



COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL  
PERMANENT INTERSTATE COMMITTEE FOR DROUGHT CONTROL IN THE SAHEL  
COMITÉ PERMANENTE INTER-ESTADOS DE LUTA CONTRA A SECA NO SAHEL  
اللجنة الدائمة المشتركة لمحاربة التصحر في الساحل



## Centre Régional AGRHYMET

### DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de

### MASTERE EN GESTION DURABLE DES TERRES

Promotion : 2016-2017

Présenté par : ISSAKA Maman Chamaoulou

#### THEME :

«IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES  
PLANTATIONS DE *Acacia senegal* (L.) WILLD DU PROJET BIOCARBONE AU  
NIGER : CAS DU SITE DE CHABARE DANS LA REGION DE MARADI »

Soutenu le 6 janvier 2017 devant le jury composé de :

**Président du jury : Dr Seydou TRAORE, CRA**

**Membres du jury : Dr Amani ABDOU, INRAN Niamey**

**Dr DIDIER Tidiani, FAC AGRO - UAM Niamey**

**Directeur de Mémoire : Dr Maguette KAIRE, Expert forestier, Centre Régional Agrhymet**

**Directeurs de stage : Col Ahmed Oumarou . Spécialiste des questions environnementales et sociales au Programme d'Actions Communautaires;  
Col Zakou Mounkaila, Coordonnateur du projet Bio-carbone**

**SECRETARIAT EXECUTIF** : 03 BP 7049 Ouagadougou 03 BURKINA FASO. Tél. (226) 50 37 41 25/26/27/28/29 Fax : (226) 50 37 41 32 Email : [cilss@fasonet.bf](mailto:cilss@fasonet.bf) Site Web : [www.cilssnet.org](http://www.cilssnet.org)  
**CENTRE RÉGIONAL AGRHYMET** : BP 11011 Niamey, NIGER. Tél (227) 20 31 53 16 / 20 31 54 36 Fax : (227)20 31 54 35  
Email : [admin@agrhyment.ne](mailto:admin@agrhyment.ne) Site Web : [www.agrhymet.ne](http://www.agrhymet.ne)  
**INSTITUT DU SAHEL** : BP 1530 Bamako, MALI. Tél : (223) 20 22 21 48 / 20 23 02 37 Fax : (223) 20 22 23 37 / 20 22 59 80  
Email : [dginsah@agrosoc.insah.ml](mailto:dginsah@agrosoc.insah.ml) Site Web : [www.insah.org](http://www.insah.org)

**Dédicace**

*A mon père ISSAKA Alassane et à ma  
mère ZOULEY Issoufou, que cette œuvre  
soit le fruit de vos efforts  
et bénédictions qui m'ont  
permis d'atteindre ce  
niveau d'étude.*

*Mon épouse : FASSOUMA Elhadji Mamouda ;  
pour sa patience et tout le soutien  
moral et spirituel qu'elle m'a apporté;  
puisse le Seigneur lui accorder récompense  
et bénédictions.*

*A ma fille SIYAMA Maman Chamaoulou, que le Tout  
Puissant te bénisse et  
t'accorde une longue  
vie. Amen*

## Remerciements

Je remercie Allah le Bon Dieu, le Tout Puissant de m'avoir donné la force et les moyens de suivre cette formation jusqu'à son terme.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier très sincèrement :

- L'Union Européenne pour avoir financé cette formation de mastère en Gestion Durable des Terres ;
  - Le Directeur Général et le staff du Centre Régional AGRHYMET pour m'avoir sélectionné pour cette formation ;
  - **Professeur Sanoussi Atta**, Chef Département formation et recherche pour ses conseils et tout son soutien dont nous avons bénéficié au cours de cette formation ;
  - L'ensemble du corps enseignant pour les connaissances acquises et la qualité de la formation que j'ai reçu ;
  - Mon Directeur de mémoire **Dr Maguette KAIRE**, Expert forestier, Coordinateur du Master en Gestion Durable des Terres au Département de Formation et Recherche du Centre Régional Aghrymet (CRA). Mes profondes gratitudee ;
  - Mes Maîtres de stage: **Col Ahmed Oumarou**, Spécialistes des questions environnementales au Programme d'Actions Communautaires; et **Col Zakou Mounkaila**, coordonateur du projet Bio-carbone ; pour leur soutien et l'encadrement de qualité durant toute la durée du stage ;
- Mes remerciements vont aussi à l'endroit de :
- **Dr Abdou Amani** Inran Niamey pour son appui, conseil et encadrement dans la réalisation de ce travail ;
  - **Mr Salissou Dayabou** Ingénieur des Eaux et Forêts et Expert en Gestion Durable des Terres pour sa disponibilité et son soutien dans la réalisation de ce mémoire ;
  - **Mr SINA Abdoul Kader**, Ingénieur en Gestion des Ressources Naturelles et de la Biodiversité/ Assistant/ Biocarbone PAC3 ;
  - **Mme Beidari Amina** Secrétaire au Département Recherche et Formation pour sa constante disponibilité et ses conseils ;
  - A tous le personnel du Programme D'Actions Communautaires PAC III ;
  - Tous mes amis (es) et camarades de la promotion;
  - Enfin, nous remercions tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

## **Sigles et Abréviations**

**BM** : Banque Mondiale

**C** : Carbone

**CCNUCC** : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

**CIRAD** : Centre International de la Recherche Agronomique pour le Développement

**COGES** : Comité de Gestion du Site

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone

**CO<sub>2</sub>eq** : Dioxyde de carbone équivalent

**DBH**: Diamètre à Hauteur de Poitrine

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

**FEM** : Fonds pour l'Environnement Mondial

**GDT** : Gestion Durable des Terres

**GES** : Gaz à Effets de Serre

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

**GPS**: Global Positioning System

**ICRAF**: International Centre for Research in Agro forestry.

**INS** : Institut National de la Statistique

**MDP** : Mécanisme pour un Développement Propre

**MEE/LCD** : Ministère des Eaux et Environnement et de la Lutte Contre la Désertification

**PAC** : Programme d'Actions Communautaires

**PAC RC** : Projet d'Actions Communautaires pour la Résilience Climatique

**PAFN** : Projet d'Aménagement des forêts naturelles

**PFP/N** : Plateforme Paysanne du Niger

**PGRN** : Projet de Gestion des ressources naturelles

**NU** : Nations Unies

## liste des tableaux

Tableau 1: Population de la grappe de Chabaré.....	16
Tableau 2: Equations allométriques élaborées par Thiam et al. 2014.....	23
Tableau 3: Equations allométriques pour l'estimation de la biomasse souterraine avec Y la biomasse souterraine et X la biomasse aérienne. ....	23
Tableau 4: Répartition des ménages à enquêter par village .....	26
Tableau 5: Diamètre moyen et hauteur moyenne/placette et par bloc .....	28
Tableau 6: Hauteur moyenne par bloc .....	30
Tableau 7: Densité par ha/bloc .....	31
Tableau 8: Estimation de la biomasse totale et carbone total/ha et par bloc (en tonne) .....	33
Tableau 9: Biomasse totale et carbone séquestré par le site .....	36
Tableau 10: Niveau d'augmentation des revenus des ménages. (Impact économique) .....	37
Tableau 11: Clé de répartition des avantages du site biocarbone de Chabaré .....	38

## liste des figures

Figure 1: Distribution de diamètre moyen en fonction des blocs .....	29
Figure 2: Distribution de la hauteur moyenne en fonction des blocs.....	30
Figure 3: Distribution de la densité par hectare et par bloc .....	31
Figure 4: Distribution de diamètre moyen et hauteur moyenne en fonction des blocs et de la densité/Ha/Bloc .....	32
Figure 5: Distribution de la biomasse moyenne et du carbone en fonction des blocs .....	34
Figure 6: Quantité totale de la biomasse et du carbone pour la forêt classée.....	35
Figure 7: Impact économique du site sur les bénéficiaires .....	37

## liste des photos

Photo 1: Espèce <i>Acacia senegal</i> .....	11
Photo 2: Mesure de la circonférence du fût d' <i>Acacia senegal</i> à 20 cm du sol.....	33
Photo 3: <i>Focus-group</i> à Chabare .....	42

## Table des matières

Dédicace.....	i
Sigles et Abréviations.....	iii
liste des tableaux.....	iv
liste des figures.....	iv
liste des photos.....	iv
Table des matières.....	1
Résumé.....	3
Abstract.....	4
INTRODUCTION.....	5
I REVUE LITTERAIRE.....	10
1.1 Dégradation de terres et désertification.....	10
1.2 Présentation de l'espèce <i>Acacia senegal</i> .....	10
1.3 Généralités sur la séquestration du carbone.....	13
1.4 Les équations allométriques.....	14
II MATERIEL ET METHODES D'ETUDE.....	16
2.1 Matériel.....	16
2.1.1 Présentation de la zone d'étude.....	16
2.1.2. Matériel utilisé.....	19
2.1.3. Traitement de données.....	19
2.2. Méthodes d'étude.....	19
2.2.1. Recherche bibliographique.....	19
2.2.2. Paramètres à mesurer et réserves de carbone considérées.....	19
2.2.3. Définition d'un plan pour l'inventaire forestier.....	20
2.2.4. Nombre de placettes.....	20
2.2.5. Collecte des données d'inventaire.....	21
2.2.6. Méthode d'enquête.....	24
III RESULTATS.....	27
3.1. caractéristiques dendrométriques des plantations.....	27
3.1.1. diamètre moyen du fût à 20cm.....	27
3.1.2. hauteur moyenne.....	29
3.1.3. Densité par ha/bloc.....	31
3.2. Estimation de la biomasse.....	33
3.3. Estimation du stock de carbone.....	35

3.4. <i>Impacts socio-économiques des plantations</i> .....	36
3.4.1. <i>Création d'emploi</i> .....	36
3.4.2. <i>Source de revenu</i> .....	37
3.4.3. <i>Agroforesterie</i> .....	39
3.5. <i>Impacts environnementaux</i> .....	39
3.5.1. <i>séquestration du carbone</i> .....	39
3.5.2. <i>La restauration de la diversité végétale</i> .....	39
3.5.3. <i>Impact sur la faune sauvage</i> .....	40
3.6. <i>Le mode de gestion du site</i> .....	40
IV. DISCUSSION .....	43
4.1. <i>Estimation de paramètres dendrométriques</i> .....	43
4.2. <i>Estimation de la biomasse</i> .....	44
4.3. <i>Estimation du stock de carbone</i> .....	44
4.4. <i>Opportunités pour les populations à la base</i> .....	45
CONCLUSION .....	48
BIBLIOGRAPHIE .....	50
Annexes .....	v
Annexe 1: <i>Fiche de relevé des ligneux</i> .....	v
Annexe 2 : <i>Fiche de questionnaire ménage</i> .....	vi

## Résumé

Le Programme d'Actions Communautaires (PAC) est rendu possible grâce à un don de la Banque Mondiale (BM) et du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). A travers ce projet, le Gouvernement du Niger met en œuvre des mécanismes de financement qui responsabilisent les communautés démunies et les collectivités territoriales afin qu'elles prennent en charge leur propre développement. C'est ainsi que le volet Bio-carbone du PAC vise à encourager la plantation d'*Acacia senegal* au Niger dans l'optique de lutter contre la pauvreté et la gestion intégrée de l'écosystème. Ainsi, après plusieurs années d'existence il est indispensable de procéder à une évaluation des impacts du projet Bio-carbone au sein de la population. C'est dans ce contexte que cette étude a été entreprise avec pour objectif général de caractériser l'importance socio économique et environnementale des plantations à *Acacia senegal* du site de Chabaré dans la région de Maradi. Plus spécifiquement, elle vise à caractériser les plantations d'*Acacia senegal* du site de Chabaré, à déterminer les effets socio-économiques et environnementaux des plantations à *Acacia senegal* et à proposer des modes de gestion durable des plantations à *Acacia senegal* du site de Chabaré. C'est ainsi que trente six (36) placettes ont été installées dans la forêt avec 16 placettes pour le bloc de 2006, 10 pour 2009 et 10 pour 2010. Les circonférences à 20 cm au dessus du sol ont été prises sur 3323 sujets. Les estimations ont donné **18731,89 tonne de biomasse** pour un stock de **9365,95 tonne de carbone** séquestré par le site de Chabaré. Des mesures dendrométriques du diamètre moyen et de la hauteur moyenne montrent que les plantations de 2006 présentent des valeurs les plus importantes. Sur les plans socio-économique et environnemental, l'augmentation de la production agricole à travers le contrat de culture, un retour de la biodiversité tant animale que végétale, et l'augmentation de revenus de la population à travers les travaux sur le site, la vente de la paille et de la gomme arabique sont les opportunités qu'offre ce site récupéré. Enfin un certain nombre des points pour l'amélioration du comité de gestion du site ont été proposés.

**Mots clés** : Séquestration de carbone, *Acacia senegal*, gomme arabique, Niger

## **Abstract**

The Comity Action Program (CAP) is under the financial contribution of the World Bank (WB) and the Global Environmental Fund (GEF). Through the CAP, the Niger government finances some policies that improve the economic sphere of rural communities in order to enhance their own development. The bio-carbon project is a component of the Community action program that aims to encourage the planting of *Acacia senegal* in Niger in order to reduce poverty, control desertification and protect land from degradation flood and erosion control while permitting the management of natural resources. After some years of activities it is necessary to access the impact of project. It is in this context that this study was undertaken with the overall aim, to assess the socioeconomic and environmental importance of the Chabaré forest in Maradi. More specifically, it aims to characterize the *Acacia senegal* trees of Chabaré, to assess the socioeconomic opportunities for rural communities and to propose a sustainable management of site. Therefore, 36 plots were installed in the whole area of Chabaré forest. The circumferences at 20cm above the ground have been taken on 3323 trees. Estimates gave 18731.89 tone of biomass for a carbon stock of 9365.95 tone for the all areas of the site. Measure of the mean diameter and mean height show that the plantation trees of 2006 have the most important records. The project activities and others services offered by the planting site have increased agricultural production, a return of both animal and vegetation biodiversity, arabic gum production. Suggestions were made for a sustainable use and management of Chabaré forest.

**Key Words :** carbone sequestration, *Acacia senegal*, arabic gum , Niger

## INTRODUCTION

Le changement climatique constitue l'une des problématiques d'actualité mondiale par ses différentes formes de manifestation à l'échelle du globe telles l'augmentation de la température moyenne de l'atmosphère et celle des océans, l'élévation du niveau moyen de la mer et l'accentuation de la variabilité du climat (GIEC, 2007). Ces phénomènes accentués par des activités humaines ont entraîné une augmentation de 0,85 °C de la température moyenne de la Planète au cours du siècle écoulé, et celle-ci est prévue monter de plus de 1,5 °C au cours des cent prochaines années (FAO, 2016).

En Afrique ce changement climatique se manifeste de diverses manières. Les températures ont augmenté, les pluies sont devenues irrégulières, les sécheresses se produisent désormais plus fréquemment et durent plus longtemps avec des risques de perte de flore et de faune plus prononcés. De plus, la désertification s'accroît à un rythme alarmant, suscitant des préoccupations graves liées à la sécurité alimentaire et aux moyens d'existence des populations indigènes et des communautés dépendantes des forêts. En outre, une élévation de 40 à 63 cm du niveau de la mer est prédite d'ici 2100. Les nations côtières de l'Afrique de l'ouest (Sénégal, Gambie, Ghana, Côte d'Ivoire, Togo, Sierra Léone, Nigéria) et de l'Afrique centrale (Cameroun, Gabon, Angola) connaissent déjà les impacts négatifs du changement climatique, y compris l'érosion côtière due à la montée du niveau de la mer (FAO, 2016).

En Afrique sub-saharienne, la variabilité du climat a occasionné la baisse de la productivité des écosystèmes agricoles et forestiers. Elle comprend 33 des 49 nations du monde les moins développées, avec une espérance de vie courte, une mortalité infantile élevée, de forts taux d'analphabétisme, et une forte dépendance envers les ressources naturelles de base.

Selon TerrAfrica, 2009, la dégradation et le changement d'affectation des terres constituent les sources principales d'émissions de gaz à effet de serre en Afrique.

Actuellement, les forêts stockent environ la moitié de la réserve de carbone organique mondiale. Tandis que les forêts séquestrent le carbone atmosphérique lors de leur croissance, la déforestation et la dégradation des forêts sont responsables d'environ 10 pour cent des émissions mondiales de gaz à effet de serre (FAO, 2016). Les sols et la végétation conservent trois fois le volume de carbone présent dans l'atmosphère de notre planète (Scherr & Sthapit 2009) *cité par Dayabou, 2014*. Le défrichage et la dégradation sont tels que ces importants puits de carbone se transforment en une source majeure d'émissions de gaz à effet de serre.

Canadell et al (2009), estiment qu'au total, 43 % des émissions de CO<sub>2</sub> proviennent de terres défrichées au profit de l'agriculture, des terres cultivées et de celles où se pratique l'alternance

des cultures. Il est donc probable que 5 millions d'hectares de forêts disparaîtront chaque année en Afrique dans les dix prochaines années, libérant ainsi près de 2 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>eq/an selon Sohngen, *et al* (2008) cité par Dayabou (2014).

Les terres arables en Afrique conservent actuellement 316 milliards de tonnes CO<sub>2</sub>eq (Mbow, 2009) cité par Dayabou (2014). Ce qui a fait dire Mbow, 2009 que deux tiers des terres cultivées, pâturages et terres boisées d'Afrique sub-saharienne sont déjà dégradés, libérant ainsi un important volume de carbone.

La terre est la vraie richesse de l'Afrique Sub-saharienne. Ce continent est caractérisé par une très grande diversité d'écosystèmes naturels, qui hébergent des ressources telles que les sols, la végétation, l'eau et la diversité génétique. Ces éléments constituent la principale richesse naturelle de la région. Ils doivent être pérennisés afin que les populations africaines qui en tirent leur nourriture, l'eau, le bois, les fibres, les produits industriels et les fonctions et services des écosystèmes puissent continuer à y vivre. Dans le même temps, la terre fournit directement les moyens d'existence à soixante pour cent des personnes, au travers de l'agriculture, de la pêche en eau douce, de la foresterie et d'autres ressources naturelles (FAO, 2004). Mais la surexploitation menace sérieusement les ressources en terre et en eau dans quelques régions, bien que la disponibilité de ces ressources y soit l'une des plus élevée sur terre. C'est la conséquence directe des besoins croissants d'une population en pleine expansion, conjuguée à des pratiques inappropriées de gestion des terres. Ainsi, d'une part la population de l'Afrique croît de plus de deux pour cent par an (FAO, 2008), ce qui nécessitera un doublement de la production alimentaire d'ici 2030, d'autre part, la productivité des ressources naturelles est généralement en déclin. Il est urgent de trouver un nouveau système de gestion et de gouvernance des terres qui soit en mesure de répondre de manière systématique et intégrée à ce défi crucial de développement. La gestion durable des terres (GDT) est une approche d'ensemble qui possède un potentiel de transformation durable à court et à long terme.

L'atténuation des émissions par une gestion durable des terres agricoles pourrait être une alternative face aux défis actuels de gestion de la base productive qu'est la terre.

En effet, les stratégies et pratiques de GDT visent à prévenir la dégradation des terres, restaurer les terres dégradées et réduire le besoin de nouvelles conversions de forêts naturelles.

Le Niger, pays sahélien par excellence dont les 3/4 de la superficie sont situés en zones arides et semi-arides, se trouve confronté à une dégradation de ses ressources naturelles, qui bien que diversifiées, sont sujettes à d'énormes pressions dont les principales causes sont (i)

l'extrême pauvreté des populations, (ii) une démographie galopante avec ses conséquences néfastes sur l'exploitation des ressources naturelles et (iii) les variabilités et changements climatiques et leurs corollaires qui se traduisent par des perturbations au niveau de la productivité des écosystèmes.

La désertification est un facteur d'aggravation de la pauvreté. Aussi, la question de la gestion durable des terres au Niger interpelle tous les partenaires au développement à tous les niveaux. Selon les statistiques nationales, environ 100 000 à 120 000 ha de terres sont perdus annuellement, alors que les efforts de restauration ne dépassent guère 20 000 ha par an (PFN, 2012).

L'étude sur le défrichement au Niger (MEE/LCD, 2007) estime que de 1958 à 1997 la perte de superficie des forêts a été de l'ordre de 40 à 50% aux profits essentiellement de l'agriculture, des besoins énergétiques par la production de bois de feu et du développement urbain. Les forêts classées au nombre de 84 et qui couvraient une superficie de 650.000 ha sont aujourd'hui dégradées à plus de 50%.

Les modes d'utilisation des ressources forestières sont relatifs à l'agriculture, l'élevage, l'artisanat, le prélèvement de bois de feu et de bois de service, la chasse et la cueillette des sous-produits forestiers. Au-delà de leurs rôles irremplaçables dans la protection des terres exploitées, les ressources forestières contribuent significativement entre autres à la santé humaine, à l'alimentation du cheptel et au développement de l'artisanat. En somme, cette brève analyse du contexte socioéconomique révèle à quel point l'espace forestier est, et quel que soit l'usage qui en est fait, un enjeu économique et social majeur. Les pressions énormes, voire incompressibles qui s'exercent sur les écosystèmes forestiers sont plus perceptibles dans la bande sud du pays (soit le  $\frac{1}{4}$  du territoire) où vivent les  $\frac{3}{4}$  des populations (PAFN, 2012) cité par Hassan (2013).

Au Niger la restauration des terres a fait l'objet de plusieurs projets et programmes qui ont contribué à une certaine amélioration de la qualité des ressources du milieu, de même que des conditions socio-économiques des populations. C'est le cas du Projet de Gestion des Ressources Naturelles (PGRN), le Projet d'Aménagement des Forêts Naturelles (PAFN), le Programmes d'Actions Communautaires (PAC), le Projet d'Actions Communautaires pour la Résilience Climatique (PAC RC) etc. Certains résultats atteints peuvent être appréciés.

Ainsi le Niger a signé le Protocole de Kyoto en 1997 et l'a ratifié le 17 mars 2004. Ce protocole comporte trois mécanismes visant la réduction de GES, parmi lesquels figure le

Mécanisme pour un Développement Propre (MDP). La convention a engagé les parties signataires à œuvrer globalement pour limiter ce changement et ses effets, et le protocole a fixé aux pays industrialisés des objectifs chiffrés (5,2%) de limitation ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre, à travers les MDP et l'introduction des mécanismes d'axés au « marché du carbone » dans le but d'aider les pays à atteindre leurs objectifs (GIEC. 2001). De ce fait les pays en développement peuvent proposer des projets à financer qui peuvent être d'économie d'énergie, de changement de combustible, d'énergies renouvelables ou des projets « puits de carbone » pour le secteur forestier.

le Niger à travers un appui du Programme d'Actions Communautaires, s'est proposé de contribuer à l'effort mondial de réduction des gaz à effet de serre. Cette initiative, démarré en 2005, à travers des plantations à grande échelle d'*Acacia senegal* a pour finalité de faire du Niger un acteur dans le marché global du carbone, en vue de compenser la faible production agricole par la création de nouveaux revenus, la lutte contre la désertification ainsi que la promotion d'un développement durable dans les zones dégradées. Ce projet a été approuvé par le Conseil des Investisseurs du Fond Biocarbone administré par la Banque Mondiale et le Fond pour l'Environnement Mondial. Le programme de plantation fut incorporé au Programme d'Actions Communautaires (Phase III), financé par la Banque Mondiale et le Fond pour l'Environnement Mondial.

Pour disposer des éléments d'appréciation des avantages liés au Projet de plantation d'*Acacia senegal* ou « initiative Bio-carbone », Le PAC III a accepté deux (2) étudiants de master en Gestion Durable des Terres du Centre Régional Agrhymet à effectuer leur stage au sein du projet.

La présente étude porte sur « **Importance socio- économique et environnementale des plantations d' *Acacia senegal* du projet biocarbone au Niger : cas du site de Chabaré dans la région de Maradi** ».

Ce travail consiste à partir des modèles allométriques appropriés à évaluer la biomasse et le carbone séquestré par le site ; et à partir des enquêtes de terrain, estimer les impacts socio-économiques pour les populations à la base.

L'objectif global de cette étude est de caractériser l'importance socio économique et environnementale des plantations à *Acacia senegal*

Plus spécifiquement elle vise à :

- ❖ Caractériser les plantations d'*Acacia senegal* du site de Chabaré,

- ❖ Déterminer les effets socio-économiques et environnementaux des plantations à *Acacia senegal*,
- ❖ Proposer des modes de gestion durable des plantations à *Acacia senegal* du site de Chabaré.

Les questions de recherche de cette étude s'articulent autour des éléments suivants :

**Q1:** Quels sont les caractéristiques des plantations à *Acacia senegal* du site de Chabaré?

**Q2 :** Quelles sont les impacts socio-économiques et environnementaux des plantations d'*Acacia senegal*?

**Q3 :** Quels peuvent être les modes de gestion durable des plantations d'*Acacia senegal* du site de Chabaré?

Les hypothèses qui soutiennent cette étude sont :

**H1.** Les plantations d'*Acacia senegal* de Chabaré présentent de caractéristiques d'une formation forestière régulière ;

**H2.** Les plantations d'*Acacia senegal* jouent un rôle socio-économique important ;

**H3.** Il existe des modes pour assurer la durabilité des plantations d'*Acacia senegal* au niveau du site de Chabaré.

Le présent travail s'articulera autour des chapitres suivants :

- premier chapitre consacré à la synthèse bibliographique relative au thème et à la présentation de la zone d'étude ;
- deuxième chapitre qui présente le matériel et méthodologie utilisés pour la production des résultats de l'étude ;
- troisième chapitre concerne les résultats et ;
- quatrième chapitre réservé aux discussions

Et enfin, une conclusion accompagnée des quelques recommandations.

# I REVUE LITTERAIRE

## *1.1 Dégradation de terres et désertification*

Selon l'article 1 de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la Désertification, « la désertification signifie la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » (NU, 1992).

Selon la même convention, l'expression "dégradation des terres "désigne la diminution ou la disparition, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement. La dégradation des terres réduit ou détruit la capacité des terres à produire (agriculture, foresterie, pastoralisme). Elle résulte d'activités humaines excessives ou inadaptées (surpâturage, mauvaise gestion des terres, prélèvement excessif de bois de feu)entraînant l'érosion, la perte de fertilité et la salinisation des sols. La baisse de la productivité des sols atteint 50 % dans certaines régions. Le stade ultime de la dégradation est irréversible : les sols deviennent alors stériles. On parle de désertification lorsque cette dégradation a lieu dans un environnement climatique à faible pluviosité.

## *1.2 Présentation de l'espèce Acacia senegal*

### - **Position systématique**

Règne : plantae

Sous-règne : tracheobionta

Division :magnoliophyta

Classe : magnoliopsida

Sous-classe : rosidae

Famille : mimosaceae

Genre : Acacia

Espèce : *Acacia senegal*



**Photo 1: Espèce *Acacia senegal***

*Acacia senegal* (L) Willd est une espèce écologiquement et économiquement importante répartie sur une vaste zone éco-géographique de l'Atlantique à la mer rouge à travers tout le Sahel et également présente entre autres en Afrique du sud, en Arabie, en Inde et au Pakistan (Ross, 1975). En effet *A. senegal* participe à l'amélioration et la fertilité des sols grâce, d'une part, à la fixation de l'azote atmosphérique par les *Rhizobium* des nodosités racinaires et, d'autre part, par la chute des feuilles et des gousses dans les écosystèmes naturels (Gerakis et Tsangarakis, 1970). Il est, de ce fait, utilisé au Soudan dans le cadre de cycles d'assolement appelés "bush-fallow" dans les activités traditionnelles agroforestières (Obeid et Sheif-El-Din, 1970). Il contribue également à protéger les sols contre l'érosion éolienne et hydrique grâce à son système racinaire très ramifié, situé dans les parties superficielles du sol, (N.R.C., 1979), diminue le déficit de saturation et l'évaporation de l'eau du sol, produit du fourrage au bétail et fournit du bois comme combustible.

Aujourd'hui, dans la zone septentrionale du Cameroun, la gomme arabique contribue pour presque 37 % des revenus du ménage. (ICRAF, 2011)

Le prix de la gomme croît avec le temps. De 2003 à 2007, le prix de la tonne est passé de 1500 \$ à 4500 \$. En 2007, le prix du kg était estimé à 600 FCFA dans le marché camerounais (ICRAF, 2011)

Dans les régions du Sahel et du Nord du Burkina, les Acacias constituent 95% du pâturage aérien. Les feuilles et les gousses des principaux gommiers sont particulièrement appréciées par le bétail. Pour la production du miel, les Acacias sont des espèces mellifères et par conséquent, fournissent aux abeilles la matière première pour la production de miel. Poda *et al* 2009

Le bois des acacias est beaucoup utilisé dans les régions du Sahel et du Nord du Burkina Faso comme bois de service (enclos) et comme bois d'énergie (bois de chauffe, charbon de bois). Poda *et al* 2009

Les branches épineuses des acacias sont utilisées pour confectionner les haies mortes en vue de protéger les parcelles de cultures ou pour délimiter les enclos servant d'abris aux animaux domestiques. selon le même auteur.

Les racines, les feuilles, l'écorce d'*Acacia senegal* et d'*A. laeta* sont utilisées dans la médecine traditionnelle pour soigner différents maux. Poda *et al* 2009

Le bois des gommiers est utilisé pour la fabrication d'objets d'art. (Poda *et al* 2009)

L'*Acacia senegal* est une espèce offrant de nombreuses fonctions utiles au producteur pour l'amélioration de son activité principale qui est la culture des céréales et pour la génération de revenus. Il contribue également à la lutte contre la désertification, selon le même auteur.

Le Burkina Faso a une superficie en peuplements naturels d'Acacias gommiers estimée à plus de 286 000 ha et une production brute potentielle annuelle estimée entre 1500 et 4500 tonnes (Nikiéma et al., 1997).

Du fait de la similitude des caractères morphologiques, il existe souvent une confusion botanique entre certains Acacia gommiers en l'occurrence *Acacia senegal*, *Acacia laeta* et *Acacia dudgeoni*. (Poda *et al* 2009)

Fagg et Allison, (2004) confirment en effet que les propriétés physico-chimiques des gommages de ces deux espèces sont similaires à celles de la gomme produite par *Acacia senegal*.

La mise en défens, renforcée par le système de demi-lune, est un procédé connu des populations de la région de Ouahigouya pour la reconstitution du couvert végétal à partir d'*Acacia senegal* en vue de la valorisation agricole des terres dénudées (Poda *et al* 2009).

La période de saignée la plus propice se situe au début de la saison sèche, lorsque les arbres ont perdu au moins la moitié de leurs feuilles (octobre – novembre dans le cas du Burkina). Le gommier produit la gomme à partir de l'âge de 3-4 ans. L'âge conseillé pour la saignée est d'au moins 5 ans.

La gomme est récoltée lorsqu'elle est suffisamment grosse, atteignant au moins la taille d'un jaune d'œuf (pour mieux répondre aux exigences du marché). Poda *et al* 2009

### ***1.3 Généralités sur la séquestration du carbone***

Toutes les plantes utilisent la photosynthèse pour absorber le CO<sub>2</sub> et le transformer en différents composés organiques qui constituent le matériel végétal comme le bois, l'écorce ou les feuilles. Cela contribue donc à la diminution du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

La végétation est l'élément déterminant dans les échanges de carbones à l'interface terre-atmosphère. La séquestration a lieu quand un écosystème absorbe plus qu'il ne rejette du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. En effet, lorsque de vastes zones de pâturages sont dans les conditions naturelles sans perturbation, il y a un équilibre entre le niveau des entrées de carbone (racines, litière végétale, exsudats racinaires, dépôt d'animaux et transport du carbone sur les sites par ruissellement et la poussière) et les sorties de carbone (transport hors site par érosion éolienne et hydrique, décomposition, lixiviation, récolte, et enlèvement des animaux). Les conditions de gestion qui contribuent à diminuer l'assimilation du carbone ou à augmenter sa production, se traduira par une baisse du stock de carbone. A l'inverse, quand il y a d'autres pratiques bénéfiques de telle sorte que les entrées excèdent les pertes c'est-à-dire lorsqu'il y a une diminution considérable de l'oxydation de la matière organique, le stock de carbone peut augmenter.

La baisse ou l'augmentation des entrées de carbone est causée par une baisse ou une augmentation de la production de biomasse aérienne et souterraine ainsi que le changement dans la quantité de résidus végétaux retournés au sol. Les principaux facteurs de variation des stocks de carbone des sols forestiers sont le climat, l'essence dominante, en lien avec le type d'humus, et les caractéristiques qualitatives (type pédogénétique) et quantitatives des sols (teneur en argile et profondeur du sol). Cependant, des perturbations d'origines anthropiques

ou climatiques sont susceptibles d'entraîner à moyen terme la libération dans l'atmosphère d'importantes quantités des gaz à effet de serre (GES) dont le CO<sub>2</sub>.

#### ***1.4 Les équations allométriques***

D'après CHAVE et al (2005), deux méthodes d'estimation de la biomasse sont à retenir : Estimation à partir du volume de bois fort sur écorce (calibrage du paramètre de Brown). Cette méthode permet une conversion du volume commercial sur écorce classiquement calculé par les forestiers, en biomasse épigée totale des arbres (bois et feuilles). Et l'Estimation à partir des tables d'inventaires et des modèles allométriques. Cette méthode permet de calculer la biomasse totale arbre par arbre à partir d'un modèle allométrique. Ce modèle peut être employé pour des inventaires précis de type « placettes permanentes » mais aussi à partir de données brutes d'inventaires forestiers à la condition de corriger les données par classe de diamètre en faisant des hypothèses sur la distribution diamétrique continue du peuplement.

Mais les équations allométriques, pour (Ichaou 2010) sont des expressions mathématiques qui peuvent permettre d'estimer la taille, le volume ou le poids d'un élément du végétal en tant que fonction d'un autre élément. Différents modèles allométriques (type et valeur de paramètres) peuvent être obtenus pour la même espèce, en raison (i) des variations génétiques, (ii) des variations dues à l'environnement, (iii) des variations de gestion, de l'échelle considérée d'âges et de dimensions de l'échantillon, etc. Le modèle à élaborer permettra de calculer la biomasse aérienne totale (c.-à-d. tige + branches+ feuillage) à partir des mesures du diamètre à la base ou de la circonférence; ce qui permettrait une déduction de la quantité de carbone séquestrée.

La méthode de Ichaou est fondée sur un modèle dendrométrique qui évalue l'accroissement de la biomasse.

En ce qui concerne la relation qui existe entre les caractéristiques dendrométriques (Principalement le diamètre d'un fût ou d'une branche) et l'âge correspondant, nous nous référons pour le cas de l'espèce *Acacia senegal*, à Thiam et al.( 2014), après avoir effectué une étude en zone sylvopastorale, au nord du Sénégal ont tenté d'approfondir les connaissances sur la dendrométrie de *Acacia senegal*. Ainsi après une analyse sur 38 pieds d'*Acacia senegal* et leur séchage à l'étuve ont permis de connaître la biomasse sèche de chaque sujet. Ensuite, des modèles allométriques spécifiques (entre la biomasse sèche et les paramètres dendrométriques) ont été générés et les coefficients de corrélation déterminés.

Les différentes analyses ont permis d'affirmer que le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est la variable qui offre la meilleure corrélation avec la biomasse aérienne.

Pour certains acteurs La biomasse souterraine des arbres peut également être estimée à partir des équations allométriques établies avec toutefois une erreur d'estimation variable selon les auteurs. De ce fait le modèle allométrique de Kuyah et al. (2012) au Kenya la surestime de 14% tandis que les modèles de Cairns et al. (1997) et Mokany et al. (2006) la sous-estiment respectivement de 35% et 21%.

## II MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

### 2.1 Matériel

#### 2.1.1 Présentation de la zone d'étude

L'étude est menée dans la zone d'intervention du Programme d'Actions communautaires (phase III), plus précisément au niveau des sites de plantations d'*Acacia senegal*. Le projet de plantation d'*Acacia senegal*, est une composante du programme d'Actions Communautaires (PAC III) qui a une portée nationale.

Le projet intervient dans 26 sites répartis dans 22 communes dans tout le Niger.

Pour le cas de notre étude, elle a été menée sur le site de Chabaré, commune de Maijirgui, département de Tessaoua. Chabaré est une grappe du PAC I.

Le site de Chabaré est situé à la longitude 8,20031667° et à la latitude 13,72510000° dans la Commune rurale de Maijirgui dans le Département de Tessaoua (Région de Maradi) dans le centre sud du pays. Situé dans l'une des plus grandes régions agricole du Niger, le site fait partie d'une zone géomorphologique caractérisée par un relief de bas plateaux d'une altitude moyenne de 400 m entaillés par quelques vallées fossiles. Avec une population estimée à 3402 habitants (PAC. 2012) répartie dans 2 villages et 5 tribus qui sont : Les villages de Chabaré et de Zountou et les tribus de Hardo Ado, Hardo Basso, Hardo Mati, Hardo Dan koulou et Hardo Na Maïna, le village de Chabaré qui est le siège de la grappe serait créé en 1899. Le site situé dans la forêt classée de Chabaré, se trouve à l'est et aux abords immédiats du village de Zountou peulh et à des distances variant de 1 à 3 km des villages de Zountou et de Chabaré.

**Tableau 1: Population de la grappe de Chabaré**

Localités	Nbre total d'habitants	Nbre total de menages
Chabaré	910	425
Zountou	622	147
Hardo Mati	690	106
Hardo Ado	251	61
Hardo Basso	313	81
Hardo Dan Koulou	401	95
Hardo Na Maina	215	71
Total	3402	986

**Le climat :** Le climat de la zone de Chabaré se caractérise par des températures relativement élevées favorisant l'évaporation et l'évapotranspiration qui ont pour conséquence, l'assèchement des plans d'eau.

L'insuffisance, l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies, ont un impact négatif sur les ressources naturelles (sol, eau, végétation) et constituent une contrainte quant à leur exploitation.

**Les sols:** Dans la grappe de Chabaré, on distingue, 3 types de sols: (i) les sols sablonneux (jigawa en haoussa) ; (ii) les sols sablo- limoneux réservés à la production agricole; (iii) Les sols argileux réservés à la production agro-sylvo-pastorale.

La principale contrainte reste l'érosion hydrique et éolienne entraînant la dénudation des plateaux et l'ensablement des terres agricoles d'une part et le ravinement des terres de cultures d'autre part.

**La végétation :** la particularité de la grappe de Chabaré est la présence d'une forêt classée très dégradée mais entrain d'être réhabilitée par le projet. Cette forêt s'étend sur une superficie de 885,25 ha dans la partie Est de la grappe. A part la forêt classée, la végétation varie selon le type des sols. Les espèces les plus abondantes (Issoufou 2015) sont: *Cacia occidentalis*, *Faidherbia albida*, *Zizyphus mauritiana* et *Balanites aegyptiaca*.

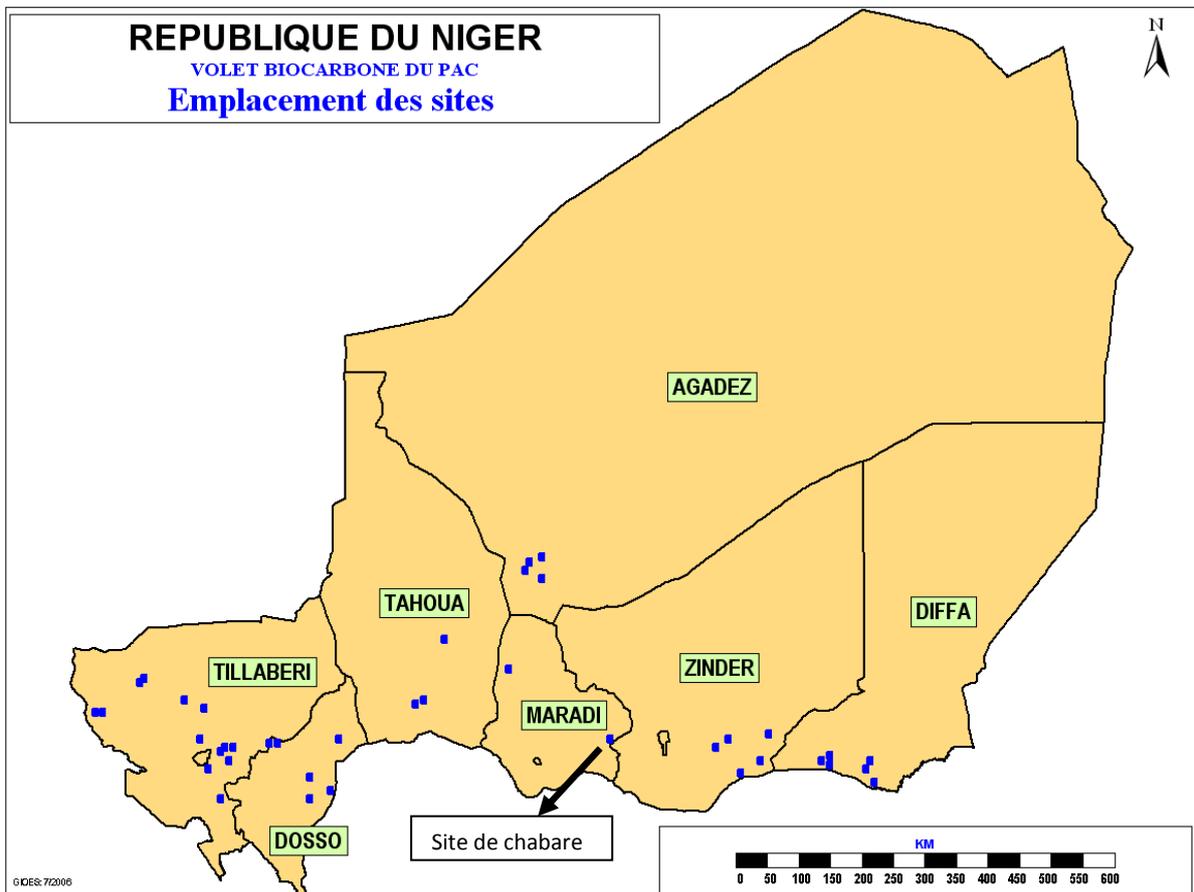
**Occupation de la population :** l'agriculture et l'élevage sont les principales activités des habitants de la grappe. L'agriculture est pratiquée par l'ensemble des groupes ethniques. Les productions sont issues des cultures de base (mil, sorgho,) et de rente (niébé), arachide, oseille, sésame, voandzou et calebassier). L'accès à la terre se fait par la voie du fermage, d'achat et d'héritage tant pour les hommes que pour les femmes. Les instruments de travail sont traditionnels et rudimentaires : houe, hilaire, daba.

L'élevage qui constitue la seconde activité économique de la zone est l'apanage des peulhs et d'une frange des agriculteurs considérés comme nantis. Les animaux élevés sont : les bovins, les caprins, les ovins, les camelins, la volaille et quelques têtes d'asins et d'équins. Le bilan fourrager est quasiment déficitaire ces dernières années, cela est dû à l'irrégularité des pluies et à la pauvreté des sols. Pour assurer un encadrement de proximité, 2 paras vétérinaires sont formés et disponibles au niveau de la grappe.

### Statut et Utilisation du site.

Le site choisi pour cette étude est la forêt classée de la localité. Cette dernière a été classée par arrêté N°506/SE/F du 21 janvier 1956 (PGT/CR Chabaré, 1999). Elle relève du domaine forestier de l'État aux termes de la loi N° 2004-040 du 08 juin 2004 portant régime forestier au Niger (art. 17, alinéa 1). Avant le démarrage du projet, cette forêt était très dégradée et faisait office d'une aire de pâturage pour les villages et les hameaux s'y rattachant pendant la saison des pluies.

La superficie totale du site est de 885,25 ha. La sécurisation foncière a été meublée par la délivrance d'un acte de concession rurale et d'un contrat d'exploitation de terrain, à la grappe. Les activités de plantations concourent à la mise en valeur de la forêt et ne font pas entorse aux dispositions législatives et réglementaires consacrées par le code rural et la nouvelle loi forestière du Niger.



Carte 1: *Emplacement des sites biocarbone du PAC/ Source : PAC (2012)*

### **2.1.2. Matériel utilisé**

- Des fiches de collecte de données (socio-économique et dendrométrique) ;
- Des écritoires ;
- Un GPS Gamin pour prendre les coordonnées des placettes ;
- Un appareil photo numérique;
- 6 jalons de 2 mètres chacun ;
- Perche graduée pour mesurer les hauteurs des arbres ;
- trois rubans métriques de 1, 50 mètre chacun ;
- 3 paires de gants ;
- Deux (2) rubans métriques (100 m) ;

### **2.1.3. Traitement de données**

Les informations collectées auprès des différents ménages enquêtés et les données dendrométriques d'inventaire ont été traitées par des logiciels « Microsoft Word et Excel », ainsi que des outils statistiques et des extrapolations ont été mises en contribution pour atteindre les objectifs de cette étude.

## **2.2. Méthodes d'étude**

Des approches méthodologiques ont été utilisées à des échelles différentes pour la collecte des données.

### **2.2.1. Recherche bibliographique**

Elle consiste à rassembler les documentations traitant des méthodes d'évaluation du stock de carbone et de la séquestration de carbone atmosphérique par les plantes. Cette recherche a permis l'élaboration un protocole de recherche qui a défini la méthode de collecte de données et les méthodes et outils de traitement. Cette recherche bibliographique qui a précédé les travaux de terrain s'est poursuivie sur le terrain jusqu'à la phase de rédaction du document final en vue d'éventuels compléments d'informations.

### **2.2.2. Paramètres à mesurer et réserves de carbone considérées**

Après l'installation des placettes sur le site, les coordonnées géographiques (latitude, longitude et altitude) ont été notées à l'aide d'un récepteur GPS (*Global Positioning System*). Les paramètres dendrométriques tels que le diamètre des tiges, la hauteur totale de tous les individus d'*Acacia senegal* présents à l'intérieur d'une placette ont été mesurés. Le caractère multicaule et la taille moyenne de l'espèce en zone sahélienne (environ 4.5 m) imposent la mesure de toutes les tiges de l'individu à 0,20 m du sol. En fait, le choix du diamètre à 20 cm

plutôt que le traditionnel diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est dû à l'inégalité des tailles entre les individus et dont la majorité n'atteint pas une hauteur suffisante pour obtenir une mesure à hauteur de poitrine.

Il est à noter que compte tenu des efforts consentis par les acteurs (physiques, financiers, etc...) pour la réussite et la préservation de ce site Biocarbone au Niger, une méthode non destructive, autrement dit l'utilisation des équations allométriques existantes, a été utilisée dans le cadre de cette étude, pour estimer la quantité de carbone contenue dans la biomasse aérienne et racinaire des plantations d'*Acacia senegal*. Le bois mort, la litière et les herbacées ne sont pas considérés pour la simple raison que ces compartiments sont prélevés en permanence par les populations.

### ***2.2.3. Définition d'un plan pour l'inventaire forestier***

La taille et la forme des placettes échantillons est un compromis entre l'exactitude, la précision, le temps et le coût de la mesure. L'expérience a montré que les placettes échantillons contenant de plus petites sous-unités de formes et tailles variées (compartiments ou placettes nids) sont efficaces (Mahamane., et Saadou., 2008).

### ***2.2.4. Nombre de placettes***

Le taux de sondage est défini en fonction des objectifs poursuivis par l'étude, cependant le taux minimum de sondage proposé est de 0,01% (Mahamane. A, et Saadou. M., 2008).

Le niveau de précision requis pour faire un inventaire de carbone a un effet direct sur les coûts de l'inventaire. Une estimation précise de la variation nette des stocks de carbone, dans les limites de 10% de la vraie valeur de la moyenne jusqu'au niveau de confiance de 95%, peut être atteint à un coût raisonnable (Dayabou., 2014). C'est pourquoi nous avons utilisé le niveau de précision de  $\pm 10\%$  de la moyenne.

A cet effet, un pré-inventaire a été réalisé sur 4 placettes au niveau du site biocarbone de Chabaré. Des parcelles unitaires de 50 m X 50 m ont été placées et des mesures portant sur la circonférence (le diamètre à la base) ont été prises sur tous les individus qui s'y trouvent. Le calcul de la moyenne de ces mesures a permis de calculer la variance ainsi que l'écart type. Ce qui nous a permis de calculer le nombre de placette qui sera concerné par notre travail à partir de la formule suivante :

$$n = [U_{1-\alpha/2} * cv/d]^2 \quad \text{Source : (Mahamane. A, et Saadou. M., 2008).}$$

Où

**n** = le nombre de placette de notre étude ;

*cv* = coefficient de variation du paramètre; *cv*= inconnu = *cv*=80 % (cas défavorable);

*d*=marge d'erreur d'estimation du paramètre;  $5 \leq d \leq 15$  % ;  $U_{1-\alpha/2} \sim 1.96$ .

moy = **22,27** ;      **Ecart type = 8,88**

**Var =8,88/22,27**

var = **0,39 ~ 0,40**

$$n = \left( \frac{1,96 \times 40}{10} \right)^2$$

Ce qui nous a permis de trouver ainsi 36 placettes que nous avons réparties sur trois blocs de plantations : 2006, 2009 et 2010 avec 16 placettes pour le premier bloc, 10 placettes pour le second et 10 pour le troisième bloc.

### **2.2.5. Collecte des données d'inventaire**

#### **2.2.5.1. Choix du type et installation des placettes**

La collecte des données d'inventaire a porté sur l'ensemble des placettes d'échantillonnage.

Ainsi, des placettes carrées de 50 m x 50 m (soit 0,25 ha) ont été délimitées dans les trois différents blocs de site, soit 36 placettes au total (9 ha).

Le nombre des placettes de relevé dans un bloc est fonction de la superficie du bloc. Ce qui nous a permis d'avoir 16 placettes dans le bloc de 2006 avec une superficie de 445,25 ha, 10 placettes pour le bloc de 2009 qui fait 220 ha et 10 placettes pour le bloc de 2012 avec aussi une superficie de 220 ha.

L'Installation des placettes a été effectuée de la façon suivante : Un premier jalon est placé au hasard sur le site. Puisque les placettes retenues sont de formes carrées, elles ont été orientées de telle sorte que les coins du terrain soient en ligne avec les quatre points cardinaux. Un membre de l'équipe déroule le mètre-ruban sur 50m pour déterminer la direction (**azimut**) vers le premier des quatre coins du terrain. A ce niveau, la méthode 3-4-5 a été mise à profit.

Après que les quatre coins du terrain ont été localisés, il a été procédé au marquage des pieds d'*Acacia senegal* afin d'identifier les arbres qui sont à l'intérieur et à l'extérieur de la placette.

L'inventaire a concerné uniquement les pieds d'*Acacia senegal* au niveau du site. Sur tous les individus vivants et sur pied, il a été effectué des mesures de la circonférence du fût à 20 cm au-dessus du sol. Puis le calcul de diamètre qui est égal à la circonférence/ $\pi$ .

### 2.2.5.2. : *Diamètre moyen*

Dans l'optique d'harmoniser les calculs et faciliter les comparaisons, le diamètre quadratique ( $Dq$ ) des individus multicaules a été calculé et considéré pour le calcul du diamètre moyen ( $D$ ) à l'échelle du bloc de plantation.

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n .di^2}$$

avec  $n$  = nombre d'arbres de la placette et  $di$  = diamètre (en cm) de l'arbre  $i$

$D$  = diamètre moyen

(Mahamane, et Saadou., 2008).

### 2.2.5.3. : *Hauteur moyenne*

Au niveau d'un bloc, ce paramètre équivaut à la moyenne arithmétique des hauteurs des individus mesurés dans les parcelles relevées.

### 2.2.5.4 : *Densité moyenne*

La densité moyenne ( $N$ ) au niveau d'un bloc est le nombre d'individus d'*Acacia senegal* par hectare. Elle est calculée selon la formule ci-dessous et permet d'évaluer le taux de réussite des plantations.

$$N = \frac{\sum_{n=1}^p ni/s}{P}$$

Avec  $s$  la surface de la placette échantillon ;  $ni$  le nombre d'individus dans la placette échantillon  $i$  ; et  $p$  le nombre de placettes échantillons du bloc considéré.

(Mahamane, et Saadou., 2008).

### 2.2.5.5. *Estimation de la biomasse et du carbone séquestré*

Elle s'est appuyée dans un premier temps sur les données d'études antérieures réalisées sur l'espèce *Acacia senegal*, notamment les facteurs de conversion et les modèles allométriques pour l'estimation des phytomasses sèches aérienne et souterraine de l'*Acacia senegal*. Plus précisément pour le cas de notre étude nous nous référons au document de consultation du professeur Ali Mahamane, (2015) réalisée sur les sites Bio-carbone du PAC III.

En fonction de la circonférence du fût, la biomasse aérienne totale d'un individu a été évaluée à partir des équations allométriques d'*Acacia senegal* élaborées au Sénégal par Thiam *et al.* (2014).

**Tableau 2: Equations allométriques élaborées par Thiam et al. 2014**

Modèle	Formule
Polynomiale	$y = 0,032x^3 - 1,016x^2 + 10,87x + 7,429$
Logarithmique	$y = 13,61\ln(x) + 17,89$
Puissance	$y = 22,23X^{0,357}$

Ou  $X=D$

Parmi les trois modèles proposés par ces auteurs, le modèle puissance semble le plus adapté à la présente étude eu égard à la variabilité de taille des individus et au taux de réussite faible de certains blocs de plantation.

$$y = 22,23D^{0,357}$$

avec  $D$ , le diamètre de l'individu considéré et  $y$  la biomasse aérienne de l'individu.

La biomasse ayant été obtenue à partir de l'équation allométrique et la circonférence du fût à la base (c'est-à-dire à 20 cm au-dessus du sol).

A l'échelle de la placette échantillon, la biomasse aérienne équivaut à la somme des biomasses des individus inventoriés, et rapportée à l'hectare (kg/ha). Puis sur la base de la superficie du bloc, la biomasse aérienne totale du bloc est calculée.

Ainsi, la biomasse souterraine des arbres peut également être estimée à partir des équations allométriques établies avec toutefois une erreur d'estimation variable selon les auteurs. De ce fait le modèle allométrique de Kuyah *et al.* (2012) au Kenya la surestime de 14% tandis que les modèles de Cairns *et al.* (1997) et Mokany *et al.* (2006) la sous-estiment respectivement de 35% et 21%.

**Tableau 3: Equations allométriques pour l'estimation de la biomasse souterraine avec Y la biomasse souterraine et X la biomasse aérienne.**

Auteurs	Équations	Erreur
Kuyah <i>et al.</i> (2012)	$Y = 0.49X^{0.923}$	13.9%
Mokany <i>et al.</i> (2006)	$Y = 0.489X^{0.890}$	20.9%
Cairns <i>et al.</i> (1997)	$Y = 0.345X^{0.884}$	34.7%

Ainsi pour le cas de notre étude l'équation de Kuyah et al (2012) sera utilisée pour l'estimation de la biomasse souterraine.

$$Y = 0.49X^{0.923}$$

Donc pour un site donné, la biomasse totale du site est la somme de la biomasse aérienne totale et souterraine totale.

Nous avons déduit le stock de carbone au niveau des différentes placettes de cette étude, le carbone total séquestré par le site.

$$\text{Carbone} = \frac{\text{Matière sèche}}{2}$$

Pour extrapoler des valeurs des placettes jusqu'aux valeurs par hectare, nous avons utilisé un facteur d'expansion. Ce facteur a été déterminé selon la formule ci-après : (Kaire.,2012)

$$\text{Facteur d'expansion} = \frac{10000\text{m}^2}{\text{Surface de la placette}}$$

#### **2.2.6. Méthode d'enquête**

Pour les données socioéconomiques, des enquêtes ont été effectuées à travers des entretiens individuels et des focus group. L'approche adoptée a intégré tous les acteurs notamment les structures représentées dans le Projet (administrations étatiques et comités de gestion du site). Les entretiens individuels ont concerné principalement les ménages membres de la grappe. La tenue des focus groupe a été l'occasion de discuter profondément sur les opportunités, les contraintes, la gestion du site et les attentes des bénéficiaires du projet.

Les entretiens individuels ont porté sur :

- L'identification de l'interviewé qui consiste à faire ressortir la situation sociale de l'acteur, son âge, son niveau d'instruction et le nombre de personnes qui on pris part aux activités du projet ;
- La situation écologique il s'agit là aussi d'évaluer la dynamique de l'occupation de sol du site pour cette étude avant et après la plantation d'*Acacia senegal* ;
- Un accent a été mis sur les services des écosystèmes (services d'approvisionnement, services de régulation, services socioculturels) et l'apport des plantations dans le

renforcement de ces services et sur les bénéfices tirés de l'exploitation des produits d'*Acacia senegal* ;

- L'existence d'un comité de gestion, ses points forts et faibles.

L'enquête a concerné les deux villages et cinq hameaux qui sont issus de grappe de Chabaré.

L'unité d'échantillonnage est constituée de ménage

### **2.2.6.1 Taille de l'échantillon**

Trois facteurs déterminent essentiellement la taille de l'échantillon pour une enquête faite dans la population: i) la prévalence estimative de la variable étudiée, ii) le niveau de confiance visé et iii) la marge d'erreur acceptable.

En appliquant la formule suivante.

*Formule:*

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{e^2}$$

**n** = taille d'échantillon requise

**t** = niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96)

**p** = prévalence estimative de la variable étudiée (50%)

**e** = marge d'erreur à 7% (valeur type de 0,05)

**Source :** KAKOMA SAKATOLO ZAMBEZE (éd.), 2002

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5(1-0,5)}{0,07^2}$$

$$n = 197 \sim$$

Les 197 ménages sont distribués en fonction de la taille du village.

**Tableau 4: Répartition des ménages à enquêter par village**

Localité	Ménages total	Ménages à enquêter
Chabaré	445	88
Zountou	147	29
Hardo Mati	106	21
Hardo Ado	61	12
Hardo Basso	81	16
Hardo Dan Koulou	95	18
HardoNa Maina	71	14
Total	986	197

### **III RESULTATS**

#### ***3.1. caractéristiques dendrométriques des plantations***

D'une manière générale, le mode de croissance d'un arbre est une expression du patrimoine génétique de l'espèce qu'il représente. Le développement morphogénétique de cet arbre décrit donc l'organisation endogène de sa croissance, qui elle-même établit un modèle architectural ou une forme intermédiaire entre plusieurs modèles. Il définit également un diagramme architectural (nombre d'ordres de ramification, phyllotaxie des différents types d'axes), ainsi qu'un seuil réitératif à partir duquel l'arbre édifie des complexes réitérés reprenant tout ou partie de la séquence morphogénétique qui a établi le modèle initial.

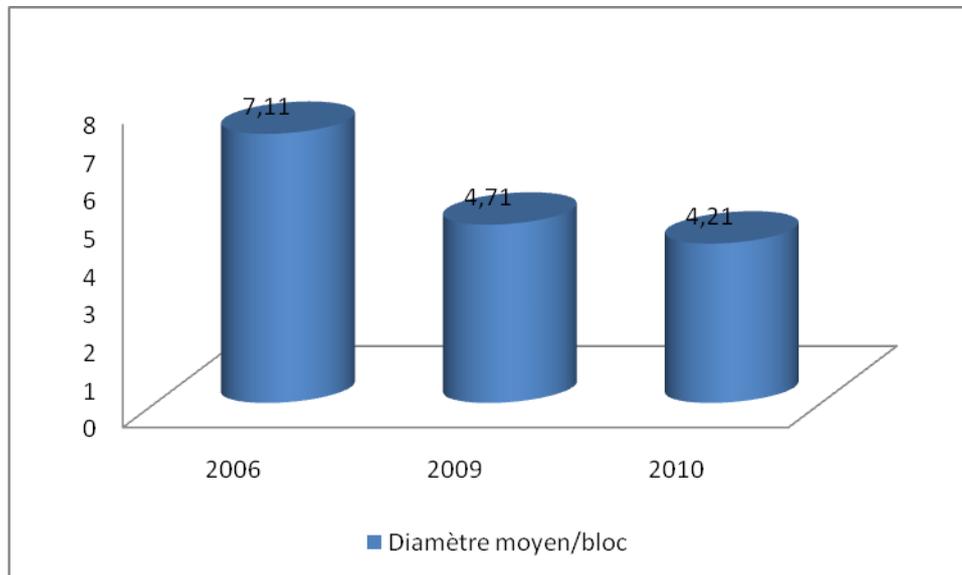
##### ***3.1.1. diamètre moyen du fût à 20cm***

Les calculs effectués à partir des données font état d'un diamètre moyen de 5,64 cm pour tous les trois blocs. Le diamètre moyen le plus important est observé au niveau de plantation de 2006 qui est de 7,11 cm suivi de 4,71 cm pour le bloc de 2009 et 4,21 pour 2010, comme le montre le tableau 5.

**Tableau 5: Diamètre moyen et hauteur moyenne/placette et par bloc**

<b>Bloc</b>	<b>Placette</b>	<b>Diamètre</b>	
		<b>moy</b>	<b>Hauteur moy(cm)</b>
2006	1	<b>7,62</b>	<b>209,94</b>
	2	<b>8,02</b>	<b>219,39</b>
	3	<b>6,9</b>	<b>220,37</b>
	4	<b>7,15</b>	<b>233,22</b>
	5	<b>7,42</b>	<b>236,54</b>
	6	<b>7,48</b>	<b>244,37</b>
	7	<b>7,33</b>	<b>232,26</b>
	8	<b>6,75</b>	<b>228,78</b>
	9	<b>7,25</b>	<b>219,27</b>
	10	<b>7,16</b>	<b>205,01</b>
	11	<b>7,35</b>	<b>216,54</b>
	12	<b>6,92</b>	<b>210,11</b>
	13	<b>6,69</b>	<b>198,56</b>
	14	<b>6,58</b>	<b>219,56</b>
	15	<b>7,12</b>	<b>230,51</b>
		16	<b>6,02</b>
<b>Moyenne Bloc1</b>		<b><u>7,11</u></b>	<b><u>218,94</u></b>
	1	<b>5,18</b>	<b>149,61</b>
	2	<b>4,45</b>	<b>129,93</b>
	3	<b>4,36</b>	<b>130,1</b>
	4	<b>5,02</b>	<b>139,34</b>
	5	<b>4,49</b>	<b>140,33</b>
	6	<b>4,6</b>	<b>143,66</b>
	7	<b>4,86</b>	<b>153,46</b>
	8	<b>4,79</b>	<b>145,84</b>
	9	<b>4,62</b>	<b>142,59</b>
	2009	10	<b>4,79</b>
<b>Moyenne Bloc2</b>		<b><u>4,71</u></b>	<b><u>142,56</u></b>
	1	<b>5,15</b>	<b>159,3</b>
	2	<b>4,52</b>	<b>143,86</b>
	3	<b>4,46</b>	<b>143,83</b>
	4	<b>4,46</b>	<b>140,56</b>
	5	<b>4,87</b>	<b>150,11</b>
	6	<b>4,68</b>	<b>150,39</b>
	7	<b>3,39</b>	<b>105,66</b>
	8	<b>3,49</b>	<b>108,88</b>
	9	<b>3,59</b>	<b>120,57</b>
2010	10	<b>3,52</b>	<b>116,49</b>
<b>Moyenne Bloc3</b>		<b><u>4,21</u></b>	<b><u>133,96</u></b>
<b>Moyenne Générale</b>		<b>5,64</b>	<b>174,12</b>

Le calcul du diamètre moyen sur les 36 placettes montre des fréquences de 6 cm, 7cm et 8cm observées au niveau du bloc de 2006 alors celui de 2009 présente des fréquences de 4 cm et 5 cm. Tandis que Les placettes de 2010 ont de diamètres moyens de 3 cm, 4 cm et 5cm.



**Figure 1: Distribution de diamètre moyen en fonction des blocs**

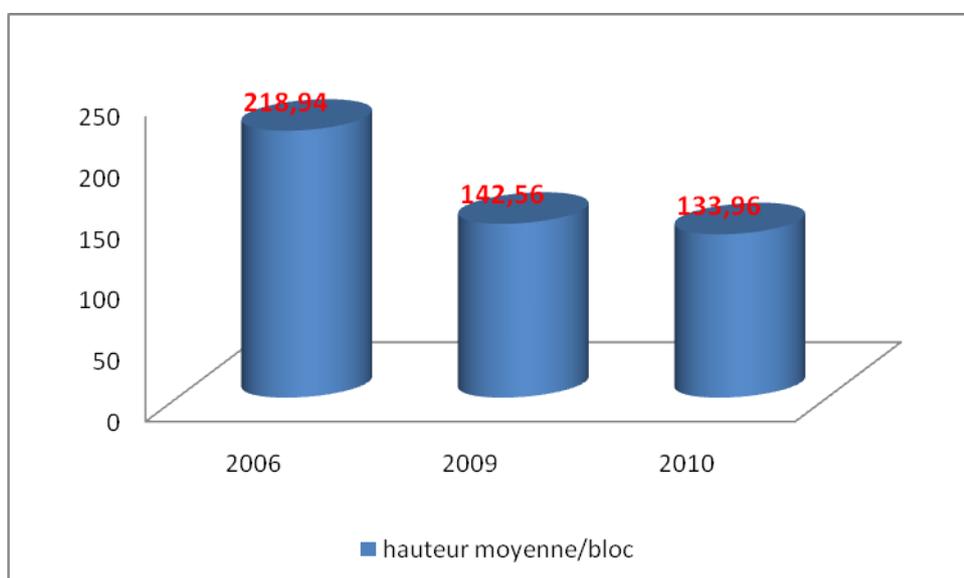
La distribution de diamètre moyen par bloc (Figure 1), montre que la plantation de 2006 présente la plus forte moyenne (7,11 cm) suivi de 2009 (4,1 cm) et enfin 2010 (4,21 cm). Ceci montre que la différence autour du diamètre moyen par bloc n'est pas très importante. Ce qui témoigne de la bonne réussite des plantations d'*acacia senegal*. Ainsi l'arbre croit avec l'âge au fur et à mesure jusqu'à la sénescence.

### **3.1.2. hauteur moyenne**

Les calculs effectués à partir des données font état d'une hauteur moyenne générale de 174,12 cm pour tous les trois blocs, comme le montre le tableau 5 ci dessus. Ainsi des fréquences de hauteur moyenne supérieure à 200 cm sont observées sur 14 placettes de 2006 dont 2 placettes du même bloc ont une moyenne inférieure à 200 cm. Alors les placettes de 2009 et 2010 ont des fréquences comprises entre 160 cm et 100 cm.

**Tableau 6: Hauteur moyenne par bloc**

<b>Bloc</b>	<b>hauteur moyenne/bloc (cm)</b>
<b>2006</b>	218,94
<b>2009</b>	142,56
<b>2010</b>	133,96



**Figure 2: Distribution de la hauteur moyenne en fonction des blocs**

La distribution de la hauteur moyenne par bloc (Figure 2), montre que la plantation de 2006 présente la plus forte moyenne (218,04 cm) suivie de 2009 (142,56 cm) et enfin le bloc de 2010 qui présente une moyenne de 133,96 cm.

La hauteur moyenne entre les blocs de 2009 et 2010 n'a pas une grande variation, contrairement à la hauteur moyenne 2006 qui affiche une nette différence par rapport aux autres blocs.

### 3.1.3. Densité par ha/bloc

Tableau 7: Densité par ha/bloc

	Densité/Ha/bloc
2006	416
2009	336
2010	328

Ces résultats ont été obtenus à partir de l'effectif des sujets que comptent les placettes et les blocs. Ainsi 1665 sujets ont été recensés, répartis dans 16 placettes du bloc1 avec une moyenne de 104 sujets/placettes avec le facteur d'expansion ce qui nous donne 416 sujets/ha pour 2006. Au niveau de 2009 nous avons eu 840 sujets avec 84/placette et 336 sujets/ha. Et enfin 820 sujets pour 2010 avec 82 sujets/placette et 328/ha. La forte densité du bloc de 2006 s'explique par le fait que la plantation a bénéficié de plusieurs opérations des regarnis entreprises par la population pour combler les espaces vides.

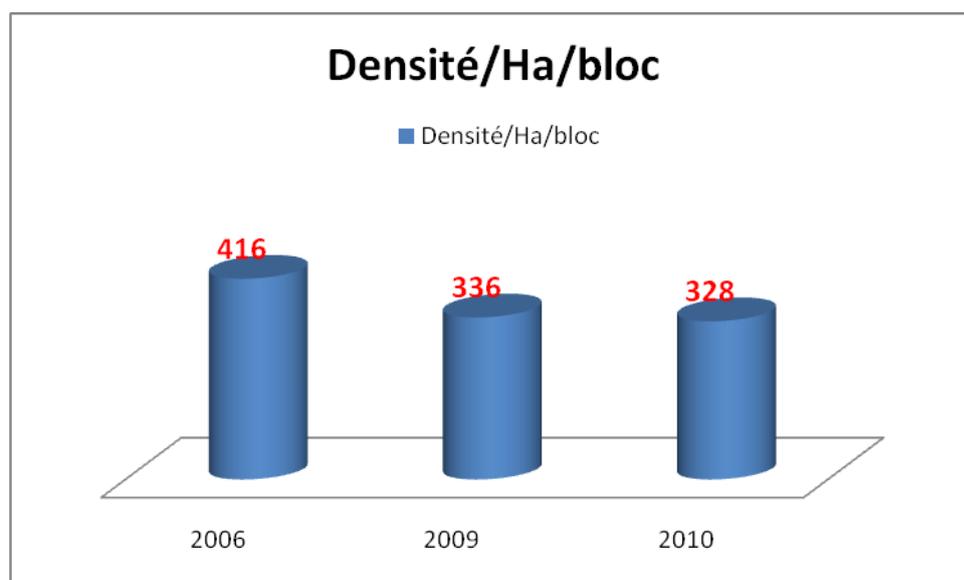
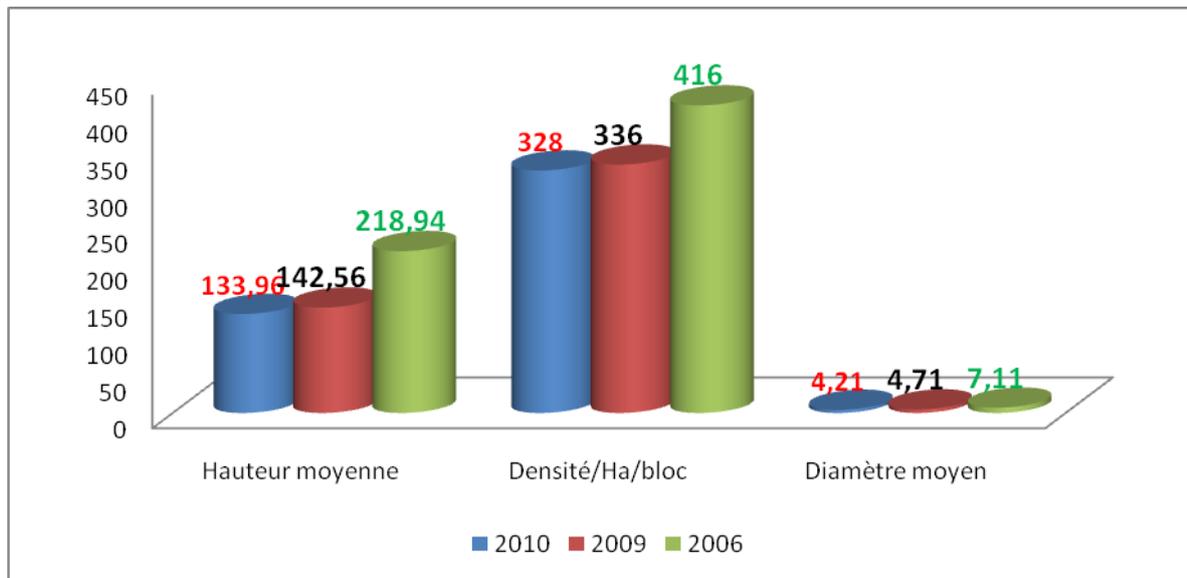


Figure 3: Distribution de la densité par hectare et par bloc

La densité de peuplement est relativement plus importante au niveau du bloc de 2006 avec 416 sujets/ha, suivi de 2009 avec 336 sujets/ha et enfin 2010 avec 328 sujets/ha. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les plantations réalisées bénéficient de beaucoup plus d'entretien de la part des populations participantes aux activités du projet (adoption des pratiques agro forestières massive et regarnis d'année en année). Ce qui témoigne de la bonne réussite des plantations d'*Acacia senegal* au niveau de ce bloc. Cette régression au niveau des deux autres

blocs, s'explique par le fait que les sites de plantation sont en extension d'année en année et n'ont pas bénéficié d'un entretien conséquent.

La **Figure 4** ci-dessous présentent respectivement l'évolution du Diamètre moyen de plantation à 20 cm et de la hauteur moyenne en fonction de bloc (année de plantation). Ainsi Ces deux paramètres évoluent avec la croissance des arbres.



**Figure 4: Distribution de diamètre moyen et hauteur moyenne en fonction des blocs et de la densité/Ha/Bloc**

La distribution de ces paramètres dendrométriques montre que le bloc de 2006 a le diamètre moyen le plus important (7,11 cm) et la plus grande hauteur (218,94 cm). Ces deux paramètres évoluent avec la croissance des arbres. Quant à la densité de 416 sujets/ha toujours au niveau du même bloc est due à plusieurs opérations de regarnis effectuées sur cet endroit. Ce qui nous laisse à dire que la hauteur et le diamètre augmentent avec l'âge de la plantation. En effet, le bloc le plus âgé a des valeurs de hauteur et de diamètre les plus importantes. Les faibles densités observées au niveau du bloc de 2009 et 2010 sont liées au fort taux de mortalité des plants qui serait dû au déficit pluviométrique, à la nature du sol et à certains parasites (nématodes) et les lièvres qui s'attaquent à ces plants à leur jeune âge.



**Photo 2: Mesure de la circonférence du fût d'*Acacia senegal* à 20 cm du sol**

### **3.2. Estimation de la biomasse**

Le calcul de la biomasse à partir de l'équation allométrique établie pour l'espèce *Acacia senegal*, nous a permis de trouver les résultats consignés dans le tableau 8 ci dessous. Ces résultats traduisent la forte capacité de la forêt classée en production de biomasse.

**Tableau 8: Estimation de la biomasse totale et carbone total/ha et par bloc (en tonne)**

	<b>Biomasse moy/Ha</b>	<b>Biomasse totale</b>	<b>Carbone séquestré</b>
<b>2006</b>	24,8	99,2	49,6
<b>2009</b>	17,31	43,27	21,635
<b>2010</b>	16,25	40,64	20,32

L'estimation de cette biomasse a porté sur trente six (36) placettes réparties dans trois blocs totalisant 3323 sujets.

Pour le premier bloc de 2006, l'estimation de la biomasse a porté sur seize (16) placettes totalisant 1665 sujets. La biomasse moyenne est de 6,2 tonne/placette. Ce qui nous a permis d'extrapoler cette biomasse pour trouver le résultat suivant : Biomasse moyenne : **6,2 tonnes** × 4 = **24,80 tonnes à l'hectare**

Donc les 16 placettes de 2006 ont une biomasse totale de **99,2 tonnes**.

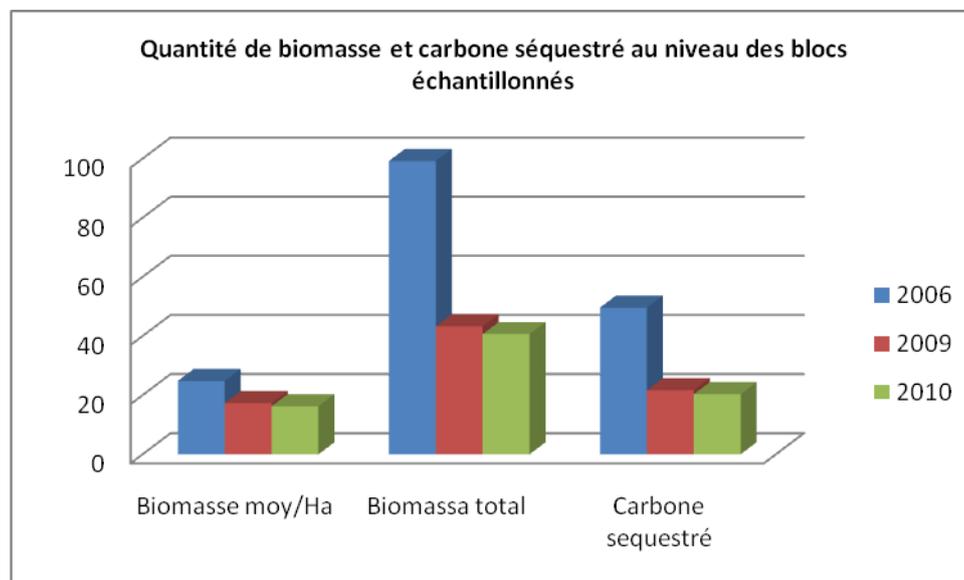
Pour le deuxième bloc de 2009, l'estimation de la biomasse a porté sur dix (10) placettes totalisant 839 sujets. La biomasse moyenne est de 4,32 tonne/placette. Ce qui nous a permis d'extrapoler cette biomasse pour trouver le résultat suivant : Biomasse moyenne : **4,32 tonnes**  $\times 4 =$  **17,31 tonnes à l'hectare**

Donc les 10 placettes de 2009 ont une biomasse totale de **43,27 tonnes**

Pour le bloc de 2010, l'estimation de la biomasse a porté aussi sur dix (10) placettes totalisant 819 sujets. La biomasse moyenne est de 4,06 tonne/placette. Ce qui nous a permis d'extrapoler cette biomasse pour trouver le résultat suivant : Biomasse moyenne : **4,06 tonnes**  $\times 4 =$  **16,25 tonnes à l'hectare**.

Donc les 10 placettes de 2010 ont une biomasse totale de **40,64 tonnes**.

L'estimation de la biomasse totale pour le site nous a donné **21, 16 tonnes/ha**.



**Figure 5: Distribution de la biomasse moyenne et du carbone en fonction des blocs**

La quantité de la biomasse en fonction du bloc (Figure 5), montre que le bloc de 2006 présente la biomasse la plus importante : 99,2 tonnes soit 24,8 tonnes/ha avec une quantité totale de 49,6 tonnes de carbone. La biomasse totale au niveau du bloc de 2009 est de 43,27 tonnes soit 17,31 tonnes/ha et une quantité de carbone totale de 21,63 tonnes. Pour 2010 il présente la plus faible quantité de biomasse avec 40,64 tonnes soit 16,25 tonnes/ha et le carbone total est de 20,32 tonnes. Ces résultats traduisent la forte production de biomasse au niveau de la forêt classée et s'expliquent par le fait que, la variété *d'Acacia senegal* utilisée

(Kordofan) pour les plantations produit beaucoup de biomasse. Ce qui témoigne de la bonne réussite des plantations.

### 3.3. Estimation du stock de carbone

L'estimation du stock de carbone au niveau des plantations d'*Acacia senegal* dépend de la connaissance de la biomasse aérienne et souterraine. La quantité de carbone séquestré par un individu d'*Acacia senegal* a été estimée sur la base du taux de 50 % de la biomasse totale tel que suggérer dans les lignes directrices de la « Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques » (CCNUCC).

La biomasse étant constituée de 50% de carbone, le stockage de carbone en surface dans notre d'étude est reparti comme suit :

On calcul ainsi le stock de carbone avec les données suivantes :

99,2 tonne de biomasse pour 2006. Ce qui fait **49,6 tonnes de carbone.**

43,27 tonne de biomasse pour 2009. . Ce qui fait **21,63 tonnes de carbone.**

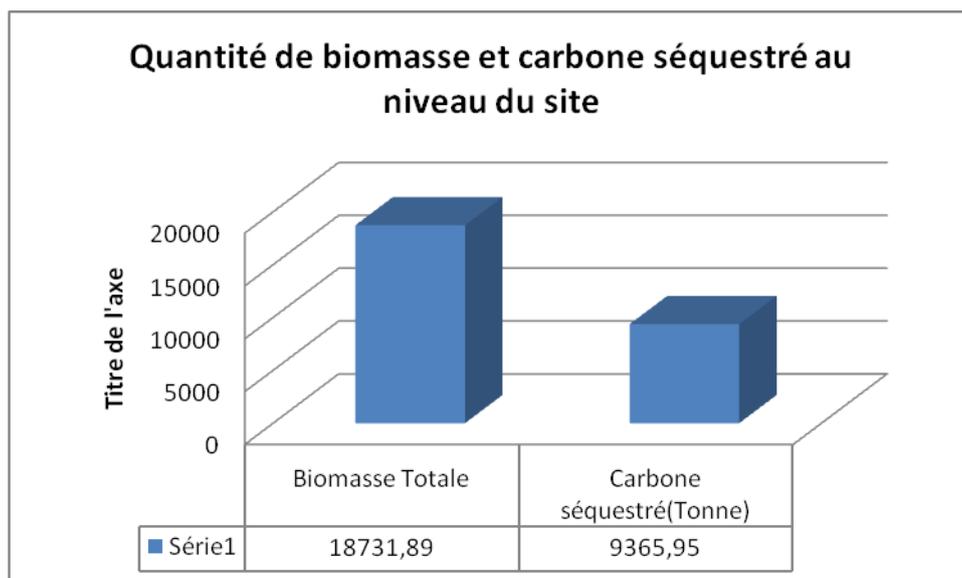
40,64 tonne de biomasse pour 2010. Ce qui fait **20,32 tonnes de carbone.**

L'estimation de la biomasse totale pour le site nous a donné **21, 16 tonnes/ha.**

La forêt classée de Chabaré a une superficie de 885,25 ha

donc la biomasse totale est de  $21,16 \times 885,25 = 18731,89$  tonnes

Le carbone total pour le site est de **9365,95 tonnes.**



**Figure 6: Quantité totale de la biomasse et du carbone pour la forêt classée**

Avec une quantité de 18731,89 tonnes de biomasse et 9365,95 tonnes de carbone, ces résultats traduisent la forte production de biomasse au niveau de la forêt classée de Chabaré. Ce qui témoigne de la bonne réussite des plantations d'*acacia senegal* et d'un engouement dans la pratique de l'agroforesterie à ce niveau.

**Tableau 9: Biomasse totale et carbone séquestré par le site**

Sup Site (Ha)	Biomasse moy(Tonne/Ha)	Biomasse Totale	Carbone séquestré(Tonne)
885,25	21,16	18731,89	9365,95

### 3.4. Impacts socio-économiques des plantations

Les entretiens se sont déroulés à travers des enquêtes individuelles, de focus groupes qui ont regroupé les membres de la grappe et les populations prenant part aux activités du projet Biocarbone et des enquêtes au sein des administrations étatiques représentant le projet.

Pour les enquêtes individuelles, les résultats ont montré que les enquêtés sont à 87% des masculins et 13% des femmes. Les plus jeunes qui ont entre 20-30 ans représentent 26%, ceux qui ont entre 31-40 ans 29%, de 41 à 50 ans 23% et les plus âgés > 51 ans représentent 22%. Leur niveau d'instruction se répartit comme suit : les alphabétisés 53%, niveau primaire 16%, secondaire 5% et ceux qui ont fait l'étude coranique représentent 26%. Ainsi ils ont comme activité principale l'agriculture (87%), l'élevage (8%), le commerce (3%) et autre activité (2%).

Après l'identification des différentes activités qui sont menées par ces populations, il a été procédé à évaluation des différentes opportunités qui s'offrent à elles sur le plan économique, écologique et social.

#### 3.4.1. Création d'emploi

Il ressort de nos entretiens que les activités qui sont menées au niveau du projet de plantation d'*Acacia senegal* ont permis la création d'emploi au sein de la population de la grappe :

- Le contrat de culture instauré dans le site de plantation d'*Acacia senegal* constitue une opportunité pour les producteurs au vu de l'augmentation de la production agricole. Les cultures intercalaires prennent de plus en plus de l'importance dans le site de Chabaré. Ce qui permet aux paysans sans terre de disposer temporairement de terrain en vu de la production agricole. Ceci a contribué à la réduction de l'exode rural et à la stabilité des beaucoup ménages ;

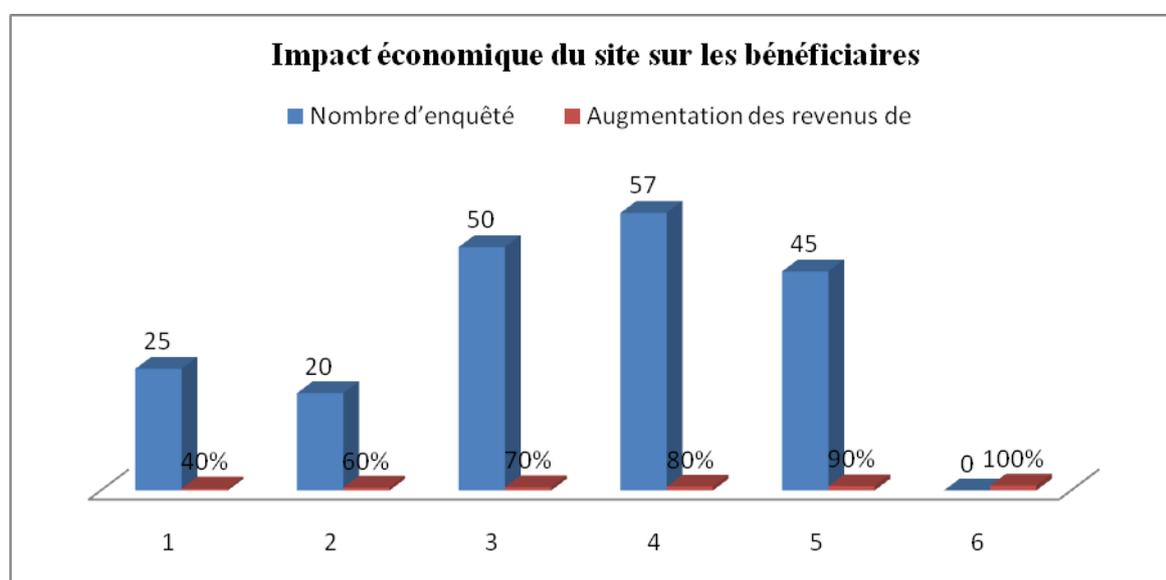
- Le projet a permis la création d'emploi comme le témoignent les pépiniéristes qui ont été formés par le projet et ont eu des recettes importantes avec la vente de centaines de milliers des plants produits. Les jeunes qui ont transporté ces plants sur le site partagent le même sentiment que les pépiniéristes ;
- Le développement de la pharmacopée traditionnelle avec le retour du couvert végétal qui permet à la population de se passer de certains soins médicaux modernes ;

### 3.4.2. Source de revenu

Les principales sources de revenus de ces populations sont : l'agriculture, l'élevage ou encore le petit commerce. Il ressort de nos entretiens que les populations prenant part aux activités du projet, reconnaissent un rehaussement de leurs revenus monétaires qui, auparavant, étaient en deçà des besoins vitaux de leurs familles respectives. Ce qui fait que tous sont très satisfaits des bénéfices du projet, car les revenus issus de la vente des plants et la réhabilitation des terres leur ont permis de faire face à leurs besoins indispensables.

**Tableau 10: Niveau d'augmentation des revenus des ménages. (Impact économique)**

<b>Nombre d'enquêté</b>	25	20	50	57	45	0
<b>Augmentation des revenus des ménages</b>	40%	60%	70%	80%	90%	100%
Moyenne	75%					



**Figure 7: Impact économique du site sur les bénéficiaires**

Il ressort de l'analyse de ce tableau que les activités du projet ont permis une augmentation de revenus de bénéficiaires allant de 40 à 90%, avec une moyenne de 75%. Le nombre de bénéficiaires dont l'augmentation de revenu est compris entre 70 et 90%, représente la frange la plus importante avec 152 individus sur un total de 197 enquêtés, soit plus de la moitié de l'échantillon.

Il faut noter que les pépiniéristes sont les plus grands bénéficiaires, non seulement, ils bénéficient de la formation sur les techniques de production, entretien et plantation mais aussi, ils gagnent beaucoup (des centaines de mille voire des millions) à travers la vente des plants produits et plantés. Certains d'entre eux (les mieux organisés) ont fait des réalisations concrètes.

Les résultats de nos enquêtes ont permis de voir une variation annuelle de ces rendements des cultures intercalaires et une augmentation de la production agricole. Cela montre que les plantations d'*Acacia senegal* ont une influence significative sur la production agricole et implicitement sur l'augmentation des revenus.

L'amélioration des conditions de vie des ménages en réduisant le phénomène de la pauvreté est un atout du projet Biocarbone en témoigne la population. Ainsi la pharmacopée traditionnelle, les produits forestiers non ligneux, les bois morts, la production du miel et surtout la vente de la paille constituent une source de revenu pour la population. L'enquête terrain a révélé que ces Produits Forestiers Non Ligneux sont considérés comme d'excellentes ressources pour diminuer les risques de vulnérabilité au sein du ménage, d'abord à cause des multiples services qu'ils peuvent offrir. Ils assurent de bonnes ressources alimentaires lorsque l'agriculture va plus ou moins bien, et la vente des produits peut également entraîner une diminution des risques encourus par le ménage puisque les revenus peuvent aider à combler les besoins primaires auxquels les familles sont exposées.

A ce jour les paysans de Chabaré sont à leur troisième année d'exploitation de la gomme arabique, avec une production totale d'environ 110kg vendue à la société Achat Service International (ASI).

Les paiements des crédits de carbone témoignent de l'espoir que puissent susciter ces plantations au sein de la population.

**Tableau 11: Clé de répartition des avantages du site biocarbone de Chabaré**

Bénéficiaires	Pourcentage			
	Carbone	Gomme arabique	Paille	Semences herbacées
Grappe	60%	90%	60%	60%
Commune	20%	0%	0%	10%
Département	15%	0%	0%	0%
Fonds d'aménagement	5%	10%	40%	30%
Total	100%	100%	100%	100%

### **3.4.3. Agroforesterie**

Les cultures intercalaires prennent de plus en plus de l'importance dans le site de Chabaré. Le contrat de culture instauré dans le site de plantation d'*Acacia senegal* constitue une opportunité pour les producteurs au vue de l'augmentation de la production agricole. Ainsi, le rendement du mil en culture intercalaire dans le site bio carbone d'*Acacia senegal* est d'environ 1500 kg /ha (Issoufou., 2015) contre un rendement de 650 à 700kg/ha hors site.

Cela montre que les plantations d'*Acacia senegal* ont une influence significative sur la production agricole et implicitement sur l'augmentation des revenus. Les objectifs de la production sont d'abord la satisfaction des besoins alimentaires des exploitants et la création des revenus par la vente des produits maraichers. Les bénéfices tirés sont utilisés pour honorer les engagements sociaux.

## **3.5. Impacts environnementaux**

### **3.5.1. séquestration du carbone**

Il est important de rappeler que l'*Acacia senegal* est une plante légumineuse très résistante à la sécheresse ; elle prospère sur des sols pauvres sableux; fixe le sol et l'enrichit par l'azote atmosphérique (et plus le sol est fertile, mieux il piège le carbone qui n'échappe plus dans l'atmosphère où il accroîtrait la pollution).

La forêt classée de Chabaré constitue aujourd'hui un réservoir du carbone. Avec une quantité de 18731,89 tonne de biomasse et 9365,95 tonne de carbone, ces résultats traduisent la forte production de biomasse. Ce qui témoigne de la bonne réussite des plantations d'*Acacia senegal* et d'un engouement dans la pratique de l'agroforesterie à ce niveau.

La dynamique du carbone des plantations du site biocarbone de Chabaré est tributaire de leur productivité végétale, de leur âge, de leur superficie et des conditions du milieu. Globalement, la variation des séquestrations de carbone des plantations révèle qu'elle évolue de manière croissante avec l'âge, ce qui laisse croire que dans quelques années, les plantations séquestreraient des centaines de tonnes de carbone par année et par hectare.

### **3.5.2. La restauration de la diversité végétale**

Les résultats de l'enquête ont permis de constater que les paysans interrogés ont pu reconnaître l'importance de ses activités de restauration de l'environnement. Ils sont conscients de l'importance de l'arbre dans le maintien de l'équilibre écologique. Pour plus de la majorité de répondants (80%) les arbres aident à lutter contre l'érosion et la dégradation des

terres. Sur le site le constat est positif dans l'ensemble. Le sol qui était au début complètement dégradé se reconstitue progressivement. On note une augmentation d'arbres utiles, des pâturages et du fourrage en quantité et en qualité. Une bonne partie des superficies plantées est réhabilitée. Le couvert végétal serait à la base de la revitalisation des sols. Ce qui a rendu les cultures intercalaires hier impossibles, aujourd'hui réalisables, donnant ainsi espoir aux paysans quant à l'augmentation de la productivité agricole et la sécurité alimentaire.

Les bénéficiaires ont parfaitement conscience des intérêts de ces plantations tant pour la production de la gomme que pour leur contribution à la lutte contre la dégradation de la couche d'ozone d'où leur engagement pour une préservation et une utilisation durable de ces ressources.

### **3.5.3. Impact sur la faune sauvage**

La faune, avec la reconstitution de son habitat et certains de ses niches écologiques, est aujourd'hui reconstituée. Ainsi on note le retour de quelques animaux tel que : Les pintades sauvages communes (*Numida meleagris*), les francolins (*Francolinus squamatus*), des vautours (*Neophron monachus*), le petit serpentaire (*Polyboroides radiatus*), les poules de rocher (*Ptilopachus petrosus*), l'outarde de nubie (*Neotis nuba*), la grue couronnée (*Balearica pavonina*), le heron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*), les busautours des sauterelles (*Butastus rufipennis*), les tourterelles maillées (*Streptopelia senegalensis*), le coucal du senegal (*Centropus senegalensis*), le rollier d'Abyssinie (*Coracias abyssinica*), le calao à bec rouge (*Tockus erythrorhynchus*), Corbeau pie (*Corvus albus*). Les grands mammifères de la zone sahélienne, on rencontre plus fréquemment : les lièvres (*Lepus crawshayi*), les écureuils (*Funisciurus lemniscatus*) les rats (*Cricetomys emini*), les singes rouges ou patas (*Erythrocebus patas*) et les genettes (*Genetta abyssinica*).

### **3.6. Le mode de gestion du site**

La grappe de Chabaré est l'une des grappes de Programme d'Actions communautaires de PACI dont elle constitue l'organisation communautaire de base. Au sein de cette structure plusieurs unités de gestion sont mises en place pour le bien être de la population et pour la sauvegarde du site biocarbone. Les enquêtés nous ont fait savoir que le Comité de Gestion du Site (COGES) est la structure fondamentale qui s'occupe des activités du projet biocarbone composée de quatorze membres. D'autres organes appuient le COGES à savoir le Conseil et Commission de Surveillance qui est composé de trois membres élus par l'assemblée générale; ce conseil de surveillance ne fait pas partie du COGES mais ont des relations fonctionnelle et

enfin il y a aussi le Comité de Gardiennage composé de trois personnes qui assurent à tour de rôle le gardiennage du site.

Plusieurs actions de formation, d'information et de sensibilisation ont été organisées à la commune de Maijirgui à l'intention du COGES afin de renforcer leur connaissance et l'application des Principes d'Orientation et ses textes complémentaires. Les membres du COGES ont reçu en juin 2011 une formation sur les textes régissant la gestion des ressources naturelles : les méthodes et technologies de gestion durable des ressources naturelles et des stratégies efficaces de prévention et de gestion des aléas climatiques sont mises au point.

Ces résultats nous ont révélé que ces membres de COGES sont élus parmi les 3402 personnes que compte la grappe. Ils sont tous scolarisés ou alphabétisés. Le conseil de surveillance est l'organe de contrôle du COGES et est composé des sages. Quant au comité de gardiennage, nos enquêtes et surtout nos travaux sur le site nous ont confirmé leur présence. La bonne fonctionnalité de ses structures de gestion témoigne la bonne réussite du site biocarbone de Chabaré.

Ce comité local de gestion a significativement favorisé le rapprochement entre la population de la grappe réunie autour d'un site pour une exploitation collective.

Les résultats de certains focus-group nous ont permis d'identifier un certain nombre des contraintes à savoir :

- Non respect de mandat du comité de gestion ;
- L'absence et inexistence de certains membres de gestion ;
- L'opacité de la gestion se traduisant par la faible implication des bénéficiaires dans les prises de décisions ;
- Défaut de planification participative pour élaborer le programme d'activité annuel ;
- Non tenue des assemblées générales annuelles et des réunions du comité de gestion ;
- Non tenue des documents comptables : reçu, pièces justificatives ;
- Insuffisance dans l'entretien du site (élagage des arbres) et vols fréquents de la gomme arabique.



**Photo 3: Focus-group à Chabare**

## IV. DISCUSSION

### 4.1. Estimation de paramètres dendrométriques

Sur un total de 36 placettes réparties en trois blocs en fonction d'année de plantation, le plus grand diamètre moyen et la plus grande hauteur moyenne sont obtenus sur les arbres âgés de 10 ans (bloc 2006).

Les résultats de l'analyse portant sur les données dendrométriques nous montrent une forte corrélation entre la hauteur des arbres, le diamètre (circonférence à la base). Ceci confirme, l'hypothèse selon laquelle, le comportement d'un arbre, dépend, de sa capacité photosynthétique.

La forte densité des reboisements 416 pieds/ha (pour 2006) peut être expliquée par :

- un faible taux de mortalité des jeunes plants ;
- le non respect des écartements lors de la plantation ;
- Plusieurs années successives de regarnis sur le site de 2006 ;

Ces résultats pourraient être attribués aux caractéristiques de cette zone où la géomorphologie se caractérise par un relief de bas plateaux et d'une altitude moyenne de 400 m entaillés par quelques vallées fossiles. Ces résultats sont en harmonie avec ceux trouvés par Dayabou, (2014) qui après avoir utilisé des équations allométriques élaborés par Ichaou, a estimé la production de quatre types de site biocarbone au Niger. Ainsi dans les contextes de stations écologiques humides, le facteur combiné géomorphologie-mésologie (étant le plus actif dans l'évolution du modèle et dans le fonctionnement biologique et hydrique des faciès purs à *Acacia senegal* ou ceux à associations égalitaires entre *Acacia laeta* et *Acacia senegal*) constitue le déterminant du haut niveau de croissance végétative et de production de biomasse. D'où l'excellente aptitude à la production de phytomasse aérienne et souterraine d'*Acacia senegal*.

Pour les plantations de Chabaré avec une densité importante il ya un rapprochement avec les résultats de Ndour (2005) qui montre que les reboisements présentent des avantages significatifs au plan de la densité vis-à-vis des massifs naturels.

Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'écartement des plants des reboisements est fixé par l'homme, selon les paramètres sylvicoles propres à l'espèce, alors que celui des massifs naturels est quant à lui commandé par la loi des marées, mais aussi les conditions du milieu qui déterminent leur croissance et le développement des plants.

#### **4.2. Estimation de la biomasse**

Avec une moyenne de 92 sujets par placette et une biomasse totale estimée à 183133,28 kg soit 183,13 tonne. La biomasse moyenne par placette est de 5087,02 kg soit 5,08 tonnes.

La biomasse moyenne à l'hectare est **21,16 tonne**, soit **18731,89 tonne** sur toute la superficie de la forêt classée.

Ces résultats sont différents de ceux de Mahamane, (2015) qui a trouvé sur le même site une biomasse totale de 18633,73 tonnes et Dayabou, (2014) qui a trouvé une moyenne de 89 sujets par placette et une biomasse estimée à 16299,61 kg, soit 16,299 tonne. La biomasse moyenne par placette est de 1358,3 kg soit 1,358 tonne et une biomasse moyenne à l'hectare de 5,432 tonne et 4808,62 tonnes de biomasse totale.

Ces résultats pourraient être attribués aux caractéristiques de cette zone où la géomorphologie se caractérise par un relief de bas plateaux et d'une altitude moyenne de 400 m entaillés par quelques vallées fossiles. Les différents faciès des sols de cette zone peuvent se distinguer en groupes de sol à texture typiquement sableuse et en groupes de sols à dominance d'argiles et de limons. Ces conditions édaphiques déterminent les systèmes agricoles, largement dominés par la culture du mil, du sorgho, généralement en association avec le niébé et l'arachide. Ce qui favorise une production importante de biomasse de l'espèce *Acacia senegal* dans cette zone, comme c'est le cas avec nos résultats.

Ces résultats sont en harmonie avec ceux trouvés par Ichaou (2010) qui a estimé que dans les contextes de stations écologiques humides, le facteur combiné géomorphologie-mésologie (étant le plus actif dans l'évolution du modèle et dans le fonctionnement biologique et hydrique des faciès purs à *Acacia senegal* ou ceux à associations égalitaires entre *Acacia laeta* et *Acacia senegal*) constitue le déterminant du haut niveau de croissance végétative et de production de biomasse. D'où l'excellente aptitude à la production de phytomasse aérienne et souterraine d'*Acacia senegal*.

#### **4.3. Estimation du stock de carbone**

Au niveau de la forêt classée de Chabaré, nous avons trouvé une biomasse en moyenne de **21,16 tonne à l'hectare, soit 18731,89 tonne et 9365,95 tonne de carbone sur les 885,25 ha** à partir du modèle allométrique élaboré par Thiam et al. (2014) pour l'estimation de la phytomasse aérienne et du modèle allométrique de Kuyah et al. (2012) pour l'estimation de la biomasse souterraine.

Ces résultats reflètent une densité assez élevée de l'espèce *Acacia senegal* (92 sujets

par placette), car le contexte de stations écologiques humides constitue un déterminant du haut niveau de croissance végétative et de production de biomasse comme l'a trouvé Mahamane (2015) avec une quantité de carbone de 9316,86 tonnes. Mais ces résultats sont différents de ceux de Dayabou (2014) avec une biomasse en moyenne de **5,432 tonne à l'hectare, soit 4808,62 tonne sur les 885,25 ha** à partir du modèle allométrique établi par Ichaou,(2010)et un stock de carbone de **2404,31 tonne C**.

#### ***4.4.Opportunités pour les populations à la base***

L'analyse de ces résultats de nos enquêtes socio-économiques nous fait ressortir que le choix d'*Acacia senegal* pour la plantation au niveau des sites biocarbone du programme d'actions communautaires, présente tout un chapelet d'opportunités pour les communautés à la base.

En effet, ces opportunités se traduisent sur le plan écologique par la contribution à la reconstitution du tapis graminéen, la récupération des sols et la lutte contre la désertification. La fertilisation des sols, notamment pauvres, les enrichissant avec l'azote atmosphérique crée de véritables opportunités sur les rendements agricoles.

Sur le plan économique Les cultures intercalaires permettent à la population de subvenir à leur besoins alimentaires et de lutter contre l'insécurité alimentaire. Les résidus des cultures en constituent une fortune d'après la population. Ces résultats sont conformes aux résultats de Issoufou (2015), Salou (2006), Hamissou (2003), l'association *A.senegal* et culture céréalière montre une production nettement supérieure par rapport au témoin (l'influence de l'arbre sur la production est positive avec un gain de graines nettement supérieure par rapport au témoin).

Parmi les avantages les plus importants qui concourent à la réduction de la pauvreté au sein de la population bénéficiaire on peut citer la production de la gomme arabique. Cette production a commencé à Chabaré il y a trois ans de cela avec une production totale d'environ 100 kilogrammes de gomme qui sont vendus à la société Achat Service International. Les avantages de la production de la gomme arabique sont énormes c'est ce qui ressort des études de Harmand (1998) qui affirme qu'au Tchad, la gomme arabique représente la troisième source d'exportations après le coton et le bétail. Selon NJOMAHA Charles (2008) la valeur brute de la production globale de gomme à l'exportation a été estimée à 365millions de FCFA sur lesquels le circuit Camerounais a 145,6 millions de FCFA et le circuit Nigérian 218,4 millions de FCFA.

Les populations riveraines de la forêt classée de Chabaré pratiquent d'autres activités sources de revenus dans le site comme les Produits Forestiers Non Ligneux qui en fonction de la

saison allègent la souffrance de la population. Issoufou (2015), Arnold (1996) et Altieri et al. (1987), affirment que souvent, les PFNL (Produits Forestiers Non Ligneux) sont considérés comme d'excellentes ressources pour diminuer les risques de vulnérabilité au sein du ménage, d'abord à cause des multiples services qu'ils peuvent offrir. Par exemple, ils peuvent assurer de bonnes ressources alimentaires lorsque l'agriculture va plus ou moins bien. La vente de ces produits peut également entraîner une diminution des risques encourus par le ménage puisque les revenus peuvent aider à combler les besoins primaires auxquels les familles sont exposées.

Au plan social, le premier avantage obtenu est le titre foncier du site dans le cadre de ce projet, la régénération des revenus qui conduit à la sécurité alimentaire, ensuite le renforcement de la cohésion sociale due aux travaux participatifs auxquels toute la communauté participe. Ce résultat continue celui de Anderson *et al*, 1992 qui affirme que la participation paysanne dans la perspective d'une action de mise en valeur et d'exploitation de la forêt classée se donnera pour ambition, non pas de se conformer aux schémas de perception paysanne de/a réalité ce qui serait vain-, mais de créer une dynamique nouvelle qui aurait pour effet: d'intégrer la forêt aux systèmes locaux de production de telle manière que ceux-ci en deviennent plus cohérents et plus performants; et de favoriser une appropriation cognitive (le la forêt classée par les populations en "l'humanisant". Il s'agira, pour, ce faire, de promouvoir en son sein des activités et des formes de sociabilité compatibles avec sa sauvegarde. . Selon FAO, 1991, cité par Bergeret, 1986 Les pratiques et règles coutumières sont l'expression locale des modes d'appropriation des ressources. Elles sont flexibles et évolutives, variables dans le temps et dans l'espace. "L'observation associée à l'appropriation répétée des ressources végétales d'un même terroir se concrétise en une véritable propriété sociale de l'espace utilisé qui acquiert ainsi le caractère d'un "territoire" dont les droits d'usages deviennent légitimes et méritent le respect". Mais FAO, 2004, cité par Issoufou, 2015 va plus loin en disant que certains auteurs expliquent une relative participation des populations rurales à des projets forestiers, lorsqu'ils améliorent la sécurité alimentaire ou les revenus et aussi par un investissement dans des bonnes relations politiques avec les forestiers (ou autres porteurs de projets). "Ni la conservation de l'environnement et des ressources naturelles, ni l'exploitation durable des terres ne figurent encore parmi les motifs principaux; mais l'inverse serait surprenant dans la conjoncture économique qu'affrontent les populations rurales.

Certains auteurs comme Ballet et Guillon (2003) considèrent la place du don comme importante dans la dynamique des rapports sociaux en Afrique. Inscrit dans les coutumes et moeurs africaines depuis des siècles, le don s'intègre facilement dans les sociétés ouest-africaines (Benguerna, 2007 ; Ponthieux, 2006 ; Putnam, 2002, 1993) qui le considèrent comme une protection sociale contre des politiques gouvernementales inadaptées (Ballet et Guillon, 2003). En effet, le don apporte de l'estime et de l'entraide entre villageois et forge donc la confiance (Traoré, 2008 ; Ponthieux, 2006 ; Putnam, 2000). Comme le manque de confiance entraîne une dépréciation du capital social (Putnam, 2000) alors que la confiance est « une vertu sociale et une prospection économique» (Ponthieux, 2006), il ressort de notre étude que les plantations d'acacia senegal, de par leurs produits, aiguisent la confiance et installent la solidarité inter-villageoise.

## CONCLUSION

La dégradation des terres constitue le principal facteur de perte de la biodiversité, de la baisse de rendement, de l'insécurité alimentaire et de la paupérisation de la population rurale. La lutte contre la dégradation des terres s'inscrit dans une approche globale des problèmes environnementaux et de développement. Le projet de plantation d'*Acacia senegal* ou projet Bio-carbone entre dans le cadre de la politique nationale en matière de gestion des ressources naturelles et la réduction de la pauvreté. Il permet au Niger de répondre aux engagements internationaux auxquels il a souscrit.

Cette étude effectuée au niveau du Programme d'Actions Communautaires se veut comme une évaluation de « **Importance socio- économique et environnementale des plantations d'*Acacia senegal* du projet biocarbone au Niger : cas du site de Chabaré dans la région de Maradi** ».

La méthodologie qui a été utilisée dans le cadre de cette étude pour évaluer l'importance des plantations d'*Acacia senegal* était basée sur cinq démarches : la revue bibliographique, l'observation directe sur le site, l'inventaire des paramètres dendrométriques, les enquêtes avec questionnaires et les groupes de discussion (focus-group).

Les résultats de la présente étude ont permis d'estimer la biomasse des plantations notamment à partir des mesures de circonférence prises à 20 cm au-dessus du sol des fûts d'*Acacia senegal*. La quantité de biomasse produite par le site qui est de 18731,89 tonnes avec une quantité de carbone séquestrée de 9365,95 tonnes et les caractéristiques dendrométriques des différents blocs nous permettent de vérifier notre première hypothèse.

Les bénéfices sur le plan écologique et social, mais surtout économique avec les activités du projet et les services qu'offre le site planté ont augmenté la production agricole et le revenu des ménages et ont réduit le phénomène l'exode des jeunes ruraux et certaines catastrophes naturelles comme l'avancée du désert, l'érosion, les inondations confirment notre seconde hypothèse.

La protection du site et la gestion de contrat de culture par le comité de gestion en est un point fort de notre étude qui témoigne l'existence de cette structure de gestion et qui vérifie notre troisième hypothèse.

Par ailleurs on peut noter une faible implication des femmes dans la gestion des activités du projet.

Cependant, il convient de souligner que les résultats de la présente étude révèlent quelques insuffisances sur certains aspects.

C'est pourquoi, nous formulons les recommandations suivantes :

- ✓ Poursuivre cette étude en installant un dispositif de suivi régulier de l'évolution du stock de carbone à travers des placettes permanentes sur tous les sites biocarbone ;
- ✓ Multiplier les actions de sensibilisation sur l'importance du Projet de Plantations d'*acacia senegal* ;
- ✓ Intensifier la sensibilisation pour une meilleure intégration des cultures intercalaires à travers le contrat de culture,
- ✓ Mener les opérations d'élagage et de saignée à temps afin de bien tirer profit de ces plantations
- ✓ Recycler les producteurs pour mieux s'insérer dans la chaîne de valeur de la gomme arabique ;
- ✓ Procéder au renouvellement systématique du COGES selon la procédure normale ;
- ✓ Recycler et renforcer les capacités des membres du comité de gestion du site ;
- ✓ Appuyer la création et équiper des centres d'alphabétisation dans les différentes zones d'interventions du projet, cela permettrait d'avoir des acteurs plus éveillés et mieux organisés ;
- ✓ Accélérer le processus d'obtention des fonds Bio-carbone ;
- ✓ Aménagement le site à travers la réalisation d'ouvrage de conservation des eaux pour le bénéfice de la faune sauvage.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**Adam J.G., 1970**, Noms vernaculaires des plantes du Sénégal. CNRS. *J. Agric.Tropic. Bot. Appl.*, Tome 17.

**Altieri M. A., Anderson M., Kat M., Laura C., 1987**. Peasant agriculture and the conservation of crop and wild plant resources, *Conservation biology*, Vol.1.

**Arnold J.E.M., 1996**. Economic factors in farmer adoption of forest product activities, Document électronique disponible à <http://www.fao.org/docrep/W3735EE>.

**Ballet, J. et Guillon, R., 2003**. Regards croisés sur le capital social. L'Harmattan, Paris.

**Chave, J., Andalo, C., Brown, S., et al. (2005)** Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145p.

**Cairns, M. a., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G. a. (1997)** Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111p.

**CCNUCC. , 2013**: Project design document form for afforestation and reforestation project activities (CDM-AR-PDD) - Version 06. 118P.

**Diatta M. , 2010**. Evaluation de l'impact socio-économique des brise-vent dans le Delta et la moyenne vallée du fleuve Senegal, Mémoire de maîtrise en Agroforesterie à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Québec. 125p

**Dayabou H.S., 2014**. Evaluation du stock de carbone au niveau des plantations à *Acacia senegal* au Niger, Mémoire de Master en Gestion Durable de Terres réalisé dans le cadre du Programme d'Actions communautaires (PAC) au Niger.54p.

**FAO., 2016**. Les forêts et l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets. p5. <Http://www.fao.org/3/a-mp523f.pdf>

**FAO, 2008**. Sécurité alimentaire mondiale: les défis du changement climatique des bios énergies, rapport de la conférence, Rome, Italie, 514p.

**FAO., 2004**. Carbon sequestration in dryland soils. Food and Agriculture Organization, Rome Italy. 108 p.

**FAO., 1991**. Non-wood forest products: the way ahead, FAO, Rome, 37p.

**Gerakis PA and Tsangarakis CZ (1970).** The influence of *Acacia senegal* on the fertility of the sand sheet (GOZ) soil in the Central Sudan. *Plant and Soil* 33.

**GIEC, 2007,** Changements climatiques 2007 (Rapport de synthèse), 103 p.

**GIEC., 2001.** Incidence de l'évolution du climat dans les régions: Evaluation de la vulnérabilité en Afrique. Rapport du groupe de travail I du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, pages 13p.

**Hamissou Asman, 2003 ;** Place du gommier (*Acacia senegal* (L.) Willd.) dans le système de production dans l'arrondissement de Diffa : cas de N'Guel kolo et de Malan minari ; Faculté d'Agronomie, Niger ; 56.p.

**Harmand J.-M., et al., 1998.** Recherche sur les possibilités de production de la gomme arabique par *Acacia senegal* (Linn.) Willd. dans différentes situations pédoclimatiques du Nord-Cameroun. Maroua, Cameroun, Irad, Projet de diversification des exportations agricoles au Cameroun, 21 p.

**ICHAOU A., 2010 :** Modèles allométriques d'évaluation de la phytomasse aérienne et souterraine et de déduction du carbone séquestré par les principaux peuplements de gommiers dans les 3 bassins géologiques du Niger. Rapport de consultation .252p .

**ICRAF, 2011,** Colloque international ; L'Agroforesterie comme base de la sécurité alimentaire et de la résilience environnementale au Niger et au Sahel. 33 p.

**Issoufou. Maman., (2015).** Effets environnementaux et socio-économiques de la plantation d'*acacia senegal* dans la zone d'intervention du projet biocarbone, Mémoire de Master en Changement Climatique et Développement Durable réalisé dans le cadre du Programme d'Actions communautaires (PAC) au Niger.78p.

**Kairé (2012).** Extrapolation des valeurs des placettes jusqu'aux valeurs par hectare du carbone estimé.

**Kuyah. S., et al., 2012.** Allometric equations for estimating biomass in agricultural landscapes: II. Belowground biomass. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 158.

**Mahamane. Ali., 2015.** Evaluation du carbone séquestré au niveau des sites du projet de plantation d'*Acacia senegal* «initiative bio-carbone». Rapport final de consultation. 44p

**Mahamane. A, et Saadou. M., 2008.** Méthodes d'étude et d'analyse de la flore et de la végétation tropicale, Actes de l'Atelier sur l'harmonisation des méthodes, Niamey du 4 au 9 Août 2008. 74p

**Hassan. M., 2013 :** Résilience des écosystèmes forestiers du sud-ouest du Niger : cas de la brousse tigrée du plateau de Kouré. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de mastère en gestion durable des terres. Centre régional Agrhymet de Niamey au Niger. 61p.

**Plan Forestier National (PFN) –Niger 2012 - 2021 :** Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, 2012., 88p

**Mokany, K., Raison, R.J. and Prokushkin, A.S. (2006)** Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes. *Glob Chang Biol.*

**Nikiéma A., Poda D. et Ouédraogo M., 1997.** Inventaire et cartographie de peuplements naturels de *Acacia senegal* (L.) Willd. Au Burkina Faso. Rapport technique n°23. ISSN 1018 – 7065, CNSF et Projet 7 ACP BKF/031. 29 p.

**Njomaha Charles, 2008,** Etude socio-économique de la filière gomme arabique dans le nord et l'extrême nord du Cameroun, 7p.

**Nations Unies., 1992.** Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>.

**National Research Council (NRC)., 1979.** Tropical legumes: Resources for the future. National Academy of Sciences. Washington DC, 332 p.

**Obeid M and Seif-El-Din AG., 1970.** Ecological studies of the vegetation of the Sudan. *J. Appl. Ecol.*

**Programme d'Actions Communautaires (PAC) phase II. , 2012.** Contribution du PAC2 au Programme d'urgence 2011 contre l'insécurité alimentaire et pour la réinsertion des rapatriés de Libye et de Côte d'ivoire. 3p.

**Poda et al 2009 ;** Manuel pratique de production durable des gommages au Burkina Faso .

**Ponthieux, S. 2006.** Le capital social. Éditions La Découverte, Paris, France. 121p.

**Putnam, R D. 2002.** Democracies in Flux: The Evolution of Social Capital in Contemporary Society. Oxford University Press, Oxford, U.S.A. 516 p.

**Putnam, R. D. 2000.** Bowling Alone. The Collapse and Revival of American Community. Simon and Schuster, New York, U.S.A. 541 p.

**Putnam, R. D. 1993.** The Prosperous Community: Social Capital and Public life. The American Prospect. Volume 4, Issue 13. 167 p.

**Ross JH., 1975.** The *Acacia senegal* Complex. *Bothalia* 11.

**Salou G. 2006.** Evaluation de la production des éléments constitutifs du système agroforestier du site expérimental de la Faculté d'Agronomie de l'université de Niamey. Mémoire.45.p.

**Thiam S., Sambou B., MBow C. et Guisse A., 2014.** Elaboration de modèles allométriques d'*Acacia senegal* L.Willd pour l'analyse du carbone ligneux en milieu sahélien : cas de la zone sylvopastorale au Sénégal. Afrique Science. p12.



## **Annexe 2 : Fiche de questionnaire ménage**

### QUESTIONNAIRE POUR LES MENAGES

#### **Nom Prénom de l'enquêté :**

Tranche d'âge

- 20 -30 ans     31 – 40ans     41 – 50 ans     plus de 51 ans

Sexe ?

- Masculin             féminin

Situation matrimoniale

- Célibataire     Marié(e)     Divorcé (e)     Veuf (ve)

Niveau d'instruction

- Alphabétisé(e)     Primaire     Secondaire     Supérieur

Statut social

- Migrant     Autochtone

Si migrant, quel est votre lieu d'origine ?

Quelle est la taille de votre ménage?

Quelle est votre activité principale?

Quelles sont vos deux activités secondaires importantes?

Quelle est votre source principale de revenu ?

Avez-vous été associés dans la mise en œuvre du projet biocarbone ?

- Oui             Non

Si Oui à quel niveau d'exécution?

- La confection des ouvrages

- Plantation des ligneux

- Regarnis

- Suivi des activités

- Autres (préciser)

Combien de personnes de votre ménage ont pris part à la réalisation de ce projet?

Êtes-vous satisfaite des résultats du projet biocarbone?

Oui             Non

13.1. Si oui, quels sont les impacts?

14. Quels sont les produits que vous tirez des plantations d'Acacia senegal?

15. Quelles utilisations faites-vous de ces plantations?

15.1. Êtes-vous satisfait?

Oui             Non

15.2. Si non, qu'est-ce que vous souhaitez ?

16. Avez-vous commencé à exploiter la gomme arabique?

Oui             Non

16.1. Si Oui, depuis quand?

16.2. Qui sont les acheteurs?

16.3. Comment est organisé le circuit de commercialisation de la gomme arabique?

16.4. Quels sont les problèmes que vous rencontrez dans le secteur de la gomme arabique?

17. Comment appréciez-vous la densité des ligneux dans la zone?

Forte             moyenne             faible

18. Comment était cette densité avant le projet?

Forte             moyenne             faible

19. Comment trouvez-vous l'état de la végétation herbacée ?

Satisfaisant             Non satisfaisant

20. Comment était l'état des herbacées avant le projet?

Satisfaisant             Non satisfaisant

21. Avez-vous besoin d'autres activités dans le cadre du projet biocarbone?

Oui             Non

Si oui les quels ?

Si non pourquoi ?

22. Avez-vous remarqué la présence de la faune sauvage sur le site?

23. Existe t-il une structure de gestion du site?

Oui

Non

23.1. Si Oui quels sont les objectifs de la structure?

23.2. Quels sont ses points forts?

23.3. Quelles sont vos recommandations?

23.4. Quel est le niveau d'augmentation de votre revenu?