

CONTRIBUTION A LA FACILITATION DE
L'ACCES DES PETITS PRODUCTEURS
D'ANACARDE AUX CREDITS CARBONE
AU BURKINA FASO.

*Mémoire pour l'obtention d'un Master Spécialisé en Génie Electrique,
Energétique et Energies Renouvelables*

Option : *Energie*

Présenté et soutenu publiquement le ... septembre 2010

Par

THIOMBIANO Sylvain Tiabri

Travaux dirigés par :

Nathalie WEISMAN

Enseignante assistant de recherche, UTER, GEI, LBEB

Romain PEYRACHE

Project Officer, RONGEAD

Jury d'évaluation du stage :

Président :

Membres et correcteurs : Nathalie WEISMAN

Romain PEYRACHE

Yao AZOUMAH



Dédicaces

Je dédis ce rapport à :

- *Mon épouse pour ce qu'elle a voulu, m'a incité et obtenu que j'ajoute de l'humus à la terre.*

- *A mes trois enfants : Arielle, Ismaël et Cynthia qui sont les catalyseurs de ma vie*

- *A mon père et à ma mère pour toutes les leçons de vie*

- *A mes frères et sœurs pour le rôle joué par chacun d'eux dans notre isométrie de position.*

Remerciements

- Sincèrement merci à mes deux encadreurs : Madame NATHALIE WEISMAN du 2IE et ROMAIN PEYRACHE de RONGEAD pour m'avoir merveilleusement encadré. Toujours présent, promptes à trouver des solutions aux difficultés rencontrées, vous m'avez permis de m'exprimer pleinement sur mon thème. Vous avez été de très bons coachs.
- Merci à Monsieur JOEL BLIN pour l'intérêt qu'il a accordé et le soutien qu'il a apporté à mon travail.
- Merci à Mademoiselle Marianne TINLOT pour ta disponibilité, tes conseils et la formation sur l'outil EX-ACT même à distance.
- Merci à Monsieur SEYNOU OUMAROU pour m'avoir doté d'une documentation en qualité et en quantité sur mon thème.
- Merci à Madame Bernadette P Ouattara/Wininga Directrice Nationale de INADESS formation Burkina Faso qui a facilité mes déplacements dans le Houet, le Kéné Dougou, et la Leraba.
- Merci à Monsieur Ouedraogo Ousseni de INADESS Burkina mon homme de terrain et de relation pour m'avoir guidé, accompagné et facilité mon travail de terrain.
- Merci à Monsieur Bognini, chauffeur à INADESS formation pour avoir mis la main à la patte
- Merci à Pierre Sutter stagiaire RONGEAD pour tes conseils, critiques et suggestions
- Merci à tous les professeurs pour l'enseignement reçu
- Merci à la promotion pour l'esprit de famille et de partage.

Résumé

Dans l'optique d'estimer le potentiel de la filière anacarde Burkinabè à bénéficier de crédits carbone pour ensuite contribuer à faciliter l'accès des petits producteurs d'anacardes à ces mêmes crédits, nous avons effectué la balance carbone de la filière anacarde grâce à l'outil EX-ACT de la FAO (Food and Agriculture Organization). C'est un outil qui permet d'effectuer globalement la balance carbone des projets du mécanisme de développement propre forestiers.

Les différents axes de notre travail ont consisté à :

- Axe1 déterminer les valeurs spécifiques sur le taux de croissance annuel des biomasses aériennes et souterraines, sur le carbone séquestré par le sol par an et sur la quantité de litière par hectare de plantation, dans le but de remplacer les valeurs par défaut trop générales de l'outil.
- Axe2 rechercher les facteurs d'émissions spécifiques du gasoil, de l'électricité, du butane, du fuel, du bois et les quantités annuelles de ses énergies consommées dans les unités de transformation.
- Axe3 effectuer la balance carbone de la filière, faire des propositions pour réduire les émissions constatées et pour faciliter l'accès des producteurs aux crédits carbonés.

Les insuffisances constatées au niveau de la disponibilité des données, de la fiabilité des méthodes, de l'outil utilisé ont permis de faire des recommandations pour améliorer la balance carbone de la filière anacarde au Burkina.

Mots clés :

1-balance carbone

2-crédits carbone

3-valeurs spécifiques

4-facteurs d'émissions spécifiques

5-Projets forestiers

Abstrat

In order to estimate the potential of the cashew sector in Burkina Faso to benefit from carbon credits and then help facilitate the access of small producers of cashew nuts in these credits, we conducted the Balance carbon chain with cashew EX-ACT tool of the FAO (Food and Agriculture Organization). It is a tool that allows for the overall carbon balance of projects CDM forestry. The differents steps of our work have included:

- Step 1: determine the specific values on the annual growth rate of above and below ground biomass, the carbon sequestered by the soil per year and the amount of litter per hectare of plantation, in order to replace the default values too general tool.
- Step 2: look for specific emission factors for diesel, electricity, butane, fuel, timber and quantity of its annual energy consumed in processing units.
- Step 3: carry the balance of the carbon chain, make proposals to reduce emissions and found to facilitate farmers' access to carbon credits.

The shortcomings in terms of data availability, reliability methods, the tool helped to make recommendations to improve the balance of the carbon chain in Burkina cashew.

Keywords:

1-carbon-balance

2-carbon credits

3-specific values

4-specific emission factors

5-Forest Projects

Abréviations

MDP : Mécanisme de Développement Propre

GES : Gaz à Effet de Serre

DGPER : Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale

DHP : Diamètre à Hauteur de Poitrine

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

CONEDD : Commission Nationale sur l'Environnement et le Développement Durable

FAO: Food and Agriculture Organization

CNSL: Cashew Nut Shell Liquid

GTZ: Coopération Technique Allemande

C02 : Dioxyde de carbone

RONGEAD : Réseaux d'ONG Européens sur l'Agroalimentaire, le commerce, l'environnement et le Développement.

CH4: Méthane

N₂O: Protoxyde d'azote

CIRAD: Centre Internationale en Recherche Agronomique pour le développement

REDD+: Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation

INERA: Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole

LBEB: Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

Tms : tonne de matière sèche

Teq CO₂ : tonne équivalent CO₂

PNUE : Programme des nations unies pour l'environnement

AFD : Agence française pour le développement.

Sommaire

Dédicaces.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iii
Abstrat.....	iv
Abréviations.....	v
Sommaire.....	vi
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	x

1 INTRODUCTION.....	1
2 GENERALITES.....	3
2.1 Filière anacarde.....	3
2.2 Régions productrices.....	3
2.3 Périmètre d'émission des gaz à effet de serre.....	4
3 INTERET du STAGE et OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	5
3.1 Intérêt du stage.....	5
3.2 Objectifs spécifiques du stage.....	5
4 METHODES OUTIL et MATERIELS de TRAVAIL.....	6
4.1 Méthode.....	6
4.1.1 Plantation d'anacarde et mécanisme de compensation carbone.....	6
4.1.2 Entité production.....	6
4.1.2.1 Cycle du carbone et les changements climatiques.....	6
4.1.2.2 Stock de carbone dans la plantation d'anacarde.....	7
4.1.3 Entité transformation.....	10
4.1.4 Entité transport.....	13
4.2 Outil et matériels de travail.....	13
4.2.1 Outil de travail.....	13
4.2.2 Matériel de travail.....	14
5 RESULTATS OBTENUS.....	15
5.1 Au niveau production.....	15
5.1.1 Biomasse aérienne et souterraine.....	15
5.1.2 Litière.....	16
5.1.3 Le carbone organique du sol.....	17
5.1.4 Les feux de brousse.....	17
5.2 Au niveau transformation et transport.....	17
5.2.1 Au niveau transformation.....	17

5.2.2	Au niveau transport.....	19
5.2.2.1	Transport vers les unités de transformations.....	19
6	Balance carbone avec l'outil EX-ACT	21
6.1	Balance carbone de référence	21
6.2	Balance carbone après affinage de l'outil EX-ACT	21
6.2.1	Atténuation du changement climatique dans les unités semi-industrielles du Burkina 23	
6.2.2	Problématique de l'utilisation des coques dans les unités artisanales et industrielles 24	
6.2.3	Atténuation du changement climatique dans les unités industrielles du Burkina ...	26
6.2.4	Atténuation du changement climatique dans les unités artisanales du Burkina	27
6.2.5	Atténuation du changement climatique dans les unités industrielles en inde	28
6.2.6	Résumé des résultats bilan carbone affiné	30
7	Analyse des résultats.....	31
7.1	Comparaison des résultats	31
7.2	Entités polluées	32
7.3	Proposition pour réduire les émissions	34
7.4	Application de l'outil à d'autres filières.....	36
7.5	Accès des petits producteurs d'anacardes aux crédits carbone	37
8	CONCLUSION.....	40
9	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	42
10	Bibliographie.....	44
11	Annexes	46
	Annexe (0) : Personnes rencontrées et contactées lors du stage.....	46
11.1.1	Personnes rencontrées	46
11.1.2	Personnes contactées lors du stage	47
	Annexe (1) : situation géographique des unités de transformation d'anacarde au Burkina Faso	48
	Annexe (2) : Technique d'échantillonnage de la litière	49
	Annexe (3) : analyseur du carbone du sol	50
	Annexe (4) : Techniques de mesure du DHP selon la forme du tronc.....	51
	Annexe (5) : Equation allo métriques pour le Burkina	52
	Annexe (6) : Equations allo métriques générales	53
	Annexe (7) : exportation des amandes de 2006 à 2009.....	54
	Annexe (8) : les différents sommets sur les changements climatiques	55
	Annexe (9) : tableau récapitulatif des quantités d'énergies consommées selon le type d'unité.....	56
	Annexe (10) : Résultats des analyses des sols INERA Kamboinsè.....	57
	Annexe (11) : nombre de pieds d'anacardiens par régions et par province	58

Annexe (12) : Principaux gaz à effet de serre.....	60
Annexe (13) : fiche d'enquête auprès des unités de transformation	61

Liste des tableaux

Tableau 4-1: Tableau récapitulatif des données qui seront utilisées pour les calculs ultérieurs	10
Tableau 5-1: Masse par type de biomasse selon l'âge.....	15
Tableau 5-2: taux de croissance de la biomasse aérienne	15
Tableau 5-3: taux de croissance de la biomasse souterraine	15
Tableau 5-4: résultats analyses élémentaires bois d'anacardier et litière d'ana carderai.....	16
Tableau 5-5: carbone séquestré par arbre et par volume d'anacardier selon l'âge	16
Tableau 5-6: Carbone du sol à 30 cm de profondeur selon l'âge	17
Tableau 5-7: quantité annuelle d'énergie consommée a ANATRANS et quantité annuelle de noix et d'amande.....	17
Tableau 5-8: quantité d'énergie consommée dans les unités semi-industrielles et quantité annuelle de noix et d'amande	18
Tableau 5-9: quantité d'énergie consommée dans une unité artisanale	18
Tableau 5-10: quantité de gasoil consommée par les unités pour collecter les noix	19
Tableau 5-11: quantité de gasoil consommée par les camions pour transporter les noix vers les ports.....	20
Tableau 6-1: tonne équivalent C02 dans le puits par tonne d'amande selon le type d'unité	21
Tableau 6-2: tableau comparatif des facteurs d'émissions.....	21
Tableau 6-3: tableaux comparatifs de la densité de litière, du carbone organique du sol, des taux de croissance des biomasses	22
Tableau 6-4: tonne équivalent C02 émis par type d'énergie dans les unités semi-industrielles. ...	23
Tableau 6-5: tonne équivalent C02 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.	23
Tableau 6-6: balance carbone des unités semi-industrielles.....	23
Tableau 6-7: équivalent bois des coques consommées dans les unités artisanales et industrielles.	25
Tableau 6-8: tonne équivalent C02 émis par type d'énergie dans les unités industrielles.....	26
Tableau 6-9: tonne équivalent C02 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.	26
Tableau 6-10: balance carbone des unités industrielles.	27
Tableau 6-11: tonne équivalent C02 émis par type d'énergie dans les unités artisanales.	27
Tableau 6-12: tonne équivalent C02 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.	28
Tableau 6-13: balance carbone des unités artisanales.....	28
Tableau 6-14: tonne équivalent C02 émis par type d'énergie dans les unités industrielles en Inde.	29

Tableau 6-15: tonne équivalent CO2 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.	29
Tableau 6-16: balance carbone des unités industrielles en Inde.	30
Tableau 6-17: résumé du stocke des puits de carbone par tonne d'amande selon le type d'unité.	30
Tableau 7-1: tableau comparatif des résultats de la balance carbone de référence et de la balance carbone affinée.	31
Tableau 7-2: Tonne équivalent CO2 émis par type d'énergie et par les feux de brousse dans les différentes unités.	32
Tableau 7-3: balance carbone si toutes les noix sont transformées dans des unités semi- industrielles au Burkina.	35
Tableau 7-4: balance carbone si toutes les noix sont transformées dans des unités industrielles au Burkina.	36
Tableau 7-5: comparaison des stokes de carbone des puits entre la situation actuelle et les scénarios hypothèses.	37

Liste des figures

Figure 4-1: Définition de forêt de la CCNUCC.....	6
Figure 4-2: le cycle du carbone Source : Houghton 2007	7
Figure 4-3: Mesure de circonférence à la base Kourignon (gauche)	8
Figure 4-4: Echantillonnage de la litière Diéri (gauche).....	9
Figure 4-5: Prélèvement de sol à Toussiana (gauche)	10
Figure 4-7: Butane pour étuvage à ELAT (gauche).....	12
Figure 4-6: Schéma du process.....	11
Figure 4-8:types d'énergies consommées par type d'unité au Burkina	12
Figure 4-9: Couleur caractéristiques de l'outil.....	14
Figure 6-1: Four à coque ANATRANS (gauche) Fragilisation artisanale des coques (droite).....	25
Figure 7-1: Histogramme comparé des deux balances carbonées.....	31
Figure 7-2:Tonne équivalent CO2 émis par type d'énergie et par les feux de brousse dans les différentes unités.....	33
Figure 7-3: sources d'émissions par type d'unité.....	33
Figure 7-4: comparaison des stokes de carbone des puits entre la situation actuelle et les scénarios hypothèses	37
Figure 7-5: Etapes de la mise en place d'un projet MDP (GARDETTE et LOCATELLI 2007) .	39

1 INTRODUCTION

L'Afrique contribue de manière peu significative à la pollution mondiale : seulement 3% en 1992 avec une pollution par habitant de 0,12 à 0,28 tonne de carbone. La principale source d'émission en Afrique vient du changement d'usage des terres qui contribue pour 70%, les 30% restants sont imputables aux quelques industries et au transport¹.

Pourtant l'Afrique est le continent qui subit le plus les conséquences du changement climatique : inondations, sécheresse...avec ses corollaires de famines, de destructions d'infrastructures, de maladies etc.... D'où l'intérêt qu'elle accorde aux négociations sur le changement climatique surtout en sa partie régulation et monétarisation des GES qui confère à la tonne de CO₂ une valeur marchande. Une des dispositions du protocole de Kyoto permet aux entreprises des pays industrialisés de réduire une partie de leur pollution annuelle (dont la réduction imposée par Kyoto est d'environ 5,2% par rapport à la situation de 1990) au travers d'un investissement dans un projet de réduction des émissions des GES dans un pays en développement. Ce mécanisme est appelé Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) et permet en échange de quantité de carbone « séquestrées » ou « évitées » d'obtenir des « crédits » carbone monnayable sur le marché mondial. Ces projets bénéficient ainsi des transferts de fonds (liés à leurs crédits carbones ou unités de réductions de GES) et des technologies écologiques. Les secteurs concernés par le MDP sont entre autres l'énergie, l'agriculture, la foresterie, les transports... Opérationnel depuis 2005 l'Afrique n'abrite que 2% des projets MDP avec seulement 0,43% comme part des projets forestiers¹.

C'est pour bénéficier de ces opportunités que la GTZ d'abord puis RONGEAD qui sont des partenaires du Burkina dans la promotion de la filière anacarde ont entrepris d'effectuer une balance carbone de la filière grâce au logiciel EX-ACT de la FAO (Food and Agriculture Organization) afin d'estimer le potentiel de cette filière à bénéficier de crédits carbone pour ensuite faciliter l'accès des petits producteurs d'anacardes à ces mêmes crédits.

Pour mener à bien cette étude nous avons successivement effectué les tâches suivantes:

- Trouver des valeurs telles que : la quantité de matière sèche à l'hectare de la litière, les taux de croissance de la biomasse aérienne et souterraine de l'anacarde, la quantité de carbone séquestrée par le sol de plantation d'anacardier par an en vue de renseigner l'onglet **vivace** de l'outil EX-ACT.

¹ UICN

- Trouver les facteurs d'émissions de gaz à effet de serre (GES) spécifiques au contexte du Burkina pour l'utilisation : du gasoil, de l'électricité, du butane, du bois, du fuel, de l'essence...etc., et déterminer les quantités annuelles de ces énergies consommées par les différentes unités de transformation en vue de renseigner l'onglet **autres investissements** de l'outil EX-ACT.
- Calculer la balance carbone entre le carbone séquestré par les plantations et le carbone émis lors de la transformation.
- Faire des propositions quand à l'accès des petits producteurs d'anacardes aux crédits carbones au Burkina.
- Envisager l'extension de l'étude à d'autres filières.

2 GENERALITES

2.1 FILIERE ANACARDE

La filière anacarde prend en compte la production, la transformation et la commercialisation.

L'anacardier est une essence forestière de reboisement. Il a été introduit au Burkina Faso vers 1950. La première plantation étatique fût celle de Dinderesso en 1963. Mais depuis 1990 les plantations privées ont connu un essor avec la venue des acheteurs indiens.

Le rendement moyen varie entre 200Kg et 400Kg/Hectare (Ha) selon le type de plantation (paysanne ou industrielle) selon l'âge de la plantation, selon la zone climatique et selon le type de sol.

La superficie totale des plantations d'anacardiers au Burkina Faso est estimée à environ 65000Ha avec une production annuelle de noix brute d'environ 26000 tonnes à raison de 100 à 200 pieds/Ha et 400Kg de noix par hectare².

- La transformation consiste à extraire l'amande de la noix brute. Pour ce faire plusieurs unités de transformation ont vu le jour. Selon le processus on rencontre des unités artisanales, semi-industrielles et industrielles.

Si la coque est valorisée comme combustibles dans certaines unités, la pomme de cajou et les autres sous produits tels que le CNSL et la pellicule restent non exploités.

- En bout de chaîne vient la commercialisation ; le Burkina exporte la noix brute (17200t en 2009) et l'amande (1650t en 2009) voir **annexe7**. Les ports de choix sont ceux de la Côte d'Ivoire et du Ghana, et les principales destinations sont l'Inde, le Brésil, le Vietnam et de plus en plus certains pays arabes en Afrique³.

2.2 REGIONS PRODUCTRICES

Toutes les quarante cinq provinces du pays possèdent des pieds d'anacardiers allant de 43 pieds dans l'Oudalan à 4.251.548 pieds dans la Comoé (**Annexe11**) car l'anacardier est un arbre rustique et peut survivre même dans des conditions climatiques défavorables².

Mais les principales provinces productrices sont la Comoé et la Léraba dans les cascades, le Houet et le Kéné Dougou dans les hauts Bassins, la Bougouriba le Poni le Noubiel et la Sissili car

² DGPER

³ RONGEAD/INADESS formation 2006.

pour bien produire l'anacardier doit être :

- planté sur un sol profond, léger et drainant
- arrosé par une pluviométrie comprise entre 900 et 1200 mm par an
- bien ensoleillé

2.3 PERIMETRE D'EMISSION DES GAZ A EFFET DE SERRE

Les noix d'anacardes produites dans les 65000Ha de plantation sont en partie transformées au Burkina mais essentiellement transportées et transformées en Inde. Pour estimer les gaz à effet de serre émis lors de la transformation il faut s'assurer des périmètres d'émissions afin de ne comptabiliser que les émissions adéquates. Selon l'angle d'attaque : économique ou analyse du cycle de vie, on peut respectivement centrer ou élargir le périmètre des émissions.

Centrer le périmètre des émissions revient à prendre en compte que les émissions liées aux noix transformées au Burkina, tandis que élargir le périmètre consiste à comptabiliser toutes les émissions quelque soit le lieu de la transformation.

3 INTERET du STAGE et OBJECTIFS SPECIFIQUES

3.1 INTERET DU STAGE

Malgré l'ouverture faite aux pays en voie de développement par le protocole de Kyoto afin qu'ils accélèrent leur développement grâce aux transferts de technologies et de moyens financiers, il faut noter que l'Afrique n'a pas pu ou n'a pas su monter des projets MDP surtout des projets forestiers. De façon spécifique la part très faible des projets MDP forestier est mondiale à cause de la non permanence du carbone séquestré par les forêts. De façon générale, plusieurs contraintes d'ordre technique et organisationnel entravent le montage des différents projets ; Il s'agit entre autre :

- Du problème de suivi et d'évaluation des ressources naturelles
- L'absence de compétence dans le montage de projets MDP

Afin de contribuer à atténuer ses contraintes, des outils de balance carbone des institutions, des industries, des filières ont vus le jour parmi lesquels on peut citer : CO₂ fixe, ADEME, EX-ACT....

L'outil EX-ACT crée par la FAO est le seul outil à ce jour qui permet d'estimer la balance carbone dans le domaine de la foresterie et de l'agriculture. C'est cet outil que nous devons utiliser pour effectuer la balance carbone de la filière anacarde au Burkina.

Une première balance de la filière avait été faite par une consultante de la FAO à la demande de la GTZ. Seulement l'outil utilise plutôt des valeurs par défaut et des facteurs d'émissions non spécifiques. Il nous a alors été demandé d'affiner les coefficients propres à la filière Burkinabè en utilisant le tiers 2 de l'outil afin de réaliser une balance carbone plus spécifique au contexte Burkinabè.

3.2 OBJECTIFS SPECIFIQUES DU STAGE

De manière spécifique nous devons pour ce stage :

- Comprendre et maîtriser l'outil EX-ACT de la FAO
- Identifier les faiblesses de l'outil
- Faire évoluer l'outil notamment en remplaçant les valeurs par défaut et les facteurs d'émissions de l'outil par des valeurs et des facteurs d'émissions de gaz à effet de serre du Burkina pour chaque étape : production, transformation, commercialisation.
- Effectuer la balance carbone de la filière anacarde et la comparer à la précédente.
- Proposer et évaluer les réductions potentielles de GES pour les étapes pollueurs.
- Envisager l'accès aux crédits carbones des petits producteurs d'anacardes.

4 METHODES OUTIL et MATERIELS de TRAVAIL

4.1 METHODE

4.1.1 Plantation d'anacarde et mécanisme de compensation carbone

Un des préalables de notre travail consiste à vérifier qu'une plantation d'anacardier remplit les conditions de définition de la forêt telle que définie par la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) pour le mécanisme de compensation carbone qui sont les suivantes:

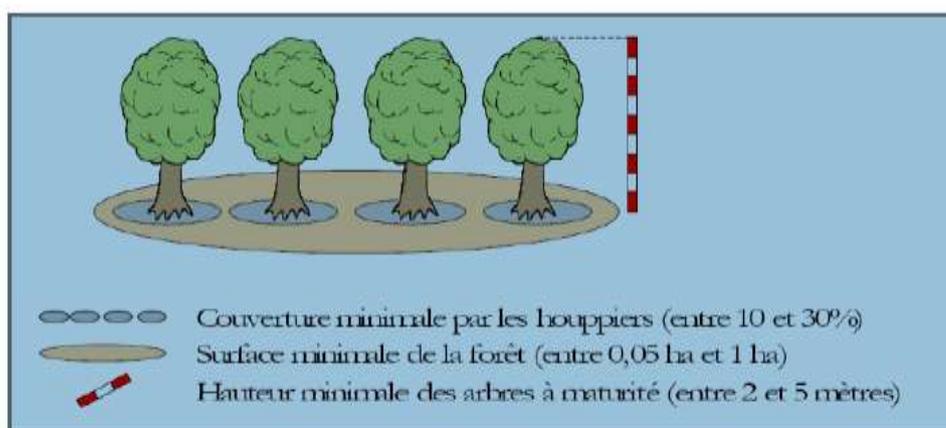


Figure 4-1: Définition de forêt de la CCNUCC

La mesure de diamètre de houppiers, de hauteurs d'anacardiers dans des plantations de Toussiana, Kourignon et Diéri et les données statistiques de la DGPER nous ont permis de montrer que :

- La couverture des houppiers d'une plantation d'anacardier atteint 52% dès 15 ans.
- Dès 15 ans l'anacardier atteint 6m
- La surface totale des anacardiers au Burkina est 65000 Ha.

4.1.2 Entité production

4.1.2.1 Cycle du carbone et les changements climatiques

Le CO₂ est un des gaz à effet de serre qui contribue au réchauffement climatique. L'accumulation annuelle de CO₂ dans l'atmosphère est de 3,2GtC/an. L'activité humaine émet à elle seule près de 7,1GtC/an. Heureusement le carbone qui est un des constituants de ce gaz fait l'objet d'échange entre l'atmosphère, la végétation, les océans et le sol grâce à la photosynthèse, la respiration autotrophe et la respiration hétérotrophe.

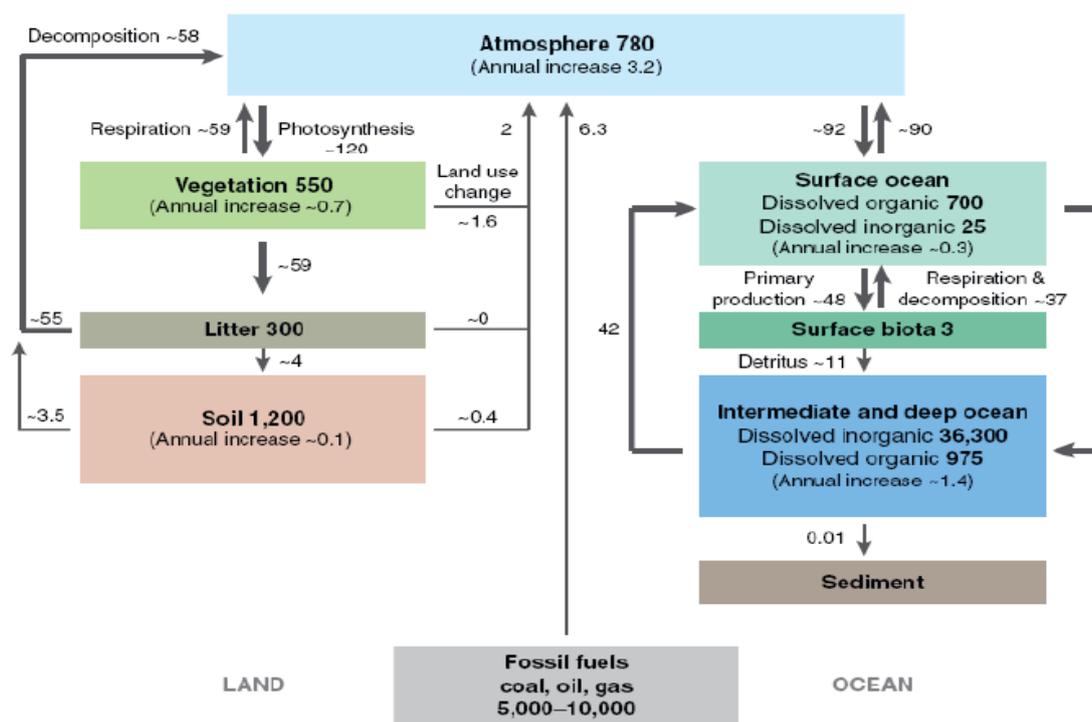


Figure 4-2: le cycle du carbone Source : Houghton 2007

On peut ainsi dire que grâce à la photosynthèse les plantations absorbent le CO₂ atmosphérique. Par contre pour affirmer que le carbone absorbé est effectivement séquestré il faut ajouter la notion de durée de son stockage sous forme de bois. Une séquestration est comptabilisée si sa durée dépasse le temps de séjour du gaz dans l'atmosphère. S'il est vérifié que le carbone absorbé est réellement séquestré on pourra alors dire qu'il contribue à l'atténuation aux changements climatiques.

4.1.2.2 Stock de carbone dans la plantation d'anacarde

Une fois le CO₂ absorbé, son carbone se retrouve stocké dans les entités suivantes de la plantation :

- La biomasse aérienne (tronc, branches, feuilles)
- La biomasse souterraine (racines)
- La litière (débris, brindilles, herbes, feuilles sèches...)
- Le bois mort
- Le sol

- ❖ Pour déterminer la biomasse aérienne (masse ou volume d'un arbre) la littérature nous offre deux possibilités : la méthode destructive et la méthode non destructive.

La 1^{ère} consiste à abattre un arbre, à le sectionner et à procéder aux mesures de masses et de volumes humides. Par la suite le séchage dans des fours à 105°C au labo pendant 48 h au moins permet de déduire les masses et les volumes secs.

La 2nd consiste à procéder d'abord à des mesures de hauteurs, de diamètre à la base, de diamètre à 1,30m du sol, (**Annexe 4**) de diamètre de houppiers d'anacardiers sur le site. Ensuite grâce aux équations allo métriques disponibles ou établies (**Annexe 5 et 6**) qui requiert les données ci-dessus on calcule la masse ou le volume d'un anacardier.



Figure 4-3: Mesure de circonférence à la base Kourignon (gauche)

Mesure de hauteur d'anacardiers Kourignon (droite)

Pour ce travail nous avons choisi la méthode non destructive car elle est moins lourde à mettre en œuvre et moins coûteuse en outre c'est elle qui a été préconisée par RONGEAD. Ainsi au travers des données récoltées à Toussiana, Dinderresso, Kourignon, Diéri dans les plantations d'anacardiers lors de notre 1^{ère} mission du 06 juin au 12 juin et l'équation allo métrique de BROWN (1997) pour les climats tropicaux secs :

$Y(\text{Kg}) = \text{expo}(-1,996 + 2,32 * \ln(\text{DHP}))$ nous ont permis de calculer la masse d'anacardiers d'âges différents.

- ❖ On déduit ensuite la densité de biomasse souterraine DBS en t/Ha à partir de la densité de biomasse aérienne DBA (qui est déduite de $Y(\text{Kg})$ connaissant le nombre de pieds par hectare) grâce à l'équation :

$$\text{DBS} = \text{expo}(-1,0587 + 0,8836 * \ln(\text{DBA}))$$

- ❖ Pour déterminer la masse de litière il a fallu :
 - Echantillonner et peser la litière humide dans différentes plantations. Pour 25m² de surface échantillonné on a obtenu 58kg à Diéri, 33Kg à Dinderresso et 18 Kg à Toussiana.



Figure 4-4: Echantillonnage de la litière Diéri (gauche)

Pesée litière (droite)

- Calculer la masse sèche de l'échantillon grâce à la formule :

$$\text{Masse sèche} = \left(\frac{\text{sous échantillon masse sèche}}{\text{sous échantillon masse fraîche}} \right) * \text{masse fraîche de l'échantillon entier}$$

Le taux d'humidité déterminé au laboratoire LBEB est de 12%. On trouve les masses sèches suivantes : Diéri 51,04Kg ; Dinderesso 29,04Kg et Toussiana 15,84Kg.

- Déterminer le facteur d'expansion avec la formule :

▪

$$\text{Facteur d'expansion} = \frac{1000m^2}{\text{surface de la placette ou du cadre échantillon (m}^2\text{)}}$$

Sa valeur est de 400 pour une surface de placette de 25m².

- Nous avons obtenu les densités (tonne/Ha) par simple multiplication.
- ❖ Enfin pour estimer le carbone dans le sol des plantations, nous avons prélevés des échantillons de sol à 30 cm de profondeur dans plusieurs plantations.



Figure 4-5: Prélèvement de sol à Toussiana (gauche)

Prélèvement de sol à Diéri (droite)

Les analyses pour déterminer la teneur en carbone ont été effectuées à l'INERA de Kamboinsè **annexe (3)**, par contre la densité des sols a été déterminée au labo de génie civil du 2iE. Les résultats obtenus sont : densité moyenne des sols $1,12t/m^3$.

- ❖ L'entité bois mort n'a pas pu être étudiée lors de notre mission sur le terrain car le bois mort est inexistant dans les plantations. Tout bois mort est immédiatement coupé comme bois de chauffe.

Tableau 4-1: Tableau récapitulatif des données qui seront utilisées pour les calculs ultérieurs

Masse volumique de l'anacardier	Masse d'un stère de bois	Nombre d'arbres par hectare	Rendement à l'hectare	Rendement de la transformation	Consommation camion 10 T	Consommation camion 25 T	Consommation camion 50T
400Kg/m ³	650Kg	150	400Kg	1Kg d'amande pour 5 ou 5,5Kg de noix	25L aux 100Km	35L aux 100Km	60L aux 100Km

4.1.3 Entité transformation

Au Burkina nous rencontrons trois types d'unité de transformation de noix d'anacarde en amande : artisanale, semi industrielle et industrielle toutes situées à l'ouest du pays. (**Annexe 1**) La transformation de la noix d'anacarde en amande nécessite un long processus qui comporte les étapes essentielles suivantes variables selon le type de transformation :

- Le triage des noix qui permet non seulement de se débarrasser des mauvaises noix mais

aussi de les classer par groupe selon la taille de la noix.

- La fragilisation de la coque qui permet d'ouvrir facilement la coque mais aussi de concentrer le CNSL.
- Le refroidissement pendant 48 H maximum
- Le décorticage qui comporte le concassage et l'égrainage. Cette étape permet de briser la coque puis de retirer l'amande.
- L'étuvage qui permet de décoller la pellicule parfois suivi d'une brève humidification pour ramollir la pellicule.
- Le de pelliculage qui consiste à « déshabiller » l'amande
- L'emballage sous vide. Cette étape est le plus souvent précédée d'une classification

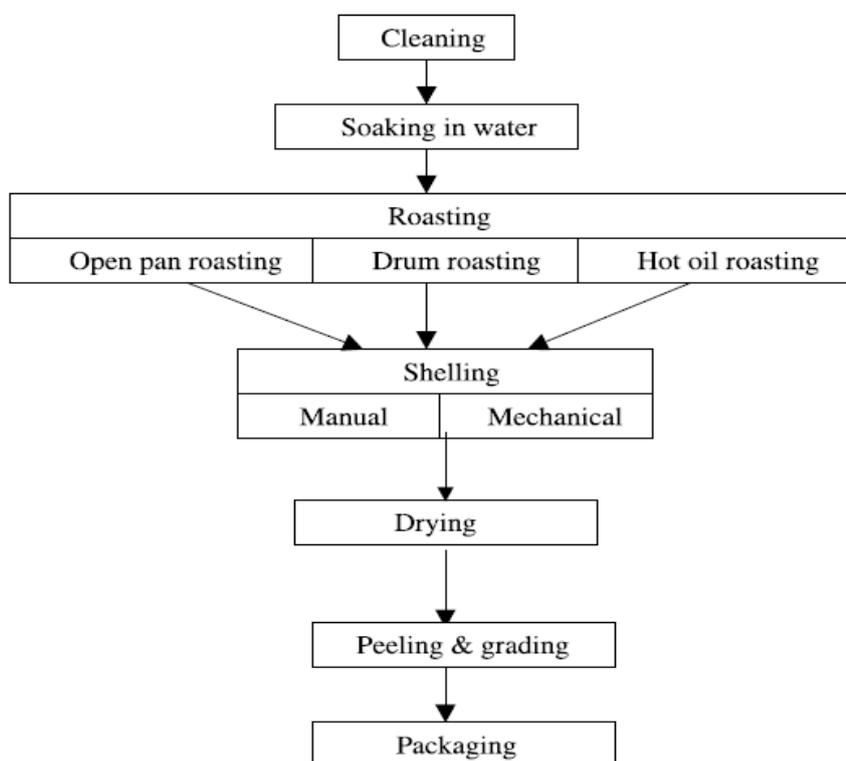


Figure 4-6: Schéma du process

Les étapes qui consomment le plus d'énergie sont la fragilisation (Bois ou coque), l'étuvage (gaz butane, soleil ou coque).



Figure 4-7: Butane pour étuvage à ELAT (gauche)

Bois pour fragilisation des noix à UTAK (droite)

L'histogramme ci-dessous résume le type d'énergie consommé par type d'unité de transformation au Burkina Faso.

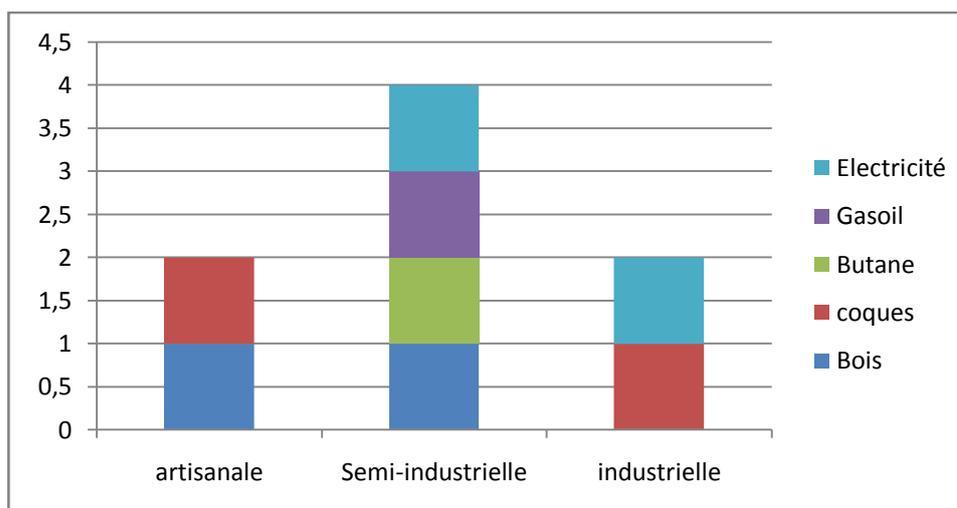


Figure 4-8: types d'énergies consommées par type d'unité au Burkina

Les unités semi-industrielles consomment quatre types d'énergie différents contre deux types pour les autres unités.

Notre 2^{ème} sortie terrain du 18 au 24 juillet 2010 nous a permis de visiter :

- une (01) unité industrielle : ANATRANS à Bobo
- trois (03) unités semi industrielles : ELA à Toussiana, UTAK à Orodara et YANTA à Bobo
- Une unité artisanale : les femmes de Diéri.

Nous avons ainsi pu grâce à un questionnaire joint en **annexe (13)**, quantifier les types d'énergies consommés par type d'unité.

4.1.4 Entité transport

- Les unités artisanales achètent les noix directement avec les producteurs et les transportent soit à vélo, soit à charrette.
- Les unités industrielles et semi-industrielles travaillent avec des groupements de producteurs qui collectent les noix, les stockent, puis les transportent jusqu'à l'unité dans des camions de 10 tonnes.
- La majorité des amandes produites (98%) soit 1652T (Annexe7) et les noix non transformées soit 17052T sont transportées par des camions de 25 tonnes et 50 tonnes vers les ports de la côte D'Ivoire du Ghana, du Togo ou du Benin. Cette année des unités des pays voisins se sont approvisionnées en noix sur le marché burkinabè contraignant certaines des unités locales à ralentir leur fonctionnement par manque de noix (ECLA et YANTA). En outre toutes les unités visitées fonctionnent en deçà de leurs capacités réelles (ANATRANS 1000t/an au lieu de 3500t/an, ECLA 220t/an au lieu de 500t/an ; UTAK 7,2t cette année pour une capacité de 900t/an) en général par manque de moyens pour acheter les noix à cause de leur coût de plus en plus élevé.

4.2 OUTIL ET MATERIELS DE TRAVAIL

4.2.1 Outil de travail

Notre outil de travail est le Logiciel EX-ACT ou EX-ante (carbone-balance Tools). C'est un outil développé par la FAO, et il est le seul à ce jour conçu pour l'agriculture et la foresterie.

Il estime l'impact des projets agricoles et forestiers sur les émissions et la séquestration de gaz à effet de serre via une balance carbone.

Pour notre étude, l'outil nous a permis de:

- Mesurer l'évolution des stocks de carbone dans le sol et les émissions de CH₄, NO₂ exprimées en tonne CO₂ équivalent par hectare et par an (onglet vivace).
- Estimer les émissions de GES lors de la transformation, le tout exprimé en Tonne CO₂ équivalent (onglet autres investissements). **Annexe (12)**
- Comparer ce qui est stocké à ce qui est émis afin de déduire si on a une source ou un puits de carbone (onglet résultats).

Son utilisation est très simple, il comporte :

- dix neuf (19) onglets



Le ou les onglets à utiliser dépend du type de projet, mais il faut pour tout projet renseigner

d'abord l'onglet description.

- Et des couleurs différentes dont les significations sont :

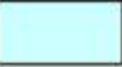
Couleur utilisée	Signification
	Information à renseigner par l'utilisateur: soit un choix dans une liste déroulante prédéfinie soit une valeur à entrer
	Valeur par défaut proposée, peut être changée si nécessaire
	Pas d'action requise, donnée déjà calculée ou copiée à partir des informations d'origine
	En relation avec le scénario sans projet
	En relation avec le scénario avec projet

Figure 4-9: Couleur caractéristiques de l'outil

Selon la précision recherchée et les valeurs disponibles dans le pays qui développe le projet, on renseigne l'outil en gardant ou en changeant les valeurs par défaut.

Notre étude a consisté à trouver des valeurs spécifiques à l'anacardier au Burkina afin de changer les valeurs par défaut et d'obtenir des résultats plus significatifs.

4.2.2 Matériel de travail

Le matériel de travail sur le terrain était essentiellement composé de :

- un GPS pour localiser les arbres mesurés
- un ruban mètre pour mesurer les différents diamètres des anacardiers et de leurs houppiers
- une pioche pour creuser le sol à 30 cm afin de prélever des échantillons pour analyse
- un coupe-coupe pour prélever des morceaux de branches d'anacardiers pour analyse
- une balance pour mesurer les masses fraîches ou humides des échantillons, et la litière
- des sachets plastiques pour conserver les échantillons
- une glacière pour stocker tous les échantillons
- des fiches de terrain pour noter les résultats des mesures

Le matériel au niveau du Labo était essentiellement composé de :

- le four à 105°C pour le taux d'humidité
- le broyeur
- la balance électronique

L'analyse élémentaire des échantillons d'anacardiers et de sol qui utilisent des réactifs a été faite au CIRAD à Montpellier et à l'INERA de Kamboinsè.

5 RESULTATS OBTENUS

5.1 AU NIVEAU PRODUCTION

5.1.1 Biomasse aérienne et souterraine

Tableau 5-1: Masse par type de biomasse selon l'âge

Age	Biomasse aérienne (Kg/arbre)	Biomasse souterraine (Kg/arbre)
15 ans	231,35	39,65
20 ans	251,57	46,47
22 ans	329,26	58,17
36 ans	749,14	120,27
40 ans	1339,04	200,93

Calculons le taux de croissance (tonne de carbone stockée par hectare et par an) de la biomasse aérienne et souterraine :

Biomasse aérienne

Tableau 5-2: taux de croissance de la biomasse aérienne

Age	BA/arbre	BA/Ha	Carbone/Ha	$\Delta C/\Delta an$
16 ans Toussiana	108,6 Kg	16,3t	7,17t	2,42tc/Ha/an
22 ans Toussiana	329,26 Kg	49,389t	21,73t	

Biomasse souterraine

Tableau 5-3: taux de croissance de la biomasse souterraine

Age	BS/arbre	Bs/Ha	Carbone/Ha	$\Delta C/\Delta an$
16 ans Toussiana	21,83Kg	3,2747t	1,44t	0,4tC/Ha/an
22 ans Toussiana	58,17Kg	8,725t	3,84t	

NB : nous avons considéré en moyenne 150 arbres par hectare et une teneur en carbone de 44%.
Mieux pour obtenir des résultats fiables il faut comparer des plantations qui sont dans les mêmes

conditions de climat et de sol.

L'analyse élémentaire d'échantillons d'anacardiers et de litière effectuée au CIRAD de Montpellier a donné les résultats suivants :

Tableau 5-4: résultats analyses élémentaires bois d'anacardier et litière d'anacardiers

	%N	%C	%H
anacardier	0,19	44	6,34
litière	0,59	40	5,17

Ce qui nous permet de calculer la quantité de carbone par arbre et par m³ d'anacardier en fonction de son âge car il y a 440g de C/Kg d'arbre. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 5-5: carbone séquestré par arbre et par volume d'anacardier selon l'âge

Age	Biomasse totale d'un arbre en Kg	Volume total d'un arbre en 10 ⁻³ m ³	Teneur en carbone kg C/arbre	Teneur en carbone Kg C/ m ³
15 ans	271	677,5	119,24	180
20 ans	298,04	745,1	131,14	180
22 ans	387,43	968,57	170,47	180
36 ans	869,41	2173,5	382,54	180
40 ans	1539,97	3849,92	677,58	180

Explication

Un anacardier de 15 ans qui a stocké 119,24Kg de carbone a débarrassé l'atmosphère de 436,4 Kg de CO₂ (1g de C → 3,66gCO₂). Cette valeur atteint 1,4tonnes pour un anacardier de 36 ans.

5.1.2 Litière

Les calculs effectués à partir des trois échantillons de plantations différentes ont permis d'obtenir : Diéri 20,4tms/Ha ; Dinderesso 11,616tms/Ha et Toussiana 6,336tms/Ha soit une moyenne de 13tms/Ha.

La quantité de carbone dans cette litière est de 13tms/Ha*0,4tC/tms = 5,2tC/Ha. Les feux de brousse qui déciment entre 4 et 5% de la surface des plantations d'anacardiers par an transforment le carbone de la litière en gaz carbonique.

5.1.3 Le carbone organique du sol

La formule de Win rock international qui permet d'estimer le carbone dans le sol par hectare est : $C(t/ha) = (\text{densité du sol (g/cm}^3) \times \text{profondeur de prélèvement (cm)} \times C) \times 100$

C étant la fraction décimale en carbone.

Les résultats d'analyses à l'INERA de Kamboinsè des sols de plantation de 22 ans et de 40 ans de Toussiana sont les suivants **Annexe (10)** :

Tableau 5-6: Carbone du sol à 30 cm de profondeur selon l'âge

	Carbone en g/Kg
Sol Toussiana : plantation de 22 ans	2,4
Sol de Toussiana : plantation de 40 ans	4,2

$$C_{22\text{ans}}(t/ha) = 1,12 \times 30 \times 0,0024 \times 100$$

$$= 8,064$$

$$C_{40\text{ans}}(t/ha) = 1,12 \times 30 \times 0,0042 \times 100$$

$$= 14,112$$

$$\Delta C/18 = 0,336 \text{ tonne de carbone par an. En équivalent CO}_2 \text{ on obtient } 1,23t\text{CO}_2/\text{an/ha}$$

5.1.4 Les feux de brousse

Les feux de brousse que nous estimons à environ 5% des surfaces des plantations, est un facteur qui déstocke le carbone de l'entité production. Les feux de brousse émettent selon le GIEC 2006 0,21 kg de NO₂ et 2,3kg de CH₄ par tonne de matière sèche brûlées. L'ensemble étant bien sûr ramené en équivalent CO₂. Plus de précision dans le paragraphe proposition pour réduire la pollution.

5.2 AU NIVEAU TRANSFORMATION ET TRANSPORT

5.2.1 Au niveau transformation

Unité industrielle : cas d'ANATRANS BOBO

Tableau 5-7: quantité annuelle d'énergie consommée a ANATRANS et quantité annuelle de noix et d'amande

Noix brutes (t/an)	Amandes (t/an)	Electricité (KWh/an)	Gasoil (L/an)	Coques (t/an)
1000	200	13632	560	175t

Unités semi industrielles : cas d'ECLA, UTAK et YANTA

Tableau 5-8: quantité d'énergie consommée dans les unités semi-industrielles et quantité annuelle de noix et d'amande

	Noix brutes (t)	Amandes (t)	Electricité (KWH/mois)	Gasoil (L/mois)	Bois (nombre de charrettes /mois)	Gaz butane (t)
ECLA 2009	223,5 t en 6 mois	44,7	20	82	6	3,012 en 6 mois
UTAK 2010	7,2 t en 2 mois	1,2		44	2,5	0,23t en 2 mois
YANTA 2010	95 t en 8 mois	17	25		4	1,8t en 8 mois
Moyenne /mois			22,5	63L	4	
ratio		6 mois/an	7,2Kwh/mois /tonne d'amandes		2,3 charrettes ou 2,24t de bois/t d'amande/mois	0,28t de butane/t d'amande/mois

NB : nous avons pris en compte les noix réellement transformée en amande.

La part d'amande transformée dans les unités semi-industrielles est d'environ 360T soit 1800T de noix pour 4500 Ha de surface⁴.

Electricité consommé : $7,2 * 6 * 360 = 15552 \text{KWh}$

Bois consommé : $2,24 * 360 * 6 = 4838,4 \text{T}$

Butane consommé : $0,28 * 360 * 6 = 604,8 \text{T}$, or une bouteille de 12,5Kg a une capacité de 26,5L (lu sur la bouteille de gaz) donc un volume total de 1282m^3

Gasoil consommé : $63 * 6 = 378 \text{L}$

Unité artisanale : cas des femmes de Dieri

Tableau 5-9: quantité d'énergie consommée dans une unité artisanale

Bois	coques
1,3t de bois/t de noix brute	0,8t de coque/t de noix

⁴ Rapport Marianne TINLOT

Sur les 1686 T d'amandes transformées, 560 T sont transformées par les unités industrielles et semi-industrielles respectivement 200T et 360T; le reste 1126T est transformé de manière artisanale⁵.

La quantité de noix brute correspondant est de : $1126 \times 5,5 = 6193T$ pour une surface de 15482,5Ha. Bois consommé : $1,3 \times 6193 = 8050,9T$; Coques consommées : $0,8 \times 6193 = 4954,4T$

NB : Une charrette chargée en bois a une masse de 975kg soit 1,5stères

5.2.2 Au niveau transport

Il faut prendre en compte le gasoil consommé pour :

- transporter les noix dans les unités de transformation avec des camions de 10T
- transporter les amandes vers les ports avec des camions de 20 T et 50 T
- Exporter les amandes vers l'inde avec des bateaux

5.2.2.1 Transport vers les unités de transformations

Tableau 5-10: quantité de gasoil consommée par les unités pour collecter les noix

unité	Quantité de noix	Distance aller-retour	Quantité de gasoil
ANATRANS	1000 T	360 Km	$90L \times 100 = 9000L$
ECLA	223,5 T	260km	$65 \times 23 = 1495L$
UTAK	7,2 T	90Km	22,5L
YANTA	95T	20Km	rien
Total	1325,7T	730Km	10517,5L
Ratio	7,93L de gasoil/T de noix transportée		

Selon les données de la douane en 2009 environ 1652T d'amandes ont été exportées⁴; ce qui correspond à 98% de la production totale qui est de 1686T d'amandes. Les noix transportées sont estimées à environ 9273T pour une superficie de d'anacardiens de 30910Ha (on considère 150 plants /Ha avec un rendement moyen de 400Kg/Ha). Le gasoil consommé pour transporter ses noix est de $9273T \times 7,93L/T = 73534,89L$.

5.2.2.2 Transport des noix vers les ports

Sur une production de noix brute d'environ 26325T, seulement 9273T sont transformées au Burkina, le reste 17052T est exporté vers l'inde via les ports⁵.

⁵ Données douane 2009, données terrain et déduction

Ce sont des camions de 20T et 50T qui acheminent ses noix vers les ports. On fait l'hypothèse suivante comme MARIANNE TINLOT : 10% sont transportés par les camions de 20 T et 90% par les camions de 50T.

Ici nous n'avons pas pu estimer les distances parcourues pour la collecte des noix car elles sont difficiles à estimer à cause de la non fiabilité des sources d'informations. Ce sont les producteurs qui collectent et acheminent les noix au niveau des groupements ; les moyens de transport et les distances parcourues sont difficiles à estimer.

Tableau 5-11: quantité de gasoil consommée par les camions pour transporter les noix vers les ports.

Type de camion	distance	Quantité transportée	Nombre de voyage	Gasoil consommé
20T (35L /100Km)	1120Km	1705,2T	86	33712L
50T	1120Km	15346,8T	307	206304L
TOTAL				240016L

Une fois au port ce sont des bateaux cargos qui acheminent les noix principalement vers l'inde. Le temps mis pour un aller-retour d'un bateau est d'environ 60 jours avec une consommation en fioul de 7,2t/jour et en gasoil (pour chauffage et électricité) de 2t/jour. Soit un total 5204,8m³ de fioul (masse volumique 0,83t/m³) et 150m³ de gasoil⁶.

NB : L'outil EX-ACT que nous utilisons n'a pas délimité les périmètres des émissions de gaz à effet de serre à prendre en compte dans la comptabilisation de la pollution due à la transformation. Nous nous sommes donc permis d'élargir le périmètre jusqu'aux émissions en Inde, sous l'angle de l'analyse du cycle de vie de la noix produite qui doit être la priorité de l'ingénieur.

En somme **l'annexe 9** sur la consommation énergétique résume les types et les quantités d'énergies consommées par une unité supposée industrielle en inde.

⁶ Guide FE-V5 ADEME

6 Balance carbone avec l'outil EX-ACT

6.1 BALANCE CARBONE DE REFERENCE

Résultats par tonne d'amande produite⁴ avec des facteurs d'émissions non spécifiques et des valeurs par défaut au niveau sol et au niveau biomasse.

Tableau 6-1: tonne équivalent C02 dans le puits par tonne d'amande selon le type d'unité

	tC02eq /t d'amande	Puits ou source
Unités industrielles en inde	0,75	Puits
Unités artisanales au Burkina Faso	1,3	Puits
Unités semi-industrielles au Burkina Faso	3,51	Puits

6.2 BALANCE CARBONE APRES AFFINAGE DE L'OUTIL EX-ACT

L'affinage de l'outil à consister essentiellement pour nous à :

- Trouver des facteurs d'émissions spécifiques du gasoil, de l'électricité, du butane et du fuel pour le Burkina.

Tableau 6-2: tableau comparatif des facteurs d'émissions⁷

	Facteurs d'émissions de l'outil en teqC02/m3	Facteurs d'émissions spécifiques en teqC02/m3
Butane	1,76	2,12
Fuel oil	Rien	3,91
Essence	2,85	2,33
Gasoil	2,63	2,77
Electricité	Rien pour le Burkina	0,408 Celui de la Côte D'ivoire
Bois	0,01teqC02/tms	rien

- Déterminer des valeurs spécifiques de la litière, de la biomasse aérienne et souterraine, du carbone organique du sol.

⁷ Outil de mesure carbone du 2IE

Tableau 6-3: tableaux comparatifs de la densité de litière, du carbone organique du sol, des taux de croissance des biomasses

Densité de la litière dans l'outil	10tms/Ha	Carbone organique du sol de l'outil	Carbone organique du sol trouvé
Densité de la litière trouvée	13tms/Ha	0,33tCO ₂ /Ha/an	1,23tCO ₂ /Ha/an

	Taux de croissance de la biomasse aérienne	Taux de croissance de la biomasse souterraine
Valeur dans l'outil	2,1t/Ha	0
Valeur trouvée	2,42t/Ha	0,4t/Ha

Le remplissage de l'onglet « description » d'EX-ACT donne le tableau suivant :

Description du Projet

Nom du Pr	transformation d'amande au BF		Valeurs officielles pour les MDP CO ₂ 1 CH ₄ 21 N ₂ O 310
Continent	Afrique		
Zone climatique	Tropical		
Regime hydrique	Sec Voir le Module "Climat" pour l'aide		
Type de sol dominant	Sols à argiles 2:1 Voir le Module "Sol" pour l'aide		
Durée du Projet (en années)	Phase d'implémentation	1	
	Phase de capitalisation	0	
	Durée totale	1	

Ce sont des informations générales sur le continent, le climat, le sol valable pour tout type d'unité de transformation. Nous réalisons la balance carbone sur un an.

Ensuite l'onglet vivace nous calcule la différence entre le CO₂eq absorbé par les plantations et le sol et le CO₂eq émis par les feux de brousse.

L'onglet autre investissement nous calcule le CO₂eq émis lors de la transformation selon la quantité et la qualité des énergies consommées.

L'onglet résultat réalise la balance carbone entre les deux onglets et nous indique si on a globalement une source ou un puits de carbone. La valeur exacte de la balance et son signe nous indique la contribution en termes de mitigation au changement climatique : un signe plus indique une source de pollution donc une accentuation du changement climatique et un signe moins indique un puits donc une atténuation du changement climatique.

6.2.1 Atténuation du changement climatique dans les unités semi-industrielles du Burkina

- On obtient les émissions suivantes par type d'énergie pour les unités semi-industrielles:

Tableau 6-4: tonne équivalent CO2 émis par type d'énergie dans les unités semi-industrielles.

Type of Fuel	Default value t CO2 /m3	Specific Value	Default Factor	Annual Fuel Consumption (m3/yr)					Emission (t CO2eq)	
				Start t0	Without Project End	Rate	With Project End	Rate	Without	With
Gasoil/Diesel	2,63	2,77	NO	0	0	Linear	73,91	Linear	0	102
Gasoline	2,85		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0
Gas (LPG/ natural)	1,69		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0
Propane	1,53		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0
Butane	1,76	2,12	NO	0	0	Linear	1282	Linear	0	1359
User defined		0,517	NO	0	0	Linear	0	Linear	0	0
t CO2/t dry matter				Annual Consumption in t dry matter						
Wood	0,01		YES	0	0	Linear	4838,4	Linear	0	25
OPTION1 + OPTION2		Sub-Total Without	0,0	Sub-Total With	1485,9				Différence	1485,9

- On obtient les résultats suivants au niveau carbone stocké (biomasse et sol) et déstocké par les feux de brousse.

Tableau 6-5: tonne équivalent CO2 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.

CO2 mitigated from Biomass		CO2 mitigated from Soil		CO2eq emitted from Bur		Total Balance		Difference
Without	With	Without	With	Without	With	Without	With	tCO2eq
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-23265	0	-2768	0	2654	0	-23379	-23379
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
! Agric. Annual Total		0	-23379	0	-23379	-23379		-23379

- Le bilan global donne la mitigation au changement climatique suivant :

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO2eq		CO2		N2O	CH4	Per phase of the project Implement. Capital.		Mean per year		
			Biomass	Soil					Total	Implement.	Capital.
Deforestation	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afforestation and Reforestation	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Forest Land Use Change	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture											
Annual Crops	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agroforestry/Perennial Crops	-23379	this is a sink	-23265	-2768	1523	1130	-23379	0	-23379	-23379	0
Rice	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grassland	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other GHG Emissions			CO2 (other)								
Livestock	0		---	0	0	0	0	0	0	0	0
Inputs	0		0	0	---	---	0	0	0	0	0
Other Investment	1489	this is a source	1489	---	---	---	1489	0	1489	1489	0
Final Balance	-21890	It is a sink	-21776	-2768	1523	1130	-21890	0	-21890	-21890	0

Tableau 6-6: balance carbone des unités semi-industrielles.

Soit un total de 1489 tCO₂eq émis pour 23379tCO₂eq stocké dans les plantations. C'est un puits de carbone avec 21890tCO₂eq en réserve même si les feux de brousse ont diminués ce stocke de 2654tonnes. Donc la production de 360 tonnes à contribué à la mitigation au changement climatique en permettant de stocker 60,8 tCO₂eq/tonne d'amande produite.

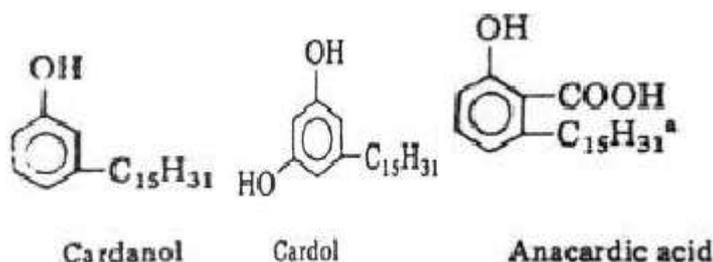
6.2.2 Problématique de l'utilisation des coques dans les unités artisanales et industrielles

Les unités artisanales (femmes de Diéri) et industrielles (ANATRANS) utilisent les coques d'anacardes comme source d'énergie en remplacement du bois. En effet le PCI des coques qui est de 40,3MJ/Kg montre qu'elles peuvent très bien remplacer le bois qui n'a qu'un PCI d'environ 17MJ/Kg. Cela diminue :

- la ressource en bois et préserve l'environnement.
- Réduit le coût de transformation.

Seulement la combustion de la coque dégage des fumées acides, nocives pour l'homme et pour l'environnement. La coque contient une coquille bon combustible (60 à 70% de la masse de la coque) et le baume ou CNSL. C'est ce baume utilisé comme solvant, vernis, garniture de freins etc.... qui dégage les fumées acides lors de la combustion.

Lorsque le CNSL est extrait naturellement (à froid) il contient 70% d'acide anacardique, 18% de cardon et 5% de cardanol.



Par contre lorsque le CNSL est extrait à chaud on assiste à la décarboxylation de la forme acide an forme cardanol et les proportions deviennent 52% de cardanol ,10% de cardol et 30 % de polymère plus d'autres substances.

Le CNSL technique utilisé dans les industries est obtenu par distillation et permet de réduire le taux de polymère. Sa composition est 78% de cardanol, 8% de cardol et 2% de polymère. Il est biodégradable (96%) au bout de 28 jours⁸.

Les substances toxiques du CNSL sont le cardol et le cardanol. Leur toxicité sur le poisson (à 0,001mg/L), les dauphins (à 0,066mg/L) les algues (à 0,001mg/L) et l'homme (dose limite voie orale 2g/Kg de poids) est prouvée⁷.

⁸ Test plan for cashew nut Shell liquid



Figure 6-1: Four à coque ANATRANS (gauche) Fragilisation artisanale des coques (droite)

Les recherches pour extraire le baume (bain de baume de cajou chaud, torréfaction rapide, vapeurs surchauffées, CO₂ supercritique, aux solvants ...) sont très avancées à ce jour mais non utilisables à l'échelle des unités de transformation. De nouvelles approches telles que le broyage avant combustion réalisé à ANATRANS ou le concassage permettent d'extraire le baume jusqu'à hauteur de 20 à 25 %⁹. Le baume recueillis est stocké dans la perspective d'éventuelles marchés mais encore faut t'il que les quantités soient suffisantes pour être commercialisées. Seulement nous ignorons toujours le facteur d'émission des coques brutes brûlées comme combustibles.

C'est le rapport de Mr ETTIEN qui devait nous fournir la matière première pour notre balance carbone notamment le facteur d'émission de la coque brute, de la coque après extraction du baume. Malheureusement cette étude n'ayant pas pu être menée jusqu'au bout, cela nous handicape fortement et réduit notre champ d'action.

Nous nous limiterons à calculer l'équivalent en bois des coques grâce à la formule :

Masse bois équivalent = $\frac{PCI\ coque}{PCI\ bois}$ * masse coque et à considérer que c'est cet équivalent bois qui brûle. Le PCI bois est de 17,5MJ/Kg et le PCI coque est de 24,9 MJ/Kg.

Aussi pour les unités industrielles et artisanales qui utilisent des coques on obtient les résultats suivants :

Tableau 6-7: équivalent bois des coques consommées dans les unités artisanales et industrielles.

	Quantité de coque	Equivalent bois
Unité industrielle ANATRANS	175T	249T
Unité artisanale	4954,4T	7049,4T

⁹ Rapport ETTIEN : *Pré-étude de valorisation énergétique de coques d'anacarde*

Le coefficient d'incertitude est d'environ 30% pour ANATRNS et 42% pour les unités artisanales.

Comme les unités artisanales brûlent un mélange coque et bois, la quantité totale de bois utilisé par an dans ses unités est donc de 7049,4+8050,9=15100,3T.

6.2.3 Atténuation du changement climatique dans les unités industrielles du Burkina

- On obtient les émissions suivantes par type d'énergie pour les unités industrielles:

Tableau 6-8: tonne équivalent CO2 émis par type d'énergie dans les unités industrielles.

Type of Fuel	Default value t CO2/m3	Specific Value	Default Factor	Annual Fuel Consumption (m3/yr)					Emission (t CO2eq)	
				Start t0	Without Project End	Rate	With Project End	Rate	Without	With
Gasoil/Diesel	2,63	2,77	NO	0	0	Linear	8,49	Linear	0	12
Gasoline	2,85		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0
Gas (LPG/ natural)	1,69		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0
Propane	1,53		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0
Butane	1,76	2,12	NO	0	0	Linear	0	Linear	0	0
User defined		0,517	NO	0	0	Linear	0	Linear	0	0
t CO2/t dry matter				Annual Consumption in t dry matter						
Wood	0,01		YES	0	0	Linear	249	Linear	0	1
OPTION1 + OPTION2	Sub-Total Without	0,0		Sub-Total With	13,0				Difference	13,0

- On obtient les résultats suivants au niveau carbone stocké (biomasse et sol) et déstocké par les feux de brousse :

Tableau 6-9: tonne équivalent CO2 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.

CO2 mitigated from Biomass		CO2 mitigated from Soil		CO2eq emitted from Bur		Total Balance		Difference tCO2eq
Without	With	Without	With	Without	With	Without tCO2	With tCO2	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-12925	0	-1538	0	1474	0	-12988	-12988
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agric. Annual Total						0	-12988	-12988

- Le bilan global donne la mitigation au changement climatique suivant :

Tableau 6-10: balance carbone des unités industrielles.

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO ₂ eq	CO ₂		N ₂ O	CH ₄	Per phase of the project		Mean per year		
		Biomass	Soil			Implement.	Capital.	Total	Implement.	Capital.
Deforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afforestation and Reforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Forest Land Use Change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture										
Annual Crops	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agroforestry/Perennial Crops	-12988 this is a sink	-12925	-1538	846	628	-12988	0	-12988	-12988	0
Rice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other GHG Emissions										
Livestock	0	CO ₂ (other)		0	0	0	0	0	0	0
Inputs	0	---		0	---	0	0	0	0	0
Other Investment	16 this is a source	16		---	---	16	0	16	16	0
Final Balance	-12972 It is a sink	-12909	-1538	846	628	-12972	0	-12972	-12972	0

L'atténuation du changement climatique permet de stocker 12972tCO₂eq pour 200t d'amandes produites soit 64,86tCO₂eq /tonne d'amande produite. Les feux de brousse émettent 1474tCO₂eq et les énergies utilisées émettent seulement 16tCO₂eq avec la part du bois qui est de 1tCO₂eq (ce nombre serait beaucoup plus élevé si on connaissait le facteur d'émission des coques brutes. Par contre si on parvenait à extraire le baume on aurait un facteur d'émission proche de celui du bois

6.2.4 Atténuation du changement climatique dans les unités artisanales du Burkina

- On obtient les émissions suivantes par type d'énergie pour les unités artisanales:

Tableau 6-11: tonne équivalent C02 émis par type d'énergie dans les unités artisanales.

	t CO ₂ eq/t MS	Oui	Consommation annuelle (t MS)		Linéaire	15100,3	Linéaire	0	77
			0	0					
Bois	0,01		0	0					

- On obtient les résultats suivants au niveau carbone stocké (biomasse et sol) et déstocké par les feux de brousse :

Tableau 6-12: tonne équivalent CO2 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.

CO ₂ mitigated from Biomass		CO ₂ mitigated from Soil		CO ₂ eq emitted from Bur		Total Balance		Difference
Without	With	Without	With	Without	With	Without	With	tCO ₂ eq
						tCO ₂	tCO ₂	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-80045	0	-9522	0	9130	0	-80437	-80437
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
! Agric. Annual Total						0	-80437	-80437

- Le bilan global donne la mitigation au changement climatique suivant :

Tableau 6-13: balance carbone des unités artisanales.

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO ₂ eq	CO ₂		N ₂ O	CH ₄	Per phase of the project		Mean per year		
		Biomass	Soil			Implement.	Capital.	Total	Implement.	Capital.
Deforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afforestation and Reforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Forest Land Use Change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture										
Annual Crops	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agroforestry/Perennial Crops	-80437 this is a sink	-80045	-9522	5241	3889	-80437	0	-80437	-80437	0
Rice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other GHG Emissions										
		CO ₂ (other)								
Livestock	0	---	0	0	0	0	0	0	0	0
Inputs	0	0	0	---	---	0	0	0	0	0
Other Investment	88 this is a source	88	---	---	---	88	0	88	88	0
Final Balance	-80348 It is a sink	-79956	-9522	5241	3889	-80348	0	-80348	-80348	0

Les feux de brousses émettent 9130 tCO₂eq et le mélange bois- coque émet 88tCO₂eq. L'atténuation du changement climatique donne un stocke de 80348tCO₂eq pour 1126t d'amandes produites ; soit un ratio de 71,35tCO₂eq/tonne d'amande produite. Cette valeur aurait été plus faible si nous avions le bon facteur d'émission des coques, car dans la réalité les coques brutes émettent beaucoup plus de CO₂ que le bois. Mais comme la surface de plantation des noix transformées artisanalement est grande (15482,5T), le carbone qu'elle stocke est de loin Supérieur au carbone émis lors de la transformation

6.2.5 Atténuation du changement climatique dans les unités industrielles en inde

Nous avons considéré comme Marianne Tinlot que les unités Indiennes qui transforment les noix burkinabè exportées sont industrielles avec les mêmes caractéristiques que celles du Burkina (ANATRANS en référence) mais avec les facteurs d'émissions de l'outil et de l'INDE.

- On obtient les émissions suivantes par type d'énergie pour les unités industrielles en inde:

Tableau 6-14: tonne équivalent CO2 émis par type d'énergie dans les unités industrielles en Inde.

Type of Fuel	Default value t CO2 /m3	Specific Value	Default Factor	Annual Fuel Consumption (m3/yr)						Emission (t CO2eq)	
				Start		Without Project		With Project		All Period	
				t0	End	Rate	End	Rate	Without	With	
Gasoil/Diesel	2,63	2,77	YES	0	0	Linear	533,73	Linear	0	703	
Gasoline	2,85	3,91	NO	0	0	Linear	5204,82	Linear	0	10175	
Gas (LPG/natural)	1,69		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0	
Propane	1,53		YES	0	0	Linear	0	Linear	0	0	
Butane	1,76	2,12	NO	0	0	Linear	0	Linear	0	0	
User defined		0,517	NO	0	0	Linear	0	Linear	0	0	
t CO2/t dry matter				Annual Consumption in t dry matter							
Wood	0,01		YES	0	0	Linear	4245,95	Linear	0	22	
OPTION1 + OPTION2	Sub-Total Without	0,0	Sub-Total With	10899,6		Difference	10899,6				

Comme l'outil n'a pas prévu de fioul nous l'avons pris en compte à la place de l'essence mais avec le bon facteur d'émission.

- On obtient les résultats suivants au niveau carbone stocké par la biomasse et le sol et déstocké par les feux de brousse :

Tableau 6-15: tonne équivalent CO2 stocké par le sol et émis par les feux de brousse.

CO2 mitigated from Biomass		CO2 mitigated from Soil		CO2eq emitted from Bur		Total Balance		Difference tCO2eq	
Without	With	Without	With	Without	With	Without tCO2	With tCO2		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	-220397	0	-26217	0	25138	0	-221476	-221476	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agric. Annual Total							0	-221476	-221476

- Le bilan global donne la mitigation au changement climatique suivant :

Tableau 6-16: balance carbone des unités industrielles en Inde.

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO ₂ eq	CO ₂			CH ₄	Per phase of the project		Mean per year		
		Biomass	Soil	N ₂ O		Implement.	Capital.	Total	Implement.	Capital.
Deforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afforestation and Reforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Forest Land Use Change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture										
Annual Crops	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agroforestry/Perennial Crops	-221476 this is a sink	-220397	-26217	14431	10707	-221476	0	-221476	-221476	0
Rice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other GHG Emissions		CO ₂ (other)								
Livestock	0	---	0	0	0	0	0	0	0	0
Inputs	0	0	0	---	0	0	0	0	0	0
Other Investment	11027 this is a source	11027	---	---	11027	0	11027	11027	11027	0
Final Balance	-210449 It is a sink	-209370	-26217	14431	10707	-210449	0	-210449	-210449	0

Malgré la consommation supplémentaire en gasoil et en fuel pour le transport vers les ports et pour l'exportation vers l'inde (il y a aussi le Vietnam et quelques pays arabes) l'atténuation du changement climatique est de 61,7tCO₂eq/tonne d'amande produite. La aussi c'est la très grande surface de plantation qui produit les noix exportées (15482,5Ha) qui a permis d'obtenir cette valeur à cause des 221476 tCO₂eq qu'elle stocke.

6.2.6 Résumé des résultats bilan carbone affiné

Tableau 6-17: résumé du stocke des puits de carbone par tonne d'amande selon le type d'unité.

	tCO ₂ /tonne d'amande produite	Puits ou source
Unité industrielle au Burkina	64,86tCO ₂ eq /tonne d'amande produite	Puits
Unités industrielles en inde	61,7tCO ₂ eq/tonne d'amande	Puits
Unités semi-industrielles au Burkina	60,8 tCO ₂ eq/tonne d'amande produite.	Puits
Unités artisanales au Burkina	71,35tCO ₂ eq/tonne d'amande produite	Puits

Soit un puits de carbone d'environ 325659teqCO₂/an pour la filière anacarde au Burkina Faso.

7 Analyse des résultats

7.1 COMPARAISON DES RESULTATS

Tableau 7-1: tableau comparatif des résultats de la balance carbone de référence et de la balance carbone affinée.

Type d'unités	Balance carbone de référence (teqCO ₂ séquestré/t d'amande)	Balance carbone outil affiné (teqCO ₂ séquestré/t d'amande)
semi-industrielles	3,51	60,8
artisanales	1,3	71,35
Industrielles au Burkina	64,86
Industrielles en Inde	0,75	61,7

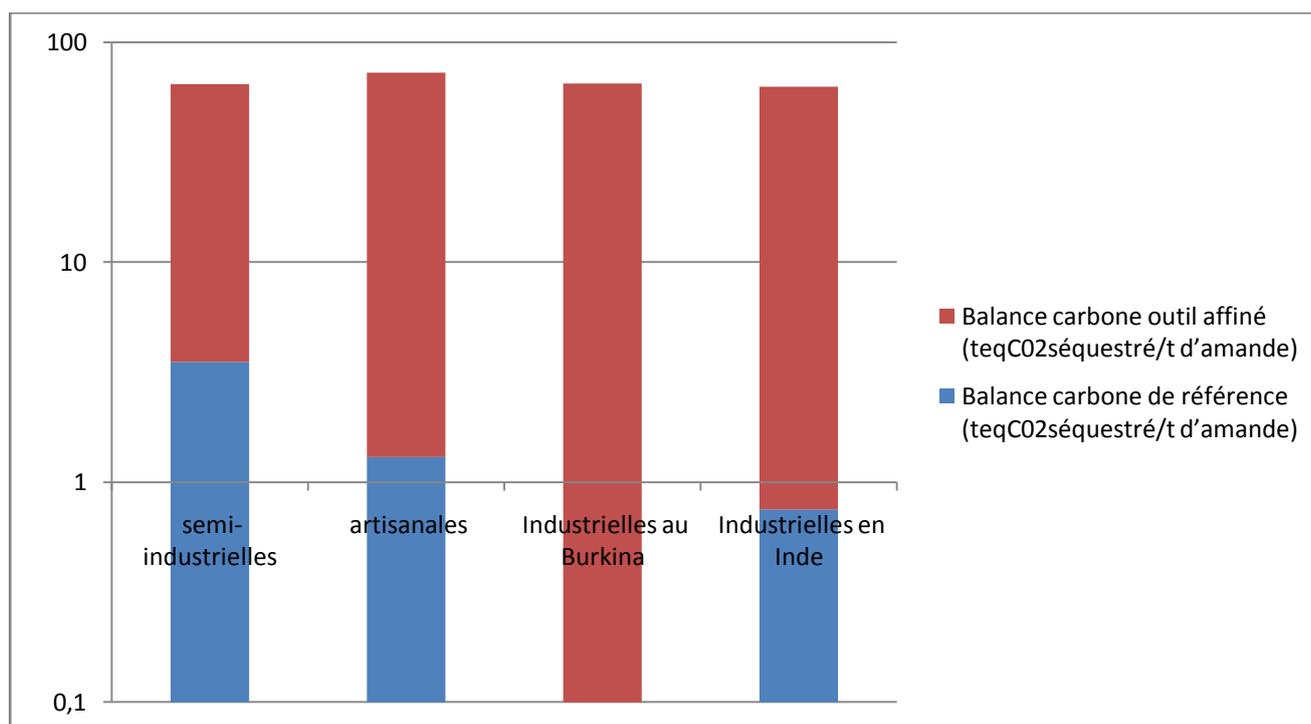


Figure 7-1: Histogramme comparé des deux balances carbonées

L'axe des ordonnées est représenté sur une échelle logarithmique en base 10.

Nous sommes partis globalement des mêmes données en surface de plantation (65000 Ha environ), en tonne de noix brutes (26000T), en tonne d'amande et en tonne de noix exportées que la balance carbone de la consultante. Mais nos résultats sont très différents pour les raisons essentielles suivantes :

- le carbone stocké par la biomasse et le sol des plantations avec les valeurs par défaut de l'outil est très faible comparativement au carbone stocké avec les valeurs que nous avons trouvés. De 2,1tC/Ha/an pour la biomasse aérienne on est passé à 2,42t/Ha soit un coefficient d'incertitude 13% ; de 0tC/Ha/an pour la biomasse souterraine on est passé à 0,4tC/Ha/an soit un coefficient d'incertitude 100% ; De 0,33tCO₂/Ha/an pour le sol on est passé à 1,23tCO₂/Ha/an soit un coefficient d'incertitude 73,2%.
 - L'approche que la consultante a fait sur le facteur d'émission du baume ou CNSL a largement augmenté ses résultats sur la pollution et diminué le stocke de son puits de carbone. En effet elle a assimilé le baume à une huile particulière et a déduit le facteur d'émission.
 - La pollution des autres énergies consommées telles que le bois, le gasoil, le butane, l'électricité a augmenté dans notre balance à cause de nos facteurs d'émissions qui sont supérieurs à ceux de l'outil.
 - Mais la faiblesse de nos deux balances réside dans le fait qu'aucun n'a encore percé le mystère de la capacité de pollution des coques brutes brûlées. La consultante a assimilé le baume à une huile avec un facteur d'émission approprié tandis que nous, nous avons assimilés les coques à du bois en prenant le soin de calculer l'équivalent bois des coques.
- En somme malgré nos facteurs d'émissions spécifiques plus élevés que ceux de l'outil, la capacité de la biomasse et du sol à stocker chaque année du carbone dans l'outil affiné est supérieur à celui de l'outil avec les valeurs par défaut. Cela à contribuer à créer un puits avec un stocke plus important de carbone que la balance carbone de référence.

7.2 ENTITES POLLUEUSES

Tableau 7-2: Tonne équivalent C02 émis par type d'énergie et par les feux de brousse dans les différentes unités

Type d'unité	teq CO ₂					
	électricité	gasoil	butane	bois	fuel	feux de brousse
Semi-industrielles au Burkina	3,5	102	1359	25	0	133
Industrielles au Burkina	3,1	12	0	1	0	74
Industrielles en Inde	52,2	739	0	22	10175	1257
Artisanale au Burkina	0	0	0	2685	0	6145

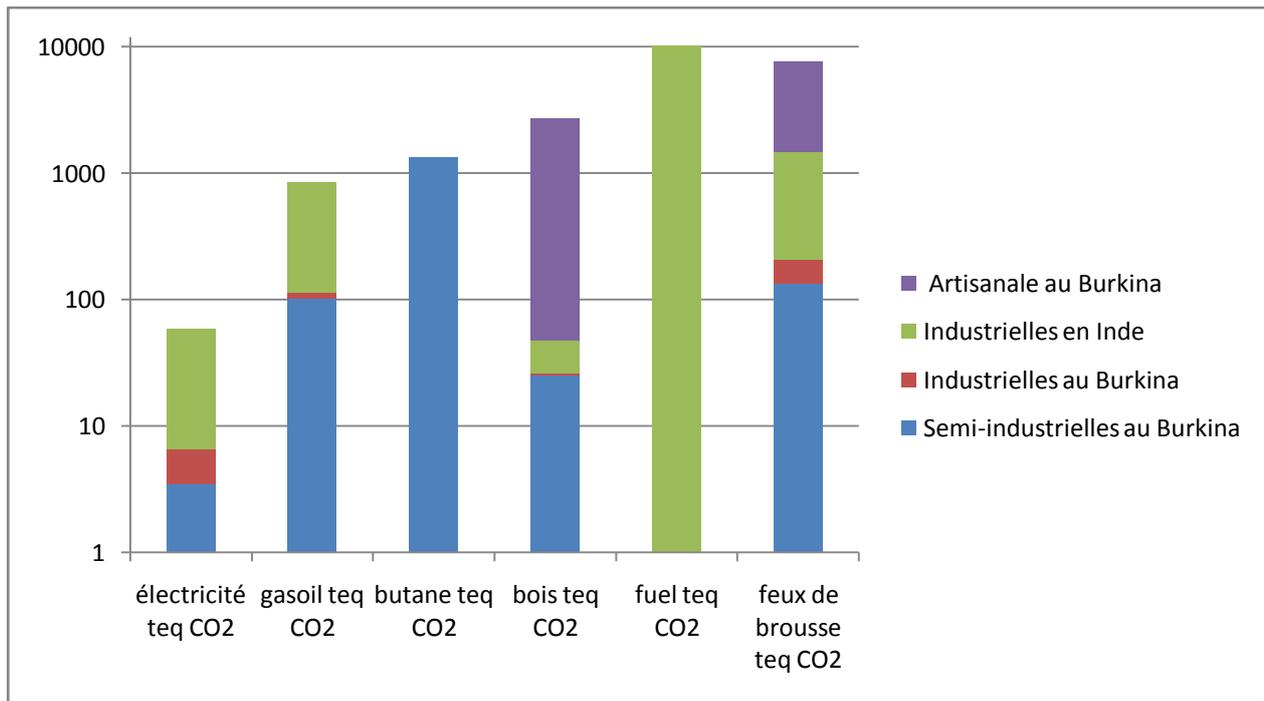


Figure 7-2: Tonne équivalent CO2 émis par type d'énergie et par les feux de brousse dans les différentes unités

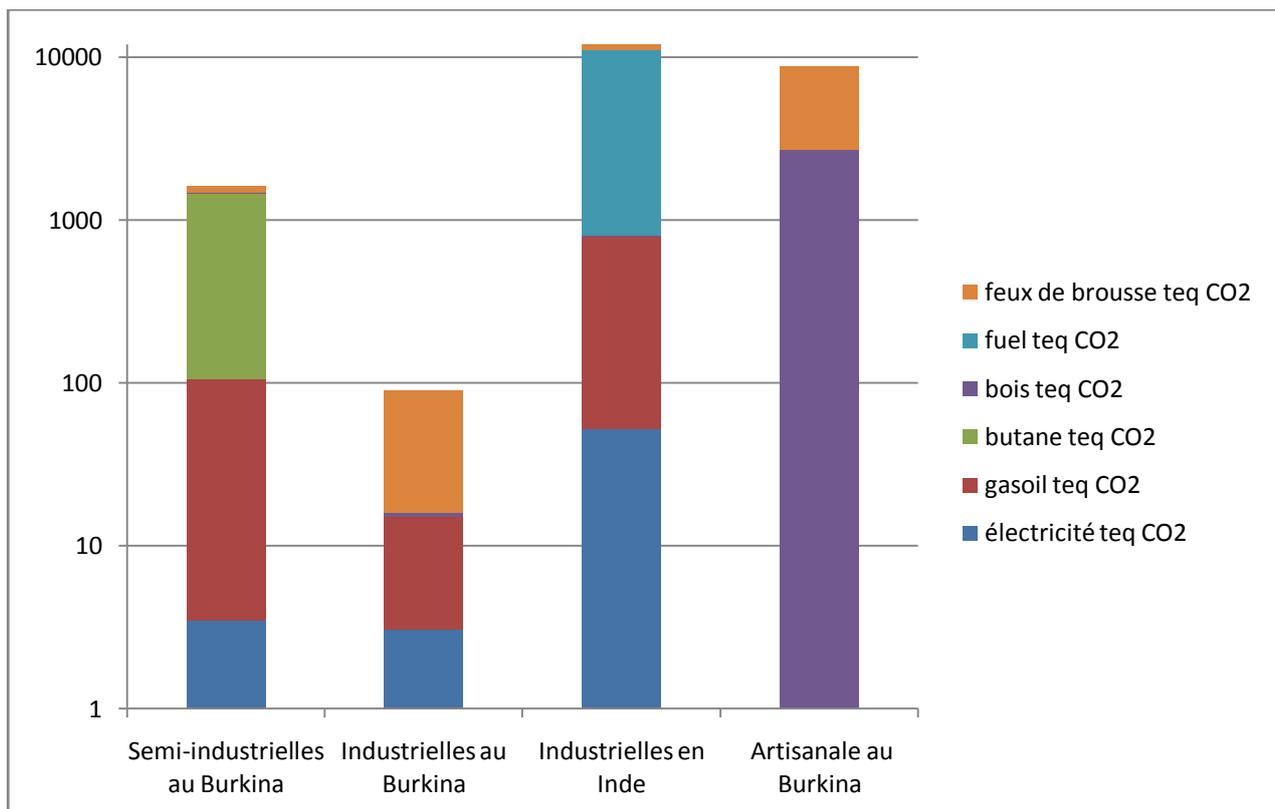


Figure 7-3: sources d'émissions par type d'unité

NB : Les résultats sont qualitatifs car les unités ne transforment pas les mêmes quantités de noix. L'axe des ordonnées est représenté sur une échelle logarithmique en base 10.

De tout ce qui précède les entités polluées sont :

- Le butane au niveau des unités semi-industrielles jusqu'à 1359teqCO₂ et le gasoil 102 teqCO₂.
- Le fuel (10175teqCO₂) et le Gasoil (739teqCO₂) au niveau des unités en inde
- La pollution des feux de brousse varie entre 74teqCO₂ et 1257teqCO₂ dans les unités modernes si on considère que c'est seulement 5% des surfaces qui sont attaquées par les feux de brousse.
- Le bois, les coques surtout et les feux de brousse polluent les unités artisanales.
- Trop de bois est utilisé dans la filière près de 20000T/an ce qui contribue à la déforestation d'environ 200 à 500Ha de forêt par an engendrant un manque à gagner au niveau séquestration du carbone par ses forêts détruites.

7.3 PROPOSITION POUR REDUIRE LES EMISSIONS

Pour réduire les émissions et augmenter le stock du puits de carbone de la filière anacarde au Burkina nous proposons les solutions suivantes :

- Former les producteurs d'anacardes à l'entretien des plantations grâce à des pare feux autour de la plantation et dans les plantations. Cela pourra ramener les surfaces annuelles brûlées de 5% à 2% (cela fera passer les émissions actuelles qui varient entre 74teqCO₂ et 1257teqCO₂ à des émissions variant entre environ 50 teqCO₂ et 852,6 teqCO₂) car les surfaces brûlées contribuent à diminuer le stock de carbone des plantations donc à polluer l'atmosphère.
- Former les producteurs d'anacardes au nettoyage ou au labour de leurs plantations. Cela diminuera la quantité de litière qui atteint 20tms/ha dans certaines plantations. La moyenne qui est de 13tms/ha pourra diminuer jusqu'à 5tms/ha. Ce qui réduira la quantité de teqCO₂ émis lors des feux de brousse : la moyenne actuelle qui est de 665,5 teqCO₂/ type d'unité ne sera plus que de 267 teqCO₂.
- Dans le cas où les feux de brousse seront maîtrisés, la litière pourrait aider le sol à mieux séquestrer le carbone, car les herbes qui donnent plus tard la litière constituent un énorme réservoir en carbone. La décomposition de la litière ne pourra donc qu'enrichir le sol en carbone.
- Utiliser des séchoirs solaires (comme à YANTA et à TOUSSIANA) pour sécher les noix et réduire la consommation et la facture en butane. Les séchoirs solaires sont

certes plus lents, plus coûteux à l'achat, et inutilisables les jours sans soleils ; mais ils sèchent mieux, grillent moins les noix et polluent moins que les séchoirs à gaz.

- On peut aussi envisager le remplacement des fours à gaz des unités semi-industrielles par des fours à vapeur comme dans les unités industrielles car le facteur d'émission du gaz est de loin supérieur à celui du bois ($2,11\text{teqCO}_2/\text{m}^3$ contre $0,01\text{teqCO}_2/\text{m}^3$) ;
 - La substitution des brûleurs par des radiateurs alimentés par la chaudière
 - Accentuer les recherches sur les techniques d'extraction du baume des coques afin d'utiliser les coques à la place du bois lors de la transformation et préserver ainsi notre environnement déjà surexploité en bois de chauffe. Le problème serait que faire du CNSL extrait ? surtout que les volumes récoltés seront faibles et non commercialisables.
 - A défaut améliorer les fours pour une combustion complète des fumées ; il faut essayer des chaudières comme celles des huileries de Bobo Dioulasso. Ces chaudières brûlent des bagasses de résidus agricoles mais sont dimensionnées de sorte que les fumées soient réinjectées pour une combustion complète avant échappement.
 - Transformer toutes les noix au Burkina soit de façon semi-industrielle, soit de façon industrielle.
- Hypothèse où toutes les noix sont transformées dans les unités semi-industrielles au Burkina

Tableau 7-3: balance carbone si toutes les noix sont transformées dans des unités semi-industrielles au Burkina.

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO ₂ eq	CO ₂			N ₂ O	CH ₄	Per phase of the project		Mean per year		
		Biomass	Soil				Implement.	Capital.	Total	Implement.	Capital.
Deforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afforestation and Reforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Forest Land Use Change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture											
Annual Crops	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agroforestry/Perennial Crops	-361908 this is a sink	-336632	-40044	8478	6290	-361908	0	-361908	-361908	-361908	0
Rice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other GHG Emissions											
Livestock	0	---		0	0	0	0	0	0	0	0
Inputs	0	0		0	---	0	0	0	0	0	0
Other Investment	21084 this is a source	21084		---	---	21084	0	21084	21084	21084	0
Final Balance	-340824 It is a sink	-315548	-40044	8478	6290	-340824	0	-340824	-340824	0	0

On obtient une mitigation au changement climatique ou un puits de carbone de $340824\text{tCO}_2\text{eq}$ Chaque année contre 325659teqCO_2 pour la situation actuelle.

- Hypothèse où toutes les noix sont transformées dans les unités industrielles au Burkina Faso.

Tableau 7-4: balance carbone si toutes les noix sont transformées dans des unités industrielles au Burkina.

Components of the Project	Balance (Project - Baseline) All GHG in tCO ₂ eq	CO ₂			N ₂ O	CH ₄	Per phase of the project		Mean per year		
		Biomass	Soil				Implement.	Capital.	Total	Implement.	Capital.
Deforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afforestation and Reforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Forest Land Use Change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agriculture											
Annual Crops	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agroforestry/Perennial Crops	-338280 this is a sink	-336632	-40044	22042	16354	-338280	0	-338280	-338280	0	0
Rice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other GHG Emissions											
Livestock	0	---		0	0	0	0	0	0	0	0
Inputs	0	0	0	---	---	0	0	0	0	0	0
Other Investment	410 this is a source	410	---	---	---	410	0	410	410	0	0
Final Balance	-337870 It is a sink	-336222	-40044	22042	16354	-337870	0	-337870	-337870	0	0

On obtient encore une mitigation au changement climatique de 337870tCO₂eq chaque année contre 325659teqCO₂ pour la situation actuelle.

Ses hypothèses permettent d'éviter la pollution de l'exportation (fuel et gasoil) et augmente le stocke du puits de près de 12211 teqCO₂ dans le cas des unités industrielles et de près de 15165 teqCO₂ dans celle semi-industrielles.

Mais comme l'entité coque utilisée dans les unités industrielles n'est pas maitrisée au niveau pollution, nous suggérons pour l'instant une intensification des unités semi-industrielles afin d'absorber la part de noix exporter qui pollue la filière anacarde.

Par contre si le baume des coques était extrait (broyage ou procédés chimiques du 6.2.2) avant combustion, les unités industrielles seraient moins polluantes pour la filière car elles utiliseraient les types d'énergies les moins polluantes.

7.4 APPLICATION DE L'OUTIL A D'AUTRES FILIERES

L'outil EX-ACT peut être appliqué à d'autres filières telles que la filière mangue, la filière coton. La mangue est une culture pérenne comme l'anacardier, occupe de grandes surfaces et est transformée soit localement soit exportée.

Le coton est une culture annuelle qui utilise beaucoup de pesticides et d'insecticides, occupe de grandes surfaces, possède des unités de transformation primaire (SOFITEX et FASO COTON) et secondaire (FASO FANI) et exporte une grande partie du coton égrainé.

Nous nous sommes limités à ses deux filières au regard de leur importance sur le plan économique et du nombre de producteurs qui en vivent dans le pays.

Tableau 7-5: comparaison des stokes de carbone des puits entre la situation actuelle et les scénarios hypothèses

Situation (transformations artisanale+semi- industrielle+industrielle Inde et Burkina	actuelle	Si toutes les noix étaient transformées semi- industriellement au Burkina	Si toutes les noix étaient transformées industriellement au Burkina
	325659teqCO ₂ /an	340824tCO ₂ eq	337870tCO ₂ eq

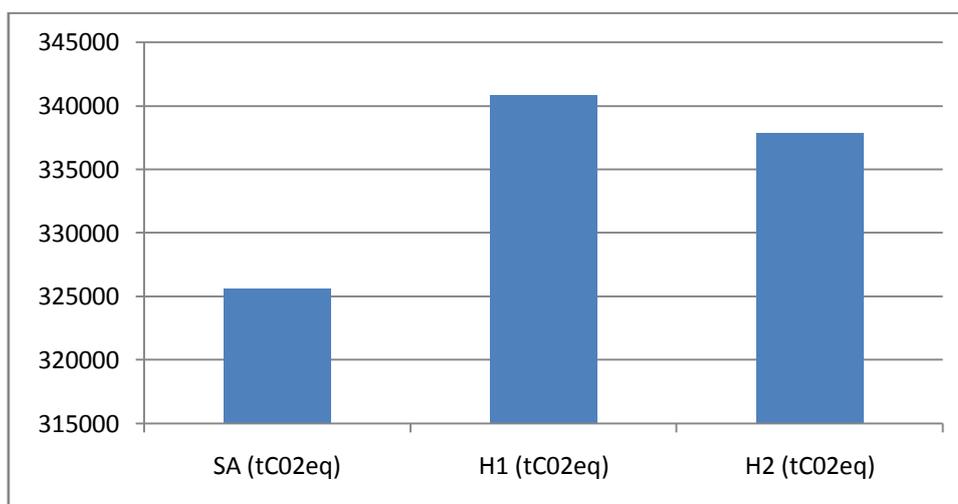


Figure 7-4: comparaison des stokes de carbone des puits entre la situation actuelle et les scénarios hypothèses

7.5 ACCES DES PETITS PRODUCTEURS D'ANACARDES AUX CREDITS CARBONE

Selon le guide des mécanismes de projet prévus par le protocole de KYOTO, un projet de mécanisme de développement propre est intéressant s'il permet la réduction de GES d'au moins 50000teqCO₂/an.

La balance carbone de la filière anacarde au Burkina Faso a un potentiel de réduction d'environ 300000teqCO₂/an qui se répartit comme suit :

- Unités industrielles du Burkina : 12 972 teqCO₂ de stocke
- Unités semi-industrielles : 21 890 teqCO₂ de stocke
- Unités artisanales : 80 348 teq CO₂ de stocke

Par contre pour une même quantité de noix transformée, les unités industrielles polluent moins même si la pollution des coques combustibles a été sous estimée dans ses unités.

Le reste 210449teqCO₂ soit 70% du stocke est dû aux unités en INDE. La question est de savoir s'il faut comptabiliser ou non ce stocke dans la balance carbone de la filière au Burkina.

Sous l'angle de l'analyse du cycle de vie qui est la priorité de l'ingénieur, on obtient sur les

65000ha une moyenne de 4,6teqCO₂/Ha/an. Vendu difficilement sur le marché de Kyoto à 3 euros ou sur le marché volontaire entre à 4,7 euros¹⁰ par crédit carbone sur 15ans, le revenu brut est d'environ 1 155 000 euros/an soit 17,3 millions d'euros sur 15 ans. En retranchant les frais de montage et de certification qui atteignent autour de 200000 euros il reste 17,1 millions d'euros soit plus de 10 milliards de francs CFA environ sur 15 ans.

En outre selon le protocole de KYOTO tout projet MDP doit au préalable obéir à quatre critères d'éligibilités qui sont :

- Ratification du protocole de Kyoto par chacune des parties (hôte et investisseurs)
- Contribution au développement durable du pays hôte ; ce critère est défini par chaque pays en développement.
- Le projet doit être approuvé par le pays hôte (le CONEDD au niveau du Burkina)
- Le projet doit être additionnel : il permet des réductions d'émissions qui n'auraient pas été réalisées sans le projet.

Le cycle du projet implique plusieurs acteurs dans ses multiples étapes (figure ci-dessous). Le développeur peut (pas obligatoire) écrire une note (PIN : Project Idea Note) aux potentiels acheteurs et aux autorités nationales pour présenter son projet. Ensuite il élabore un document (PDD : Project Design Document) qui regroupe toutes les informations sur le projet. Notre balance carbone correspond aux aspects techniques de ce document. Le PDD est révisé et validé par une entité opération désignée (EOD) avant que l'autorité nationale désignée (AND) n'envoie une lettre qui atteste que le projet est conforme aux objectifs de développement durable du pays hôte. Après ses étapes l'EOD envoie les documents pour enregistrement au comité exécutif du MDP. Pendant cette phase de mise en œuvre, un suivi est réalisé et des données sont régulièrement collectées, par exemple le taux de croissance des biomasses, taux de séquestration du carbone dans le sol au niveau des plantations ; émissions annuelles de CO₂ par les unités de transformation. Périodiquement une entité du type EOD vérifie et certifie les données et calculs sur l'absorption et les émissions du projet. C'est après toutes ses étapes que des informations sur la quantité de crédit carbone sont transmises au comité exécutif du MDP pour l'émission des crédits. Mais les principales entraves à l'essor des MDP forestiers sont entre autres : l'investissement initial important (trop de mesures sur le terrain, trop d'analyses au Labo...), le risque élevé (crédits temporaires), le désintérêt des entreprises du nord pour ce type de crédits. Malgré cette complexité les principaux obstacles au développement de ces projets sont presque levés , environ une dizaine de méthodes est disponible ainsi que des outils officiels permettant

¹⁰ PNUE ; AFD ; ONF ; Bio carbon Fund de la Banque mondiale

de calculer le gain en carbone.

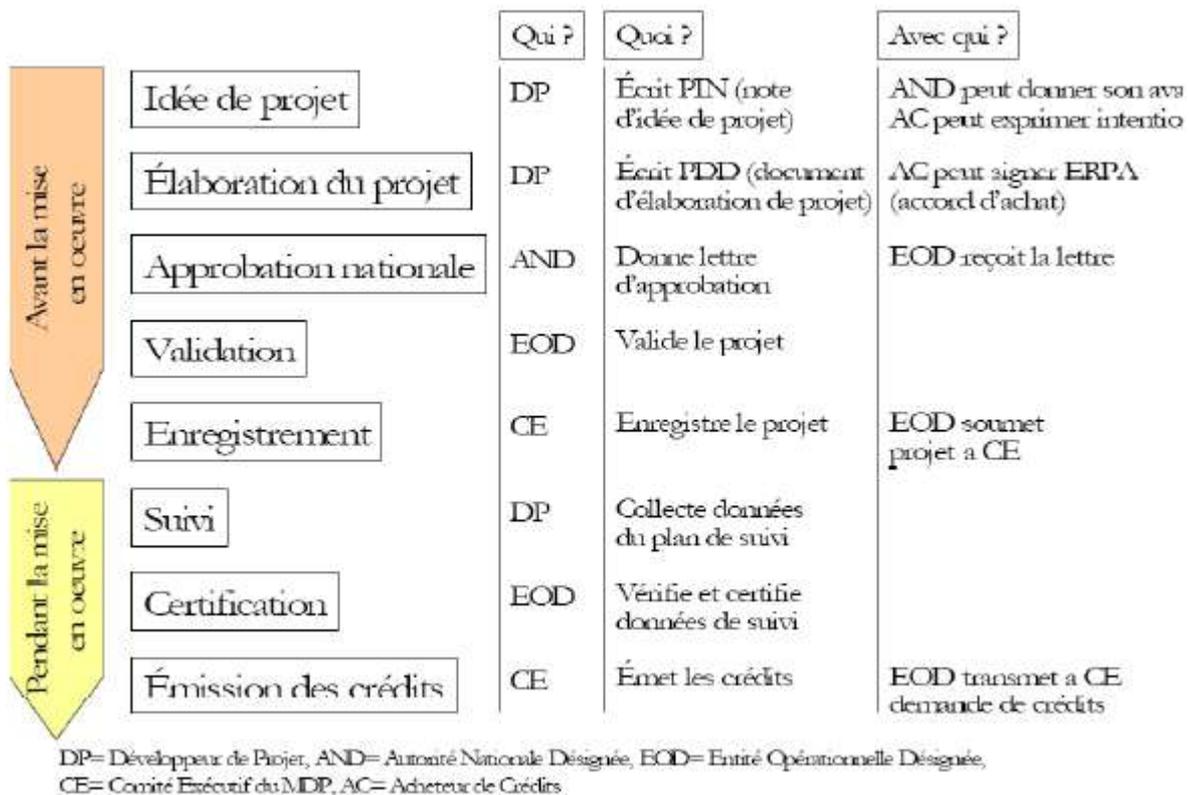


Figure 7-5: Etapes de la mise en place d'un projet MDP (GARDETTE et LOCATELLI 2007)

8 CONCLUSION

La balance carbone de la filière anacarde, nous a révélé que cette filière est un puits de carbone avec un potentiel intéressant en termes de mitigation aux changements climatiques. En effet les 65000Ha d'anacardiers permettent de séquestrer environ 300000teqCO₂/an soit un taux de séquestration de 4,6teqCO₂/Ha/an.

Pour y parvenir nous avons déterminé des valeurs spécifiques suivantes de l'anacardier litière : 13tms/Ha au lieu de 10tms/Ha; taux de croissance biomasse aérienne : 2,42t/Ha au lieu de 2,1t/Ha ; taux de croissance de la biomasse souterraine 0,4t/Ha au lieu de 0t/Ha et le taux séquestration de CO₂ par le sol 1,23teqCO₂/Ha/an au lieu de 0,33teqCO₂/Ha/an, 1Kg de bois d'anacardier contient 440g de carbone, et 1m³ de bois d'anacardier contient 180 Kg de carbone ; la masse volumique du bois d'anacardier est de 400Kg/m³ . Puis nous avons renseigné l'onglet **vivace** avec ses valeurs affinées pour obtenir la capacité de séquestration annuelle des anacardiers.

En outre nous avons quantifiés l'électricité, le butane, le gasoil, le fuel, le bois, les coques consommés par les trois types d'unités chaque année ; et déterminés les facteurs d'émissions spécifiques de *l'électricité* celui de la côte d'Ivoire 0,408teqCO₂/MWH (car l'électricité de l'ouest du pays viens de ce pays) *du gasoil* 2,77teqCO₂/m³ au lieu de 2,66teqCO₂/m³ de l'outil, *du fuel* 3,91teqCO₂/m³, *du butane* 2,12teqCO₂/m³ au lieu de 1,76teqCO₂/m³ de l'outil et enfin *du bois* 0,01teqCO₂/tms . Puis nous avons renseigné l'onglet **autres investissements** et avons obtenu la capacité de pollution de ses énergies consommées dans les unités.

La balance carbone nous a donné environ 300000teqCO₂ qui en terme de crédit carbone permet aux petits producteurs d'anacardes d'engranger dans les cas les plus défavorables (entre 3 et 4,7 euros par crédit carbone) environ 1 155 000 euros/an et près de 17,1 millions d'euros net sur 15 ans.

Ce gain peut être amélioré si on extrait le CNSL des coques avant combustion, si on transforme toutes les noix au Burkina, si on couple des séchoirs solaires aux séchoirs à gaz butane et si on améliore l'efficacité des différents échangeurs de chaleurs du processus de transformation.

Enfin cette balance carbone peut s'appliquer à la filière mangue en tant que culture vivace et à la filière coton en tant que culture annuelle.

Mais le débat reste entier dans le monde et surtout en Afrique quand à l'intérêt de la

monétarisation de la tonne de CO₂. Permet-elle réellement d'atténuer la pollution et partant le changement climatique? Quand on sait que derrière les échanges de devises et /ou de technologies écologiques se cache le maintien du niveau de pollution des entreprises du nord. Vu sous un autre angle cette monétarisation permet aux pays en voie de développement de mieux faire face aux catastrophes liées aux changements climatiques.

9 RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Il s'agit pour nous de faire certaines propositions tendant à améliorer la balance carbone de la filière anacarde :

- Au niveau production nous proposons :
 - Pour le taux de séquestration annuel du carbone par le sol de plantation d'anacardiers que des prélèvements soient faits sur le même sol au même endroit en des années successives pour mieux comparer les résultats.
 - Pour le taux de croissance annuelle des biomasses aériennes et souterraines que des mesures de diamètre soient faits sur les mêmes arbres en des années successives pour avoir des résultats fiables
 - Qu'en collaboration avec les services forestiers une équation allo métrique propre à l'anacardier burkinabè soit construite afin d'avoir des masses d'arbres plus proches de nos réalités.
- Au niveau transformation :
 - Qu'une étude approfondie soit menée sur la valorisation des coques de noix d'anacardes. Un certain nombre de questions reste posées : comment extraire le baume et permettre une large utilisation des coques par les unités sans augmenter significativement le coup de la transformation ? quelle est la composition de la fumée des coques brûlées avant et après extraction du baume ? quelle est le facteur d'émission de la coque d'anacarde ?
 - Qu'une étude soit menée sur les échangeurs de chaleur des unités de transformation car nous avons constaté que pour une même quantité de noix fragilisée ou d'amandes séchées les quantités de combustibles utilisées sont disparates alors qu'ils ont presque tous les mêmes appareils (ceux de l'IRSAT).
 - Que les unités se dotent de séchoirs solaires au de séchoirs mixtes gaz- solaire pour réduire les coups du gaz butane.
- Au niveau crédit carbone
 - Que des démarches soient entreprises avec le CONEDD en vue d'une approbation et un montage du projet ;
 - Que des partenaires du nord tels que la GTZ et RONGEAD commencent à

prospector les différents marchés (celui de Kyoto et celui des volontaires) pour intéresser d'éventuels acheteurs.

- Au niveau de l'outil, les améliorations que nous pouvons suggérer sont les suivantes :
 - L'outil est muet sur la notion de périmètre dans le calcul des pollutions dues à la transformation des noix. Une précision à ce niveau s'impose afin de ne pas laisser le libre choix à l'utilisateur et créer plus tard des différences entre des balances portant sur le même objet.
 - Dans l'onglet autres investissement, ne pas limiter le nombre de combustibles et permettre à l'utilisateur d'inclure d'autres / le fuel, les coques etc.... mieux l'outil peut proposer des facteurs d'émissions pour ses combustibles.
 - Créer tout comme l'électricité une fenêtre pour l'eau, car il peut arriver qu'une unité utilise l'eau de la nationale des eaux, dans ce cas il faut pouvoir prendre en compte les émissions de GES pour produire cette eau.
 - L'outil ne doit pas systématiquement calculer l'équivalent CO₂ émis par les feux de brousse pour toute la surface ; il doit permettre à l'utilisateur de renseigner sur le pourcentage de surface soumis aux feux.
 - L'outil ne prend en compte dans l'onglet vivace que des émissions liées aux feux de brousse, mais il reste muet quand aux émissions de méthane, de protoxyde d'azote... liées aux tas de coques non utilisées par les unités surtout semi-industrielles.
 - Dans l'optique ou le baume est extrait, l'outil ne dit rien sur les émissions liées aux types d'utilisations industrielles.
 - On constate une très grande différence de résultats entre deux balances carbonees qui portent sur le même objet même quand les valeurs par défaut de l'outil ne sont que faiblement modifiées.
 - Une disparité entre les facteurs d'émissions de la même énergie selon la source (GIEC, ADEME...).

10 Bibliographie

Win rock international Avril 2005: **guide de mesure et suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses.**

UICN NOVEMBRE 2009: **manuel d'appui à la réalisation de projets d'afforestation et de reforestation dans le cadre du mécanisme de développement propre et analyse du potentiel pour le développement forestier durable au Burkina Faso.**

INSTITUT de BIOMETEOREOLOGIE, CONSEIL NATIONALE DES RECHERCHES d'Italie
SEPTEMBRE 2007 : **Evaluation des potentialités des initiatives de reforestation MDP dans le sahel ; analyse spatiale à l'échelle régionale.**

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE ; CENTRE REGIONAL AGRHYMET
AVRIL 2005 : **Evaluation préliminaire et cartographique du potentiel de séquestration du carbone sur la base des essences forestières et des unités pédoclimatiques au sahel et en particulier au Sénégal, Mali, Niger, Burkina Faso et Tchad.**

SNV Burkina Faso JUILLET 2006 : **rapport d'étude sur la filière anacarde au Burkina Faso.**

RONGEAD/INADESS FORMATION 24 JUILLET-03AOUT 2006: **Analyse des potentialités de la filière anacarde dans la région des hauts bassins : Production, Transformation, Commercialisation.**

BURKINA FASO JUILLET 2002: **Analyse du secteur de l'anacarde ; situation actuelle et perspective de développement.**

USAID MAI 2007: **La commercialisation et la consommation de la noix de cajou en Afrique de l'Ouest**

COOPERATION ALLEMANDE AU DEVELOPPEMENT AVRIL 2007 : **Diagnostic de la filière anacarde au Burkina Faso pour une analyse de chaine de valeurs.**

INITIATIVE DU CAJOU AFRICAIN DECEMBRE 2009 : **Etude diagnostique des besoins en formations spécifiques à la filière anacarde des producteurs selon la région.**

COOPERATION ALLEMANDE POUR LE DEVELOPPEMENT MAI 2008 : **promotion des chaînes de valeur ajoutée de la filière anacarde.**

Master spécialisé énergie 2009: **Mémoire de T Parfait**

Master ENERGIE 2 -2010 : **Mémoire d'ETTIEN**

UICN DECEMBRE 2009: **Formation des cadres du ministère de l'environnement et du cadre de vie en comptabilité carbone.**

EX-ACT CARBONE BALANCE TOOL MAI 2010 VERSION FRANCAISE: **guide technique**

EX-ACT CARBONE BALANCE TOOL MAI 2010 VERSION FRANCAISE : Méthodes génériques applicables à diverses catégories d'affectation des terres.

CHANGEMENT CLIMATIQUE 2005 : Guide des mécanismes de projet prévus par le protocole de Kyoto.

11 Annexes

ANNEXE (0) : PERSONNES RENCONTREES ET CONTACTEES LORS DU STAGE

11.1.1 Personnes rencontrées

Nom et prénom	structure	Titre
SEYNOU oumarou	UICN	Chef de programme
DOULKOUM Adama	Direction de la forêt	Directeur
BAYALA Rigobert	Direction du suivi écologique et des statistiques	Directeur
KABORE Cyrille	Direction du suivi écologique et des statistiques	Spécialiste équation allo métriques
GUISSOU Richard	DGPER	Informaticien
JOEL Blin	2ie	Chef du LBEB
TINLOT Marianna	FAO	consultante
OUANDAOGO Noufou	INERA kamboinsè	Chercheur
FON Julius	LBEB 2ie	Chercheur
BRUNSWIG Christel	LBEB 2ie	Chercheur
LALANNE Franck	LBEB 2ie	Chercheur
LOMPO Ousmane	PAGREN Bobo	
NOULA Kouna	PAGREN Bobo	

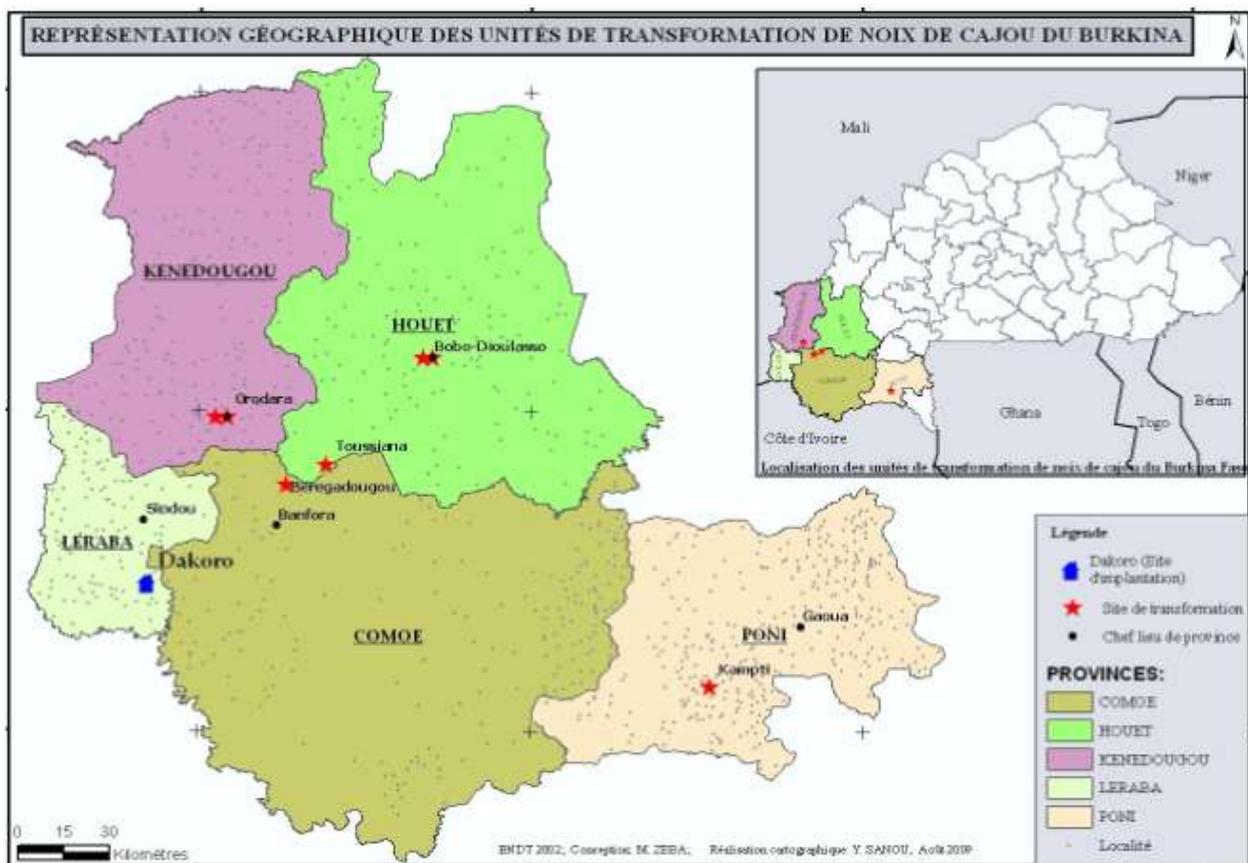
Mr GANABA	Direction de la production forestière	Chercheur
Mr DIALLO	Direction de la production forestière	Chercheur
Mme Ottouadobiga	Direction provinciale de l'agriculture du Houet	
Mr KAM	Direction régionale de l'agriculture des hauts bassins	
DEME Abdoulaye	ANATRANS	Responsable technique
SAWADOGO Raouda	ECLA Toussiana	Responsable production
ABDULLAH	Université américaine	Stagiaire au 2IE
COULIBALY Djénéba	UTAK	Présidente
KONE Karidja	Unité artisanale de DIERI	Secrétaire générale
SANOU Monique	YANTA	Chef de production

11.1.2 Personnes contactées lors du stage

Nom et Prénom	Structure	Titre
Dr VIERI Tarchiani	IBIMET-CNR Italie	Consultant
DAO Abdoulaye	Direction provinciale agriculture du Kadiogo	Ingénieur du développement rural
YAMEOGO Sibiri	Direction provinciale agriculture du	Ingénieur du développement

	Kadiogo	rural
ZONGO Isidore	CONEDD	Responsable MDP

ANNEXE (1) : SITUATION GEOGRAPHIQUE DES UNITES DE TRANSFORMATION D'ANACARDE AU BURKINA FASO



ANNEXE (2) : TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONAGE DE LA LITIÈRE

Mesurer La litière



ANNEXE (3) : ANALYSEUR DU CARBONE DU SOL

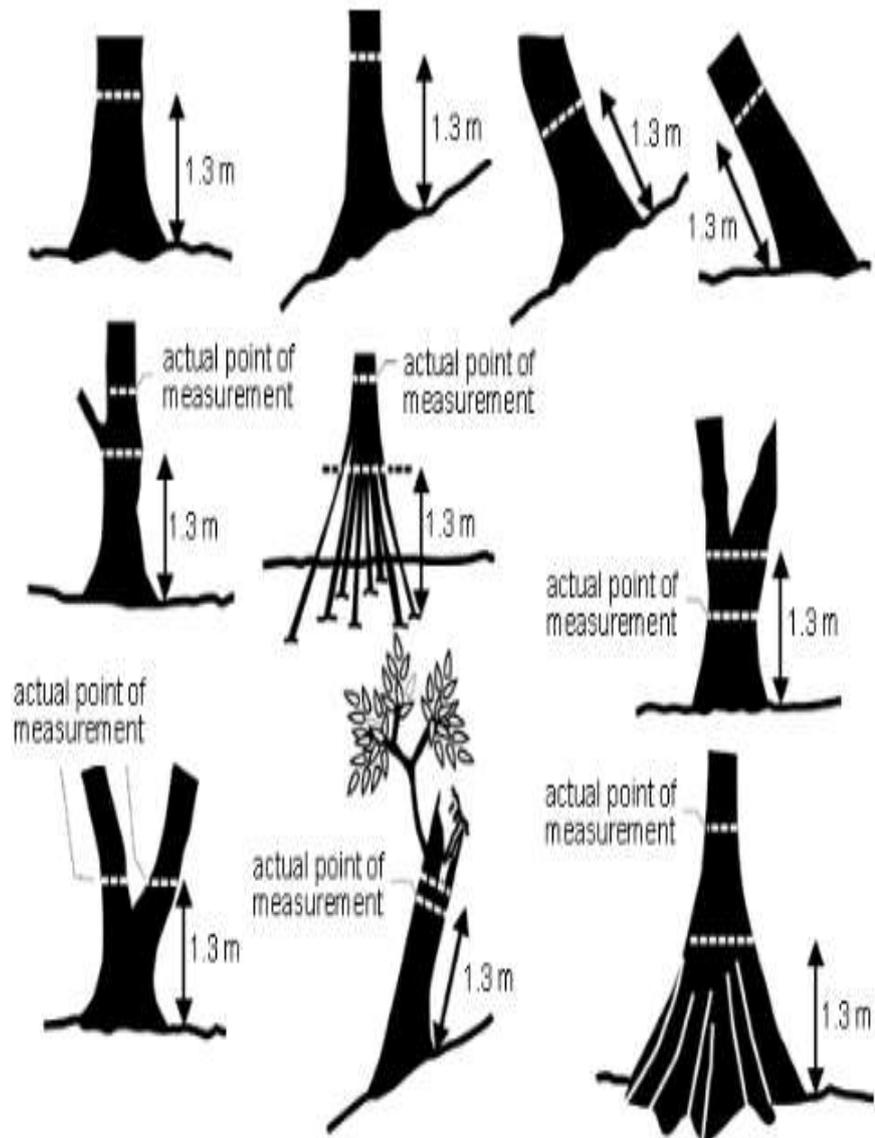
Soil carbon analyzer



ANNEXE (4) : TECHNIQUES DE MESURE DU DHP SELON LA FORME DU TRONC

• Mesure de la biomasse

– DBH;



ANNEXE (5) : EQUATION ALLO METRIQUES POUR LE BURKINA

Variable	tree species	Compartiment	Equation	Entrée	Reference
			Y (m3)		
volume	toutes	Tronc et grosse branche	$=-0.0018199+0.0011781*X+0.000021004064*(X^3)$	X= DBH(cm) X= N1(n),Z=	Kaboré, C. (1992)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3 ha-1) =0.012*X+0.05*Z+0.384*W$	(N2),W=N3(n) X= N1(n),Z=	Kaboré, C.(2005)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3 ha-1) =0.009*X+0.035*Z+0.299*W$	(N2),W=N3(n) X= N1(n),Z=	Kaboré, C.(2005)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3 ha-1) =0.005*X+0.038*Z+0.325*W$	(N2),W=N3(n) X=	Kaboré, C.(2005)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3) =0.06576+0.72532*(X^2)*Z$	DBH(cm),Z= (H) X=	Paquet, J.(1981)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3) =0.11068-1.7905*X+13.08245*(X^2)$	DBH(cm),Z= (CD)	Paquet, J.(1981)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3) =-0.0309+7.8477*(X^2)+0.1754*X$	X= DBH(cm)	Paquet, J.(1981)
	toutes	Tronc et grosse branche	$Y (m3) =0.01433-0.75661*X+7.35209*(X^2)$	X= DBH(cm) X=	Paquet, J.(1981)
	toutes	Tronc	$Y (m3) =0.01173+0.44527*(X^2)*Z$	DBH(cm),Z= (H)	Paquet, J.(1981)
	toutes	Tronc	$Y (m3) =0.01225+0.00599*(X^2)$	X= CD(m)	Paquet, J.(1981)
			Y (kg)		
biomass	toutes	Tronc et grosse branche	$=-1.2286732+0.70230016*X+0.1049166*(X^3)$	X= DBH(cm)	Kaboré, C. (1992)
	toutes	Tronc et branche >5cm de diametre	$Y (kg) =0.1263+0.1006*X$	X= BA(cm2)	Nouvellet, Y., Sawadogo, L., (1994)
	Guiera senegalensis	Tronc et branche >5cm de diametre	$Y (kg) =0.39*x^(1.6)$	X= DBH(cm)	Neya, B., Kaboré, C., et al.(1998)
	toutes	Toute la biomasse aérienne (feuille comprise)	$Y (g) =1.8*x^(2.5)$	X= C(cm)	Neya, B., Kaboré, C., et al.(1998)

Source : UICN

ANNEXE (6) : EQUATIONS ALLO METRIQUES GENERALES

Ecological zone	Reference	Equation	Variables
Tropical rainforest	Brown, S.(1997)	$Y (kg) = 21.297 - 6.953(X) + 0.740((X^2))$	X= DBH(cm)
Tropical moist deciduous forest	Brown, S.(1997)	$Y (kg) = 42.69 - 12.800(X) + 1.242((X^2))$	X= DBH(cm)
Tropical dry forest	Brown, S.(1997)	$Y (kg) = \exp(-1.998 + 2.32 \ln(X))$	X= DBH(cm)
Tropical dry forest	Brown, S.(1997)	$Y (kg) = 10^{(-0.535 + \ln(X))}$	X= DBH(cm)
Tropical dry forest	Brown, S.A.J. et al. (1989)	$Y (kg) = 34.4703 - 8.0671(X) + 0.6589(X^2)$	X= DBH(cm)
Tropical shrubland	Brown, S.A.J. et al. (1989)	$Y (kg) = 34.4703 - 8.0671(X) + 0.6589(X^2)$	X= DBH(cm)
Tropical rainforest	Brown, S.A.J. et al. (1989)	$Y (kg) = \exp(-3.1141 + (0.9719 \ln((X^2)Z)))$	X= DBH(cm), Z= H(m)
Tropical moist deciduous forest	Brown, S.A.J. et al. (1989)	$Y (kg) = \exp(-3.1141 + (0.9719 \ln((X^2)Z)))$	X= DBH(cm), Z= H(m)
Tropical rainforest	Brown, S.A.J. et al. (1989)	$Y (kg) = \exp(-2.4090 + (0.9522 \ln((W^2)XZ)))$	X= DBH(cm), Z= H(m), Z= As(m2)
Tropical moist deciduous forest	Brown, S.A.J. et al. (1989)	$Y (kg) = \exp(-2.4090 + (0.9522 \ln((W^2)XZ)))$	X= DBH(cm), Z= H(m), Z= As(m2)
Tropical rainforest	Ponce-Hernandez, R. (2004)	$Y (kg) = \exp(2.134 + (2.530 \ln(X)))$	X= DBH(cm)
Tropical moist deciduous forest	Ponce-Hernandez, R. (2004)	$Y (kg) = \exp(2.134 + (2.530 \ln(X)))$	X= DBH(cm)
Tropical dry forest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = X \exp(-0.667 + (1.784 \ln(Z)) + (0.207(\ln(Z))^2 - (0.0281(\ln(Z))^3)))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm)
Tropical dry forest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = \exp(-2.187 + (0.916 \ln(XZ^2W)))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm), Z= H(m)
Tropical moist deciduous forest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = X \exp(-1.499 + (2.148 \ln(Z)) + (0.207(\ln(Z))^2 - (0.0281(\ln(Z))^3)))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm)
Tropical moist deciduous forest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = \exp(-2.977 + \ln(XZ^2W))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm), Z= H(m)
Tropical rainforest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = \exp(-2.977 + \ln(XZ^2W))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm), Z= H(m)
Tropical rainforest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = X \exp(-1.349 + (1.980 \ln(Z)) + (0.207(\ln(Z))^2 - (0.0281(\ln(Z))^3)))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm)
Tropical rainforest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = \exp(-2.557 + 0.940 \ln(XZ^2W))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm), Z= H(m)
Tropical rainforest	Chave, J. et al. (2005)	$Y (kg) = X \exp(-1.239 + (1.98 \ln(X)) + (0.207(\ln(X))^2 - (0.0281(\ln(X))^3)))$	X= WD(g.cm-3), Z= DBH(cm)

Source : UICN

ANNEXE (7) : EXPORTATION DES AMANDES DE 2006 A 2009

EXPORTATION DES AMANDES D'ANACARDE (Poids net en kg)

Selon le pays de destination

Somme de PB. NET	Année				
DESTINATION	2,006	2,007	2,008	2,009	Total général
BENIN		94,635		750	95,385
COTE D'IVOIRE	9,256	1,374,040	213,177	1,651,570	3,248,043
FRANCE	2,940	3,058	220	11	6,229
GHANA		96,467	33,600		130,067
LIBYE		2,000			2,000
MAROC		1,010			1,010
ROYAUME-UNI	1,452				1,452
Syrie			12,000		12,000
TOGO	2,880				2,880
Total général	16,528	1,571,210	258,997	1,652,331	3,499,066

Source : données Douane 2009 rapport Marianne TINLOT

ANNEXE (8) : LES DIFFERENTS SOMMETS SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- 1992 : Rio : La Convention Climat
- 1995 : COP1- Le mandat de Berlin
- 1996 : COP2-Genève
- 1997 : COP3- Le Protocole de Kyoto
- 1998 : COP4- Le Plan d'action de Buenos Aires
- 1999 : COP5-Bonn
- 2000 : COP6-La Haye
- 2001: Marrakech
- 2006: Nairobi
- 2007: Bali
- 2008: Poznan

ANNEXE (9) : TABLEAU RECAPITULATIF DES QUANTITES D'ENERGIES CONSOMMEES SELON LE TYPE D'UNITE

Quantité d'énergie consommée par an par type d'unité								
quantité d'énergie								
type d'unité	noix (T/an)	amande (T/an)	surface (Ha)	bois en T/an	butane en m3/an	gasoil en m3/an	Electricité (MWh/an)	fuel (m3/an)
industrielle burkina	1000	200	2500	249		8,49		13,632
semi-industrielle	1800	360	4500	4838,4	1282	73,91289		15,552
artisanale	6193	1126	15482,5	15100,3				
totale	8993	1686	22482,5					
industrielle inde	17052	3410,4	42630	4245,95	0	533,73	232,45	5204,82

Source : données terrain et déduction

ANNEXE (10) : RESULTATS DES ANALYSES DES SOLS INERA KAMBOINSE

N°	Code	Carbone <u>gkg⁻¹</u>	MO %
2	Sol de <u>Dinderesso</u> ; Plantation de 36 ans	6,7	1,2
3	Sol de Toussiana ; Plantation de 22 ans	2,4	0,4
5	Sol Toussiana ; Plantation de 40 ans	4,2	0,7
7	Sol de Toussiana ; Plantation de 16 ans	4,9	0,9
8	Sol de <u>Dieri</u> ; Plantation de 20 ans	3,6	0,6
9	Sol de <u>Dieri</u> ; Sol de référence agroforesterie	4,7	0,8
10	Sol de <u>Dieri</u> ; Sol de référence	5,1	0,9

ANNEXE (11) : NOMBRE DE PIEDS D'ANACARDIERS PAR REGIONS ET PAR PROVINCE

REGION	PROVINCE	Nombre
BOUCLE DU MOUHOUN	KOSSI	3 515
	MOUHOUN	5 773
	SOUROU	187
	BALE	9 776
	BANWA	15 739
	NAYALA	592
CASCADES	COMOE	4 251 548
	LERABA	1 422 639
CENTRE	KADIOGO	44 846
CENTRE-EST	BOULGOU	6 397
	KOURITENGA	1 033
	KOULPELOGO	11 373
CENTRE-NORD	BAM	2 305
	NAMENTENGA	430
	SANMATENGA	632
CENTRE-OUEST	BOULKIEMDE	8 453
	SANGUIE	5 849
	SISSILI	208 490
	ZIRO	75 052
CENTRE-SUD	BAZEGA	13 931
	NAHOURI	5 250
	ZOUNDWEOGO	1 074

EST	GNAGNA	497
	GOURMA	7 670
	TAPOA	772
	KOMANDJOARI	58
	KOMPIENGA	3 815
HAUTS-BASSINS	HOUET	861 865
	KENEDOUGOU	2 133 423
	TUY	17 789
NORD	PASSORE	1 575
	YATENGA	1 823
	LOROUM	151
	ZONDOMA	202
PLATEAU CENTRAL	GANZOURGOU	322
	OUBRITENGA	275
	KOURWEOGO	300
SAHEL	OU DALAN	43
	SENO	64
	SOUM	1 364
	YAGHA	131
SUD-OUEST	BOUGOURIBA	169 328
	PONI	3 044 491
	IOBA	34 375
	NOUMBIEL	1 165 094
BURKINA		13 540 311

Source : DGPER

ANNEXE (12) : PRINCIPAUX GAZ A EFFET DE SERRE

Les gaz concernés :

CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC, SF_6



ANNEXE (13) : FICHE D'ENQUETE AUPRES DES UNITES DE TRANSFORMATION

Date	
Localité	
Unité	
Identité de l'enquêté	
Fonction de l'enquêté	

A) Noix et amandes

Quantité de noix/ an	
Coût annuel des noix	
Coût du Kg de noix	

Quantité d'amandes/ mois	
Quantité d'amandes/an	
Coût du Kg d'amandes	
Coût annuel des amandes	
Quantité d'amandes/jour	

B) Electricité

Nombre de KWH/jour	
Coût mensuelle de la facture d'électricité	
Coût annuel de l'électricité	
Ampérage compteur	

C) Combustibles

1) Gasoil

Quantité de Gasoil /mois	
Coût annuel du gasoil	

2) Essence

Quantité d'essence/mois	
Coût annuel de l'essence	

3) Butane

Quantité de butane/mois	
Coût annuel du butane	

4) Bois et coques

Nombre de charrettes/semaine	
Coût d'une charrette	
Coût mensuel du bois	
Quantité de coques/an	