 2005. Nos enquêtes socio-économiques confirment cette tendance et identifient les communautés locales comme les acteurs majeurs de la déforestation, principalement par des activités de récolte de bois de chauffe, de production de charbon de bois, de construction et par la conversion de parcelles forestières en terrains agricoles. Ainsi, les mesures incitatives issues de mécanismes comme la REDD devraient permettre de compenser la non-déforestation et la non-dégradation (et donc, la « non-émission ») par les communautés locales si celles-ci sont impliquées à tous les niveaux.

## **Relevance of REDD (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation) initiatives for local communities. Case of *tapia* forests in the Itasy region**

The loss of forest cover is one of the main causes of global greenhouse gas (GHG) emissions. Consequently, the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) has

decided to launch in 2007 a mechanism for the reduction of GHG emissions due to deforestation and forest degradation (REDD). This mechanism, through financial incentives, is designed to encourage developing countries such as Madagascar, to develop methodologies for measuring, reporting and verification (MRV) of forest carbon emissions. The success of this program will depend on a full involvement of local communities in the sustainable management of forest resources. In this regard, four key points need to be analyzed: how to determine the available biomass in the *tapia* woodland, what is the trend of the processes of deforestation and degradation, where are located these processes and what are the needs of local communities in forest resources. This study integrates a multi-temporal remote sensing analysis using high resolution sensors combined with an inventory of biomass in the field based upon a stratified systematic random sampling at the forest level (forest class), and a socio-economic study to identify the actors of deforestation/degradation and to analyze their consumption practices of forest timber products. The analyzes have demonstrated that *tapia* is a low biomass forest with an average dry biomass of  $20.04 \pm 1.94 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (metric tons per hectare). Anthropogenic pressure on *tapia* woodland is high and is characterized by a continuous deforestation (a rate of 3.26% between 1990 and 2000 and 7.41% between 2000 and 2005). Our surveys confirm these trends and show that local communities are the major actors of deforestation, mainly by firewood harvesting, charcoal production, construction and conversion of woodland into cultivated land. Thus, incentives from mechanisms such as REDD need to compensate for the financial loss for local communities from non-deforestation and non-degradation (and thus, non-emission) if they are to be involved at all levels.

## 16.1. INTRODUCTION

L'intérêt pour les stocks de carbone forestier et leurs rôles dans les négociations internationales deviennent de plus en plus importants depuis la signature de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) en 2007 (Solomon et al., 2007). Cette situation est principalement liée au rôle important joué par les forêts dans le cycle du carbone et leur rôle potentiel dans la réduction et le stockage du  $\text{CO}_2$  atmosphérique. En effet, 12 à 20% des émissions de  $\text{CO}_2$  sont liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (Solomon et al., 2007), et ce principalement en zone tropicale (Houghton, 2005). Dans cette optique, la CCNUCC a développé un mécanisme visant à Réduire les émissions de GES (gaz à effet de serre) dus à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD). Celui-ci soutient notamment la prise en considération de «circonstances nationales», lesquelles ont pris de plus en plus de place dans les négociations internationales, du fait des différences visibles entre les politiques forestières et les taux de déforestation parmi les différents pays concernés (Solomon et al., 2007).

Chaque année, environ 13 millions d'hectares de forêts sont convertis en d'autres types d'occupations du sol (FAO, 2006). Cette destruction représente à elle seule un cinquième des émissions de carbone dans l'atmosphère et équivalait à peu près à  $8 \text{ GtCO}_2$  par an en 2000 (Houghton, 2003) soit par des processus directs (brûlis par exemple), soit indirectes (par décomposition des matériaux notamment).

Les données issues des évaluations de la FAO (généralement fournies par les gouvernements nationaux eux-mêmes) sont généralement inutilisables pour l'évaluation des change-

ments annuels à l'échelle locale, du fait de la résolution spatiale grossière des cartes proposées (Grainger, 2008). Pour améliorer ces estimations, il est primordial de travailler sur base d'une méthode permettant une étude temporelle, prenant en compte à la fois la variabilité des stocks de carbone à l'échelle du paysage et caractérisant les dégradations à l'échelle où elles ont lieu (Saatchi et al., 2011). Par conséquent, l'objectif global de cette contribution est d'analyser la pertinence de l'initiative REDD pour la formation de *tapia* dans la région d'Itasy. Pour ce faire, nous visons dans un premier temps (1) à déterminer le taux de déforestation et/ou de dégradation dans notre zone d'étude puis (2) d'analyser l'importance socio-économique de la déforestation et de la dégradation dans la formation de *tapia* dans notre zone d'étude. Ce travail scientifique cherche à vérifier l'hypothèse générale de recherche selon laquelle la REDD est la solution appropriée pour la gestion durable de la formation de *tapia*. Elle se décompose en deux hypothèses spécifiques (1) le taux de déforestation et/ou de dégradation ne cesse d'augmenter et (2) la déforestation et/ou la dégradation procurent aux communautés de multiples avantages nécessaires à leur subsistance.

## 16.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 16.2.1. Cartographie des formations de *tapia*

Parmi les différentes cartographies nationales établies jusqu'à maintenant nous pouvons citer celles de Humbert et Cours-Darne en 1965, de Faramalala en 1988, de Du Puy et Moat en 1996, et plus récemment de Moat et Smith en 2007. Cette dernière a apporté une attention particulière aux formations de *tapia* (*Uapaca bojeri* Baill.) en caractérisant spatialement sa distribution par rapport aux autres formations végétales (**Figure 16.1**, voir cahier couleur). Cette espèce est caractéristique des forêts sclérophylles de moyennes altitudes qui occupent le versant occidental des Hautes Terres malgaches. Ces formations végétales se situent entre 800 et 1 600 m d'altitude et sont dominées par le *tapia* (plus de 90 % de la surface terrière) dont la proportion varie dans la strate (étage) supérieure (Perrier de la Bâthie, 1921). C'est une plante vivace, ligneuse, pouvant atteindre 12 mètres de hauteur, mais des hauteurs de 3 à 7 m sont les plus fréquentes (Rajoelison et al., 2009).

À l'heure actuelle, n'ayant pas résisté aux pressions anthropiques et naturelles, le *tapia* ne persiste plus que sous forme d'îlots, notamment dans les régions d'Arivonimamo, Behenjy, Ibity, Ambositra, Ambatofindrahana et Isalo (Rakotoniriana, 2003). La présence de ces îlots témoigne d'une précédente plus vaste répartition sur cette partie centrale de l'île avec des formations plus diversifiées en espèces (Goodman et al., 2000). Ainsi, ces îlots se concentrent sur trois localités bien distinctes : la localité d'Arivonimamo/Miarinarivo dans la région d'Itasy, la localité d'Ambatofindrahana au centre dans la région d'Amoron'i Mania et la localité d'Isalo la plus au Sud qui est à cheval entre la région d'Ihorombe et la région d'Atsimo Andrefana (**Figure 16.1**, voir cahier couleur).

Parmi ces différentes localités, la région d'Itasy a été particulièrement étudiée dans le cadre de cette recherche du fait de l'importance de sa répartition Est-Ouest mais aussi et surtout de sa proximité à la plus grande ville de Madagascar, à savoir sa capitale Antananarivo, pour l'analyse des facteurs humains agissant sur la forêt, et en particulier, l'influence des besoins en bois de chauffe et en charbon de la population.

### 16.2.2. Situation géographique de la région d'Itasy

La région d'Itasy se trouve dans la partie centrale de Madagascar et est subdivisée en trois districts : Arivonimamo, Miarinarivo (chef lieu de Région) et Soavinandriana (**Figure 16.2**, voir cahier couleur). Parmi ces trois districts, seul Soavinandriana ne présente pas de formations de *tapia*. La région est très connue pour la production de soie issue du ver *Borocera cajani* lequel se nourrit principalement des feuilles de *tapia* (voir chapitres 1 et 2). Elle fait partie du domaine du Centre, et son climat est de type tropical d'altitude.

### 16.2.3. Télédétection et détermination des unités spatiales homogènes

L'étude s'est basée sur une analyse d'images Landsat TM multispectrale de 1990, 2000 et 2005 avec une résolution de 30 m. Une correction atmosphérique avec l'outil DARK SUBTRACT du module ENVI 4.3 a été réalisée afin d'éliminer les effets des conditions atmosphériques au moment de la prise des images (Richter, 2005).

Une classification semi-supervisée basée sur l'utilisation successive de classifications non supervisée et supervisée a été appliquée. Une classification non supervisée avec le module ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technics*) d'ENVI a été effectuée pour obtenir une pré-classification de l'image. Le principe de la classification non supervisée est d'attribuer à chaque pixel une classe suivant sa signature spectrale (Tou et al., 1974) et fait ainsi apparaître les différentes unités spatiales avec des paramètres radiométriques plus ou moins homogènes dont les classes «*tapia* peu dégradée», «*tapia* dégradée» et «autres formations». La nomenclature a été réalisée avec une définition directe et *a priori* des classes. Suite à cela, une classification supervisée a été réalisée avec l'algorithme «maximum de vraisemblance» dans ENVI, classification basée sur une évaluation de la probabilité maximale d'attribution de chaque pixel aux zones d'entraînement spécifiées.

### 16.2.4. Validation des unités spatiales

Afin de vérifier la validité de la classification, un test de séparabilité de Jeffries-Matusita est effectué pour appréhender la séparabilité par paire des zones d'entraînement (séparabilité des classes) (Richards, 1999). Parallèlement, il est effectué une évaluation des erreurs de classification à l'aide du coefficient de Kappa, lequel correspond au rapport entre l'erreur associée à la classification réalisée et les observations de terrain.

La même méthode a été appliquée sur les trois images pour les années 1990, 2000 et 2005 (sans validation terrain pour les images de 1999 et 2000, car seule la classification de l'image avec la date la plus proche de la date de réalisation des récoltes sur terrain a été utilisée pour la validation de la méthode).

### 16.2.5. Inventaire de biomasse et collecte d'échantillons pour analyse de densité

L'inventaire de la biomasse est basé sur les mêmes principes que l'inventaire forestier classique. Des prélèvements d'échantillons pour chaque compartiment de l'arbre (tronc, branches, houppier) ont aussi été effectués. Ainsi, un ensemble de 492 placettes a été installé de manière stratifiée (distribution dans les classes) systématique et aléatoire (500 m × 500 m).

Les plots étaient circulaires avec un rayon de 12,5 m (Plugge et al., 2010) et étaient stratifiés en fonction des différentes classes préétablies lors de la classification : « *tapia* peu dégradée » et « *tapia* dégradée » et « autres formations ». Dans ce sens, 492 placettes ont été réalisées avec des relevés de diamètre à 1,30 m de hauteur ( $d_{1,30m}$ ) et de hauteur totale (ht) pour tous les individus de  $d_{1,30m} \geq 5$  cm. L'évaluation de la biomasse totale a été obtenue en utilisant l'équation allométrique de la formation de *tapia* en considérant trois compartiments de l'arbre (tronc, branches, houppier) (Rajoelison et al., 2009) :

$$M_{tot}(t) = 0,263 d_{1,30}^{1,7247} + 0,523 d_{1,30}^2 - 13,349 d_{1,30} + 95,47 + 0,3573 e^{0,151d_{1,30}}$$

où  $M_{tot}$  = biomasse totale [kg] et  $d_{1,30}$  = diamètre à 1,30 m [cm]. Et, pour le calcul du stock de carbone, l'équation suivante a été appliquée (Penman et al., 2003) :

$$C(t) = \frac{M_{tot}(t)}{2}.$$

La **figure 16.3** résume le dispositif de collecte de données de biomasse.

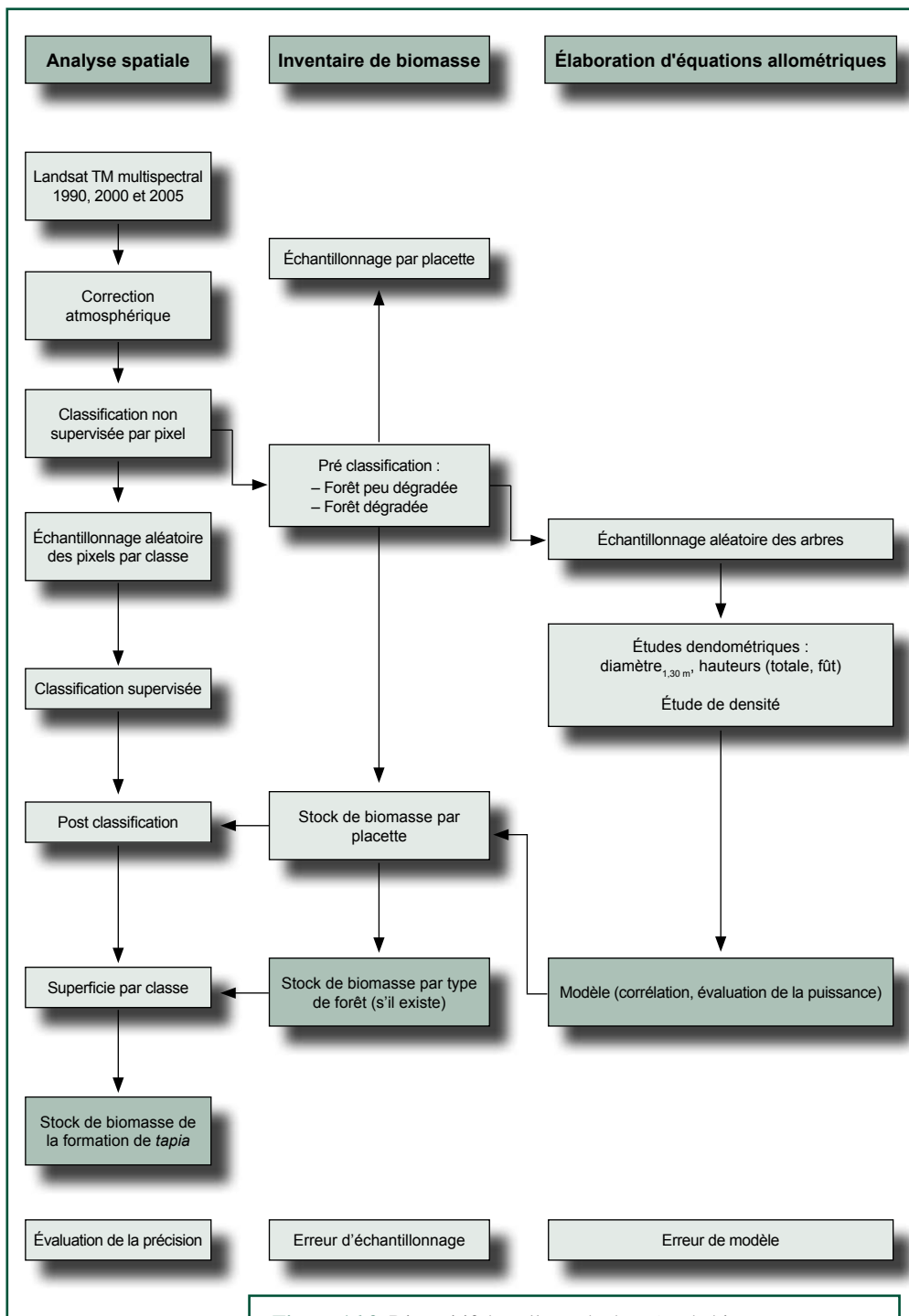
### 16.2.6. Analyse des agents et des facteurs de déforestation/dégradation

La diminution de la déforestation et de la dégradation des forêts passe par l'identification des causes directes, des acteurs ainsi que l'importance économique pour la communauté locale des ressources forestières (Rabemananjara et al., 2011). L'approche filière est le cadre méthodologique choisi pour l'étude qui confère une large gamme d'outils pour les analyses de l'organisation d'un système économique. Chaque type d'usage est alors considéré comme une filière. Dans cette contribution, on entend par « usage » la production de biens ou services dans la forêt qui contribuent à la satisfaction de besoins des communautés.

Selon Duteurtre et al. (2000), la démarche de l'analyse de filière comporte essentiellement (1) une analyse fonctionnelle des usages; il s'agit de repérer les acteurs et de les classer selon des critères pertinents relatifs aux caractéristiques de l'usage (typologie des acteurs); ces différents types d'acteurs agissent selon leur propre stratégie qui est influencée par la conjoncture économique, socio-institutionnelle et politique locale; ceci conduit alors à détecter les divers flux de produits; (2) une analyse de la consommation; l'objectif de l'étude est de caractériser les pertes en carbone de la forêt; il s'agit alors de traduire les différents usages en termes de volume de bois perdu ou en termes de superficie défrichée; (3) une analyse économique de l'usage; elle sera focalisée essentiellement sur l'estimation des valeurs d'usage direct; pour les produits qui font l'objet d'une transaction économique, la valeur économique de l'usage est évaluée à partir du montant perçu lors de la vente des produits (valeur réelle) tandis qu'elle s'appuie sur des valeurs de substitution pour les produits destinés à la consommation de ménage.

### 16.2.7. Échantillonnage pour l'analyse des usages

Le choix de villages à enquêter s'était appuyé sur plusieurs critères dont les types d'usage, les niveaux d'ampleur des pressions sur les ressources forestières donnant une idée sur l'intensité des usages et la distance au marché. Le degré de pression sur les ressources a été apprécié à partir de l'observation de cartes de déforestation de la zone d'étude. Pour la mesure de la distance au marché, les villages situés à moins de 5 km à vol d'oiseau de centres d'écoulement ont été considérés comme proches du marché. Ces deux critères ont été retenus



**Figure 16.3.** Dispositif de collecte de données de biomasse avec une combinaison de plusieurs approches distinctes mais complémentaires.

à cause de leur souplesse et leur facilité d'adaptation au cas particulier d'un site. Il est à noter que les cartes produites jouent un rôle important dans ce processus d'échantillonnage. Les sites visités répondant à ces critères sont repris dans le **tableau 16.1**. Les ménages sont les unités de base les plus valables pour quantifier et évaluer les usages car ce sont les principaux consommateurs et éventuellement les acteurs de la filière. Les unités d'exploitation de produits forestiers sont les principaux informateurs sur les flux des produits, le mécanisme de formation des prix, l'approvisionnement et la vente des produits. Le nombre total des ménages faisant l'objet des enquêtes s'élevait à 306. Par rapport à la population totale de la zone d'étude, cet effectif représente un taux d'échantillonnage de l'ordre de 3,5 %.

**Tableau 16.1.** Localités visitées dans la région d'Itasy. Le choix des sites est basé sur trois principaux critères influençant l'intensité des usages.

Sites pour la caractérisation des usages	Critères					
	Type d'usage (Caractérisation)		Ampleur de dégradation (Intensité)		Distance par rapport au marché	
	Forestier	Sol	Forte	Faible	Proche	Loin
Antoby Est		×	×		×	
Soamahamanina	×			×	×	
Imerinavaratra (Arivonimamo)	×	×		×		×
Vatolaivy (Arivonimamo II)	×			×		×
Tsarahonenana (Miarinarivo)	×			×		×
Antsahamaina (Miarinarivo)	×	×	×			×
Imerinandrefana (Miarinarivo)		×	×			×
Analakely (Miarinarivo II)	×		×		×	

## 16.3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 16.3.1. Unités spatiales

L'analyse des images Landsat TM de 2005 a permis d'obtenir trois classes d'occupation du sol distinctes : « *tapia* peu dégradée », « *tapia* dégradée » et « autres formations ». Cependant, les validations sur le terrain à l'aide des données de biomasse ont montré que la différence entre les deux classes de *tapia* n'est pas significative. En effet, le *tapia* est une formation ouverte résultante d'un grand nombre de dégradations ultérieures et que les variations actuelles ne sont plus perceptibles au niveau du changement de couverture. Les classes observées ont donc été fusionnées en une unique classe « *tapia* ». Les deux strates ainsi obtenues (« *tapia* » et « autres formations ») possèdent un seuil de séparabilité > 80 %.

### 16.3.2. Biomasse et tendance actuelle

La valeur moyenne de biomasse observée est de  $20,04 \pm 1,94$  Mg.ha<sup>-1</sup> de matière sèche, ce qui montre un taux de carbone relativement faible par rapport aux données de référence en milieu tropical (Penman et al., 2003). En effet, en 2005, le *tapia* contenait seulement 180 228,43 tonnes métriques de carbone comme précise le **tableau 16.2**. La comparaison des cartes de 1990, 2000 et 2005 a permis de calculer les différents taux annuels de déforestation ainsi que leur localisation. Ce taux est croissant avec une valeur moyenne annuelle de 3,26 % entre 1990 et 2000 et une valeur de 7,41 % entre 2000 et 2005, ce qui correspond à

l'hypothèse de départ. La déforestation va ainsi en s'accéléralant et seuls les lambeaux autour d'Arivonimamo constituent aujourd'hui le noyau dur de la formation restante dans la région d'Itasy (**Figure 16.4**, voir cahier couleur). Néanmoins, cette tendance doit être confirmée par l'analyse des tendances des usages des produits forestiers.

**Tableau 16.2.** Évolution temporelle de la quantité de biomasse et de stock de carbone. Diminution de la quantité de biomasse et du stock de carbone entre les années 1990, 2000 et 2005 dans la région d'Itasy.

	1990	2000	2005
Surface de formation de <i>tapia</i> (ha)	38 569,57	28 645,92	17 988,66
Biomasse (tonnes métriques)	772 934,32 ± 74 439,27	574 064,37 ± 55 286,62	360 492,84 ± 34 718,11
C (tonnes métriques)	386 428,59 ± 37 219,63	287 003,54 ± 27 643,31	180 228,43 ± 17 359,05

### 16.3.3. Facteurs explicatifs des évolutions des unités spatiales et du stock de biomasse : les usages

D'une manière générale, les types d'usages les plus importants répertoriés dans la zone d'étude qui affectent la biomasse ligneuse de formation de *tapia* sont respectivement la production de bois de chauffe, la production de charbon, l'utilisation du bois pour la construction, et la conversion de l'espace forestier en superficie agricole. Les impacts d'autres activités secondaires telles que la collecte de soie sauvage, de chrysalides, de fruits ainsi que de champignons sont supposés minimes et ne seront pas développés dans l'analyse.

#### • Production de bois de chauffe

La dépendance de la population de la zone d'étude au bois de chauffe fourni par la formation de *tapia* est élevée, à défaut d'autres énergies de substitution. La nature des aliments des ruraux favorise également l'utilisation de *tapia* : plus de 95 % des enquêtés affirment que le bois de chauffe de *tapia* convient mieux à la cuisson des tubercules assurant pendant plus de sept mois de l'année, la base de l'alimentation des ruraux suite à l'épuisement précoce du riz. Le taux de l'utilisation du bois de chauffe collecté dans la formation de *tapia* et à vocation énergétique diffère largement d'une commune à l'autre. Pour illustrer cette différence, si cette dépendance atteint 65 % dans la commune d'Antoby, elle tourne autour de 40 % dans les communes de Soavimbazaha et de Soamahamanina. Selon les résultats d'enquête, la consommation annuelle moyenne, par individu, de bois de chauffe provenant de *tapia* s'élève à  $0,51 \pm 0,03$  m<sup>3</sup>. La totalité des communes de la zone d'étude dépendant du *tapia* comme source énergétique utilise sur une année 9936 m<sup>3</sup> de bois. La vente formelle de bois de chauffe provenant de *tapia* reste peu fréquente sur les zones d'études. La commercialisation existe seulement dans les communes de Zomabealoka et d'Arivonimamo II, et même là, c'est un fait rare. Ainsi, le prix d'un paquet de bois de chauffe (correspondant à un volume d'un dixième de mètre cube) varie de 1 500 à 2 000 MGA soit l'équivalent de 1 €. Un mètre cube de bois de chauffe vaut alors approximativement 20 000 MGA. Les valeurs totales de la consommation annuelle ont été estimées à 17 millions MGA (8 500 €).

#### • Production de charbon de bois

Soixante-sept charbonniers, répartis sur trois communes, ont été recensés dans les formations de *tapia*. Ces charbonniers opèrent de manière illicite étant donné que la production de charbon



est interdite dans les formations de *tapia*. La majorité de ces charbonniers est localisée dans la commune d'Antoby-Est. Il n'existe pas d'intermédiaire entre les consommateurs en ville et les charbonniers, qui assurent eux-mêmes la livraison. La production du charbon cible l'agglomération urbaine. Comme la production, la commercialisation des produits s'effectue également de manière clandestine. La livraison au niveau des gargotes ou des ménages se passe le plus souvent au début de la matinée. Actuellement, la ville de Miarinarivo constitue la zone de consommation la plus importante de charbon clandestin dans les sites d'étude. Un consommateur estime apercevoir une quantité journalière variant de 20 à 50 sacs de charbon venus en ville. Le charbon, dans cette localité, provient essentiellement d'Antoby-Est qui enregistre environ 20 charbonniers répartis sur deux hameaux. Un charbonnier assure la production de 3 à 4 fours de charbon en une semaine. La compilation des résultats de données collectées sur terrain a permis d'affirmer que la production annuelle totale du charbon de *tapia* a été évaluée à 37740 kg soit 54 m<sup>3</sup>. Cette quantité nécessite l'utilisation d'une quantité de bois frais d'environ 108 m<sup>3</sup>, volume équivalent bois rond. Partant d'un prix moyen par kilo estimé à 250 MGA, les valeurs annuelles de la production du charbon issu des forêts de *tapia* s'élèvent à 9435000 MGA soit 4700 €.

- *Bois de construction*

La population utilise le *tapia* comme bois de construction pour ses maisons, accessoires d'usage quotidien et parcs à bétails. Les riverains sont les principaux acteurs impliqués dans l'utilisation du bois de *tapia*. Selon les informations obtenues par l'enquête, la construction d'une maison nécessiterait en moyenne  $0,065 \pm 0,002$  m<sup>3</sup> de bois. La durée de vie de ces maisons varie de 5 à 10 ans, voire davantage. La commune d'Antoby-Est consomme plus de bois (de  $0,080 \pm 0,001$  m<sup>3</sup> par ménage) tandis que Miarinarivo II a une consommation plus faible ( $0,037 \pm 0,004$  m<sup>3</sup> par ménage). Le volume total de bois consommé par les ménages enquêtés atteint 10,43 m<sup>3</sup> par an. Étant donné que les bois de *tapia* ne se vendent pas, il serait nécessaire de se servir du prix des autres espèces. Un mètre cube de bois d'eucalyptus utilisable en construction vaut approximativement 50000 MGA soit 25 €. La valeur du bois total utilisé par les ménages pour la construction est par conséquent estimée à 521500 MGA (260 €) annuellement.

- *Conversion de l'espace forestier en terrain agricole*

Les pratiquants de ce type d'utilisation de la forêt sont principalement les riverains des bois de *tapia*. Le défrichement permet aux riverains de disposer à la fois de terrains de culture mais aussi de matière première, servant soit de bois de chauffe, soit de base pour la production de charbon, soit pour la construction. Quant aux produits agricoles issus des cultures sur défrichement, ils sont destinés à la fois à l'autoconsommation et à l'approvisionnement des marchés régionaux ou nationaux.

Les terrains forestiers convertis sont affectés aux cultures de manioc, haricot, maïs, ananas et *voandzou* (*voanjobory*). L'agriculture y est largement prédominée par le manioc occupant plus de 80 % des surfaces totales annuelles défrichées. Les surfaces forestières transformées annuellement en terrains de cultures vivrières ont été évaluées à 3150 ha selon les questionnaires. Ensemble, les valeurs de différentes cultures dans les parcelles défrichées dans les formations de *tapia* d'Itasy sont évaluées à 4476 millions MGA (2238000 €). L'importance économique de chaque usage, montrant l'importance des valeurs financières des cultures vivrières installées après défrichement de forêts, est ainsi récapitulée dans le **tableau 16.3**.

**Tableau 16.3.** Surfaces annuelles défrichées et valeur générée par les productions successives.

Culture	Surface totale défrichée (ha)	Production (kg)	Valeur générée (MGA)
Manioc	2 749,32	8 247 960	4 123 980 000
Haricot	53,87	80 798	48 478 500
Maïs	188,06	376 110	225 666 000
Ananas	107,73	53 865	24 239 250
<i>Voandzou</i>	51,03	76 545	53 581 500
<b>Total</b>	<b>3 150</b>	<b>8 835 278</b>	<b>4 475 945 250</b>

L'importance socio-économique des bénéfices procurés par les différents usages du bois des formations de *tapia* est ainsi démontrée pour les sites d'Itasy. En intégrant les valeurs de tous les usages pratiqués, les retombées financières directes et indirectes annuelles créées par la déforestation et la dégradation des forêts de *tapia* d'Itasy ont été estimées globalement à 4 500 millions MGA soit 2 250 000 € (**Tableau 16.4**). Ainsi, il est essentiel pour la suite de l'analyse de savoir dans quelle mesure les bénéfices octroyés par la vente du carbone dans le cadre du REDD substitueront ces manques à gagner.

**Tableau 16.4.** Situation globale des usages et des valeurs générées par les produits ligneux, non ligneux et les produits issus des sols forestiers. Bénéfices économiques élevés issus des produits de défrichement dans la région d'Itasy.

Produits de l'usage (dans la Région)	Consommation annuelle en bois de <i>tapia</i> (m <sup>3</sup> )	Production annuelle (kg)	Valeur (MGA)
<b>Produits Forestiers Ligneux</b>			
Bois de chauffe	9 936		17 000 000
Charbon de bois	108		9 435 000
Bois de construction	10		521 500
<b>Produits de défrichement</b>			
Manioc		8 247 960	4 475 945 250
Haricot		80 798	
Maïs		376 110	
Ananas		53 865	
<i>Voandzou</i>		76 545	

### 16.3.4. Pertinence de la REDD dans l'amélioration de la gestion de formations de *tapia*

Du point de vue technique, il semble que la REDD est appropriée pour résoudre les problèmes conduisant au déclin des forêts. En fait, les enjeux socio-économiques liés à l'utilisation des forêts sont relativement importants. De même, avec le même rythme de dégradation de 7,41 % et en absence d'une bonne régénération naturelle, le bois de *tapia* risque de disparaître entièrement dans les 15 prochaines années. Selon les résultats antérieurs, la valeur moyenne de biomasse était de  $20,04 \pm 1,94$  Mg.ha<sup>-1</sup>, ce qui est faible par rapport à la valeur moyenne des forêts tropicales humides de montagne, de l'ordre de 191 Mg.ha<sup>-1</sup> (Penman et al., 2003). Partant d'une superficie totale de 18 000 ha de formations de *tapia* dans les sites d'étude, la quantité totale de carbone contenue dans les formations de *tapia* est

estimée alors à 180 000 tonnes métriques. Avec un prix moyen par tonne de 5,5 USD, les gains attendus annuels de la vente de carbone seront de 1 980 millions MGA soit 1 100 000 €. Ces bénéfices bruts couvrent à peine le tiers des gains des communautés tirés des usages des forêts. Cette perte des valeurs liée à la cessation des activités économiques non renouvelables dans la forêt constitue le manque à gagner qu'il faudra compenser. Ainsi, d'un point de vue strictement économique, l'initiative REDD à elle seule ne sera pas du tout rentable en absence d'autres alternatives complémentaires.

## 16.4. CONCLUSION

Les effets des changements climatiques commencent à être de plus en plus ressentis (Solomon et al., 2007) et ont progressivement donné de la valeur aux recherches sur les méthodes possibles de stockage des gaz à effet de serre, et aux moyens de limiter leurs émissions. Dans ce sens, le mécanisme de Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation (REDD) s'impose comme une solution possible au problème, en particulier dans les pays tropicaux en voie de développement comme Madagascar, où le déboisement et la dégradation des forêts constituent les principales sources de dioxyde de carbone.

La présente étude, combinant plusieurs méthodes, à savoir une analyse par télédétection d'images Landsat TM multispectrale, un inventaire de biomasse sur le terrain et une analyse des usages des formations de *tapia*, a démontré que la déforestation est fortement liée aux différents usages pratiqués par les communautés locales. En se basant sur le volume de bois prélevé au niveau des formations de *tapia*, les usages contribuant à la dégradation et au déboisement du *tapia* sont, par ordre d'importance : la collecte de bois de chauffe, la carbonisation, la collecte de bois pour la construction et la conversion en terrain agricole. Mais du point de vue économique, le défrichage pour les activités agricoles génère à lui seul plus de 99% des gains globaux annuels. La proximité des ressources explique le fort recours au *tapia*. Pour la majorité des cas, les points de collecte ont été localisés à moins de 1 km des lieux d'habitation, expliquant les tendances observées des différents usages comme la conversion des terres forestières en terres agricoles et l'utilisation de bois de chauffe dans l'étude cartographique.

Certes, les bois de *tapia* présentent un taux de carbone à l'hectare extrêmement faible, mais jouent un rôle prépondérant dans les moyens de subsistance des communautés. Les bénéfices globaux procurés par le *tapia* ont été évalués à environ 4 500 millions MGA soit 2 250 000 €. En supposant que ces formations seront engagées dans le processus REDD, la vente de 180 000 tonnes de carbone permettra de générer environ 1 100 000 €. Du point de vue purement économique, l'analyse a montré qu'en absence d'alternatives, les gains procurés par les budgets attendus de la vente de carbone ne couvrent pas du tout les pertes liées à la cessation de différents usages, du fait de la faible biomasse de la formation de *tapia*. Le développement d'alternatives de substitution comme l'appui des spéculations porteuses non destructives peut contribuer ainsi à limiter l'usage de *tapia*, tout en assurant une compensation pour la cessation des activités non renouvelables en forêt. À l'exemple du District d'Arivonimamo appartenant à la région d'Itasy, le fait que certaines localités disposent de parcelles de reboisement privé favorise de manière significative l'abandon de l'emploi de *tapia* comme source d'énergie domestique. Des mesures visant en l'augmentation des couvertures boisées pourront être

des solutions immédiates à cette situation. Il faut tenir compte des expériences positives de différents projets de reboisement communautaire travaillant dans la zone. Mais des mesures réglementaires et institutionnelles devraient être prises en même temps. Plus particulièrement, il est nécessaire de redynamiser l'application de l'arrêté régional de la protection des formations de *tapia* établie depuis 2009, lequel n'est toujours pas fonctionnel sur le terrain. Les capacités techniques et administratives des communautés de base auxquelles est confiée la gestion de formation *tapia* méritent aussi un renforcement. Cependant, il importe aussi de travailler sur des incitations à court terme et à moyen terme. Ces incitations viseront en premier lieu la déforestation issue de la conversion des terres mais également celle issue de l'utilisation de bois de chauffe en milieu rural et urbain. Le soutien à la filière de soie sauvage qui est conduite actuellement de manière traditionnelle est fortement suggéré parmi tant d'autres.

### Remerciements

Nous tenons à remercier InterCoopération Suisse par l'intermédiaire du Projet REDD FORECA (Réductions des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts – FORêts engagées pour la RÉduction des émissions de CARbone) et la CUD (Commission universitaire pour le Développement) en partenariat avec Gembloux Agro-Bio Tech par le projet GeVaBo (Gestion et Valorisation du ver à soie *Borocera*) pour leurs appuis financiers et techniques.

## 16.5. BIBLIOGRAPHIE

- Du Puy D.J. & Moat J.F., 1996. A refined classification of the primary vegetation of Madagascar based on the underlying geology: using GIS to map its distribution and to assess its conservation status. In: Lourenço W.R. (ed.). *Proceedings of the International Symposium on the Biogeography of Madagascar*. Paris: ORSTOM. p. 205-218.
- Duteurtre G., Koussou M.O. & Leteuil H., 2000. *Une méthode d'analyse des filières*. Synthèse de l'atelier du 10 au 14 avril 2000. LRVZ, N'Djamena. Montpellier, France : CIRAD.
- Faramalala M.H., 1988. *Étude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spatiales*. Doctoral Thesis, Univ. Paul Sabatier de Toulouse.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2006. *Forest Resources Assessment*. Rome: FAO. Forestry Paper.
- Goodman S.M. & Ratsirarson J., 2000. Écologie des Hauts Plateaux : changement de la communauté, biogéographie et les effets de l'isolation et de la fragmentation. In : Ratsirarson J. & Goodman S.M. (éds). *Monographie de la Forêt d'Ambositantely*. CIDST. Série Sciences Biologiques n°16, 131-141. Antananarivo : Ministère de la Recherche Scientifique.
- Grainger A., 2008. Difficulties in tracking the long-term global trend in tropical forest area. *PNAS*, **105**, 818-823.
- Houghton R.A., 2003. Revised estimates of the annual flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus B*, **55**, 378-390.
- Houghton R.A., 2005. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biol.*, **11**(6), 945-958.
- Humbert H. & Cours-Darne G., 1965. *Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques*, hors sér. 3, maps. Paris : ORSTOM.
- Moat J. & Smith P., 2007. *Atlas of the Vegetation of Madagascar*. Kew, UK : Kew Publishing.

- Penman J. et al., 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. Kanapawa : Japon : Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Perrier de la Bâthie, 1921. La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, sér. 3, **9**, 1-268.
- Plugge D. et al., 2010. Combined biomass inventory in the scope of REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation). *Madagascar Conserv. Dev.*, **5**(1), 23-34.
- Rabemananjara Z., Rabefarihy T. & Ramamonjisoa B., 2011. Socio-economic analysis. In: "*REDD+ from a bottom-up perspective – Tools for REDD+ with a mechanism of direct incentives*". Antananarivo: ESSA Forêts. University of Antananarivo and Helvetas Swiss Intercooperation. [www.tinyurl.com/REDD-FORECA-Madagascar](http://www.tinyurl.com/REDD-FORECA-Madagascar)
- Rajoelison L.G. et al., 2009. *Inventaire de biomasse dans les forêts de tapia. Régions d'Itasy (Miarinarivo) et Amoron'I Mania (Ambatofinandrahana) Madagascar*. Antananarivo : Laboratoire de Recherches appliquées, Foresterie – Développement.
- Rakotoniriana H.J., 2003. Amélioration de la régénération par essai de culture *in vitro* des graines de *tapia* (*Uapaca bojeri*) et de ses champignons en vue d'une symbiose mycorhizienne. Mémoire de DEA. Université de Antananarivo, ESSA (Madagascar).
- Richards J.A., 1999. *Remote Sensing – Digital Image Analysis*. Berlin: Springer-Verlag. 363 p.
- Richter R., 2005. *Atmospheric/Topographic correction for satellite imagery*. Wessling, Germany: Remote Sensing Data Center. German Aerospace Center. 99 p.
- Saatchi S.S. et al., 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *PNAS*, **108**, 9899-9904.
- Solomon S. et al., 2007. *Technical Summary. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 98 p.
- Tou J.T. & Gonzalez R.C., 1974. *Pattern Recognition Principles*. Reading, USA: Addison-Wesley Publishing Company. 689 p.