



ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

**THEME : ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA
SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO**

Présenté et soutenu publiquement le 25 Juin 2012 par :

Salia HEBIE

Travaux dirigés par : Dr Bruno BARBIER

Enseignant Chercheur GVEA

Dr Safiétou SANFO

Chercheur à WASCAL

Jury d'évaluation du stage :

Président : Abdoulaye DIARRA

Membres et correcteurs : Bruno BARBIER
Elodie HANFF

Promotion [2010/2012]

Avec la participation de :

WASCAL

West African Science Service Center on
Climate Change and Adapted Land Use



Center for Development
Research
University Bonn

ZEF Bonn

Remerciements/ Dédicaces

Remerciements

Un immense merci à mon père Feu HEBIE Plassa et à ma mère Feu HETIE Assita pour m'avoir inculqué l'esprit de persévérance depuis ma tendre enfance.

Je remercie Dr. Safiétou SANFO et Dr. Bruno BARBIER pour leur disponibilité et leur soutien.

Je remercie Dr. Boubacar BARRY, M. Igor BADO, tout le personnel de WASCAL et de l'ABV pour leur accueil.

Que tous nos enseignants et tout le personnel de la fondation 2iE trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier M. HEBIE Yadalé, mon petit frère HEBIE S. Souleymane et toute la famille HEBIE pour leur soutien.

Une option spéciale de remerciement à SAM Zalissa pour m'avoir soutenu dans des moments difficiles.

Je remercie également M. SIRIMA Hamed et toutes les familles SIRIMA, TRAORE, SOMBIE et SIRIBIE pour leurs précieux conseils.

Toute ma gratitude à Dr. Augustin Kabore et à M. Diacouba SIRIMA pour m'avoir accompagné dans la recherche documentaire.

Mes sincères remerciements à tous mes camarades du 2iE pour leur patience.

Ils sont certes nombreux ceux que nous devons remercier...

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- A la mémoire de mon père, de ma mère et de mes arrières grands parents ; que leurs âmes reposent en paix.
- A ma très chère Mlle SAM Zalissa

Résumé

La séquestration du carbone par les plantes dans les pratiques agro-forestières et forestières est une bonne technique de réduction des gaz à effet de serre. Mais sera-t-il bénéfique de séquestrer le carbone au Burkina Faso (dans la province de la Ioba)? Pour aider à répondre à cette question, nous nous sommes rendu à Dano chef-lieu de la province de la Ioba. Les résultats des enquêtes révèlent une pression foncière et une détérioration des terres agricoles. Pour conformer l'activité de séquestration aux différents problèmes, nous avons opté pour l'agroforesterie afin de ne pas exacerber la pression foncière existante ;

Le *Faidherbia albida* comme espèce d'arbre agro-forestière a été considéré. Le *Faidherbia albida* une espèce qui ne concurrence pas les cultures en soleil, en eau et en sels minéraux dans les pratiques agricoles mais restaure les sols.

Le *Jatropha curcas* a aussi été pris en compte pour des haies vives afin de réduire l'érosion éolienne et les dégâts dus à la divagation des animaux. Le *jatropha* pourrait générer un revenu supplémentaire aux paysans.

La mise en place de 10 000 hectares d'agroforesterie permettra de séquestrer **3 826 106** tonnes équivalents de CO₂. Le bénéfice est estimé à **43 917 745 710 F CFA** pour le scénario optimiste et à **28 881 149 130 F CFA** pour le scénario pessimiste. L'investissement initial à **1 696 707 500 F CFA** ; et le rapport bénéfice sur coût à **25** et **16** ,pour les scénarios optimiste et pessimiste

La séquestration du carbone peut selon les estimations, être une activité rentable dans la commune de Dano.

Mots Clés :

-
- 1 – BURKINA FASO
 - 2 - Dano
 - 3 – Séquestration de carbone
 - 4 – Crédit carbone
 - 5 – Gaz à effet de serre

ABSTRACT

Carbon sequestration by plants in agro-forestry and forestry is a good practice to reduce greenhouse gas emissions. However, will it be beneficial to sequester carbon at the Ioba province in Burkina Faso? To help answer this question, we traveled to Dano, the capital city of the Ioba's province. Survey results reveal land tenure issues with outcomes of farmland deterioration.

In compliance with the sequestration activity, we chose agroforestry instead.

Acacia albida tree species were considered for best candidates for agroforestry: They do not compete with food crops for sunlight, soil water and soil nutrients, instead, they increase soil fertility through symbiosis with mycorrhizae and soil bacteria, hence, they are good drivers for restoration of degraded farmland.

Jatropha curcas has also been considered for hedgerow fencing, for windfor wind erosion's reduction, and for damage caused by straying animals. *Jatropha* could generate additional income to local farmers.

The establishment of 10,000 hectares of agroforestry will sequester 3,826,106 tonnes of CO₂ equivalent. The profit is estimated at 43 917 745 710 CFA francs for the optimistic scenario and 18 881 149 130 CFA francs for the pessimistic scenario. The initial investment 1,696,707,500 CFA francs and the benefit of cost to 25 and 16 .pour the optimistic and pessimistic scenarios

Based on optimal estimates, carbon sequestration could be a profitable business in the district of Dano.

Key words:

-
- 1 – BURKINA FASO**
 - 2 - Dano**
 - 3 – Carbone sequestration**
 - 4 – Carbone credit**
 - 5 – Greenhouse gases emissions**

Liste des abréviations

AND :	Autorité Nationale Désignée
BUNASOLS :	Bureau National des Sols
CCNUCC :	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CCX:	Chicago Climate Exchange
CE:	Conseil exécutif
CH₄ :	Méthane
CNRF:	Centre National des Semences Forestières
CO₂ :	Dioxyde de carbone
DDP:	Document Descriptif du Projet
GES :	Gaz à Effet de Serre
IRD :	Institut de Recherche pour le Développement
MDP:	Mécanisme de Développement Propre
MOC:	Mise en Œuvre Conjointe
OTC:	Over-The-Counter
RSE:	Responsabilité Sociale et Environnementale des Entreprises
SCEQE:	Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission
SP/CONEDD :	Secrétariat permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable
UNFCCC:	United Nations Framework Convention on Climate Change
URCE :	Unité de Réduction Certifiée des Emissions
URVE :	Unité de Réduction Vérifiée des Emissions

Sommaire

Table des matières

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN INGENIERIE DE
L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT : OPTION ENVIRONNEMENT NATUREL.....0**

Remerciements/ Dédicaces1

Résumé2

Liste des abréviations4

Sommaire5

LISTE DES TABLEAUX7

LISTE DES FIGURES7

I. Introduction8

II. Hypothèse et Objectifs du travail11

III. Matériels et Méthodes13

 A. Estimation des coûts de mise en place d'un projet de séquestration du carbone13

 B. Méthodologie d'estimation des bénéfices14

IV. présentation de la zone d'étude16

 A. Présentation générale16

 B. Diagnostic foncier17

V. Résultats20

 A. Détermination du coût de mise en place d'un projet d'agroforesterie de séquestration du
 carbone.....20

 1. Estimation des frais de mise œuvre 20

 2. Les frais servants à assurer et à renforcer la prise de conscience..... 23

 3. Les frais de documentation et du suivi du projet 24

 4. Frais d'acquisition des semences et de la mise en place des pépinières..... 24

 B. Estimation des bénéfices.....26

 1. Estimation des crédits carbone générés..... 26

 2. Estimation des augmentations des rendements agricoles due à la mise en place du projet. 31

3.	Estimation des rendements du <i>Jatropha curcas</i>	33
4.	Bénéfices accessoires.....	34
C.	Calcul de la rentabilité économique.....	35
1.	Ratio bénéfice / coût	35
2.	La valeur actualisée nette.....	36
3.	Le taux de rendement interne	36
VI.	<i>Discussion et Analyses des résultats</i>.....	38
VII.	<i>Conclusion</i>	44
VIII.	<i>Recommandations – Perspectives</i>.....	46
IX.	<i>Bibliographie</i>.....	47
X.	<i>Annexes</i>	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Frais d'étude du sol.

Tableau 2 : Frais de préparation du site et de la plantation des arbres

Tableau 3 : Frais de préparation du site et de la plantation des arbres servant de haie vive

Tableau 4 : frais servant à assurer et à renforcer la prise de conscience

Tableau 5 : Frais de mise en place de la pépinière

Tableau 6 : Récapitulatif des frais de mise en place du projet.

Tableau 7 : Recettes de séquestration sur chaque 5 ans

Tableau 7 : Recettes de séquestration par an

Tableau 8 : Augmentation des rendements agricoles engendrée par le *Faidherbia*

Tableau 9 : Recettes des graines de *Jatropha*

Tableau 10 : Récapitulatif de valeurs économiques

Tableau 11 : Récapitulatif des valeurs économiques du crédit carbone.

LISTE DES FIGURES

Graphique : fréquence de séquestration du carbone en fonction du temps

Figure 1 : Effet de serre.

Figure 2: Représentation simplifiée du Protocole de Kyoto. (Hamon, 2009)

Figure 3 : Eléments de définition d'une forêt selon la CCNUCC (source: marché du carbone forestier)

Figure 4 : Carte de commune de Dano

Figure 5 : Agroforesterie sous des *Faidherbia albida* et des borasses près de Banfora Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Agroforesterie>

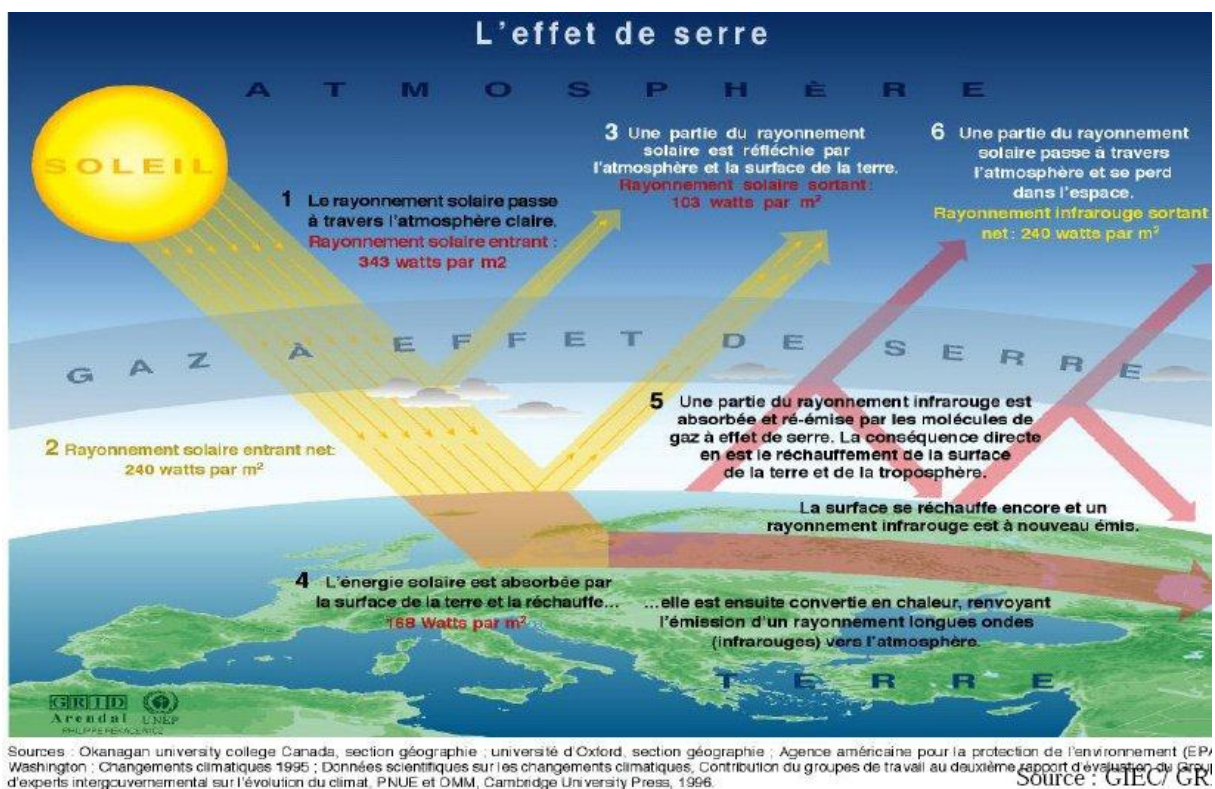
Figure 6 : Processus de séquestration du carbone par la plante

Source : <http://www.tuieuxcourir.com/blog/d%C3%A9cembre-2009/>

I. INTRODUCTION

Est-il bénéfique de séquestrer le carbone au Burkina Faso? La séquestration du carbone par les plantes dans les pratiques agro-forestières et forestières est un processus au cours duquel les plantes absorbent le CO₂ pour constituer leurs chaînes carbonées. Elle entre dans le cadre des résolutions du protocole de Kyoto sur la réduction et la limitation des émissions des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère.

Les (GES) sont des molécules d'origine anthropique ou/et naturelle capables d'absorber le rayonnement infrarouge émis par la terre. Ces gaz en absorbant les rayons infrarouges émis par la terre, provoquent une augmentation globale de la température.



C'est ce phénomène qui conduit aux changements climatiques.

Les changements climatiques se manifestent par un réchauffement global de la terre qui provoque une variation des facteurs abiotiques¹ et biotiques² sur l'ensemble de la planète.

Pour faire face aux phénomènes des changements climatiques, deux (2) instruments juridiques ont été élaborés dans le but de contribuer à stabiliser les GES à un niveau acceptable ; il s'agit :

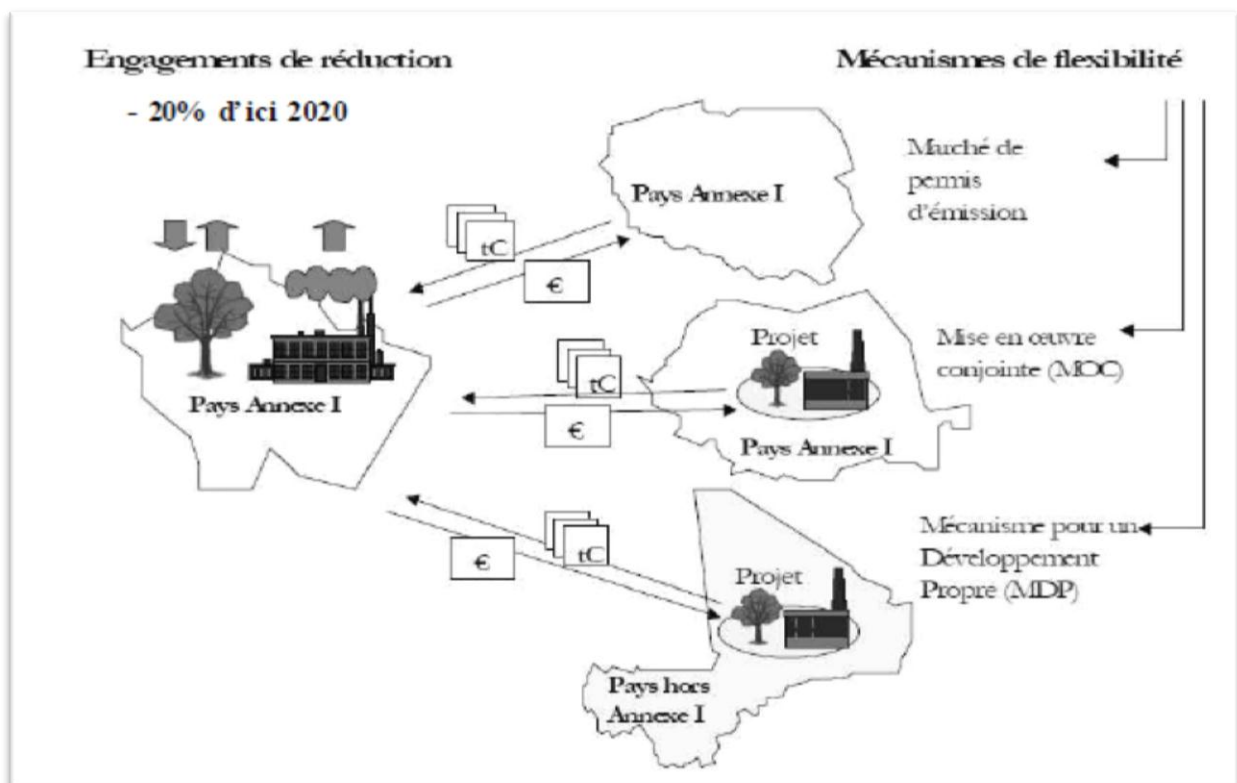
¹ Représentent l'ensemble des facteurs physico-chimiques d'un écosystème.

² Représentent l'ensemble des interactions du vivant sur le vivant dans un écosystème

- De la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)
- Du Protocole de Kyoto (PK) qui est entré en vigueur en février 2005 et qui fixe pour les pays développés, des objectifs de réduction d'émission. Les pays en développement ne sont pas astreints à des objectifs de réduction contraignante de GES.

Pour aider à la mise en œuvre du PK, il est prévu trois mécanismes de flexibilité en plus des mesures et politiques que chaque pays devra prendre :

- Mécanisme d'Echange de quotas dans les pays industrialisés.
- Mécanisme de Mise en Œuvre Conjointe (MOC) dans les pays industrialisés ;
- Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) dans les pays en développement ;



Selon ces conventions, les pays de l'annexe I (pays développés et pays à économie en voie de transition) peuvent payer sur le marché du carbone des crédits carbone afin de compenser leur émissions de GES.

La compensation des émissions anthropiques de carbone est un mécanisme qui permet de compenser les émissions qui ne peuvent pas être évitées en finançant une autre entité pour séquestrer le carbone. Deux types de marché du carbone existent de nos jours; il s'agit du marché de la compensation obligatoire et du marché de la compensation volontaire (*Seeberg-Elverfeldt 2010*).

Le marché de la compensation obligatoire : c'est le marché qui est utilisé par les

gouvernements et les entreprises qui conformément aux différentes réglementations en vigueur, doivent limiter leurs émissions de GES.

Le marché de la compensation volontaire permet d'échanger des crédits carbone volontairement.

Dans la collaboration Nord-Sud pour lutter contre le réchauffement climatique, les mécanismes de Compensation permettent à des organisations privées/Publicques et individuelles de compenser les émissions de GES émises au Nord en évitant des émissions de GES au Sud. L'Afrique fait partie des continents qui regorgent d'important projet de réduction d'émission et de séquestration du carbone par les pratiques forestière et agro forestière.

Le Burkina Faso est un pays en voie de développement (pays de l'annexe II). Selon les mécanismes de flexibilité, du protocole de Kyoto, les organisations privées/publiques et individuelles (surtout des pays de l'annexe I) peuvent compenser leurs émissions en finançant des activités au Burkina visant à éviter ou réduire les émissions de GES ou à séquestrer le carbone émis. C'est à ce sujet qu'il nous a été demandé de vérifier si une activité de séquestration du carbone peut être rentable au Burkina. Nous analysons coûts et bénéfices associés aux projets de séquestration du carbone par les plantes dans le cadre des projets MDP ou volontaire d'échange de crédit carbone. Les études de terrain seront faites dans la province de la Ioba plus précisément dans la commune de Dano. Pour y parvenir, nous allons faire un diagnostic foncier afin de savoir lequel des projets de foresterie et d'agroforesterie on peut mettre en place dans cette localité ; puis déterminer le coût de la mise en place d'un projet de séquestration du carbone y compris les pertes d'éléments de subsistance qui seraient dues (si un projet de foresterie peut être mis en place, mais au cas où c'est un projet d'agroforesterie qui est préconisé, cette évaluation des pertes d'élément de subsistance ne sera plus nécessaire) ; et les bénéfices de tout genre qui seront engendrés. Nous terminerons notre travail en analysant les résultats obtenus et en donnant quelques recommandations et perspectives.

II. HYPOTHESE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

Notre travail a pour objectif principal la détermination du coût et des bénéfices associés à la mise en place d'une activité de séquestration du carbone par les plantes dans la commune de Dano dans le but de savoir si une telle activité peut être rentable. Pour parvenir à cet objectif principal, nous nous sommes fixé les objectifs spécifiques suivants :

- ✓ Faire le diagnostic foncier de la localité de Dano. Ce diagnostic nous a permis de savoir lequel des projets de foresterie et d'agroforesterie sera plus bénéfique à la population;

Estimation du coût d'un projet de séquestration du carbone par les pratiques d'agroforesterie et de foresterie.

Au cours de cette étape, nous allons :

- ✓ Déterminer les frais de **mise en œuvre du projet** partant des coûts de l'étude du sol, des premières enquêtes, de la préparation du site et plantation, du suivi et des traitements initiaux, de la gestion continue et de l'entretien des plantes mises en place à l'inventaire forestier périodique;
- ✓ Evaluer les frais servant à assurer ou à renforcer la prise de conscience et les capacités des participants locaux;
- ✓ Déterminer les frais directement associés à l'établissement de la documentation du projet de GES, à l'audit et à l'enregistrement ainsi qu'au suivi régulier, à la soumission des rapports et à la vérification.

Dans le cas des projets de foresterie

Nous allons ajouter aux différentes études de coût du projet, les pertes de production engendrées par le projet (rendements de culture ; bois de chauffe ; etc.). Pour cela il faut :

- ✓ Déterminer les rendements des cultures par hectare et par spéculation ;
- ✓ Déterminer le coût de la consommation en énergie (bois) dans la cuisson des aliments et dans la préparation du dolo;

Détermination du bénéfice

- ✓ Calculer le nombre de crédit carbone généré en TéquCO₂ dans le cas de foresterie et d'agroforesterie ;
- ✓ Déterminer les bénéfices accessoires associés au projet surtout dans le cas d'un projet d'agroforesterie ;

Ce travail est élaboré dans le but de trouver des réponses aux différentes questions relatives à l'élaboration de projet de vente de crédit carbone. A l'issue de ce travail, nous saurons s'il est rentable de séquestrer le carbone au Burkina surtout dans la localité de Dano. Si cette activité n'est pas rentable, comment peut-on la rendre bénéfique; lequel des projets de foresterie et d'agroforesterie est bénéfique à la population rurale, etc.

III. MATERIELS ET METHODES

Les études de terrain ont été faites à Dano dans la province de la Ioba. Au cours de ces études, nous avons fait des enquêtes auprès de la population et des collectivités locales. Certaines données ont été récoltées auprès d'experts et d'instituts spécialisés dans les questions de séquestration du carbone. Les données recueillies ont permis de déterminer d'une part le coût d'un projet de séquestration du carbone et d'autre part les bénéfices générés.

A. Estimation des coûts de mise en place d'un projet de séquestration du carbone

Pour déterminer le coût, nous avons procédé à :

L'évaluation monétaire des activités servant à assurer ou à renforcer la prise de conscience des populations et des participants locaux. Cette évaluation est faite à partir de la détermination des frais de la sensibilisation qui doit amener les populations et les collectivités locales à adhérer et à entreprendre un projet de séquestration de carbone par des pratiques de foresterie et d'agroforesterie.

La détermination des frais de mise en œuvre du projet. Cette étape nous a conduit au Bureau National des Sols (BUNASOLS) où nous avons soumis des questionnaires afin d'évaluer les frais d'étude de la compatibilité du sol à abriter un projet de foresterie ou d'agroforesterie. Pour évaluer les coûts associés à la préparation du site et plantation des arbres, le suivi et les traitements initiaux des arbres plantés, la gestion continue, l'entretien et l'inventaire forestier périodique ; nous nous sommes rendu au secrétariat permanent de CONEDD et parallèlement à cela, nous avons fait des évaluations tenant compte du coût de la vie à Dano (coût de la main d'œuvre journalière). Malgré toutes ces recherches au niveau national, il a fallu faire recours à la documentation pour avoir certains chiffres car la séquestration du carbone par les plantes dans le cadre de la politique carbone est une activité peu pratiquée au Burkina et qui n'a pas fait l'objet d'études proprement dites.

Pour ce qui est des frais associés à l'établissement de la documentation du projet d'agroforesterie ou de foresterie de séquestration, à l'audit et à l'enregistrement ainsi qu'au suivi régulier, à la soumission des rapports et à la vérification ; nous avons fait recours à la documentation en plus des consultations d'expert dans le domaine des projets de gaz à effet de serre.

Dans le cas des projets d'agroforesterie, la détermination du coût de mise en place se limite

aux études précédentes car le promoteur en plus de la séquestration du carbone, pourra pratiquer des activités agricoles sur le terrain concerné. Mais dans le cas d'un projet de foresterie nous devons associer aux frais précédents, les pertes d'éléments de subsistance qui y seraient due dans le cas où le promoteur n'aura pas la possibilité de pratiquer autres activités à l'intérieur de son espace aménagée.

Pour déterminer le coût des pertes d'éléments de subsistance, nous avons soumis des questionnaires aux producteurs et autres populations dans le but de déterminer leurs rendements de production annuelle et leurs consommations en énergie. Pour la demande en énergie, nous les avons interrogés sur la taille de leur famille, le nombre de préparation de dolo par semaine.

Des questionnaires sur un éventuel diagnostic du problème foncier ont été également présentés aux propriétaires terriens et aussi aux non propriétaires. Ce diagnostic nous a permis de connaître le problème foncier qui existe dans la commune afin de savoir d'une part lequel des projets de foresterie et d'agroforesterie est plus conseillé et d'autre part s'il est possible de transformer des champs en forêt pour séquestrer le carbone.

B. Méthodologie d'estimation des bénéfices

Pour estimer des bénéfices du projet nous avons approché le nombre de crédit carbone en TeqCO_2/ha . La concentration des arbres a été déterminée à partir de la définition de la forêt selon la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Selon la CCNUCC, « on entend par forêt, une terre d'une superficie minimale comprise entre 0,05 et 1 hectare, comportant des arbres dont le houppier couvre plus de 10 à 30% de la surface (ou ayant une densité de peuplement équivalente) et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 2 à 5 mètres »

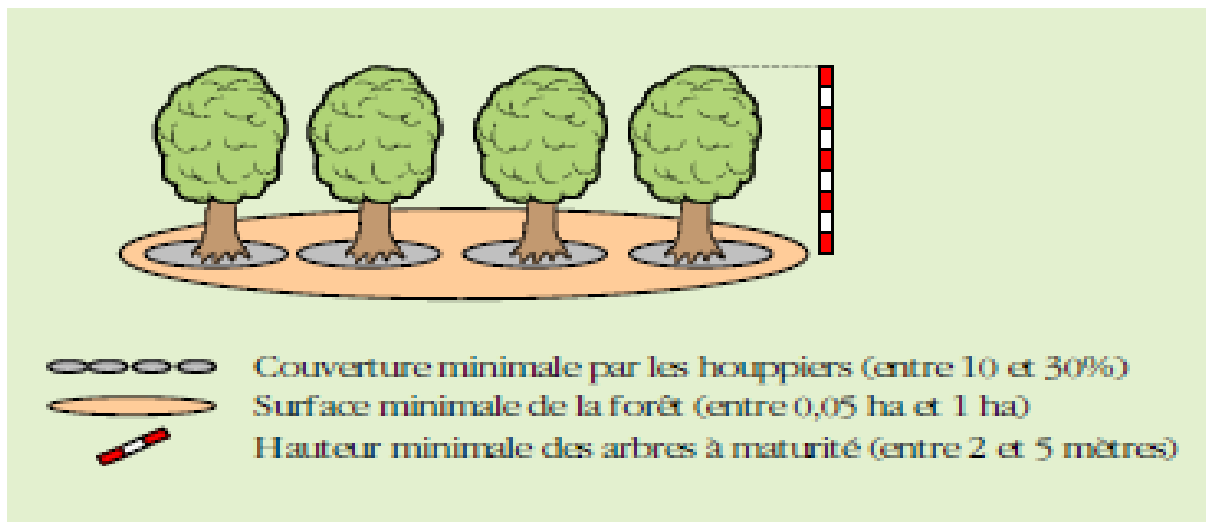


Figure 3 : Eléments de définition d'une forêt selon la CCNUCC (Chenost et al, 2010)

Nous avons estimé la quantité de biomasse qui pourrait exister dans un hectare de forêt aménagé en tenant compte de la définition précédente. D'abord ; nous avons identifié les espèces d'arbres rencontrés dans la région et celles qui pourraient être plantées en fonction de la pluviométrie de la localité, des types de sols et des réalités socio-économiques, culturelles et foncières de la commune. Ensuite ; nous avons déterminé la quantité de la biomasse moyenne d'un arbre et enfin ; la quantité de CO₂ séquestrée.

Des études faites par l'IRD et par la fondation canadienne de l'arbre ont permis d'estimer la quantité de carbone séquestré. Le carbone absorbé est exprimé en tonnes de carbone(x 10⁶ g C). Pour calculer la masse de CO₂ absorbée, on multiplie le carbone absorbé par un coefficient de 44/12 ou 3,67, qui représente le rapport entre la masse d'une molécule de CO₂ et la masse d'un atome de carbone.

Pour estimer l'augmentation des rendements agricoles due à la plantation des arbres, nous avons utilisé une fiche de la direction provinciale de l'agriculture de la province de la Ioba. Cette fiche nous donne les rendements des spéculations par hectare. Et dans la culture, nous conseillons le sorgho sous les arbres de *Faidherbia*.

Les rendements de *Jatropha* ont été déterminés sur la base d'une étude faite au Mali.

IV. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

A. Présentation générale

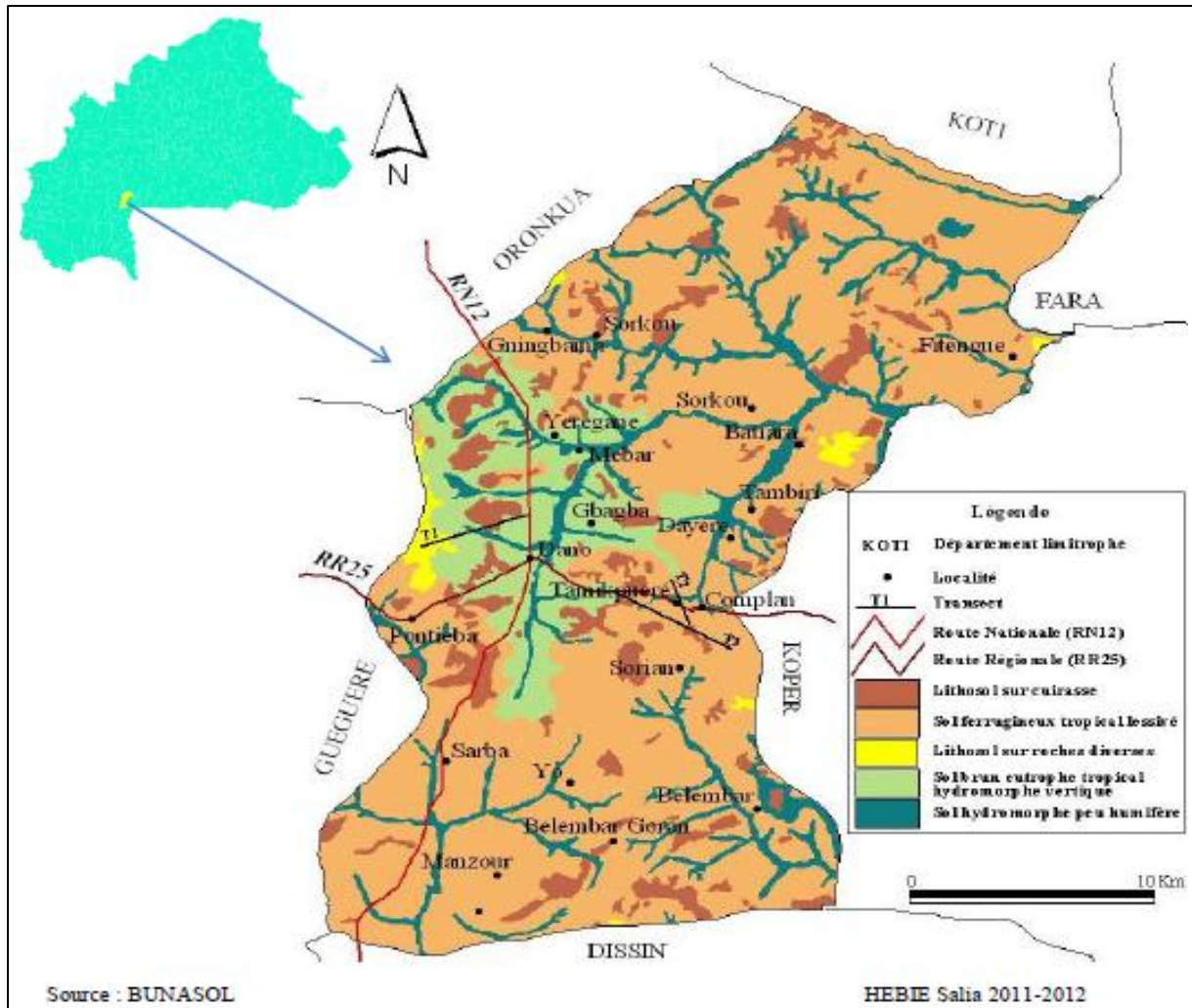


Figure 4 : Carte de commune de Dano

Dano est le chef-lieu de la province de la Ioba ; sa superficie est de 651.2442 km². Dano est situé dans la région du sud-ouest ; elle appartient à la zone climatique soudano-guinéenne au sud du pays avec plus de 900 mm de pluie par an et des températures moyennes relativement basses par rapport au reste du pays.

Les activités principales de la population de la commune sont l'agriculture et l'élevage de subsistance. Les cultures sont vivrières (le sorgho, le maïs, le mil et le riz pluvial) et de rente (le coton, l'arachide et le sésame). Les champs cultivés couvrent une superficie de 36 290,84 ha soit 55,74 % de la superficie de la commune.

Le parc arboré est constitué de : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Faidherbia albida*, *Adansonia digitata*.

Les différents types de sols rencontrés sont :

- Lithosol sur cuirasse
- Sol ferrugineux tropical lessivé
- Lithosol sur roches diverces
- Sol brun eutrophe tropical hydromorphe vertique
- Sol hydromorphe peu humifère.

B. Diagnostic foncier

Les populations de Pontieba, Dayèrè, Batiara et Gbagba sont confrontées à une pression foncière importante. 100% des agriculteurs sont propriétaires des champs qu'ils exploitent. Les enfants héritent des champs de leur père. Ces champs sont distribués à un nombre important d'enfants, qui ; à leur tour les lèguent à leurs enfants, leurs petits-enfants. Avec la pression démographique, la superficie du champ à la disposition des chefs de famille diminue avec le temps.

96% personnes ne disposent pas d'espace pour faire de nouveaux champs.

100% chefs de famille interrogés sont prêts à transformer une partie de leurs champs pour séquestrer le carbone. Mais cette disposition à séquestrer le carbone s'accompagne des conditions liées à la couverture de leurs besoins.

Toutefois, interrogé sur l'état général des sols, 100% disent que de mauvaises herbes apparaissent dans les champs ces dernières années. Ces mauvaises herbes sont nuisibles aux cultures essentiellement. Représentées par le striga, ces mauvaises herbes sont la preuve d'une détérioration des sols ; ils parlent aussi de dégâts causés par le vent dans les champs.

Pour toutes ces raisons, nous pensons que l'agroforesterie semble être une pratique de séquestration du carbone mieux adaptée que la foresterie. Dans le souci de coordonner cette activité de séquestration à la résolution des problèmes, nous avons porté notre choix sur le *Faidherbia albida* comme espèce d'arbre à planter à l'intérieur du champ et le *Jatropha curcas* comme espèce d'arbre devant servir de haie brise vent.

Néanmoins, la foresterie peut être pratiquée sur certaines terres impropres à l'agriculture telles que les zones montagneuses; qui sont un peu fréquentes à Dano.

L'évaluation de la perte des éléments de subsistance n'interviendra plus car la foresterie ne

pourra qu'être pratiquée sur des terrains impropres à l'agriculture.

L'agroforesterie ne privera pas les agriculteurs de leurs terres cultivables. Dans cette pratique, nous utiliserons des techniques qui leur permettront d'une part de restaurer les sols et d'autre part d'atténuer les dégâts causés par le vent.

89% des chefs de ménage ont prêté un de leurs champs à d'autres personnes. Ces derniers disent qu'ils sont les descendants du chef de terre; ce qui explique leur possession de grande superficie de terrain. Ils interdisent formellement la plantation d'arbre dans leur champ par les emprunteurs



³Figure 5 : Agroforesterie sous des *Faidherbia albida* et des borasses près de Banfora

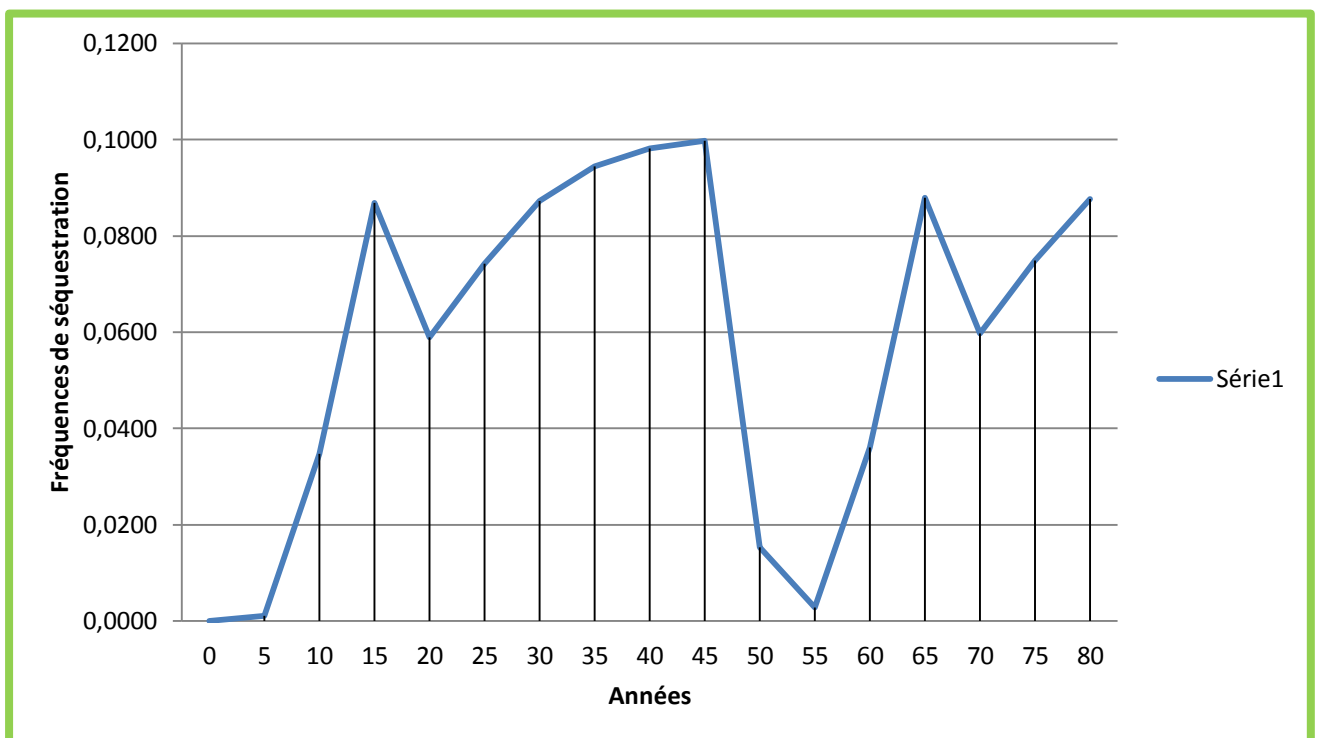
Présentation du *Faidherbia albida*

Le *Faidherbia albida* est un arbre qui est beaucoup utilisé dans les systèmes agro-forestiers de l'Afrique au Sud du Sahara. C'est un arbre à usages multiples de la famille des légumineuses, très répandu en Afrique. Il habite les savanes soudaniennes et soudano-sahéliennes (pluviosité : 300 à 1800mm/an) supporte de longues sécheresses et des inondations temporaires ; s'adapte à une variété de terres et apparaît dans différents écosystèmes allant des déserts aux climats tropicaux humides. Il permet de fixer l'azote et présente la particularité de la «foliation inversée»: c'est à dire qu'il perd ses feuilles en saison humide et reverdit en début de saison sèche. Cette caractéristique le rend compatible avec la production vivrière

³ source image : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Agroforesterie>

puisqu'il ne concurrence pas les cultures pour la lumière, les éléments nutritifs et l'eau. Les agriculteurs ont souvent observé des augmentations considérables dans leurs rendements de maïs, de sorgho, de mil, de coton et d'arachide lorsque ces cultures se trouvent en proximité de *Faidherbia*. Des publications ont rendu compte d'accroissements dans les rendements allant de six pour cent (6%) à plus de cent pour cent

Comme beaucoup d'autres espèces agro-forestières, le *Faidherbia* tend à augmenter les stocks de carbone au-dessus du sol et dans le sol; il améliore la capacité de rétention de l'eau des sols ainsi que leur état nutritionnel.



Graphique : fréquence de séquestration du carbone en fonction du temps

V. RESULTATS

A. Détermination du coût de mise en place d'un projet d'agroforesterie de séquestration du carbone

1. Estimation des frais de mise œuvre

A Dano, les champs cultivés couvrent une superficie de 36 290,84 ha soit 55,74 % de la superficie de la commune (selon une étude faite à Dano en mai 2010) Pour nos calculs, nous prendrons comme superficie totale à reboiser 10 000 hectares et dans la mise en place du projet, nous mettrons les moyens pour mobiliser les agriculteurs afin d'avoir la superficie de 10 000 hectare. Cela permet d'avoir une réduction conséquente des émissions qui respecte les critères des projets carbonés (*Seeberg-Elverfeldt 2010*).

Dans notre cas, le promoteur du projet de GES est un groupement d'agriculteur.

Les frais de mise en œuvre regroupent :

Les frais d'étude du sol qui doit abriter le projet. Cette étude est faite pour savoir si les caractéristiques granulométriques et physico-chimiques du sol sont favorables pour une bonne croissance des plantes. Sinon ; quelles précautions faut-il prendre. Pour avoir des informations sur le coût de ces études, nous nous sommes rendu au Bureau National des Sols (BUNASOLS). Les tarifs reçus à ce niveau portent sur l'analyse d'un seul échantillon. Or, pour faire les prélèvements sur une superficie de 100 hectares selon le BUNASOLS, il faut 4 profils et dans chaque profil il faut prélever 10 échantillons. Par conséquent, sur 10 000 hectares il faut analyser une moyenne de 4000 échantillons.

Tableau 1 : Frais d'étude du sol.

coût d'étude du sol/échantillon	
Activités	coûts en F CFA
préparation de l'échantillon	2100
Granulométrie	3000
Qualités physico-chimiques	
pH eau	1200
Azote totale	3000
Matière organique	1800
Calcaire actif	3900
Creuser de fosse	2500
Total par échantillon	17500
Nombre d'échantillon sur 10 000ha	4000
Total sur 10 000ha	70 000 000
Déplacement et prise en charge	6 000 000
TOTAL	76 000 000

Coût de la préparation du site et de la plantation des arbres.

Les arbres qui seront plantés sont de deux sortes : le *Faidherbia albida* qui sera à l'intérieur du champ et le *Jatropha curcas* qui servira de haie vive. La préparation du site consistera à creuser les trous pour les arbres de grande taille (le *Faidherbia albida*) et à creuser les tranchées pour la haie vive puis à y mettre le fumier (si cela s'est trouvé nécessaire après l'analyse du sol). Les coûts des travaux ont été estimés relativement à la qualité du sol et au coût de la main d'œuvre dans la localité. La plantation des arbres est beaucoup plus rapide par rapport à la préparation du site une fois que les trous et les tranchées sont déjà prêts.

Tableau 2 : Frais de préparation du site et de la plantation des arbres

Activités	Nombre de trous/ha	prix/trou	Coûts en F CFA
creusé de fosses	64	150	9 600
distribution de fumier	64	7	448
plantation des arbres	64	15	960
Total par ha			11 008
nombre d'ha			10 000
TOTAL sur 10 000ha			110 080 000

Tableau 3 : Frais de préparation du site et de la plantation des arbres servant de haie vive

Activités	Nombre de tranchés de 1 000m	prix/tranché	Coûts se CFA
Creusé de la tranchée	1	20 000	20 000
Distribution de fumier	1	1 250	1 250
Plantation des arbres	1	2 500	2 500
Total			23 750
Nombre de tranchées dans 10 000ha			5 000
TOTAL sur 10 000ha			11 8750 000

Le nombre d'arbre du tableau 2 a été calculé sur la base de la définition d'une forêt selon la CCNUCC (*confère matériel et méthode*) et des mesures faites sur le diamètre moyen des houppiers des arbres *Faidherbia* dont l'âge varie entre 15 et 20 ans dans le village de Pontieba.

Diamètre moyen du houppier d'un arbre de 15 à 20 ans : 5 m

La superficie d'un houppier : $S = \pi r^2 \rightarrow S = 19,625 m^2$

La superficie totale minimale qui doit être couverte par les houppiers sur un hectare :

$$10\% \times 1ha = 1000 m^2$$

Le nombre d'arbres sur un hectare :

$$n = \frac{1000 m^2 \times 1 arbre}{19,625 m^2} \rightarrow n = 50,95 \approx 51 arbres$$

La superficie des houppiers doit couvrir 10 à 30% de la superficie totale. Les calculs étant faits sur la base du pourcentage minimal de couverture (10%) donc pour avoir une couverture légèrement supérieure à 10% et une bonne répartition des arbres sur le champ, nous avons pris le carré supérieur le plus proche qui est 64 comme nombre d'arbres par hectare. 64 arbres par hectares correspond également au nombre minimal d'arbre sur un hectare selon l'ancien code forestier du Burkina Faso. Cela nous a permis d'avoir $\sqrt{64} = 8$; donc les arbres seront plantés

sur 8 lignes sur 8 par hectare. Avec 8 lignes sur 8 par hectare, nous avons une distance de 12.5 m entre les lignes (arbres).

Quant aux haies vives, elles doivent être plantées selon des critères qui permettent de protéger les cultures (en fonction de la direction du vent). Selon le catalogue sur les haies vives conçus par la section agronomique de l'université de Bobo Dioulasso, les tranchées doivent avoir 40 à 50 cm de largeur sur une profondeur de 40 à 50cm.

2. Les frais servants à assurer et à renforcer la prise de conscience

Avant toute activité de ce genre, il est primordial d'interroger la population lors des séances d'enquête afin de connaître leurs points de vue sur la mise en place du projet (leurs attentes et leurs engagements). Ces premières enquêtes vont nous permettre de préparer des cérémonies de sensibilisation afin :

- d'expliquer à la population ce que c'est qu'un projet de séquestration du carbone ;
- de leur parler des avantages économiques du projet et des bénéfices accessoires ;
- de leur assurer qu'ils seront toujours propriétaires de leurs champs, cela est un paramètre important qui peut amener les villageois à être moins retissant sur leur partition.

La détermination du coût de ces enquêtes préliminaires et des sensibilisations prend en compte le personnel qui sera chargé de récolter les avis des uns et des autres et de faire passer le message de sensibilisation et aussi le matériel mobilier et immobilier qui sera nécessaire.

Tableau 4 : frais servant à assurer et à renforcer la prise de conscience

	Nombre	Prix/jour en F CFA	Nombre de jours	Total en F CFA
Personnel d'enquête	10	2 500	4	100 000
Personnel de sensibilisation	5	5 000	4	100 000
Mobilier	1	25 000	4	100 000
Immobilier	1	20 000	4	80 000
Actif de mobilisation	1	15 000	4	60 000
TOTAL		67 500		440 000

3. Les frais de documentation et du suivi du projet

L'estimation des frais associés à l'établissement de la documentation du projet :

Le projet MDP doit faire au préalable l'objet d'un Document Descriptif du Projet (DDP) élaboré conformément à un canevas standard adopté par le Conseil Exécutif du MDP (CE). Le DDP est un élément indispensable aux projets MDP, car il constitue le document de référence pour toutes les parties prenantes du projet ; il doit être élaboré par le promoteur mais avec la participation d'un consultant accrédité et reconnu par le CE. Le développement de ce document nécessite un budget de 15 000 000 à 20 000 000 de F CFA (*MDP Maroc, 2007*). Le DDP doit, selon le CE, présenter les aspects suivants :

- Une description générale du projet ;
- La méthodologie proposée pour établir les lignes de base ;
- La durée de comptabilisation des émissions réduites du projet ;
- Une démonstration de la manière dont le projet entraîne des réductions d'émissions additionnelles par rapport à celles qui auraient lieu sans le projet ;
- Une analyse des impacts environnementaux du projet;
- Une description du processus de consultation avec les groupes d'intérêts ;
- Un plan de surveillance et de vérification des émissions en GES du projet.

A ces frais relatifs à l'élaboration du document descriptif du projet, il faut ajouter les frais d'exécution des travaux d'audit et des vérifications continues définie dans la méthodologie. Ces travaux doivent être effectués par une autorité compétente reconnue par CE et nécessite un budget de 5 000 000 à 7 500 000 F CFA par prestation (*Seeberg-Elverfeldt, 2010*).

4. Frais d'acquisition des semences et de la mise en place des pépinières

Selon le Centre National de Semences Forestières (CNSF), un kilogramme (kg) de graine de *Faidherbia albida* coûte 22 500 F CFA. Le nombre de graine viable par kg est de 14 400, le taux de germination est de 90% ce qui implique que dans un (01) kg, 12 960 graines germeront et pour couvrir les 10 000 ha, il faut 49.383 kg de graines. Mais en prenant en compte les différents travaux, de remplacements et autres qui peuvent avoir lieu quelque temps après la plantation, nous prendrons une marge d'environ 5.6 kg qui amènera le nombre total de kg à commander à 55. Donc les frais d'acquisition des semences s'élèvent à 1 237 500 F CFA.

Ces semences seront utilisées pour faire des pépinières. A cet effet, des séances de formation seront organisées à l'égard des agriculteurs. Pour mener à bien cette formation, nous allons faire appel à 2 formateurs du CNSF.

Frais de la formation à la pépinière:

Tableau 5 : Frais de mise en place de la pépinière

Désignation	Nombre de formateurs	Prix unitaire par jour	Nombre de jours	Total / désignation
Formateur	2	50 000 F CFA	4	400 000 F CFA

Les semences du *Jatropha curcas* seront fourni par BELWET biocarburant qui une entreprise qui produit du biocarburant à base du *jatropha*.

Tableau 6 : Récapitulatif des frais de mise en place du projet.

Activités	Coûts
Etude du sol	76 000 000 F CFA
Préparation du site et plantation des arbres	110 080 000F CFA
Préparation du site et plantation des haies vives	11 8750 000F CFA
Acquisition des semences	1 237 500 F CFA
Formation à la pépinière	400 000 F CFA
Sensibilisation, renforcement de la prise de conscience	440 000 F CFA
Etablissement de la documentation du projet	15 000 000 à 20 000 000 F CFA
Audit et vérification continue (par prestation)	5 000 000 à 7 500 000 F CFA

Le suivi se fera pendant 20 ans renouvelables 2 fois et nous aurons une séance d'audit et de vérification par an. En considérant les moyennes des intervalles, nous estimons les frais de mise en œuvre du projet et du suivi pendant les 60 années à **1 696 707 500 F CFA**

B. Estimation des bénéfices

Les bénéfices d'un projet de séquestration de carbone sont diverses ; ils se composent des crédits carbone générés et des bénéfices accessoires dû à la mise en place du projet.

1. Estimation des crédits carbone générés

Il existe peu d'études sur le calcul de la quantité de carbone que peut séquestrer un arbre. Dans cette étude, nous considérerons la composition du bois en eau et en éléments minéraux, la masse moyenne d'un arbre à maturité dans les conditions climatiques et pédologiques de Dano, pour calculer la quantité moyenne de carbone que peut séquestrer un arbre.

Dans la pratique d'agroforesterie, l'espèce d'arbre qui sera utilisée est le *Faidherbia albida* (Ex *acacia albida*). C'est l'une des espèces du genre *acacia* qui donne des grands arbres. Sur une étude qui a été faite par IRD sur le cycle biogéochimique du *Faidherbia albida* en zone tropicale sèche sur des sols ferrugineux tropical peu lessivé, 43 *acacia* (dont l'âge est comprise entre 30 et 80 ans) par hectare donnaient les masses de matière sèche par hectare suivant :

Masse de la partie aérienne = 82 467 kg de matière sèche à l'hectare ;

Masse de la partie souterraine = 57 748 kg de matière sèche à l'hectare ;

Ce qui donne un total de 140 215 kg de matière sèche à l'hectare. Ce poids total de matière sèche est d'environ 140 t/ha ; est intermédiaire entre le poids de la biomasse totale enregistrée en zone de savane: 30-70 t/ha; et le poids de la biomasse totale enregistrée en forêt de Kade au Ghana : 300-400 t/ha; Bazilevic et Rodin (1964), estiment qu'en forêt tropicale humide la biomasse peut atteindre 500-600 t/ha.

Les conditions climatiques et pédologiques du milieu de l'étude faite par l'IRD sont les mêmes que celle de Dano (confère carte de Dano).

Les arbres étudiés avaient l'âge compris entre 30 et 80 ans. Dans notre étude nous estimons qu'à 60 ans, les arbres auront en moyenne la masse en matière sèche précédemment définie

Estimation de la masse du carbone contenu dans la biomasse d'un arbre

Considérons :

$m_{carbone}$: masse du carbone
$m_{biomasse}$: masse de la biomasse

A 60 ans au maximum, la masse de la biomasse est estimée à 140 215 kg de matière sèche à l'hectare ; pour 43 arbres à l'hectare. On en déduit qu'en moyenne un arbre a produit 3 260.81 kg de matière sèche.

Le carbone représente environ 50% de la biomasse sèche d'un arbre (*fondation canadienne de l'arbre, 1999*). En considérant la masse moyenne de la biomasse d'un acacia (3 260.81 kg) ; la quantité estimée de carbone sera de:

$$m_{carbone} = m_{biomasse} \times \frac{50}{100}$$

$$m_{carbone} = 3\,260,81 \text{ kg} \times \frac{50}{100}$$

$$\mathbf{m_{carbone} = 1\,630.405 \text{ kg}}$$

Estimation de la masse du dioxyde de carbone (CO₂) à partir de la masse du carbone

$$m_{CO_2} = m_{carbone} \times \frac{M_{CO_2}}{M_c}$$

m_{CO_2} = masse du dioxyde de carbone
M_{CO_2} = masse moléculaire du CO ₂
M_c = masse atomique du carbone

La quantité de CO₂ de l'atmosphère qui a été séquestrée s'obtient en multipliant la masse du carbone de la biomasse par la masse moléculaire du CO₂ qui est de 44 que l'on divise par 12 qui correspondent à la masse atomique du carbone.

$$m_{CO_2} = 1\,630.405 \text{ kg} \times \frac{44}{12} = 5\,978.15 \text{ kg de CO}_2$$

$$\mathbf{m_{CO_2} = 5\,978.15 \text{ kg}}$$

Pendant 60 ans au maximum, un acacia séquestrera 5 978.15 kg de CO₂ ; ce qui correspond à :

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES PLANTES AU BURKINA FASO

5 978.15 kg X 64 = 382 601.6 kg de CO₂ séquestré à l'hectare.

La quantité totale de CO₂ qui sera séquestrée par le projet d'agroforesterie est de :

382 601.6 kg de CO₂/ha X 10 000 ha = 3 826 106 000 kg de CO₂ soit **3 826 106 TeqCO₂** sur 60 ans .

Tableau 7 : Recettes de séquestration par an

Années	Fréquence séquestration	séquestration par an	prix/crédi carb (optimiste)	prix/crédi carb (pessimiste)	recettes (optimiste)	recettes (pessimiste)
0	0,00000	0	6550	2620	0	0
1	0,00006	248	6550	2620	1621336	648534
2	0,00013	495	6550	2620	3242672	1297069
3	0,00019	743	6550	2620	4864009	1945603
4	0,00026	990	6550	2620	6485345	2594138
5	0,00032	1238	6550	2620	8106681	3242672
6	0,00230	8812	6550	2620	57719570	23087828
7	0,00428	16387	6550	2620	107332459	42932984
8	0,00626	23961	6550	2620	156945348	62778139
9	0,00824	31536	6550	2620	206558237	82623295
10	0,01022	39110	6550	2620	256171126	102468451
11	0,01329	50843	6550	2620	333022464	133208986
12	0,01636	62576	6550	2620	409873802	163949521
13	0,01942	74309	6550	2620	486725140	194690056
14	0,02249	86042	6550	2620	563576478	225430591
15	0,02555	97775	6550	2620	640427816	256171126
16	0,02414	92379	6550	2620	605082686	242033074
17	0,02273	86983	6550	2620	569737556	227895022
18	0,02132	81587	6550	2620	534392426	213756970
19	0,01991	76190	6550	2620	499047295	199618918
20	0,01850	70794	6550	2620	463702165	185480866
21	0,01918	73369	6550	2620	480564062	192225625
22	0,01985	75943	6550	2620	497425959	198970384
23	0,02052	78517	6550	2620	514287856	205715142

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

24	0,02119	81092	6550	2620	531149753	212459901
25	0,02187	83666	6550	2620	548011650	219204660
26	0,02263	86587	6550	2620	567143418	226857367
27	0,02339	89508	6550	2620	586275185	234510074
28	0,02416	92429	6550	2620	605406953	242162781
29	0,02492	95349	6550	2620	624538721	249815488
30	0,02568	98270	6550	2620	643670488	257468195
31	0,02611	99904	6550	2620	654371307	261748523
32	0,02654	101538	6550	2620	665072127	266028851
33	0,02697	103171	6550	2620	675772946	270309178
34	0,02739	104805	6550	2620	686473765	274589506
35	0,02782	106439	6550	2620	697174584	278869834
36	0,02804	107280	6550	2620	702687127	281074851
37	0,02826	108122	6550	2620	708199671	283279868
38	0,02848	108964	6550	2620	713712214	285484886
39	0,02870	109805	6550	2620	719224757	287689903
40	0,02892	110647	6550	2620	724737300	289894920
41	0,02901	110993	6550	2620	727007171	290802868
42	0,02910	111340	6550	2620	729277042	291710817
43	0,02919	111687	6550	2620	731546913	292618765
44	0,02928	112033	6550	2620	733816783	293526713
45	0,02937	112380	6550	2620	736086654	294434662
46	0,02440	93369	6550	2620	611568031	244627212
47	0,01943	74359	6550	2620	487049407	194819763
48	0,01447	55348	6550	2620	362530784	145012314
49	0,00950	36338	6550	2620	238012160	95204864
50	0,00453	17327	6550	2620	113493537	45397415
51	0,00379	14505	6550	2620	95010304	38004122
52	0,00305	11684	6550	2620	76527071	30610828
53	0,00232	8862	6550	2620	58043837	23217535
54	0,00158	6040	6550	2620	39560604	15824242
55	0,00084	3218	6550	2620	21077371	8430948

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

56	0,00279	10693	6550	2620	70041726	28016690
57	0,00475	18169	6550	2620	119006080	47602432
58	0,00670	25644	6550	2620	167970435	67188174
59	0,00866	33120	6550	2620	216934789	86773916
60	0,01061	40595	6550	2620	265899144	106359658
TOTAUX	1,00000	3826106			23 245 536 800	8 208 940 220

Les haies seront essentiellement constituées le *Jatropha curcas*. Ces arbres seront situés sur les lignes d'arbre des *acacia*. Le CO₂ séquestré par cette espèce ne sera pas pris en compte dans le calcul des crédits carbone car selon *Antonello Salis* la détermination de la quantité de carbone séquestré par un arbre passe par l'estimation de la quantité de biomasse. Pour connaître ce potentiel, un projet de recherche a été lancé en 2009. Selon *Sia K Moise* « Les étapes du projet consisteraient tout d'abord à estimer le potentiel de séquestration du carbone dans le cadre d'un projet de plantation du *Jatropha* en estimant la biomasse initiale. Il s'agirait ensuite de faire des mesures tous les 5 ans car à l'heure actuelle on ne connaît pas son potentiel en terme de séquestration du carbone » (*UICN, 2009*). Les résultats de ces études doivent être validés par l'AND et le conseil exécutif du MDP pour que nous puissions utiliser la quantité de biomasse trouvée pour déterminer le CO₂ séquestré par le *jatropha*. Mais en attendant ces résultats, nous avons considéré le *jatropha* constituant les haies vives comme étant une culture ; donc le CO₂ qui sera séquestré ne sera pas comptabilisé.

Les prix d'une tonne équivalent de CO₂ varient considérablement et dépendent du type de projet de compensation des émissions de carbone. En 2009, les prix étaient compris entre 1,90 EUR et 13 EUR par tonne en équivalent CO₂ (*Seeberg-Elverfeldt, 2010*). Ce prix diffère également selon le système d'échange de crédit carbone ; par exemple en 2008 le prix du carbone forestier était de 1,7 €/t_{éq}CO₂ pour le CCX, 3 €/t_{éq}CO₂ pour le MDP et 4,7 €/t_{éq}CO₂ pour le marché volontaire OTC. (*Chenost, As, 2009*). Les prix les plus bas sont observés au niveau de CCX et les prix les plus élevés sont observés au niveau du marché volontaire OTC. Mais cette année en mai 2012, ce prix est d'environ 3.62 € dans l'union européenne (*NWL IEPF, 2012*) alors que certaines prévisions donnaient un prix de 35 €. De ce faite, il est difficile de préciser avec certitude le prix du crédit carbone issu de l'agroforesterie.

Dans notre projet, nous discuterons avec l'acheteur des crédits carbone afin d'arrêter un prix fixe sur toute la durée du projet. Nous ferons nos estimations en prenant deux scénarios différents: un scénario optimiste (à 10 € la TeqCO₂) et un scénario pessimiste (à 4 € TeqCO₂). En considérant le scénario optimiste (à 10 € la TeqCO₂), on trouve une recette due aux crédits carbone de **23 940 936 800 F CFA**.

Mais en considérant le scénario pessimiste (à 4 € TeqCO₂), on trouve une recette de crédits carbone de **8 904 340 220 F CFA**

2. Estimation des augmentations des rendements agricoles due à la mise en place du projet.

Le *Faidherbia albida* permet de restaurer le sol. La restauration du sol induit par cette plantes, occasionne une augmentation des rendements agricoles allant de 6% à plus de 100%. En considérant une augmentation des rendements agricoles sur la surface totale couverte par le *Faidherbia*, on estime l'augmentation des rendements due à la présence du *Faidherbia* comme suit :

Tableau 8 : Augmentation des rendements agricoles engendrée par le *Faidherbia*

Années	%d'augmentation rendements	Augmentation des rendements	Superficies couvertes	Rendement	recettes
0	0%	0	0	0	0
1	0%	0	10	0	0
2	0%	0	30	0	0
3	0%	0	60	0	0
4	0%	0	80	0	0
5	1%	7	100	693	83160
6	1%	12	200	2310	277200
7	2%	23	300	6930	831600
8	3%	35	400	13860	1663200
9	4%	46	500	23100	2772000
10	5%	58	600	34650	4158000
11	7%	81	700	56595	6791400
12	8%	92	800	73920	8870400
13	9%	104	900	93555	11226600
14	10%	116	1000	115500	13860000

**ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO**

15	11%	127	1100	139755	16770600
16	12%	139	1120	155232	18627840
17	14%	162	1140	184338	22120560
18	16%	185	1160	214368	25724160
19	18%	208	1180	245322	29438640
20	20%	231	1200	277200	33264000
21	21%	243	1250	303188	36382500
22	22%	254	1290	327789	39334680
23	23%	266	1330	353315	42397740
24	24%	277	1370	379764	45571680
25	25%	289	1410	407138	48856500
26	27%	312	1450	452183	54261900
27	29%	335	1490	499076	59889060
28	31%	358	1530	547817	65737980
29	33%	381	1570	598406	71808660
30	35%	404	1610	650843	78101100
31	37%	427	1650	705128	84615300
32	39%	450	1690	761261	91351260
33	41%	474	1730	819242	98308980
34	43%	497	1770	879071	105488460
35	45%	520	1810	940748	112889700
36	47%	543	1850	1004273	120512700
37	49%	566	1890	1069646	128357460
38	51%	589	1930	1136867	136423980
39	53%	612	1970	1205936	144712260
40	55%	635	2010	1276853	153222300
41	57%	658	2050	1349618	161954100
42	59%	681	2090	1424231	170907660
43	61%	705	2130	1500692	180082980
44	63%	728	2170	1579001	189480060
45	65%	751	2210	1659158	199098900
46	67%	774	2220	1717947	206153640
47	69%	797	2230	1777199	213263820
48	71%	820	2240	1836912	220429440
49	73%	843	2250	1897088	227650500
50	75%	866	2260	1957725	234927000
51	77%	889	2275	2023271	242792550
52	79%	912	2290	2089511	250741260

53	81%	936	2290	2142410	257089140
54	83%	959	2300	2204895	264587400
55	85%	982	2610	2562368	307484100
56	87%	1005	2710	2723144	326777220
57	89%	1028	2810	2888540	346624740
58	91%	1051	2910	3058556	367026660
59	93%	1074	3010	3233192	387982980
60	95%	1097	3110	3412448	409493700
TOTAL					7 079 251 410

Le coût de mise en œuvre étant de **1 696 707 500 F CFA**, les bénéfices bruts sont estimés à :

- **42 221 038 210 F CFA** pour le scénario optimiste;
- **27 184 441 630 F CFA** pour le scénario pessimiste.

3. Estimation des rendements du *Jatropha curcas*.

Le *Jatropha* constituant les haies vives s'étend sur environ 5 000 Km. Ces plantes en plus de protéger les cultures contre l'érosion éolienne, donnent leurs graines qui sont utilisés pour faire le biocarburant. Au Burkina Faso, le quotidien le pays à publier le mercredi 27 juin 2012 le prix d'achat d'un kg de graine de *Jatropha*. Ce prix est de 70 F CFA le kg. Durant notre projet nous discuterons avec l'acheteur des graines afin de fixé un prix d'au moins 70F CFA durant toute la durée du projet.

Les plantes de *Jatropha* peuvent atteindre entre vivre pendant 30 à 50 ans. Et durant periode, les plantes donneront des graines. Dans notre cas, sommes parti sur la base que ces plantes vont vivre 45 ans Les recettes générées par la vente des graines de *Jatropha* sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Recettes des graines de *Jatropha*

Années	Rendements <i>Jatropha</i>	Recettes <i>Jatropha</i>
0	0	0
1	750	52500000
2	1000	70000000
3	2500	175000000
4	3000	210000000
5	3500	245000000
6	5000	350000000
7	5000	350000000
8	5000	350000000
9	5000	350000000
10	5000	350000000
11	5000	350000000
12	5000	350000000
13	5000	350000000
14	5000	350000000
15	5000	350000000
16	5000	350000000
17	5000	350000000
18	5000	350000000
19	5000	350000000
20	5000	350000000
21	5000	350000000
22	5000	350000000
23	5000	350000000
24	5000	350000000
25	5000	350000000
26	5000	350000000
27	5000	350000000
28	5000	350000000
29	5000	350000000
30	5000	350000000
31	5000	350000000
32	5000	350000000
33	5000	350000000
34	5000	350000000
35	5000	350000000
36	5000	350000000
37	5000	350000000
38	5000	350000000
39	5000	350000000
40	5000	350000000
41	3500	245000000
42	3500	245000000
43	3500	245000000
44	3500	245000000
45	3500	245000000
Totaux		14 227 500 000

4. Bénéfices accessoires

En plus de l'obtention des crédits carbone, les projets MDP procurent de nombreux avantages au promoteur et aux pays bénéficiaires :

- Un transfert de technologie sur les pratiques agricoles et d'agroforesterie au niveau national et international ;
- La création d'emploi et de richesse surtout dans la localité du projet ;
- La génération de connaissance sur la préparation, la planification et la gestion des documents d'un projet MDP ;
- L'assistance judiciaire dans la définition des droits fonciers ;
- Développement de l'élevage grâce aux fruits issus de l'acacia destinés à l'alimentation du bétail ;

- Fourniture de graines/semences, restauration du sol et amélioration des rendements ;
- Lutte contre l'insécurité alimentaire ;
- Le *jatropha* constituant les haies vives procurera un rendement économique supplémentaire important dans la vente des graines qui sont utilisées pour faire le biocarburant. (le biocarburant peut être aussi un projet MDP mais énergétique donc ne rentre pas dans le cadre de notre étude).

C. Calcul de la rentabilité économique

Les calculs prennent en compte la somme des recettes générées par les crédits carbone, par l'augmentation des rendements agricoles du faite la présence du *Faidherbia* et les graines de *Jatropha*.

1. Ratio bénéfice / coût

Les frais de mise en place du projet de séquestration du carbone dans la commune de Dano, sont estimés à **1 696 707 500 F CFA**.

Le bénéfice généré par le carbone séquestré par le *Faidherbia albida* pour un délai de 60 ans est estimé à

- **43 917 745 710 F CFA** pour le scénario optimiste;
- **28 881 149 130 F CFA** pour le scénario pessimiste.

Ratio bénéfice/coût pour le scénario optimiste :

$$B/C \approx 25$$

Ratio bénéfice/coût pour le scénario pessimiste :

$$B/C \approx 16$$

2. La valeur actualisée nette

La valeur actuelle nette (VAN) est l'une des principaux critères de choix des investissements. Elle permet de déduire des flux de revenus actualisés générés par l'investissement les montants actualisés des investissements réalisés. La VAN d'un projet d'investissement est la somme algébrique des valeurs actualisées des flux de trésorerie générés par le projet.

$$VAN_{(a)} = \sum_{t=1}^n \frac{FT(t)}{(1+a)^t} = \underbrace{-I_{(0)}}_{\text{dépense initiale}} + \underbrace{\sum_{t=1}^n \frac{FT(t)}{(1+a)^t}}_{\text{valeur actualisée des recettes}}$$

$FT(t)$ = Flux de trésorerie

a = taux d'actualisation = 10%

I = dépense initiale

VAN pour le scénario optimiste :

$$VAN_{opti} = 2\,689\,419\,818$$

VAN pour le scénario pessimiste :

$$VAN_{péci} = 1\,394\,999\,917$$

3. Le taux de rendement interne

Le taux de rendement interne est le taux d'actualisation, noté r , tel que la VAN du projet est nulle. Dans notre exemple, on cherche donc r tel que :

$$VAN_{(r)} = -I_{(0)} + \sum_{t=1}^n \frac{FT(t)}{(1+r)^t} = 0$$

TRI pour le scénario optimiste :

$$r_{opti} = 18\%$$

TRI pour le scénario pessimiste :

$$r_{péci} = 15\%$$

Tableau 10 : Récapitulatif de valeurs économiques

Désignations	scénario optimiste	scénario pessimiste
recettes carbone	23940936800	8904340220
recettes culture	7079251410	7079251410
recette <i>Jatropha</i>	11777500000	11777500000
Total	43917745710	28881149130
Valeurs économiques		
VAN	2 689 419 818	1 394 999 917
TRI	18%	15%
ratio B/C	25	16

Valeurs économiques avec seulement les recettes des crédits carbone générés

En considérant le scénario optimiste (à 10 € la TeqCO₂), on trouve une recette due aux crédits carbone de **23 940 936 800 F CFA**.

Mais en considérant le scénario pessimiste (à 4 €TeqCO₂), on trouve une recette de crédits carbone de **8 904 340 220 F CFA**

Avec ces valeurs, nous trouvons les valeurs résumées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Récapitulatif des valeurs économiques du crédit carbone.

Désignations	scénario optimiste	scénario Pessimiste
VAN	506 950 594	-787 469 308
TRI	12%	7%
B/C	13	4

VI. DISCUSSION ET ANALYSES DES RESULTATS

L'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), dans le cadre des mesures de reforestation et de plantation ; reconnaît L'agroforesterie comme une activité capable de séquestrer le carbone.

La séquestration du CO₂ par les plantes se passe au niveau des feuilles dans le processus de la photosynthèse. Le CO₂ séquestré réagit avec l'eau absorbée par les poils absorbants des racines en présence de l'énergie lumineuse (rayons solaires) pour donner des sucres et des composés organiques et du dioxygène (O₂) est rejeté dans l'atmosphère. Au cours des métabolismes respiratoires, les cupules glucidiques (sucres) initiales servent à la fabrication de glucose, puis de saccharose, d'amidon, de cellulose et de lignine qui vont constituer les chaînes carbonées de la plante ;

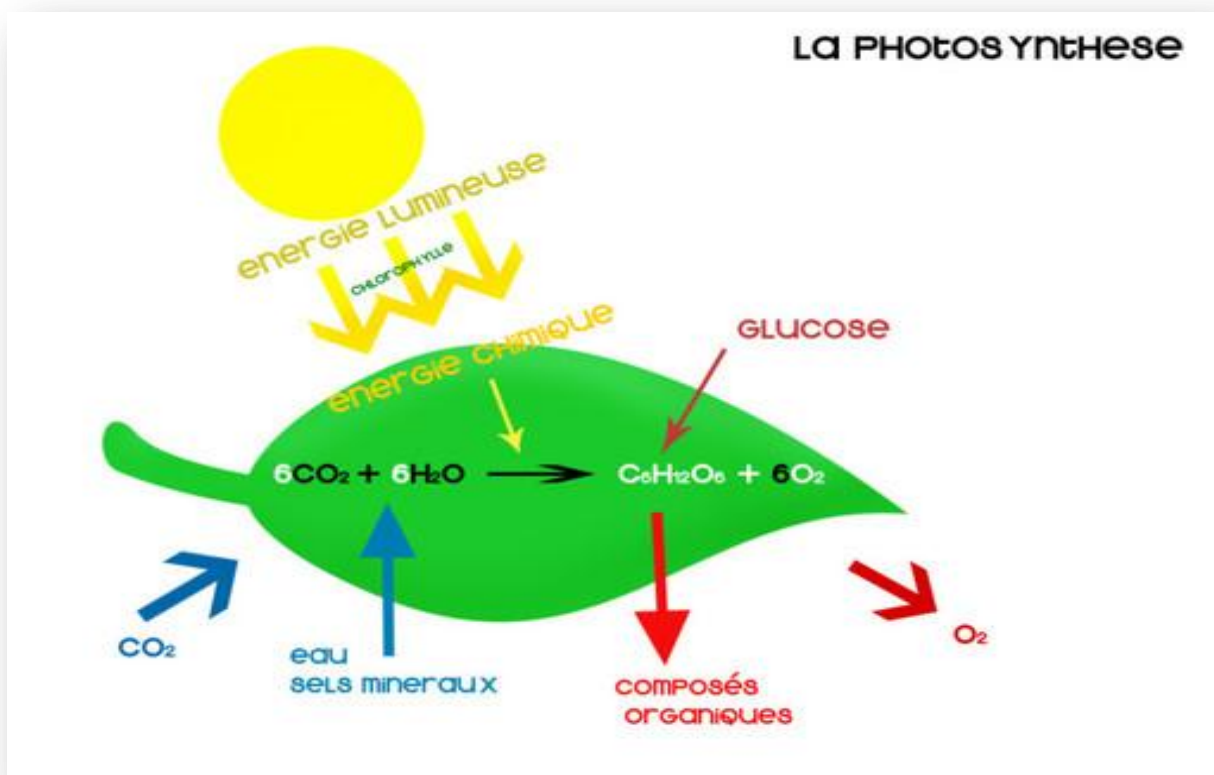


Figure 6 : Processus de séquestration du carbone par la plante⁴

La totalité du carbone contenu dans un arbre provient du CO₂ atmosphérique ; c'est pourquoi

⁴ Lien image : (Source : <http://www.tupeuxcourir.com/blog/d%C3%A9cembre-2009/>)

en déterminant cette quantité, nous avons pu déterminer la quantité de CO₂ qui a servi à former la biomasse de l'arbre.

Les enquêtes faites dans la localité montrent une pression foncière intense et une détérioration des terres. Pour prendre en compte ces problèmes dans l'activité de séquestration du carbone, nous avons préconisé la pratique de l'agroforesterie à la foresterie pour ne pas priver les agriculteurs du peu d'espace cultivable qu'ils disposent. L'agroforesterie aidera dans la résolution des problèmes de détérioration du sol auquel les agriculteurs sont confrontés.

Dans l'agroforesterie, nous avons dirigé notre choix sur l'espèce *Faidherbia albida* (ex *acacia albida*).

Nous avons préconisé le *Faidherbia* comme espèce agro-forestière car :

- ✓ Cette espèce séquestrera une grande quantité de CO₂ à maturité du faite de sa taille ;
- ✓ C'est une espèce qui perd ses feuilles en saison hivernale et reverdit en saison sèche. Ce qui explique la possibilité de pratiquer l'agriculture sous l'arbre sans crainte de concurrence sur la lumière entre les cultures et l'arbre;
- ✓ Cet arbre aux rameaux épineux peut mesurer jusqu'à 30 m de hauteur. Sa racine pivotante pénétrant profondément le sol (jusqu'à 15 m de profondeur et plus) le rend très résistant à la sécheresse.
- ✓ Il s'alimente dans les nappes phréatiques profondes et ne concurrence pas les cultures ; par contre sa litière améliore les sols. L'arbre fournit également le tannin de son écorce, ses fruits et ses feuilles sont utilisés dans la pharmacopée traditionnelle.
- ✓ Le *Faidherbia albida* est une espèce importante pour l'apiculture, car ses fleurs fournissent du pollen aux abeilles à la fin de la saison des pluies, quand la plupart des autres plantes locales n'en ont pas ;
- ✓ Cette espèce d'*acacia*, comme la plupart des *acacia* joue un rôle écologique complémentaire en favorisant la fixation du sol grâce à un système racinaire mixte très développé. Cette double aptitude à fixer et améliorer les sols place les *acacia* au premier rang dans toute politique de restauration de milieux arides dégradés.
- ✓ Les gousses sont aussi importants pour l'alimentation du bétail (bovins, dromadaires, etc).

Par conséquent, dans un pays où la culture traditionnelle domine comme c'est le cas au Burkina Faso et où la population est confrontée à un problème de détérioration du sol, le *Faidherbia albida* constitue une des principales sources d'enrichissement du sol en matière

organique et en éléments minéraux ; c'est pourquoi au vu des études faites sur les cycles biogéochimiques dans un écosystème constitué d'une part par l'*Acacia albida*, d'autre part par un sol ferrugineux tropical peu lessivé il nous a paru nécessaire d'utiliser cette espèce comme arbre dans notre pratique d'agroforesterie devant séquestrer le carbone. Les études de l'IRD sur le *Faidherbia albida* ont été faites dans les mêmes conditions pédologiques et climatiques que notre zone d'étude ; c'est ce qui nous a permis d'estimer qu'à maturité, nous aurons les mêmes résultats.

L'étude du sol est une activité importante dans un projet de séquestration du carbone ; car elle permet de:

- ✓ convaincre l'acheteur de crédits carbone de l'efficacité du projet et de la capacité agronomique du sol à abriter des arbres de cette espèce sans contrainte majeure ;
- ✓ savoir quelle précaution prendre dans la préparation et la plantation des arbres pour permettre une bonne croissance des arbres afin d'atteindre les objectifs de réduction d'émission fixés dans les documents du projet.

L'étude doit être faite par une entreprise accréditée ; et les résultats présentés dans le document du projet.

Le nombre d'échantillons énumérés ci-haut (4000 échantillons sur les 10 000 hectares) peut varier en fonction des entreprises et en fonction du milieu d'étude ce qui va nécessairement influencer le coût de l'étude.

Les frais alloués à la préparation du site, à la plantation de *Faidherbia albida* et des arbres servant de haie vive ont été estimés sur la base de l'hypothèse suivante: le promoteur ne fait pas ou fait pas un travail rémunéré dans son champ. Ces frais peuvent être considérablement réduits si l'ensemble du personnel du groupement disposait de la main d'œuvre familiale non rémunérée.

La définition de la forêt selon la CCNUCC a servi de base pour déterminer le nombre d'arbres nécessaires pour un hectare. La durée du suivi d'un projet de boisement/reboisement selon le critère du suivi énuméré dans les critères MDP est de 20 ans renouvelable deux fois ou de 30 ans non renouvelable. Les mesures des diamètres des houppiers ont été effectuées sur des arbres de la tranche d'âge de 15 à 20 ans. Ce qui permet d'avoir une couverture minimale de 10% 15 à 20 ans après la plantation et d'avoir une forêt d'ici la fin du suivi. Cette couverture pourra être doublée voir plus d'ici la maturité des arbres.

Les frais d'établissement de la documentation du projet de 15 000 000 à 20 000 000 F

CFA énumérés dans les résultats correspondent à des études qui ont été faite au Maroc en 2007. Ces frais diffèrent d'une entreprise de consultation et de suivi à une autre. Les coûts de l'intervention restent presque identiques d'une entreprise à une autre pour le même projet MDP sur les mêmes étendues.

Le travail de l'entreprise ne se limite pas à l'établissement du DDP. Elle doit en plus faire les audits, les vérifications et transmettre sous forme de rapport les résultats de ces activités aux financiers s'il s'agit d'un marché « gré à gré » ou à une entreprise disposant d'un système d'échange de crédit carbone.

Les frais d'acquisition des semences et de la mise en place des pépinières pourront augmenter si toute fois les membres du groupement ne s'applique pas pour rendre disponible le compost ou/et les déjections animales, de l'eau et des pots. Ces éléments sont incontournables pour faire des pépinières. La disponibilité de l'eau est très importante dans cette activité car les pépinières auront besoin d'être arrosé permanemment. Le groupement devra avoir accès à l'eau pour les pépinières.

La séquestration du CO₂ dans la pratique d'agroforesterie sur 10 000 ha permettra d'avoir **3 826 106** tonnes équivalents de CO₂ de crédit carbone sur au maximum 60 ans . Cette quantité de crédit carbone est celle donnée uniquement par le *Faidherbia albida*. Donc après l'application de l'additionnalité qui est un des critères requis pour le MDP forestier : (seules seront acceptées dans le MDP des « réductions d'émissions s'ajoutant à celles qui auraient lieu en l'absence de l'activité certifiée ») cette quantité de TéquCO₂ ne sera pas modifiée. Mais selon le critère de la fuite « les émissions induites par le projet à l'extérieur de ses limites, appelées « fuites » doivent être comptabilisées par les projets », ces crédits carbone peuvent être revus à la baisse si la mise en place du projet amène les producteurs à mener une activité telle que le ravitaillement en bois de chauffe qui était pratiquée au lieu du site, en dehors de la zone du projet.

La courbe de la fréquence de la séquestration du carbone par le *Faidherbia albida* en fonction du temps a été tracée sur la base d'une publication (Malawi, 2009) d'une étude réalisée sur la croissance du *Faidherbia*. Cette courbe montre que la quantité de carbone séquestrée par les arbres varie en fonction du temps.

Le ratio bénéfice/coût est relativement élevé. Ce qui signifie que la mise en place d'un projet de séquestration du carbone dans la commune de Dano peut être une activité rentable. Le bénéfice multiplie plus de 25 fois le coût de mise en œuvre pour le scénario optimiste et 16

fois pour le scénario pessimiste.

La VAN représente l'excédent de richesse qui sera généré par le projet d'investissement.

De façon générale, les critères de TRI et de VAN conduisent aux mêmes décisions d'acceptation ou de rejet du projet d'investissement. Le TRI est le taux du capital maximal que peut supporter le projet d'investissement. Contrairement à la VAN, le TRI traduit la rentabilité sous forme de taux et non de capital. De ce fait, le TRI présente par rapport à la VAN l'avantage de ne pas nécessiter le choix d'un taux d'actualisation.

Ces valeurs économiques (VAN, TRI et B/C) sont relativement élevées si on prend en compte l'augmentation des rendements due à la mise en place du projet et les recettes des graines de *Jatropha*.

En considérant seulement les recettes des crédits carbone sur les 60 années, on trouve un TRI de 12% et 7% pour les scénarios optimiste et pessimiste respectivement. Cela nous permet de dire que cette activité peut être modérément rentable si lors des discussions sur le prix de la TeqCO₂ nous arrivons à fixer un montant de 10 euro. Si lors des discussions c'est le scénario pessimiste qui est retenu, cette activité ne sera pas rentable en considérant seulement les recettes des crédits carbonés.

Mais en ajoutant les rendements agricoles occasionnés par l'activité et les revenus des graines de *Jatropha*, nous trouvons un TRI de 18% et 15% pour les scénarios optimiste et pessimiste. Par conséquent, cette activité peut être rentable dans les deux conditions si on tient compte des autres bénéfices occasionnés par le projet.

Le *Jatropha* est une plante qui peut atteindre 8 m de haut et peut vivre pendant 30 à 50 ans. C'est une plante avec un pivot d'ancrage qui s'enfonce loin dans le sol (4 à 7 m) tandis que la profusion des racines latérales et adventives reste près de la surface ce qui explique sa compétitivité face aux cultures. Sa présence à l'intérieur du champ affectera les cultures ; mais planté en ligne, il constitue une bonne protection contre l'érosion éolienne. En plus de cette protection, les haies vives au *Jatropha* protègent les cultures de la divagation des animaux car ils ne broutent pas les feuilles du *Jatropha* et même « les chèvres mourront de faim s'il y a que du *Jatropha* » (Gado, 2011)

Ajouter au fait qu'il protège les cultures, le *Jatropha* a une valeur économique importante ; selon M. Henning, « 10 000 km de haie vive de *Jatropha* est capable de produire 20 000 tonnes de graine environ » ; en attendant que sa quantité de biomasse puisse être déterminée pour ajouter aux rendements des graines, des crédits carbone. Son utilisation dans cette

pratique apportera un plus aux gains des paysans et en plus sera une source de motivation. Dans les villages de Dano, il y a peu d'activité rémunératrice; c'est ce qui explique notre choix de combiner parallèlement à cette pratique, une activité à revenu économique plus rapide que le revenu de la séquestration du carbone.

Les bénéfices accessoires tels que le transfert de technologie concernent essentiellement les différentes formations qui seront organisées telles que :

- La formation aux techniques agricoles moins polluantes utilisant les intrants issus des processus naturels ;
- La formation aux techniques de mise en place de la pépinière.
- Les différentes échanges avec les consultants et l'Autorité National Désigné du Burkina qui est le SP / CONEDD lord de l'établissement du DDP et du suivi des activités durant toute la vie du projet.

VII. CONCLUSION

Séquestrer le carbone au Burkina Faso en particulier dans la commune de Dano peut être une activité rentable si on ajoute aux bénéfices générés par les crédits carbone, les rendements agricoles engendrés par le projet et les recettes des graines de *Jatropha*. Cette activité ne sera pas tout à fait rentable si on s'en tient seulement aux revenus des crédits carbone. La mise en place de 10 000 hectares d'agroforesterie permettra de séquestrer **3 826 106** tonnes équivalents de CO₂. Le bénéfice (crédits carbone plus bénéfices accessoire occasionnés par le projet) est estimé à **43 917 745 710 F CFA** pour le scénario optimiste et à **28 881 149 130 F CFA** pour le scénario pessimiste. L'investissement initial à **1 696 707 500 F CFA** ; et le rapport bénéfice sur coût à **25** et **16**, pour les scénarios optimiste et pessimiste. Le rendement comme l'investissement peuvent varier selon le prix de la TeqCO₂ et les conditions de travail.

Cette activité pourra aider à la résolution de quelques problèmes tels que :

La hausse des revenus des ménages agricoles ;

La fertilisation des sols par le *Faidherbia albida*, ce qui va diminuer considérablement l'utilisation de fertilisant chimique.

L'augmentation des rendements agricoles par la pratique de techniques agricoles plus productives. Ce qui aidera beaucoup dans la lutte contre l'insécurité alimentaire.

La lutte contre la pauvreté en milieu rural par la création d'emploi ce qui permettra de réduire considérablement l'émigration.

La séquestration du carbone pourrait se faire principalement par l'agroforesterie dans la commune de Dano, car il existe une pression foncière intense. En transformant 10 000 hectares en forêt, la majorité des foyers seront privés d'espace cultivable alors que l'agriculture est l'activité principale dans cette localité. En combinant la séquestration du carbone aux activités principales de la commune, nous participons à résoudre les problèmes rencontrés. Nous apportons ainsi une contribution à l'amélioration des conditions de vie de la population rurale. Cette pratique encouragera et développera l'élevage dans la commune car les gousses du *Faidherbia albida*, sont utilisés dans l'alimentation du bétail.

Le *jatropha* qui constitue les haies vives procure de nombreux avantages aussi bien dans la culture (protection des cultures contre l'érosion et la divagation des animaux) que dans l'économie. Il permettra aux paysans d'avoir un revenu à partir d'un an après le début des activités. Ce revenu durera tout au long de la vie de la plante estimée à 45 ans. Vu le rapprochement des plantes de *jatropha* dans la haie vive ; on pourra dès à présent dire que la

quantité de CO₂ séquestré sera importante, mais en attendant les résultats des travaux sur la détermination de la quantité de la biomasse nous nous limiterons aux revenus donnés par les graines.

De plus, avec la quantité de graines de *Jatropha* récolté par an, on pourra souscrire à un projet de crédit carbone énergétique ; car ces graines seront utilisées pour faire du biocarburant.

Le protocole de Kyoto prenait terme en 2012. Après la rencontre des chefs d'Etats et des spécialistes des questions du développement durable à Rio de Janeiro du 20 au 23 Juin 2012, il a été décidé que les pays les moins avancés (PMA) pourront continuer à vendre les crédits carbone. Le Burkina Faso faisant partie de ces pays, il pourra continuer vendre des crédits carbone surtout aux pays développés. Mais néanmoins il est nécessaire de se demander ce qui se passera après cette période de prolongement du protocole de Kyoto.

Ce travail nous a permis de nous rendre compte de la réalité foncière de la commune de Dano. Toutefois, la commune renferme quelques potentialités. L'insécurité alimentaire peut être éradiquée tout en permettant à la population de vivre mieux.

Cette étude peut être appliquée dans d'autres régions du Burkina Faso. Elle pourrait être plus recommandée dans le Nord et dans le plateau où il y a moins d'arbre et où les terres deviennent de plus en plus marginales et impropres à l'agriculture.

VIII. RECOMMANDATIONS – PERSPECTIVES

La séquestration du carbone par les plantes est une activité rentable. Toutefois, elle doit être accompagnée de certaines bonnes actions :

La mise en place d'un système d'échange de crédit carbone : les gouvernements africains doivent travailler à rendre disponible les crédits carbone ;

La défense du carbone agro-forestier et forestier africain : les décideurs africains doivent discuter d'avantage lors des sommets mondiaux sur les changements climatiques et sur la séquestration du carbone en Afrique afin de pouvoir négocier un prix rentable de crédit carbone.

L'implication des décideurs nationaux et internationaux, privés, publics, parapublics, des organismes non gouvernementaux, des associations;

L'accessibilité aux prêts pour la mise en place des projets de séquestration du carbone;

La mise en place d'un système d'échange de crédits carbone convenable au continent Africain.

Les AND des pays africains doivent travailler à faire connaître les avantages liés aux crédits carbone par la population.

IX. BIBLIOGRAPHIE

- BONNARDOT, B. (2001). *La préparation du sol avant plantation* .
- CHENOST, A. (2010). *Les Marchés du carbone forestier*.
- CIRAD, GRET. (2009). *Memento de l'agronome* . Edition Quae .
- COMPOSITION DU BOIS. (s.d.). Récupéré sur
<http://passion.bois.free.fr/le%20materiau%20bois/proprietes%20physiques/proprietes%20physiques.htm>
- ELVIRA. (2009). *méthodologie de calcul de la ligne de base et des crédits carbone*. Alger.
- ESCADAFAL. (2011). *Le projet africain de Grande Muraille Verte : quels conseils les scientifiques peuvent-ils apporter?*
- Fondation canadienne de l'arbre . (1999). *Reboisons le Canada* .
- GADO. (2011). *Le "système jatropha" pour l'ecodeveloppement au sahel*.
- HAMON, D. L. (2009). *Agroforesterie: outil de séquestration du carbone en agriculture*.
- Malawi. (2009). Technical Specification: Reference: MOZ-TS-DIP var. *Faidherbia albida*.
- MATHY, F. B. (2011). *Quel rôle pour les scénarios Facteur 4 dans la construction de la décision publique ?*
- MDP, Maroc . (2007). *Guide de projets MDP de grande échelle* .
- Ministère de l'environnement et du Développement Durable. (2007). *PROGRAMME D'ACTION NATIONAL D'ADAPTATION A LA VARIABILITE ET AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES (PANA DU BURKINA FASO)*. Ouagadougou.
- Nations Unies. (1998). *PROTOCOLE DE KYOTO À LA CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES*.
- NOLET, A. (2009). *Biens et services écologiques et agroforesterie: l'intérêt du producteur agricole et de la société*.
- NWL IEPF. (2012). *Négociations internationales* .
- PNUD. (2011). *GUIDE OPÉRATIONNEL LE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS POUR UN ENVIRONNEMENT DURABLE*.
- PODA, a. (2009). *Manuel pratique de production durable des gommés au Burkina Faso*. Ouagadougou: CIFOR.
- SEEBERG-ELVERFELDT. (2010). *Les perspectives du financement carbone pour les projets d'agriculture, de foresterie et d'autres affectations des terres dans le cadre des*

petites exploitations agricoles. Rome.

SOW, T. (2001). *Economics greenhouse gas limitations.*

TENNIGKEIT, W. (2009). *BioCarbon Fund Agricultural land management carbon projects.*

UICN. (2009). *formation des cadres du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie en
comptabilité carbone. Ouagadougou.*

Sites internet

[http://www.memoireonline.com/06/11/4572/Le-systeme-jatropha-pour-lecodeveloppement-
au-sahel.html](http://www.memoireonline.com/06/11/4572/Le-systeme-jatropha-pour-lecodeveloppement-au-sahel.html) consulté le 13 Mai 2012

[http://passion.bois.free.fr/le%20materiau%20bois/prorietes%20physiques/proprietes%20physi
ques.htm](http://passion.bois.free.fr/le%20materiau%20bois/prorietes%20physiques/proprietes%20physi
ques.htm) Consulté le 11 Avril 2012

<https://www.theice.com/ccx.jhtml> consulté le 22 Mars 2012

http://fr.wikipedia.org/wiki/Acacia_S%C3%A9n%C3%A9gal Consulté le 02 Avril 2012

http://www.eco-carbone.com/ecocarbone.php?Firstlevel_ID=4&Secondlevel_ID=19&lang=fr
Consulté le 02 Avril 2012

http://fr.wikipedia.org/wiki/Faidherbia_albida Consulté en Mars 2012

X. ANNEXES

Annexe I : Fiche d'enquête

Fiche d'enquête pour producteur

			N° :			
Présentation producteur						
Nom :						
Prénom :						
Niveau d'éducation :						
Situation matrimoniale :			Marié		Célibataire	
Nombre de femme :						
Nombre d'enfant			Garçons		Filles	
Autres habitants de la famille						

DETERMINATION DU COUT D'UN PROJET DE SEQUESTRATION DE CARBONE

- Dans le cas d'un projet d'agroforesterie

Diagnostic foncier

Etes-vous propriétaire des champs que vous exploitez ?

Oui	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Non	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Depuis combien de temps exploitez-vous ces champs ?

Commentaire :

.....

.....

.....

Quels sont les problèmes auxquels vous êtes confronté dans l'agriculture ?

Commentaire :

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

.....
.....
.....

Accepterez-vous transformer une partie de votre camp en forêt pour séquestrer le carbone ?

Commentaire :

Oui	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Non	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

.....
.....
.....

Avez-vous d'autres champs que vous n'exploitez pas?

Oui	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Non	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Commentaire :

.....
.....

Avez-vous d'autres champs que vous avez prêtés à d'autres personnes ?

Oui	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Non	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Si oui êtes-vous prêt à laisser vos champs à ceux qui les exploitent si on venait à mettre en place un projet pour récompenser la séquestration de carbone :

Oui	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Non	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Commentaire :

.....
.....
.....

Si oui, allez-vous lui laisser les crédits carbone qui y seront générés ?

Oui	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Non	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------

Commentaire :

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

.....

 (Non propriétaire terrien) si le propriétaire de votre champ
 venais à vous dire de quitter son champs lors de la mise en
 place du projet, quelle sera votre réaction ?

Oui

Non

Commentaire :

.....

 Et s'il vous propose de rester mais de lui donner la totalité des crédits qui y seront issu ?

Bénéfice engendré par la culture

Détermination du rendement de la production

Information sur la consommation et vente 2011/2012

Types de cultures	Surface de production		Quantités Produite		Consommation		ventes en F CFA	Rendement de production en F
	U (Are, planche, M ² , Ha...)	Q	U (tine, plat,)	Q	U (tine, plat,)	Q		
Maïs								
Sorgho								
Mil								

**ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO**

Riz								
Arachides								
Sésame								
Poids de T								
Niébé								
Igname								
Patate								
Coton								

Détermination du coût de la production

Quelle technique de labour utilisez-vous?

.....

Disposez-vous du matérielle de labour ?

.....

Si oui, à combien prêtez-vous votre matérielle ?

Commentaire :

.....

Si non à combien empruntez-vous le matérielle ?

Commentaire :

.....

Coût des intrants de production :

Intrants	Nombre	Prix unitaire (F CFA)	Prix total (F CFA)
Engrais			
Insecticide			
TOTAUX			

Consommation énergétique

		Annuelle	Tonne
Dolotière	458,17 kg/préparation	47649,68	48269,125
Ménage	0.532 kg/habit/jours		

Nombre de préparation du dolo par semaine ?

Nombre d'habitant moyenne par famille à Dano ?

Prix du bois à Dano

(Prix du bois selon les enquêtes faites à Ouagadougou) 41F/kg soit 32 800F CFA le m3.

A combien de francs payez-vous le bois : _____

Commentaire :

.....

.....

Autres :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ENTRETIEN A LA DIRECTION PROVINCIALE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA
IOBA**

Perception de la séquestration du carbone par les plantes.

Que pensez-vous de la mise en place d'un projet de séquestration du carbone dans le région :

Quel soutien accordez-vous ou pouvez-vous accordez au promoteur d'un projet de
séquestration ?

.Dans la technologie ?-----

-----:

Soutien matériel-----

-----:

Existe-il une subvention pour cela-----

-----:

Coût des plantes :-----

-----:

-----:

Quel peut être le montant d'un inventaire forestier :-----

Commentaire-----

Autres :-----

Annexe II : Liste des tableaux

Tableau 1 : Frais d'étude du sol.

coût d'étude du sol/échantillon	
Activité	coût en F CFA
préparation de l'échantillon	2100
Granulométrie	3000
Qualité physico-chimique	
pH eau	1200
Azote totale	3000
Matière organique	1800
Calcaire actif	3900
Creuser de fausse	2500
Total par échantillon	17500
Nombre d'échantillon sur 10 000ha	4000
Total sur 10 000ha	70 000 000
Déplacement et prise en charge	6 000 000
TOTAL	76 000 000

Tableau 2 : Frais de préparation du site et de la plantation des arbres

Coût de préparation du site et la plantation des arbres			
Activité	nombre de trou/ha	prix/trou	Coût en F CFA
creusé de fausses	64	150	9 600
distribution de fumier	64	7	448
plantation des arbres	64	15	960
Total par ha			11 008
nombre d'ha			10 000
TOTAL sur 10 000ha			110 080 000

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES PLANTES AU BURKINA FASO

Tableau 3 : Frais de préparation du site et de la plantation des arbres servant de haie vive

Activités	Nombre de tranchés de 1 000m	prix/tranché	Coûts se CFA
Creusé de la tranchée	1	20 000	20 000
Distribution de fumier	1	1 250	1 250
Plantation des arbres	1	2 500	2 500
Total			23 750
Nombre de tranchées dans 10 000ha			5 000
TOTAL sur 10 000ha			11 8750 000

Tableau 4 : frais servant à assurer et à renforcer la prise de conscience

	Nombre	Prix/jour en F CFA	Nombre de jours	Total en F CFA
Personnel d'enquête	10	2 500	4	100 000
Personnel de sensibilisation	5	5 000	4	100 000
Mobilier	1	25 000	4	100 000
Immobilier	1	20 000	4	80 000
Actif de mobilisation	1	15 000	4	60 000
TOTAL		67 500		440 000

Tableau 5 : Frais de mise en place de la pépinière

Désignation	Nombre de formateur	Prix unitaire par jour	Nombre de jour	Total / désignation
Formateur	2	50 000 F CFA	4	400 000 F CFA

Tableau 6 : Récapitulatif des frais de mise en place du projet.

Activités	Coûts
Etude du sol	76 000 000 F CFA
Préparation du site et plantation des arbres	110 080 000F CFA
Préparation du site et plantation des haies vives	11 8750 000F CFA
Acquisition des semences	1 237 500 F CFA
Formation à la pépinière	400 000 F CFA
Sensibilisation, renforcement de la prise de conscience	440 000 F CFA

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

Etablissement de la documentation du projet	15 000 000 à 20 000 000 F CFA
Audit et vérification continue (par prestation)	5 000 000 à 7 500 000 F CFA

Tableau 7 : Recettes de séquestration par an

Années	Fréquence séquestration	séquestration par an	prix/crédi carb (optimiste)	prix/crédi carb (pessimiste)	recettes (optimiste)	recettes (pessimiste)
0	0,00000	0	6550	2620	0	0
1	0,00006	248	6550	2620	1621336	648534
2	0,00013	495	6550	2620	3242672	1297069
3	0,00019	743	6550	2620	4864009	1945603
4	0,00026	990	6550	2620	6485345	2594138
5	0,00032	1238	6550	2620	8106681	3242672
6	0,00230	8812	6550	2620	57719570	23087828
7	0,00428	16387	6550	2620	107332459	42932984
8	0,00626	23961	6550	2620	156945348	62778139
9	0,00824	31536	6550	2620	206558237	82623295
10	0,01022	39110	6550	2620	256171126	102468451
11	0,01329	50843	6550	2620	333022464	133208986
12	0,01636	62576	6550	2620	409873802	163949521
13	0,01942	74309	6550	2620	486725140	194690056
14	0,02249	86042	6550	2620	563576478	225430591
15	0,02555	97775	6550	2620	640427816	256171126
16	0,02414	92379	6550	2620	605082686	242033074
17	0,02273	86983	6550	2620	569737556	227895022
18	0,02132	81587	6550	2620	534392426	213756970
19	0,01991	76190	6550	2620	499047295	199618918
20	0,01850	70794	6550	2620	463702165	185480866
21	0,01918	73369	6550	2620	480564062	192225625
22	0,01985	75943	6550	2620	497425959	198970384
23	0,02052	78517	6550	2620	514287856	205715142
24	0,02119	81092	6550	2620	531149753	212459901

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

25	0,02187	83666	6550	2620	548011650	219204660
26	0,02263	86587	6550	2620	567143418	226857367
27	0,02339	89508	6550	2620	586275185	234510074
28	0,02416	92429	6550	2620	605406953	242162781
29	0,02492	95349	6550	2620	624538721	249815488
30	0,02568	98270	6550	2620	643670488	257468195
31	0,02611	99904	6550	2620	654371307	261748523
32	0,02654	101538	6550	2620	665072127	266028851
33	0,02697	103171	6550	2620	675772946	270309178
34	0,02739	104805	6550	2620	686473765	274589506
35	0,02782	106439	6550	2620	697174584	278869834
36	0,02804	107280	6550	2620	702687127	281074851
37	0,02826	108122	6550	2620	708199671	283279868
38	0,02848	108964	6550	2620	713712214	285484886
39	0,02870	109805	6550	2620	719224757	287689903
40	0,02892	110647	6550	2620	724737300	289894920
41	0,02901	110993	6550	2620	727007171	290802868
42	0,02910	111340	6550	2620	729277042	291710817
43	0,02919	111687	6550	2620	731546913	292618765
44	0,02928	112033	6550	2620	733816783	293526713
45	0,02937	112380	6550	2620	736086654	294434662
46	0,02440	93369	6550	2620	611568031	244627212
47	0,01943	74359	6550	2620	487049407	194819763
48	0,01447	55348	6550	2620	362530784	145012314
49	0,00950	36338	6550	2620	238012160	95204864
50	0,00453	17327	6550	2620	113493537	45397415
51	0,00379	14505	6550	2620	95010304	38004122
52	0,00305	11684	6550	2620	76527071	30610828
53	0,00232	8862	6550	2620	58043837	23217535
54	0,00158	6040	6550	2620	39560604	15824242
55	0,00084	3218	6550	2620	21077371	8430948
56	0,00279	10693	6550	2620	70041726	28016690

**ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO**

57	0,00475	18169	6550	2620	119006080	47602432
58	0,00670	25644	6550	2620	167970435	67188174
59	0,00866	33120	6550	2620	216934789	86773916
60	0,01061	40595	6550	2620	265899144	106359658
TOTAUX	1,00000	3826106			23 245 536 800	8 208 940 220

Tableau 8 : Augmentation des rendements agricoles engendrée par le *Faidherbia*

Années	%d'augmentation rendements	Augmentation des rendements	Superficies couvertes	Rendement	recettes
0	0%	0	0	0	0
1	0%	0	10	0	0
2	0%	0	30	0	0
3	0%	0	60	0	0
4	0%	0	80	0	0
5	1%	7	100	693	83160
6	1%	12	200	2310	277200
7	2%	23	300	6930	831600
8	3%	35	400	13860	1663200
9	4%	46	500	23100	2772000
10	5%	58	600	34650	4158000
11	7%	81	700	56595	6791400
12	8%	92	800	73920	8870400
13	9%	104	900	93555	11226600
14	10%	116	1000	115500	13860000
15	11%	127	1100	139755	16770600
16	12%	139	1120	155232	18627840
17	14%	162	1140	184338	22120560
18	16%	185	1160	214368	25724160
19	18%	208	1180	245322	29438640
20	20%	231	1200	277200	33264000
21	21%	243	1250	303188	36382500
22	22%	254	1290	327789	39334680
23	23%	266	1330	353315	42397740
24	24%	277	1370	379764	45571680
25	25%	289	1410	407138	48856500
26	27%	312	1450	452183	54261900

**ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO**

27	29%	335	1490	499076	59889060
28	31%	358	1530	547817	65737980
29	33%	381	1570	598406	71808660
30	35%	404	1610	650843	78101100
31	37%	427	1650	705128	84615300
32	39%	450	1690	761261	91351260
33	41%	474	1730	819242	98308980
34	43%	497	1770	879071	105488460
35	45%	520	1810	940748	112889700
36	47%	543	1850	1004273	120512700
37	49%	566	1890	1069646	128357460
38	51%	589	1930	1136867	136423980
39	53%	612	1970	1205936	144712260
40	55%	635	2010	1276853	153222300
41	57%	658	2050	1349618	161954100
42	59%	681	2090	1424231	170907660
43	61%	705	2130	1500692	180082980
44	63%	728	2170	1579001	189480060
45	65%	751	2210	1659158	199098900
46	67%	774	2220	1717947	206153640
47	69%	797	2230	1777199	213263820
48	71%	820	2240	1836912	220429440
49	73%	843	2250	1897088	227650500
50	75%	866	2260	1957725	234927000
51	77%	889	2275	2023271	242792550
52	79%	912	2290	2089511	250741260
53	81%	936	2290	2142410	257089140
54	83%	959	2300	2204895	264587400
55	85%	982	2610	2562368	307484100
56	87%	1005	2710	2723144	326777220
57	89%	1028	2810	2888540	346624740
58	91%	1051	2910	3058556	367026660
59	93%	1074	3010	3233192	387982980
60	95%	1097	3110	3412448	409493700
TOTAL					7 079 251 410

ANALYSE COÛT/BENEFICE DE LA SEQUESTRATION DU CARBONE PAR LES
PLANTES AU BURKINA FASO

Tableau 9 : Recettes des graines de *Jatropha*

Années	Rendements <i>Jatropha</i>	Recettes <i>Jatropha</i>
0	0	0
1	750	52500000
2	1000	70000000
3	2500	175000000
4	3000	210000000
5	3500	245000000
6	5000	350000000
7	5000	350000000
8	5000	350000000
9	5000	350000000
10	5000	350000000
11	5000	350000000
12	5000	350000000
13	5000	350000000
14	5000	350000000
15	5000	350000000
16	5000	350000000
17	5000	350000000
18	5000	350000000
19	5000	350000000
20	5000	350000000
21	5000	350000000
22	5000	350000000
23	5000	350000000
24	5000	350000000
25	5000	350000000
26	5000	350000000
27	5000	350000000
28	5000	350000000
29	5000	350000000
30	5000	350000000
31	5000	350000000
32	5000	350000000
33	5000	350000000
34	5000	350000000
35	5000	350000000
36	5000	350000000
37	5000	350000000
38	5000	350000000
39	5000	350000000
40	5000	350000000
41	3500	245000000
42	3500	245000000
43	3500	245000000
44	3500	245000000
45	3500	245000000
Totaux		14 227 500 000

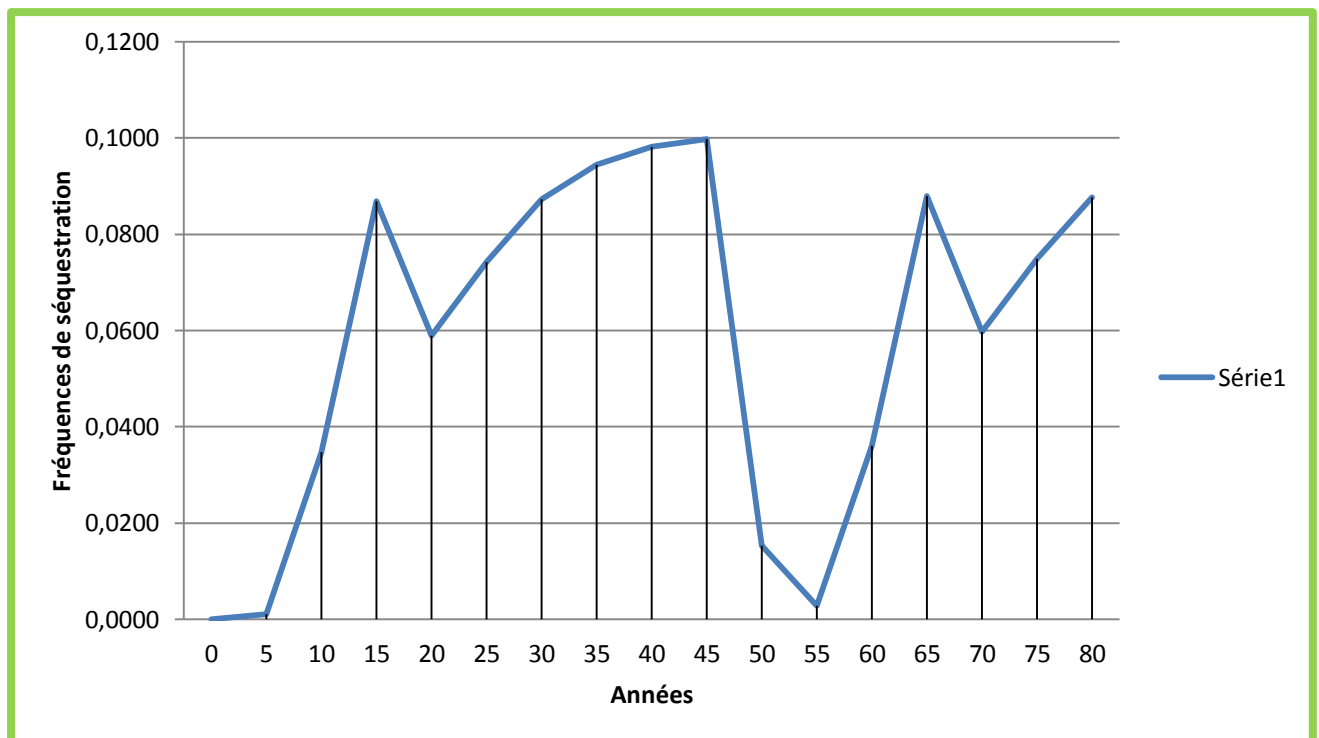
Tableau 10 : Récapitulatif de valeurs économiques

Désignations	scénario optimiste	scénario pessimiste
recettes carbone	23940936800	8904340220
recettes culture	7079251410	7079251410
recette <i>Jatropha</i>	11777500000	11777500000
Total	43917745710	28881149130
Valeurs économiques		
VAN	2 689 419 818	1 394 999 917
TRI	18%	15%
ratio B/C	25	16

Tableau 11 : Récapitulatif des valeurs économiques du crédit carbone.

Désignations	scénario optimiste	scénario Pessimiste
VAN	506 950 594	-787 469 308
TRI	12%	7%
B/C	13	4

s



Graphique : fréquence de séquestration du carbone en fonction du temps

Annexe III : critères requis pour le MDP forestier

Critères requis pour le MDP forestier

Pour pouvoir générer des crédits carbone dans le cadre MDP, un projet doit être audité par un tiers externe (validation) et démontrer qu'il remplit un certain nombre de critères décrits ci-dessous. Le projet peut alors être enregistré par le Conseil Exécutif du MDP (voir annexe 2 pour plus de détails)

- **Éligibilité:** seules les activités de boisement et reboisement sont acceptées dans le cadre du MDP forestier (AR). Pour être éligible, un projet de boisement ou de reboisement doit démontrer que le terrain ne portait pas de forêt entre la date du 31 décembre 1989 et la date de démarrage du projet ;

- **Additionnalité:** seules seront acceptées dans le MDP des « réductions d'émissions s'ajoutant à celles qui auraient lieu en l'absence de l'activité certifiée ». En l'absence de crédits carbone, le projet n'aurait ainsi pas eu lieu. Pour la démonstration de l'additionnalité, toutes les méthodologies de projet MDP forestier se basent sur le même outil accepté par le Comité Exécutif du MDP1 ; 1 Outil de démonstration de l'additionnalité pour les projets MDP AR :
http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html
- **Scénario de référence :** un projet doit établir un scénario de référence qui décrit ce qui se passerait en l'absence de projet. Seule la différence entre les absorptions du projet et le niveau de référence pourra être l'objet d'une vente de crédits ;
- **Fuites:** Les émissions induites par le projet à l'extérieur de ses limites, appelées « fuites » doivent être comptabilisées par les projets ;
- **La non-permanence :** le carbone stocké dans une forêt ou une plantation ne l'est pas pour l'éternité. Pour des raisons anthropiques (exploitation, changement d'utilisation du sol) ou naturelles (feux, maladies), le carbone peut être libéré dans l'atmosphère. Une tonne de carbone absorbée dans une plantation ne peut donc compenser une tonne de carbone émise par la production d'énergie: une notion de temps doit lui être associée. Alors que les réductions d'émissions par des projets MDP énergétiques correspondront à des crédits permanents, les absorptions par les projets forestiers correspondront à des crédits temporaires. Deux types de crédits ont été définis dans ce cadre : les «tCER», short term CER, et les «lCER», long term CER ;
- **Le suivi (ou monitoring) :** la séquestration de carbone par le projet doit être mesurable et pouvoir être suivie avec précision. Ce suivi est réalisé lors de la période de comptabilisation des émissions séquestrées par le projet (ou crediting period) qui est de 30 ans (période unique) ou 20 ans (renouvelable deux fois) ;
- **Méthodologies:** l'estimation d'un niveau de référence et du scénario projet (incluant les émissions et les fuites) ainsi que l'établissement d'un plan de suivi doivent se baser sur une méthodologie approuvée par le Comité Exécutif du MDP. Fin 2009, 16 méthodologies étaient approuvées, dont dix pour des projets de grande échelle et six pour des projets de petite échelle. Ces méthodologies sont disponibles en ligne sur le site de la CCNUCC1 (voir aussi annexe 1).