

**ZCB+**

**Evaluation des valeurs du service écosystémique  
Des Zones-Clés pour la Biodiversité**

**Cadre et Démonstration du Pilote : Madagascar**

**Février 2014**



Rachel Neugarten, Miroslav Honzák, Hedley Grantham, Kellee Koenig, Timothy Max Wright, Luciano Andriamaro, Andriambolantsoa Rasolohery, Madeleine Bottrill, Carlos Andres Cano, David Hole, Daniel Juhn, Leonardo Saenz, Marc Steininger, Will Turner

## Contents

Résumé exécutif.....	3
Introduction .....	5
Méthodologie ZCB+ .....	9
Démonstration pilote à Madagascar .....	22
Etape 1) Portée des valeurs de services écosystémiques.....	23
Etape 2) Développer une description narrative des valeurs des service écosystémiques.....	25
Etape 3) Identifier les critères d'évaluation des zones importantes ; et Etape 4) Appliquer des critères permettant d'identifier les zones importantes dans et autour des ZCBs.....	44
Etape 5) Résumer les valeurs des services écosystémiques pour les ZCBs .....	58
Etape 6) Faire des recommandations et les intégrer dans le profil CEPF.....	74
Limitations, lacunes dans les données et leçons pour de futures analyses de ZCB+ .....	75
Remerciement.....	81
Références .....	81
Annexe 1. Sources de données .....	88

## Résumé exécutif

Des stratégies de conservation pour traiter la biodiversité et les services écosystémiques ont été généralement développées séparément. Des zones clés pour la biodiversité (ZCBs), des sites qui contribuent significativement à la persistance globale de la biodiversité, ont servi de guide aux nombreuses stratégies de conservation de la biodiversité, aux investissements et autres mécanismes de gouvernance. Avec le soutien du Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques, le Centre pour la Science Betty et Gordon Moore pour la Science et les Océans de Conservation International (CI) et CI Madagascar ont collaboré pour développer “ZCB+”, un cadre pour évaluer et documenter les valeurs du service écosystémique des ZCBs et des régions avoisinantes.

Ce document décrit le cadre proposé qui consiste à recommander le processus (une série d'étapes) et propose des méthodes techniques pour évaluer les principaux services écosystémiques. Il décrit également une démonstration pilote du cadre, une évaluation des valeurs du service écosystémique des ZCBs à Madagascar.

La méthodologie ZCB+ comprend sept étapes :

- 1) Portée des valeurs principales du service de l'écosystème à l'intérieur et autour des ZCBs
- 2) Développer une description narrative des valeurs des services
- 3) Identifier les critères d'évaluation des zones importantes
- 4) Appliquer des critères permettant d'identifier et de cartographier les zones importantes dans et autour des ZCBs
- 5) Résumer les valeurs des services écosystémiques pour les ZCBs
- 6) Evaluer et affiner les résultats
- 7) Formuler des recommandations et les intégrer dans le profil du CEPF

Cette analyse pilote à Madagascar a utilisé une recherche documentaire, une consultation d'experts et des analyses de SIG à l'aide de séries de données mondiales et nationales existantes. Nous avons d'abord identifié un ensemble de services d'écosystèmes considérés comme importants dans la documentation et par des experts et pour lesquels des données étaient disponibles. Il s'agissait de plusieurs services d'approvisionnement (sources sauvages de nourriture et eau douce pour usage domestique, irrigation et hydroélectricité), services de régulation et d'entretien, marées de tempêtes et risque d'inondation, atténuation des changements climatiques (stock de carbone de la biomasse et émissions par la déforestation potentielles de carbone évitées) et valeurs culturelles (écotourisme). Nous avons développé une description narrative de l'importance des écosystèmes pour la fourniture de ces services, ainsi que les résultats tabulaires et les cartes d'analyses SIG qui montrent l'importance relative des ZCBs pour différents services de l'écosystème.

Notre analyse révèle que les ZCBs à Madagascar fournissent d'importants services écosystémiques soutenant les moyens de subsistance et l'économie du pays. La revue documentaire et la consultation d'experts ont mentionné que, pratiquement, tous les écosystèmes naturels restants sont importants pour les communautés locales vivant à proximité des ZCBs à Madagascar.

Les différents ZCBs sont importants pour rendre différents services, en fonction des types d'écosystèmes qu'ils abritent et les façons dont les gens dépendent de ces écosystèmes. Quant à la fourniture de services et d'après les données de captage, les ZCBs côtières et marines fournissent des poissons pour les pêches commerciales et artisanales. Des ZCBs contiennent des écosystèmes de mangroves et de récifs coralliens qui alimentent ces pêcheries et protègent les populations vivant dans les zones côtières contre les tempêtes en régulant la montée des eaux et la force du vent. Les aires protégées, comme les parcs nationaux, ont des valeurs importantes en loisirs et écotourisme. Les écosystèmes qui ne sont actuellement pas protégés, quant à eux, rendent d'importants services aux victimes d'insécurité alimentaire, comme la chasse, la pêche et la collecte du bois combustible. Les sites non protégés peuvent être sujets aux niveaux insoutenables de récolte. Cela rend l'argument en faveur d'une gestion durable encore plus forte car ils peuvent actuellement être exploités pour de la nourriture et du combustible, mais ils sont également très menacés.

Les forêts denses humides des hautes terres de l'Est sont importantes pour atténuer les changements climatiques, lutter contre les inondations et approvisionner en eau douce pour l'usage domestique, l'irrigation et la production d'hydroélectricité. La situation est quelque peu différente dans le nord et le sud-ouest du pays souffrant de pénurie d'eau, où les services écosystémiques sont essentiels pour l'approvisionnement en eau douce pour l'usage domestique et l'irrigation pour une population relativement peu nombreuse. Comprendre précisément l'importance que représentent ces services pour le bien-être de la population locale dans ces régions était au-delà de la portée de cette étude. Les données d'autres études suggèrent que les écosystèmes des forêts sèches et épineuses sont extrêmement menacés à Madagascar et ont été sous-représentés dans les investissements passés pour la conservation. Par conséquent, alors qu'ils ne semblent pas avoir les valeurs les plus élevées en termes de fourniture de services, ces écosystèmes peuvent être aussi critiques pour la conservation. En outre, les zones côtières de l'est qui ont perdu leurs mangroves pourraient restaurés en priorité en raison de la quantité de protection potentielle contre les marées de tempêtes.

Il s'agissait d'un essai pilote du cadre de la ZCB+. Comme tel, il s'appuyait sur des séries de données existantes, des analyses documentaires rapides et une consultation relativement limitée d'experts. Beaucoup de lacunes dans les données étaient identifiées. Avec des ressources et du temps supplémentaires, une application plus complète du cadre de la ZCB+ pourrait inclure une modélisation plus sophistiquée ou une nouvelle collecte de données pour combler certaines lacunes identifiées. Madagascar, les lacunes dans les données pourraient être comblées par de nouvelles recherches

ou des analyses au cours de la mise en œuvre du profil du CEPF, ou pourraient être la priorité pour de futures recherches. Pour les futurs profils du CEPF, nous recommandons la tenue d'ateliers plus complets spécifiquement axés sur les services écosystémiques, avec un groupe plus large de parties prenantes, notamment les représentants des organismes gouvernementaux, des organismes de développement et d'experts universitaires sur l'eau douce, les changements climatiques, la sécurité alimentaire, l'écotourisme et les sites culturels pour s'assurer une application plus efficace du cadre de la ZCB+.

## Introduction

### Historique

On peut définir *les services écosystémiques* comme étant les contributions de l'écosystème aux prestations utilisées dans l'économie et autre activité humaine (Agence Environnemental Européen, 2013). La Classification Internationale Commune des Services Ecosystémiques (CICES, l'EEE 2013) comprend trois grandes catégories de services écosystémiques :

- Fourniture de services, tous nutritionnels, matériels et énergétiques des extrants des systèmes vivants.
- Régulation et entretien, les façons dont les organismes vivants peut médier ou modérer l'environnement ambiant qui affecte la performance humaine.
- *Services culturels*, tous ce qui sont des immatériels et normalement non-physiques, sortis des écosystèmes qui affectent les états physiques et mentaux de la population.

Les processus naturels sont reliés entre eux à travers différents écosystèmes. Il est donc raisonnable de supposer que tous les écosystèmes rendent une forme quelconque de services – même des habitats fortement modifiées pourraient rendre de précieux services sous forme de stockage de carbone des sols, de recyclage des éléments nutritifs, d'infiltration d'eau et d'air ou d'autres avantages. La valeur des services écosystémiques pourrait varier considérablement dans l'espace à cause de l'hétérogénéité inhérente des caractéristiques biophysiques de différents écosystèmes et de la répartition inégale des bénéficiaires de services. Par exemple, les populations humaines sont souvent regroupées le long des côtes, à proximité des plans d'eaux ou le long des corridors de transport. Reconnaître cette variation spatiale, tout en identifiant des écosystèmes offrant des valeurs relativement plus élevées aux principaux bénéficiaires, est une importante étape vers le ciblage de mesures efficaces de conservation.

La **biodiversité** peut se définir comme la diversité de la vie sur terre à tous les niveaux - du niveau génétique jusqu'au niveau des espèces et des écosystèmes. La biodiversité englobe des attributs

de fonction, de composition et de structure. Le plus souvent, nous pensons de la biodiversité dans une perspective de composition, principalement de la distribution des espèces et des écosystèmes. La biodiversité a une relation complexe avec d'autres services écosystémiques (Mace et al., 2012). Il y a une reconnaissance croissante des aspects fonctionnels de la biodiversité en tant que service de l'habitat et qu'elle sous-tend de nombreux services écosystémiques par des processus de soutien tels que le cycle des nutriments, la purification de l'eau et de l'air et la pollinisation des cultures. On pourrait aussi considérer la biodiversité comme un service «final» de l'écosystème (par exemple, production de nourriture) et un bon service (par exemple, l'écotourisme) qui fait l'objet d'une évaluation.

Les stratégies de conservation pour s'occuper de la biodiversité et des services écosystémiques ont généralement été développées séparément. Dans certains cas, c'était pour de bonnes raisons. Par exemple, les stratégies de gestion qui se concentrent principalement sur les services écosystémiques peuvent ne pas être les plus efficaces pour la conservation de la biodiversité parce que les priorités en matière de gestion diffèrent dans la distribution spatiale ou dans le type d'intervention (Chan et al., 2006). Pourtant, il y a beaucoup à gagner grâce à l'intégration de stratégies de biodiversité et des services écosystémiques. La planification fondée sur des valeurs écosystémiques multiples peut engager une variété plus large de parties prenantes et de circonscriptions, cohérente avec les multiples rôles que jouent simultanément les écosystèmes. Les stratégies intégrées considèrent à la fois la biodiversité et les services écosystémiques, leurs synergies et des compromis (Nelson et al. 2009, Rogers et al., 2010).

Des **Zones Clés pour la Biodiversité** (ZCB) étaient développés comme un outil important pour la conservation de la biodiversité (Langhammer et al., 2007). Ils servent de guide pour la mise en œuvre d'un certain nombre d'importantes stratégies de conservation, d'investissements et d'autres mécanismes de gouvernance (par exemple, les investissements en conservation déployés par le Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques - voir ci-dessous). Les ZCBs sont définis comme «des sites qui contribuent de considérablement à la persistance de la biodiversité mondiale » (UICN, 2012). Les ZCBs sont identifiées par des critères standards, en fonction de leur importance dans le maintien de la biodiversité. A cet égard, les gouvernements, les organisations intergouvernementales, les ONGs, le secteur privé et autres parties prenantes peuvent utiliser les ZCBs comme un outil pour identifier des réseaux nationaux de sites d'importance internationale pour la conservation.

Dans le passé, l'identification de ZCBs n'a pas inclus une évaluation des services écosystémiques. Cependant, l'importance des services des écosystèmes a été reconnue dans la version la plus récente des lignes directrices de la ZCB (UICN, 2012). La directive stipule qu'il faudrait documenter autant que possible les valeurs des services écosystémiques des ZCBs, les communiquer et les intégrer dans la prise de décision ultérieure.

Le *Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques (CEPF)* accorde des subventions aux organismes non-gouvernementaux et du secteur privé pour les aider à protéger les hotspots ou points chauds de la biodiversité, les zones les plus riches en biodiversité de la planète mais menacées. Le CEPF développe des profils d'écosystèmes qui décrivent les objectifs généraux de conservation ou «résultats», les menaces et la politique, le contexte de la société civile et socio-économique, ainsi que des manques et des opportunités de financement. Cette information est utilisée pour déterminer la niche du CEPF et la stratégie d'investissement inclus dans chaque profil d'écosystème. Les ZCBs constituent l'un des principaux outils utilisés au sein de leurs profils d'écosystèmes pour définir des objectifs.

Le CEPF est de plus en plus intéressé à comprendre le rôle que jouent les ZCBs dans la fourniture de services qui sont importants pour la population, en particulier aux pauvres. Lors de la définition du plan pour le développement du profil de l'écosystème du Hotspot de Madagascar et des Îles de l'Océan Indien (MIOI), le CEPF a contacté le Centre pour la Science et les Océans (MCSO) de Betty et Gordon Moore de Conservation International pour explorer les possibilités de cartographier ces services et utiliser ces informations dans le cadre du processus d'établissement des priorités pour les régions où CEPF va investir dans le hotspot de MIOI. Le MCSO héberge l'expertise de CI en science mondiale et océans et est expérimenté dans l'évaluation des services écosystémiques.

## Objectifs des ZCBs+

Avec le soutien de CEPF, MCSO et CI Madagascar ont collaboré pour développer la ZCB+, un cadre pour évaluer et documenter des valeurs du service de l'écosystème des ZCBs et des régions avoisinantes. Ce document traite du cadre proposé qui consiste en un processus recommandé (un ensemble d'étapes), ainsi que des méthodes techniques suggérées pour l'évaluation des principaux services écosystémiques. L'audience de ce guide est principalement le CEPF, mais il peut aussi être utile à d'autres institutions qui veulent comprendre les valeurs des services écosystémiques des zones prioritaires de la biodiversité.

Ce document décrit également une démonstration pilote du cadre, une évaluation des valeurs des services de l'écosystème des ZCBs à Madagascar. Il faut noter que, dans cette évaluation, nous nous référons aux **valeurs du service de l'écosystème** strictement en termes non monétaires (par exemple, l'importance relative des écosystèmes pour soutenir la sécurité alimentaire ou offrir une protection contre les événements climatiques). Évaluer des services de l'écosystème en termes monétaires était au-delà de la portée de cette analyse.

Les valeurs du service des écosystèmes identifiées à travers la ZCB+ étaient incluses dans le profil d'écosystèmes utilisé par CEPF pour orienter les investissements. Avec la ZCB+, les services écosystémiques peuvent être considérés lors de l'identification des stratégies d'investissement de conservation et peuvent influencer des possibilités de financement supplémentaires. Plus précisément, l'information provenant de la ZCB+ peut être utilisée pour :



- 1) Evaluer les valeurs du service de l'écosystème des zones dans et autour des ZCBs. Ces zones ne sont pas nécessairement limitées aux frontières des ZCBs elles-mêmes et peuvent inclure des corridors entre des ZCBs, des bassins versants aux alentours des ZCBs, des rivières reliant des ZCBs aux bénéficiaires en aval ou d'autres unités concernées.
- 2) Documenter l'importance des ZCBs qui bénéficient à la population et distinguer quelles ZCBs sont importantes pour rendre des services écosystémiques spécifiques. Certaines ZCBs peuvent rendre des services importants d'eau douce pour les communautés locales, tandis que d'autres peuvent fournir des valeurs globales d'atténuation climatique en séquestrant et stockant du carbone.
- 3) Identifier des interventions potentielles de conservation qui peuvent compléter les efforts de conservation de la biodiversité en maintenant ou améliorant également les valeurs des services écosystémiques.

Ce cadre fournit des lignes directrices générales pour documenter des valeurs des services écosystémiques sur la base d'informations qualitatives et de données quantitatives (à la fois spatiales et non-spatiales). Il est conçu pour être souple aux différentes situations d'informations et de données, aux variations d'échelles (par exemple, des petits pays insulaires aux régions plus grandes) et peut s'appliquer partout.

Comme mentionné précédemment, la biodiversité comme service écosystémique, est complexe et les stratégies de conservation de la biodiversité sont souvent différentes de celles des services écosystémiques. Avec la ZCB+, nous n'avons pas évalué les valeurs et les stratégies de conservation de la biodiversité; nous les avons laissées au processus existant de profilage du CEPF.

### Liens vers d'autres outils

Pour élaborer ce cadre, nous avons examiné les approches précédentes pour évaluer les valeurs des services écosystémiques pour soutenir le planning de conservation (y compris Egoh et al., 2007, Chan et al., 2011 et Tallis et Polasky, 2009). Un outil particulièrement pertinent est «Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment (TESSA) ou la Boîte à outils pour l'évaluation sur terrain des services de l'écosystème, qui a un objectif semblable à l'identification des valeurs des services des écosystèmes autour des sites d'importance mondiale de la biodiversité, tels que les zones importantes de conservation des oiseaux (ZICO), un sous-ensemble de ZCBs (Peh et al., 2013). TESSA a été explicitement développée pour les domaines prioritaires de la biodiversité et a été appliqué dans l'évaluation des valeurs du service de l'écosystème des zones importantes de conservation des oiseaux (ZICO) au Népal (BCN et DNPWC, 2012).

TESSA n'est pas une approche unique, il s'agit plutôt d'une boîte d'outils de possibles approches allant de l'évaluation qualitative des services écosystémiques sur la base de l'opinion d'expert



à l'échantillonnage sur terrain des débits d'eau douce ou d'autres services. Quand cela est possible, nous avons intégré l'approche TESSA dans le cadre de la ZCB+ pour assurer la cohérence.

Cependant, TESSA est, par définition, basée sur terrain. Dans les zones géographiques où il y a relativement peu de ZCBs, une approche site par site est possible. Cependant, dans de nombreux secteurs géographiques (y compris Madagascar), il y a tellement de ZCBs qu'une évaluation site par site des services écosystémiques serait à un prix prohibitif ou impossible. Ainsi, pour la ZCB+, nous avons essayé d'identifier des méthodes utilisables pour évaluer les services écosystémiques dans une région entière, puis «attachées» aux unités spatiales pertinentes (ZCBs, bassins versants, unités de gestion ou autres unités pertinentes). Néanmoins, notre cadre comprend quelques-uns des mêmes outils que ceux dans TESSA, comme la modélisation de l'eau douce à l'aide de séries de données mondiales existantes.

## Méthodologie ZCB+

La méthodologie ZCB+ comprend sept étapes (Figure 1), dont les détails suivent. L'engagement avec les parties prenantes, y compris des ONGs de conservation et de développement, des agences gouvernementales pertinentes, des institutions de recherche et des collectivités locales, est une composante transversale de cette méthodologie et est donc intégrée à chaque étape. Dans ce document, nous décrivons chaque étape et fournissons des directives pour l'entreprendre.

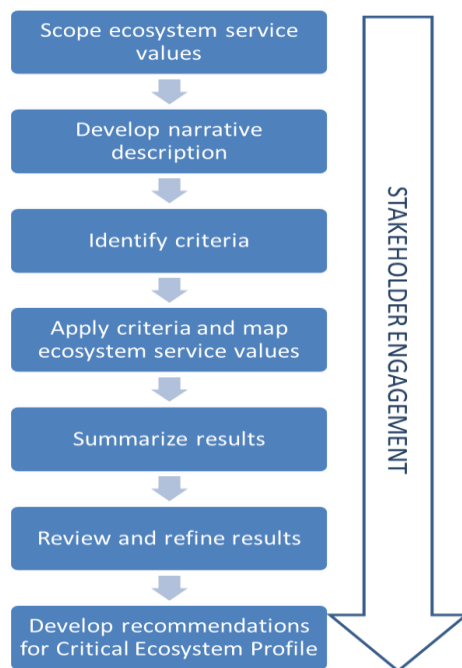


Figure 1. Etapes du processus d'évaluation les valeurs ES des ZCBs

## Etape 1) Portée des valeurs du service des valeurs de l'écosystème dans et autour des ZCBs

### Identifier les principaux bénéficiaires

Les **bénéficiaires** des services écosystémiques comprennent les particuliers, les groupes ou les secteurs qui dépendent des écosystèmes naturels pour l'alimentation, l'eau douce, la protection contre les phénomènes climatiques ou autres avantages. Les principaux bénéficiaires peuvent être des centres de population, des groupes vulnérables comme les communautés de pauvres ou des communautés situées dans des zones sujettes aux catastrophes climatiques, des communautés victimes d'insécurité alimentaire ou des groupes traditionnellement marginalisés comme les communautés autochtones et traditionnelles. Les bénéficiaires peuvent également inclure des secteurs économiques qui dépendent des écosystèmes naturels, comme l'agriculture, la sylviculture ou l'énergie. Enfin, les bénéficiaires incluent la population mondiale qui dépend des écosystèmes naturels pour réguler le climat mondial ou pour tirer des avantages (tels que les valeurs d'options ou des valeurs d'existence) de la biodiversité mondiale.

Les avantages d'un écosystème en particulier pourraient remonter principalement à certains groupes (tels que les populations côtières ou les petits agriculteurs) et à certains bénéficiaires qui seraient plus vulnérables ou qui auraient besoin de services de l'écosystème (par exemple, les pauvres des zones rurales). Des renseignements sur les avantages que tire une population ou un groupe peut potentiellement être un moyen pour engager les parties prenantes dans la protection à long terme de principaux écosystèmes intéressants. L'approche ZCB+ examine donc les principaux avantages des écosystèmes pour une variété de bénéficiaires potentiels, en fournissant une large base pour l'élaboration de stratégies pour la conservation de ces zones.

Des bénéficiaires choisis ou «clés» peuvent être choisis en fonction du contexte spécifique et des objectifs spécifiques de l'exercice de la ZCB+.

Des informations sur les **dépendances** principales ou les moyens particuliers pour que les services écosystémiques profitent aux groupes ou secteurs clés devraient idéalement être collectées. Les dépendances des personnes et des secteurs sur les écosystèmes naturels sont généralement des besoins liés à la nourriture, aux matières premières, à l'eau, à la réduction de risques des catastrophes, aux revenus, aux loisirs ainsi qu'aux valeurs spirituelles et culturelles. Les dépendances spécifiques d'une région précise dépendent du contexte local.

### Services écosystémiques pertinent choisis

Une fois les principaux bénéficiaires et dépendances identifiés, il sera possible d'identifier les services écosystémiques spécifiques correspondant à un contexte donné. Par exemple, il peut être largement compris que la population dépend de l'eau douce, mais en dépend-elle pour la boire, pour usage

domestique, pour irrigation ou arrosage de leur bétail? Qu'est-ce qui est importante : la quantité ou la qualité de cette eau ou le calendrier des inondations et des sécheresses ?

Les divers bénéficiaires peuvent utiliser l'eau différemment, qu'à ce stade, il est utile de considérer des détails sur les voies particulières par lesquelles des individus, des groupes ou des secteurs spécifiques bénéficient de chaque service. Cela peut se faire en se référant à un système mondial de classification de services écosystémiques tels que la Classification Internationale Commune des Services Ecosystémiques ou CICES (Tableau 1). Tel système fournit une liste utile pour évaluer globalement tous les types potentiels de services pertinents pour le projet. Cette information peut également être recueillie lors de consultation avec des experts et des parties prenantes, à partir d'une revue documentaire ou grâce aux efforts de collecte de données.

Tableau 1. Classification Internationale Commune des Services Ecosystémiques (CICES) V4.3 (Janvier 2013) - niveau de 3 chiffres (pour une version plus détaillée du tableau, voir <http://cices.eu/>)

Section	Division	Groupe
Approvisionnement	Nutrition	Biomasse
		Eau
	Matériaux	Biomasse, Fibre
		Eau
	Energie	Sources d'énergie basées sur la biomasse Energie mécanique
	Régulation & Entretien	Médiation de déchets, de substances toxiques et autres nuisances
Médiation par les écosystèmes		
Médiation des flux		Flux de la masse
		Débit de liquide
		Débit de gaz / d'air
Entretien des conditions physiques ; chimiques, biologiques		Entretien du cycle de vie, protection de l'habitat et du patrimoine génétique
		Contrôle des parasites et maladies
		Formation et composition du sol
		Conditions de l'eau
		Régulation de la composition atmosphérique et du climat

<b>Domaine culturel</b>	Interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et le paysage terrestre et marine [Paramètres environnementaux]	Interactions physiques et expérientielles
		Interactions intellectuelles et représentationnelles
	Interactions spirituelles, symboliques et autres interactions avec les écosystèmes et le paysage terrestre et marine [Paramètres environnementaux]	Spirituelles et / ou emblématiques
		Autres sorties culturelles

### Identification des écosystèmes fournissant des services

Une fois les bénéficiaires, les dépendances et les services écosystémiques pertinents identifiés, l'étape suivante consiste à déterminer quelles écosystèmes sont connus ou sont susceptibles de fournir chaque service. Par exemple, les débits de surface d'eau douce proviennent généralement des zones en amont, puis traversent des ruisseaux et des rivières vers des endroits où les bénéficiaires peuvent les utiliser. Les écosystèmes des sources d'eaux en amont, qui peuvent compter des forêts ou des zones humides ainsi que des systèmes de cours d'eau et de rivières reliant ces écosystèmes aux bénéficiaires en aval, rendent donc un service de débit d'eau douce.



Des informations sur les écosystèmes fournissant des services essentiels peuvent être obtenues en consultant des experts et des parties prenantes, en évaluant une preuve existante des services offerts par les différents types d'écosystèmes, des outils de modélisation de services écosystémiques, en révisant des listes ou des cartes des types d'écosystèmes (par exemple, classifications de végétation, écosystèmes marins et côtiers) ou en rassemblant de nouvelles données.

La relation spatiale entre les écosystèmes et les bénéficiaires peut être locale, régionale ou mondiale. Un exemple d'un écosystème rendant un service localement est une zone boisée directement utilisée par une communauté locale pour les bois de chauffe. Cette forêt peut également se trouver dans les sources d'un bassin de la rivière qui approvisionne en eau douce des populations à des centaines de kms. Enfin, cette forêt peut séquestrer et stocker des carbones qui aident à réguler le climat mondial au bénéfice des peuples partout dans le monde.

De multiples services peuvent être rendus par un écosystème en particulier et avoir une valeur différente pour différents groupes de bénéficiaires. La fourniture de certains services peut également être en conflit entre eux. Par exemple, une collectivité locale peut dépendre d'une forêt pour le bois pour construire leurs maisons, conduisant à la déforestation qui affecte la qualité de l'eau en aval, affectant l'approvisionnement en eau potable d'une autre communauté et libérer des gaz à effet de serre qui contribuent aux changements climatiques mondial. Aussi, il est important de comprendre et de documenter ces conflits ou compromis entre différents groupes bénéficiaires et services. Bien que la documentation et la résolution de ces conflits soient au-delà de la portée de notre étude, nos résultats quantifiant les différents avantages des écosystèmes et les différents bénéficiaires constituent la première étape pour comprendre et résoudre des compromis.

#### Lien avec l'approche TESSA

TESSA implique une évaluation site-par-site des ES pertinents à chaque ZICO. Quand cela est possible, on peut aussi utiliser cette approche pour la ZCB+ pour identifier les principaux bénéficiaires et les services écosystémiques pertinents. Dans certains secteurs géographiques, comme Madagascar avec plus de 200 ZCBs, une approche site-par-site n'est pas pratique. Dans ce cas, il serait plus logique de grouper les ZCBs en fonction des caractéristiques semblables (comme le type de l'écosystème) pour grouper les bénéficiaires concernés et les services écosystémiques pertinents en un ensemble de ZCBs collectives.

## Etape 2) Développer une description narrative des valeurs du service de l'écosystème

Sur la base de l'exercice ci-dessus, il est désormais possible de développer un résumé des informations qualitatives et quantitatives recueillies comprenant :

- 1) des principaux **bénéficiaires** (par exemple, les populations côtières, le secteur agricole) et des **dépendances** spécifiques de ces bénéficiaires sur les écosystèmes (par exemple, l'eau potable pour l'irrigation ou la nutrition ou les rendements agricoles)
- 2) Quels **services écosystémiques** spécifiques offrent ces avantages (par exemple, stabilité des débits de l'eau, services de pollinisation pour les cultures principales)

- 3) Quels **écosystèmes ou espèces** spécifiques offrent ces services (par exemple, des zones humides de haute altitude, rivières) et quels sont leurs fonctions écologiques (par exemple, régulation de l'eau, conservation des sols)

Bien qu'étant au-delà de la portée de cette étude, il serait aussi utile de recueillir une information supplémentaire comme :

- 4) La capacité des services des écosystèmes à répondre à la demande actuelle ou future et la durabilité de l'utilisation,
- 5) Les compromis entre les services ou les conflits entre les bénéficiaires,
- 6) La connectivité ou les relations spatiales entre l'emplacement des écosystèmes qui fournissent le service et la localisation des populations ou des secteurs bénéficiant du service,
- 7) Liens avec la biodiversité; la contribution spécifique de la biodiversité à chaque service de l'écosystème. Cette contribution peut être directe, par exemple, la biodiversité consommée directement (services d'approvisionnement comme la nourriture ou les matières premières). La contribution peut aussi être indirecte, comme la biodiversité qui prend en charge d'autres services écosystémiques (appui ou régulation des services, comme l'entretien de la qualité des sols ou la pollinisation.) La biodiversité peut aussi contribuer, directement ou indirectement, aux valeurs culturelles ou spirituelles (par exemple, l'ornithologie de plaisance ou forêts sacrées).

Les composantes 1-7 peuvent être résumées dans une narration. Des tableaux de résumés peuvent aussi être un moyen utile pour capturer des informations à partir des exercices de cadrage (Tableau 2).

*Tableau 2. Résultats d'une analyse de la portée des services écosystémiques importants à Madagascar sur la base d'une revue documentaire et de consultation d'experts*

Section	Division	Services écosystémiques à Madagascar
Approvisionnement	Nourriture	Poissons
		Gibiers
		Plantes comestibles
		Plantes médicinales
		Apport en eau pour usage domestique
		Apport en eau pour l'irrigation
	Matériaux	Matériaux de construction (bois, chaume)
		Matériaux pour produits artisanaux (bois, carex)
		Apport en eau pour l'extraction minière
	Energie	Bois de chauffe
Charbon de bois		

Section	Division	Services écosystémiques à Madagascar
		Apport en eau pour l'hydroélectricité
Régulation & Entretien	Traitement des déchets, des substances toxiques et autres nuisances	Qualité de l'eau pour usage domestique
		Qualité de l'eau pour irrigation
		Qualité de l'eau pour hydroélectricité
	Atténuation des inondations	Régulation de l'inondation
		Régulation de la sécheresse
	Entretien des conditions physiques, chimiques, biologiques	Stockage et séquestration de carbones
Protection contre les cyclones		
Matériaux génétiques		
Culture	Interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et les paysages terrestres et marines	Ecotourisme
		Valeur existentielle (biodiversité)
	Interactions spirituelles, symboliques et autres avec les écosystèmes et les paysages terrestres et marines	Identité culturelle et spirituelle

### Etape 3) Choisir des critères pour identifier des zones importantes

Une fois toutes les étapes exploratoires effectuées et qu'une description narrative des principaux bénéficiaires, des services écosystémiques et des écosystèmes est élaborée, il sera plus facile de sélectionner des critères pour identifier les zones les plus importants pour la fourniture des valeurs des services écosystémiques.

Comme il a été décrit ci-dessus, chaque emplacement a des valeurs de services écosystémiques, mais l'ampleur des services fournis et les avantages qui en découlent varient dans l'espace. Il est possible de distinguer des zones plus importantes que d'autres pour des services écosystémiques spécifiques ou pour des bénéficiaires spécifiques. Les critères spécifiques utilisés pour distinguer "la plus importante" de "la moins importante" dépendront du service. Des exemples de critères sont :

- 1) L'importance pour les bénéficiaires (par exemple, dépendance de certains groupes de personnes ou de secteurs d'un écosystème; caractère irremplaçable d'un écosystème en rendant un service)
- 2) Les types de bénéficiaires qui en dépendent (par exemple, communautés vulnérables, secteurs économiques importants)
- 3) L'importance d'atteindre des objectifs mondiaux, nationaux ou ceux des parties prenantes (par exemple, objectifs de biodiversité d'Aichi, objectifs d'émissions, objectifs du CEPF)
- 4) Le degré de chevauchement avec d'autres valeurs (par exemple, de multiples avantages)



Si les informations sont disponibles, d'autres critères peuvent être utilisés pour distinguer des zones importantes :

- 5) La rareté de la ressource consommée (par exemple, le niveau non viable actuel ou futur de l'exploitation)
- 6) Le niveau de menace pour les écosystèmes sous-jacents (par exemple, provenant de la déforestation ou de tout autre changement d'habitat, des changements climatiques ou provenant d'autres menaces)
- 7) Des compromis avec d'autres valeurs (par exemple, utilisations contradictoires)

Il importe d'ajouter plusieurs critères supplémentaires, citons entre autres le coût d'action de la conservation, la faisabilité ou l'opportunité de mise en œuvre des actions de conservation, mais ils sont pris en compte dans d'autres étapes du processus de profilage de CEPF.

#### Faire face aux menaces

L'identification et l'évaluation des menaces sont déjà incluses dans le processus de profilage du CEPF; aussi, nous n'allons pas en donner de directives détaillées ici. Toutefois, des étapes générales pour l'évaluation de la menace sont :

- L'identification des menaces et l'évaluation des niveaux de menaces sur la base d'une évaluation des facteurs et des acteurs du changement, des tendances et l'élaboration de scénarios (par exemple, modélisation de la déforestation ou anticipations du changement climatique)
- L'intégration des menaces identifiées dans un exercice plus grand de profilage du CEPF ainsi qu'avec des menaces supplémentaires aux services écosystémiques qui n'auraient pas été identifiées
- La compilation des données spatialement explicites sur les menaces, si disponibles
- Les menaces peuvent des cibles pour l'action de conservation (c.à.d. prioriser des sites fortement menacés) ou sont à éviter (c.à.d. prioriser des sites moins menacés)
- Voir Rogers et al., 2010 pour des exemples de scénarios de priorisation de sites qui privilégient les zones à fortes pressions anthropiques et celles à faibles pressions anthropiques

Une fois les critères appropriés pour évaluer l'importance sélectionnés, les seuils peuvent être utilisés pour distinguer les zones "les plus importantes" des zones "les moins importantes". Si plusieurs valeurs sont évaluées pour les combiner en une catégorie générale de services (par exemple, «valeur de l'approvisionnement en eau douce pour la consommation domestique» et «valeur de l'approvisionnement en eau douce pour la culture du riz»), il sera nécessaire d'attribuer des poids à chaque type de service (soit peser tous les services de la même façon ou donner plus de poids aux services jugés plus importants sur la base des critères ci-dessus).

#### **Etape 4) Appliquer des critères pour identifier des zones importantes dans et autour des ZCBs**

Ayant sélectionné les critères d'identification des zones importantes, on peut appliquer ces critères, de préférence à l'aide des données spatiales quantitatives, pour dessiner des cartes des zones dans et autour des ZCBs qui sont importantes pour des services écosystémiques.

##### **Synthétiser les données existantes**

Premièrement, il faudrait réunir les données spatiales existantes pour caractériser les services écosystémiques pertinents, ainsi que les données spatiales existantes caractérisant des menaces, des modes d'utilisation des terres et des zones auparavant prioritaires pour la biodiversité ou d'autres valeurs (Tableau 3).

Tableau 3. Exemples d'ensembles de données utiles pour l'évaluation des valeurs de services écosystémiques

Caractérisation biophysique	Caractérisation socio-économique	Menaces	Utilisation des terres existantes & priorités
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Répartition des espèces</li> <li>- Couverture terrestre (y compris, les écosystèmes terrestres, côtiers et marins)</li> <li>- Utilisation des terres</li> <li>- Hydrologie</li> <li>- Le climat actuel (précipitations, températures, tempêtes, inondations, sécheresses)</li> <li>- Sols</li> <li>- Topographie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplacement des agglomérations</li> <li>- Données sur la population</li> <li>- Taux de pauvreté</li> <li>- Insécurité alimentaire (malnutrition, sous-alimentation)</li> <li>- Données sur les sources d'eau / approvisionnement en eau</li> <li>- Secteurs économiques importants/ contribution au PIB</li> <li>- Routes, ponts</li> <li>- Barrages hydroélectriques</li> <li>- Etudes pertinentes - dépendance sur les ressources naturelles, évaluation des services des écosystèmes, évaluations de la vulnérabilité aux changements climatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déforestation</li> <li>- Projections climatiques</li> <li>- Elévation du niveau de la mer</li> <li>- Risques de catastrophe</li> <li>- Plans de développement/ projections</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zones agricoles</li> <li>- Zones de pêche, données sur la capture</li> <li>- Zones de chasse, zones de collecte, espèces collectées</li> <li>- Concessions (extraction minière, exploitation forestière)</li> <li>- Espaces naturels sacrés</li> <li>- Ecotourisme</li> <li>- Aires protégées existantes</li> <li>- Zones prioritaires pour la biodiversité</li> </ul>

Des informations spatiales ou non spatiales supplémentaires peuvent être recueillies à partir d'un examen des évaluations existantes de services écosystémiques, des analyses sur l'établissement des priorités dans le passé, des évaluations de la vulnérabilité, des études de dépendance humaine sur les écosystèmes naturels ou d'autres études pertinentes. Dans plusieurs régions, il y a déjà eu des efforts d'identification des lieux importants pour les services écosystémiques ; on peut revoir cette information et incorporer les résultats si les critères s'alignent avec les critères choisis.

### Identifier et combler les lacunes

Il faudrait identifier des lacunes dans les informations existantes, comme les séries de données spatiales et non-spatiales. Là où il est possible, de nouvelles collectes de données ou une modélisation peuvent être utilisées pour combler des lacunes. Il existe des exemples d'analyses relativement à moindre coût comme l'utilisation d'ensembles de données mondiales de télédétection pour estimer les biomasses de carbones (par exemple, Saatchi et al., 2011) et le changement d'habitat (par exemple, Hansen et al.,

2013), la modélisation hydrologique à l'aide d'outils comme Waterworld (Mulligan, 2013) ou ARIES (Villa et al., 2014) et les évaluations de la vulnérabilité au climat par des projections climatiques à échelle réduite comme Climate Wizard ([www.climatewizard.org/](http://www.climatewizard.org/)) et des ateliers d'experts.

Le Tableau 4 résume plusieurs outils existants pour modéliser les services de l'écosystème. Pour une comparaison plus complète des outils, voir le *Decision Guide: Selecting Decision Support Tools for Marine Spatial Planning* (Center for Ocean Solutions, 2011).

Des informations supplémentaires sur la capacité des écosystèmes à répondre aux exigences, à la viabilité de l'utilisation des services écosystémiques essentiels et aux compromis entre les services peuvent également éclairer des décisions sur "l'importance" relative de différents emplacements.

Tableau 4. Comparaison de plusieurs outils de modélisation des services de l'écosystème, dans Peh et al., 2013: *TESSA: A Toolkit for Rapid Assessment of Ecosystems Services at Sites of Biodiversity Conservation Importance*

Adaptation à partir de : Peh et al., 2013: TESSA: Boîte à outil d'évaluation rapide des services écosystémiques dans les sites importants pour la conservation de la biodiversité

Approche/Outil	Description	Fonctionnalité				Capacité / besoin en ressources				
		Portée	Exigence des données	Résolution	Objectif d'évaluation	Compétence informatique	Connaissances techniques spécialisées	Temps	Main d'œuvre	Coût
Toolkit for Ecosystem Services Site-based Assessment (TESSA)	Un ensemble pratique d'outils pour mesurer et surveiller les services de l'écosystème à l'échelle du site.	Paysage	Faible-élevé	Faible-élevé	Faible-élevé	Intermédiaire	Faible	Faible	Faible	Faible
Assessment and Research Infrastructure for Ecosystem Services (ARIES)	Une approche de modélisation pour quantifier les services environnementaux et les facteurs qui influencent leurs valeurs, dans une région géographique et selon les besoins et les priorités définis par ses utilisateurs	Paysage-mondial	Faible-élevé	Faible-élevé	Faible	Intermédiaire-Elevé	Faible-élevé	Faible	Faible	Faible
Corporate Ecosystem Services Review (ESR)	Une série de questions pour élaborer des stratégies pour gérer les risques et les opportunités qui découlent de la dépendance de la société sur les ressources naturelles	Paysage-mondial	Faible	Faible	Faible	Elevé	Elevé	Faible	Faible	Elevé
Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST)	Une plateforme informatique pour évaluer comment les scénarios distincts pourraient conduire aux services et aux résultats associés au bien-être humain dans une zone géographique	Paysage-mondial	Faible-élevé	Faible-élevé	Elevé	Elevé	Elevé	Faible	Faible	Elevé
Multi-scale Integrated Models of Ecosystem Services (MIMES)	Une série de modèles pour évaluer les manières dont des scénarios distincts de gestion pourraient conduire aux services et aux résultats associés au bien-être humain dans une zone géographique	Paysage-mondial	Faible-élevé	Faible-élevé	Elevé	Elevé	Elevé	Faible	Faible	Elevé
Natura 2000	Un outil pour évaluer le total des avantages socio-économiques et la valeur d'un site et pour la détermination de plus de valeurs monétaires de chaque avantage fourni par le site.	Paysage	Faible	Faible	Elevé	Intermédiaire	Faible	Faible	Faible	Faible

\* La liste n'est pas exhaustive

**Astuce pour les environnements à faibles données :**  
**Elaborer des règles générales de cartographie fondées sur des informations qualitatives**

Là où les dépendances des populations sur les écosystèmes sont connues ou soupçonnées, mais qu'aucune donnée spatiale n'existe, il est possible d'élaborer des règles générales de cartographie fondées sur des informations qualitatives. Ces informations peuvent être recueillies à partir d'études de cas existantes, d'un jugement d'expert et de la théorie établie. Par exemple, si la recherche montre une forte dépendance des populations rurales sur les ressources naturelles, il serait plus raisonnable de supposer que des écosystèmes naturels se trouvant à une certaine distance des centres ruraux de population pourraient être importants pour rendre de multiples services. Une règle générale de correspondance pourrait être appliquée à l'aide des données de couverture terrestre existante pour identifier les zones potentiellement importantes. Par exemple, les écosystèmes naturels (comme les forêts, les zones humides, les mangroves ou les récifs coralliens) se trouvant à une certaine distance des habitations rurales avec des dépendances connues sur les sources naturelles pour la nourriture, l'eau, le bois de chauffe ou pouvant être considérés raisonnablement comme importants. D'autres règles de mappage basées sur les dépendances connues pourraient inclure des écosystèmes naturels qui sont :

- à proximité d'une certaine dimension de centres de population
- à proximité des centres ruraux de population
- à proximité des zones ayant des taux relativement élevés de pauvreté ou d'insécurité alimentaire
- en amont d'agriculture irriguée
- en amont d'installations hydroélectriques
- dans les zones exposées aux phénomènes climatiques graves (plaines inondables, pentes raides, régions arides et côtes, etc...)

Il faudrait documenter les hypothèses utilisées pour élaborer ces règles de mappage et communiquer clairement l'incertitude associée aux résultats.

### Appliquer des critères

Il faudrait par la suite utiliser une analyse spatiale informatique pour identifier les zones répondant aux critères sélectionnés. Selon les ressources et l'expertise disponibles, cela peut se faire en utilisant un logiciel informatique pour les systèmes d'informations géographiques (SIG) : ArcGIS ou Idrisi. On peut aussi le faire avec des outils sur le Web : WaterWorld (<http://www.policysupport.org/waterworld>) ou Co\$ting Nature (<http://www.policysupport.org/costingnature>). Des outils multi-objectifs d'aide à la prise de décisions comme Marxan ([www.uq.edu.au/marxan/](http://www.uq.edu.au/marxan/)) serviraient à identifier des réseaux d'unités spatiales répondant à plusieurs critères.

Les parties prenantes passeront en revue et affineront des résultats provenant de l'analyse informatique. En fin de compte, ce processus vise à atteindre les trois objectifs cités dans l'introduction.

## Etape 5) Résumer les valeurs des services écosystémiques pour les ZCBs

Un résumé des valeurs du service de l'écosystème pour les ZCBs peut maintenant être rédigé, incluant la description narrative, des tableaux ou des diagrammes résumant, des cartes et des données recueillies pour l'analyse, une description des méthodes, des sources d'information et des lacunes dans les informations essentielles. On peut dessiner des cartes illustrant les valeurs du service de l'écosystème de chaque ZCB (par exemple, voir ci-dessous : Résultats du projet pilote de démonstration de Madagascar).

Un autre moyen utile de résumer l'information consiste à utiliser des graphiques ou des diagrammes qui montrent l'importance relative des différentes ZCBs en rendant divers services. La Figure 2 ci-dessous montre un exemple d'une évaluation au Népal.

Dans les zones géographiques avec plusieurs ZCBs, comme Madagascar, les valeurs des services écosystémiques dans des ensembles de ZCBs ayant des caractéristiques semblables peuvent être résumées. Par exemple, des ZCBs ayant des types d'écosystèmes semblables et situées près des mêmes centres de population peuvent fournir de semblables services à ces zones.

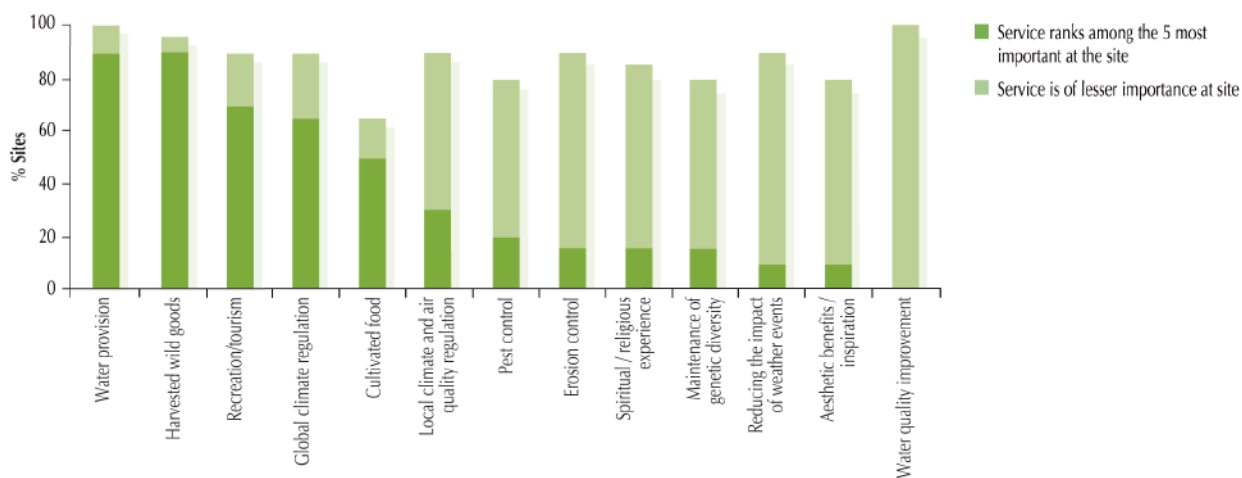


Figure 2. Proportion des Zones Importantes de Conservation des Oiseaux (ZICO) qui rendent divers services écosystémiques et leur importance relative. Figure tirée d'une évaluation de la valeur des services écosystémiques des ZICOs à Népal, sur la base d'informations fournies lors d'un atelier de consultation d'experts (BCN & DNPWC, 2012).

## Etape 6) Formuler des recommandations et les intégrer dans le profil de CEPF

Une fois le résumé mis au point, on peut l'utiliser pour formuler des recommandations et les intégrer dans le profil du CEPF. Ces recommandations aident à prioriser des ZCBs, en soulignant lesquelles d'entre elles rendent des services essentiels aux bénéficiaires en particulier. On peut également formuler des recommandations en relation avec des stratégies potentielles pour aborder les valeurs des services écosystémiques à travers des types spécifiques d'actions ou d'investissement

de conservation, comme par exemple, des activités de restauration de mangrove qui soutiennent à la fois la préservation de la biodiversité, la protection des zones côtières contre des phénomènes climatiques et la pêche qui contribue à la sécurité alimentaire. Il faut intégrer cette étape au processus plus large de profilage, y compris une vaste consultation des parties prenantes pour des discussions plus éclairées sur de potentielles stratégies, des coûts et de la faisabilité.

## Démonstration pilote à Madagascar

Avec le soutien du Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques (CEPF), l'initiative de Conservation International (CI) qu'est le Centre Betty et Gordon Moore pour la Science et les Océans (MCSO) et CI Madagascar ont collaboré afin d'évaluer la valeur des zones clés pour la biodiversité (ZCB) et leurs régions avoisinantes pour des services de l'écosystème à Madagascar.

La démonstration pilote à Madagascar a utilisé des données existantes et de nouvelles analyses limitées pour évaluer les trois grandes catégories de services écosystémiques, citons en exemples 1) les services d'approvisionnement (sources sauvages de nourriture et d'eau douce pour l'usage domestique, l'irrigation et l'hydroélectricité), 2) les services de réglementation et d'entretien contre les marées de tempêtes et les risques d'inondation), d'atténuation des changements climatiques (stocks de biomasses de carbones et des émissions potentielles résultant du déboisement évité) et 3) les services culturels (écotourisme et valeurs culturelles). Ces services écosystémiques particuliers étaient choisis parce qu'ils sont importants à Madagascar (voir ci-dessous), mais aussi parce qu'il était possible de les évaluer avec des données et des outils existants.

Ce processus a appuyé l'élaboration du cadre de la ZCB+ à Madagascar. Ce cadre peut s'appliquer aux autres régions du hotspot de biodiversité de la zone Madagascar et Iles de l'Océan Indien (MIOI) et être adapté pour les futurs profils du *Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques* dans d'autres régions. On pourrait également utiliser le cadre pour identifier des valeurs du service écosystémique des zones prioritaires de la biodiversité à d'autres fins ou à d'autres publics.

## Objectifs

Les objectifs de cette démonstration pilote de la ZCB+ sont :

- 1) De piloter un cadre pour évaluer des valeurs de services écosystémiques dans des zones clés pour la biodiversité en utilisant les données existantes venant de Madagascar
- 2) De mettre en place un ensemble de cartes illustrant des liens entre les écosystèmes et le bien-être humain
- 3) D'identifier les lacunes dans les données et les stratégies potentielles pour les utiliser au cours de la phase de mise en œuvre du CEPF ou avec le soutien des initiatives d'autres donateurs



- 4) D'orienter l'intégration des considérations des valeurs des services écosystémiques dans le hotspot Madagascar et Iles de l'Océan Indien
- 5) D'affiner le cadre de la ZCB+ et d'élaborer des orientations pour l'inclure dans les futurs profils du CEPF.

## Portée

Pour cette démonstration pilote de la ZCB+, nous nous sommes focalisés sur l'île de Madagascar pour développer un cadre conceptuel et des matériels d'orientation qui peuvent s'appliquer dans tout le hotspot Madagascar et Iles de l'Océan Indien (MIOI) et le raffiner pour de futurs profils d'écosystèmes du CEPF. La portée géographique à Madagascar comprend des ZCBs. A l'avenir, nous aimerions refaire cette analyse et inclure des paysages environnants : les corridors, les bassins versants ou des liens spatiaux aux bénéficiaires comme les voies d'accès ou les rivières.

## Equipe et processus

CEPF est de plus en plus intéressé à comprendre le rôle des ZCBs en rendant d'importants services aux hommes, surtout aux pauvres. Lors de la définition du plan de développement du profil d'écosystème pour le Hotspot Madagascar et Iles de l'Océan Indien, CEPF a contacté MCSO de CI pour explorer les possibilités de cartographier ces services et d'utiliser cette information dans le processus d'établissement des priorités aux régions où CEPF investira dans le hotspot de MIOI.

CI Madagascar a dirigé la mise à jour du Profil Ecosystème Critique du CEPF, y compris la mise à jour de la Zone Clé pour la Biodiversité (ZCBs sans le +). Des membres du personnel du Centre Betty et Gordon Moore pour la Science et les Océans ont dirigé le projet de la ZCB+, en étroite collaboration avec le personnel de CI Madagascar.

CI Madagascar a consulté des intervenants et organisé des ateliers régionaux et des réunions de groupes consultatifs entre Septembre et Novembre 2013. L'équipe ZCB+ a organisé deux ateliers nationaux à Madagascar en parallèle à ces consultations des parties prenantes afin de partager des informations, obtenir des commentaires sur le cadre de haut niveau de la ZCB+, présenter et valider les résultats de la démonstration pilote à Madagascar.

## Etape 1) Portée des valeurs des services écosystémiques

Cet exercice d'évaluation comprenait une revue documentaire et une consultation d'experts.

### Revue documentaire

Il y a eu un certain nombre d'évaluations des services écosystémiques à Madagascar à l'échelle national et infranational. Il y a également eu plusieurs études sur les liens existants entre les écosystèmes et les populations de la région, même si elles ne sont pas conçues dans le langage des services

écosystémiques. Nous avons effectué une revue documentaire des publications pertinentes pour mettre notre évaluation en contexte et identifier les informations et analyses existantes à inclure dans cette évaluation. Notre objectif était de mettre à jour les analyses antérieures avec des données plus récentes pour combler les lacunes et utiliser les résultats pour informer le profil actuel de l'écosystème du CEPF. On a demandé des articles pertinents aux experts principaux de MCSO, à CI Madagascar, aux organisations partenaires et aux chercheurs externes. On les a aussi fait des recherches sur Internet (par exemple, sur Google Scholar, recherche de "adaptation aux changements climatiques Madagascar").

Au total, nous avons passé en revue 125 articles, des documents principalement scientifiques et certains rapports non publiés (voir Annexe 5). Il s'agit notamment de nombreuses études sur des thèmes concernant les services écosystémiques comme la biodiversité (46), l'eau (13), l'atténuation des changements climatiques et la déforestation (12), l'adaptation aux changements climatiques (13), l'alimentation (34), les services culturels (9) et le bien-être humain et la pauvreté (33). Beaucoup d'articles (45) font référence à plusieurs thèmes. Nous mettons en exergue ci-dessous plusieurs études qui ont abordé de multiples services écosystémiques à l'échelle nationale (considérées comme les plus pertinentes pour l'analyse en cours) et un certain nombre d'études sous-nationales dont la plupart n'aborde qu'un seul thème.

## Consultation d'experts

Nous avons consulté de grands experts de CI Madagascar et d'organisations partenaires tout au long de ce processus, en commençant par rassembler la documentation pertinente, par identifier des services écosystémiques importants et des méthodes pour les analyses documentaires (ci-dessous) ainsi que la collecte de données spatiales. Nous avons organisé deux ateliers d'experts en demi-journée à Antananarivo les 10 Septembre et 18 Novembre 2013 pour revoir le cadre conceptuel pour la ZCB+, identifier les principaux services écosystémiques à Madagascar, se mettre d'accord sur les méthodes d'analyses documentaires, examiner les résultats préliminaires et affiner les analyses. La liste des participants se trouve dans le Tableau 5.

Tableau 5. Liste des participants à l'atelier d'experts en ZCB+

Nom	Institution	Courriel	Domaine d'expertise
Andriamasimanana H Rado	Asity Madagascar	d.andriama@birdlife.mada.org	Biologiste
Razafimpahanana Dimby	Rebioma, WCS	dimby@rebioma.net	Biodiversité, coordinateur de SIG/ planification spatiale
Harison Randrianasolo	CI	hrandrianasolo@conservation.org	Biodiversité
Andriamaro Luciano	CI	landriamaro@conservation.org	Biodiversité, eau douce
Razafinacrama Soloadal	ARSIE	<a href="mailto:arsie@moov.mg">arsie@moov.mg</a>	
Tianarisoa Tantely Farmazana	Rebioma	tantely@rebioma.net	Technicien pour Rebioma, spécialiste en biologie végétale

			et marine
Randrianarisoa Jeannicq	CI	<a href="mailto:jrandrianarisoa@conservation.org">jrandrianarisoa@conservation.org</a>	Bien-être des humains
Rasolohery Andriambilaso	CI	<a href="mailto:arasolohery@conservation.org">arasolohery@conservation.org</a>	Analyse spatial
Rachel Neugarten	CI	<a href="mailto:rneugarten@conservation.org">rneugarten@conservation.org</a>	Désignation de la priorité géographique
Miroslav Honzák	CI	<a href="mailto:mhonzak@conservation.org">mhonzak@conservation.org</a>	Services écosystémiques

## Etape 2) Développer une description narrative des valeurs des services écosystémiques

### Services écosystémiques et bien-être humain à Madagascar

Les habitants de Madagascar, en particulier ceux des zones rurales et plus pauvres, dépendent fortement des ressources naturelles et ont une relation étroite avec la nature et l'environnement (Kiefer et al., 2010). Selon la Banque Mondiale, 50% de la richesse de Madagascar est sous forme de capital naturel (Banque Mondiale, 2013). Le PIB en général résulte des revenus de l'extraction minière, du tourisme et des services. Cependant, les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche font 95% de l'approvisionnement alimentaire et de la source des moyens de subsistance pour 75% de la population rurale de Madagascar (IISD, 2011). La biodiversité et les services écosystémiques sont donc étroitement liés à la pauvreté, à la stabilité politique et aux autres éléments de bien-être :

L'économie de Madagascar dépend dans une large mesure des marchandises écosystémiques exportées comme les fruits de mer, les épices et de plus en plus des minéraux des industries extractives... L'état et la disponibilité des services de la biodiversité et des écosystèmes semblent être en corrélation avec la stabilité politique... Des changements environnementaux et socio-économiques mondiaux, comme le changement climatique ou les taux élevés de la croissance démographique affecte de plus en plus le bien-être humain, ce qui rend l'accès aux services écosystémiques et leur disponibilité très préoccupants. L'intégrité de la biodiversité, par conséquent, contribue à tel point à la vulnérabilité des Malagasy, la réduction des dépendances et la pauvreté (Kiefer et al., 2010).

Le taux de pauvreté est très élevé et a augmenté de 70% (1993) à 77% (2010). La pauvreté rurale est encore plus élevée (82,2%) ; cela provient en partie de la détérioration de l'environnement aggravée par la crise politique actuelle. Le PIB par habitant était inférieur à la moyenne des pays les plus pauvres d'Afrique subsaharienne en 2009 (Rabarison, 2013). Les ménages dont la pauvreté persiste ne sont pas en majeure partie membres de l'ethnie dominante; ils n'ont pas de terre, vivent dans des zones reculées et sont dirigés par des personnes non éduquées dont la plupart sont des femmes (Stifel et al., 2010). La pauvreté entraîne la surexploitation l'utilisation non viable des terres et des ressources naturelles. Selon une étude, "Des ménages de petits agriculteurs étaient particulièrement touchés dans les années

1990 et les données indiquent que ce sont les mêmes ménages qui ont étendu leur utilisation des terres en défrichant et en cultivant des terres de plus en plus fragiles" (Paternostro et al., 2001) . Ces pratiques entraînent la conversion et la dégradation des mêmes écosystèmes desquels les Malagasy dépendent.

### **Evaluations nationales des services de l'écosystème à Madagascar**

Deux études ont examiné les valeurs des services écosystémiques à l'échelle nationale, avec un accent particulier sur les liens entre les services écosystémiques et les zones prioritaires de la biodiversité. Ils sont donc les plus pertinents pour cette analyse. Par exemple, il existe une évaluation actuelle de la priorité relative des ZCBs non protégées basée sur des données concernant les menaces sur les humains, les services écosystémiques et les valeurs biologiques (Rogers et al., 2010). L'étude portait sur 70 ZCBs qui n'étaient pas protégés à l'époque. Les auteurs ont constaté que seize zones clés pour la biodiversité sont particulièrement importantes à la fois pour la biodiversité et les services écosystémiques (Figure 3). Cette évaluation portait uniquement sur les services hydrologiques (approvisionnement en eau potable aux populations en aval et l'irrigation des rizières), ainsi, l'analyse de cette ZCB+ s'ajoute sensiblement à ce travail passé en incluant de nombreux services écosystémiques supplémentaires.

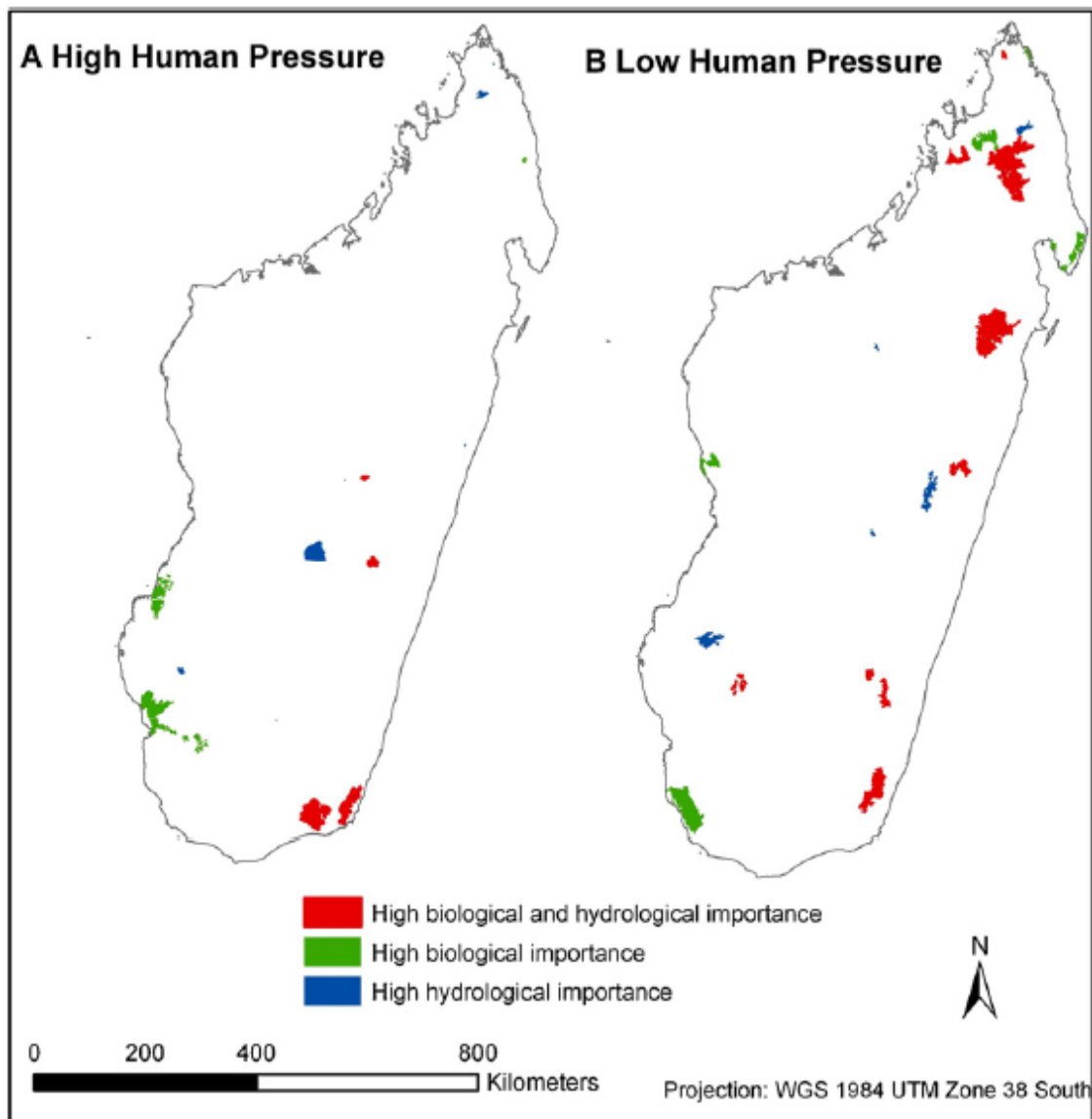


Figure 3. Scénarios prioritaires pour les zones clés pour la biodiversité non protégées de la plus haute importance biologique et hydrologique. (A) pression atrophique très élevée; (B) basse pression atrophique. Reproduit à partir de Rogers et al., 2010.

L'évaluation de Rogers et al. (2010) intégrait des informations hydrologiques provenant d'une évaluation plus complète qui avait exploré des possibilités de regrouper la conservation de la biodiversité avec les services du carbone et de l'eau (Wendland et al., 2010). (L'un des auteurs de ce rapport, Miroslav Honzák, était aussi un co-auteur à la fois des études de Rogers et al. et de Wendland et al.) L'analyse de Wendland et al. (2010) identifiait environ 30 000 km<sup>2</sup> d'habitat naturel (sur un total de 134 301 km<sup>2</sup>) qui pourraient bien atteindre les objectifs de conservation de la biodiversité et protéger également les services d'eau et de carbones (Figure 4 et Figure 5). Les résultats de cette analyse ont été intégrés

dans cette analyse de la ZCB+. Toutefois, les informations sur les carbones étaient mises à jour avec des données plus récentes (2010) de la couverture forestière et l'analyse de l'eau douce a été mis à jour à l'aide d'un outil plus sophistiqué de modélisation basé sur les processus échohydrologiques (WaterWorld).

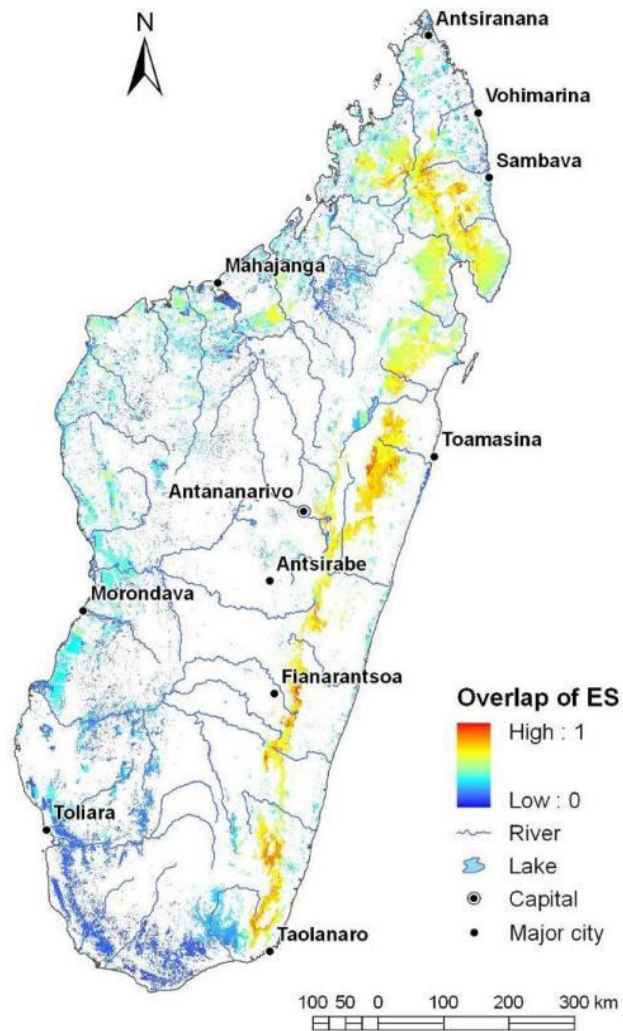


Figure 4. Chevauchement entre plusieurs services de l'écosystème (ES) dans la forêt et les zones humides (la force relative du chevauchement est représentée dans des nuances allant du bleu (faible) au rouge (élevé)). Reproduit à partir de Wendland et al., 2010.

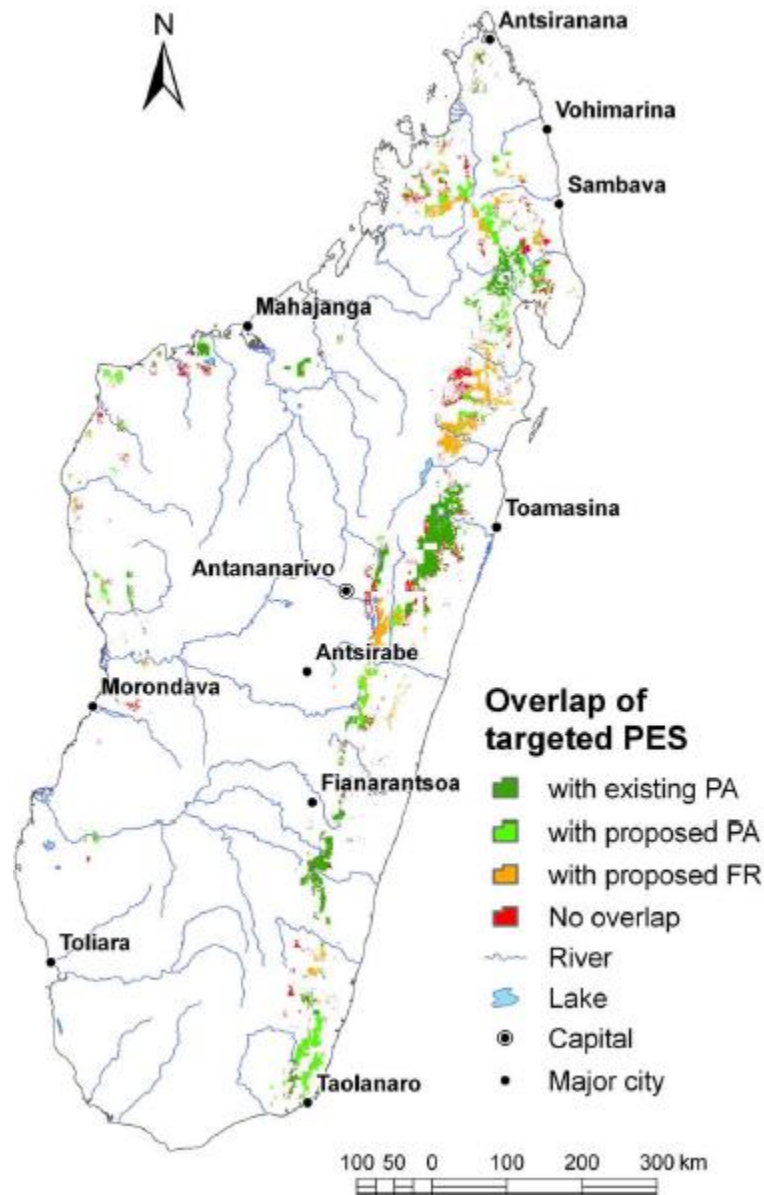


Figure 5. Chevauchement des services écosystémiques et des actions de conservation existantes et proposées (PA = aires protégées, FR = réserves forestières). Reproduit sans permission à partir de Wendland et al., 2010.

Missouri Botanical Garden (2013) avait passé en revue des valeurs du service écosystémique de 51 Zones Importantes de Plantes (APAPCs pour leur acronyme français), sur la base d'opinion d'experts. Les résultats indiquent que ces sites offrent un large éventail de services aux collectivités locales: bois d'œuvre, bois pour canots et les postes, combustibles, nourriture, matériaux pour l'artisanat, soie sauvage, médecines traditionnelles, eau pour l'irrigation des cultures, refuge du bétail, aires



de reproduction des poissons et crevettes, cohésion et identité sociale et valeurs religieuses (Missouri Botanical Garden, 2013).

Panegos (2011) examinait des valeurs des services écosystémiques de 46 aires protégées de Madagascar sur la base d'une revue documentaire, s'entretenait avec des responsables de parcs et examinait des documents de planification, des sites Web et d'autres matériels. Elle évaluait si les aires protégées étaient importantes ou pas pour rendre des services hydrologiques, de régulation du climat, des réservoirs génétiques, d'une connectivité écologique, de beauté des paysages, de valeur culturelle et d'écotourisme. Le rôle de l'eau a été mis en évidence dans la plupart des aires protégées (30 sur 46). Quatorze aires protégées étaient considérées comme importantes pour l'écotourisme. Onze pour la connectivité écologique, onze pour la beauté des paysages, onze pour les services culturels, huit étaient considérés comme des réserves génétiques et six présentés comme ayant un rôle dans la régulation du climat. Cette analyse, bien qu'utile, est basé sur une combinaison d'analyses quantitatives (évaluation passé des services écosystémiques) et des informations qualitatives sur la base d'opinions subjectives (interviews, documents de planification, etc...) Les résultats sont donc difficiles à interpréter et ne s'appliquent pas en dehors des limites de aires protégées existantes.

Une évaluation économique de la valeur des services écosystémiques des aires protégées de Madagascar a constaté que les bénéfices nationales venant de la conservation de la biodiversité et de l'écotourisme peuvent être évalués à 5 dollars américains /hectare de aires protégées par an (Carret et Loyer, 2003). La même étude a révélé que les utilisateurs d'eau en aval des aires protégées (riziculteurs et les consommateurs d'eau potable) étaient prêts à payer 3 dollars américains par hectare d'aire protégée, augmentant au fil du temps. Cette étude est également utile, mais ne s'applique pas hors des aires protégées existantes.

## Evaluations sous-nationales & thématiques

Il y a eu plusieurs études sur la relation entre la nature et le bien-être humain à Madagascar, beaucoup d'entre eux sont menées à l'échelle sous-nationales et autour de thèmes spécifiques (tels que le rôle de la biodiversité dans la sécurité alimentaire). Un résumé organisé thématiquement suit ci-après : alimentation, eau douce, adaptation au climat, atténuation des changements climatiques et valeurs culturelles.

### Nourriture

La sécurité alimentaire est un problème majeur à Madagascar. En général, 84% des ménages vivent au moins une fois dans l'année où ils n'ont pas assez d'argent ou de nourriture (Programme Alimentaire Mondial et UNICEF, 2011). La région Sud de Madagascar a montré la plus forte prévalence des ménages (92 pour cent) ayant signalé ce problème, suivie par la région de l'Ouest et Sud-ouest (89 pour cent). Le taux de croissance démographique nationale est de 2,8% (Rabarison, 2013), deux fois celui de l'Inde, ce qui signifie que chaque année les bouches affamées à nourrir augmentent. Une baisse mondiale

des stocks de poissons et de la production agricole a été enregistrée, ce qui rend encore plus difficile aux Malgaches de se nourrir (IISD, 2011). Les écosystèmes naturels jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire, en fournissant des sources sauvages de nourriture (par exemple, fruits de mer, Le Manach et al., 2012, et chasse au gibier (selon Brashares et al., 2011) ainsi que des services qui soutiennent l'agriculture, comme l'eau douce pour l'irrigation (par exemple, Bakoariniaina et al., 2006), la qualité des sols, la régulation du climat, le contrôle des ravageurs et des agents pathogènes et la pollinisation (par exemple, Bodin et al., 2006).

Le régime Malagasy est principalement basée sur le riz (en moyenne, le riz est consommé 6,2 fois par semaine), les légumes (4,4 fois par semaine) et les tubercules (principalement du manioc, 3,9 fois) (Programme Alimentaire Mondial et UNICEF, 2011). Les protéines végétales et animales sont rarement consommés (respectivement une fois et 2,3 fois). Le poisson est la protéine animale la plus populaire avec une consommation hebdomadaire moyenne de 1,3 jour. La zone Sud semble avoir le régime le plus pauvre. Là, les ménages consomment du manioc presque tous les jours (6,1), suivi par des céréales et des légumes (2,8).

### *Pêches*

Des sources d'aliments sauvages, y compris la pêche, le gibier et les plantes sauvages sont essentielles à la sécurité alimentaire à Madagascar. Un tiers de la population (34%) vit à moins de 100 km de la côte (Rabarison, 2013). On a estimé que le poisson et les produits poissonniers contribuent à environ 20 pour cent de la consommation de protéines animales de la population totale (PAM, 2008). Le secteur de la pêche joue un rôle socio-économique important dans le pays. Le secteur de la pêche, y compris l'aquaculture, représentent 7 pour cent du produit intérieur brut (PIB) et est également pourvoyeur d'emplois (PAM, 2008). Environ 194 000 emplois directs du secteur primaire, dont 33 365 pêcheurs et 3 000 emplois indirects ont été créés. Dans les communautés rurales, la pêche est la principale source de revenus.

Ainsi, les pêches côtières et marines constituent des sources essentielles de nourritures ainsi que des moyens de subsistance, mais ils sont menacés par la surpêche (Le Manach et al., 2012). Les crevettes ont été industriellement exploités depuis le milieu des années 1960, alors que d'autres invertébrés (notamment le poulpe, le homard, le crabe et le concombre de mer) et les requins sont exploitées pour la subsistance ou à une échelle semi-industrielle. Les tortues de mer et les espèces de petits poissons sont capturées par les petits pêcheurs pour la consommation locale. Plusieurs espèces de thons (par exemple, l'albacore à nageoires jaunes, le thon obèse) sont très ciblées par les flottes asiatiques illégales et les flottes européennes légales (Le Manach et al., 2012).

Les pêches artisanales sont fondamentalement importantes pour les communautés côtières, en particulier dans la région aride au sud-ouest du pays où l'agriculture est en grande partie non viable, et où de nombreuses communautés dépendent de l'aide alimentaire (Le Manach et al., 2012).

Les données sur la pêche artisanale sont limitées et l'importance donc de cette ressource a été historiquement non déclarée ou sous-estimée. La reconstruction des captures totales de toutes les pêches Malagasy a montré que les captures totales entre 1950 et 2008 étaient deux fois le volume déclaré par les agences nationales de la pêche, mais des signes de déclin ont été observés dans plusieurs stocks (Le Manach et al., 2012). Des études récentes trouvent que les pêcheurs traditionnels migrent aujourd'hui en nombre sans précédent vers des régions plus éloignées et isolées de la côte ouest comme un mécanisme d'adaptation en réponse directe à la baisse des captures (Le Manach et al., 2012).

Les données sur la pêche artisanale traditionnelle d'invertébrés dans le sud-ouest de Madagascar ont montré que plus de 34 taxons ont été pris, à la fois pour l'exportation et la consommation locale, mais il y a des indications que les ressources sont surexploitées (Barnes et Rawlinson, 2009). Une enquête dans 11 villages à proximité de l'Aire Marine Protégée Kirindy-Mite (Jones, 2012) a montré une forte dépendance à l'exploitation des ressources marines et la faible diversification des stratégies de subsistance. La pêche traditionnelle de la région Kirindy-Mite est en net recul suite aux facteurs de stress environnementaux, tels que les cyclones et les températures élevées continues de l'eau entraînant le blanchissement généralisé des coraux, ainsi que la pression de pêche soutenue de la part des pêcheurs traditionnels, artisanaux et industriels. Cette situation laisse les communautés de pêcheurs de la région de Kirindy-Mite très sensibles à un potentiel futur effondrement de la pêche traditionnelle.

Les poissons d'eau douce sont également des sources importantes de nourritures et de revenus. Les données provenant d'un site RAMSAR dans l'ouest de Madagascar, les Lacs Manambolomaty, indiquent que la gestion des pêches a augmenté le chiffre d'affaires annuel local d'un montant estimé à 1.562 dollars américains par pêcheur et par saison ; et la taxe sur les ventes de poissons représente 56% des budgets des deux communes locales (Rabearivony et al., 2008). Des espèces d'écrevisses d'eau douce endémiques sont prises à la fois aux fins de subsistance et de commerce artisanale, une étude provenant de l'est de Madagascar a indiqué que plus de la moitié des ménages étaient directement impliqués dans la collecte, contribuant sensiblement aux revenus locaux (Jones et al., 2006).

#### *La chasse aux gibiers et les plantes comestibles*

Les tubercules comme les ignames sauvages sont considérés comme un «aliment de famine», d'une importance cruciale pendant la période de soudure entre deux récoltes de riz (Ackerman, 2004, Damson et al., 2010). Il a été démontré que la chasse aux gibiers et la consommation (de gibiers) ont augmenté lorsque les moyens alternatifs de subsistance s'effondrent à Madagascar et dans plusieurs autres pays africains, fournissant un filet de sécurité en temps de crise (Brashares et al., 2011). Cependant, ce réseau n'existe que pour les personnes vivant près de la faune exploitable et dure tant que le gibier n'est pas en danger d'extinction. Des entretiens avec 1 154 ménages dans 12 communes à l'est de Madagascar ont montré que la majorité des repas ne contiennent pas de protéines animales et le gibier n'est pas préféré aux poissons et aux animaux domestiques (Jenkins et al., 2011). Néanmoins,

les répondants ont consommé une grande variété d'espèces sauvages; 95% des répondants avaient mangé au moins une espèce protégée et près de 45% avaient mangé plus de 10.

Les tabous traditionnels ont protégé certaines espèces, comme les Lémuriens Indri qui sont en danger d'extinction, mais il existe des preuves que ces tabous s'érodent rapidement. La consommation de gibier est aussi une pratique courante dans les zones urbaines; une étude provenant de l'ouest de Madagascar a montré que la viande de brousse représente 10% de la viande consommée en un jour donné, y compris les six mammifères sauvages et cinq espèces d'oiseaux sauvages, bien que les poissons et les animaux domestiques sont préférés et plus abordables (Randrianandrianina et al., 2010). Les auteurs affirment qu'il est probable que la consommation de gibiers est sous-estimée en raison de la réticence des personnes interrogées à admettre les activités illégales.

Des interviews menées dans le nord-est de Madagascar ont révélé que 23 espèces de mammifères étaient chassées pour la consommation dans cette région (Golden, 2009), mais les résultats de modélisation indiquent que la chasse n'est pas viable. Des preuves obtenues lors d'un camp temporaire dans un parc national dans le nord-ouest indiquent qu'au moins 49 animaux sauvages uniques étaient consommés, dont la majorité est protégée par la loi et est endémique à l'île (Garcia et Goodman, 2003). Même les chauves-souris sont consommées pendant les périodes de pénurie alimentaire, mais le niveau de la collecte dépasse le potentiel des chauves-souris d'élevage, qui se traduira probablement par la disparition des populations locales au fil des temps (Goodman, 2006). Des grenouilles sont aussi couramment attrapées pour la consommation domestique dans les restaurants et aussi pour être exportés à l'étranger, fournissant un revenu important pour les chasseurs individuels, mais cela affecte potentiellement les populations de grenouilles (Jenkins et al., 2009). Une étude d'un seul restaurant à l'est de Madagascar a montré une livraison de 3 233 grenouilles en cinq mois, soit une moyenne de 249 par semaine, y compris une espèce en danger d'extinction de la liste d'UICN (Jenkins et al., 2009). La consommation de gibiers était également montrée comme une source importante de nutrition; une étude dans le nord Madagascar lie la consommation de gibier à une diminution de 29% des enfants souffrant d'anémie, avec des avantages connexes de la santé à long terme (Golden et al., 2011). Cependant, l'épuisement à long terme de la faune conduirait à l'extinction et donc à une perte de cette ressource essentielle.

La surexploitation de la faune sauvage peut conduire aux changements écologiques dans la forêt avec de plus grands impacts sur les services rendus par ces écosystèmes. Des extinctions passées de lémuriens provoquées par l'homme avaient probablement eu d'importantes conséquences écologiques pour les écosystèmes au sud et sud-ouest de Madagascar (Crowley et al., 2011), et les pertes futures peuvent avoir de lourdes conséquences écologiques, y compris des impacts sur la structure et la dynamique de la forêt (Moïse et Semple, 2011).

### *Matériels*

Les écosystèmes naturels sont également des sources importantes de matériaux et de combustibles qui soutiennent indirectement la sécurité alimentaire. La majorité des habitants de Madagascar dépendent encore du bois des forêts avoisinantes pour la cuisson et le chauffage et même en villes (Bertrand et al., 2010). Le bois combustible est utilisé quotidiennement par plus de 90% de la population et représente plus de 75% de la consommation d'énergie primaire dans le pays. Il est considéré comme la cause d'environ 100 000 ha de déforestation (Ministère de l'Environnement et des Forêts, cité dans Rabarison, 2013).

Les mangroves sont particulièrement importantes pour fournir divers matériaux à Madagascar (Jones 2013). Une étude des zones de pêche le long des côtes nord-ouest et ouest montre que le bois de mangrove est utilisé pour la fabrication de pièges de pêche, canoës, pour le traitement des crevettes et des poissons capturés et pour l'usage domestique, comme les clôtures, le logement et les combustibles pour la cuisson (Rasolofo, 1997). Toutefois, la surexploitation a conduit à une raréfaction des espèces forestières.

### *Plantes médicinales*

Les écosystèmes fournissent également de nombreuses espèces de plantes qui ont d'énormes valeurs actuelles ou potentielles pour la médecine. Une étude d'une seule aire protégée a indiqué que 241 espèces sont utilisées en ethnomédecines (y compris 113 espèces agricoles ou de mauvaises herbes), fournissant une valeur estimée équivalente à 43-63% du revenu médian des ménages aux communautés locales (Golden et al., 2012). Le potentiel pour développer de nouveaux médicaments biologiques est encore plus grand : la valeur potentielle de ce seul bassin versant était estimée être de 0,3 à 5.7 milliard de dollars américains pour les sociétés pharmaceutiques américaines. Une étude séparée des zones boisées dans l'ouest et le sud-est de Madagascar a indiqué 45 morpho-espèces, dont plus de la moitié était endémique à Madagascar, utilisés par la médecine pour soigner des troubles gastro-intestinaux, le paludisme/ fièvre, les rhumatismes, la rhume, les maladies de la peau et les inflammations (Norscia et Borgognini-Tarli, 2006). Pourtant, une autre étude a révélé que 68 espèces végétales étaient utilisées par la médecine traditionnelle à l'est de Madagascar, dont la plupart devait encore faire l'objet de tests chimiques et était en danger de perte à cause de l'agriculture sur brûlis (Novy, 1997). Malgré l'accès accru à la médecine occidentale, la médecine traditionnelle par les plantes médicinales reste importante et complémentaire (Lyon et Hardesty, 2005).

### *Ecosystèmes en soutien à l'agriculture*

A Madagascar, la majorité de la population pratique une agriculture à petite échelle (75% de la population totale) et l'agriculture représente 26% du PIB (Banque Mondiale, 2013). Le nombre de pauvres engagés dans l'agriculture est encore plus élevé : neuf sur dix (Stifel et al., 2003). Les écosystèmes naturels rendent d'importants services qui soutiennent l'agriculture, comme la pollinisation des cultures (Bodin et al., 2006). Même les plus petites parcelles de forêt étaient

essentielles pour fournir des services de pollinisation, ainsi que des lémuriens résidents qui rendent des services critiques en dispersant des graines pour maintenir la biodiversité (Bodin et al., 2006 ; Moïse et Semple, 2011). Ces petits lots forestiers sont très vulnérables à la destruction continue des forêts, menaçant la continuation des services écosystémiques.

### **Eau douce**

Des services d'eau douce (y compris la quantité d'eau, la qualité de l'eau et la régulation du débit) sont parmi les services écosystémiques les plus importants à Madagascar ; et elles sont liées à d'autres services comme la fourniture d'aliments et de protection contre les inondations. Les paragraphes ci-dessous résument brièvement des types de services d'eau douce fréquemment cités dans la littérature : eau douce pour usage domestique, irrigation du riz et réglementation des sédiments et régulation des inondations.

#### ***Usage domestique***

Beaucoup de ménages à Madagascar, notamment les plus pauvres, sont tributaires de sources non améliorées d'eau douce (c.à.d. rivières, ruisseaux, étangs et lacs). Une enquête en 2000 de 552 ménages dans la ville de Fianarantsoa (Razafindralambo et al., 2004) montrait que :

28% des ménages utilisent des robinets privés, 33% des robinets publics et 22% des sources naturelles, quelques ménages utilisent des puits (6%) ou une connexion privée d'une maison voisine (8%). Ce qui n'est guère surprenant c'est que les catégories à revenu élevé utilisent des connexions privées (54% pour la catégorie de revenu 4 et 76% pour la catégorie de revenu 5). Des ménages de la catégorie intermédiaire de revenu 3 comptent plus sur les robinets publics (44%) bien qu'une partie importante repose sur des connexions privées (22%) et des sources naturelles (30%). Les ménages les plus pauvres utilisent les robinets publics (36%) et les sources naturelles (54%).

Une autre étude de l'utilisation d'eau par des ménages indique que, semblable à beaucoup d'endroits dans le monde, les femmes et les filles passent la plupart de leur temps à chercher de l'eau (Boone et al., 2011).

#### ***Irrigation du riz et réduction de sédiments***

Les systèmes d'irrigation arrosent toutes les terres cultivées à environ 40 pour cent, mais beaucoup sont mal entretenues que les rendements agricoles sont faibles (Programme Alimentaire Mondial et UNICEF, 2011). La raison principale en est que les agriculteurs avancent dans les collines afin de compenser la stagnation des rendements dans les zones de plaines. Mais l'utilisation des terres du bassin supérieur est souvent basée sur des pratiques non durables de gestion entraînant l'érosion des sols des hautes terres, le ruissellement de l'eau de surface (provoquant ainsi la sédimentation de l'infrastructure d'irrigation en aval et inondant des champs de culture pendant la saison des pluies) et les pénuries d'eau pendant la saison sèche (PAM et UNICEF, 2011). En général, les ménages cultivant principalement du riz

ont plus de terres irriguées (environ 50% des terres irriguées) que les ménages qui cultivent du manioc, du maïs, de l'igname comme culture principale (15 à 20%).

Des écosystèmes comme le plus grand lac de Madagascar, le Lac Alaotra, soutient les rizières les plus fertiles et productives rizières du pays (Bakoariniaina et al., 2006). Cependant, la déforestation passée a réduit le couvert forestier originel de Madagascar de 90%, provoquant l'envasement qui affecte l'agriculture et les infrastructures hydrauliques comme les barrages hydroélectriques (Bakoariniaina et al., 2006 ; Rakotoarison, 2003). Au cours des 30 dernières années, le calcaire provenant de la déforestation en amont a bouché les ruisseaux et les rivières du bassin du Lac Alaotra, remplissant une grande partie du lac, l'amenant à réduire de 20% de sa taille initiale en 2000 (Bakoariniaina et al., 2006). Cette réduction a fait chuter la productivité des cultures dans le bassin d'environ 40% de son ancien niveau. Une modélisation SIG existante et une analyse d'image indiquent des endroits contribuant à la plus grande quantité de calcaire que des mesures correctives pourront être prises.

Des forêts de Madagascar offrent des services hydrologiques qui sont importants pour l'agriculture. Non seulement produisent-elles de l'eau pour l'irrigation des rizières et la consommation humaine, mais elles peuvent également contrôler la sédimentation et l'érosion des bassins versants (Rakotoarison, 2003). Il a été démontré que la déforestation a causé l'envasement qui réduit la productivité de l'agriculture irriguée, réduit la disponibilité de l'eau potable et augmente les coûts d'entretien des infrastructures telles que les barrages hydroélectriques. Ensemble, ces effets se traduisent par des "conséquences économiques catastrophiques» pour de nombreux secteurs économiques et pour les communautés (Rakotoarison, 2003).

Alternativement, la conservation des forêts offre des avantages hydrologiques qu'on peut mesurer en termes monétaires. Rakotoarison (2003) avait estimé les avantages économiques de la conservation des forêts de plus de 15 ans à la productivité agricole de 222 à 290 million de dollars américains, aux coûts réduits de réparation des barrages hydroélectriques (7 millions de dollars) et à l'amélioration de la qualité de l'eau potable (de 6 à 102 million de dollars) (Rakotoarison, 2003). Une étude des valeurs du service de l'écosystème du Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ) (Portela et al., 2012) indique que le corridor forestier:

- démontrait un potentiel pour soutenir une plus grande demande en eau que ne pourra un site de comparaison non-boisé qui est déjà confronté à de niveaux critiques de demande en eau. En outre, la qualité de l'eau, mesurée comme une charge réduite de sédiments, était estimée sensiblement meilleure dans le CAZ que dans une zone non-conservée. Ces résultats mettent clairement en évidence le rôle des zones forestières comme le CAZ pour retenir des précipitations sous forme d'eau utilisable et prévenir la contamination par les sédiments de la provision d'eau.



### **Régulation de l'inondation**

Une étude a examiné les avantages de l'atténuation de l'inondation résultant de la protection des forêts des hautes terres orientales de Madagascar (Kramer et al., 1997). Les auteurs ont observé le rapport entre les changements des pratiques d'utilisation des terres et l'ampleur de l'inondation se trouvant immédiatement en aval, ainsi que l'impact de l'inondation accrue sur la production de récolte en termes de perte du surplus pour le producteur. Ils ont constaté que l'inondation (volume des crues d'origine pluviale) était trois fois plus grande pour la captation de forêt secondaire que pour la captation de forêt primaire classée de la même taille. Des captations dominées par la culture-sur-brûlis ont produit approximativement 1,5 fois plus de crues provenant des tempêtes que les captations secondaires. Les auteurs ont conclu que la conversion des terres de forêts primaires en champs de culture-sur-brûlis est susceptible d'augmenter à 4,5 fois plus de crues provenant des tempêtes. Cependant, les forêts ont une capacité décroissante à atténuer de plus grandes inondations et les plus grandes inondations (de 100 et 200 ans) sont moins affectées par l'utilisation de la terre.

### **Hydroélectricité**

Seule, 17,4% de la population Malagasy ont accès à l'électricité (Banque Mondiale, 2013). Pour ceux qui en ont, la production de l'énergie électrique provient de l'hydro-électricité (50,4%) et des centrales thermiques classiques (49,6%) ([reegle.info](http://reegle.info), aucune date). Le potentiel hydroélectrique du pays tourne autour de 7800MW, mais environ 3% seulement est utilisé pour un taux de couverture national d'approximativement 21% (Rabarison, 2013).

### **Réduction du Risque de Catastrophes et Adaptation aux changements climatiques**

Cinq millions d'habitants, un quart de la population, vivent dans des zones à risque de catastrophes naturelles (Banque Mondiale, 2013). Les cyclones tropicaux frappent déjà à une fréquence de 3 à 4 fois par an ; et en moyenne, 250 000 personnes sont affectées et les dommages provoqués par chaque événement sont estimés à une valeur de 50 millions USD (Banque Mondiale, 2013). Les inondations surviennent souvent après les cyclones ; entre 1990 et 2011, on a enregistré cinq événements principaux d'inondations affectant plus de 135.000 habitants ; toutefois, ces chiffres n'incluent pas les nombreux petits événements qui, ensemble, peuvent affecter beaucoup plus de vies (Banque Mondiale, 2013). La région sud de Madagascar vit déjà dans des conditions très arides, avec moins de 500mm de précipitations par an ; entre 1988 et 2011, on a enregistré 5 événements majeurs de sécheresse (chacun dure de deux à trois ans) qui ont affecté au moins 2.5 millions de personnes (Banque Mondiale, 2013). Un seul événement en 2010 avait mis 720 000 personnes dans un état d'insécurité alimentaire.

Les scénarios de changement de climat indiquent que Madagascar sera frappé par de plus en plus fréquents et intenses cyclones, inondations et sécheresses qui affecteront la biodiversité, les services écosystémiques et le bien-être humain (IISD, 2011, MEF, 2010, Banque Mondiale, 2013). La modélisation préliminaire des itinéraires de cyclones pour 2100 indiquait que le nombre total

de cyclones frappant Madagascar n'était pas susceptible d'augmenter, tandis que la fréquence d'intenses cyclones augmenterait. Il a été prouvé que les températures moyennes avaient augmenté au cours des dernières décennies, que les précipitations devenaient moins prévisibles, avec des saisons de pluies plus humides et des périodes de sécheresse prolongées (IISD, 2011). La modélisation préliminaire indique que dans les 40 prochaines années, la température moyenne annuelle nationale augmentera jusqu'à 3°C en plus (Banque Mondiale, 2013). Les préoccupations majeures liées aux changements climatiques de Madagascar sont liées aux impacts négatifs sur l'agriculture et l'élevage, la santé publique (particulièrement les maladies comme le paludisme), les ressources en eau douce, les ressources côtières et le secteur de la sylviculture (IISD, 2011, MEF, 2010).

Des efforts sont faits pour identifier les régions d'Afrique qui sont les plus vulnérables aux changements climatiques à l'échelle la plus détaillée possible, en exploitant des données existantes sur les insécurités physiques, socio-économiques et politiques (Busby *et al.*, 2010). On peut utiliser ces efforts passés pour identifier des régions les plus vulnérables de Madagascar. Cette information peut à son tour être utilisée pour identifier les écosystèmes qui réduisent potentiellement les impacts des changements climatiques.

Quelques écosystèmes, comme les mangroves, ont démontré de la valeur en termes d'amélioration des impacts spécifiques des changements climatiques, comme la protection contre les tempêtes et la stabilisation du rivage (Jones, 2013). Comme il est décrit ci-dessus, les mangroves rendent une variété de services essentiels pouvant également aider les communautés locales à s'adapter aux changements climatiques, incluant l'« approvisionnement »: en nourriture (par exemple, pêche et aquaculture), en combustibles (par exemple, bois) et en énergies alternatives (par exemple, vent et vagues), en produits naturels (par exemple, matériaux de construction, sable et perles), en produits génétiques et pharmaceutiques, en ports et en transport maritime), en «régulation » (par exemple, séquestration de carbones, en stabilisation du littoral, en protection contre l'orage et l'inondation, en infiltration de déchets), en « soutien » (par exemple, sol et formation de sédiments, cycle des éléments nutritifs) et « culturel » (par exemple, tourisme, loisirs, services d'éducation) (Jones, 2013). Cependant, les mangroves sont extrêmement menacées à Madagascar ; plusieurs des plus grands écosystèmes de mangroves du pays ont montré des taux plus élevés de perte que les forêts terrestres avoisinantes (Jones, 2013).

Les récifs coralliens possèdent également une valeur bien reconnue en terme de réduction d'impacts des changements climatiques, à la fois pour assurer une certaine protection contre les marées de tempêtes et peut-être, d'une manière primordiale, pour fournir des sources critiques de nourriture et de revenus qui peuvent aider les populations côtières à faire face aux impacts du climat (Cinner *et al.*, 2009). Cependant, les récifs coralliens sont eux-mêmes vulnérables aux impacts des changements climatiques. En 2005, 80% des récifs coralliens du pays dans le nord-est de l'île ont blanchi à cause du réchauffement des eaux océaniques (IISD, 2011).

Une étude a examiné la résilience des récifs coralliens aux changements climatiques à Madagascar et dans la région des îles l'Océan Indien (Maina *et al.*, 2008). Les auteurs ont identifié le nord-ouest et quelques îles centrales de l'Océan Indien comme étant fortement vulnérables, tandis que les îles à l'est de Madagascar sont des régions moins vulnérables. La moitié des zones interdites à la capture de la région est située dans des endroits dont la sensibilité est soit moyenne soit élevée, indiquant que ces protections ne pourraient suffire si les coraux sous-jacents sont vulnérables aux impacts du climat. Les auteurs recommandent de cibler des récifs coralliens plus résilients pour en faire des aires protégées marines.

### Atténuation du climat et déforestation

Le reste du couvert forestier de Madagascar joue également un rôle principal dans la séquestration et le stockage de carbones qui sont importants pour l'atténuation des impacts des changements climatiques. Selon une étude du Corridor forestier d'Ankeniheny-Zahamena (CAZ) (Portela *et al.*, 2012) :

Les valeurs de séquestration de carbones sont très élevées dans le CAZ, ce qui sous-entend que le secteur a une valeur élevée en tant que réservoir et puits de carbone permanents. Cependant, des résultats ont également montré un potentiel de dégagements élevés de carbones si l'aire est gérée durablement. Les moyens de subsistance dans cette région sont souvent basés sur des pratiques non viables de gestion des ressources naturelles, comme le *tavy* (culture-sur-brûlis) et l'exploitation forestière illégale qui sont tous deux associées à la déforestation dans le CAZ. Ceci pourrait faire pencher la balance et transformer rapidement l'aire en source importante d'émissions de carbones.

Malheureusement, 90% du couvert forestier original de Madagascar sont perdus du fait des activités anthropiques (Hannah *et al.*, 2008). Madagascar reste l'un des pays avec les taux de déforestation les plus élevés (ONE, DGF, FTM, MNP et CI, 2013). Une grande partie de cette déforestation est relativement récente : une analyse des photographies aériennes (c.1953) et des images satellite Landsat (c.1973, c.1990 et c.2000) indique que le couvert forestier a diminué de presque 40% entre les années 1950 et c2000 (Harper *et al.*, 2008). Cette perte du couvert forestier a de réelles implications pour les changements climatiques : au niveau mondial, la déforestation tropicale libère 20 à 30% de gaz à effets de serre anthropiques (Kremen *et al.* 2000).

Une étude des facteurs de la disparition des forêts de 1990-2000 avait indiqué que la déforestation était en corrélation avec les routes et les pistes mais n'avait aucun lien avec la densité de la population ni avec la pauvreté (bien que les auteurs avancent que les insuffisances de données pourraient expliquer l'absence de lien avec la population ou la pauvreté) (Gorenflo *et al.*, 2011). Les auteurs ont également constaté que les aires protégées ont sensiblement ralenti la perte de forêt pendant la période de l'étude. Le taux de déforestation dans les aires protégées gérés par Madagascar National Park (MNP) était la moitié du taux national (ONE, DGF, FTM, MNP et CI, 2013).

Malheureusement, l'efficacité des aires protégées pour la durabilité des forêts pourrait diminuer. Une étude récente du Parc National de Masoala, la plus grande aire protégée nationale de Madagascar, a constaté que le taux annuel de changement de forêt a augmenté, probablement en raison du coup d'état de 2009 et de la crise qui s'ensuivit, engendrant des activités illégales accrues comprenant la coupe illicite de bois durs précieux dans les aires protégées (Allnut *et al.*, 2013).

La déforestation a également et naturellement des implications pour la perte de biodiversité. La forêt restante est fortement fragmentée, ce qui signifie que parmi d'autres menaces il y a peu ou aucune possibilité pour les espèces d'évoluer pour s'adapter aux changements climatiques (Hannah, 2008). Une étude à l'échelle nationale des impacts des changements climatiques sur le coût de conservation des forêts a démontré qu'il est plus rentable de maintenir la forêt existante plutôt qu'investir dans la restauration de forêts afin de conserver les espèces (Busch *et al.*, 2012). Cependant, les coûts et les avantages présentés par la conservation des forêts ne profitent pas aux mêmes acteurs ou aux mêmes échelles. Une étude de cas à Madagascar (Kremen *et al.*, 2000) a prouvé que la « conservation a produit des avantages importants par rapport à l'exploitation forestière et l'agriculture au niveau local et mondial. Sur le plan national, cependant, les avantages financiers de l'exploitation forestière industrielle étaient plus importants que les avantages de la conservation. Ces signaux économiques qui diffèrent à travers les échelles peuvent aggraver la déforestation tropicale ».

### Valeurs culturelles & écotourisme

La biodiversité et la beauté naturelle de Madagascar sont ses plus grands attraits aux yeux des touristes, offrant des valeurs esthétiques et de loisirs aux touristes eux-mêmes ainsi que des moyens de subsistance et une grande partie de l'activité économique globale du pays. Le tourisme et l'écotourisme qui créaient 31 207 emplois en 2011 assurent les 15% du PIB de Madagascar (Rabarison, 2013). En 2003, approximativement 60 000 sur les 200 000 visiteurs annuels de Madagascar venaient expressément pour le tourisme et beaucoup d'autres étaient venus pour d'autres raisons mais incluaient quelques activités touristiques (Christie et Crompton, 2003). Les avantages nationaux de la conservation de la biodiversité et l'écotourisme sont évalués à 5 dollars américains par hectare d'aires protégées par an (Carret et Loyer, 2003).

Cependant, une étude de l'aire protégée, le Parc National de Ranomafana, a démontré que l'écotourisme a créé peu d'opportunités d'emplois pour la population locale et n'a pas absorbé les demandeurs d'emplois qui retournent rapidement aux techniques de survie et à l'utilisation encore plus destructive des ressources, menaçant l'intégrité de la forêt et la survie à long terme des activités d'écotourisme (Sarrasin, 2013). Ainsi, l'auteur conclut que le rôle de l'écotourisme dans l'économie Malagasy et les avantages économiques directs du tourisme au niveau local avaient été exagérés.

L'identité culturelle de certains groupes ethniques est aussi étroitement liée à leur environnement naturel. Comme dans plusieurs endroits, les rattachements à la terre (ou à la mer) sont des aspects fondamentaux du bien-être à Madagascar (Keller, 2008). Par exemple, les Vezo sont des pêcheurs de l'ouest de Madagascar et sont considérés comme des « gens de la mer, se distinguant des fermiers autour d'eux par leur spécialité économique » (Astuti, 2006). Dans l'aire protégée d'Ankodida au sud-est de Madagascar se trouve une forêt sacrée pour l'ethnie Antandroy parce qu'elle est l'ancien foyer d'un roi Antandroy de l'ère précoloniale (Gardner *et al.*, 2008). L'aire protégée qui fournit la majeure partie des revenus des ménages pour la population locale est aussi habitée par des esprits qui jouent un rôle important dans la vie spirituelle de la tribu.

Le rapport entre les valeurs culturelles et la conservation peut être positif ou négatif. Il est prouvé que des protections traditionnelles ou des tabous peuvent avoir et ont conservé certains écosystèmes ou espèces (Gardner *et al.*, 2008, Jenkins *et al.*, 2011). Evidemment, de telles protections traditionnelles peuvent cependant s'affaiblir (Jenkins *et al.*, 2011). En outre, imposer des restrictions à l'accès de l'homme et à l'utilisation des ressources naturelles pour des objectifs de conservation peuvent causer des difficultés locales (Ferraro, 2002 ; Golden *et al.*, 2011) et saper réellement les rattachements culturels à la nature (Keller, 2008).

## Résumé des valeurs des services écosystémiques à Madagascar

Tous les écosystèmes rendent de multiples services écosystémiques; mais ceux qui importent le plus dans une zone géographique donnée dépendent du contexte écologique et socio-économique spécifique. Pour réduire la complexité des analyses requises, nous avons fait une revue documentaire et une consultation d'experts pour identifier un nombre discret d'importants services écosystémiques à inclure dans l'évaluation de ZCB+.

Pour identifier les plus importants services, nous avons d'abord identifié les principaux **bénéficiaires** (les gens ou les secteurs qui dépendent des écosystèmes). Ensuite, nous avons identifié les principales **dépendances** de ces bénéficiaires sur les écosystèmes (les manières spécifiques dont ils dépendent des écosystèmes - par exemple, en nourriture, en eau, en protection contre les cyclones ou autres avantages). Enfin, nous nous sommes basés sur ces principaux bénéficiaires et dépendances pour sélectionner un ensemble de services importants autour desquels l'analyse serait focalisée.

A l'aide de la revue documentaire et de l'apport d'experts, nous avons identifié les principaux bénéficiaires suivants (

Tableau 6). Cette liste a pour objet d'identifier les bénéficiaires les plus importants à inclure dans l'évaluation des services écosystémiques ; elle n'est pas une liste complète de tous les bénéficiaires. Cette liste est spécifique à Madagascar, mais ces types de bénéficiaires seront semblables à ceux des autres zones géographiques.

Tableau 6. Les principaux bénéficiaires de services écosystémiques à Madagascar

Population	Secteurs importants
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foyers de population</li> <li>• Populations rurales</li> <li>• Habitants des endroits risquant les effets des changements climatiques</li> <li>• Population mondiale (régulation du climat &amp; valeurs de la biodiversité)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riziculture irriguée</li> <li>• Elevage</li> <li>• Aquaculture</li> <li>• Pêche côtière</li> <li>• Energie hydraulique</li> <li>• Extraction minière</li> <li>• Ecotourisme</li> </ul>

Les **dépendances** principales de ces bénéficiaires sur les écosystèmes à Madagascar comprennent la dépendance sur la nourriture, l'eau, l'énergie, la protection contre les impacts liés au climat, les moyens de subsistance et les valeurs culturelles et spirituelles (Tableau 7). Ici aussi, cette liste est destinée à identifier les plus importantes dépendances et n'est donc pas exhaustive.

Tableau 7. Dépendances principales des bénéficiaires sur les écosystèmes à Madagascar

<b>Nourriture &amp; médicament</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riz</li> <li>• Poisson</li> <li>• Gibier</li> <li>• Plantes comestibles</li> <li>• Plantes médicinales</li> </ul>	<b>Protection contre les impacts du climat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclones</li> <li>• Inondations</li> <li>• Sècheresses</li> </ul>
<b>Eau</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ménage</li> <li>• Irrigation</li> <li>• Hydroélectricité</li> <li>• Pêches</li> </ul>	<b>Moyens de subsistance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevage/agriculture</li> <li>• Pêche</li> <li>• Ecotourisme</li> </ul>
<b>Energie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bois de chauffe &amp; charbon</li> <li>• Hydroélectricité</li> </ul>	<b>Valeurs culturelles &amp; spirituelles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identité culturelle</li> <li>• Valeur existentielle (biodiversité)</li> </ul>
<b>Matériaux</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction</li> <li>• Artisanat</li> </ul>	

Ayant identifié les bénéficiaires principaux et les dépendances principales, il était possible d'identifier les services importants rendus par les écosystèmes à ces bénéficiaires (Tableau 8). Les services sont organisés selon la Classification Internationale Commune aux Services de l'Ecosystème (CICSE, <http://cices.eu/>). Cette liste a été passée en revue par les experts principaux de CI Madagascar et des organisations partenaires.

Tableau 8. Services écosystémiques importants identifiés à Madagascar

Secteur	Division	Service écosystémique
Approvisionnement	Nourriture	Poissons
		Gibiers
		Plantes comestibles
		Plantes médicinales
		Apport en eau pour usage domestique
		Apport en eau pour l'irrigation
	Matériaux	Matériaux de construction (bois, chaume)
		Matériaux pour produits artisanaux (bois, carex)
		Apport en eau pour l'extraction minière
	Energie	Bois de chauffe
Charbon de bois		
Apport en eau pour l'hydroélectricité		
Régulation & Entretien	Traitement des déchets, des substances toxiques et autres nuisances	Qualité de l'eau pour usage domestique
		Qualité de l'eau pour irrigation
		Qualité de l'eau pour l'hydroélectricité
	Atténuation des inondations	Régulation de l'inondation
		Régulation de la sécheresse
	Entretien des conditions physiques, chimiques et biologiques	Stockage et séquestration de carbones
Protection contre les cyclones		
Matériaux génétiques		
Valeur culturelle	Interactions physiques et intellectuelles avec les paysages écosystémiques terrestres et marins	Ecotourisme
		Valeur existentielle (biodiversité)
	Interactions spirituelles, symboliques et autres avec les paysages écosystémiques terrestres et marins	Identité culturelle et spirituelle



## **Etape 3) Sélectionner des critères pour identifier les zones importantes ; et Etape 4) Appliquer des critères pour identifier les zones importantes dans et autour des ZCBs**

### **Analyses documentaires : Méthodes**

Ayant identifié les principaux services écosystémiques par la revue documentaire et la consultation d'expert, nous avons recherché les informations existantes qui pourraient être utilisées pour évaluer la valeur des ZCBs pour la prestation des services. Nous avons compilé des données spatiales et non-spatiales sur une grande variété de caractéristiques biophysiques et socio-économiques, de menaces, d'utilisation et de priorités des terres existantes (voir Tableau 3 ci-dessus pour les types de données que nous avons recherché pour cette analyse). En général, les mêmes données seraient nécessaires pour appliquer le cadre de ZCB+ dans n'importe quelle zone géographique. A Madagascar, la faible disponibilité de données à jour à l'échelle nationale a été surmontée en utilisant les données globales disponibles (voir Annexe 1 pour une liste complète des sources de données).

En utilisant des données existantes, des analyses réalisées dans le passé, de nouvelles analyses documentaires limitées et une modélisation avec SIG, nous avons évalué la valeur des ZCBs pour les services écosystémiques principaux suivants :

1. Services d'approvisionnement : nourriture
  - 1.1. Pêches commerciales : valeurs moyennes au débarquement des prises de poissons
  - 1.2. Pêches artisanales : le nombre d'habitants vivant dans l'insécurité alimentaire dans un rayon jusqu'à 10 kms des mangroves et des récifs coralliens
  - 1.3. Produits de la chasse au gibier et produits forestiers non- ligneux (**PFNL ??**) : nombre de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire dans un rayon jusqu'à 10 kms des écosystèmes terrestres et d'eau douce (forêts, mangroves, zones humides et plans d'eau)
2. Services d'approvisionnement : Eau douce
  - 2.1. Importance relative de l'approvisionnement en eau douce destinée à l'usage domestique
  - 2.2. Importance relative de l'approvisionnement en eau douce pour l'irrigation
  - 2.3. Importance relative de l'approvisionnement en eau douce pour les barrages hydroélectriques
3. Services de régulation : atténuation des changements climatiques
  - 3.1. Stockage à long terme de carbone : stocks moyens de carbones par hectare et stocks total de biomasses de carbones
  - 3.2. Emissions évitées de carbones potentielles provenant de la déforestation
4. Services de régulation : réduction des risqué de catastrophes et adaptation climatique

- 4.1. Les mangroves réduisent l'augmentation de la vulnérabilité des personnes due aux changements climatiques durant les marées de tempêtes
- 4.2. Les forêts réduisent l'augmentation de la vulnérabilité des personnes due aux changements climatiques durant les inondations
5. Valeurs culturelles
  - 5.1. Ecotourisme : Nombre de visiteurs aux parcs nationaux en 2012 (données limitées)
  - 5.2. Valeurs culturelles/spirituelles (données limitées)

Cette liste n'inclut pas chaque le service écosystémique identifié comme étant pertinent à Madagascar ; nous avons limité notre analyse à 1 ou 3 principaux services écosystémiques par catégorie, en nous basant sur l'apport d'expert et la disponibilité de données. Les méthodes récapitulées pour chaque service suivent.

#### **Approvisionnement : Nourriture**

##### ***Pêche commerciale : valeurs moyennes au débarquement des prises de poissons***

Pour cette analyse, nous avons supposé que les ZCBs avec des niveaux plus élevés de valeurs au débarquement des prises de poissons étaient relativement plus importantes pour la pêche commerciale. Une série de données globales de la valeur moyenne au débarquement des prises de poissons (Swartz et al., 2012) était couverte avec les frontières des ZCBs ; puis, la valeur moyenne débarquée au sein de chaque ZCB a été calculée.

Les critères pour évaluer « l'importance relative des ZCBs en termes de valeurs au débarquement des prises de poissons sont :

- Est-ce qu'une ZCB donnée fournit des valeurs au débarquement des prises de poissons (oui/non) ?
- Est-ce qu'une ZCB donnée fournit une valeur au débarquement des prises de poissons qui soit relativement plus élevée comparée à d'autres ZCBs ?

#### **Hypothèses & limitations**

- Cette analyse qui porte sur les pêches commerciales inclut des valeurs au débarquement des prises de poissons. Elle suppose qu'il existe un lien entre la pêche commerciale et la sécurité alimentaire. Cela pourrait être vrai pour les poissons consommés localement et/ou dont les revenus des pêches commerciales soutiennent la sécurité alimentaire locale. Cependant, les prises commerciales pourraient être exportées et les revenus ne pourraient pas soutenir le revenu local.
- Il y a un manque de données sur les pêches de subsistance à Madagascar : une étude au moins indique que les prises totales sont en effet deux fois plus le volume rapporté par les agences

nationales de pêche, en raison de l'absence d'informations sur la pêche artisanale (Le Manach et al., 2012).

- Il y a également une limitation dans cette analyse en raison de la résolution différente des couches de données de base incluses : des ZCBs à Madagascar tendent à être tout à fait restreintes et les séries de données sur les valeurs globales au débarquement de la FAO ne sont pas plus affinées, ainsi certaines ZCBs sont plus petites qu'une seule cellule de la grille dans la série de données de la FAO ; tandis que d'autres ZCBs croisent des parties des cellules de valeurs multiples au débarquement. Par conséquent, les valeurs moyennes au débarquement par ZCB devraient être interprétées avec prudence. Cette information pourrait être plus utile si l'on identifie des régions plus étendues (groupements de ZCBs) qui ont des valeurs plus élevées, plutôt que de comparer individuellement des ZCBs dans la même région.

### *Pêches artisanales : nombre relatif de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire dans un rayon de moins de 10 kms des mangroves et des récifs coralliens*

Pour cette analyse, nous avons estimé le nombre de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire dans un rayon de moins de 10 kms des mangroves et d'habitats de récifs coralliens qui existent dans les ZCBs. Nous avons supposé que ceux qui vivent plus près des écosystèmes marins et côtiers bénéficient de la nourriture et d'autres ressources provenant de ces écosystèmes. Nous avons également supposé que les ceux qui vivent dans l'insécurité alimentaire pendant une partie ou toute l'année dépendraient particulièrement de telles ressources pour les obtenir pendant les périodes de soudure, tel qu'il est décrit dans la documentation. Ainsi, nous avons considéré la proximité des populations vivant dans l'insécurité alimentaire comme un indicateur de l'importance des écosystèmes marins et côtiers.

Les données sur l'emplacement des mangroves et des récifs coralliens proviennent de deux séries de données globales (Giri et al., 2011 et Burke *et al.*, 2011). Les données sur la population étaient traitées avec LandScan 2011. Les taux d'insécurité alimentaire étaient estimés à l'aide d'un recensement au niveau des communes en 2007 qui demandait aux communautés d'auto-évaluer des taux d'insécurité alimentaire au niveau de la commune (Moser *et al.*, 2008). Les groupes de consultation dans chaque commune étaient invités à estimer le pourcentage des "pauvres" (définis comme étant "ceux ayant des problèmes saisonniers avec la sécurité alimentaire, que ce soit pendant une bonne ou une mauvaise année") et le pourcentage de personnes "indigentes" (définies comme étant "ceux n'ayant pas assez de nourritures tout au long de l'année").

Les critères pour évaluer "l'importance relative" des pêches artisanales étaient :

- Une ZCB donnée a-t-elle des habitats marins se trouvant dans un rayon à moins de 10 kms de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire (oui/non) ?

- Une ZCB donnée a-t-elle des habitats marins se trouvant dans un rayon à moins de 10 kms d'un nombre relativement plus grand de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire, si comparée à d'autres ZCBs ?

#### Hypothèses & limitations

- Nous avons supposé que certains types d'écosystèmes (mangroves, récifs coralliens) fournissent de la nourriture et d'autres avantages (par exemple, du charbon de bois) aux populations vivant dans l'insécurité alimentaire
- Nous avons supposé que les gens vivant dans un rayon à moins de 10 kms de ces écosystèmes peuvent accéder et tirer avantage de ces ressources
- Nous avons supposé que les personnes dans l'insécurité alimentaire pendant une partie de l'année ou toute l'année dépendraient particulièrement de telles ressources pour passer les périodes de soudure
- Nous avons rapporté des résultats en termes de nombres *relatifs* de personnes (dans l'ordre croissant) plutôt que de nombres absolus parce que les séries de données que nous avons utilisées ne sont probablement pas assez précises pour faire les "comptages" absolus de personnes.

#### *Chasse au gibier et produits forestiers non-ligneux (PFNL) : nombre relatif de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire dans un rayon à moins de 10 kms d'écosystèmes terrestres et d'eau douce*

Pour cette analyse, nous avons supposé que la population locale a probablement tiré avantage des écosystèmes naturels terrestres et d'eau douce pour la chasse au gibier, la collecte de plantes comestibles et de plantes médicinales, la production de bois combustibles/charbon ou d'autre produits forestiers non-ligneux (PFNL) comme décrit par Golden *et al.*, 2011, Brashares *et al.*, 2011, Ackerman, 2004, Damson *et al.*, 2010, ainsi que d'autres. Nous avons également supposé que la population vivant dans l'insécurité alimentaire pendant une partie de l'année ou toute l'année dépendraient particulièrement de ces ressources durant les périodes de soudure, comme il est également décrit dans la documentation. Ainsi, nous avons utilisé la proximité des personnes vivant dans l'insécurité alimentaire comme un indicateur de l'importance des écosystèmes terrestres et d'eau douce.

Pour cette analyse, nous nous sommes basés sur les données de couverture terrestre de Kew Royal Botanic Gardens (2007). Les classes de végétation que nous avons incluses sont : l'eau, les mangroves, la forêt sèche occidentale, la forêt d'arbustes sèches et épineuses du sud-ouest, les zones humides, la forêt humide occidentale, la forêt humide, la forêt littorale, la brousse de la côte du sud-ouest, la forêt subhumide de l'ouest et la forêt de tapia. Les types de forêt dégradée étaient exclus, ainsi que le sol nu/rocheux, les surfaces cultivées et les prairies (nous avons supposé que la plupart des prairies à Madagascar sert de pâturage).

Nous avons exclu les aires qui étaient protégées (données fournies par CI Madagascar). Nous avons alors calculé le nombre de personnes qui vivaient dans un rayon à moins de 10 kms des écosystèmes terrestres et d'eau douce en utilisant les données démographiques 2008 de LandScan multipliées par le taux estimé d'insécurité alimentaire (Moser *et al.*, 2008). Nous avons rapporté des résultats en termes de nombres relatifs de personnes (dans l'ordre croissant) plutôt que de nombres absolus parce que les nombres sont utiles en tant qu'estimations mais ne sont probablement pas assez précis pour faire les "comptages" absolus des personnes.

Les critères d'évaluation de "l'importance relative" des produits de la chasse au gibier et PFNLs sont :

- Une ZCB donnée inclut-elle des écosystèmes terrestres ou d'eau douce à moins de 10 kms de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire (oui/non) ?
- Une ZCB donnée contient-elle des écosystèmes terrestres ou d'eau douce à moins de 10 kms d'un nombre relativement grand de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire, après comparaison avec d'autres ZCBs ?

Hypothèses & limitations

- Nous avons supposé que les écosystèmes terrestres et d'eau douce fournissent des avantages en nourriture et produits forestiers non-ligneux à la population vivant dans l'insécurité alimentaire
- Nous avons supposé que les personnes vivant à moins de 10 kms de ces écosystèmes peuvent accéder et bénéficier de ces ressources
- Nous avons supposé que la population vivant dans l'insécurité alimentaire pendant une partie de l'année ou toute l'année dépendraient particulièrement de telles ressources pour les sortir des périodes de soudure
- Nous avons rapporté des résultats en termes de nombres *relatifs* de personnes (dans l'ordre croissant) plutôt que des nombres absolus parce que les séries de données que nous avons employées ne sont probablement pas assez précises pour faire les "comptages" absolus de personnes.

### Approvisionnement : Eau douce

#### *Importance relative de la fourniture en eau douce destinée à l'usage domestique*

« L'importance relative » des ZCBs dans l'approvisionnement en eau douce destinée à l'usage domestique (aux ménages) a été estimée en utilisant la disponibilité moyenne annuelle d'eau dans une ZCB comme une proportion de la disponibilité globale d'eau d'un bassin hydrographique, pondérée (multipliée) par une demande cumulative en eau en aval.

La disponibilité de l'eau a été estimée en utilisant le ruissellement des eaux de surface calculé pour le climat actuel à une résolution de 1km<sup>2</sup> en utilisant la version deux de WaterWorld (Mulligan, 2013). WaterWorld est un cadre de travail incorporant des séries de données spatiales mondiales à une résolution de 1 km<sup>2</sup> et de 1 hectare, des modèles spatiaux de processus biophysiques et hydrologiques et des scénarios de changement climatique et de l'utilisation des terres. Dans son essence, le modèle FIESTA est un modèle de distribution spatiale basé sur le processus qui utilise des variables comme la précipitation verticale et horizontale engendrée par le vent, l'interception de brouillard, les vitesses d'infiltration et les pertes d'évapotranspiration pour calculer le bilan hydrologique et le ruissellement des eaux de surface (Mulligan et Burke, 2005).

La demande cumulative en eau douce destinée à l'usage domestique était estimée en utilisant le nombre d'habitants en aval (LandScan 2011) multiplié par la moyenne estimée de l'utilisation domestique annuelle de l'eau de 15,2 mètres cubes par an par personne (42,3 litres par jour par personne) et cumulativement additionné en amont en utilisant les sens d'écoulement d'eau de surface obtenus avec HydroSHEDS (Lehner et al., 2008). La consommation domestique d'eau annuelle par personne a été basée sur une enquête auprès de 522 ménages dans la ville de Fianarantsoa, Madagascar (Razafindralambo *et al.*, 2004). Un tampon de 2,5 kms était utilisé pour inclure la demande en eau de la part des habitants sur le long de principaux fleuves (nous avons utilisé l'écoulement de > 3 km<sup>3</sup>/an pour définir ces fleuves).

Les zones "d'importance relative" élevée dans cette analyse sont définies comme celles qui fournissent relativement plus d'eau (comme une proportion de la disponibilité globale de l'eau d'un bassin hydrographique) et ont un niveau relativement plus élevé en demande cumulative d'eau (basée sur la taille de la population et la consommation d'eau par habitant). Ainsi, il met l'accent simultanément sur les zones qui sont importantes pour de larges populations selon l'approvisionnement en eau de surface des bassins hydrologiques relativement moindres dans lesquels la végétation naturelle peut jouer un grand rôle en régulant la qualité et la quantité d'eau. Ce rôle devient marginal dans les bassins hydrologiques plus grands à cause de l'effet de dilution de l'eau.

Pour toutes les analyses d'eau douce, un enchaînement de cartes « exhaustives » couvrant la totalité du pays était produit, puis, les ZCBs étaient « attachées » et les valeurs moyennes par zone pour chaque ZCB calculées.

#### Hypothèses & limitations

- Cette analyse suppose que la population utilise l'eau de surface (des fleuves et des rivières) pour l'usage domestique. A Madagascar, cela est souvent vrai, en particulier pour les ménages plus pauvres. Cependant, les gens utilisent également l'eau des puits (eaux souterraines), l'eau

courante ou d'autres sources d'eau. Par exemple, dans une enquête auprès de 522 ménages dans la ville de Fianarantsoa (Razafindralambo *et al.*, 2004), on a trouvé que :

- « 28% des ménages dépendent des robinets privés, 33% des robinets publics et 22% utilisent des sources naturelles, quelques ménages utilisent des puits (6%) ou un raccordement privé par quelques autres ménages (8%). Il n'est pas étonnant que les catégories plus élevées de revenus dépendent des raccordements privés (54% pour la catégorie de revenus 4 et 76% pour la catégorie de revenus 5). Les ménages dans la catégorie moyenne 3 de revenus dépendent plus des robinets publics (44%) bien qu'une grande partie dépende de raccordements privés (22%) et des sources naturelles (30%). Les ménages les plus pauvres dépendent des robinets publics (36%) et des sources naturelles (54%) ».
- Cette analyse suppose que chaque personne a besoin de 42,3 litres/jour : c'était l'utilisation moyenne par personne. Cependant, l'utilisation d'eau par ménage variait considérablement avec le revenu :
  - « [La catégorie de revenus la plus basse [ménages] consomme en moyenne 13 litres par tête par jour (pour un ménage de taille moyenne), chiffre sensiblement au-dessous de la recommandation minimale de l'OMS de 20 litres par jour par personne. Les ménages de la catégorie à revenus moyens sont] au minimum de 20 litres par jour de l'OMS, et les catégories de revenus plus élevées (plus grand pour Fianarantsoa mais toujours fondamentalement pauvre au regard des normes internationales) sont bien au-dessus de la norme de 20 litres par jour ».
- La disponibilité de données hydrologiques (disponibilité de l'eau, qualité de l'eau, demande en eau ou autres données) est limitée à Madagascar. Cette analyse est basée sur des séries de données mondiales existantes. Dans le meilleur des cas, elle devrait être validée en utilisant des données hydrologiques nationales ou régionales, s'il y en a.

### *Importance relative pour l'approvisionnement en eau douce pour l'irrigation*

De même que pour l'eau d'usage domestique, « l'importance relative » d'une ZCB de l'eau d'irrigation était estimée en utilisant la disponibilité moyenne annuelle d'eau dans une ZCB comme une proportion de la disponibilité mondiale de l'eau d'un bassin hydrographique, pondérée par une demande d'irrigation cumulative estimée. Un calcul de la demande cumulative en eau de surface pour l'irrigation était basé sur les cartes de surfaces agricoles irrigables et la demande en eau estimée par hectare par an, ajusté pour les précipitations annuelles. Nous avons utilisé une demande moyenne en eau de 2000 mm par an (Portela et al., 2012) corrigée pour la moitié des précipitations annuelles. Les trois classes de terrains agricoles, trouvées dans des cartes numériques BD500 (FTM, 1998) sont : 1) riziculture, 2) « culture » (monoculture) et 3) « cultures diverses » (mosaïques de cultures).

Hypothèses & limitations

- Il n'y a pas de données spatiales de qualité supérieure (à jour, à petite échelle) sur l'emplacement de l'agriculture irriguée à Madagascar. Nous avons utilisé les données sur la couverture terrestre à partir des séries de données BD500 (FTM, 1998) et avons supposé que les trois classes : 1) rizière, 2) « culture » (monoculture) et 3) « mosaïque de cultures » comprennent l'agriculture irrigable.
- Nous avons supposé que les zones couvertes par les rizières, la monoculture ou les mosaïques de cultures, là où ces zones présentent une faible précipitation, dépendaient de l'eau de surface pour l'irrigation au moins pendant une moitié de l'année. La culture du riz à Madagascar est en grande partie irriguée, mais quelques autres cultures (comme le maïs, le manioc et les ignames) sont essentiellement pluviales (Programme Alimentaire Mondial et UNICEF, 2011). Cependant, ces cultures sont souvent cultivées en rotation selon les saisons (c.à.d. du riz pendant la saison humide et d'autres récoltes quand le sol est plus sec) ou sont cultivées en mosaïque dans une plaine inondable. L'irrigation à Madagascar vient typiquement des sources d'eau de surface (par exemple, de petits barrages et de canaux d'irrigation) ; d'autres sources (comme les puits ou les conduites d'eau) sont rares.
- Les données réelles sur la demande en eau des différentes récoltes à Madagascar n'étaient pas disponibles pour cette analyse. Pour cette analyse, la demande était estimée sur la base d'une seule statistique globale sur la demande en eau par hectare de riz dans l'hypothèse de deux moissons de riz par an (Portela *et al.*, 2012). Cependant, la demande varie considérablement selon de nombreux facteurs : latitude, température, sols, altitude, variété de riz ou toute autre récolte cultivée, nombre de moissons par saison et autres facteurs.
- L'estimation décrite ci-dessus est une hypothèse brute qui peut être une surestimation de la demande réelle en incluant une demande en eau produite par la catégorie de mosaïques de récoltes à partir des séries de données BD500. D'autre part, elle ajuste la demande des cultures plantées sur le côté est de l'île où les précipitations dépassent les 2000 mm par an.

#### *Importance relative de l'approvisionnement en eau douce pour les barrages hydroélectriques*

De même que pour l'eau destinée à l'usage domestique, « l'importance relative » des ZCBs en termes d'approvisionnement en eau douce pour l'hydroélectricité était estimée en utilisant la contribution de la ZCB au bilan hydrologique générale dans chaque bassin versant, pondérée par la demande en eau pour produire de l'hydroélectricité en aval. La puissance cumulative en MWH produit par les usines hydroélectriques (JIRAMA, 2013) était utilisée comme un substitut pour une demande réelle en eau (JIRAMA, 2013). Ceci La raison en est que nous ne pouvions pas obtenir de données réelles sur l'utilisation de l'eau.

#### Hypothèses & limitations

- La moitié de l'énergie électrique de Madagascar vient de la génération d'énergie hydraulique ([reegle.info](http://reegle.info), aucune date). Il est plus sage de supposer que l'approvisionnement en eau douce



est vital pour ce secteur. Cependant, en raison du manque de données sur la demande réelle en eau par chaque station hydroélectrique, nous avons supposé qu'il y a une corrélation linéaire positive entre l'énergie électrique produite et la demande en eau et nous l'avons utilisée comme un substitut dans l'analyse finale.

- Pour calculer la somme cumulative de puissance fournie par les usines hydroélectriques, nous exigeons que les emplacements de ces usines s'alignent directement avec les fleuves fournissant l'eau pour leurs turbines. Cependant, la majorité de l'emplacement des points que la JIRAMA nous a fournis n'était pas alignée avec les données spatiales des emplacements des fleuves. Par conséquent, nous avons dû attribuer de nouveau les emplacements en les « positionnant » près des plus proches fleuves (plus précisément, aux cellules de la grille avec le plus grand ruissellement dans un rayon de 5 kms). Par conséquent, certains emplacements des stations hydroélectriques auraient peut-être été déplacés jusqu'à 5 kms. Cependant, nous estimons que ce procédé n'aurait pas affecté énormément les résultats globaux, à moins que des localisations de points aient été positionnées à différents bassins versants. De meilleures données sur l'emplacement des barrages hydroélectriques pourraient résoudre ce problème.
- Nous ne connaissons pas le degré de fiabilité des chiffres de la puissance totale (MWh) générée par les barrages hydroélectriques. Plusieurs barrages hydroélectriques listés dans le tableau que la JIRAMA nous a fournis présentent des données manquantes ou des valeurs qui semblaient être trop élevées ou trop faibles. Faire un suivi auprès de la JIRAMA pourrait résoudre ce problème.

### Régulation : Atténuation des changements climatiques

#### *Stockage de carbones à long terme : stocks de biomasses de carbones*

Les zones couvertes de forêts contiennent des biomasses qui fournissent de la valeur en termes de stockage à long terme de carbones qui aideront à atténuer les impacts des changements climatiques. Quelques zones contiennent une forêt avec une densité comparativement élevée de carbones – aussi, indépendamment de leur taille, ces sites fournissent une quantité plus élevée de « tonnes de carbones par hectare » (tC/ha).

En se basant sur une série de données mondiales de biomasses (Saatchi *et al.*, 2011) et le couvert forestier de 2010, une série de données sur Madagascar (ONE, DGF, FTM, MNP et CI, 2013, incluant la forêt de *Tapia*, la mangrove et les classes de forêt) était utilisée pour estimer *les stocks moyens de biomasses de carbones*, mesurés en tC/ha pour chaque ZCB.

Les critères pour évaluer « l'importance relative » du stockage à long terme de carbones sont :

- Une ZCB donnée contient-elle des biomasses de carbones (oui/non) ?

- Une ZCB donnée contient-elle relativement plus de biomasses de carbones (en moyenne ou au total) que d'autres ZCBs ?

#### Hypothèses & limitations

- Des calculs de stockage de carbone sont basés sur une série de données mondiales. Dans le meilleur des cas, ces données seraient validées en utilisant l'échantillonnage de stocks de biomasses de carbones au niveau du sol.
- Les données sur le couvert forestier ont une résolution de 28.5m. Les données sur les biomasses ont une résolution à 1km. Les données sur les biomasses sont des estimations pour la cellule entière de la grille, mais pas simplement pour la partie couverte de forêts et représentent ainsi la biomasse moyenne du couvert forestier et non forestier dans cette cellule. Ainsi, les données de biomasses sont des sous-estimations si elles sont interprétées comme des valeurs pour la forêt seulement. C'est une limitation des séries de données globales, mais elle devient une préoccupation majeure au niveau du site seulement dans des paysages constitués de fragments de forêt.
- Pour cette analyse, nous avons utilisé des valeurs de biomasses à 1 km et les avons multipliées par le couvert forestier des secteurs dans la cellule de 1 km. Il en a résulté une estimation conservatrice des biomasses forestières pour les cellules partiellement couvertes de forêts qui impactent le plus dans les paysages plus fragmentés se trouvant pour la plupart dans les zones orientales et méridionales plus sèches.

#### *Les émissions évitées potentielles de carbones provenant de la déforestation*

Pour cette analyse, nous avons calculé le taux de déforestation dans chaque ZCB de 2005 à 2010 sur la base d'une analyse de la déforestation historique à Madagascar (ONE, DGF, FTM, MNP et CI, 2013). Le taux de déforestation était multiplié par la surface de forêt au sein de la ZCB et divisé par 5 (années) pour calculer le futur taux de déforestation en hectares par an. Le taux de déforestation par hectare par an est multiplié par le stock moyen de biomasses de carbones (tC) de la ZCB, puis converti en équivalents de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) pour obtenir une estimation des «émissions évitées potentielles de carbones provenant de la déforestation ». Cela renvoie à leur potentiel *maximum* pour les réductions d'émissions (en supposant que la déforestation est complètement stoppée, comparé à un scénario normal basé sur le taux historique) ; des études de faisabilité seraient indispensables pour mieux estimer leur potentiel réel pour les Réduction d'Emissions Dues à la Déforestation et à la Dégradation des Forêts (REDD+).

Les critères pour évaluer « l'importance relative » des ZCBs en termes d'émissions de carbones potentiellement évitées sont :

- Est-ce qu'une zone donnée a une valeur en termes d'émissions évitées provenant de la déforestation (oui/non) ?
- La zone a-t-elle une valeur potentielle relativement plus élevée en termes d'émissions évitées, si comparée à d'autres ZCBs ?

#### Hypothèses & limitations

- Pour le moment, nous utilisons le taux historique de déforestation dans la ZCB (un pourcentage basé sur la surface déboisée) comme un substitut pour la future déforestation. Cependant, cela suppose que la déforestation future sera exactement au même taux que celui de la déforestation historique, qui peut être vrai ou faux.
- Cette analyse est basée sur une couche globale de carbones de biomasses ; idéalement, ces données seraient validées avec le prélèvement au sol du carbone de biomasse forestière.

#### Régulation : Réduction du risque de catastrophe et adaptation aux changements climatiques

##### *Nombre relatif de personnes vulnérables aux accroissements dus aux changements climatiques des marées de tempêtes près des mangroves*

Il est de plus en plus évident que les mangroves assurent une protection contre les marées de tempêtes engendrées par les cyclones (Jones, 2013), dont l'accroissement en fréquence et/ou en intensité serait prévu dans le futur dans la plupart des bassins océaniques sous les changements climatiques (IISD, 2011, Banque Mondiale, 2013). Pour cette analyse, nous avons utilisé une série de données mondiales qui cartographie le nombre de personnes vulnérables aux marées de tempêtes (Plateforme de Données sur les Risques Mondiaux du PNUÉ PREVIEW <http://preview.grid.unep.ch>). Nous avons également utilisé des données globales sur l'emplacement des mangroves (Giri *et al.*, 2011). Nous avons omis des lots inférieurs à 1 hectare et protégé par une zone tampon de 2 km tous les habitats restants de mangroves. Ensuite, nous avons identifié toutes les personnes classées à risque contre les marées de tempêtes qui se trouvaient à 2 kms des mangroves et qui, par conséquent, reçoivent potentiellement un certain degré de protection (voir toutefois les hypothèses énumérées ci-dessous). Nous avons alors identifié toutes les ZCBs contenant des mangroves qui protègent potentiellement des personnes vulnérables.

Les critères pour évaluer " l'importance relative " des ZCBs pour la protection contre les marées de tempêtes sont :

- Une ZCB donnée contient-elle des mangroves à moins de 2 kms des personnes vulnérables aux marées de tempêtes (oui/non) ?
- Une ZCB donnée contient-elle des mangroves à moins de 2 kms d'un nombre relativement important de personnes vulnérables, si comparé avec d'autres ZCBs ?

## Hypothèses & limitations

- Cette analyse suppose que des mangroves sont capables de fournir un certain degré de protection contre les marées de tempêtes. Le degré réel de protection procurée dépendra de plusieurs caractéristiques liés à la fois à l'événement de tempête et au contexte biophysique – par exemple, de la vitesse du vent, de la direction du vent, de la durée de la tempête, des caractéristiques structurales des mangroves, de la bathymétrie, de la topographie des plages et d'autres facteurs.
- Cette analyse suppose que la population à moins de 2 kms des mangroves reçoit une certaine forme de protection provenant de ces habitats - la distance réelle dépendra des facteurs énumérés ci-dessus et pourrait donc être plus petite ou plus grande.
- La série de données sur les personnes vulnérables aux marées de tempêtes est brute comparée à l'ensemble des données sur les mangroves, ainsi il est possible que la population vulnérable habite plus loin des mangroves qu'on ne l'a supposé, ou dans un emplacement non protégé (par exemple, adjacent).
- Pour ces trois raisons avancées, cette analyse pourrait surestimer ou sous-estimer le nombre de personnes protégées par les mangroves. Ainsi, auparavant, nous avons rapporté les résultats en termes de nombres relatifs des personnes (dans l'ordre croissant) plutôt que des comptages absolus.

### *Réduction potentielle des risques d'inondation*

Pour cette analyse, nous étions intéressés par les endroits où les écosystèmes (des forêts en particulier) peuvent rendre des services de régulation d'inondation. De même que pour l'eau destinée à l'usage domestique, « l'importance relative » d'une ZCB pour l'atténuation des inondations a été estimée en utilisant la disponibilité moyenne annuelle de l'eau dans une ZCB comme une proportion de la disponibilité globale de l'eau d'un bassin versant ayant une surface couverte de forêts, pondérée par la somme cumulative estimée des personnes en aval vulnérables aux inondations. Pour les surfaces couvertes de forêts, nous avons utilisé le couvert forestier de 2010 (ONE, DGF, FTM, MNP et CI, 2013). Les estimations des personnes vulnérables aux inondations ont été adoptées sur les bases de données démographiques GRID montrant l'exposition physique des gens aux inondations (PNUE, 2013).

## Hypothèses & limitations

- Les principaux endroits pour la méthode utilisée ici étaient des zones couvertes de forêts avec relativement plus de ruissellement, situés en amont des personnes vulnérables aux inondations, ils sont plus importantes pour l'atténuation des inondations. En d'autres termes, si ces zones couvertes de forêts sont déboisées, l'effet des inondations peut empirer ceux qui sont physiquement exposés aux inondations.

- La régulation des inondations par les forêts a été démontrée à une petite échelle spatiale dans au moins un endroit à Madagascar (Kramer, 1997) ; cependant, elle dépend des caractéristiques de forêts (par exemple, les forêts primaires ont un rôle plus régulateur que les forêts secondaires, et toutes deux ont un rôle plus régulateur que la couverture terrestre agricole). Elle dépend également de l'intensité de l'inondation ; des forêts peuvent mieux réguler les inondations de petite à moyenne intensité mais sont moins efficaces pour de grands événements (100 à 200 ans).
- Cette analyse suppose que les habitants en aval des forêts bénéficient de ces services de régulation d'inondations. Elle est simplement basée sur l'emplacement et non sur d'autres facteurs comme la capacité des personnes à se déplacer, l'ingénierie ou solutions d'infrastructure ou autres variables.

### Valeurs culturelles

#### *Écotourisme : Nombre de visiteurs des parcs nationaux en 2012 (données limitées)*

Pour cette analyse, nous avons utilisé des données sur le nombre de visiteurs des Parcs Nationaux (données de Madagascar National Parks) comme substitut pour la valeur globale pour l'écotourisme.

Les critères pour évaluer « l'importance relative » de l'écotourisme sont :

- Une ZCB donnée avait-elle reçu des visiteurs en 2012 (oui/non/données insuffisantes) ?
- Une ZCB donnée avait-elle reçu un nombre relativement important de visiteurs en 2012, comparée à d'autres ZCBs ?

#### Limitations

- Cette analyse inclut seulement les données sur 32 aires protégées gérées par Madagascar National Parks et concerne seulement l'année (2012).
- Beaucoup d'autres ZCBs ont probablement aussi une valeur écotouristique et le nombre de visiteurs varie probablement d'une année à l'autre.

#### *Valeurs culturelles /spirituelles (données limitées)*

On sait que beaucoup de sites à travers Madagascar ont des valeurs culturelles et spirituelles importantes, mais il n'y a eu aucun inventaire exhaustif à l'échelle nationale. Il existe un inventaire des valeurs culturelles d'aires protégées sélectionnées (Conservation International, 2011). Cependant, les données sont seulement disponibles pour 14 sur un total de 220 ZCBs. De même, il y a un inventaire des valeurs culturelles (religieuses et sociales) de 51 zones végétales importantes, basées sur l'avis d'expert (Missouri Botanical Garden, 2013).

Cependant, nous avons choisi de ne pas inclure ces séries de données parce qu'elles ne sont pas complètes pour le pays entier et fait donc apparaître que certains sites ont des valeurs culturelles tandis

que d'autres n'en ont pas. Des investissements supplémentaires en recherche sont indispensables pour mieux comprendre la valeur de toutes les ZCBs en rendant des services culturels et spirituels.

### Analyses multi-critères

Nous nous sommes également intéressés aux zones d'études qui étaient importantes pour de multiples services. Les multiples services d'écosystèmes terrestres et d'eau douce ont été combinés dans une analyse multicritère basée sur plusieurs les résultats ci-dessus : 1) les stocks de biomasses de carbones, 2) le nombre de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire mais ayant accès aux écosystèmes terrestres /d'eau douce, 3) l'importance relative de l'approvisionnement en eau douce pour i) l'usage domestique, ii) l'irrigation, iii) l'énergie hydraulique, 4) l'importance relative du risque d'inondation et 5) l'écotourisme. Nous n'avons pas pu mener une analyse semblable pour les écosystèmes marins /côtiers parce que les données en notre possession étaient insuffisantes.

Pour cette analyse, nous avons utilisé le logiciel IDRISI Selva (Eastman, 2012) pour mesurer les variables et leur assigner individuellement des poids. Toutes les séries de données saisies étaient préparées pour qu'elles aient la même résolution et ampleur. La première étape dans l'analyse était de s'assurer que tous les variables étaient de la même échelle. Pour notre analyse, nous avons choisi de réaliser une simple petite extension linéaire pour adapter les valeurs de chaque variable entre 0 et 255. Ensuite, chaque variable était placé dans le module Evaluation Multicritère (EMC) en IDRISI et assignée un poids.

Les poids attribués à chacune des valeurs dans l'analyse multicritère sont affichés dans le Tableau 9. Les valeurs étaient établies avec la contribution d'expert. Nous avons décidé de peser les stocks de biomasses de carbones, l'approvisionnement en nourriture et en eau douce de la même façon (30 sur 100) car ces données sont disponibles pour le pays entier. Pour l'eau douce, nous avons combiné les quatre services d'eau douce (utilisation domestique, irrigation, énergie hydraulique et protection contre l'inondation) de sorte qu'ils s'additionnent collectivement jusqu'à 30. Nous avons moins pesé l'écotourisme (10 sur 100) parce que les données sur les parcs nationaux sont les seules disponibles. Nous avons testé de légères variations dans les poids et trouvé des résultats semblables.

Tableau 9. Poids donnés à chacun des services des écosystèmes terrestres /d'eau douce inclus dans une analyse multicritère.

Variables	Poids (sur100)
Stock total de biomasses de carbones (tC)	30
Approvisionnement en nourriture (nombre de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire à moins de 10 km des écosystèmes terrestres et d'eau douce)	30
Ecotourisme (nombre de visiteurs de Madagascar National Parks en 2012)	10
Importance relative de l'eau douce (FW) (total) :	30
Importance relative de l'eau douce destinée à l'usage domestique	7,5

Importance relative de l'eau douce pour l'irrigation	7,5
Importance relative de l'eau douce pour l'énergie hydraulique	7,5
Importance relative de l'eau douce pour la protection d'inondation	7,5
TOTAL	100

On a répété l'analyse multicritère en excluant les carbones afin de se focaliser sur les endroits importants pour les services écosystémiques terrestres et d'eau douce « locaux » (approvisionnement en nourriture, écotourisme et eau douce).

## Etape 5) Résumé des valeurs des services écosystémiques pour les ZCBs

### Analyses documentaires : Résultats et cartographie

On trouve ci-dessous les résultats de plusieurs services écosystémiques essentiels (approvisionnement en nourriture, approvisionnement en eau, atténuation des changements climatiques, réduction de risque de catastrophes / adaptation aux changements climatiques et valeurs culturelles). Un tableau complet présentant les valeurs de services écosystémiques de chaque ZCB se trouve dans un fichier séparé en format Excel contenant toutes les Annexes. Une liste complète des sources de données se trouve dans l'Annexe 1 à la fin de ce document.

### 1. Approvisionnement : Nourriture

#### 1.1. Pêches commerciales : valeurs moyennes au débarquement des prises de poissons

Notre analyse montre que 21 ZCBs côtières/marines ont des valeurs au débarquement des prises de poissons (Figure 6). Certaines ZCBs dans le nord-est, le nord-ouest et l'ouest de Madagascar ont démontré des valeurs relativement plus élevées ; ce sont la Baie d'Antongil, les îles Barren, les Baies d'Iranja-Ankazoberavina-Russes, la Baie d'Ambodivahibe et le PK32-Ranobe. Ces sites pourraient être prioritaires pour l'investissement de la conservation et gérés soigneusement pour éviter une surexploitation (voir liste complète des sites dans les Annexes).

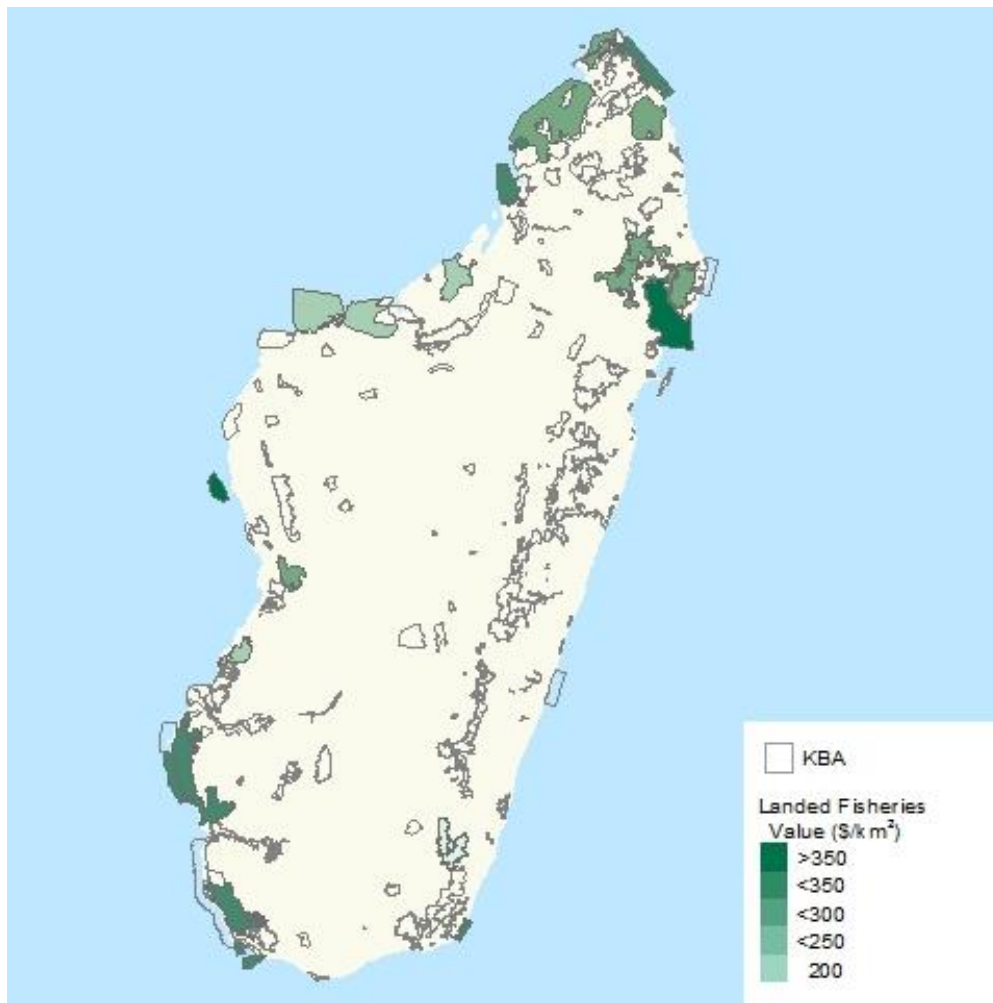


Figure 6. Valeur au débarquement de poissons dans les ZCBs, exprimées en USD/ km<sup>2</sup> an (Données : Swartz et al., 2012)

### 1.2. Pêches artisanales : nombre relatif de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire près des écosystèmes côtiers /marins

Beaucoup de ZCBs côtières/marines contiennent des écosystèmes (récifs coralliens et mangroves) qui servent de sources importantes de nourritures aux populations vivant dans l'insécurité alimentaire (Figure 7). Nous avons identifié un certain nombre de ZCBs (42 sur 221) contenant des écosystèmes et se trouvant à proximité (à moins de 10 kms) des populations vivant dans l'insécurité alimentaire. En exemple, citons l'île Sainte Marie (Ambohidena), le Complexe des Trois Baies, la Baie d'Antongil, les Zones Humides Côtières du sud-ouest et la future SAPM marine de Nosy Manitse et la Baie d'Ampasindava/Rigny (à l'Est). Ces sites pourraient être priorités et soigneusement gérés pour éviter une surexploitation. (Voir liste complète des sites dans les Annexes).



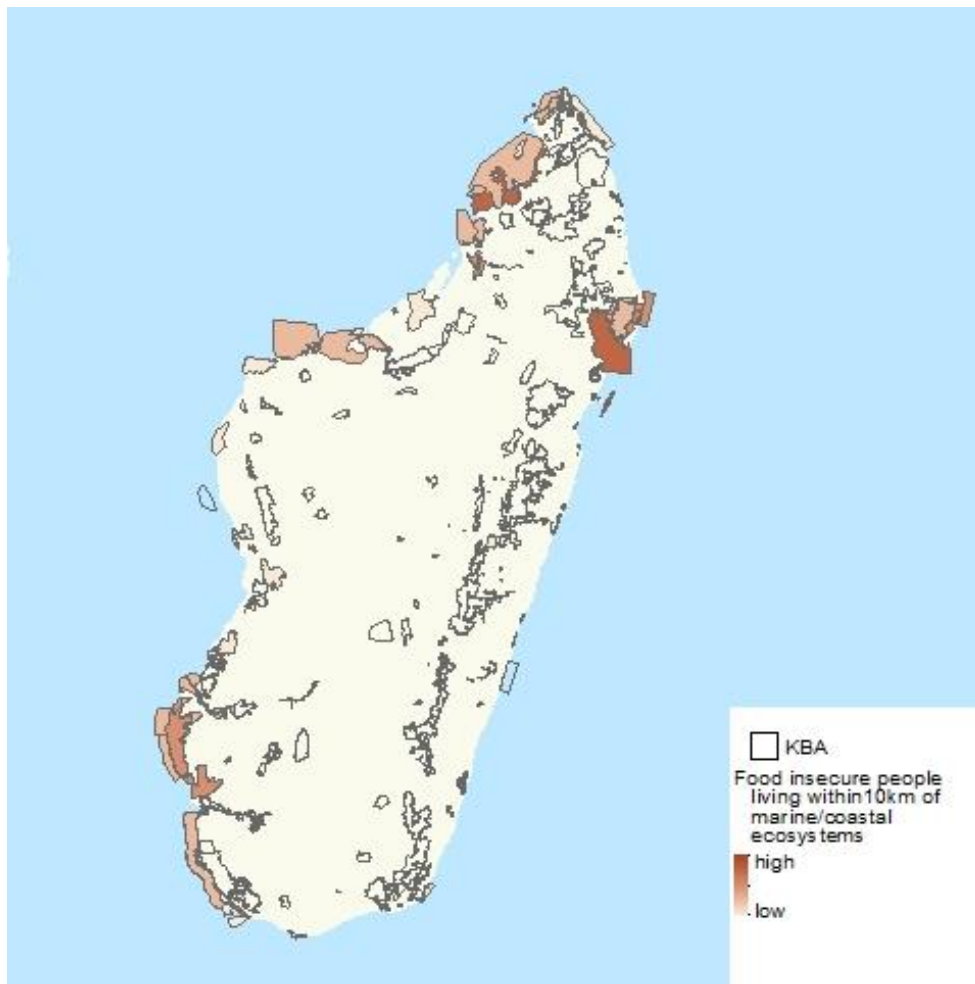


Figure 7. Nombre relatif de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire à moins de 10 kms des mangroves et des récifs coralliens (données sur les mangroves de Giri et al., 2011 et celles sur les récifs coralliens de « WRI Reefs at Risks Revisited» (Burke et al., 2011) ; données démographiques de LandScan ; celles sur l'insécurité alimentaire de Moser et al., 2008)

### 1.3. Chasse aux gibiers et produits forestiers non-ligneux (PFNL) : nombre relatif de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire mais ayant accès aux écosystèmes terrestres et d'eau douce

Toutes les ZCBs terrestres contiennent des écosystèmes (forêts, mangroves, zones humides et plans d'eau) qui peuvent servir de sources de nourriture et de produits forestiers non-ligneux (PFNL) pour les populations vivant dans l'insécurité alimentaire (Figure 8). La plupart des ZCBs (193 sur 221) contiennent des écosystèmes à proximité (dans un rayon de 10 kms) des personnes vivant dans l'insécurité alimentaire. Des exemples incluent : Nankinana (Ambodibonara-Masomeloka), le Massif de Manjakatempo-Ankaratra, le fleuve de Namorona-Faraony, la Réserve communautaire d'Anja et le fleuve d'Ankavia-Ankavana (Antalaha). Ces sites pourraient être priorités s'il y a un intérêt à investir dans des sites qui fournissent potentiellement de la nourriture et des PFNLs aux communautés locales.

Il faudrait gérer soigneusement gérés tels sites pour éviter une surexploitation. Des mangroves étaient inclus dans cette analyse et dans l'analyse ci-dessus, comme ils traversent la frontière terrestre/marine.

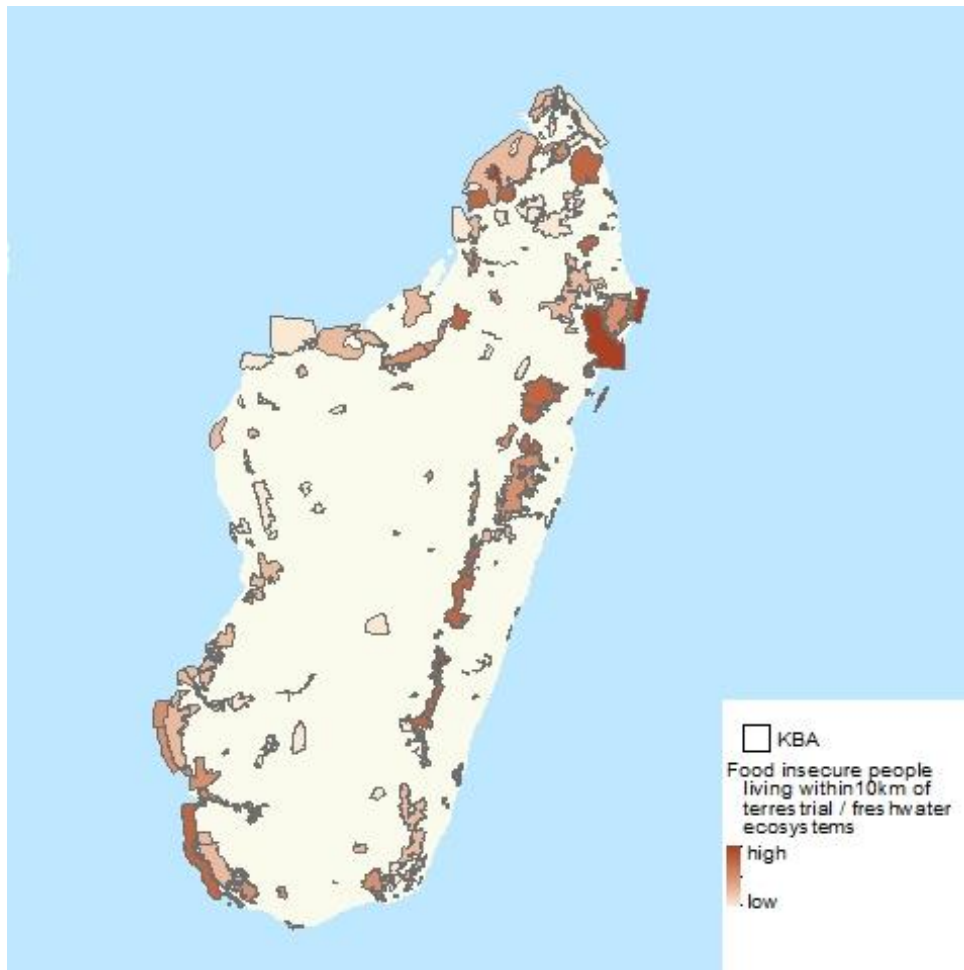


Figure 8. Nombre relatif de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire dans un rayon de 10 kms des écosystèmes terrestres et d'eau douce (données sur les écosystèmes provenant de Kew Royal Botanic Gardens, 2007 ; données démographique de LandScan ; données sur l'insécurité alimentaire de Moser et al., 2008)

## 2. Approvisionnement : Eau douce

### 2.1 Importance relative de l'approvisionnement en eau douce pour l'usage domestique

La plupart des ZCBs (203 sur 221) se trouvent en amont de la population et sont susceptibles de fournir de l'eau douce potable à boire et à d'autres usages domestiques (Figure 9 et Figure 10). L'« importance relative » de l'eau douce domestique était estimée en utilisant la disponibilité annuelle moyenne de l'eau dans une ZCB comme une proportion de la disponibilité globale de l'eau d'un bassin versant, pesée par une estimation de la demande en eau en aval (voir Méthodes). Les ZCBs des hautes terres, en amont des plus grands nombres de populations et des ZCBs dans le nord-est et le sud-ouest arides où l'eau est la plus rare, semblent être relativement plus importantes. Dans tout le reste du pays, l'importance des ZCBs dans l'approvisionnement en eau est variable.

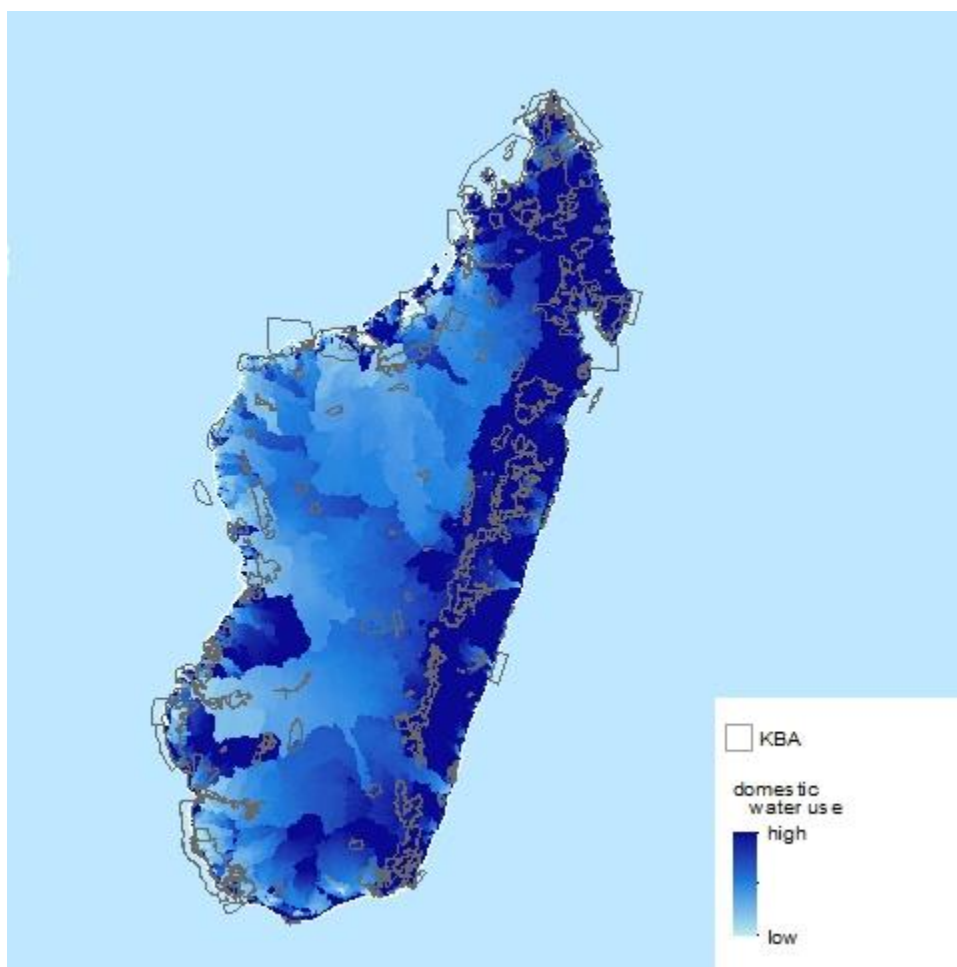


Figure 9. Importance relative de l'eau douce destinée à l'usage domestique. (Données : WaterWorld (Mulligan, 2013), LandScan)

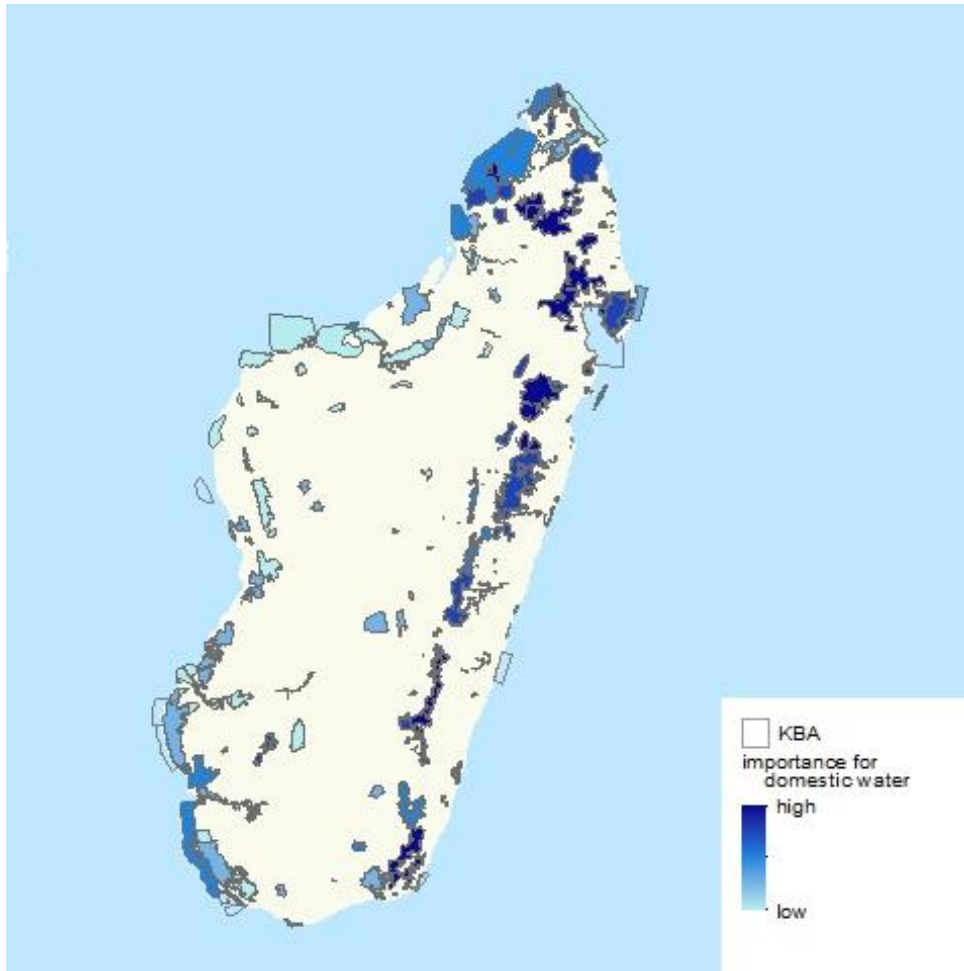


Figure 10. Importance relative des ZCBs pour l'eau douce destinée à l'usage domestique.

## 2.2 Importance relative l'approvisionnement en eau douce destinée à l'irrigation

De même, l'« importance relative » d'une ZCB pour l'approvisionnement en eau douce pour l'irrigation était estimée en utilisant la disponibilité moyenne annuelle d'eau dans une ZCB comme une proportion de la disponibilité globale de l'eau d'un bassin versant, pondérée par l'estimation de la demande d'irrigation (voir Méthodes). La plupart des ZCBs (184 sur 221) sont en amont d'aires agricoles irriguées. Celles ayant la plus élevée importance relative se trouvent encore dans les hauts-plateaux orientaux où l'on observe le plus grand nombre de population et la plus haute concentration de cultures irriguées de riz (Figure 11). Mais il y a aussi des zones relativement importantes dans l'est, le nord et la partie occidentale de Madagascar, des régions caractérisées par de plus grandes zones de cultures irriguées de riz et également des zones d'aridité élevée et de pluie insuffisante.

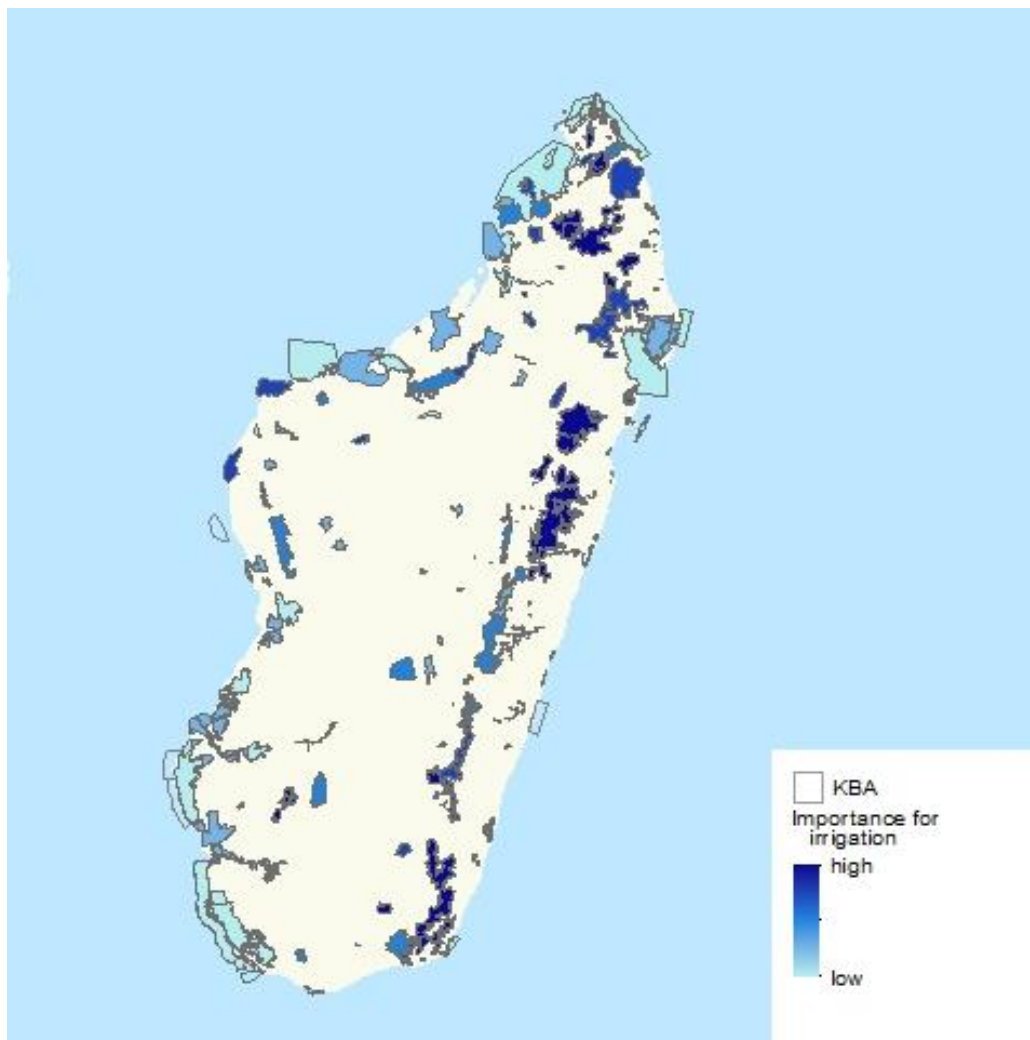


Figure 11. Importance relative des ZCBs pour l'approvisionnement en eau douce destinée à l'irrigation. (Données : Mulligan, 2013 (WaterWorld), BD 500)

### 2.3 Importance relative pour l’approvisionnement en eau douce destinée aux barrages hydroélectriques

L’importance relative des ZCBs en termes d’approvisionnement en eau douce destinée à l’énergie hydroélectrique était estimée en utilisant la contribution de la ZCB au bilan hydraulique global dans chaque bassin versant, pondérée par la demande en hydroélectricité en aval (voir Méthodes). Notre analyse indique que 38 ZCBs se trouvent en amont des barrages hydroélectriques. Plusieurs ZCBs dans l’est, le nord et le nord-ouest semblent être relativement plus importantes pour l’hydroélectricité (Figure 12). Citons en exemples : la Station Forestière d’Angavokely, le lac Tsarasaotra, Ankafobe, le Massif de Manjakatombo-Ankaratra et Efatsy (Farafangana).

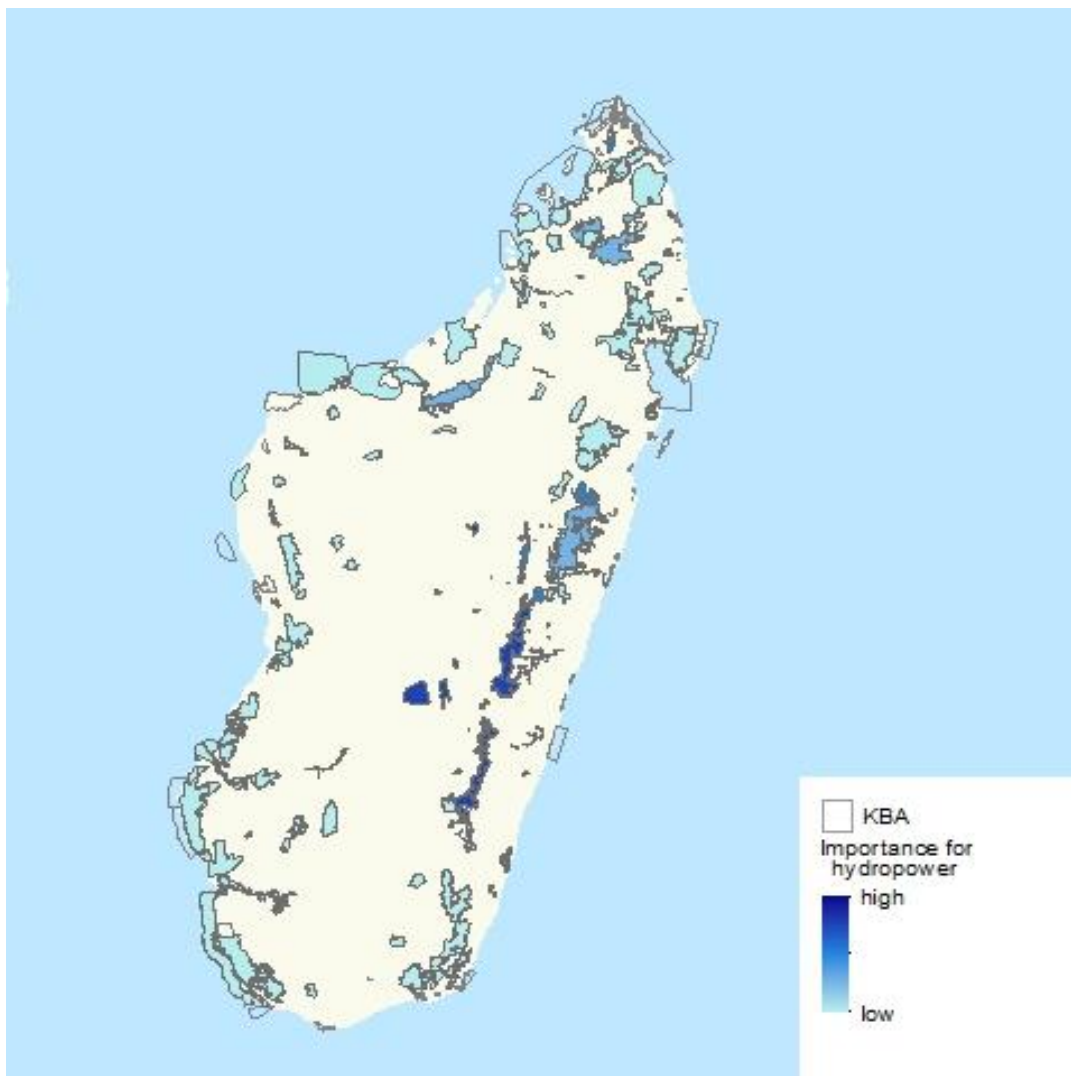


Figure 12. Importance relative des ZCBs pour l’approvisionnement en eau douce destinée aux barrages hydroélectriques (Données : Mulligan, 2013 (WaterWorld), JIRAMA)

### 3. Régulation : Atténuation des changements climatiques

#### 3.1 Stockage à long terme de carbones : stocks moyens de biomasses de carbones par hectare

Pratiquement, toutes les forêts restantes de Madagascar sont situées dans des ZCBs ; ainsi, ces zones ont-elles une valeur relativement importante en termes de stocks de biomasses forestières de carbones comparées au reste du territoire (Figure 13). Toutes les ZCBs terrestres et couvertes de forêts (180 sur un total de 221 ZCBs) ont des quantités variables de stocks de biomasses de carbones.

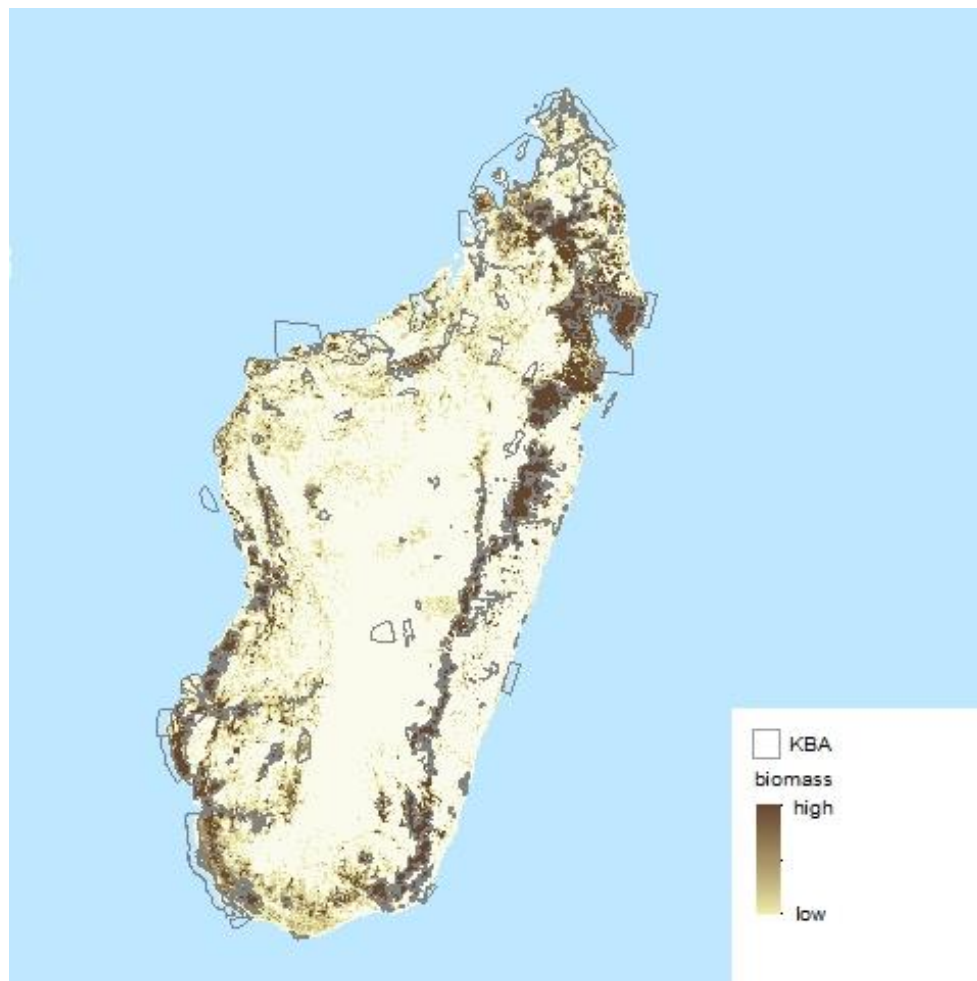


Figure 13. Biomasses totales de carbones à Madagascar, couvertes dans les Zones Clés pour la Biodiversité (ZCBs). La plupart des forêts restantes se trouve dans une ZCB, ainsi, la plupart des biomasses de stocks de carbones restants sont au sein des ZCBs. (Source de données : Saatchi et al.)



Quelques ZCBs contiennent des forêts avec une densité comparativement élevée de biomasses de carbones mesurées en tC/ha. Les plus grandes valeurs se trouvent dans des ZCBs contenant une forêt humide, en particulier dans les hauts-plateaux orientales (Figure 14). Citons en exemples : le Parc National de Mananara-Nord, Vohibe Ambalabe (Vatomandry), la Réserve Spéciale d'Ambatovaky, le Corridor d'Analamay-Mantadia et le Parc National de Masoala.



Figure 14. Biomasses de carbones moyennes par hectare (tC/ha) dans des ZCBs. (Source de données : Saatchi et al.)



### 3.2 Emissions potentielles évitées de carbones de la déforestation

Beaucoup de ZCBs (92 sur 221) contiennent une forêt et ont connu une déforestation historique. Si on les conserve, ces sites peuvent avoir le potentiel maximal estimé le plus élevé pour éviter de futures émissions de carbones de la déforestation (Figure 15). Ce « potentiel maximal estimé » est fondé sur l'hypothèse d'une déforestation complètement stoppée. Des études de faisabilité doivent être faites s'il y a un intérêt à estimer le potentiel réel des sites pour la Réduction des Emissions Dues à la Déforestation et à la Dégradation des Forêts (REDD+). Des exemples de ZCBs avec des niveaux estimés relativement plus élevés d'émissions potentielles évitées sont : PK32-Ranobe, la Forêt Classée de Bidia-Bezavona, le futur SAPM d'Ankeniheny-Lakato, le SAPM Zahamena-Ankeniheny et le futur SAPM du Plateau nord Mahafaly.

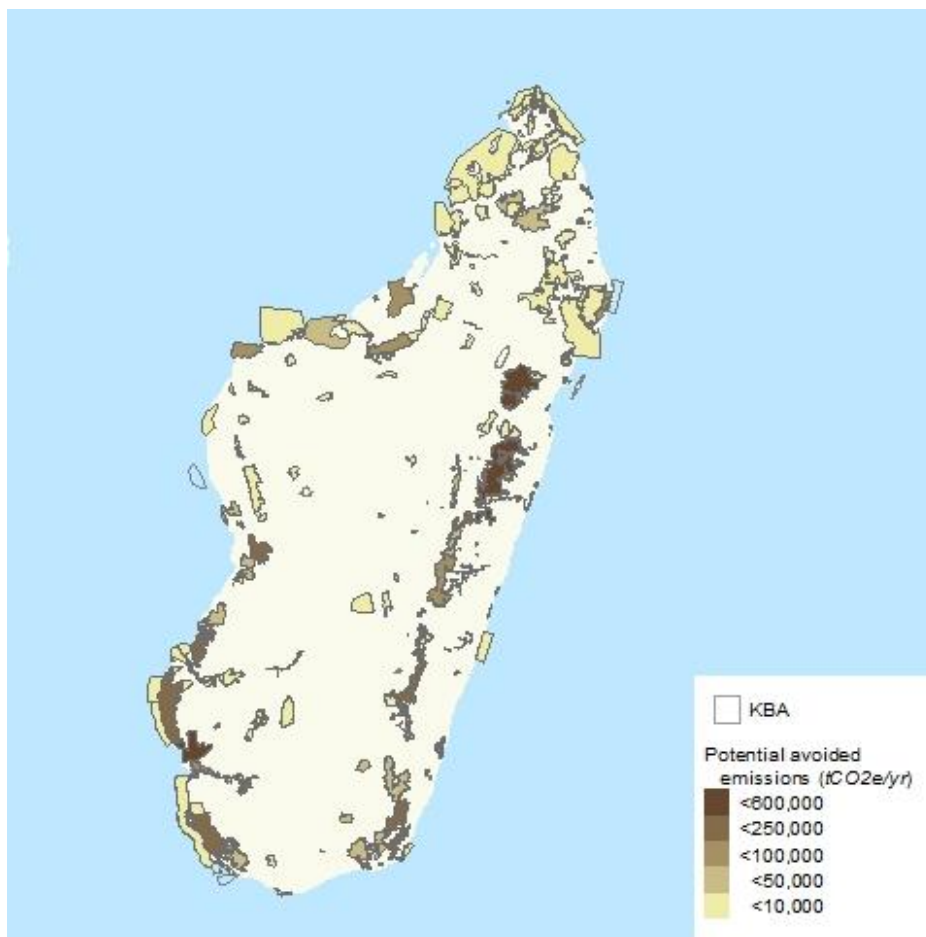


Figure 15. Emissions potentielles évitées au sein des ZCBs, estimées sur la base des taux de déforestation historique dans des ZCBs (données sur la déforestation historique de Conservation International et celles sur la biomasse de Saatchi et al.)

## 4. Régulation : Réduction de risque de catastrophe et adaptation aux changements climatiques

### 4.1. Nombre de personnes vulnérables aux accroissements des marées de tempêtes dus aux changements climatiques et habitant près des mangroves

Vingt-huit ZCBs ont des mangroves à moins de deux kms d'habitants vulnérables aux marées de tempêtes, sur la base d'événements cycloniques historiques (Figure 16). Cette analyse utilise l'occurrence historique des cyclones comme substitut pour estimer le risque futur et suppose que la proximité des mangroves assure une certaine protection. Des exemples de ZCBs ayant des mangroves à moins de deux kms des habitants considérées comme vulnérables aux marées de tempêtes sont Amoron'i Onilahy et le fleuve Onilahy, le complexe des Trois Baies, PK32-Ranobe, la forêt des Mikea et la Baie de Diégo. A Madagascar, les cyclones frappent principalement et habituellement par l'est et le nord ; pourtant, l'habitat de mangrove restant est principalement situé à l'ouest. Il faut faire plus de recherches pour comprendre la protection réelle fournie par les mangroves et le potentiel de restaurer des mangroves dans la partie orientale du pays.

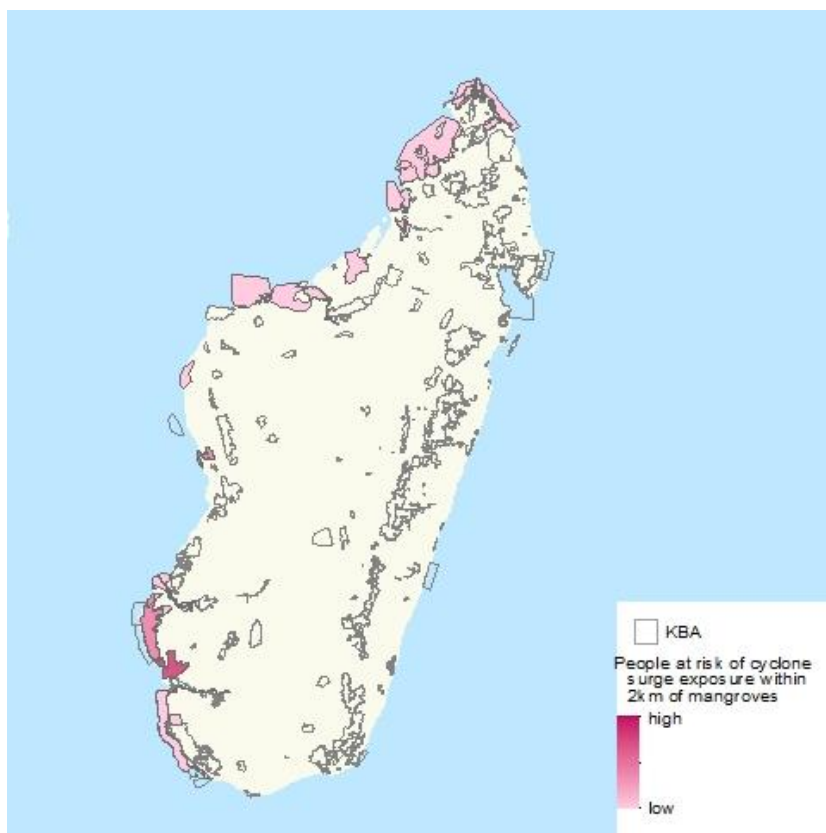


Figure 16. Nombre relatif de personnes vulnérables aux accroissements des marées de tempêtes dus aux changements climatiques et habitant près des mangroves et habitant à moins de 2 kms des mangroves (sources de données : Données sur l'exposition humaine aux marées de tempêtes de GRID PNUE, données sur les mangroves de Giri et al. 2011).

#### 4.2 Réduction potentielle des risques d'inondation

L'importance relative des ZCBs pour la réduction des risques d'inondation était estimée sur la base de l'identification des secteurs forestiers dans une ZCB contribuant beaucoup au bilan hydrologique global dans chaque bassin versant, pondérée par le nombre d'habitants vulnérables à l'inondation en aval (Figure 17). Notre analyse indique que 123 sur 221 ZCBs profitent potentiellement de la réduction d'inondation. Les ZCBs des hauts-plateaux de l'est et du nord-est se sont avérées comme relativement plus importantes en termes de réduction de risque d'inondation. Des exemples incluent : la Station Forestière d'Angavokely, la Réserve Spéciale d'Anjanaharibe, Ambohipiraka, Analalava-Analabe-Betanantanana (Ambatosoratra) et le Parc National et la Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena. Cette analyse suppose que les secteurs couverts de forêts assurent une certaine protection contre les inondations. Il est évident que les forêts assurent une certaine protection contre les inondations de petite et moyenne intensité ; cependant, il faut plus de recherches pour mieux comprendre le rôle des forêts dans la réduction des inondations à Madagascar.

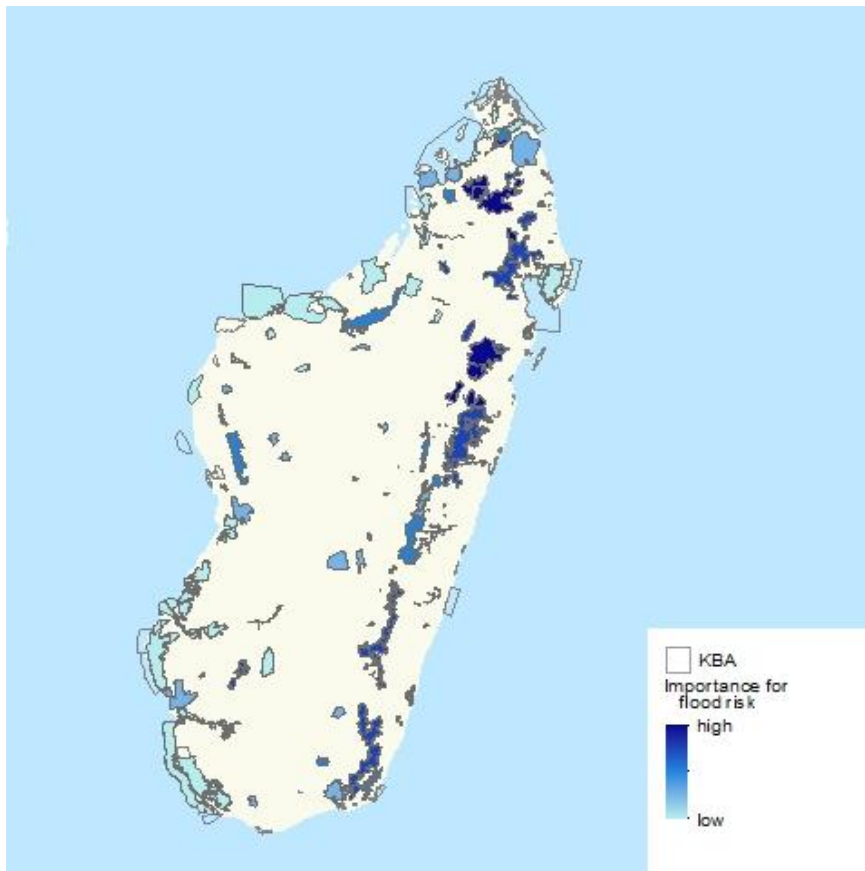


Figure 17. Importance relative des ZCBs en termes de protection contre les risques d'inondations, sur la base de l'importance relative d'une zone pour réguler les eaux pondérée par le nombre de personnes vulnérables aux inondations en aval (Données : exposition physique humaine aux inondations provenant de la Plateforme de données sur les Risques Mondiaux du PNUE PREVIEW, données sur le bilan hydrologique de Mulligan, Mulligan 2013 (WaterWorld)).

## 5. Valeurs culturelles et écotourisme

### 5.1 Ecotourisme : Nombre de visiteurs des parcs nationaux en 2012 (données limitées)

Des données sur l'écotourisme étaient seulement disponibles pour 32 ZCBs protégées et gérées par Madagascar National Parks. Les ZCBs ayant enregistré le plus grand nombre de visiteurs en 2012 incluent le Parc National d'Isalo, le Parc National de Mantadia et la Réserve Spéciale d'Analamazaotra, le Parc National de Ranomafana, Nosy Be et les Iles Satellites (Nosy Tanihely) et la Réserve Spéciale d'Ankarana (Figure 18). Il est à noter que ces données sont limitées à une seule année. Cependant, la plupart de l'écotourisme à Madagascar est axée sur le système de parc national, ainsi, quoique cette série de données soit incomplète, elle est probablement précise pour conclure que ces parcs nationaux ont des valeurs relativement élevées pour l'écotourisme, comparés à d'autres sites.

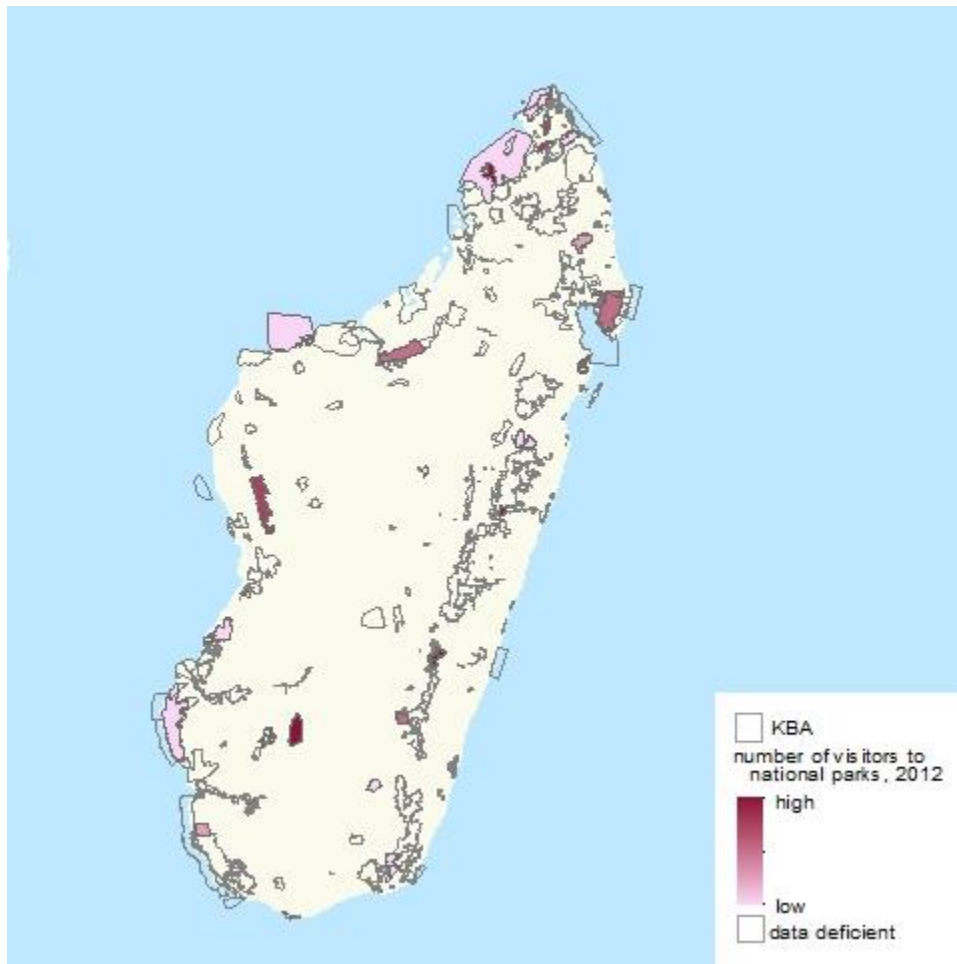


Figure 18. Nombre de visiteurs dans les ZCBs protégées et gérées par Madagascar National Parks en 2012 (Données : Madagascar National Parks). Il faut noter que l'insuffisance de données pour un site ne signifie pas qu'il n'y avait pas de visiteurs en 2012.

## 5.2 Valeurs culturelles /spirituelles (données limitées)

Pour ce service écosystémique, les données étaient seulement disponibles pour 14 sur 221 ZCBs. Ces 14 sites ont été inclus dans un inventaire des zones de patrimoines communautaires de Madagascar (Conservation International, 2011). Les sites comprennent : la Baie d'Ambodivahibe, Andrafiarana, la Forêt Classée de Bongolava (Marosely), le Corridor Fandriana Marolambo, le futur SAPM d'Ibity, le futur SAPM d'Itremo Vakinankaratra, le Massif de Manjakatempo-Ankaratra, la Montagne des Français, la Zone Humide de Nosivolo, la Forêt Classée de Vondrozo et ses alentours, le Parc National et la Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena et le SAPM Zahamena-Ankeniheny. Cependant, beaucoup de sites à travers Madagascar ont d'importantes valeurs culturelles mais n'ont pas été inclus dans cet inventaire. Ainsi, une carte des sites connus ayant une importance culturelle/spirituelle n'était pas incluse parce qu'une telle carte serait incomplète. Il est indispensable d'investir plus dans la recherche pour mieux comprendre la valeur des ZCBs rendant des services culturels et spirituels.

## 6. Services multiples d'écosystèmes terrestres/d'eau douce

Des services multiples d'écosystèmes terrestres/d'eau douce étaient combinés dans une analyse multicritère basée sur plusieurs des résultats ci-dessus : 1) stocks de biomasses de carbones, 2) nombre de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire ayant accès aux écosystèmes terrestres/d'eau douce, 3) importance relative de l'approvisionnement en eau douce pour i) l'usage domestique, ii) l'irrigation, iii) l'énergie hydroélectrique, 4) l'importance relative du risque d'inondation et 5) l'écotourisme (Figure 19). Les zones ayant les plus grandes valeurs se trouvent dans les hauts-plateaux du nord-est et de l'est, avec des zones supplémentaires de grandes valeurs dans la partie sud-est de l'île. Citons en exemples : le Parc National et la Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena, le Parc National de Mananara-Nord, le Parc National d'Andohahela – Parcelle 1, le Parc National de Mantadia et la Réserve Spéciale d'Analamazaotra, ainsi que le Parc National de Marojejy. Il est à noter que cette analyse inclut seulement les services terrestres et d'eau douce, elle n'inclut ni la protection côtière, ni la pêche commerciale ni la pêche artisanale. Cette carte devrait être présentée en combinaison avec les cartes des services côtiers/marins ci-dessus pour une présentation plus complète. Il faut noter que les zones importantes pour la fourniture de services multiples ne sont pas nécessairement « plus importantes » que les zones importantes pour un seul service. Ainsi, cette analyse peut aider à combiner les analyses ci-dessus, mais elle ne devrait pas être présentée de manière isolée.

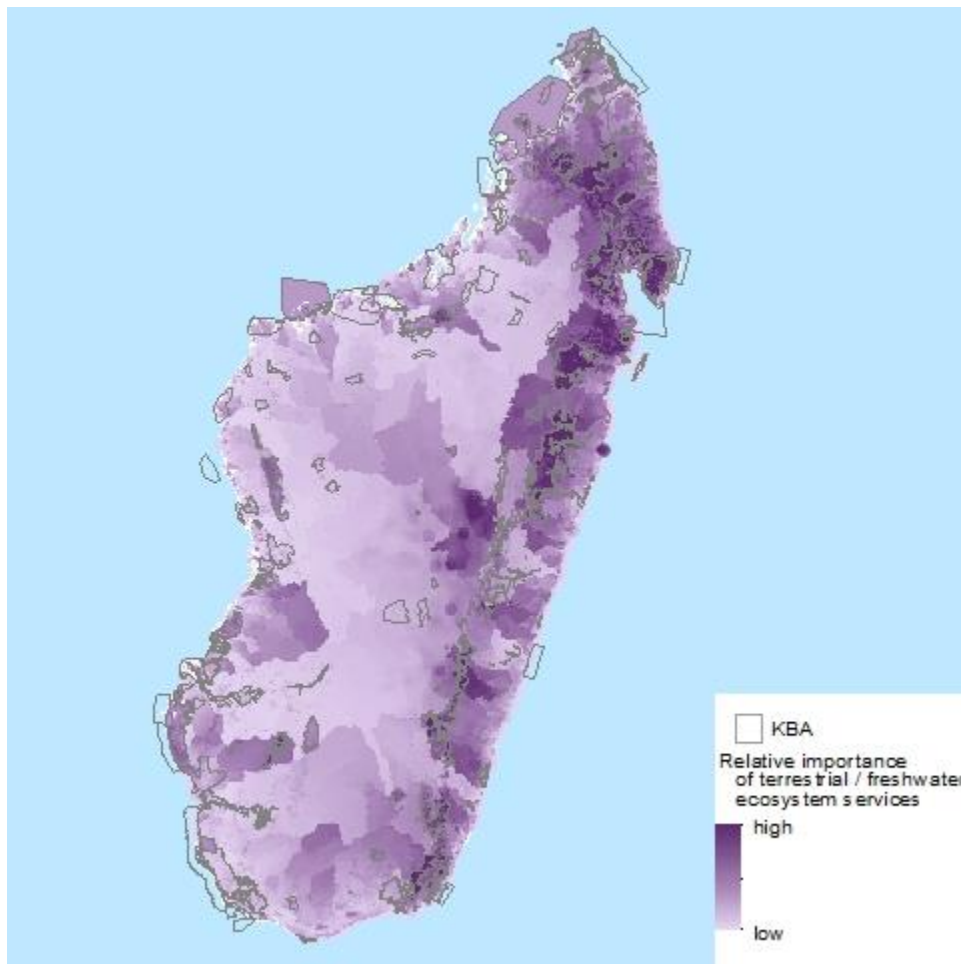


Figure 19. Des résultats d'une analyse multicritère des services écosystémiques terrestres et d'eau douce (carbone, nourriture, eau douce et écotourisme).

La deuxième analyse multicritère excluait le carbone pour se focaliser sur les services écosystémiques "locaux". Des résultats indiquent, une fois encore, que les zones est et nord-est de Madagascar sont importantes pour les services multiples terrestres et d'eau douce, mais mettent également en exergue quelques régions dans le nord-ouest et le sud-ouest (Figure 20). Des exemples de sites importants pour les services écosystémiques multiples terrestres et d'eau douce « locaux » sont : le Parc National et la Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena, le lac Tsarasaotra, le Parc National de Marojejy, la Station Forestière d'Angavokely, et le fleuve d'Ankavia-Ankavana (Antalaha). Encore une fois, cette analyse excluait des services côtiers/marins, et cette carte devrait être présentée en combinaison avec les cartes ci-dessus pour une représentation plus complète des services écosystémiques à Madagascar.

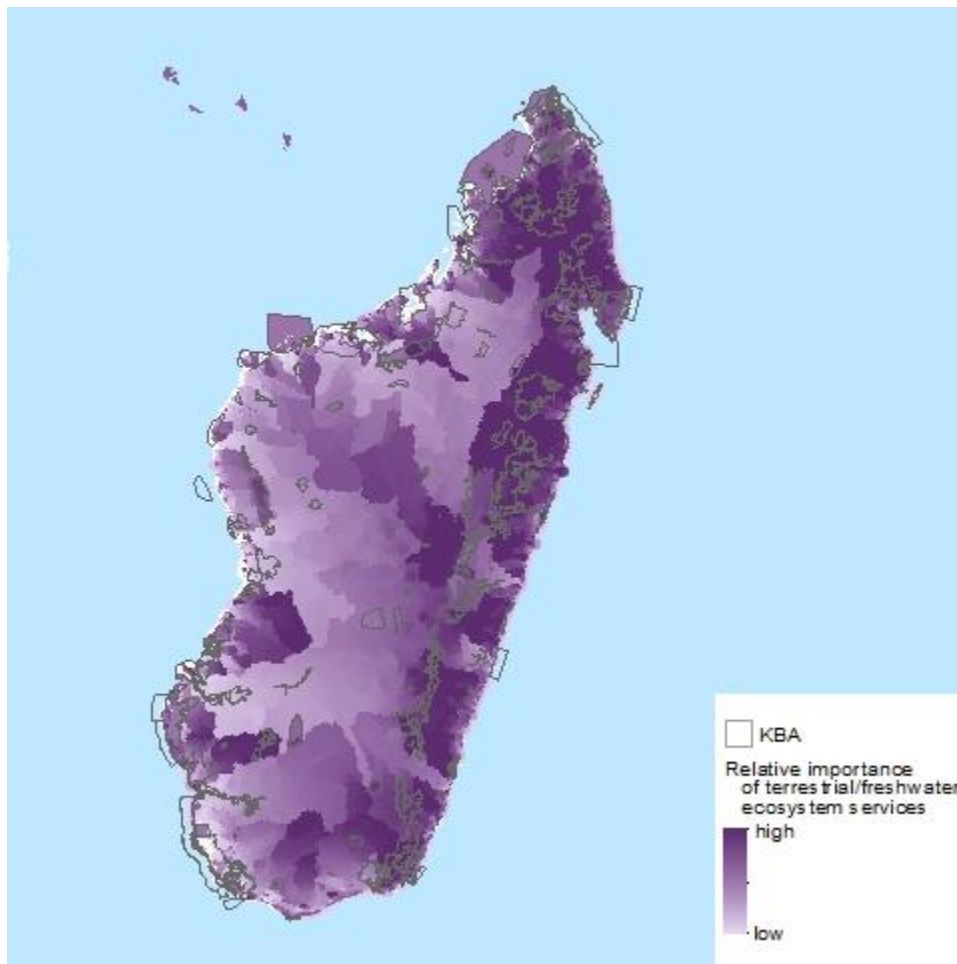


Figure 20. Analyse multicritère des services écosystémiques "locaux" : approvisionnement en eau douce et en nourriture et écotourisme

## Etape 6) Faire des recommandations et les intégrer dans le profil CEPF

### Discussion

Notre analyse montre que des ZCBs à Madagascar rendent d'importants services écosystémiques en soutenant les moyens de subsistances locales et l'économie du pays. La revue documentaire et la consultation d'expert ont montré que pratiquement tous les écosystèmes naturels restants sont importants pour les communautés locales avoisinantes à Madagascar. La valeur de la nature pour ces communautés va des services d'approvisionnement et de régulation (nourriture et eau) aux avantages culturels et spirituels. Par exemple, les inventaires des zones importantes de végétation à Madagascar prouvent que de tels sites fournissent du bois d'œuvre, du bois de pirogues et poteaux, du combustible, de la nourriture, des matériaux pour les travaux manuels, de la soie sauvage,

75



des médicaments traditionnels, de l'eau pour l'irrigation des cultures, du refuge pour le bétail, des aires de reproduction des poissons et des crevettes, de la cohésion et l'identité sociales et des valeurs religieuses (Missouri Botanical Garden, 2013).

Des ZCBs différentes peuvent, toutefois, être plus importantes pour rendre différents services écosystémiques. En termes de services d'approvisionnement, basés sur les données de prises, les ZCBs côtières et marines fournissent des poissons pour les pêches commerciales et artisanales. Certaines d'entre elles contiennent des écosystèmes de mangroves et de récifs coralliens qui soutiennent ces pêches et assurent également la protection des populations vivant dans les zones côtières contre les tempêtes en régulant les marées de tempêtes et la force du vent. Les aires protégées, comme les Parcs Nationaux, donnent des valeurs importantes de loisirs et d'écotourisme. Les écosystèmes qui sont actuellement non protégés, d'autre part, rendent probablement d'importants services à la population vivant dans l'insécurité alimentaire, comme la chasse, la pêche et la collecte de bois combustibles. Cependant, les sites non protégés peuvent être sujets aux niveaux d'exploitation non viable. Ceci rend l'argument de gestion durable encore plus fort parce qu'ils peuvent être actuellement exploités pour la nourriture et le combustible, mais ils peuvent également être très menacés.

Les forêts denses humides des haut-plateaux de l'est sont importantes pour l'atténuation des changements climatiques, le contrôle de l'inondation et l'approvisionnement en eau douce pour l'usage domestique, l'irrigation, la production d'hydroélectricité. Cependant, il est important de reconnaître que les services obtenus à partir des écosystèmes dans les ZCBs dans le nord et le sud-ouest plus arides du pays peuvent être vitaux pour l'approvisionnement en eau douce pour l'utilisation domestique et l'irrigation dans ces régions où l'eau est très rare. Comprendre clairement que ces services sont importants pour le bien-être de la population locale dans ces zones dépassait la portée de cette étude. D'autres études témoignent que les écosystèmes de forêts sèches et épineuses sont extrêmement menacés à Madagascar et étaient sous-représentés dans les investissements de conservation du passé. Par conséquent, bien qu'ils ne semblent pas avoir les valeurs relatives les plus élevées en termes de fourniture de services, ces écosystèmes peuvent être importants pour la conservation. En outre, des zones côtières dans l'est qui ont perdu leurs mangroves pourraient être prioritaires pour la restauration en raison du degré de protection potentielle qu'elles offrent contre les marées de tempêtes cycloniques.

## **Limitations, lacunes dans les données et leçons pour de futures analyses de ZCB+**

C'était un essai pilote du cadre de ZCB+. A ce titre, il s'est fondé sur des séries de données existantes, des analyses documentaires rapides, de la consultation relativement limitée avec des experts et des organisations partenaires dans le pays. Il incluait des composantes principales du cadre de ZCB+



mais n'était pas une application complète du cadre. Cet essai pilote comptait un atelier d'une demi-journée pour voir la portée avec quelques ONGs partenaires sélectionnés et identifier la suite des services écosystémiques qui sont appropriés dans une zone géographique donnée et des séries de données (écologique et socio-économique) pour soutenir ces analyses. Les analyses documentaires terminées, nous avons tenu un deuxième atelier d'une demi-journée avec ces mêmes partenaires pour passer en revue les résultats et recueillir des feedback/ rétroactions pour finaliser les analyses.

Un atelier plus complet pour voir la portée avec un groupe plus large de parties prenantes, avec la participation des représentants des organismes gouvernementaux, des organismes de développement et des experts académiques sur les services écosystémiques serait préférable pour l'application du cadre complet de la ZCB+. Quand l'analyse documentaire était terminée, il devrait y avoir un deuxième atelier avec ce groupe plus large pour présenter les résultats et les valider.

Cet exercice s'est fondé sur des séries de données existantes et des analyses documentaires rapides. Beaucoup de lacunes dans les données ont été identifiées (voir détails dans la section suivante). Nos analyses étaient également fondées sur beaucoup d'hypothèses, par exemple, que la proximité de personnes vivant dans l'insécurité alimentaire aux écosystèmes naturels était un indicateur de l'importance de ces écosystèmes pour leur donner de la nourriture. Avec plus de ressources et de temps, une application plus complète du cadre de la ZCB+ pourrait inclure des analyses complémentaires, des modélisations ou une nouvelle collecte de données pour vérifier nos hypothèses et combler les lacunes. A Madagascar, les lacunes dans les données pourraient être remplies par de nouvelles recherches ou analyses pendant la mise en œuvre du profil CEPF ou pourraient être identifiées comme des objets de futures recherches. Des outils de modélisations plus sophistiqués pourraient être appliqués, par exemple, des modèles de protection côtière fournis par les mangroves qui prennent en compte une cartographie côtière plus détaillée, la direction du vent et la hauteur des vagues.

Le niveau de menace pour les écosystèmes sous-jacents (par exemple provenant de la déforestation ou des changements climatiques) n'a pas été abordé d'une manière cohérente dans toutes les analyses. L'identification des ZCBs inclut la considération du niveau de menace pour les espèces (les espèces de la liste rouge d'IUCN). Ainsi, toutes les ZCBs abritent des espèces menacées. Des menaces provenant de la déforestation étaient incluses dans une analyse (émissions potentielles évitées). Des menaces, provenant des marées de tempêtes et d'inondations, sur la base d'événements historiques, étaient incluses dans ces deux analyses. A l'avenir, une évaluation plus systématique des menaces dans tous les services écosystémiques serait utile pour identifier les sites les plus menacés et les sites les moins menacés.

Le niveau d'utilisation viable des services écosystémiques n'était pas inclus dans cette analyse. Par exemple, des écosystèmes fournissant potentiellement des sources importantes de nourritures

ou de bois de chauffe sont probablement surexploités à Madagascar, en particulier, dans les zones les plus peuplées et touchées par l'insécurité alimentaire. Comprendre les niveaux d'utilisation viable des sites et identifier ceux qui sont déjà surexploités constitueraient une prochaine étape utile.

Nos analyses se focalisent sur les valeurs relatives des services écosystémiques qui sont insuffisants pour l'évaluation monétaire. Des données sur la demande ou l'utilisation réelle des services écosystémiques seraient nécessaires pour en estimer les valeurs. Ces données sont disponibles pour les sites sélectionnés à Madagascar (par exemple, Portela et al., 2012) et pour des services écosystémiques choisis (par exemple, Rakotoarison, 2003), mais elles ne sont pas disponibles pour tous les services écosystémiques à l'échelle nationale.

### Lacunes identifiées dans les données

Les principales lacunes dans les données requises pour cette analyse comprennent :

- **Des données spatiales à l'échelle nationale sur la pauvreté, l'accès à l'eau salubre et l'insécurité alimentaire.** Ces informations n'étaient pas disponibles tout de suite chez les organismes gouvernementaux nationaux. Il semble que la plupart des informations récentes sur l'insécurité alimentaire disponibles viennent du Programme Alimentaire Mondiale / de l'Analyse Intégrale de Sécurité Alimentaire et de la Vulnérabilité de l'UNICEF (2011). Toutefois, les données sont à une échelle brute (elles sont organisées en 8 « zones » de moyens de subsistance pour le pays entier). Par conséquent, nous avons utilisé une série de données légèrement plus anciennes (2007) de Moser *et al.*, 2008, qui est à une échelle plus précise ( au niveau des communes).
- **Des données à l'échelle nationale sur l'emplacement des personnes vulnérables aux impacts des changements climatiques** (cyclones, inondations, sécheresses ou autres impacts tels que l'élévation du niveau de la mer). Des informations précises n'étaient pas disponibles tout de suite chez les organismes gouvernementaux nationaux. Il apparaît que des données à l'échelle nationale sur l'emplacement, la fréquence et les effets (en termes de mortalité ou de coûts économiques) des cyclones, des sécheresses et des inondations ont été recueillies à l'échelle des districts. Par conséquent, pour cette analyse, nous avons utilisé des données globales à échelle plus précise (1 km<sup>2</sup>) provenant de la Plateforme de Données sur les Risques Mondiaux du PNUE PREVIEW (PNUE, 2013).
- **Des données sur les valeurs de stocks de biomasses de carbones de différents types d'écosystèmes** (forestiers et non forestiers) à partir de l'échantillonnage sur terrain à Madagascar (pour calibrer les modèles globaux ou valider les valeurs estimées)
- **Des données sur les taux de séquestration de carbones** de différents types d'écosystèmes à Madagascar

- **Des données réactualisées et à échelle précise sur l'emplacement de rizières et d'autres cultures agricoles principales.** A notre connaissance, les meilleures données disponibles proviennent des efforts nationales pour cartographier la végétation, tels que BD500 et Kew Botanical Garden, menés respectivement au milieu des années 90 et au milieu des années 2000. Ces cartes sont dépassées et sous-représentent le nombre total de rizières actuellement du pays.
- **Des informations sur des exigences environnementales du riz et autres cultures agricoles principales** soutenues par les écosystèmes (comme le climat, l'eau douce, la pollinisation, les ravageurs ou les microbes pathogènes et la qualité du sol) et qui, à notre connaissance, ne sont pas disponibles. Au lieu de cela, les chiffres génériques de la FAO ont été utilisés, par exemple, pour estimer la demande en eau douce pour la riziculture irriguée (d'après Portela et al., 2012).
- **Des données hydrologiques, comme les données sur le débit des fleuves et des rivières et les mesures de la qualité de l'eau,** venant d'autant de points que possibles à travers le pays. Ces informations ne sont pas disponibles tout de suite chez les organismes gouvernementaux nationaux et n'existent probablement pas. Quelques données sont fournies par JIRAMA mais sont à l'échelle brute (districts ou régions). Les données sur les eaux souterraines, y compris les nappes d'eau, les emplacements de puits et la quantité d'eau retirée des barrages pour divers usages, seraient également utiles.
- **Des données météorologiques historiques** comme les modèles de températures et de précipitations, provenant d'autant de points que possibles à travers le pays. Actuellement, il y a seulement quelques stations météorologiques situées aux aéroports et nous ne pouvons pas obtenir les archives historiques.
- **Des informations sur la demande réelle en eau douce destinée à l'usage domestique, de la riziculture irriguée, de l'énergie hydroélectrique ou d'autres besoins.** Elles incluent les exigences en quantité d'eau (comprenant, si possible, le site de captation et le volume) et les exigences en qualité d'eau (par exemple, les niveaux de sédiments qui sont préjudiciables aux cultures irriguées ou aux installations hydroélectriques, les sites affectés par la sédimentation ou autres problèmes liés à la qualité de l'eau). Ces informations n'étaient pas disponibles tout de suite chez les organismes gouvernementaux nationaux. Pour cette analyse, nous avons utilisé une seule estimation de demande en eau pour la consommation domestique (42,3 litres par personne par jour), basée sur une seule étude venant d'une ville de Madagascar (Razafindralambo et al., 2004) et une seule estimation de demande en eau pour la riziculture irriguée (2 000 mm par an) (Portela et al., 2012).
- **Des informations à l'échelle nationale concernant les endroits importants pour récolter de la nourriture sauvage et des matériaux,** incluant la pêche côtière artisanale, la pêche en eau douce, les zones importantes pour la chasse au gibier et la collecte de PFNLs. Actuellement, ces données sont disponibles à l'échelle du site seulement.

- **Des informations sur les avantages réels tirés des écosystèmes dans l'atténuation des impacts liés aux changements climatiques**, par exemple, les marées de tempêtes et les inondations, et quels sont les variables qui influencent la fourniture de ces avantages (par exemple, proximité spatiale, caractéristiques des écosystèmes, caractéristiques de l'événement climatique, caractéristiques socio-économiques des bénéficiaires, dispositifs des infrastructures comme les barrages et les jetées, etc...) Actuellement, de telles informations ne sont disponibles que pour quelques types d'événements seulement (par exemple, les vents cycloniques et les inondations) et seulement pour quelques sites dans le pays.
- **Des informations pluriannuelles à l'échelle nationale sur les lieux importants pour l'écotourisme** comprenant des parcs nationaux, d'autres aires protégées, des réserves animales, des plages, des chutes d'eau, des aires d'observation d'oiseaux ou d'autres endroits. Il inclurait à la fois des données spatiales sur l'emplacement de ces lieux et également sur les données sur le nombre de visiteurs ou des revenus économiques y associés. Pour cette analyse, nos données sont seulement reçues de la part de Madagascar National Parks et pour une seule année (2012).
- **Des informations à l'échelle nationale sur les valeurs culturelles/spirituelles des écosystèmes à Madagascar**. Actuellement, les seules informations disponibles sont pour les sites sélectionnés.

## Leçons tirées de cette démonstration pilote

La démonstration pilote du cadre de ZCB+ à Madagascar a donné de nombreuses leçons précieuses. En particulier :

- La présentation des résultats sous forme de cartes était un apport utile au processus de priorisation du CEPF. Les résultats sous forme de tableaux étaient également utiles, cependant, en raison du nombre important de ZCBs à Madagascar et du grand nombre de services écosystémiques inclus dans les analyses, les résultats sous forme de tableaux étaient trop longs pour être inclus dans un rapport (sauf comme un fichier séparé en format Excel dans l'Annexe) ou à présenter aux parties prenantes.
- Il était difficile de comprendre le taux viable d'extraction des services écosystémiques. Dans ce même ordre d'idée, il y avait peu de séries de données chronologiques, par conséquent, il était difficile de comprendre les tendances des services écosystémiques et l'efficacité des stratégies courantes de gestion. Enfin, il y avait peu d'informations spécifiques concernant les dépendances aux services écosystémiques. Plus d'informations sur ces facteurs auraient aidé à comprendre la priorisation des services écosystémiques et leurs valeurs.
- Il faudrait interpréter les cartes avec soin, étant donné les limitations des données. En particulier, les cartes qui récapitulent plusieurs services écosystémiques (c.à.d. analyses multicritères) devraient être présentées en combinaison avec d'autres cartes parce que, seules, elles omettent l'information principale. Aucune carte ne raconte la totalité de l'histoire.

- La consultation d'expert était absolument essentielle au succès de cette analyse. Il est impossible d'inclure chaque unique service écosystémique que l'apport d'un expert est capital dès le début pour identifier un ensemble de services écosystémiques les plus pertinents à inclure, pour identifier des sources de données ainsi que pour passer en revue et affiner les résultats préliminaires.
- En dépit d'être une analyse relativement rapide, cette analyse avait besoin de temps et de ressources. Au total, ce projet (développer le cadre de ZCB+ et le soumettre à un test pilote à Madagascar) avait requis environ 155 jours-personnes. Le budget (~110 jours-personnes, voyage pour trois membres du personnel des Etats-Unis vers Madagascar pour les ateliers locaux et les coûts indirects) est d'environ 100.000 dollars américains. Ce chiffre n'inclut pas le temps de travail du personnel de CI Madagascar, des partenaires ou des experts, ni les dépenses d'atelier, comme CEPF a pris tout cela en charge séparément. Cependant, quelques temps du personnel de MCSO étaient cofinancés par une subvention de contrepartie de Gordon and Betty Moore Foundation. A l'avenir, l'application du cadre de ZCB+ dans d'autres zones géographiques serait un peu plus rapide, comme le cadre était déjà développé et testé. Cependant, une grande partie du temps requis était passée pour rassembler des données et consulter des experts ; et ce temps sera également requis pour d'autres zones géographiques. Des zones géographiques plus étendues et de plusieurs pays pourraient nécessiter plus de temps pour la collecte de données et la consultation d'expert.
- Des approches alternatives basées sur l'information qualitative à partir des revues documentaires et de l'avis d'expert pourraient être testées. Par exemple, un ensemble principal de services écosystémiques pourrait être identifié à partir d'une revue documentaire et de l'avis d'expert. Ensuite, les informations qualitatives sur l'importance de divers types d'écosystèmes (forêts, mangroves, récifs coralliens) sur ces services pourraient être rassemblées, également sur la base de la revue documentaire et d'avis d'expert. Des cartes de types d'écosystèmes et des emplacements de bénéficiaires (par exemple, foyers de population) pourraient être utilisées pour déduire les valeurs des services d'écosystème. Les résultats pourraient être affinés avec l'apport d'expert, par exemple, en utilisant des emplacements connus où se trouvent des ressources importantes d'eau douce ou de pêche. Cette approche exigerait une plus grande consultation des parties prenantes (et donc plus de temps/coûts pour la consultation) mais exigerait moins de données spatiales et peu d'analyses SIG (et par conséquent, moins de temps /coûts pour la collecte et l'analyse des données et moins de capacité technique). Les résultats d'une telle approche pourraient être moins axés sur les données, être moins quantitatifs et moins explicitement spatiaux. Selon le niveau de connaissances des experts, cependant, les résultats pourraient être aussi précis et utiles qu'une approche plus axée sur les données. Sur la base de ce test pilote, cependant, nous croyons qu'une combinaison des approches (expert et axée sur les données) serait l'idéal.

## Remerciement

Cette étude a été faite grâce au financement de la part du Fonds de Partenariat pour les Ecosystèmes Critiques (CEPF) et de la Fondation Gordon et Betty Moore. Nous tenons également à remercier les personnes ci-après qui ont fourni des données, des publications, des avis d'experts et d'autres formes de soutien pour cette analyse : Elizabeth Selig, Lee Hannah, Celia Harvey, Jacques Pollini, Charlie Gardner, Christine Moser, Andriamasimanana H. Rado, Razafimpahanana Dimby, Razafinacrama Soloadal, Tianarisoa Tantely Farmazana, Steve Goodman, Chris Birkinshaw, Julia Gordon Jones, Jeannicq Randrianarisoa, Michèle Andrianarisata, Ando Rabearisoa, Andoniaina Rambelason, Zo Rakotobe, Harison Randrianasolo, Yvonne Rahelison, Léon Rajaobelina, M. Harison Rabarison, M. Nirhy Rabibisoa, M. Setra Andriamanaitra, Mme Evah Andriamboavonjy et Narindra Mbolaso Ramahefamanana.

## Références

- Ackermann, K. 2004. Utilisation of wild growing yams as supplementary nutrition and its impact on the dry forest ecosystem in north-western Madagascar. *Swiss Forestry Journal* 155: 80-88.
- Allnut, T., G. Asner, C. D. Golden, G. Powell. 2013. Mapping recent deforestation and forest disturbance in northeastern Madagascar. *Tropical Conservation Science* 6: 1-15.
- Astuti, R. 2006. *People of the sea: identity and descent among the Vezo of Madagascar*. Cambridge University Press, Cambridge; New York.
- Bakoariniaina, L.N., Kusky, T. and Raharimahefa, T. (2006) Disappearing Lac Alaotra: Monitoring catastrophic erosion, waterway silting, and land degradation hazards in Madagascar using Landsat imagery. *Journal of African Earth Sciences* 44: 241-252.
- Barnes, D. K. A., and K. A. Rawlinson. 2009. Traditional coastal invertebrate fisheries in south-western Madagascar. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89:1589–1596.
- BCN and DNPWC. 2012. *Conserving biodiversity and delivering services écosystémiques at Important Bird Areas in Nepal*. Bird Conservation Nepal, Department of National Parks and Wildlife Conservation, and BirdLife International, Kathmandu and Cambridge, UK. Retrieved August 14, 2013, from <http://www.conservation.cam.ac.uk/resource/working-papers-and-reports/conserving-biodiversity-and-delivering-ecosystem-services>
- Bertrand, A., B. Ramamonjisoa, and P. Montagne. 2010. Les filières péri-urbaines d'approvisionnement en bois énergie des grandes villes de Madagascar [Peri-urban supply lines of wood energy for major cities in Madagascar]. Pages 23–36 *Arina, le charbon de bois a Madagascar : entre demande urbaine et gestion durable* / Montagne Pierre (ed.), Razafimahatratra Serge (ed.), Rasamindisa Alain (ed.), Crehay Romain (ed.). CITE, Antananarivo. Retrieved from [http://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=554584](http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=554584).
- Bodin, Ö., M. Tengö, A. Norman, J. Lundberg, and T. Elmqvist. 2006. The Value Of Small Size: Loss Of Forest Patches And Ecological Thresholds In Southern Madagascar. *Ecological Applications* 16:440–451.
- Boone, C., P. Glick, and D. E. Sahn. 2011. Household Water Supply Choice and Time Allocated to Water Collection: Evidence from Madagascar. *Journal of Development Studies* 47:1826–1850.
- Brashares, J.S., C. Golden, K. Weinbaum, and G.V. Okello. 2011. Economic and geographic drivers of wildlife consumption in rural Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 108:13931-13936.

- Burke, L., K. Reytar, M. Spalding, and A. Perry. 2011. Reefs at Risk Revisited. World Resources Institute. Washington, DC. <http://www.wri.org/publication/reefs-risk-revisited>
- Busby, J. W., Smith, T. G., White, K. L. and Strange, S. M. 2010. Locating climate insecurity: Where are the most vulnerable places in Africa? The Robert S. Strauss Center for International Security and Law, University of Texas, Austin.
- Busch, J., R. Dave, L. Hannah, A. Cameron, A. Rasolohery, P. Roehrdanz, and G. Schatz. 2012. Climate Change and the Cost of Conserving Species in Madagascar. *Conservation Biology*. Retrieved May 1, 2012, from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2012.01838.x/abstract>.
- Carret, J. C. and Loyer, D. 2003. Comment financer durablement le réseau d'aires protégées terrestres à Madagascar? Apport de l'analyse économique. [How to permanently finance the network of terrestrial protected areas in Madagascar? Contribution of Economic Analysis] Paper presented at Vth World Parks Congress, Durban, South Africa, 7-19 September 2003.
- Center for Ocean Solutions. 2011. Decision Guide: Selecting Decision Support Tools for Marine Spatial Planning. The Woods Institute for the Environment, Stanford University, California. <http://www.ebmtools.org/decision-guide.html>
- Chan, K. M. A., L. Hoshizaki, and B. Klinkenberg. 2011. Services écosystémiques in Conservation Planning: Targeted Benefits vs. Co-Benefits or Costs? *PLoS ONE* 6:e24378.
- Chan, K. M. A., M. R. Shaw, D. R. Cameron, E. C. Underwood, and G. C. Daily. 2006. Conservation planning for services écosystémiques. *PLoS Biology* 4:e379.
- Christie, I. T., and D. E. Crompton. 2003. Republic of Madagascar: Tourism Sector Study. Retrieved from <http://www.worldbank.org/afr/wps/wp63.pdf>.
- Cinner, J. E., T. R. McClanahan, T. M. Daw, N. A. J. Graham, J. Maina, S. K. Wilson, and T. P. Hughes. 2009. Linking social and ecological systems to sustain coral reef fisheries. *Current biology*: CB 19:206–212.
- Conservation International 2011. Inventaire des Aires du Patrimoine Communautaire a Madagascar [Inventory of Community Heritage Areas in Madagascar]. Antananarivo, 2011.
- Crowley, B. E., L. R. Godfrey, and M. T. Irwin. 2011. A glance to the past: subfossils, stable isotopes, seed dispersal, and lemur species loss in Southern Madagascar. *American Journal of Primatology* 73:25–37.
- Damson S., Rejo-Fienena F., and Tostain S. 2010. Étude ethnobotanique des ignames endémiques dans le Bas Mangoky (Sud-ouest de Madagascar) et essai de culture de quelques espèces. Dans : Les ignames malgaches, une ressource à prserver et à valoriser. [Ethnobotanical study of endemic yams in Lower Mangoky (Southwest Madagascar) and culture assay of some species. In: The Malagasy yams, a resource to preserve and enhance.] Conference proceedings of Toliara, Madagascar, 29-31 July 2009. Tostain S. Rejo-Fienena F. (eds). Pp. 60-82.
- Eastman, J.R., 2012. IDRISI Selva (Worcester, MA: Clark University).
- Egoh, B., M. Rouget, B. Reyers, A. T. Knight, R. M. Cowling, A. S. van Jaarsveld, and A. Welz. 2007. Integrating services écosystémiques into conservation assessments: A review. *Ecological Economics* 63:714–721.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2008. Fishery and Aquaculture Country Profiles: The Republic of Madagascar. <http://www.fao.org/fishery/facp/MDG/en#CountrySector-Statistics>
- Ferraro Paul J. 2002. The local costs of establishing protected areas in low-income nations: Ranomafana National Park, Madagascar. *Ecological Economics* 43:261–275.



- FTM (Foiben-Taosaritanin'i Madagascar). 1998. BD500. Les bases des données vecteur à 1/500 000. FTM, Madagascar.
- García, G., and S. M. Goodman. 2003. Hunting of protected animals in the Parc National d'Ankarafantsika, north-western Madagascar. *Oryx* 37:115–118.
- Gardner, C. J., B. Ferguson, F. Rebara, and A. N. Ratsifandrihamanana. 2008. Integrating traditional values and management regimes into Madagascar's expanded protected area system: the case of Ankodida. in J.-M. Mallarach, editor. *Protected Landscapes and Cultural and Spiritual Values*. IUCN, GTZ and Obra Social de Caixa Catalunya, Kasperek Verlag, Heidelberg.
- Giri, C., E. Ochieng, L. L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, and N. Duke. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography* 20:154–159.
- Golden, C. D. 2009. Bushmeat hunting and use in the Makira Forest, north-eastern Madagascar: a conservation and livelihoods issue. *Oryx* 43: 386-392.
- Golden, C. D., L. C. H. Fernald, J. S. Brashares, B. J. R. Rasolofoniaina, and C. Kremen. 2011. Benefits of wildlife consumption to child nutrition in a biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 108:19653-19656.
- Golden, CD, BJR Rasolofoniaina, EJG Anjaranirina, L. Nicolas, L. Ravaoliny, and C. Kremen. 2012. Rainforest pharmacopeia in Madagascar provides high value for current local and prospective global uses. *PLoS ONE* 7(7): e41221.
- Goodman, S. M. 2006. Hunting of Microchiroptera in south-western Madagascar. *Oryx* 40:225–228.
- Gorenflo, L. J., C. Corson, K. M. Chomitz, G. Harper, M. Honzák, and B. Özler. 2011. Exploring the Association Between People and Deforestation in Madagascar. Pages 197–221 in R. P. Cincotta and L. J. Gorenflo, editors. *Human Population*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Hannah, L. et al. 2008. Climate change adaptation for conservation in Madagascar. *Biology Letters* 4:590–594.
- Hansen, M. C. et al. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342:850–853.
- Harper, G. J., M. K. Steininger, C. J. Tucker, D. Juhn, and F. Hawkins. 2008. Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation* 34:325–333.
- IISD [International Institute for Sustainable Development]. 2011. *Planned Adaptation Action: Southern Africa: Botswana, Comoros, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauritius, Mozambique, Namibia, Seychelles, South Africa, Swaziland, Zambia and Zimbabwe*. Hilary Hove, Daniella Echeverría, Jo-Ellen Parry, contributing authors. Adaptation Partnership. November 2011.  
[http://sdwebx.worldbank.org/climateportalb/doc/USAIDProfiles/Africa\\_Southern\\_AfricaRegional\\_and\\_Country\\_Profiles\\_Final\\_with\\_new\\_template.pdf#page=95](http://sdwebx.worldbank.org/climateportalb/doc/USAIDProfiles/Africa_Southern_AfricaRegional_and_Country_Profiles_Final_with_new_template.pdf#page=95)
- IUCN. 2012. Consolidating the standards for identifying sites that contribute significantly to the global persistence of biodiversity: The results of a framing workshop. IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA) and Species Survival Commission (SSC) Joint Task Force on Biodiversity and Protected Areas. Cambridge, UK, 5–8 June 2012
- Jenkins, R. K. B., A. Rabearivelo, C. T. C. W. M. Andre, R. Randrianavelona, and J. C. Randrianantoandro. 2009. The harvest of endemic amphibians for food in eastern Madagascar. *Tropical Conservation Science* 2:25–33.



- Jenkins, R. K. B., A. Keane, A. R. Rakotoarivelo, V. Rakotomboavonjy, F. H. Randrianandrianina, H. J. Razafimanahaka, S. R. Ralaiarimalala, and J. P. G. Jones. 2011. Analysis of Patterns of Bushmeat Consumption Reveals Extensive Exploitation of Protected Species in Eastern Madagascar. *PLoS ONE* 6:e27570.
- JIRAMA. 2013. Data on hydropower dams sent via personal communication, Andriambolantsoa Rasolohery, Conservation International, October 10, 2013.
- Jones, T. 2013. Shining a light on Madagascar's mangroves. *Madagascar Conservation & Development* 8:4–6.
- Jones, B. 2012. Socio-economic Monitoring: A baseline assessment of the fishing villages of the Kirindy-Mite MPA. Blue Ventures Conservation Report. Retrieved August 14, 2013, from <http://www.blueventures.org/conservation-reports/socio-economic-monitoring-a-baseline-assessment-of-the-fishing-villages-of-the-kirindy-mite-mpa.html>.
- Jones, J. P. G., F. B. Andriahajaina, E. H. Ranambintsoa, N. J. Hockley, and O. Ravoahangimalala. 2006. The economic importance of freshwater crayfish harvesting in Madagascar and the potential of community-based conservation to improve management. *Oryx* 40:168–175.
- Keller, E. 2008. The banana plant and the moon: Conservation and the Malagasy ethos of life in Masoala, Madagascar. *American Ethnologist* 35:650–664.
- Kew Royal Botanic Gardens. 2007. Madagascar Vegetation Atlas. Editors: Justin Moat and Paul Smith. <http://www.vegmad.org/>
- Kiefer, I., Lopez, P., Ramiarison, C., Barthlott, W. and Ibisch, P. L. 2010. Development, biodiversity conservation and global change in Madagascar. In: *Interdependence of Biodiversity and Development Under Global Change*, P. L. Ibisch, A. Vega E. and T. M. Hermann (eds.), pp 58-81. CBD Technical Series No. 54, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Kramer, R. A., D. D. Richter, S. Pattanayak, and N. P. Sharma. 1997. Ecological and Economic Analysis of Watershed Protection in Eastern Madagascar. *Journal of Environmental Management* 49:277–295.
- Kremen, C., J. O. Niles, M. G. Dalton, G. C. Daily, P. R. Ehrlich, J. P. Fay, D. Grewal, and R. P. Guillery. 2000. Economic Incentives for Rain Forest Conservation Across Scales. *Science* 288:1828 –1832.
- LandScan. 2006 and 2011. High Resolution Global Population Data Set. UT-Battelle, LLC, operator of Oak Ridge National Laboratory under Contract No. DE-AC05-00OR22725 with the United States Department of Energy.
- Langhammer, P. F., M. I. Bakarr, and L. Bennun. 2007. Identification and gap analysis of key biodiversity areas: targets for comprehensive protected area systems. IUCN.
- Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A. 2008. New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94.
- Le Manach, F., C. Gough, A. Harris, F. Humber, S. Harper, and D. Zeller. 2012. Unreported fishing, hungry people and political turmoil: the recipe for a food security crisis in Madagascar? *Marine Policy* 36:218–225.
- Lyon, L. M., and L. H. Hardesty. 2005. Traditional Healing in the Contemporary Life of the Antanosy People of Madagascar. Retrieved August 27, 2013, from <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/182>.
- Mace, G. M., K. Norris, and A. H. Fitter. 2012. Biodiversity and services écosystémiques: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution* 27:19–26. Retrieved February 18, 2014, .
- Maina, J., V. Venus, T. R. McClanahan, and M. Ateweberhan. 2008. Modelling susceptibility of coral reefs to environmental stress using remote sensing data and GIS models. *Ecological Modelling* 212:180–199.

- MEWF (Ministry of Environment, Water and Forests) 2010. Second National Communication to the UNFCCC. Accessed August 2012 from: [http://unfccc.int/files/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/submitted\\_natcom/application/pdf/executive\\_summary\\_snc\\_madagascar\\_english.pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/executive_summary_snc_madagascar_english.pdf)
- Missouri Botanical Garden. 2013. Economic and socio-cultural importance of Priority Areas for Plant Conservation with Temporary Protection to vulnerable local stakeholders (only uses of major importance are noted). Tableau 6 in: Ecosystem Profile - Madagascar: Contribution to status of plant conservation and identification of important gaps. Personal communication from Chris Birkinshaw, Missouri Botanical Gardens, November 8 2013.
- Moser C., E. Ralison, J.F. Randrianjatovo, S. Ravelomanana. 2008. Enquête sur le suivi du recensement des communes de Madagascar Année 2007 (2007 Monitoring Census Survey of Madagascar Communes.) Final Report. February 2008. Fonds d'Intervention pour le Developpement (FID).
- Moses, K. L., and S. Semple. 2011. Primary Seed Dispersal by the Black-and-White Ruffed Lemur (*Varecia Variegata*) in the Manombo Forest, South-East Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 27:529–538.
- Mulligan, M. 2013. WaterWorld: a self-parameterising, physically based model for application in data-poor but problem-rich environments globally. *Hydrology Research* 44:748. <http://www.policysupport.org/waterworld>
- Mulligan M. & Burke S. 2005. FIESTA - Fog Interception for the Enhancement of Streamflow in Tropical Areas. Annex 4a - Final technical report for AMBIOTEK contribution to the Department for International Development-Forestry Research Programme funded project (Project no. R7991). King's College London, London. Available from: [http://www.falw.vu/~fiesta/reports/R7991\\_FTR\\_Annex4a\\_Ambiotek\\_final.pdf](http://www.falw.vu/~fiesta/reports/R7991_FTR_Annex4a_Ambiotek_final.pdf) (Accessed on January 15, 2014).
- Nelson, E. et al. 2009. Modeling multiple services écosystémiques, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7:4–11.
- Norscia, I., and S. M. Borgognini-Tarli. 2006. Ethnobotanical reputation of plant species from two forests of Madagascar: A preliminary investigation. *South African Journal of Botany* 72:656–660.
- Novy, J. W. 1997. Medicinal plants of the eastern region of Madagascar. *Journal of Ethnopharmacology* 55:119–126.
- ONE, DGF, FTM, MNP and CI. 2013. Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005-2010, Antananarivo. Office National pour l'Environnement, Directorate-General Forests, Foiben-Taosaritanin'i Madagascar, Madagascar National Parks, and Conservation International.
- Panegos, Pauline. 2011. Le lien entre Aires Protégées et Services Environnementaux: Cas de Madagascar. pour l'obtention du Master II Economie et Gestion de l'Environnement. Université d'Antananarivo, Madagascar. pour l'obtention du Master II Economie et Gestion de l'Environnement. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers13-04/010056054.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers13-04/010056054.pdf)
- Paternostro, S., J. Razafindravonona, and D. C. Stifel. 2001. Changes in Poverty in Madagascar: 1993-1999. SSRN Scholarly Paper, Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Peh, K. S.-H. et al. 2013. TESSA: A toolkit for rapid assessment of services écosystémiques at sites of biodiversity conservation importance. *Services écosystémiques* 5:51–57.
- Portela, R., Nunes, P.A.L.D., Onofri, L., Villa, F., Shepard, A. and G-M. Lange. 2012. Assessing and Valuing Services écosystémiques in Ankeniheny-Zahamena Corridor (CAZ), Madagascar: A Demonstration Case Study for the Wealth Accounting and the Valuation of Services écosystémiques (WAVES) Global Partnership.

- Rabarison, Harison. 2013. Desk Study: Draft Report: Hotspot: Madagascar and Indian Ocean Islands and Outlying Islands: Hotspot Ecosystem Profile. Conservation International, Antananarivo, July 2013.
- Rabearivony, J., E. Fanameha, J. Mampandra, and R. Thorstrom. 2008. Taboos and social contracts: Tools for ecosystem management – lessons from the Manambolomaty Lakes RAMSAR site, western Madagascar. *Madagascar Conservation & Development* 3:7–16.
- Rakotoarison, Hanitra Faratiana. 2003. Evaluation économique des bénéfices hydrologiques du Programme Environnement III a Madagascar. [Economic evaluation of the hydrological benefits of the Environmental Program III in Madagascar.] Université D’antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Département Agro-Management Mémoire de Fin D’études en vue de l’Obtention du Diplôme d’Ingénieur Agronome Année Universitaire 1998-2002. May 2003.
- Randrianandrianina, F. H., P. A. Racey, and R. K. B. Jenkins. 2010. Hunting and consumption of mammals and birds by people in urban areas of western Madagascar. *Oryx* 44:411–415.
- Rasolofo, M. V. 1997. Use of mangroves by traditional fishermen in Madagascar. *Mangroves and Salt Marshes* 1:243–253.
- Razafindralambo, Ramy, Bart Minten, and Bruce Larson. 2004. Poverty and Household Water Demand in Fianarantsoa, Madagascar. <http://www.csaee.ac.uk/conferences/2004-GPRaHDiA/papers/1p-Razafindralambo-CSAE2004.pdf>
- reegle.info - the Information Gateway for Renewable Energy and Energy Efficiency. The Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership and the Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. <http://www.reegle.info/countries/madagascar-energy-profile/MG#sources>
- Rogers, H. M., L. Glew, M. Honzák, and M. D. Hudson. 2010. Prioritizing key biodiversity areas in Madagascar by including data on human pressure and services écosystémiques. *Landscape and Urban Planning* 96:48–56.
- Saatchi, S. S. et al. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:9899–9904.
- Sarrasin, B. 2013. Ecotourism, Poverty and Resources Management in Ranomafana, Madagascar. *Tourism Geographies* 15:3–24.
- Stifel, D. C., B. Minten, and P. Dorosh. 2003. Transactions Costs and Agricultural Productivity: Implications of Isolation for Rural Poverty in Madagascar. SSRN Scholarly Paper, Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Stifel, D., F. Forster, and C. B. Barrett. 2010. The Evolution of Groupwise Poverty in Madagascar, 1999–2005. *Journal of African Economies* 19:559–604.
- Swartz, Wilf, Rashid Sumaila, and Reg Watson. 2012. Global Ex-vessel Fish Price Database Revisited: A New Approach for Estimating ‘Missing’ Prices. *Environmental and Resource Economics*.
- Tallis, H., and S. Polasky. 2009. Mapping and Valuing Services écosystémiques as an Approach for Conservation and Natural-Resource Management. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1162:265–283.
- UNEP (United Nations Environmental Programme). 2013. PREVIEW Global Risk Data Platform. UNEP/GRID-Geneva. Supported by UNISDR. <http://preview.grid.unep.ch>
- Villa, F., M. Ceroni, K. Bagstad, G. Johnson, and S. Krivov. 2009. ARIES (Artificial Intelligence for Services écosystémiques ): a new tool for services écosystémiques assessment, planning, and valuation. Ecoinformatics Collaboratory, Gund Institute for Ecological Economics, University of Vermont, Burlington, VT. Retrieved from <http://www.ariesonline.org/docs/Villa%20et%20al.%202009.pdf>

Wendland, K. J., M. Honzák, R. Portela, B. Vitale, S. Rubinoff, and J. Randrianarisoa. 2010. Targeting and implementing payments for services écosystémiques: Opportunities for bundling biodiversity conservation with carbon and water services in Madagascar. *Ecological Economics* 69:2093–2107.

World Bank. 2013. Country Profile: Madagascar. <http://data.worldbank.org/country/madagascar>

World Food Program and UNICEF. 2011. Rural Madagascar Comprehensive Food and Nutrition Security and Vulnerability Analysis. <http://www.wfp.org/content/madagascar-comprehensive-food-nutrition-security-vulnerability-analysis-2011>

## Liste des Annexes

Toutes les annexes se trouvent dans un fichier Excell séparé, sauf indication contraire.

**Annexe 1.** Sources des données (ci-dessous)

**Annexe 2.** Résultats binaires d'analyses documentaires des valeurs des services écosystémiques fournis par chaque ZCB (0, 1 ou données insuffisantes)

**Annexe 3.** Tous les résultats d'analyses documentaires des valeurs des services écosystémiques fournis par chaque ZCB (binaires, quantitatifs et classements)

**Annexe 4.** Importance économique et socioculturelle des Zones Prioritaires pour la Conservation des Plantes (Missouri Botanical Garden, 2013).

**Annexe 5.** Articles inclus dans la revue documentaire, organisés par thème.

### Annexe 1. Sources de données

Couche de données spatiales	Mondiale ou nationale?	Source
Valeurs au débarquement des prises de poissons	Mondiale	Swartz, Wilf, Rashid Sumaila, and Reg Watson. 2012. Global Ex-vessel Fish Price Database Revisited: A New Approach for Estimating 'Missing' Prices. <i>Environmental and Resource Economics</i> .
Mangroves	Mondiale	Giri, C., E. Ochieng, L. L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, and N. Duke. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. <i>Global Ecology and Biogeography</i> 20:154–159.
Récifs de corails	Mondiale	Burke, L., K. Reytar, M. Spalding, and A. Perry. 2011. Reefs at Risk Revisited. World Resources Institute. Washington, DC. <a href="http://www.wri.org/publication/reefs-risk-revisited">http://www.wri.org/publication/reefs-risk-revisited</a>
Population	Mondiale	LandScan™ 2011 High Resolution global Population Data Set. Copyrighted by UT-Battelle, LLC, operator of Oak Ridge National Laboratory under Contract No. DE-AC05-00OR22725 with the United States Department of Energy. <a href="http://web.ornl.gov/sci/landscan/index.shtml">http://web.ornl.gov/sci/landscan/index.shtml</a>
Inécurité alimentaire	Nationale	Moser C., E. Ralison, J.F. Randrianjatovo, S. Ravelomanana. 2008. Enquête sur le suivi du recensement des communes de Madagascar Année 2007 (2007 Monitoring Census Survey of Madagascar Communes.) Rapport Final. Février 2008. Fonds

		d'Intervention pour le Développement (FID).
Eau douce (équilibre de l'eau)	Mondiale	Mulligan, M. 2013. WaterWorld: a self-parameterising, physically based model for application in data-poor but problem-rich environments globally. <i>Hydrology Research</i> <b>44</b> :748.
		WaterWorld web site: <a href="http://www.policysupport.org/waterworld">http://www.policysupport.org/waterworld</a>
		Analyses menée avec la version 2 de WaterWorld Standard, 1 km2 de résolution, pour tout Madagascar
Couverture terrestre	Nationale	Kew Royal Botanic Gardens. 2007. Madagascar Vegetation Atlas. Editors: Justin Moat and Paul Smith. <a href="http://www.vegmad.org/">http://www.vegmad.org/</a>
Rizières et agriculture irriguée	Nationale	FTM (Foiben-Taosaritanin'i Madagascar). 1998. BD500. Les bases des données vecteurs à 1/500 000. FTM, Madagascar.
Couvert forestier	Nationale	ONE, DGF, FTM, MNP et CI (2013), Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005-2010, Antananarivo.
Déforestation historique	Nationale	ONE, DGF, FTM, MNP et CI (2013), Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005-2010, Antananarivo.
Barrage hyraoélectrique	Nationale	JIRAMA. 2013. Données sur les barrages hydroélectriques (emplacements et production) envoyé par communication personnelle, Andriambolantsoa Rasolohery, Conservation International, October 10, 2013.
Biomasse de carbone	Mondiale	Saatchi, S. S. et al. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> <b>108</b> :9899–9904.
Population vulnérable aux poussées cycloniques	Mondiale	United Nations Environmental Program (UNEP) 2013. PREVIEW Global Risk Data Platform. UNEP/GRID-Geneva. Supported by UNISDR. <a href="http://preview.grid.unep.ch">http://preview.grid.unep.ch</a>
		La partie PREVIEW contient les informations sur les risques mondiales produites pour les rapports d'évaluation mondiale pour 2009 et 2011 sur la réduction des risques de catastrophes du bureau des Nations Unies pour la Stratégie de Réduction de Catastrophes (UNISDR)
		<i>Poussée cyclonique –Exposition physique</i> : Cette série de données comprend une estimation de l'exposition physique annuelle aux poussées provenant des cyclones tropicales de la catégorie 1 de Saffir-Simpson. Il est basé sur quatre sources: 1) Une compilation des meilleures séries de données traquées provenant de WMO Regional Specialised Meteorological Centres (RSMCs) et de Tropical Cyclone Warning Centres (TCWCs). Ainsi que des communications personnelles avec

		<p>Dr. Varigonda Subrahmanyam, Dr. James Weyman, Kiichi Sasaki, Philippe CAROFF, Jim Davidson, Simon Mc Gree, Steve Ready, Peter Kreft, Henrike Brecht. 2) Une modélisation SIG fondée sur une équation initiale de la part de Greg Holland, qui fut plus tard modifiée pour prendre en considération le mouvement des cyclones dans le temps. 3) Un modèle numérique d'élévation (SRTM) à 90 m de résolution. 4) Une grille de population pour l'année 2007, fournie par la base de données mondiale LandScan™ (Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory). Une unité devrait être la population moyenne annuelle exposée (2007 comme année de référence) (habitants). Ce produit a été conçu par le PNUE / GRID-Europe pour le Rapport d'évaluation mondial sur la réduction des risques (GAR). Il a été modélisé à l'aide des données mondiales. Crédit : Transformation SIG du PNUE / GRID-Europe. Cette base de données a été générée dans le cadre du Rapport d'évaluation mondiale sur la réduction des risques de catastrophes (2009).</p>
<p>Population vulnérable à l'inondation</p>	<p>Mondiale</p>	<p>Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) 2013. PREVIEW Global Risk Data Platform. PNUE/GRID-Genève. Soutenu par UNISDR. <a href="http://preview.grid.unep.ch">http://preview.grid.unep.ch</a>  <i>Floods – Physical Exposure</i>: Cette série de données inclut une estimation de 'exposition physique annuelle aux inondations. Il se base sur trois sources: 1) Une modélisation SIG utilisant une estimation statistique de l'intensité du débit maximal et un modèle hydrologique utilisant une série de données HydroSHEDS et l'équation Manning pour estimer le stade de la rivière pour la valeur de décharge calculée 2) Inondation observée de 1999 à 2007, obtenue de Dartmouth Flood Observatory (DFO). 3) La fréquence était fixée par l'utilisation de la fréquence venant d'une série de données sur les inondations PNUE/GRID-Europe PREVIEW. Dans les lieux où aucune information n'était disponible, il était fixé à 50 ans de période de retour. 4) Une grille de population pour l'année 2010, fournie par LandScan™ Global Population Database (Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory). Une unité est la moyenne de la population annuelle (2007 prise comme année de référence) exposée (habitants) . Ce produit était conçu par PNUE /GRID-Europe pour le Rapport Global de l'Evaluation sur la Réduction des Risques (GAR). Il a été modelé à l'aide des données mondiales. Crédit: Traitement SIG pnue /GRID-Europe, avec le principal soutien de USGS EROS Data Center, Dartmouth Flood Observatory 2008.</p>

Ecotourisme	Nationale	Madagascar National Parks (MNP) 2012. Visiteurs de Madagascar National Parks en 2012. Données envoyées par communication personnelle, Andriambolantsoa Rasolohery, Conservation International, 7 Octobre 2013.
Valeurs culturelles/spirituelles	Nationale	Conservation International 2011. Inventaire des Aires du Patrimoine Communautaire à Madagascar [Inventory of Community Heritage Areas in Madagascar]. Antananarivo, 2011
		Missouri Botanical Garden. 2013. Importance économique et socioculturelle des Zones Prioritaires pour la Conservation des Plantes ayant statut de Protection Temporaire pour les parties prenantes vulnérables locales (usages seulement de l'importance principale sont notés). Tableau 6 en: Profil de l'Ecosystème - Madagascar: Contribution au statut de la conservation des plantes et identification d'importantes lacunes. Communication personnelle de Chris Birkinshaw, Missouri Botanical Gardens, 8 Novembre 2013.