

**Ruolz Ariste**

Chercheur  
Université Laval et UQO

Analyse des coûts et des avantages

# Les **coûts** et les **avantages** de **l'agroforesterie** en Haïti:

Chaîne de valeur intégrant l'environnement et la santé



design by Eteka Propper - identity@gmail.com





# Les coûts et les avantages de l'agroforesterie en Haïti: Chaîne de valeur intégrant l'environnement et la santé

---

Haïti Priorise

Ruolz Ariste  
*Chercheur, Université  
Laval et UQO*

Version préliminaire de travail en date du 17 février 2017.

Traduit de l'anglais par Julien Richard, traducteur professionnel.

© 2017 Copenhagen Consensus Center

[info@copenhagenconsensus.com](mailto:info@copenhagenconsensus.com)

[www.copenhagenconsensus.com](http://www.copenhagenconsensus.com)

Cet ouvrage a été produit dans le cadre du projet Haïti Priorise.

Ce projet est entrepris avec le soutien financier du gouvernement du Canada. Les opinions et interprétations contenues dans cette publication sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.

**Canada**

Certains droits réservés



Cet ouvrage est disponible sous la licence internationale Creative Commons Attribution 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)). Selon les termes de la licence Creative Commons Attribution, vous êtes libre de copier, distribuer, transmettre et adapter ce travail, y compris à des fins commerciales, dans les conditions suivantes :

#### Attribution

Veillez citer l'ouvrage comme suit : #NOM DE L'AUTEUR#, #TITRE DU RAPPORT#, Haïti Priorise, Copenhagen Consensus Center, 2017. Licence : Creative Commons Attribution CC BY 4.0.

#### Contenu d'un tiers

Copenhagen Consensus Center ne possède pas nécessairement chaque élément du contenu figurant dans l'ouvrage. Si vous souhaitez réutiliser un élément de l'ouvrage, il est de votre responsabilité de déterminer si l'autorisation est nécessaire pour cette réutilisation et d'obtenir l'autorisation du détenteur des droits d'auteur. Par exemple les tableaux, les illustrations ou les images font partie de ces éléments mais ne s'y limitent pas.

## Résumé académique

Entre 70 % et 95 % de l'énergie utilisée pour la cuisson en Haïti provient des combustibles solides (bois et charbon de bois), ce qui est très préjudiciable pour les forêts du pays. Cet article suggère de s'attaquer à la question de la déforestation en amont et en aval. Il identifie trois interventions qui peuvent fonctionner en synergie afin de stimuler la reforestation et contribuer à renforcer la chaîne de valeur de l'agroforesterie en Haïti : l'agrosylviculture optimale ; une structure pour le prix du carbone et l'intensification du biogaz pour la cuisson. Ces interventions sont évaluées d'un point de vue social et privé en utilisant l'approche de l'analyse coûts-avantages (ACA). Un large éventail de services est inclus pour chaque intervention, à savoir : le bois, les agro-cultures, les avantages pour l'environnement, la nutrition et la santé pour la première ; le bois et les avantages pour l'environnement pour la deuxième ; et le gaz naturel, les boues, les avantages pour l'environnement et la santé pour la troisième. Le captage du carbone est l'avantage environnemental commun à l'ensemble de ces trois interventions. Aucune autre étude ACA n'a considéré précédemment une telle approche, intégrée et quantitative, pour la chaîne de valeur de l'agroforesterie en Haïti. Les données des coûts et des avantages utilisées dans cette analyse proviennent d'une grande variété de sources, y compris de la littérature existante, des observations sur le terrain et de communications personnelles avec des experts ou des agents locaux. En utilisant le taux d'actualisation moyen de 5 % et le scénario moyen de 3 x PIB par habitant pour la valeur d'une année de vie ajustée en fonction de l'incapacité (DALY), les ratios avantages-coûts sont respectivement de 2,99 et 2.18 pour les interventions sur l'agrosylviculture optimale et l'intensification du biogaz. Tout de même, *les coûts quotidiens pour les ménages utilisant le gaz naturel sont estimés être respectivement 38 % et 21 % plus faible qu'avec le charbon de bois et le propane*. Une structure du prix du carbone a un ratio avantage-coût (RAC) de 1,29 au taux d'actualisation moyen. L'analyse de sensibilité est fournie pour le taux d'actualisation de 3 % et 12 %, la valeur d'une DALY de 1 x et 8 x PIB par habitant, à l'exclusion des avantages sociaux et du prix du gaz naturel.

## Résumé de la politique

### Vue d'ensemble et contexte

Les combustibles solides (bois et charbon de bois) comptent pour 70 % à 95 % de l'énergie utilisée pour la cuisson en Haïti. Étant donné qu'un programme systématique pour utiliser de manière efficace cette source d'énergie est limité, cette situation est très préjudiciable pour les forêts du pays. Le problème de la déforestation a été traditionnellement abordé en recourant à des mesures répressives. L'utilisation du pouvoir coercitif ne donne pas toujours les résultats escomptés, notamment dans le cas de ce méchant problème. Il convient également d'examiner la puissance douce, telle que présentée dans les nouveaux modes de gouvernance.

Dans ce contexte, le document présent suggère de s'attaquer à la question de la déforestation en amont et en aval. Il identifie trois interventions qui peuvent stimuler la reforestation et contribuer à renforcer la chaîne de valeur de l'agroforesterie en Haïti : l'agrosylviculture optimale, une structure du prix du carbone et l'intensification du biogaz pour la cuisson. L'agrosylviculture est un système d'administration de l'utilisation des terres dans lequel les arbres sont cultivés autour ou entre les cultures ou les pâturages. Cette intervention portera sur environ 257 000 petits exploitants agricoles pour 252.000 ha, ce qui représente 9,2 % de la couverture forestière, à l'exclusion de la savane et des terrains rocheux. Moringa est l'essence choisie qui sera géré pour ses différents produits de grande valeur, y compris les avantages pour l'environnement, la santé et la nutrition. Pour la deuxième intervention, des structures (sous la forme de documentation certifiée, de processus et de régulations) sont nécessaires afin de connecter les zones nouvellement boisées au marché international du carbone. Toute essence adaptée aux terres marginalisées peut-être être choisie par les 256.000 petits exploitants agricoles pour les 251.000 ha de savane et de terrains rocheux visées. Enfin, la troisième intervention (biogaz) fait référence à un mélange de différents gaz (du méthane, en majorité) produit par la décomposition des matières organiques en l'absence d'oxygène. Une fois que le biogaz est épuré, il est désigné comme gaz naturel. Cette intervention a l'intention de couvrir environ 397 000 ménages représentant 16 % du nombre total des ménages et des besoins en énergie pour la cuisson. On estime à 350 millions de mètre cube le volume de gaz naturel qui

sera produit. Étant donné que le biogaz est un substitut du charbon de bois, exploiter le potentiel de cette source locale d'énergie finira par faire baisser la pression sur la déforestation. C'est un soutien indirect à la promotion de la reforestation en Haïti. Il est à noter que les premières et deuxièmes interventions doivent être mises en œuvre dans les zones rurales et représentent ainsi, celles en amont. En ce qui concerne la troisième intervention, ce sont les biogaz au niveau industriel dans les zones urbaines qui sont considérés dans cette étude ; par conséquent, elle représente celle en aval.

### **Considérations de mise en œuvre**

Les coûts de l'intervention sur l'agrosylviculture sont essentiellement privés et incluent la main d'œuvre (nettoyage, labourage, plantation, désherbage, récolte) et d'autres coûts (terre, semis, installation des clôtures, transports). Les coûts totaux s'élèvent à 32,58 millions HTG (129 185 HTG par ha) la première année et 23,94 millions HTG (94 945 HTG par ha) pour les années suivantes. Avec les recherches scientifiques récentes qui visent à démontrer les nombreux bienfaits nutritionnelles et pour la santé du moringa, cette culture a connu un regain d'intérêt en Haïti depuis 2013. Le fait que la plante soit résistante crée le risque de négliger l'itinéraire technique. La promotion et la formation sont importantes afin de sensibiliser les agriculteurs aux problèmes lors du développement de la plante et de sa récolte. Par exemple, les feuilles et les gousses sont parfois récoltées en utilisant une longue perche ou en grimpant à l'arbre ; ce qui n'est pas très pratique et risque de faire tomber les fleurs et de casser les branches. En outre, des agents intermédiaires doivent être formés pour la transformation, l'emballage et l'étiquetage des produits destinés au marché international afin d'assurer une approche standard pour le marketing. Le *Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural* (MARNDR) peut avoir la responsabilité globale de cette intervention, en partenariat avec d'autres ministères (comme le MSPP - *Ministère de la santé publique et de la population*), le secteur privé (par exemple, *Rezo Moringa Doliv Ayiti*) et des organismes internationaux.

Pour la deuxième intervention, les coûts de la structure pour commercialiser le carbone et produire des changements de comportement chez les agriculteurs incluent des coûts liés au programme Verified Carbon Standard (VCS) (frais d'inscription, taxe de délivrance des unités de

carbone, frais administratifs du processus d'approbation de la méthodologie, frais d'inscription des experts, frais annuels de vérification) et à un entrepreneur (frais de développement de la méthodologie et documentation complète du programme, frais de vérification). Ces coûts sociaux s'élèvent à 1,55 milliards HTG la première année et 1,04 milliards les années suivantes. A cela s'ajoutent les coûts de reboisement traditionnels qui s'élèvent à 27,34 milliards (109 023 HTG/ha) la première année, mais à seulement 482,28 millions (1 923 HTG/ha) les années suivantes. Par conséquent, les coûts sociaux représentent environ 5 % du total des coûts la première année, mais 68 % du total des coûts les années suivantes. Une telle intervention n'a pas été réalisée précédemment en Haïti. Le Ministère de l'environnement, en collaboration avec le MARNDR serait responsable de la mise en œuvre. À 453 HTG/t. CO<sub>2</sub> eq, le prix du carbone sur le marché international est actuellement faible. Il y a un risque que ce prix augmente à l'avenir, ce qui peut créer une tension sur les finances publiques, mais peut être compensé par une augmentation proportionnelle de la taxe sur le carbone.

En ce qui concerne l'intervention sur le biogaz, on estime que 100 usines sont nécessaires, avec un volume total de bio-digesteur de 467 millions de m<sup>3</sup>. Les coûts d'investissement totaux par année sont substantiels (81,35 milliards HTG).<sup>1</sup> Les coûts s'additionnent jusqu'à 6,46 milliards HTG les années suivantes. Tandis que ces coûts sont supportés pour la plupart par le secteur privé, compte tenu des nombreux avantages économiques et sociaux de cette intervention, un partenariat public-privé peut être envisagé. En outre, une bonne gouvernance est nécessaire pour attirer les investissements privés. Même si des projets pilote de biogaz ont été réalisés au niveau communautaire en Haïti, aucun projet ou programme n'a été appliqué à un niveau industriel. Le secteur privé, en partenariat avec la *Direction Nationale de l'eau Potable et de l'Assainissement* (DINEPA – l'organisme responsable des eaux potables et des eaux usées), le MARNDR, le *Ministère de l'Énergie et des Mines*, d'autres ministères et des donateurs internationaux sont de possibles acteurs pour réaliser cette intervention. La promotion et la formation sont nécessaires pour faire face à d'éventuelles contraintes culturelles, techniques et autres.

---

<sup>1</sup> Les couts pour construire ces usines sont estimés à 78.74 milliards HTG, ou une moyenne de 61.537 HTG/m<sup>3</sup> de bio-digesteur (78,740/(467/365)).



## Logique des interventions

Les avantages pour l'intervention sur l'agrosylviculture comprennent des revenus directs de la vente de feuilles, de graines et de bois de moringa, ainsi que de la vente d'arachides. Une partie de ces produits est également utilisée pour la consommation par la famille du petit exploitant agricole. La consommation de ces produits à haute valeur nutritionnelle contribue à faire diminuer la malnutrition, un facteur de risque significatif pour les taux de mortalité infantile et post infantile. Le système agroforestier a également une valeur de puits de carbone (réduction du CO<sub>2</sub>), pour sa biodiversité et ses services de régulation (débit de l'eau, prévention de l'érosion, modération des perturbations, traitement des déchets, pollinisation) engendrant un large éventail d'avantages environnementaux indirects. Il est à noter que cette intervention génère également des services de loisirs qui ne sont pas quantifiés dans les avantages indirects. Par conséquent, le ratio avantages-couts (RAC) de 2,99 dans le scénario moyen (taux d'actualisation de 5 % et DALY évaluée à 3 x PIB par habitant) pour cette intervention pourrait être légèrement sous-estimé.

En ce qui concerne l'intervention sur le prix du carbone, il comprend tous les avantages de la première, à l'exception de ceux sur la nutrition et sur la santé. Il génère un ratio RAC de 1,29 dans le scénario moyen. Pour l'intervention sur le biogaz, les principaux avantages proviennent de la vente de gaz naturel. La vente d'engrais organique procure un autre revenu direct. Les avantages économiques pour les ménages comprennent l'énergie, le temps et l'argent économisé avec l'utilisation d'un carburant et d'une cuisinière plus efficaces. Par exemple, *les coûts quotidiens pour les ménages utilisant le gaz naturel sont estimés respectivement 38 % et 21 % plus faibles qu'avec le charbon de bois et le propane*. Les valeurs indirectes comprennent : des avantages pour la santé (réduction de la pollution de l'air domestique en raison des cuisinières propres), des avantages pour l'environnement (réduction de l'utilisation du charbon de bois jusqu'à 380 000 tonnes). Cette intervention génère un RAC) de 2.18 dans le scénario moyen. Les avantages sont partagés entre les promoteurs de biogaz, les ménages utilisant le biogaz et l'ensemble de la société en termes de meilleure santé et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. D'autres effets externes existent, mais n'ont pas été inclus dans l'analyse, par

exemple : une plus grande perspective d'emploi, une balance commerciale améliorée, une meilleure hygiène. Un tableau récapitulatif du RAC suit pour chaque intervention pour une période de 20 ans.

Tableau récapitulatif du RAC (coûts et avantages en milliards de gourdes, taux d'actualisation de 5 %)

Interventions	Avantage	Coût	BCR	Qualité des éléments de preuve
Agrosylviculture optimale	963,12	321,93	2,99	Moyenne
Structure du prix du carbone	51,47	39,96	1,29	Limitée
Intensification du biogaz	290,20	132,97	2,18	Moyenne

Source : Calculs de l'auteur

Remarques :

1. Pour l'intervention sur l'agrosylviculture, les coûts et les avantages sociaux (carbone, biodiversité, santé et régulation) sont inclus. La DALY est évaluée à 3 x PIB par habitant.
2. Pour l'intervention sur un prix du carbone, les coûts et les avantages sociaux (carbone, biodiversité, règlement) sont inclus, mais pas les avantages sur la santé.
3. Pour l'intervention sur l'intensification du biogaz, les coûts et les avantages sociaux (carbone et santé) sont inclus. Le DALY est évaluée à 3 x PIB par habitant.

Une analyse de sensibilité est faite pour chaque intervention. Sur le cas particulier de l'intensification du biogaz, si les avantages environnementaux et pour la santé ne sont pas inclus, le RAC d'un point de vue privé reste encore élevé (1,86) sous le même ensemble de paramètres du scénario moyen. Étant donné le coût d'investissement élevé pour les installations de biogaz, il est conseillé d'utiliser une approche échelonnée et un partenariat public/privé pour la mise en œuvre de ces usines.

<b>1. INTRODUCTION ET CONTEXTE.....</b>	<b>1</b>
<b>2. EXAMEN DE LA LITTERATURE .....</b>	<b>4</b>
2.1 AU NIVEAU INTERNATIONAL.....	4
2.2 AU NIVEAU NATIONAL .....	7
<b>3. DONNEES SOURCES ET METHODE .....</b>	<b>9</b>
3.1 INTERVENTION AGROSYLVICULTURE OPTIMALE.....	9
3.2 L'INTERVENTION SUR LA STRUCTURE DU PRIX DU CARBONE.....	17
3.3 INTERVENTION SUR L'INTENSIFICATION DU BIOGAZ .....	21
<b>4. CALCUL DES COUTS ET AVANTAGES ET DISCUSSION .....</b>	<b>28</b>
4.1. PRINCIPAUX RESULTATS AVEC UNE ANALYSE DE SENSIBILITE .....	28
4.2 ANALYSE DE SENSIBILITE ADDITIONNELLE ET DISCUSSION GENERALE	
4.2.1. ANALYSE DE SENSIBILITE ADDITIONNELLE .....	30
4.2.2. <i>Discussion générale</i> .....	34
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>37</b>
<b>6. RÉFÉRENCES.....</b>	<b>39</b>

## 1. Introduction et contexte

Les dirigeants mondiaux lors du sommet des Nations Unies (ONU) sur le développement durable se sont mis d'accord sur un plan d'action en septembre 2015 *Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030* (ONU, 2015). Ce plan souligne la nécessité d'étapes audacieuses et de transformation pour faire avancer le monde sur une trajectoire durable et résistante. Il comporte 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) et met l'accent sur leur caractère intégré ; ce qui démontre l'ampleur et l'ambition du plan. Deux de ces 17 ODD (ODD 2 et 15) sont particulièrement pertinents pour l'agroforesterie. Spécifiquement l'ODD 2.4 stipule que : " À l'horizon 2030, assurer des systèmes de production alimentaire durables et mettre en œuvre des pratiques agricoles résistantes qui augmentent la productivité et la production, qui aident à maintenir des écosystèmes, qui renforcent la capacité d'adaptation au changement climatique, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et qui progressivement améliorent la qualité des terres et du sol." En ce qui concerne l'ODD 15, elle stipule : " Protéger, restaurer et promouvoir l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification et arrêter et inverser le processus de dégradation des terres et stopper la perte de biodiversité."

Malgré tout, entre 70 % et 95 % de l'énergie utilisée pour la cuisson en Haïti provient des combustibles solides (bois et charbon de bois), selon respectivement le rapport annuel de l'UNEP (2011) et Haïti *Enquête Mortalité, Morbidité et Utilisation des Services* (EMMUS) de Cayemittes *et al.* (2013). Étant donné qu'il n'y a eu aucun programme systématique pour utiliser cette source d'énergie de manière efficace et pour la renouveler, cette situation est très préjudiciable pour les forêts du pays. Aujourd'hui, la superficie forestière originelle n'est que de 3,5 %, selon la FAO (2015a), alors que d'autres sources la placent jusqu'à 30 % (églises *et al.*, 2014). Les efforts déployés par le gouvernement haïtien, à travers le Ministère de l'environnement, démontrent sa volonté de s'attaquer au problème de la déforestation en se penchant sur la production de charbon de bois et des prédateurs de l'environnement. Le

problème a été traditionnellement abordé en ayant recours à des mesures répressives. De toute évidence, compte tenu de la situation actuelle, l'utilisation du pouvoir coercitif n'a pas donné les résultats escomptés. Il convient d'examiner également la puissance douce, telle que présentée dans les nouveaux modes de gouvernance (OMS, 2011).

Cette approche de la puissance douce est d'autant plus importante que nous sommes confrontés à un *méchant* problème. En effet, les causes de la déforestation en Haïti sont complexes. L'insécurité foncière est celle qui est particulièrement étudiée. Les agriculteurs n'ont pas intérêt à s'engager dans des pratiques agricoles durables, étant donné qu'ils font face à de l'incertitude à moyen et à long terme en raison du système de bail indirect (*de-mwatyé*), ils sont plus préoccupés par les besoins à court terme comme fournir de la nourriture et des vêtements à leurs familles. Par conséquent, ils pratiquent une agriculture minière (Hilaire, 1995). Ils diversifient leurs sources de revenus (bétail, production de charbon, main-d'œuvre pour d'autres agriculteurs, etc.) pour lutter contre la pauvreté et les inégalités. Ils privilégient les activités non forestières, même sur les pentes raides, signifiant des revenus plus fréquents au détriment de la stabilité des sols.

Dans ce contexte, le document présent suggère de s'attaquer à la question de la déforestation en amont et en aval. Il identifie trois interventions qui peuvent stimuler la reforestation et contribuer à renforcer la chaîne de valeur de l'agroforesterie en Haïti : l'agrosylviculture optimale, une structure du prix du carbone et l'intensification du biogaz pour la cuisson. L'agrosylviculture est un système d'administration de l'utilisation des terres dans lequel les arbres sont cultivés autour ou entre les cultures ou les pâturages. Elle peut être gérée afin d'être connectée à différents marchés des produits de grande valeur, y compris des marchés non traditionnels comme celui du carbone. L'essence sélectionnée pour la première intervention est le moringa ou *benzoliv* en créole (*Moringa olifeira*). Cet arbre prend en grande partie soin de lui-même et il est donc idéal pour les agriculteurs haïtiens. C'est une essence à forte croissance et elle est connue pour être comestible (les feuilles et les gousses), en plus d'avoir des avantages pour l'environnement et pour la santé. La culture agricole considérée est l'arachide, également appelé cacahuète (*pistash* en créole). C'est une source de nourriture et de revenus dans les

zones rurales d'Haïti. En choisissant le moringa comme essence privilégiée pour la forêt, deux questions cruciales en Haïti sont abordées : la sécurité alimentaire et la pauvreté. Bien qu'une seule culture soit représentée pour cette intervention, une rotation est recommandée afin d'améliorer la fertilité des sols. Les autres cultures agricoles incluent: le sorgho, le maïs, les haricots, la canne à sucre, le café et le vétiver. Pour la deuxième intervention, une structure (sous la forme de la documentation certifiée, de processus et de régulations) est nécessaires afin de connecter la nouvelle zone de boisement au marché international du carbone. Toute essence adaptée aux terres marginalisées peut-être être choisie par les agriculteurs. Enfin, la troisième intervention (biogaz) fait référence à un mélange de différents gaz (environ 55 à 65 % de méthane, CH<sub>4</sub>) produit par la décomposition des matières organiques en l'absence d'oxygène. Une fois que le biogaz est épuré, il est désigné comme gaz naturel ou GNL (gaz naturel liquéfié) avec 95 % de méthane. Étant donné que le biogaz est un substitut du charbon de bois, exploiter le potentiel de cette source locale d'énergie finira par faire baisser la pression sur la déforestation. C'est un soutien indirect à la promotion de la reforestation en Haïti. Il est à noter que les premières et deuxièmes interventions doivent être mises en œuvre dans les zones rurales et représentent ainsi, celles en amont. En ce qui concerne la troisième intervention, ce sont les biogaz au niveau industriel dans les zones urbaines qui sont considérés dans cette étude ; par conséquent, elle représente celle en aval.

Alors que des études ont abordé précédemment la déforestation en Haïti avec une perspective ACA (USAID, 1990 ; SFA, 2015 ; MARNDR-BRH, 2016), à notre connaissance, aucune n'a considéré une telle approche intégrée pour Haïti précédemment. En outre, l'analyse coûts-avantages (ACA) présentée pour chaque intervention prend en compte un large éventail de services. Ainsi, la forêt est gérée non seulement pour son bois, mais aussi pour des services tels que la nutrition et la santé, les puits de carbone, la biodiversité, la régulation. De même, l'ACA pour le biogaz compte non seulement la production de biogaz elle-même, mais aussi les boues, les avantages pour l'environnement, la santé et les avantages sociaux. Ces études approfondies d'ACA pour n'importe laquelle de ces trois interventions associées n'ont pas été faites pour Haïti précédemment. Par conséquent, cette étude représente une contribution importante pour la littérature.

Le reste du document est défini comme suit. Après avoir effectué un examen de la littérature dans la prochaine section, nous présentons les sources de données et la méthodologie dans la troisième section. Les estimations clés d'ACA pour chacune de ces trois interventions sont fournies et discutées à la section 4. Le document se termine par une conclusion à la section 5.

## 2. Examen de la littérature

### 2.1 Au niveau international

Parmi les nombreuses essences forestières différentes, il est intéressant de noter l'intérêt pour le Moringa dans les organismes de développement international, en particulier ceux liés au système des Nations Unies (FAO, UNICEF, PAM).<sup>1</sup> La FAO mentionne le moringa comme un atout pour lutter contre la désertification, la protection des cultures dans les zones arides et contribuer à améliorer la sécurité alimentaire chez les ménages ruraux et périurbains (disponibilité accrue d'une haute valeur nutritionnelle sur de longues périodes pendant toute l'année, meilleur revenu par le biais de la vente de la production et mise en place de petites unités de traitement des produits de la plante). Aujourd'hui, ces organismes voient le moringa comme un moyen de lutte contre la malnutrition dans le monde, particulièrement en Afrique, en Asie et dans une moindre mesure en Amérique (FAO, 2016 ; WFC, 2015).<sup>2</sup>

Il est important de mettre l'accent sur la mise en place de mécanismes financiers pour le développement du secteur par des groupes financiers internationaux comme le Fonds Moringa. Selon le document MARNDR-BRH (2016) préparé par Agroconsult Haïti SA, ce fonds d'investissement a un objectif d'investissement final de 100 millions d'Euros (€). La zone d'investissement ciblée par ce fonds est l'Amérique latine et l'Afrique (sud du Sahara). Le Fonds investit de 4 à 10 millions € par an dans des projets rentables d'agroforesterie, à grande échelle avec des impacts environnementaux et sociaux élevés. Il est à noter qu'en 2014, la Banque africaine de développement (BAD) a investi 10 millions € dans le Fonds Moringa.

---

<sup>1</sup> FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture; UNICEF: Fonds des Nations unies pour l'enfance (anciennement UN International Children's Emergency Fund); PAM: Programme alimentaire mondial.

<sup>2</sup> Le World Forestry Congress (WFC) est un événement clé pour la communauté internationale de la sylviculture. Elle est organisée conjointement par la FAO et le pays hôte, et a lieu tous les 6 ans.

La deuxième intervention a aussi une importance au niveau international. Selon la Banque mondiale (2014), environ 40 juridictions nationales et plus de 20 juridictions infranationales (y compris les États-Unis et la Chine : les deux émetteurs les plus importants au monde) ont établi un prix du carbone. " Ensemble, ces instruments de tarification du carbone couvrent presque 6 Gt CO<sub>2</sub> ou environ 12 % des émissions annuelles mondiales de GES." Les dirigeants s'unissent actuellement, via le Carbone Pricing Leadership Coalition (CPLC, 2015), en demandant un prix du carbone. Convoqué par le Président du groupe de la Banque mondiale et le directeur général du Fonds monétaire international, ce panel pour un prix du carbone inclut des membres éminents et il est rejoint dans cette démarche par le Secrétaire général de l'OCDE.

Pendant ce temps, des structures sont en place pour relier des exploitants forestiers dans le monde entier au marché international du carbone. Par exemple, le programme Verified Carbon Standard (VCS) développe et gère des normes et des cadres pour examiner minutieusement les efforts de développement environnemental et durable, pour renforcer leurs capacités et les associer à un financement. En assurant des normes solides, pratiques et transparentes, VCS peut quantifier les avantages et conduire des investissements dans des projets et des programmes responsables, à haute performance (VCS, 2016). Des cabinets de consultants, comme Winrock International<sup>3</sup> sont créés pour aider les agriculteurs dans ce processus.

Malgré cet effort, le prix de marché du carbone sur le marché international a tendance à diminuer jusqu'au point qu'il est actuellement inférieur au prix social du carbone avec un taux d'actualisation raisonnable. En fait, le prix actuel à l'European Climate Exchange (ECX) est de 4,30 € (ou environ 4,60 \$US) par tonne de CO<sub>2</sub> équivalent, il était à son plus haut à 9,43 € (ou environ 11,90 \$US) en 2012. Il est à noter qu'avec un taux d'actualisation de 3 % et 5 %, le coût social du carbone est respectivement de 22,9 \$US/t CO<sub>2</sub> et 5,18 \$US (Tor, 2011).

Enfin, avec la capacité de production mondiale en place de plus de 800 milliards pi<sup>3</sup> / an- représentant près de 14,5 GW de capacités de production d'énergie renouvelable, le biogaz est monté en puissance au niveau international (Pike Research, 2012).<sup>4</sup> Le marché en pleine

---

<sup>3</sup> <https://www.winrock.org/about/>

<sup>4</sup> 1 m<sup>3</sup> (@ 101.325 kPa and 15° C) = 35.3147 pied cube (cf) gaz naturel (@ 14.73 psia et 60° F).



croissance a atteint 17,3 milliards\$ de revenu global en 2011. Malgré tout, le biogaz reste un acteur relativement mineur au sein de la bioénergie dans le monde. Au niveau régional en 2012, on a estimé à 576 centres d'enfouissement des déchets à travers les Etats-Unis, qui ont capté du biogaz issu de déchets en décomposition. Pendant ce temps, plus de 7 000 installations de digesteurs anaérobies de ferme (DA) dans toute l'Allemagne ont produit environ 2 291 mégawatts (MW) de puissance à partir de fumier et des résidus agricoles. Au moins 11 milliards de pieds cube par an de capacité de production de gaz naturel renouvelable (GNR) étaient attendus à la fin de l'année 2012. Même si la production de biogaz est la plus élevée en Europe, elle est également relativement importante en Amérique du Nord et en Asie Pacifique (voir figure 1).

Figure 1: Production de biogaz (ktoey-1) en 2012 et tendance jusqu'à 2022 dans différentes régions du monde<sup>5</sup>

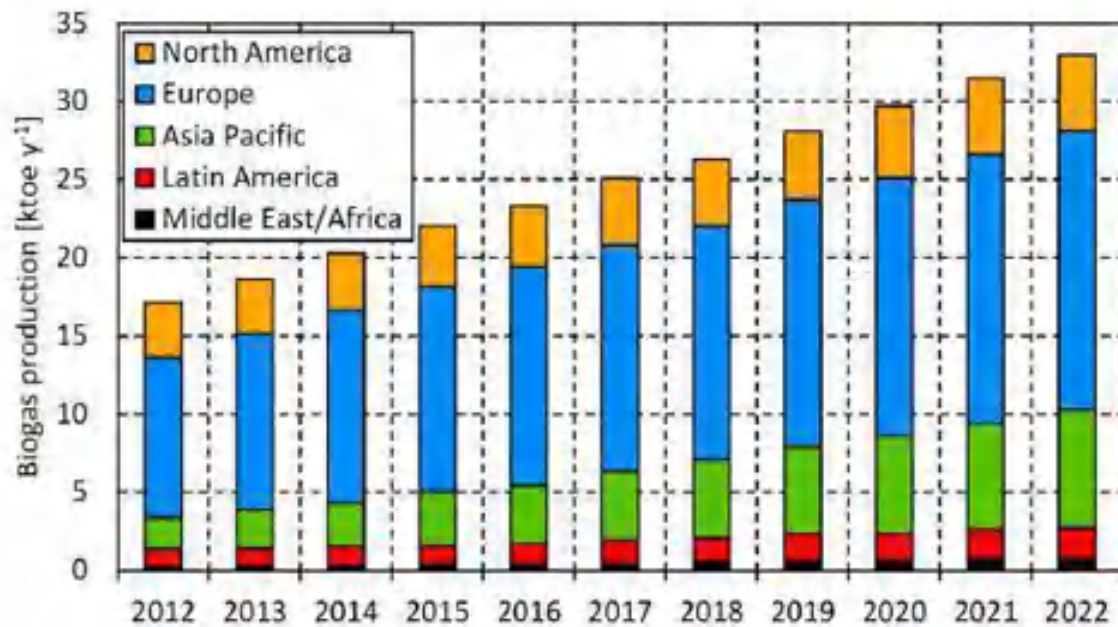
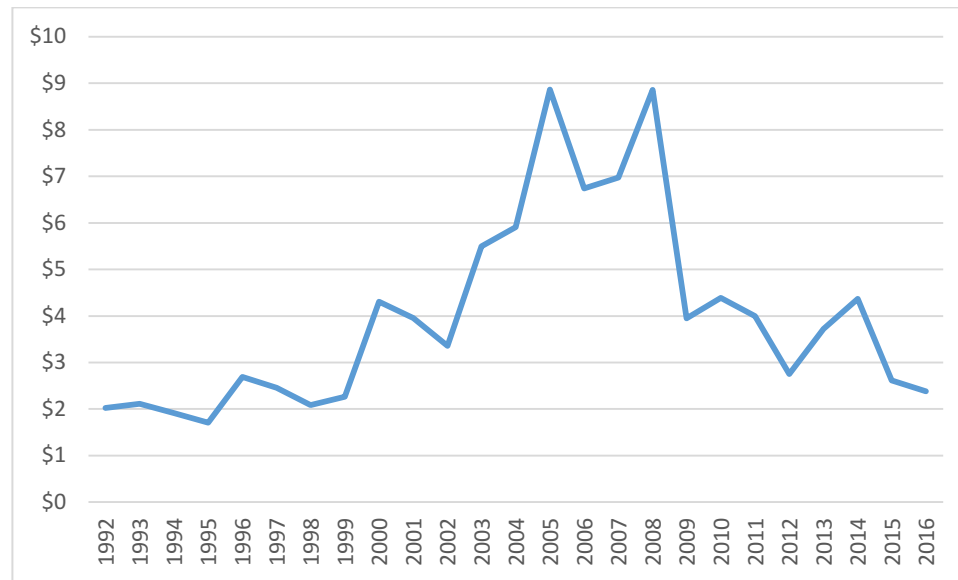


Figure 1. Biogas production at 2012 and trend to 2022 in different areas of the world (Pike Research, 2012).

Tandis que les opportunités abondent, les prix faibles du gaz naturel devraient entraver la croissance du marché. La figure suivante décrit la tendance de 1992 jusqu'à 2016.

<sup>5</sup> ktoey<sup>-1</sup> = kilotonne de pétrole équivalent par année.

Figure 2. Tendence des prix du gaz naturel, US\$/MBTU, 1992 à 2016



Source: Index Mundi: <http://www.indexmundi.com/commodities/>

Passant d'un plus haut de 8,9 \$/ MBTU <sup>7</sup> en 2005 et 2008, il est à un plus bas de 2,4 \$/ MBTU actuellement. Cela correspond à un plus haut de 0.314 \$/m<sup>3</sup> et à un plus bas de 0,085 \$/m<sup>3</sup>. Pour mettre cela en perspective, le prix du propane est corrélé au prix du gaz naturel, avec la même tendance baissière récente (d'un plus haut d'environ 1,50 \$/ gallon en 2008 et en 2011 à un plus bas de 0,47 \$/ gallon actuellement).

## 2.2 Au niveau national

Le moringa est connu en Haïti depuis plus d'un siècle, mais a été en grande partie négligé. Depuis les années 1980, la région de Limonade / Quartier Morin, dans le département du Nord, a la plus forte concentration de cet arbre, qui est bien intégré aux systèmes de cultures et de bétail dans cette région. Durant les années 1990, des institutions comme le Pan-American Development Fund (PADF), le Mouvement Paysan Papaye (MPP) et d'autres acteurs ont encouragé la production de moringa dans plusieurs régions du pays (MARNDR-BRH, 2016). C'est seulement en 2013 que la culture du moringa a connu un regain d'intérêt dans tout le pays avec la campagne de promotion lancée dans le cadre du programme national pour la culture et l'utilisation du moringa oleifera avec le soutien de la *Commission Nationale de Lutte contre la*

<sup>6</sup> MBTU = Million de BTU (Unité Thermique Britannique).

*Faim et la Malnutrition* (COLFAM) en coordination avec le MARNDR , *Ministère de la santé publique et de la population* (MSPP) et le *Ministère de l'environnement* (MDE). Aujourd'hui, l'arbre se trouve présent à différents niveaux dans tous les départements du pays (MARNDR-BRH, 2016 ; Tableau 13 et Figure 1). En outre, la *Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle* (MENFP), en partenariat avec l'UNICEF, le PAM et de nombreuses autres organisations, a récemment intégré la poudre de moringa dans son programme de cantine scolaire (MENFP, 2016).

En ce qui concerne l'intervention sur le biogaz, il y a eu quelques projets récents sur les biogaz en Haïti. Ils sont mis en œuvre par certaines organisations intergouvernementales (OIG), par des organisations non gouvernementales internationales (ONGI), par le gouvernement haïtien ou par une combinaison de ces entités. Entre autres, on peut mentionner : un projet pilote intitulé « Communauté du biogaz et modernisation des toilettes latrines publiques », qui a débuté en 2008 ; un projet pilote de coopération multipartite a débuté en décembre 2009 — *Université Quisqueya* (Haïti), *Institut National des Sciences Appliquées* (INSA) de Lyon (France), *Société de Rhum Barbancourt* (Haïti) et d'autres ; l'initiative *Development Innovation Ventures* (DIV) ; les deux unités de production de biogaz construites par *Viva Rio* (une ONG brésilienne) pour la communauté de *Kay Nou*, un camp pour les victimes de tremblement de terre de 2010 ; la *DINEPA* (2010) une stratégie pour les biogaz bénéficiant de l'appui d'un groupe de travail technique sur les biogaz avec des membres de grandes organisations telles que l'*USAID* (United States Agency for International Development), le *PNUE* (programme des Nations Unies pour l'environnement), l'*UNICEF* (fonds des Nations Unies pour l'enfance), l'*UNOPS* (Bureau des Nations Unies pour les services d'appui aux projets) et *Viva Rio* ; l'installation aménagée à la *Cité Soleil* par le bataillon brésilien des Nations Unies pour convertir les déchets humains en biogaz. Il est à noter que toutes ces interventions ont un statut de pilote ou de projet ; aucun n'a été conçu comme (ou converti en) un programme. On trouvera plus de détails sur ces projets susmentionnés chez *Ariste* (2015).

Au meilleur de nos connaissances, une structure du prix du carbone n'a pas encore une place de premier plan en Haïti. Toutefois, le gouvernement haïtien a présenté son nouveau plan d'action

climatique à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Dans cette contribution décidée à l'échelle nationale (INDC), le pays envisage d'accéder aux marchés du carbone afin de financer une partie des mesures conditionnelles de sa contribution (MDE, 2015). Les autres objectifs de cette INDC associées à nos interventions comprennent : 1) réduire les émissions de GES du pays entre 5 % et 31 % par rapport au scénario de référence d'ici 2030 ; 2) semer 137 500 hectares (ha) de forêt d'ici 2030 en privilégiant les essences locales (dont 100 000 ha sous condition entre 2020 et 2030) et 3) réduire la consommation de combustibles solides de 32 % d'ici 2030.

### 3. Données sources et méthode

Les coûts et avantages utilisés dans cette analyse proviennent d'une grande variété de sources, en fonction des interventions. En conséquence, elles seront présentées séparément pour chaque intervention. Il est à noter que tous les coûts et les avantages sont actualisés en utilisant un taux de 3 %, de 5 % et de 12 % ; le taux de 5 % étant le scénario moyen. Toutes les valeurs en dollars US ont été convertis en gourde haïtienne (HTG) avec un taux de change de 1 US\$ = 63,38 HTG (prix de vente et d'achat moyen, BRH, juillet 2015). <sup>7</sup>

#### 3.1 Intervention agrosylviculture optimale

Afin d'arriver à une estimation des coûts incrémentaux pour cette intervention, nous avons pris en compte deux catégories de coûts : la main d'œuvre (nettoyage, labourage, plantation, désherbage, récolte) et d'autres coûts (terre, semis, installation des clôtures, transport, promotion et formation). Parce que le composant de l'arbre est l'objet de cette intervention qui se déroule principalement sur les terres non irriguées, des contributions utilisées pour augmenter le rendement des cultures, telles que les semences améliorées et les engrais, n'ont pas été pris en considération. Les données de terrain recueillies par l'un des agents locaux du CCC et des contacts personnels de l'auteur ainsi que le document du MARNDR-BRH (2016) ont été utilisés pour estimer ces coûts. Le cas échéant, des ajustements ont été opérés à l'aide d'hypothèses fournies par la CCC ou de données recueillies de l'auteur. Les coûts sont fournis sur

---

<sup>7</sup> BRH: Banque de la République d'Haïti. [http://www.brh.net/taux\\_de\\_change.html](http://www.brh.net/taux_de_change.html)

une base d'un hectare afin de refléter le fait que les exploitations agricoles haïtiennes sont morcelées et pour rendre les mesures plus significatives.<sup>8</sup> Ils sont estimés à 129 185 HTG/ha la première année et 94 945 les années suivantes. Les coûts sont également fournis pour l'ensemble de l'intervention afin de refléter le point de vue des décideurs politiques ; ils sont estimés à 32,58 milliards \$ la première année et 23.94 les années suivantes. Une répartition est fournie au tableau 1.

**Tableau 1: Répartition des coûts annuels incrémentaux pour l'intervention sur l'agrosylviculture optimale**

Type de coût	Coût année 1 (HTG/ha)	Coûts années suivantes en (HTG/ha)	Coût total année 1 (en millions HTG)	Coût total les années suivantes (en millions HTG)
Location des terres et coût supplémentaire	1 923	1923	484.93	484.93
Promotion et formation	300	60	75,65	15.13
Main d'oeuvre				
Nettoyage, labourage	10 000	5 000	2521.74	1260.87
Semis - moringa	24 000	0	6052.18	0
Semis- arachides	6 000	6 000	1513.04	1513.04
Plantation de moringa	5 000	0	1260.87	0
Plantation d'arachides	2 500	2 500	630,44	630,44
Désherbage (3 x / an)	33 600	33 600	8473.05	8473.07
Récolte du moringa	24 000	24 000	6052.18	6052.18
Récolte d'arachides	8 000	8 000	2017.39	2017.39
Transports feuilles de moringa	4 800	4 800	1210.44	1210.44
Transports gousses de moringa	7 200	7 200	1815.65	1815.65
Transports arachide	1 862	1 862	469.55	469.55
<b>Total</b>	<b>129 185</b>	<b>94 945</b>	<b>32,577.10</b>	<b>23,942.66</b>

Source : Compilation de l'auteur et MARNDR-BRH (2016)

Il est à noter que l'intervention couvre 257,000 petits agriculteurs sur 252.174 ha, ce qui représente 9,2 % de la couverture forestière supplémentaire. Elle exclut la savane et les terrains rocheux. La durée du programme est de 20 ans.

Pour les avantages directs incrémentaux, les mêmes sources ont été utilisées : données du terrain collectées par l'un des agents locaux du CCC et par les contacts personnels de l'auteur

<sup>8</sup> La mesure des terres utilisée en Haïti est le *carreau (carr.)*. 1 *carreau* ≈ 1.3 ha. Le cout de la location annuelle des terres varie de 7.500 gourdes/carr dans les zones irriguées à 3.500 gourdes dans les zones humides. Il est plus faible dans les zones montagneuses, environ 2.500 gourdes. Le cout varie d'une région à l'autre en fonction de son degré d'isolement.

ainsi que des publications existantes (USAID, 1990 ; CNSA, 2012 ; FAO, 2015b ; MARNDR-BRH, 2016). Les avantages directs incluent : les revenus issus de la vente des feuilles, des graines et du bois de moringa, ainsi que des cacahuètes. On sait que les feuilles de moringa sont récoltées quatre fois par an pour un rendement moyen de 0,75 kg / arbre à chaque fois (MARNDNR-BRH, 2016). Avec une densité de 400 arbres par ha, cela donne 1200 kg de feuilles par an (voir tableau 2). En ce qui concerne les graines, elles sont récoltées trois fois par an pour un rendement moyen de 1,5 kg / arbre à chaque fois ; ce qui donne 1 800 kg de graines par ha. Le rendement de l'arachide en Haïti est estimé à 950 kg/ha (CNSA, 2012 ; FAO, 2015b). Le prix de 1 kg d'arachide non décortiquée est de 129 HTG<sup>9</sup>. Le bois est vendu comme poteau après 20 ans. Le prix par arbre/poteau (850 HTG) déduction faite des coûts de récolte est considéré comme une estimation prudente. Avec une densité de 400 arbres/ha, cela donne un total non actualisé de 340 000 HTG ou 211 820 après qu'un taux d'actualisation de 5 % soit appliqué (10 593 HTG/ha/an).

Cette intervention comprend également des avantages indirects incrimementaux : environnementaux (puits de carbone, biodiversité et régulation) et pour la santé. Comme le montre Ariste et Lasserre (2001), en tenant en compte le fait que la capacité d'un peuplement forestier à capter le dioxyde de carbone augmente la valeur marchande du peuplement et l'activité forestière devient socialement plus rentable (externalité positive). Il y a des méthodes pour estimer cet avantage indirect et internaliser la fonction de production des agriculteurs.

Le carbone enfermé dans une forêt peut être évalué par l'équation suivante :

$$\text{Valeur carbone} = \text{Prix pour 1 tonne d'émission de } CO_2 * \text{Quantité de } CO_2 \text{ stocké par ha (1)}$$

Le prix d'une tonne d'émission de  $CO_2$  varie considérablement dans le monde entier (EESI, 2012). Le European Climate Exchange (ECX) répertorie le prix d'une tonne métrique de  $CO_2$  équivalent sur le marché international. Comme indiqué dans la section sur le contexte international, le prix de marché est actuellement en-dessous du coût social du carbone. Selon nos estimations, au taux de change 1 \$US = 63,38 HTG, nous conservons les coûts sociaux

---

<sup>9</sup> Base sur le prix d'1 marmite (2.45 kg) de cacahuètes non décortiquées pour 450 HTG et le ration non-décortiquée: décortiquée pour les cacahuètes est de 0.70.

trouvés chez Tol (2011) : 1,451 ; 328 et 0 HTG/t.  $C O_2 e.$  avec des taux d'actualisation de respectivement 3 %, 5 % et 12 %. Cela suppose implicitement que le prix social international du carbone est applicable à Haïti.

Le deuxième élément de l'équation est la quantité de  $CO_2$  stockée par ha de forêt. En fonction, entre autres, de l'âge, de la zone climatique, du type de forêt et de sol, un ha d'arbres capte 1 à 10 tonnes de  $CO_2$  par an. À titre indicatif, les arbres en Europe captent en moyenne 200 tonnes de  $CO_2$  par ha sur une période de 40 ans ; ou une moyenne de 5 t/an (SICIREC, 2009). Outre le  $CO_2$  que les arbres captent, ces derniers ont une influence positive sur le captage du carbone de l'ensemble de la biosphère (y compris les arbustes d'autres végétaux et le sol) dans la zone environnante, à la fois sous le sol et hors sol. Ainsi, le captage du carbone accumulé d'un ha de forêt peut varier de 300 tonnes (7,5 t/an) en Europe à plus de 600 tonnes (15 t/an) dans les régions tropicales, où la croissance des forêts est plus rapide (SICIREC, 2009). Par ailleurs, le CCX (2009) estime qu'une forêt de chênes-pins dans le centre-sud des USA capte environ 2,3 t/acre/an ou 5,7 t/ha/an (1 ha = 2,471 acres) ; ce qui correspond à peu près aux estimations du SICIREC pour les arbres en Europe. En Haïti, compte tenu du climat tropical et de l'effet sur l'ensemble de la biosphère, nous supposons prudemment qu'un ha de forêt naturelle peut capter 9 tonnes de  $CO_2$  par an.

Toujours d'un point de vue sociétal, la forêt offre un ensemble diversifié d'habitats pour les plantes, les animaux et les micro-organismes. Par conséquent, la forêt détient la majorité des espèces terrestres du monde et doit également être évalué pour sa biodiversité. Peu d'études ou d'organismes se sont intéressés à cette question<sup>10</sup>. Tao et al (2012) estime que les répondants paieraient pour la restauration et la protection de la forêt environ 238 yuans par mu par an (environ 558 \$US par ha par an)<sup>11</sup> en Chine alors que cette valeur est environ 9 \$US en Tanzanie (Schaafsma et al., 2014). Ces valeurs représentent respectivement environ 8,2 % et 1,3 % du PIB de ces pays. Il a été considéré que la volonté de payer pour la biodiversité en Haïti est de 4,7 % du PIB du pays (moyenne des valeurs en Chine et en Tanzanie) ; ce qui correspond à 1711

---

<sup>10</sup> Parmi quelques-unes, The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) est une initiative globale qui se concentre sur reconnaître, démontrer et capter la valeur de la nature.

<sup>11</sup> En utilisant les paramètres de conversion: 1 ha = 15 mu et \$US 1 = 6.4 yuan.

HTG/ha. Dans les pays en développement, Markandya et al. (2008) a constaté que la majorité des valeurs pour les produits forestiers hors bois (PFNL) sont à moins de 100 \$/ ha/an, à beaucoup moins de 10 \$/ ha/an en termes de flux de valeurs. Ces chiffres ont été obtenus à partir d'une analyse de 40 études. Il est à noter que le Ecosystem Service Valuation Database (ESVD) permet de dégager des valeurs à partir d'une source plus complète, actualisée et basée sur les niveaux de revenu des pays ainsi qu'à partir de services écosystémiques spécifiques (Van der Ploeg et de Groot, 2010) .<sup>12</sup> Cependant, dans cette étude, nous avons également tenu compte du niveau de revenu et du type de services écosystémiques.

Le troisième avantage environnemental inclus dans cette analyse est la régulation des services (débit de l'eau, prévention de l'érosion, modération des perturbations, traitement des eaux usées, pollinisation, entretien de la fertilité du sol). Les inondations sont un grave problème récurrent en Haïti principalement en raison de circonstances anthropiques : déforestation, érosion des sols et faible système de drainage. Après de telles inondations, le résultat est habituellement lourd en termes de nombre de victimes.<sup>13</sup> Par conséquent, les services de régulation des forêts sont très importants pour Haïti et doivent être pris en compte. De Groot et al. (2012) dans *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)* examine différentes études sur l'évaluation de la forêt. Elles mentionnaient que la valeur de régulation du débit de l'eau par ha était de \$2 en Australie (Curtis, 2004) et 682 \$ en Malaisie (Kumari, 1996) en dollars internationaux de 2007. Ces valeurs représentent moins d'un point de pourcentage du PIB australien mais jusqu'à 7,9 % du PIB malaisien. La valeur de régulation du débit de l'eau en Haïti a été estimée à la moyenne de ces pourcentages du PIB (4 % du PIB haïtien soit 1 430 HTG/ha en 2016).

Quant aux avantages pour la santé, ils peuvent être évalués par l'équation résumée comme suit :

---

<sup>12</sup> <http://es-partnership.org/services/data-knowledge-sharing/ecosystem-service-valuation-database/>. La consultation de cette base de données ne génère pas de cas substantiellement plus élevés quand ils sont filtrés par niveau de revenu du pays ou par services d'écosystème.

<sup>13</sup> Plus de 30 inondations causant des décès, et des disparitions de personnes et endommageant des propriétés ont été signalées depuis les années 1960 (Haïti référence, 2016). Par exemple, les inondations qui ont frappé les régions de Fond-Verrettes, du Sud-Est et du Sud en mai 2004 ont causé 1 232 morts ; 1 443 disparus et 31 130 personnes ont perdus leur propriété. La perturbation météorologique du 1 novembre 2014 dans le nord et l'ouest du pays a fait neuf morts en plus des centaines de maisons inondées, de nombreuses plantations détruites et d'un grand nombre de têtes de bétail emportées.



*Avantages pour la santé = Daly évitée \* valeur de DALY \* facteur d'actualisation (2)*

Où : une DALY est une année de vie ajustée en fonction de l'incapacité, un indicateur qui prend simultanément en compte la morbidité et la mortalité ; valeur DALY = 1 x, 3 x ou 8x PIB par habitant.

Pour chaque intervention avec des avantages pour la santé, nous estimons d'abord les DALY évitées à l'aide de la charge mondiale de morbidité. Ensuite, nous identifions les années pour lesquelles ces DALY ont été évitées, nous actualisons les DALY évitées et les multiplions par la valeur d'une DALY l'année durant laquelle la vie est sauvée.<sup>14</sup>

Dans le cas de la première intervention, le moringa a le potentiel de réduire la malnutrition maternelle et infantile, un facteur de risque responsable de 59,8 % des diarrhées, ce qui représente 2,9 % du nombre total des DALY en Haïti (GBD, 2015). Selon *Enquête Mortalité, Morbidité et Utilisation des Services* (EMMUS.-V., 2012. Enquête démographique et sanitaire par Cayemittes et al., 2013), il y a eu 88 décès pour 1000 naissances vivantes avant l'âge de 5 ans en Haïti.<sup>15</sup> Nous estimons alors le nombre de décès chez les nourrissons et les enfants avant l'âge de 5 ans (23 360).<sup>16</sup> Nous supposons que la consommation de feuilles et de gousses de moringa peut fournir 30 % de la réduction de 14 % du taux de mortalité des moins de 5 ans délivré par l'intervention Generasi en Indonésie (Mahmood et al., 2010 ; Lubina et al., 2015). Cela donne une réduction de 4,2 % en raison du moringa, que nous appliquons au nombre de décès des moins de 5 ans par ha (0,093). Ce qui nous donne la réduction du nombre de décès des moins de 5 ans par ha (0,004). La DALY pour une vie sauvée pour les moins de 5 ans est de 64,9 (tableau de survie d'Haïti de la CCC). Puis nous actualisons ce nombre et le multiplions par la réduction du nombre des décès des moins de 5 ans par ha pour obtenir la DALY par vie sauvée par ha (à un

---

<sup>14</sup> Un coefficient d'actualisation est appliqué à la DALY évitée parce que c'est une série d'avantages qui se produisent dans le futur. La déduction dans l'équation (2) amène à un équivalent annualisé. Puis, à l'aide de la formule, NPV on fait l'actualisation appropriée de cette valeur annualisée. Ainsi, les avantages pour la santé sont actualisés deux fois, ce qui n'est pas le cas pour les avantages immédiats.

<sup>15</sup> Ce qui est un taux de mortalité infantile et pour les enfants élevé par rapport au taux en Amérique latine et dans les Caraïbes de respectivement 24 et 18 décès pour 1000 en 2010 et 2015 (ONU IGME, 2015).

<sup>16</sup> En utilisant le taux brut de natalité de 25,8 pour 1 000 trouvés pour Haïti en 2012 dans la base de données de la Banque mondiale, nous avons (0.0258 \* 10, 288, 828 \* 0,088). Notez que l'estimation des décès des moins de 5 ans en 2015 de l'ONU IGME est de 18 000 pour Haïti ; niveau d'incertitude de 90 % : 14 000 et 23 000.

taux d'actualisation de 5 % par exemple, 0.0745). Ces DALY sont finalement converties en une valeur monétaire en dollar basée sur 1 DALY = 3 x PIB par habitant. L'analyse de sensibilité est fournie, avec 1 DALY = 1 x PIB par habitant et 8 x PIB par habitant. La malnutrition chronique peut aussi provoquer un retard de croissance, ce qui est relativement répandu en Haïti, 22 % chez les enfants de moins de 5 ans (USAID, 2014). Même si le retard de croissance habituellement ne pose pas de menace immédiate pour la vie, des études ont montré qu'elle réduit le revenu salarial plus tard dans la vie. A partir d'une enquête dans huit pays à revenu faible et moyen, Horton et Steckel (2013) ont découvert que la taille adulte finale était liée aux salaires, l'augmentation médiane étant de 4,5 %. En outre, la même source s'attend à ce qu'un lot d'interventions sur le retard de croissance soit efficace à 20 %.<sup>17</sup> En dépit du fait que la culture de moringa n'est pas une intervention qui vise à réduire le retard de croissance, les feuilles et les gousses de cette plante ont des valeurs nutritives importantes (USDA, 2016 ; Waterman, n.a) et peuvent être une importante source de nombreux nutriments essentiels en Haïti. Toutefois, les feuilles peuvent également contenir des niveaux élevés d'anti nutriments, qui peuvent réduire l'absorption des minéraux et des protéines (Teixeira et al., 2014). Des examens suggèrent également que les preuves pour les interventions en agriculture sur la nutrition sont fragiles (Girard et al., 2012. Webb et Kennedy, 2014 ; Oley et al., 2015). Pourtant, cela ne saurait être assimilé avec la preuve d'un impact nul (Webb et Kennedy, 2014). Cela étant dit, nous supposons que la consommation de moringa peut fournir seulement 15 % des 20 % de l'efficacité d'une intervention sur les retards de croissance. Cela se traduit par le fait que le moringa soit efficace à seulement 3 % dans la réduction des retards de croissance. Le tableau 2 présente les estimations de tous les avantages privés et sociaux inclus. Les avantages annuels se résument à 294 233 HTG/ha ou 74,2 milliards HTG pour l'intervention entière.

---

<sup>17</sup> Les autre 80 % de réduction nécessitent des changements pour les déterminants fondamentaux de la nutrition, telles que l'augmentation de la production agricole, une plus grande autonomisation des femmes, des investissements dans les installations sanitaires, etc.

Tableau 2: Répartition des coûts annuels incrémentaux pour l'intervention d'agrosylviculture optimale

Type d'avantage	Prix unitaire (HTG)	Nombre d'unités	Avantages (HTG/ha)	Montant total des avantages (HTG millions)
Privé				
Vente de feuilles de moringa	10	1 200 kg/ha	12 000	3,026.1
Vente de gousses de moringa	75	1 800 kg/ha	135 000	34,043.5
Vente d'arachides non décortiquées	128,84	950 kg/ha	122 393	30,864.3
Vente de bois, après 20 ans, d.r. 5 % <sup>un</sup>	850	400 messages	10 593	2,671.2
Augmentation des salaires en raison de la réduction des retards de croissance, de 5 % d.r	1.52	1 ha	1.52	0,4
Social				
Carbone, 3 % d.r.	1451.30	9 t CO2/ha	13 062	3,293.9
Carbone, 5 % d.r.	328,30	9 t CO2/ha	2 955	745.2
Carbone, 12 % d.r.	0	9 t CO2/ha	0	0
Biodiversité	1 711	1 ha	1 711	431,5
Règlement	4 355	1 ha	4 355	1,098.3
Santé, 3 pc x PIB, 3 % d.r.	109 407	0.1107 DALY	12 111	3,054.1
Santé, 3 pc x PIB, 5 % d.r.	109 407	0.0745 DALY	8 151	2,055.5
Santé, 3 pc x PIB, 12 % d.r.	109 407	0.0324 DALY	3 545	894,0
<b>Total privé</b>			<b>279 987</b>	<b>70,605.5</b>
<b>Total social, 3 x PIB ph, d.r. 5 %</b>			<b>17 172</b>	<b>4,330.4</b>
<b>Total général, 3 x PIB ph, d.r. 5 %</b>			<b>297 159</b>	<b>74,935.9</b>

Source : Compilation de l'auteur.

a: Les avantages pour la santé augmentent de 2,7 % par an selon les directives de la CCC pour valoriser les avantages pour la santé.

b: Le prix de 850 HTG pour un arbre fait abstraction des coûts de récolte et est une estimation prudente. Les observations sur le terrain indiquent que le prix brut peut varier largement en fonction de l'essence et le diamètre/âge de l'arbre, avec la fourchette haute jusqu'à cinq fois la fourchette basse.

Nous estimons les avantages pour la santé du moringa à travers les mécanismes d'amélioration de la nutrition : la réduction du taux de mortalité des moins de 5 ans (qui peut être due à la réduction de la diarrhée, d'un faible poids à la naissance et à d'autres causes) et des retards de croissance. Nous devons reconnaître que cette intervention peut améliorer la santé à travers une grande variété d'autres mécanismes, y compris avec les antioxydant, les protecteur de tissus

(foie, reins, cœur, testicules et poumons), les analgésiques, les antiulcéreux, les antihypertenseurs, la radioprotection, les immunomodulateurs et la purification de l'eau (Mahmood et al., 2010 ; Stohs et Hartman, 2015 ; Waterman, n.a).

### 3.2 L'intervention sur la structure du prix du carbone

Le coût total pour cette intervention comprend les coûts pour les secteurs publics et privés. Les coûts pour le secteur public sont liés à la structure d'un prix du carbone elle-même tandis que les coûts pour le secteur privé sont liés aux activités de plantation des arbres la première année. La zone d'intervention couvre 256 000 petits exploitants agricoles sur 250 796 ha et propose de réduire les émissions de GES de 2,26 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> EQ. Les coûts pour le secteur privé pour cette intervention comprennent le coût de location des terres, le labourage, le semis et la plantation. Le coût pour la plantation des arbres est plus élevé dans ces terres rocailleuses marginalisées. Nous supposons un taux de réussite de 25 % pour les semis, le coût de labourage et la plantation de l'arbre lui-même qui est 2,5 fois plus élevé que sur des terres typiquement non-marginalisées.<sup>18</sup> Après la première année, le terrain est laissé à lui-même ; aucun coût de désherbage n'est considéré. Les coûts d'infrastructure pour le secteur public pour cette intervention se réfèrent principalement aux coûts du programme VCS. Ces coûts sont fournis par le barème du programme VCS (VCS, 2015) et sont indiqués dans le tableau 3. Les coûts pour le secteur privé sont rapportés par ha et se résument à 109 023 HTG la première année et jusqu'à 1923 HTG les années suivantes. Pour l'ensemble de l'intervention, ce sont l'équivalent de 27,34 milliards HTG la première année et 482,28 millions HTG les années suivantes. Étant donné que les coûts totaux sont respectivement de 28,89 milliards la première année et 1,52 milliard ensuite, la part des coûts pour le secteur privé est prédominante la première année (environ 95 %), mais diminue considérablement les années suivantes (32 %)

---

<sup>18</sup> La réussite des semis a été de 40 % dans un projet de l'USAID (1990). La communication avec des spécialistes en agroforesterie confirme qu'il est beaucoup plus coûteux de planter des arbres dans des terres marginalisées. Par exemple, un trou plus grand et plus profond doit être creusé.

Tableau 3: Répartition des coûts annuels pour l'intervention sur une structure du prix du carbone

a) Coûts annuels pour le privé				
Type de coût	Coût année 1 (HTG/ha)	Coûts Années suivantes (HTG/ha)	Coût total année 1 (HTG millions)	Coût total les années suivantes (HTG millions)
Location des terres (par ha)	1 923	1 923	482.28	482.28
Travail (par ha)				
Labourage	25 000	0	6,269.90	0
Semis	69 600	0	17,455.34	0
Plantation	12 500	0	3,134.95	0
<b>Total du coût pour le privé</b>	<b>109 023</b>	<b>1 923</b>	<b>27,342.5</b>	<b>482,3</b>
b) coûts sociaux annuels				
<b>Coûts avec le programme VCS</b>				
Frais d'inscription <sup>a</sup>	n/a	n/a	0,63	0
Approbation de la méthodologie				0
Frais administratifs du processus			0,63	0
Frais d'inscription des experts			0,04	0,16
Frais annuels de vérification			0,16	13.59
Taxe de délivrance Verified Carbon Units (VCU) <sup>b</sup>			13.59	
<b>Coûts avec l'expert-conseil</b>				
Développement de la méthodologie	n/a	n/a	7.92	0
Tarif <sup>c</sup>			2.54	2.54
Frais de vérification				
Expertise locale <sup>d</sup>	n/a	n/a	1.20	1.20
Paiements en cours aux agriculteurs pour la réduction du carbone	4 073	4 073	1,021.47	1,021.47
Coût de fuite	1 580	0	396,2	0
Promotion et formation	400	0	100.32	0
<b>Total du coût social</b>	<b>n/a</b>	<b>n/a</b>	<b>1 545</b>	<b>1 039</b>
<b>Total des coûts sociaux et pour le privé</b>	<b>n/a</b>	<b>n/a</b>	<b>28,887.5</b>	<b>1,521.3</b>

Source : Compilation de l'auteur.

a : 0,10 \$ U.S x volume annuel estimé des réductions des émissions ; plafonné à 10 000 USD

b: 0,10 \$ U.S par VCU pour les premiers 1 million VCU ; 0,09 US\$ par VCU pour 1 million supplémentaire VCU ; 0,08 \$ US par VCU pour les 2 millions suivants ; 0,06 \$ US pour chaque VCU émis au-delà de 4 millions.

1VCU= 1 tonne de CO<sub>2</sub> EQ.

c: Les frais de développement de la méthodologie et la documentation du programme complet sont estimés à 125,000 \$US si une expertise locale est utilisée et pourraient aller jusqu'à 200 000 \$ US sans expertise locale. Pour la taxe utilisée dans ce tableau, nous supposons qu'une expertise locale est utilisée.

d: En supposant un salaire de 598 000 HTG par an pour un professionnel de haut niveau dans la fonction publique haïtienne (c'était le salaire prévu pour un directeur du service des ambulances au MSPP) et deux ETP (équivalent temps plein).

Les coûts de fuite signifient que les agriculteurs avec des arbres existants sur leur propriété seront payés la première année du programme. Ce coût de fuite (396,2 millions HTG) est nécessaire dans la conception du programme, car il vous aidera à empêcher que l'on profite du programme. Sinon, les agriculteurs peuvent couper leurs arbres existants et en planter de nouveaux pour gagner de l'argent plus tard.

En ce qui concerne les avantages, ils sont considérés à deux niveaux : privé et social. Tout comme les coûts, les avantages annuels pour le privé sont rapportés par ha et les avantages sociaux sont rapportés pour l'ensemble de l'intervention. Le tableau 4 présente ces avantages qui se résument à un total de 4,6 milliards HTG ; respectivement 2,4 et 2,2 milliards par an pour les avantages pour le privé et pour les avantages sociaux.

Tableau 4 : Répartition des avantages pour l'intervention sur une structure du prix du carbone (HTG/an)

a) Avantages annuels pour le privé				
Type d'avantages	Prix unitaire (HTG)	Nombre d'unités	Avantages (HTG/ha)	Montant total des avantages (HTG millions)
Avantages des fuites	197,5	8 arbres/ha	79 (1580/20)	19.81
Paielement en cours de réduction du carbone	452.54	9 t. CO2/ha	4 073	1,021.47
Vente de bois, après 20 ans, 5 %, d.r. (poteaux)	425	400	5,296.4	1,328.33
<b>Total pour le privé</b>			<b>9,448.4</b>	<b>2,369.6</b>
b) Avantages annuelles sociaux				
Carbone, 3 %, d.r. (tonne d'équivalent CO <sub>2</sub> )	1,451.29	2 257 164	13 062	3,275.8
Carbone, 5 %, d.r. (tonne d'équivalent CO <sub>2</sub> )	328.28	2 257 164	2 955	741,0
Carbone, 12 %, d.r. (tonne d'équivalent CO <sub>2</sub> )	0	2 257 164	0	0
Biodiversité (ha)	1,710.77	250 796	1 711	429,1
Règlement (ha)	4,268.25	250 796	4 268	1,070.4
<b>Total social, d.r. de 5 %</b>			<b>8,934.0</b>	<b>2,240.5</b>
<b>Total général (privé + social)</b>			<b>18,382.4</b>	<b>4,610.1</b>

Source : Compilation de l'auteur.

Le montant de fuite (la somme forfaitaire de 396,2 millions HTG engagés par la société pour les arbres existants) est également un avantage privé pour les propriétaires fonciers marginalisés. Il est fondé sur le taux d'absorption de CO<sub>2</sub> d'un seul arbre par année (moyenne de 21,82 kg)<sup>19</sup> pendant une période de 20 ans et sur le prix de marché de 6,41€ par t de CO<sub>2</sub>e.<sup>20,21</sup> ( $0.02182 * 20 * 6.41 * 1.114 * 63,38 = 197,5$  HTG/arbre) la densité des arbres avant l'intervention par ha a été estimée à 8 (2 % de la densité recommandée lors de l'intervention d'agrosylviculture), étant donné la nature marginalisée des terres. Cet avantage privé est à peu près égal à 19,81 millions HTG /an (396,2/20).

Le paiement en cours de réduction du carbone est basé sur le prix du carbone observé sur le marché ECX. C'est un coût social pour le public et un avantage privé pour les propriétaires des terres marginalisées avec des arbres existants sur leur propriété. Ainsi, il met en évidence les incitations aux propriétaires de ces terrains nus et le transfert des ressources de la société vers

<sup>19</sup> Arbor Environmental Alliance. <http://www.arborenvironmentalalliance.com/carbon-tree-facts.asp>

<sup>20</sup> European Climate Exchange, Inter Continental Exchange (ECX-ICE). <https://www.bloomberg.com/energy>

<sup>21</sup> Ce montant a été converti en \$US en utilisant un taux de change de 1€ = 1.114 US\$ en Novembre 2016. <https://www.bloomberg.com/markets/currencies>

eux, même si tout cela s'annule lors du calcul coûts-avantages. Notez que le piégeage du carbone est également inclus comme un avantage social qui est évalué, non pas sur le prix du carbone sur le marché ECX, mais sur le coût social du carbone comme pour l'intervention d'agroforesterie. Pour cette intervention, le bois est vendu comme poteau après 20 ans. Pour être conservateur, le prix par arbre ou par poteau est censé être la moitié du prix net de l'arbre en terrain typique après 20 ans (425 HTG). Avec une densité de 400 arbres/ha, ce qui donne un total non actualisé de 170 000 HTG ou 105 920 après qu'un taux d'actualisation de 5 % soit appliquée (5 296 HTG/ha/an). Les avantages privés s'additionnent jusqu'à 9 409 HTG/ha/an.

L'évaluation des avantages sur la biodiversité et la régulation s'effectue comme indiqué dans l'intervention précédente. Les paiements aux agriculteurs pour les arbres existants (coûts de fuite) sont estimés à 396,2 millions HTG ( $1,580 * 250,796$ ) pour l'année 1. Les avantages annuels privés pour l'ensemble de cette intervention sont estimés à 2,36 milliards HTG après l'année 1, ce qui donne ( $4,073 * 250,796$ ) + ( $5,296 * 250,796$ ), respectivement la valeur du carbone et du bois.

### **3.3 Intervention sur l'intensification du biogaz**

Les estimations de coûts d'installation sont basées sur des études de cas provenant de Chine trouvées chez Hojnacki *et al.* 2011 et AQPERE (2014) dans le cas de Gaz Métro à Montréal, Canada. Ils ont été ajustés de l'inflation en utilisant le facteur d'inflation cumulé entre 2011 et 2015 provenant de la base de la Banque mondiale pour Haïti (1,368). Se fondant sur ces études de cas, le coût d'installation moyen pour un digesteur a été estimé à 61 537 HTG/m<sup>3</sup>. Il devra être noté que 1) le rendement potentiel annuel des biogaz est de 700 millions de m<sup>3</sup>; 2) la production d'un digesteur de biogaz : rapport du volume de 1.5 : 1 a été supposé. Cela signifie que le volume total de digesteurs demandé est de 467 millions de m<sup>3</sup> et que le coût de l'installation totale serait d'environ 78,7 milliards HTG ( $61,537 * 467 * 10^6/365$ ). Les coûts annuels des digesteurs impliquent un amortissement du capital (coût d'installation) et les coûts d'exploitation et de maintenance tels que la main d'œuvre, les pièces de rechange. La durée de vie d'une usine a été estimée à 20 ans chez Lacour (2012). Les coûts d'exploitation / d'entretien ont été estimés à 3 % des coûts d'installation. Ces coûts ont été estimés à 0,4 % chez Lacour (2012). Toutefois, en tenant compte de la collecte, du transport et du tri final des déchets



organiques, un pourcentage beaucoup plus élevé a été supposé dans cette étude. On estime à 9 millions (3 millions de matière sèche) de déchets organiques disponibles comme matière première en 2008 au niveau national (Lacour, 2012). Cette matière première est composée de différents types, y compris : les déchets organiques ménagers, les résidus de récolte et les déjections animales de la ferme.

Le coût d'un kit cuisinière démarrant au GN a été estimé à 75 % de celui du kit GPL, qui était estimé à 125 \$US (7 923 HTG).<sup>22</sup> On a également supposé que la cuisinière GN dure sept ans, ce qui donne un coût annuel de 848.77 HTG par ménage (336,8 millions HTG au total). Les coûts en capital et assurance ont été supposés être respectivement de 1,0 % et 1,2 % du coût d'installation. On envisagera le coût contrefactuel. On a supposé qu'une cuisinière traditionnelle coûte 254 HTG, dure trois ans et deux sont nécessaires pour un ménage ; ce qui se traduit par un coût annuel de 169 HTG par ménage (67,1 millions HTG au total). Le coût supplémentaire la première année est estimé à 81,3 milliards HTG et 6,5 milliards les années suivantes. Le tableau 5 fourni une répartition de ces coûts.

**Tableau 5 : Répartition des coûts annuels de l'intervention sur l'intensification du biogaz, HTG millions**

Type de coûts	Coût année 1	Coût les années suivantes
Location des terres	0,3	0,3
Installation de l'usine	78,739.7	0
Coût annuel de fonctionnement et d'entretien des usines	0	2362,2
Kit cuisinière GNL (tous les 7 ans)	2,357.5	2,357.5
Entretien de la cuisinière GNL	0	3.4
Promotion du programme et formation	317,4	0
Surveillance du programme et la formation	0	63,5
Assurance	0	952.0
Capital	0	787,4
Cuisinière à charbon (tous les 3 ans) - scénario contrefactuel	67,1	67,1
<b>Total coûts incrémentaux</b>	<b>81,347.9</b>	<b>6,459.2</b>

Source : Compilation de l'auteur.

Pour les avantages privés, le produit final à être vendu sur le marché est le gaz naturel (GN), qui compose généralement environ 50 à 60 % de la production de biogaz, mais pourrait

<sup>22</sup> Du site web du magasin Lakayiti: <https://lakayiti.com/>

théoriquement atteindre jusqu'à 70 % (Dai *et al* 2016).<sup>23</sup> Pour être conservateur, on a supposé une teneur en GN de 50 % ; ce qui donne 350 millions de m<sup>3</sup> de GN. Le besoin en énergie pour la cuisson en Haïti a été estimé à 0,81 m<sup>3</sup> NG/fam/jour ou 0,59 kg de GNL (gaz naturel liquéfié). Cette estimation repose sur : 1) une teneur en énergie approximative de 37,3 mega-joules (MJ) dans 1 m<sup>3</sup> de gaz naturel (NEB 2016), 2) le fait qu'une famille typique a besoin d'environ 22,5 MJ efficaces par jour pour la cuisson (ESMAP 2007), 3) une efficacité pour le méthane de 78 % (Engineering Gilson, 2010 ; Engineering ToolBox<sup>24</sup>), 4) le GN contient 95 % de méthane ; et 4) 1 m<sup>3</sup> de GN équivaut à 0,72 kg de GNL (UIP, 2014 ; ONE, 2016).<sup>25</sup>

Le prix du propane est utilisé comme une base pour les prix du méthane. Actuellement, le gaz de pétrole liquéfié (GPL ou propane) est moins cher que le charbon, même lorsque ce dernier est utilisé avec une cuisinière améliorée (voir tableau 6).<sup>26</sup> Cependant, la majorité de la population continue d'utiliser du charbon de bois en raison du coût élevé d'un kit de démarrage au propane. Notre observation sur le terrain suggère que les ménages relativement aisés utilisent plus le propane. Le programme de biogaz est destiné à remplacer le charbon de bois et à empêcher l'expansion du propane ; un carburant importé avec des émissions de GES plus élevées que le méthane. Pour ces raisons, nous avons choisi d'utiliser les prix du propane comme base pour fixer les prix du GNL.

---

<sup>23</sup> Cette source suggère que la teneur en méthane pourrait théoriquement atteindre jusqu'à 74 % du contenu du biogaz. Cependant, le contenu du GN est de 95 % de méthane.

<sup>24</sup> Combustion Efficiency and Excess Air. The Engineering Toolbox. Disponible: <http://www.engineeringtoolbox.com/>

<sup>25</sup> À l'aide de ces paramètres, nous obtenons 0,81 m<sup>3</sup> GN/fam/jour [22.5/(37.3\*0.78\*0.95)]. Il est à noter que le basculement au GNL permet d'économiser sur l'espace et le coût du transport parce que 1 m<sup>3</sup> de GNL = 588 m<sup>3</sup> de GN (Source : UGI, 2012).

<sup>26</sup> Pour 1 909 HTG de dépenses mensuelles pour le charbon de bois, on suppose qu'une cuisinière améliorée est utilisée. Si la cuisinière traditionnelle avec un rendement de 20 % est utilisée, les dépenses mensuelles pour le charbon de bois seraient plus élevées. Toutefois, la cuisinière à charbon améliorée prend plus de temps pour faire bouillir de l'eau que la cuisinière traditionnelle (Booker *et al* 2011).

**Tableau 6. Comparatif du coût (HTG) de l'utilisation de différents carburants substituables pour cuisiner**

Carburant	Coût unitaire (HTG/kg)	Pouvoir calorifique (MJ/kg)	Rendement (%)	Coût par énergie effective (HTG/MJ)	Consommation mensuelle (kg)	Coût mensuel (HTG)
Charbon de bois	24,00	31,0	25	3.11	79,52	1 909
GPL (Propane)	57,51	42,5	55	2.46	26.32	1 514
GNL	72,22	51,8	74	1,88	15,87	1 146

Source : Adapté de Angelier (2005, tableau 13) et estimation de l'auteur pour le GNL.

Ce tableau est basé sur le fait qu'une famille typique a besoin d'environ 22 MJ efficaces par jour pour cuisiner (ESMAP, 2007). En utilisant le charbon de bois, cela représente un besoin quotidien brut (BQB) de 88MJ (22/0,25) lorsque l'efficacité est prise en compte. Ce BQB équivaut à 2,84 kg (88/31) quand le pouvoir calorifique du charbon de bois est pris en compte ; ce qui donne une consommation de 79,52 kg évaluée à 1 916 HTG par mois.<sup>27,28</sup> Pour le GPL, le BQB est de 40 MJ (22/0,55) lorsque l'efficacité est prise en compte. Ce BQB équivaut à 0,94 kg (40/42,5) lorsque le pouvoir calorifique du GPL est pris en compte ; ce qui donne une consommation de 26,32 kg évaluée à 1 514 HTG par mois.<sup>29,30</sup> enfin pour le GNL, le BQB est de 29,73 MJ (22/0,74) lorsque l'efficacité est prise en compte. Ce BQB équivaut à 0,57 kg (29.73/51.8) lorsque le pouvoir calorifique du GNL est pris en compte ; ce qui donne une consommation de 15,87 kg évaluée à 1 146 HTG par mois.<sup>31</sup>

<sup>27</sup> Nous avons supposé que chaque ménage cuisine 28 jours en un mois.

<sup>28</sup> Coût par MJ efficace du charbon de bois est calculé comme suit. 1 kg de charbon de bois correspond à 31 MJ ; donc 1 MJ coûte  $24,1/31 = 0.777$  HTG. En utilisant une cuisinière traditionnelle avec un rendement de 25 %, le charbon de bois donne un MJ efficace à un coût de  $0.777/0.25 = 3,11$  HTG.

<sup>29</sup> Le coût par MJ efficace du GPL est calculé comme suit. 1 kg de GPL correspond à 42,5 MJ ; donc 1 MJ coûte  $57.51/42.5 = 1,35$  HTG. En utilisant une cuisinière GPL à un rendement de 55 %, le GPL donne un MJ efficace à un coût de  $1.35/0.55 = 2.46$  HTG.

<sup>30</sup> La consommation mensuelle de GPL chez Angelier (2005) est de 21,2 kg, plus faible que les 26,3 kg estimés dans cette analyse. Dans son étude, Angelier a noté qu'une bouteille de gaz de 25 lbs dure 14 jours dans une famille haïtienne. Cependant, la plupart des ménages n'utilisaient probablement pas de GPL exclusivement pour la cuisson. Cela pourrait être une des raisons que son estimation de consommation mensuelle est inférieure pour le GPL.

<sup>31</sup> Le coût par MJ efficace de GNL est calculé comme suit. 1 kg de GNL correspond à 51,8 MJ ; donc 1 MJ coûte  $72.22/51.8 = 1,39$  HTG. En utilisant d'une cuisinière au GNL avec une efficacité de 74 %, le GNL donne un MJ efficace à un coût de  $1.39/0.74 = 1,88$  HTG.

Si le propane est utilisé, la consommation équivalente de 0,94 kg de GPL/fam./jour coûte environ 54 HTG localement.<sup>32</sup> Une estimation de prix raisonnable pour les besoins quotidiens de GNL de 0,59 kg (0,81 m<sup>3</sup> de NG) ne serait pas supérieure à celle de 0,94 kg du GPL (le besoin quotidien de propane). Nous avons supposé que 1 m<sup>3</sup> de gaz naturel (0,72 kg LNG) sera vendu à 52 HTG; cela signifie qu'1 kg de GNL vaut 72,22 HTG (52/0,72). Pour les besoins quotidiens de GNL, cela représente un coût de 42,60 HTG, ce qui est environ 21 % moins cher que le coût pour le besoin quotidien de GPL. Si le charbon est utilisé, le coût quotidien est de 68,44 HTG, ce qui signifie que le GNL est environ 38 % moins cher que le charbon et montre l'inefficacité relative du charbon de bois, tant en termes d'énergie que de coût. Ces situations sont consignées dans la dernière colonne du tableau 6 sur une base mensuelle. **Error! Bookmark not defined.**

Le processus de biogaz produit également des boues qui peuvent être utilisées comme engrais organique. Cet effluent est généralement estimé comme l'équivalent de la masse du substrat donné au digesteur (Singh et Souch, 2004). Les 10 960 000 tonnes de matière humide produisent 2 960 000 tonnes de matière sèche (taux de DM 27 %). Un montant forfaitaire relativement faible de 2 378 HTG/t. DM a été fixé pour l'effluent.<sup>33</sup>

Les avantages sociaux incluent la santé, l'environnement et la réduction du temps pour la cuisson. La pollution de l'air domestique (PAD) est un grave problème de santé en Haïti. La récente parution de Global Burden of Disease 2015 (GBD 2015) rapporte qu'environ 8 400 personnes sont mortes de PAD en 2015, rendant la pollution de l'air le quatrième plus important facteur de risque dans le pays en termes de décès ou d'invalidité.<sup>34</sup> Si 50 % des utilisateurs ont des cuisinières propres, nous avons supposé une réduction raisonnable de 40 % des effets sur la santé de la PAD (Larsen, 2014). Avec 16 % des besoins en énergie couverts par l'intervention, cela suggère que la réduction en % des décès par PAD est de 6,4 % (soit 538 personnes). Les années de vie perdues (AVP) pour les quatre principales maladies associées à la PAD peuvent

---

<sup>32</sup> Selon les estimations qu'à Port-au-Prince, en octobre 2016, le cylindre de 25lbs coûte 550 HTG pour remplir (Observation sur le terrain). En outre, il est supposé que le réservoir est plein à 85 % de sa capacité.

<sup>33</sup> Le fumier est vendu de 2,50 \$ à 10 \$ pour un sac de 45-50 kg. Toutefois, certains magasins agricoles de Port-au-Prince le donnent gratuitement (SOIL, 2011). Dans la présente étude, le prix de 0,0375\$ (2,38 HTG) par kg a été choisi, comme chez Lacour (2012).

<sup>34</sup> Parmi les trois principaux facteurs de risque on trouve : la malnutrition maternelle et infantile, les rapports sexuels non protégés et l'hypertension artérielle. <http://www.healthdata.org/haiti>

atteindre 710 000.<sup>35</sup> Le total d'AVP en raison des quatre principales maladies causées par la PAD est de 233 431.<sup>36</sup> Ceci se traduit par une moyenne d'AVP par décès de 28 (233 431/8 400). En utilisant un taux d'actualisation de 5 %, la DALY évitée par vie sauvée est de 8 009 ( $28 * 0.5317 * 538$ ). Avec une valeur moyenne de DALY de 3 X PIB par habitant, les prévisions pour les avantages pour la santé sont de 876,2 millions HTG pour 2016.

À l'instar de cuisinières GPL, les cuisinières GNL ont tendance à offrir des économies substantielles pour le temps de cuisson. Dans cette analyse, nous appliquons un gain de temps de cuisson de 40 minutes avec l'utilisation du GNL comparé à une cuisinière non améliorée. Larsen (2014) a appliqué ce gain de temps de l'utilisation d'une cuisinière GPL. Compte tenu du pouvoir calorifique supérieur du GN (One, 2016) et d'une plus grande efficacité cuisinières GN, les 40 minutes de temps de cuisson gagnées avec le GN sont une sous-estimation. Le gain de temps est évalué avec le salaire minimum quotidien domestique de 175 HTG pour un travail de 8 heures par jour ou 21.88 HTG / heure (Haïti-Libre, 2016). Ainsi, la valeur de la réduction du temps de cuisson est estimée à 14.58 HTG par jour ou 4 900 HTG ( $14,58 * 28 * 12$ ) par foyer et par an.

En ce qui concerne les avantages environnementaux, ils sont estimés selon la valeur de l'énergie économisée par ménage par an, ce qui donne  $(1\ 909-1,146) * 12 = 9\ 156$  HTG (voir tableau 6). Ils sont considérés comme des avantages privés.

---

<sup>35</sup> Ces quatre maladies et leur YLL respectives sont : l'infection des voies respiratoires basses (284 000), l'accident vasculaire cérébral (260 000), une maladie du coeur ischémique (142 000) et le cancer du poumon (24 000). Source : GBD-IHME [http://www.healthdata.org/sites/default/files/files/country\\_profiles/GBD/ihme\\_gbd\\_country\\_report\\_haiti.pdf](http://www.healthdata.org/sites/default/files/files/country_profiles/GBD/ihme_gbd_country_report_haiti.pdf). Le YLL du cancer de poumon était une estimation (censée être la même que pour le cancer du foie).

<sup>36</sup> Basé sur les facteurs de risque DALY PAD suivants : l'infection des voies respiratoires basses (44,7 %), l'accident vasculaire cérébral (23,0 %), une maladie du coeur ischémique (27,0 %) et le cancer du poumon (35,0 %).

**Tableau 7 : Répartition des avantages la première année de fonctionnement de l'intervention d'intensification du biogaz**

Type d'avantages prestations	Prix unitaire (HTG)	Nombre d'unités	Montant total (HTG millions)
<b>Privé</b>			
Vente de GN (tonnes)	72,222.22	252,000,000	18 200
Vente de boues (tonnes)	2376.563	2 960 000	7,034.6
Remboursement des cuisinières GN	865.75	396 793	343,5
Valeur du temps de cuisson gagné (ménages)	4 900	396 793	1,944.3
Énergie économisée en basculant au NG (ménages)	9 156	396 793	3,633.0
Vente de charbon de bois avant l'intervention (ménages)	(22 902)	396 793	(9,087.4)
<b>Social</b>			
Carbone, 3 %, d.r. (tonne équivalent CO <sub>2</sub> )	1451.29	1 893 181	2,747.5
<i>Carbone, 5 %, d.r. (tonne équivalent CO<sub>2</sub>)</i>	328.28	1 893 181	621,5
Carbone, 12 %, d.r. (tonne équivalent CO <sub>2</sub> )	0	1 893 181	0
Santé, 3 x PIB pc, 3 %, d.r. (DALY)			
<i>Santé, 3 x PIB pc, d.r. 5 % (DALY)</i>	109 407	10 088	1,103.7
Santé, 3 pc x PIB, d.r. 12 % (DALY)	109 407	8 009	876.2
	109 407	4 292	469.6
<b>Total privé incrémental</b>			<b>22,068.1</b>
<b>Total social, de 5 % d.r.</b>			<b>1,497.7</b>
<b>Total général</b>			<b>23,565.8</b>

Source : Compilation de l'auteur.

a: Les avantages pour la santé augmentent de 2,7 % par an selon les directives de la CCC pour valoriser les avantages pour la santé.

b: Ces nombres ne se multiplient peut être pas exactement en raison des arrondis.

La quantité totale de carbone gardée enfermée est estimée à partir de la réduction de la quantité de consommation de charbon en raison du basculement au GN, qui est de 378 636 tonnes ( $79,52/1000 * 12 * 396, 793$ ). Étant donné que 5 tonnes de bois sont nécessaire pour produire 1 tonne de charbon de bois (FAO, 1983), la quantité de bois nécessaire est de 1 893 181 tonnes. Avec une croissance moyenne de 9 t/ha/an pour les forêts tropicales (FAO, 1983), la superficie forestière préservée avec du carbone enfermée est de 210 353 ha. Un ha de forêt tropicale stocke également environ 9 t. de Eq<sub>2</sub> CO par an (SICIREC, 2009) ; ce qui donne les 1,9 millions de CO<sub>2</sub> EQ.

## 4. Calcul des coûts et avantages et discussion

### 4.1. Principaux résultats avec une analyse de sensibilité

Les ratios avantages - coûts (RAC) pour la série d'interventions apportent des résultats positifs, à l'exception de la structure du prix du carbone avec un taux d'actualisation élevé de 12 %. Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 8, avec l'hypothèse selon laquelle une DALY vaut trois fois le PIB par habitant (scénario moyen), qui devrait croître à un taux annuel de 1,2 % de 2015 à 2019 et d'un autre point de pourcentage tous les quatre ans.<sup>37</sup> Ils sont basés sur un taux d'actualisation moyen de 5 %, avec une analyse de sensibilité avec un taux d'actualisation de 3 % et 12 %. Les avantages et les coûts rapportés ci-après sont en milliards HTG pour chacune des trois interventions au cours d'une période de 20 ans. Pour l'intervention sur l'agrosylviculture, le RAC est de 2,99 ; en d'autres termes, pour chaque gourde dépensée, l'avantage économique net avec sa valeur actuelle est de 2.99 HTG. Les résultats diffèrent légèrement pour les taux d'actualisation de 3 % et 12 % où chaque gourde dépensée donne un avantage économique respectivement de 3,17 et 2,85 HTG ; ce qui signifie que l'intervention est viable pour n'importe lequel de ces trois taux d'actualisation. Ces résultats ne sont pas manifestement sensibles au taux d'actualisation utilisé, malgré une période longue de 20 ans (un taux d'actualisation plus élevé donne une VAN inférieure aux avantages). C'est parce que la plupart des avantages (vente de gousses et de feuilles de moringa et ainsi que des arachides) sont disponibles sur une base annuelle pendant toute la durée du programme.

---

<sup>37</sup> Projections du PBI basées sur le taux de croissance historique réel de 2.7% de 1975 à 2014, (Source: CCC)

**Tableau 8 : Tableau récapitulatif du RAC (DALY à 3 x GDP par habitant)**

Interventions	Actualisation	Avantages (milliards HTG)	Coût (milliards HTG)	RAC	Qualité des éléments de preuve
Agrosylviculture	3 %	1,190.07	375.53	3.17	Moyenne
	5 %	963.12	321.93	2.99	
	12 %	595.41	208.93	2,85	
Structure du prix du carbone	3 %	108.03	43,37	2.49	Limitée
	5 %	51,47	39,96	1.29	
	12 %	23.44	32,78	0,72	
Intensification du biogaz	3 %	385.89	142,90	2.70	Moyenne
	5 %	290.20	132.97	2.18	
	12 %	166,27	112.02	1.48	

Source : Calculs de l'auteur

Remarques :

1. Une DALY évaluée à 3 x PIB par habitant est pertinent pour les interventions sur l'agrosylviculture et le biogaz, qui incluent les impacts sur la santé comme les avantages sociaux, mais pas pour la structure du prix du carbone.
2. Pour l'intervention sur l'agrosylviculture, les coûts sociaux et les avantages (carbone, biodiversité, santé et régulation) sont inclus.
3. Pour l'intervention sur la structure du prix du carbone, les coûts sociaux et les avantages (carbone, biodiversité, régulation) sont inclus, mais pas les avantages pour la santé.
4. Pour l'intervention sur l'intensification du biogaz, les coûts sociaux et les avantages (carbone et santé) sont inclus.

La situation est différente pour la structure du prix du carbone où le RAC est de 1.29 au taux d'actualisation de 5 %, mais avec une gamme de 2,49 à 0,72 au taux d'actualisation respectivement de 3 % et de 12 %. Ainsi, l'intervention n'est pas viable au taux d'actualisation le plus élevé. L'incidence plus forte des taux d'actualisation vient du fait que la plupart des avantages de cette intervention (vente de bois) sont seulement disponible à la fin. Pour l'intensification du biogaz, l'impact du taux d'actualisation est relativement important : le RAC est de 2.18 avec le scénario moyen (prix du GN de 42,60 HTG/jour ou 52 HTG/m<sup>3</sup>, actualisation de 5 % et valeur de DALY 3 x PIB par habitant) avec une gamme de 2,70 à 1,48 au taux



d'actualisation respectivement de 3 % et 12 %. Cela donne à penser que l'intervention est viable à n'importe lequel de ces trois taux d'actualisation. Il convient de noter que *le scénario de prix moyen pour le gaz naturel, les coûts quotidiens pour les ménages utilisant le gaz naturel sont estimés à respectivement 38 % et 21 % plus faibles que ceux du charbon de bois et du propane.*

Afin d'évaluer la résistance du fonds de la preuve, on a utilisé l'échelle du ministère britannique pour le développement international (DFID, 2014). Ce document a reconnu qu'une valeur élevée n'est pas toujours atteignable et là pour un domaine naissant ou une discipline avec un nombre limité d'études, une valeur « moyenne » sera souvent la meilleure possible et sera assez satisfaisante.

## 4.2 Analyse de sensibilité additionnelle et Discussion générale

### 4.2.1. Analyse de sensibilité additionnelle

Une analyse de sensibilité additionnelle est présentée dans les tableaux 9 et 10 pour une DALY évitée avec respectivement un scénario faible (1 x PIB par habitant) et un scénario élevé (8 x PIB par habitant).

Tableau 9 : Tableau récapitulatif du RAC (DALY à 1 x PIB par habitant)

Interventions	Actualisation	Avantage (milliards HTG)	Coût (milliards HTG)	RAC	Qualité des éléments de preuve
Agrosylviculture	3 %	1,157.49	375.53	3.08	Moyenne
	5 %	944.76	321.93	2.93	
	12 %	590.66	208.93	2,83	
Structure du prix du carbone	3 %	86,55	43,37	2.00	Limitée
	5 %	30.95	39,96	0,77	
	12 %	4,95	32,78	0,15	
Intensification du biogaz	3 %	374.12	142,90	2.62	Moyenne
	5 %	282.38	132.97	2.12	
	12 %	163.77	112.02	1.46	

Source : Calculs de l'auteur

Remarques :

1. L'analyse de sensibilité est entreprise en utilisant une DALY d'une valeur de 1 x PIB par habitant. Cela vaut pour les interventions sur l'agrosylviculture et le biogaz, qui comprennent les impacts sur la santé comme les avantages sociaux, mais pas pour la structure du prix du carbone.
2. Pour l'intervention sur l'agrosylviculture, les coûts sociaux et les avantages (carbone, biodiversité, santé et régulation) sont inclus.
3. Pour l'intervention sur la structure du prix du carbone, les coûts sociaux et les avantages (carbone, biodiversité, régulation et santé) sont inclus.
4. Pour l'intervention sur l'intensification du biogaz, les coûts sociaux et les avantages (carbone et santé) sont inclus.

Même avec un du scénario faible pour la DALY et un taux d'actualisation élevé de 12 %, à la fois l'agrosylviculture et l'intervention sur le biogaz demeurent viables, même si les RAC sont évidemment plus petits comparativement au scénario moyen. Parce que les avantages pour la santé ne sont pas inclus dans la structure du prix du carbone, la valeur de DALY n'influe pas sur le RAC de cette intervention. Nous avons plutôt fondé l'analyse de sensibilité sur l'exclusion de certains des avantages environnementaux. Dans le tableau 9, les avantages du carbone sont inclus, mais pas les avantages pour la biodiversité et la régulation. Comme prévu, les RAC sont plus petits que si l'on considère la gamme complète d'avantages sociaux, l'intervention n'est viable uniquement dans le cas d'un taux d'actualisation de 3 %.

Il est à noter que, lorsque l'intervention sur le biogaz est évaluée d'un point de vue privé, sans les avantages pour la santé et le carbone (on ne prend pas en compte les cuisinières propre et la quantité de carbone gardée enfermée en raison de l'intervention), les RAC sont toujours supérieurs à 1 même au taux d'actualisation le plus élevé. Ces RAC sont respectivement de 2.10, 1,86 et 1,26 au taux d'actualisation de 3 %, 5 % et 12 %. En outre, une analyse de sensibilité additionnelle basée sur un prix du gaz naturel de 28.40 HTG/jour (35 HTG/m<sup>3</sup> ou 48,60 HTG/kg ou presque la moitié du prix quotidien du GPL) suggère que, d'un point de vue privé, l'intervention est toujours réalisable aux taux d'actualisation de 3 % et 5 %, mais pas à 12 % (RAC respectivement de 1,34, 1.19 et 0,81).

Tableau 10 : Tableau récapitulatif du RAC (DALY à 8 x PIB par habitant)

Interventions	Actualisation	Avantage (milliards HTG)	Coût (milliards HTG)	RAC	Qualité des éléments de preuve
Agrosylviculture	3 %	1,271.52	375.53	3.39	Moyenne
	5 %	1,009.04	321.93	3.13	
	12 %	607.28	208.93	2.91	
Structure du prix du carbone	3 %	92,70	43,37	2.14	Limitée
	5 %	36.14	39,96	0.90	
	12 %	8.11	32,78	0.25	
Intensification du biogaz	3 %	415.32	142,90	2.91	Moyenne
	5 %	309.76	132.97	2.33	
	12 %	172,50	112.02	1,54	

Source : Calculs de l'auteur

Notes :

1. L'analyse de sensibilité est entreprise en utilisant une DALY d'une valeur de 8 x PIB par habitant. Cela vaut pour les interventions sur l'agrosylviculture et le biogaz, qui comprennent les impacts sur la santé comme les avantages sociaux, mais pas pour la structure du prix du carbone.
2. Pour l'intervention sur l'agrosylviculture, les coûts sociaux et les avantages (carbone, biodiversité, santé et régulation) sont inclus.
3. Pour l'intervention sur la structure du prix du carbone, les coûts sociaux et les avantages (carbone, biodiversité) sont inclus mais pas les avantages pour la régulation et pour la santé.
4. Pour l'intervention sur l'intensification du biogaz, les coûts sociaux et les avantages (carbone et santé) sont inclus.

Avec une valeur de scénario élevé pour la DALY, le RAC pour les interventions sur l'agrosylviculture et le biogaz, sont évidemment à leur plus haut à un taux d'actualisation donné.

Pour la structure du prix du carbone, lorsque les avantages pour le carbone et la biodiversité sont inclus, mais pas la régulation (tableau 10), l'intervention est encore viable, mais seulement au taux d'actualisation de 3 %. Dans tous les scénarios, elle reste l'intervention avec le RAC le plus bas à un taux d'actualisation donné. En fait, *la structure du prix du carbone est économiquement viable avec le taux d'actualisation de 5 % seulement lorsque le carbone, la biodiversité ainsi que la régulation sont internalisés* (tableau 8). Dans ces circonstances, les planificateurs sociaux sont prêts à engager des coûts pour mettre en place un marché du

carbone et les agriculteurs incités à changer leur comportement et à commencer à planter des arbres sur ces terres marginalisées. *Si le CO<sub>2</sub> n'est pas internalisé via un marché du carbone et aucun des avantages sociaux n'est considéré, alors le RAC qui résulterait de la vente de bois seulement est inférieur à 1, quel que soit le taux d'actualisation ; ce qui explique pourquoi ces terres sont inexploitées avant l'intervention.*<sup>38</sup> Même si ces terres sont essentiellement inactives avant l'intervention, une fois qu'une promotion commence pour l'intervention, le coût d'opportunité de ces terres augmentera. C'est ce qui explique pourquoi un loyer est alloué au cours de l'intervention.

#### 4.2.2. Discussion générale

Pratiquement tous les coûts des interventions sur l'agrosylviculture et l'intensification du biogaz sont assumés par le secteur privé. Il n'est pas surprenant que les avantages privés représentent environ 95 % du montant total des avantages. Pour l'intervention sur l'agrosylviculture, les avantages privés proviennent principalement de la vente de produits hors bois : gousses de moringa et cultures (arachides) qui génèrent 92 % des avantages privés (le bois compte pour seulement 4 %).<sup>39</sup> Pour optimiser cette chaîne de valeur, une approche standard pour le marketing est nécessaire, ce qui fait défaut en Haïti. Des agents intermédiaires doivent être formés à la transformation, l'emballage et l'étiquetage des produits destinés au marché international afin de s'assurer que les normes sont respectées. Une partie des 75,7 millions HTG (300 HTG/ha) sont destinés à la promotion et à la formation au cours de la première année et ensuite 15,1 millions par an (60 HTG/ha) pourront être utilisés à cette fin. En outre, les services financiers sous forme de crédit peuvent être fournis à ces agents pour les aider à démarrer leurs entreprises de transformation agro-alimentaire.

Il est à noter que, même si la main d'œuvre agricole était prise en compte dans cette analyse, les petits exploitants haïtiens, cultivent leurs terres la plupart du temps eux-mêmes. Pour les deux premières interventions, la majeure partie des coûts sont associés à la main d'œuvre (pour la

---

<sup>38</sup> D'un point de vue privé, le RAC pour les terres marginalisées sans paiements de carbone est respectivement de 0,93, 0,79 et 0,44 avec un taux d'actualisation de 3 %, 5 % et 12 %. Avec paiement du carbone basé sur le marché ECX, ces RAC deviennent 1,36, 1.17 et 0,70.

<sup>39</sup> Les 4 % restant proviennent de la vente des feuilles de moringa.

première intervention à titre d'exemple, 87,5 % l'année 1 et 83,3 % les années suivantes, voir tableau 1). Cela soulève la question de savoir comment la main d'œuvre doit être prise en compte dans l'analyse. On pourrait soutenir que, comme les petits exploitants, ces agriculteurs seraient vraisemblablement engagés dans des activités agricoles dans tous les cas, que l'évaluation correcte est de considérer le travail supplémentaire associé à l'intervention par rapport son opposé appropriée (c à d. les activités existantes y compris tout revenu non agricole sacrifié). Dans cette analyse, le coût du travail indiqué est incrémentiel (c'est-à-dire strictement associés à l'intervention ou net de son opposée).<sup>40</sup> Les avantages sociaux pour l'agrosylviculture représentent juste un peu plus de 5 % du montant total des avantages. Environ 48 % de ces avantages proviennent précisément de la réduction de la malnutrition maternelle et infantile. Les autres viennent de la régulation des services (25 %), du carbone (17 %) et de la biodiversité (10 %).

En ce qui concerne la deuxième intervention (structure du prix du carbone), les avantages privés représentent un peu plus de la moitié (51 %) du montant total des avantages (rappelons que les coûts privés sont d'environ 95 % la première année, mais chute à 32 % les années suivantes ; c'est à dire les coûts sociaux comptent pour 68 % du total des coûts après la première année). Les avantages privés proviennent essentiellement de la vente de bois (56 %), tandis que les paiements pour les produits hors bois (carbone) comptent pour les 44 % restants. Les avantages sociaux pour cette intervention (avec une part de juste un peu moins de la moitié des avantages totaux) viennent de la régulation des services (48 %), du carbone (33 %) et de la biodiversité (19 %).

Enfin, pour l'intervention sur l'intensification du biogaz, les avantages privés sont partagés entre les promoteurs de biogaz (75 %) et les ménages (25 %), ils proviennent pour la plupart de la vente de gaz naturel par les promoteurs et de l'énergie économisée par les ménages en basculant du charbon de bois au GN. Les avantages sociaux pour cette intervention proviennent principalement de la santé, notamment la réduction des PAD (58 %) et du carbone (42 %).

---

<sup>40</sup> En raison de l'inclusion de la main de œuvre familiale, le cout résultant global par ha pourrait être considéré comme élevé par rapport au PIB haïtien par habitant.

En ce qui concerne le flux des avantages découlant de la première intervention, tous les avantages en termes de rendement et de revenus sont estimés commencer la deuxième année, après le semis des arbres moringa la première année. Même si les arbres moringa poussent très vite, il pourrait y avoir une certaine surestimation des avantages au début de la période. Cette hypothèse s'applique également aux avantages sociaux. Le carbone, la biodiversité et la régulation des services sont également liés au stade de croissance et pourraient être surestimés au début de la période. Toutefois, étant donné que des estimations conservatrices des avantages ont été utilisées pendant toute la période, cela compenserait cette surestimation possible au début.

La valeur des estimations utilisées pour la biodiversité et les services de régulation sont tirées de la littérature existante (Tao et al., 2012. Schaafsma et al., 2014) pour la biodiversité et de Groot et al (2012) pour la régulation. Ces valeurs sont des moyennes de quelques cas potentiellement extrêmes. S'il est au-delà de la portée de cette analyse de procéder à un transfert complet des avantages, il faut veiller à appliquer de telles valeurs. Par exemple, toute la gamme de régulation des services a été incluse, le niveau de revenu en Haïti a été examiné et ces valeurs ont été ajustées en appliquant de la proportion moyenne du PIB alloué aux services écosystémiques des pays étudiés au PIB haïtien. On peut encore faire valoir qu'il serait plus approprié d'établir des valeurs provenant de sources plus complètes telles que la Ecosystem Service Valuation Database (ESVD).<sup>41</sup>Toutefois, la consultation de cette base de données ne génère pas de cas nettement plus élevés lorsque l'on filtre les résultats par niveau de revenu du pays et par type d'écosystème.

Les avantages de l'intervention sur le biogaz comprennent l'épargne privée en raison de la source de carburant moins chère et plus efficace et en raison de la vente de produit de digestion comme les engrais. En raison de ces derniers, de normes plus strictes de tamisage seront appliquées et la digestion anaérobie thermophile (à 50-55° C) est préférable pour éviter de potentiels obstacles dus aux inquiétudes sur la biosécurité et la contamination des déchets avec

---

<sup>41</sup><http://es-partnership.org/services/data-knowledge-sharing/ecosystem-service-valuation-database>

des métaux lourds ou des micro-organismes. En revanche, les avantages sociaux de cette intervention sont estimés en termes de dégagement de carbone évité (en raison de la déforestation évitée) et des avantages pour la santé en raison de la pollution de l'air domestique réduite. Selon la source de matière première, il y a peut-être des avantages supplémentaires pour les gaz à effet de serre dus aux émissions de méthane réduit. En outre, les avantages sociaux ne comprennent pas le maintien de la biodiversité existante et les avantages de régulation des services par rapport à l'opposé, la poursuite de la déforestation. Ces avantages se produiraient complètement la première année de l'intervention ou en relation avec l'assimilation par les ménages. Par conséquent, le RAC de cette intervention pourrait être sous-estimée.

## 5. Conclusion

Cet article suggère de s'attaquer à la question de la déforestation en amont et en aval. Il identifie trois interventions qui peuvent stimuler la reforestation et contribuer à renforcer la chaîne de valeur de l'agroforesterie en Haïti : l'agrosylviculture optimale, une structure du prix du carbone et l'intensification du biogaz pour la cuisson. Le RAC présenté pour chaque intervention prend en compte un large éventail de services. Ainsi, pour la première intervention, la forêt est gérée, non seulement pour son bois, mais aussi pour des services tels que la nutrition et la santé, un puits de carbone, la biodiversité, la régulation. C'est la même chose pour la deuxième intervention, sauf que la nutrition et la santé ne sont pas incluses. En ce qui concerne la troisième intervention, le RAC pour le biogaz prend en compte non seulement la production de biogaz elle-même, mais aussi les boues et les avantages pour l'environnement (carbone), la santé et les avantages sociaux. Ces études approfondies du RAC sur n'importe lesquelles de ces trois interventions n'avaient pas été faites pour Haïti précédemment.

Selon le scénario moyen qu'une DALY vaut trois fois le PIB par habitant, avec un taux d'actualisation de 5 %, nous avons trouvé un RAC de respectivement 2,99, 1,29 et 2.18 pour les interventions sur l'agrosylviculture, le biogaz et la structure du prix du carbone. L'analyse de sensibilité suggère que, même avec la valeur du scénario faible pour la DALY, à la fois l'intervention sur l'agrosylviculture et celle sur biogaz demeurent viables avec n'importe lequel



des trois taux d'actualisation. La structure du prix du carbone n'est pas affectée par la valeur de la DALY parce que les avantages pour la santé ne sont pas considérés pour cette intervention. Cependant, une analyse de sensibilité a été basée sur l'exclusion de certains des avantages environnementaux. Cette intervention est économiquement viable uniquement lorsque le carbone est internalisé et le taux d'actualisation de 3 % et 5 % et la biodiversité ainsi que la régulation des services sont évaluées. Si ni les avantages pour la régulation ni ceux pour la biodiversité ne sont considérés, l'intervention est réalisable uniquement avec un taux d'actualisation de 3 %. Notez que la limite inférieure pour le prix du bois a été utilisée dans ce RAC. Par conséquent, toute analyse de sensibilité basée sur le prix du bois contribuerait à améliorer le RAC pour l'agrosylviculture optimale et les interventions sur la structure du prix du carbone.

Les avantages pour la santé estimés utilisent des hypothèses prudentes d'efficacité fondées sur la documentation disponible pour des interventions de types similaires sur l'agrosylviculture. Cependant, une étude plus approfondie est nécessaire pour montrer dans quelle mesure la quantité de nutriments additionnels du Moringa en croissance se compare à la demande alimentaire en Haïti.

## 6. Références

Angelier J.P. (2005). *Analyse de la substitution entre combustibles dans le secteur résidentiel en Haïti*. Commission Économique pour l'Amérique Latine et les Caraïbes, ONU, Mexico, 2005, 38 p.

AQPER (2014), Gaz naturel renouvelable : La Ville de Saint-Hyacinthe et Gaz Métro innovent. Association québécoise de la production d'énergie renouvelable. [Available at] <http://www.aqper.com/fr/gaz-naturel-renouvelable-la-ville-de-saint-hyacinthe-et-gaz-metro-innovent>

Ariste, R, et P. Lasserre (2001), La gestion optimale d'une forêt exploitée pour son potentiel de diminution des gaz à effet de serre et son bois, *Actualité Économique* 77 (1), 27-51

Ariste, R. (2015). Biogaz et reforestation en Haïti sous l'angle du principe de Santé dans toutes les politiques, *Journal of Haitian Studies* 21 (1): 4-25.

Booker Kayje, Tae Won Han, Jessica Granderson, Jennifer Jones, Kathleen Lask, Nina Yang, and Ashok Gadgil. (2011). *Performance of Charcoal Cookstoves for Haiti, Part 1: Results from the Water Boiling Test*. Environmental Energy Technologies Division Lawrence Berkeley National Laboratory.

Cayemittes, M., Fatuma Busangu M., de Dieu Bizimana J., Barrère B., Sévère B., Cayemittes V. et Charles E. (2013). *Enquête Mortalité, Morbidité et Utilisation des Services, Haïti, 2012*. Calverton, Maryland, USA: MSPP, IHE et ICF International.

CCX (2009). *Forestry Carbon Sequestration Project Protocol*. Chicago Climate Exchange. Available at: [https://www.theice.com/publicdocs/ccx/protocols/CCX\\_Protocol\\_Forestry\\_Sequestration.pdf](https://www.theice.com/publicdocs/ccx/protocols/CCX_Protocol_Forestry_Sequestration.pdf)

Churches, C.E., P.J. Wamplera, W. Sun, A.J. Smith (2014). Evaluation of forest cover estimates for Haiti using supervised classification of Landsat data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 30, pp. 203–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.01.020>

CPLC (2015). *Carbon Pricing (What is it, Why carbon pricing, Who is using it)*. Carbon Pricing Leadership Coalition. Available at: <http://www.carbonpricingleadership.org/>

CNSA (2012). *Évaluation de la Campagne Agricole de Printemps 2012*. Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire.

Curtis, I.A. (2004) Valuing ecosystem goods and services: a new approach using a surrogate market and the combination of a multiple criteria analysis and a Delphi Panel to assign weights to the attributes. *Ecological Economics* 50: pp, 163-194.

De Groot R., L. Brander, S. vander Ploeg et al (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB initiative) *Ecosystem Services* 1, pp. 50-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>

DFID (2014). *Assessing the Strength of Evidence. How to Note*. Department for International Development. United Kingdom Government.

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/291982/HTN-strength-evidence-march2014.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291982/HTN-strength-evidence-march2014.pdf)

DINEPA (2010), *Haiti Biogas Programme Strategy*. Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement. Prepared by the Haiti Biogas Technical Working Group through the support of United Nations Environment Programme

EESI (2012), *Fact Sheets: Carbon Pricing around the World*. Environmental and Energy Study Institute, [Available at] [http://www.eesi.org/files/FactSheet\\_Carbon\\_Pricing\\_101712.pdf](http://www.eesi.org/files/FactSheet_Carbon_Pricing_101712.pdf)

ESMAP (2007). *Haiti: Strategy to Alleviate the Pressure of Fuel Demand on National Woodfuel Resources*. Energy Sector Management Assistance Program Technical Paper 112/07. The World Bank.

FAO (1983), *Simple technologies for charcoal making*, FAO Forestry Paper 41. Food and Agriculture Organisation Archives, Rome, [Available at] <http://www.fao.org/docrep/x5328f/x5328f00.htm#Contents>

FAO (2015a). *Global Forest Assessment - Évaluation des ressources forestières mondiales 2015*. Rapport national – Haiti. <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/current-assessment/country-reports/en/>

FAO (2015b). FAOSTAT. *Crop statistics*. Food and Agriculture Organization of the UN. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

FAO (2016). *Traditional Crops of the Month*. Food and Agriculture Organization of the UN. Available at <http://www.fao.org/traditional-crops/moringa/en/>

GBD (2015). *Global Burden of Diseases. Data Visualizations*. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Available at <http://www.healthdata.org/results/data-visualizations>

Gilson Engineering (2010). *Combustion efficiency tables*. Available at: <http://www.gilsoneng.com/reference/combustion.pdf>

Girard, A.W.; Self J.L.; McAuliffe C. and Oludea O. (2012). The Effects of Household Food Production Strategies on the Health and Nutrition Outcomes of Women and Young Children: A Systematic Review. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 26 (Suppl. 1), pp. 205–222. doi: 10.1111/j.1365-3016.2012.01282.x

Haiti-Libre (2016). *Haïti FLASH: Tous les détails sur le nouveau salaire minimum*. 25 mai 2016

Haiti-Reference (2016). *Catastrophes naturelles: Inondations 7140.300*. Available at <https://www.haiti-reference.com/pages/plan/geographie-et-tourisme/milieu-naturel/desastres-et-accidents/inondations/>

Hilaire, S. (1995). *Le Prix d'une Agriculture Minière*. Port-au-Prince : Bibliothèque Nationale d'Haïti. Imprimerie Le Natal S.A.

Hojnacki, A., L. Li, N. Kim, C. Markgraf and D. Pierson (2011), *Biodigester Global Case Studies*. D-Lab Waste MIT course.

Horton, S. and R.H. Steckel (2013). "Malnutrition: global economic losses attributable to malnutrition 1900-2000 and projections to 2050." In B. Lomborg (ed.) *How much have global problems cost the world?* Cambridge: Cambridge University Press.

IGU (2012). *Natural Gas Conversion Pocketbook*. International Gas Union.  
[http://agnatural.pt/documentos/ver/natural-gas-conversion-pocketbook\\_fec0aeed1d2e6a84b27445ef096963a7eebab0a2.pdf](http://agnatural.pt/documentos/ver/natural-gas-conversion-pocketbook_fec0aeed1d2e6a84b27445ef096963a7eebab0a2.pdf)

ISU (2014). *Natural Gas and Coal Measurements and Conversions*. Iowa State University.  
<https://www.extension.iastate.edu/AgDM/wholefarm/html/c6-89.html>

Kumari, K. (1996) Sustainable forest management: myth or reality? Exploring the prospects for Malaysia. *Ambio* 25(7): 459-467.

Lacour J. (2012). *Valorisation de la fraction organique de résidus agricoles et autres déchets assimilés à l'aide de traitements biologiques anaérobies*. Thèse en cotutelle Universités de Lyon et Quisqueya, 217 p.

Larsen (2014). *Benefits and Costs of the Air Pollution Targets for the Post-2015 Development Agenda*. Working Paper as of December 22, 2014. Copenhagen Consensus Center

Lubina F. Qureshy, Harold Alderman, Claudia Rokx, Rebekah Pinto, Matthew Wai-Poi & Ajay Tandon (2013). Positive returns: cost-benefit analysis of a stunting intervention in Indonesia, *Journal of Development Effectiveness*, 5:4, 447-465  
<http://dx.doi.org/10.1080/19439342.2013.848223>

Mahmood, K.T; Mugal T., and Haq I. (2010). Moringa oleifera: A natural gift-A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* Vol. 2 (11), pp. 775-781

Markandya, A., Nunes, P.A.L.D., Bräuer, I., ten Brink, P. Kuik, O. and M. Rayment (2008) *"The Economics of Ecosystems And Biodiversity – Phase 1 (Scoping) Economic Analysis And Synthesis "Final report for the European Commission, Venice, Italy. 142 pp.*

MARNDR-BRH (2016). *Analyse des Potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haïti*. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural, Banque de la République D'Haïti et Rezo Moringa Doliv Ayiti. Port-au-Prince : Rapport préparé par Agroconsult Haïti SA.

MDE (2015). *Contribution Prévue Déterminée au niveau National*. Ministère De l'Environnement, Haïti.

[http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Haiti/1/CPDN\\_Republique%20d'Haiti.pdf](http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Haiti/1/CPDN_Republique%20d'Haiti.pdf)

MENFP (2016). *Politique et Stratégie Nationales d'Alimentation Scolaire*. Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle.

[http://menfp.gouv.ht/20160130\\_Politique%20et%20Strat%C3%A9gie%20Nationale%20%20Alimentation%20%20Scolaire\\_Final.pdf](http://menfp.gouv.ht/20160130_Politique%20et%20Strat%C3%A9gie%20Nationale%20%20Alimentation%20%20Scolaire_Final.pdf)

NEB (2016). *Energy Conversion Tables*. National Energy Board. Government of Canada.

<https://www.neb-one.gc.ca/nrg/tl/cnvrsntbl/cnvrsntbl-eng.html>

Olney, D.K.; Pedehombga A.; Ruel M.T. and Dillon A. (2015). A 2-Year Integrated Agriculture and Nutrition and Health Behavior Change Communication Program Targeted to Women in Burkina Faso Reduces Anemia, Wasting, and Diarrhea in Children 3–12.9 Months of Age at Baseline: A Cluster-Randomized Controlled Trial. *The Journal of Nutrition* 145, pp. 1317–24.

Pike Research (2012). *Renewable Biogas: Methane Recovery and Utilization in Landfills and Anaerobic Digesters: Municipal Solid Waste, Agricultural, Industrial and Wastewater Market Analysis and Forecasts*. Research Report. Executive Summary. <http://www.pikeresearch.com>

Schaafsma, M.; Morse-Jones, S.; Posen, P. *et al.* (2014). The importance of local forest benefits: Economic valuation of Non-Timber Forest Products. *Global Environmental Change*, 24, pp.295-305 <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.08.018>

SFA (2015). *Moringa: Export Market Potential for Smallholder Farmers in Haïti*. Smallholder Farmers Alliance

SICIREC (2009). *Forests and carbon capture*. Systemas de Circulación Ecológica. Sicirec Forestry Consultancy. The Netherlands. <http://www.sicirec.org/definitions/carbon-capture>

Singh, K.J. and Sooch S.S. (2004). Comparative study of economics of different models of family size biogas plants for state of Punjab, India, *Energy Conversion and Management*, 45, pp. 1329-1341.

SOIL (2011), *Can We Sell EcoSan Compost in Haiti? A Market Analysis Report*. Sustainable Organic Integrated Livelihoods.

Stohs, S.J. and Hartman M. (2015). Review of the Safety and Efficacy of *Moringa oleifera*. *Phytotherapy Research* 29, pp. 796–804. DOI: 10.1002/ptr.5325

Tao, Z.; Yan H. and Zhan J. (2012). Economic Valuation of Forest Ecosystem Services in Heshui Watershed using Contingent Valuation Method. *Procedia Environmental Science* 13, pp. 2445 – 2450

Teixeira, EMB; Carvalho M.R.B.; Neves VA, Silva MA, and Arantes-Pereira L. (2014). Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. Leaves. *Food Chemistry* 147, pp. 51–54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.135>

Tol R.S.J. (2011). *The Social Cost of Carbon*. Annual Review of Resources Economics 3, pp. 419–43. 10.1146/annurev-resource-083110-120028

UN (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1. New York, USA (available at <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>)

UNEP (2011). *Le PNUE en Haïti. Revue de l'Année 2010*. United Nations Environment Programme.

UN IGME, (2015). Levels and Trends in Child Mortality. Estimates Developed by the UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. UNICEF, WHO, World Bank Group. [https://www.unicef.org/publications/files/Child\\_Mortality\\_Report\\_2015\\_Web\\_9\\_Sept\\_15.pdf](https://www.unicef.org/publications/files/Child_Mortality_Report_2015_Web_9_Sept_15.pdf)

USAID (1990). *National Program for Agroforestry in Haiti*. Project Identification Document prepared for United States Agency for International Development by D. Gow and L. Duvall.

USAID (2014). *Haiti: Nutrition Profile*. United States Agency for International Development. Available at [https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1864/USAID-Haiti\\_NCP.pdf](https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1864/USAID-Haiti_NCP.pdf)

USDA (2016). Food Composition Databases. US Department of Agriculture. Available at: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search>

Van der Ploeg, S. and R.S. de Groot (2010) *The TEEB Valuation Database – a searchable database of 1310 estimates of monetary values of ecosystem services*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Foundation for Sustainable Development, Wageningen, the Netherlands.

VCS (2015). *VCS Fee Schedule*. Voluntary Carbon Standard, Version 3. <http://database.v-c-s.org/sites/vcs.benfredaconsulting.com/files/Program%20Fee%20Schedule%2C%20v3.5%2C%2012%20JAN%202015.pdf>

VCS (2016). *VCS Program Guide*. Voluntary Carbon Standard, Version 3. <http://www.v-c-s.org/project/vcs-program/>

Waterman, N. (n.a). *Meet Moringa: A Medicinal Superfood Ready for Development*, UC Davis.

Video presentation (about 50 mn). Available at:

[https://video.ucdavis.edu/media/Meet+Moringa+A+A+medicinal+superfood+ready+for+development/0\\_vkeik102](https://video.ucdavis.edu/media/Meet+Moringa+A+A+medicinal+superfood+ready+for+development/0_vkeik102)

Webb, P and Kennedy E. (2014). Impacts of agriculture on nutrition: Nature of the evidence and research gaps. *Food and Nutrition Bulletin*, Vol. 35, no. 1, pp. 126-132

WFC (2015). *Outcome documents from the XIV World Forestry Congress*, held in Durban, South Africa, 7–11 September 2015 ([www.fao.org/about/meetings/world-forestry-congress/en/](http://www.fao.org/about/meetings/world-forestry-congress/en/))

WHO (2011). *Governance for health in the 21st century: a study conducted for the WHO Regional Office for Europe*. Copenhagen: World Health Organization.



World Bank (2014). *State and Trends of Carbon Pricing*. World Bank Group on Climate Change, 88284. Washington D.C.