

## Table des matières

Table des matières .....	1
Dédicaces .....	3
Remerciements .....	4
Résumé .....	5
Sigles et Abréviations .....	7
Table des illustrations .....	9
 Introduction générale.....	 11
 I-Matériel et méthodes .....	 17
 II-Présentation de la zone d'étude .....	 26
II.1-Cadre Biophysique.....	26
II.1.1-Climat.....	26
II.1.1.1-Pluviométrie .....	26
II.1.1.2-Température.....	28
II.1.1.3-Vents.....	29
II.1.2-Géologie et géomorphologie .....	30
II.1.3-Hydrologie et hydrogéologie .....	31
II.1.4-Pédologie .....	32
II.1.5-Végétation, flore et faune .....	34
II.2-Cadre humain.....	37
II.2.1-Caractéristiques de la population régionale.....	37
II.2.2-Caractéristiques de la Communauté Rurale de Touba Toul.....	38
II.2.3-Contexte socio-économique .....	39
II.2.3.1-Activités agricoles .....	39
II.2.3.2-Activités pastorales .....	41
II.2.3.3-Gestion des ressources agroforestières .....	42

<b>III-Structure du parc et potentiel de séquestration du carbone .....</b>	<b>44</b>
<b>III.1-Caractérisation structurale du parc à <i>Kad</i> .....</b>	<b>44</b>
<b>III.1.1-Analyse des classes de diamètre .....</b>	<b>44</b>
<b>III.1.2-Etude de la distribution spatiale .....</b>	<b>46</b>
<b>III.2-Estimation de la quantité de carbone .....</b>	<b>49</b>
 <b>IV-Impacts de la variabilité et des changements climatiques et options d'adaptation....</b>	<b>55</b>
<b>IV.1-Perception de la variabilité et du changement climatiques .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.2-Perception des impacts et effets du climat .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.3-Options d'adaptation.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.4-Discussion .....</b>	<b>67</b>
 <b>Discussion et Conclusion générales.....</b>	<b>71</b>
 <b>Perspectives.....</b>	<b>72</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>74</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>79</b>

### Dédicaces

*Je dédie ce travail à la mémoire de ma grand-mère Lékouga Martine, de mon oncle Ngari Mazarin et de mon petit frère Ondo Anthony ; que la terre leur soit légère ;*

*A mon père Ondo Jean Christian, mes mamans Lenguele Marie Sophie et Ekondo Ondo Yoland ;*

*A mes tantes Ngossana Mireille, Ngossana Solange, Ngossana Lucile, Bagana Grazzie, Akassatou Meline;*

*A mes oncles Ebobola Léandre, Nganinga Basile Mitamona Karl, Mitamona Mike, Ngossana Yvon, Ognima Abel ;*

*A mes frères et sœurs.*

## Remerciements

De prime abord, je tiens à remercier très particulièrement le Dr Cheikh Mbow pour la qualité de son encadrement. Son dynamisme, sa rigueur dans le travail et son impartialité sans faille ont toujours attisé mon admiration et ma considération. Que ces quelques lignes témoignent ma gratitude et mon indéfectible respect pour sa personne. Cette gratitude va également à l'endroit du Pr Bienvenu Sambou, Directeur de l'ISE dont le grand cœur et la grandeur d'esprit ne cesseront de m'inspirer. Ses conseils dans des domaines variés ont su donner un fil conducteur à mon projet de recherche.

Dans un second temps, j'adresse ma reconnaissance à toutes les personnes dont les orientations, l'amabilité et l'ouverture m'ont aidé à approfondir cette thématique. Je pense principalement au Pr Amadou Tahirou Diaw (Directeur du LERG), aux Docteurs Assane Goudiaby, Cheikh Diop, Abdoulaye Sene, Francois Matty, Isabelle Niang, Henry Lô, Cheikh Ibrahima Niang et Séraphin Dorego et à Monsieur Al Assane Sène.

Je tiens également à témoigner ma gratitude aux personnels administratif et technique de l'ISE et du LERG. Ce travail n'aurait pu être réalisé sans leur disponibilité et leur amabilité. Il s'agit entre autres de Messieurs Ousseynou Ndiaye, Woula Ndiaye, Ababacar Sédikh Cissé, Madame Ndir Khady et Mademoiselle Linda Faye.

J'associe à ces remerciements mes camarades de promotion, mes aînés de l'ISE et stagiaires au LERG, Momadou Sow et Hyacinthe Sambou. Ils n'ont ménagé aucun effort pour m'intégrer dans un cadre propice à mon épanouissement intellectuel et culturel.

J'exprime une reconnaissance particulière à l'Etat du Gabon pour la bourse octroyée depuis le début de ma formation universitaire, mais aussi à l'endroit du programme START pour le financement qui m'a permis de réaliser ce travail.

Enfin, je ne saurais remercier assez toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu durant cette formation. Il s'agit d'Emmanuelle, Roland, Boris, Jean Gilbert, Missang, David, Ephrem, Fahad, Hans, Jules, Aubin, Karim, Doudou, Marie, Lemmy, Landry, Mariama, Gracias, Elena, Claude, Aicha, Zeynabou, Karl, Jessica, Sitti, Chaima, Mohamed, Fatima, Aurelia, Maguina, Leatitia.

## Résumé

L'élévation des températures due à l'augmentation des Gaz à effet de serre tel que le CO<sup>2</sup> entraîne un dérèglement du climat qui affecte particulièrement les populations pauvres dépendantes des ressources naturelles. Ce travail de recherche est une contribution à la connaissance des stocks de carbone et des formes d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques des populations des parcs agroforestiers.

L'approche méthodologique a été structurée selon trois niveaux. Tout d'abord, une caractérisation structurale du parc à *Faidherbia albida* (*Kad* en Wolof) a été faite. Elle a consisté dans un premier temps, à l'étude de la distribution spatiale des sujets ligneux à l'aide de deux SIG (ArcGIS 9.0 et Envi 4.5); dans un second temps, à l'analyse de la répartition des effectifs des individus ligneux par classe de diamètre à partir des données d'inventaire collectées. Ensuite, la quantité de carbone a été estimée d'une part, en évaluant les biomasses aériennes et racinaires par l'application des équations allométriques aux données d'inventaire; d'autre part en rapportant le total de ces biomasses par 0,5. Enfin, une identification et une évaluation participative des réponses apportées par les populations aux aléas climatiques, a été réalisée à la faveur d'un guide d'entretien.

La répartition spatiale des individus ligneux est inégale; et la faible représentation des sujets jeunes renseigne sur le caractère vieillissant du parc. La Méthode de Segmentation Automatisée (MSA) fournit de meilleurs résultats (quant aux valeurs de détermination) que la méthode dite manuelle, avec des taux de couverture respectifs de 21,23 % et 5,32 %.

Le parc séquestre en moyenne 30,39 tonnes de carbone à l'hectare. Ce carbone est stocké essentiellement dans la partie aérienne (77,40%), mais aussi de manière non négligeable dans la partie racinaire (22,53%). Malgré la faiblesse de leur effectif, les sujets âgés concentrent l'essentiel de la quantité de carbone.

Les personnes interrogées ont une perception positive du *Kad*. Elles sont conscientes de la variabilité climatique mais ignorent les changements climatiques. Elles identifient le vent et surtout le déficit pluviométrique comme facteurs climatiques néfastes pour la production agricole. Parmi les réponses à ces stress, on note des stratégies communautaires d'anticipation (protection de jeunes *Kad*, diversification des intrants agricoles et pastoraux, utilisation de variétés à cycle végétatif court) ; cependant, l'essentiel des réponses sont réactives. C'est le cas notamment de la vente du bétail, son abreuvement à partir de l'eau du robinet, le recours aux prêts et au microcrédit, l'abandon de certaines terres par manque de semences, les stratégies d'évitement du stress, l'exode rural et la pratique religieuse.

*Par délibération, la Faculté des Sciences et Techniques et l'Institut des Sciences de l'Environnement ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'ils n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation.*

## **Sigles et Abréviations**

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

BM : Banque Mondiale

BRN : Bureau National du Recensement

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CMS: Crédit Mutuel du Sénégal

DEA : Diplôme d'Etudes Approfondies

Dhp : Diamètre à hauteur de poitrine

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

FMI : Fond Monétaire International

FST : Faculté des Sciences et Techniques

GES : Gaz à Effet de Serre

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

GPS: Global Positioning System

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (GIEC en anglais)

ISE : Institut des Sciences de l'Environnement

LERG : Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique

MDP : Mécanisme de Développement Propre

MSA : Méthode de Segmentation Automatisée

MSM : Méthode de Segmentation Manuelle

NPA : Nouvelle Politique Agricole

ONCAD : Office National pour la Coopération et l'Aide au Développement

OWI: One Woman Initiative

PA: Programme Agricole

PAGF: Projet Agroforestier de Diourbel

PAMECAS: Partenariat pour la Mobilisation de l'Epargne et le Crédit au Sénégal

PANA : Plan d'Action National pour l'Adaptation aux Changements Climatiques

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

RGP : Recensement Général de la Population

SIG : Système d'Information Géographique

SODEVA : Société pour le Développement et la Vulgarisation Agricole

SRSD : Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Thiès

START: Global Change SysTem for Analysis, Research, and Training

SEI-B: Stockholm Environment Institute à Boston

UCAD: Université Cheikh Anta Diop de Dakar

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS: World Geodetic System



## Table des illustrations

### Liste des Figures

Figure 1: Localisation de la zone d'inventaire .....	19
Figure 2: Méthode de calcul de la hauteur de l'arbre à l'aide d'un clinomètre .....	20
Figure 3: Evolution interannuelle des précipitations dans la région de Thiès de 1961 à 2004.	27
Figure 4: Evolution interannuelle des précipitations à Bambey de 1961 à 2005 .....	28
Figure 5: Evolution des températures moyennes annuelles dans la région de Thiès de 1979 à 1999 .....	29
Figure 6: Représentation schématique de la Communauté Rurale de Touba Toul .....	39
Figure 7: Distribution des classes de diamètre de l'échantillon .....	44
Figure 8: Détermination de la distribution spatiale du parc à <i>Kad</i> à partir de la MSM .....	46
Figure 9: Etude de la structure du parc à <i>Kad</i> à partir de la MSA .....	48
Figure 10: Répartition de la biomasse totale par classes de diamètre .....	53
Figure 11: Schéma de la perception des paysans de l'impact de la qualité de la saison des pluies sur les rendements agropastoraux .....	58

### Liste des Tableaux

Tableau 1: Détermination de la densité de l'aire d'étude par la MSM .....	46
Tableau 2: Synthèse du taux de couverture de l'aire segmentée à partir des MSM et MSA ....	47
Tableau 3: Etude des types de densités observables dans l'aire d'étude à partir de la MSM ..	49
Tableau 4: Etude du taux de couverture par type de densité à partir de la MSA .....	49
Tableau 5: Equations allométriques et facteur de conversion utilisés .....	50
Tableau 6: Exemple de calcul de biomasses et des quantités de carbone (parcelle 1) .....	51
Tableau 7: Biomasses et quantités de carbone de la parcelle 2 .....	52
Tableau 8: Biomasses et quantités de carbone de la parcelle 3 .....	52
Tableau 9: Valeurs moyennes totales de biomasses et de carbone .....	52
Tableau 10: Synthèse des impacts de la variabilité et du changement climatique et options d'adaptation par secteur d'activités à Touba Toul .....	55

## Liste des Photos

Photo 1: Délimitation d'une parcelle d'inventaire .....	20
Photo 2: Mesure du Dhp de l'arbre .....	20
Photo 3: Mesure de la circonférence de l'arbre .....	21
Photo 4: Membres de l'équipe d'inventaire.....	21
Photo 5: Entretien semi-structuré avec un agropasteur .....	24
Photo 6A: <i>Kad</i> feuillu en saison sèche.....	35
Photo 6B: <i>Kad</i> sans feuilles en saison des pluies.....	35
Photo 7: Cultures d'arachide.....	40
Photo 8: Cultures de mil souna.....	40
Photo 9: Cultures de niébé (en wolof).....	40
Photo 10: Cultures de bissap (en wolof).....	40
Photo 11: Ovins et bovin en saison des pluies.....	41
Photo 12: Ovins en saison sèche.....	42

## Introduction générale

### Contexte générale de l'étude

L'agriculture a toujours occupé une place importante dans l'économie sénégalaise. D'ailleurs elle représentait 5,2% du PIB en 2007 contre 6,6% en 2006 et 8,1% en 2005. En outre, 59,3% de la population sénégalaise vit en milieu rural (**ANSD, 2007**). Durant la période coloniale déjà, les plans de développement économique et social étaient pour l'essentiel basés sur une augmentation des exportations, principalement d'arachide. Aussi le bassin arachidier (ancien bassin arachidier) était-il considéré comme un pôle géographique central dans l'élaboration des politiques agricoles au regard de l'importance de la production arachidière qu'il assurait (**Sakho, 2004**). En 1960, l'Etat devenu indépendant adopta le Programme Agricole (PA) en considération des avantages financiers que procurait l'agriculture d'exportation. Ce programme était mis en œuvre par le biais de Coopératives agricoles à travers des subventions aux engrais et autres intrants. Au-delà des coopératives, la forte implication de l'Etat à travers le PA s'est traduite par la mise sur pied de structures paraétatiques comme l'Office National pour la Coopération et l'Aide au Développement (ONCAD) et la Société de Développement et de Vulgarisation Agricole (SODEVA). Ces dernières étaient respectivement chargées d'assurer la vulgarisation agricole et la formation des paysans, puis de l'approvisionnement en intrants, de la commercialisation et de la collecte d'arachide. En outre, cette politique arachidière s'est accompagnée de la promotion de l'extension des terres cultivées à travers le projet de conquête des « Terres Neuves ». Ainsi, l'ancien bassin arachidier va s'étendre au détriment du couvert arboré, pour atteindre maintenant les régions de Tambacounda, Kolda et Ziguinchor (Nouveau Bassin Arachidier). Toutes ces mesures ont conduit les paysans à se focaliser sur deux types de cultures (arachide et mil), et sur la réduction des techniques de fertilisation traditionnelle comme l'agroforesterie.

La mauvaise gestion de ces structures paraétatiques a lourdement influé sur les charges des pouvoirs publics, alors contraints d'avaliser les ajustements structurels recommandés par la Banque Mondiale (BM) et le Fond Monétaire International (FMI). Cela a conduit à la libéralisation du secteur agricole via la Nouvelle Politique Agricole (NPA) en 1984. Cette dernière s'est traduite par le désengagement brutal de l'Etat à travers la suppression de ses subventions.

La NPA couplée à la péjoration climatique des années 1970 et à la forte croissance démographique ont conduit à une dégradation accrue des ressources naturelles. On a ainsi assisté à un déclin de la production arachidière, à l'accentuation de l'érosion des sols et à un effondrement de leur fertilité. Le couvert arboré a été dégradé et les zones de pâturage envahies par des agriculteurs causant alors des conflits divers.

En dépit de cet appauvrissement de la végétation arborée, quelques reliques ont subsisté sous forme de parcs à Acacia dominés par *Acacia tortilis* dans le nord du bassin et *Faidherbia albida* dans le centre et le sud (**Pélissier, 1966**)

### **Problématique et objectifs**

Le réchauffement climatique dû à l'augmentation de GES, particulièrement le CO<sub>2</sub>, dans l'atmosphère est sans équivoque. La hausse de cette quantité de GES est due principalement à l'utilisation de combustibles fossiles, et dans une moindre mesure au changement d'affectation des terres (**GIEC, 1995**).

La concentration de CO<sub>2</sub> mondiale est passée de 280 ppm environ à l'époque préindustrielle à 379 ppm en 2005. La tendance linéaire au réchauffement qui en découle atteint 0,74°C (**GIEC, 2007**). Ce bouleversement du bilan énergétique global contribue à un changement climatique dont les effets sont déjà perceptibles dans différentes régions du globe. Cependant, les projections annoncent une tendance à l'amplification des phénomènes.

L'Afrique demeure le continent le plus vulnérable au changement de climat eu égard à la pauvreté endémique et à la forte dépendance de ses populations vis-à-vis des ressources naturelles. Les zones arides et semi-arides, et les secteurs menacés par la dégradation des terres et la désertification sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques. En effet, selon **Piroux et al. (1997)**, le climat se positionne au premier plan des facteurs qui structurent le risque agricole en région sahélo-soudanienne. Ainsi l'aggravation de la sécheresse pourrait réduire notablement la production alimentaire dans le Sahel (**GIEC, 1997**).

La prise de conscience grandissante par la communauté internationale de ce phénomène et de son impact, s'est traduite par l'adoption de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en juin 1992 à Rio de Janeiro. Dans ce cadre, les principaux domaines retenus pour la lutte contre les changements climatiques sont l'atténuation et l'adaptation. En effet, selon le **GIEC (2007)**, nos sociétés peuvent réagir à

l'évolution du climat en s'adaptant à ses effets et en diminuant les émissions de GES (atténuation), afin de réduire le rythme et l'ampleur des changements. C'est dans la logique de l'atténuation que le Protocole de Kyoto (PK), seul instrument juridique contraignant additionnel à la CCNUCC, a été adopté en 1997. Ce dernier institue dans son article 12, un Mécanisme de Développement Propre (MDP) permettant au pays figurant à l'annexe 1 de la CCNUCC d'obtenir des unités de réduction des émissions dans des pays qui n'y figurent pas (principalement les pays en développement), à travers des activités de boisement et de reboisement. Cependant, la dynamique du climat a un caractère non linéaire, c'est-à-dire que les changements qui en découlent sont irréguliers et peuvent se produire à tout moment n'importe où. L'implication pratique est dès lors la nécessité de systématiser l'adaptation.

L'arbre a toujours joué un rôle important dans les systèmes agraires sahéliens et soudano-sahéliens (**Pélissier, 1966**). Son intégration au paysage rural revêt une importance capitale aussi bien pour la satisfaction des besoins fondamentaux des populations que pour le maintien de l'équilibre du milieu naturel. Cette interaction temporelle et spatiale entre l'arbre ou l'arbuste et les composantes du milieu est connue sous le vocable d'agroforesterie.

L'agroforesterie a des fonctions productives et de service. L'importance relative des services écosystémiques varie selon l'environnement biophysique et les conditions socio-économiques. Les produits (récoltes, fourrage, lait etc.) du terroir sont divers et permettent de ce fait aux populations de faire des économies et d'assurer une certaine sécurité alimentaire. Les services écosystémiques sont aussi variés ; ils incluent l'ombrage (pour les humains ou le bétail), la réduction de la vitesse du vent et le contrôle de mauvaises herbes (**Young, 1997**). Cependant, la fonction de service primordiale remplie par l'agroforesterie est sans nul doute son rôle dans la préservation du sol, incluant le contrôle de l'érosion, le maintien et l'amélioration de la fertilité du sol.

**Badiane (1998)** montre que dans des écosystèmes agroforestiers à Acacias, le statut organique du sol enregistré sous cultures associées à l'arbre augmente par rapport aux cultures témoins (sans arbres). C'est le cas notamment des parcs à *Faidherbia albida* (*Kad* en Wolof). En effet, la présence d'un tel parc permet une restauration de la composition organique du sol. Cela est rendu possible grâce au *Kad* qui possède une phénologie dite « inversée ». Il effectue sa feuillaison durant la saison sèche tandis qu'en saison de pluie il est totalement défeuillé. Ces feuilles contribueront plus tard à un enrichissement du sol en matière organique. Ainsi, l'agriculture par une pratique agroforestière intégrant le *Kad*,

permet de maintenir une bonne production et de ce fait de contribuer à la résilience (c'est-à-dire l'aptitude à faire face à un risque) des populations confrontées aux changements du climat.

Selon le **GIEC (2002)**, l'agroforesterie peut augmenter les puits de carbone et permettre le développement d'une agriculture durable sur des terres où elle remplace seulement des récoltes annuelles ou des sols dégradés. Elle contribue donc à la fois à l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques qui sont les deux piliers de la CCNUCC.

Dans le même ordre d'idée, le Sénégal s'est inscrit dans la perspective de la promotion de l'agroforesterie à travers différentes politiques et programmes. En effet, dans sa communication initiale sur les changements climatiques, plusieurs options de réduction des GES ont été identifiées, parmi lesquelles l'accroissement des capacités de séquestration du carbone par l'agroforesterie. De plus, cette technique est prônée dans le plan de la politique forestière 2005-2025 en vue de restaurer les terres agricoles du bassin arachidier et d'atténuer la sensibilité des sols à l'érosion éolienne et hydrique. Enfin, à la faveur du Programme de Développement de l'Agroforesterie, elle est se trouve inscrite dans les projets prioritaires du Plan d'Action National pour l'Adaptation aux changements climatiques (PANA).

Fort de ce qui précède, nous nous proposons d'évaluer le potentiel des systèmes agroforestiers, issus du maintien du *Kad* des champs de la Communauté Rurale de Touba Toul, en termes de séquestration du carbone et d'adaptation des populations aux changements climatiques. La poursuite de cet objectif général se décline suivant trois (3) niveaux d'analyse:

- La caractérisation **structurale** du parc à *Kad* ;
- L'estimation de la quantité de carbone de la biomasse ligneuse ;
- L'évaluation des options d'adaptation des populations à la variabilité et aux changements climatiques au niveau du parc agroforestier

## Cadre conceptuel

### ▪ Agroforesterie

Terme collectif pour les systèmes d'utilisation des terres où des plantes ligneuses pérennes (arbres, arbustes...) croissent en association avec des plantes herbacées (cultures, pâturage) ou le bétail, en arrangement spatial, en rotation, ou les deux. Ces interactions sont généralement de type écologique et économique entre les arbres et d'autres composantes du système (Lundgren, 1982 cité par Young, 1997). Il s'agit en effet d'un terme générique qui regroupe un ensemble de systèmes d'utilisation des terres qui se distinguent par les types de composantes en jeu sur un même espace (ligneux, non ligneux et animaux) et leur mode d'agencement (spatial et temporel). L'adoption d'un système est souvent dictée par les caractéristiques des espèces en présence, mais aussi par l'environnement socioéconomique et culturel. Dans ces systèmes, les liens établis sont à bénéfices réciproques et caractérisent des pratiques intégrant l'environnement physico-chimique, les espèces végétales et leur arrangement, le mode de gestion et le fonctionnement socio-économique (Na-Abou, 2004).

### ▪ Changement climatique

Pour la CCNUCC dans son article 1, les changements climatiques sont « des changements du climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ».

Cependant, pour le GIEC, il s'agit d'« une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus). La différence entre ces deux définitions tient du fait que la CCNUCC attribue une origine anthropique au changement climatique et une origine naturelle à la variabilité climatique.

### ▪ Séquestration du carbone

C'est le retrait naturel ou anthropique de l'atmosphère d'une quantité de CO<sub>2</sub> à travers le processus de la photosynthèse. Ainsi on entendra par potentiel de séquestration de carbone, la quantité de CO<sub>2</sub> atmosphérique susceptible d'être emprisonnée par la biomasse ligneuse.

- **Vulnérabilité aux changements climatiques**

Il s'agit de la susceptibilité que présente un système naturel ou humain à être marqué négativement par un stress climatique. C'est le résultat de l'interaction entre des caractéristiques intrinsèques du système (sensibilité et capacité d'adaptation) et son exposition à un changement climatique, et qui indique le degré à partir duquel il peut être atteint négativement. Selon le système considéré (naturel ou humain), on parle de vulnérabilité biophysique ou sociale.

- **Adaptation aux changements climatiques**

L'adaptation selon le GIEC correspond à « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des *stimuli* climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques ». Les *stimuli* peuvent s'exprimer ou simplement demeurer potentiels. En fonction de ses caractéristiques intrinsèques, et de l'exposition à un stress climatique, un système se modifie et s'ajuste perpétuellement pour maintenir sa stabilité. Dans le cas particulier des systèmes humains, cet ajustement s'effectue à travers la mobilisation des ressources (naturelles, techniques, financières, humaines et sociales) dont disposent des individus, en vue de réduire leur susceptibilité et leur exposition à des effets et/ou impacts révélés ou potentiels. L'adaptation pourrait ainsi être perçue comme un ajustement durable et permanent des moyens d'existence et/ou des pratiques et comportements des populations en réponse à un risque climatique, ses effets ou à son impact. Il s'agirait donc d'une prise en charge des effets/impacts résultant d'une modification dans les paramètres climatiques ; et qui se traduirait par leur anticipation ou leur atténuation systématique.

Pour **Mbow (2009)** le terme adaptation est l'«ensemble des stratégies d'ajustement d'un système pour atténuer les impacts des changements climatiques, de tirer partie de la nouvelle situation ou de se résigner aux conséquences ». Il ressort dès lors que l'adaptation aux changements climatiques se résume pour un système, selon ses ressources, à faire front aux effets et/ou impacts des stress climatiques, les exploiter ou simplement subir leurs impacts.



## **I-Matériel et méthodes**

Pour atteindre les objectifs fixés, l'approche méthodologique a consisté dans un premier temps, en une recherche bibliographique durant toutes les phases de production de ce travail. Dans un second temps, une collecte, **une analyse** et un traitement des données **a été** effectuée selon trois (3) approches:

- une cartographie de la zone d'étude;
- une collecte, une analyse et un traitement de données dendrométriques;
- une analyse des pratiques et aptitudes locales par des enquêtes.

### **Revue de la littérature**

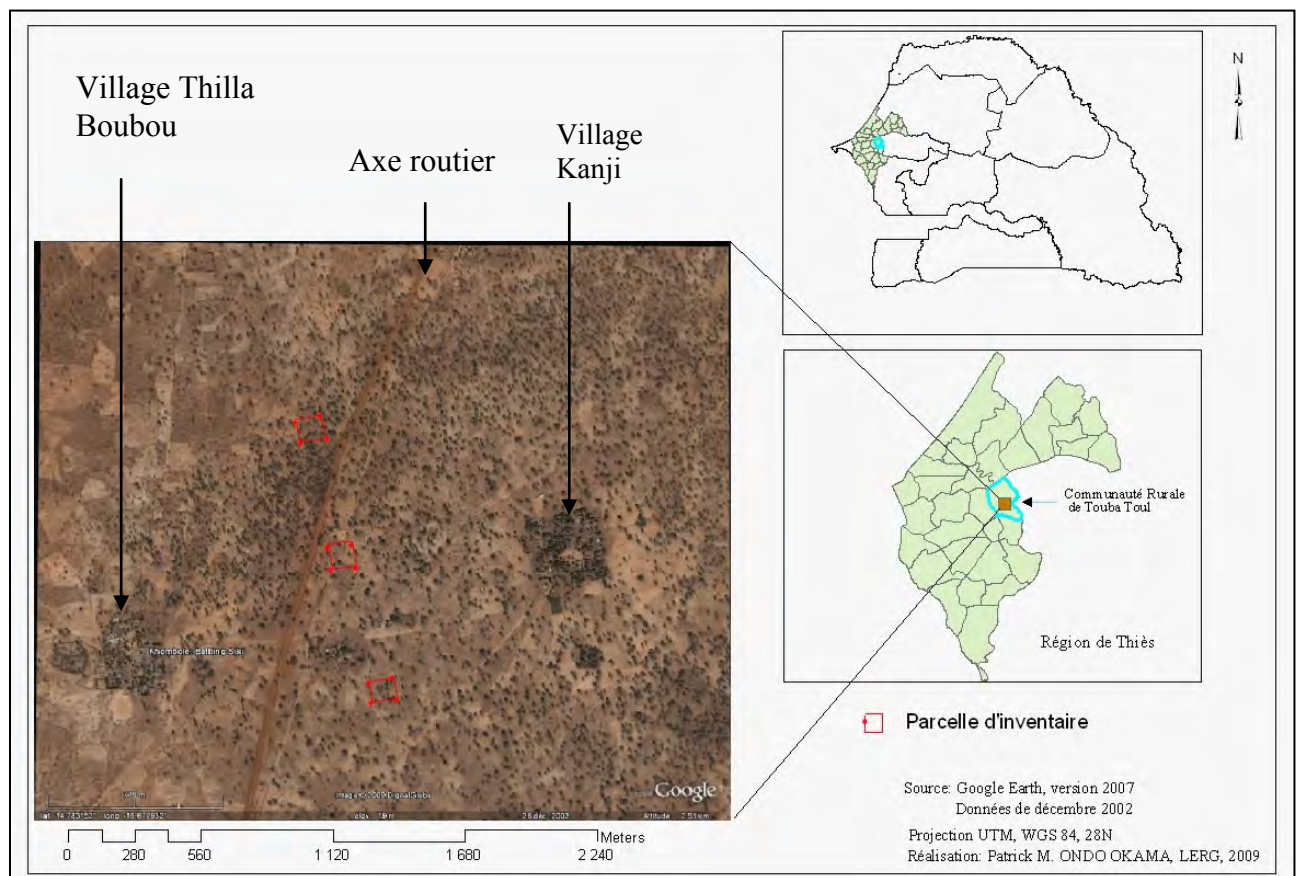
La revue de la littérature a été réalisée avant et pendant le travail de terrain et s'est poursuivie durant la phase de rédaction du document. Elle a permis dans un premier temps d'identifier les facteurs biophysiques et sociaux qui structurent la vulnérabilité des populations dans l'ancien bassin arachidier. Dans un second temps, cela a permis d'appréhender l'écologie du *Kad* et son importance dans les systèmes agraires de la région. Tertio, une revue des différentes méthodes d'étude de la végétation ligneuse a été en partie nécessaire pour définir un plan de sondage et une cartographie de la végétation ligneuse. Enfin, elle a conduit à une connaissance des causes des changements climatiques, ainsi que leurs différentes implications. Ces informations ont pu être obtenues à la bibliothèque centrale de l'UCAD, celle de la FST et de l'ISE. Des informations complémentaires obtenues sur Internet ont été prolongées par des entretiens avec des personnes ayant une expertise sur les changements climatiques et notre participation à des soutenances, ateliers ou conférences en rapport avec cette thématique.

### **Echantillonnage et inventaire du parc à *Faidherbia albida***

La zone d'étude est localisée dans la Région de Thiès dans la Communauté Rurale de Touba Toul (Figure 1). Cette dernière couvre une superficie de 176 km<sup>2</sup>. Le choix de ce site se justifie par la présence de nombreux *Kad* maintenus dans les champs de la plupart des paysans. Le parc qui en résulte fonde alors la population d'étude.

L'analyse d'une image de la zone d'étude capturée sur Google Earth (Fournit des images compressé du satellite QuickBird) version 2007, datée de décembre 2002, suivie d'une mission de terrain exploratoire (en février 2009) nous a permis de noter certaines caractéristiques du milieu variant très peu (platitude du relief, un seul type de sol, absence de réseau hydrographique...). Cependant, nous avons noté un gradient de densité arborée. Aussi pour rendre compte de ce gradient, avons-nous opté pour un échantillonnage systématique (Figure 1). Ce dernier consiste à disposer les unités d'échantillonnage selon un schéma régulier (dans une grille ou sur un transect). Selon **White et Edwards (2000)**, cette méthode a l'avantage de donner des lieux plus faciles à localiser que s'ils avaient été placés au hasard. Le dispositif expérimental utilisé comprenait un transect orienté Nord avec une boussole. Suivant ce transect, nous avons disposé trois (3) placettes carrées d'un hectare (Photo 1), distantes chacune de 450m (Figure 1). Cette distance a été choisie d'une part, pour couvrir une grande zone et, d'autre part pour faciliter la mise en place du dispositif sur le terrain. Pendant la mise en place des parcelles, nous avons procédé au relevé de leurs coordonnées géographiques au moyen d'un GPS (Garmin eTrex Legend HCx) afin de les repérer correctement. Elles ont été délimitées au moyen de 4 piquets de fer, d'un décamètre (pour la mesure des distances) et de deux rubans de couleur (pour le marquage). Selon **Woomer et al. (2001)** le choix de 1ha se justifie par la densité faible des parcs à *Faidherbia albida* en zone soudano-sahélienne. Quant au choix de la forme, il s'explique par le fait que les formes carrées fournissent, à surface et taux d'échantillonnage égales, une précision maximale (**Dagnelie, 1965 cité par Rondeux, 1999**). Cela signifie qu'avec cette forme, on a un rapport du périmètre à la surface faible, et donc une réduction des risques d'erreurs liés aux effets de bordures (d'inclusion ou suppression d'un individu de la parcelle).

Figure 1: Localisation de la zone d'inventaire

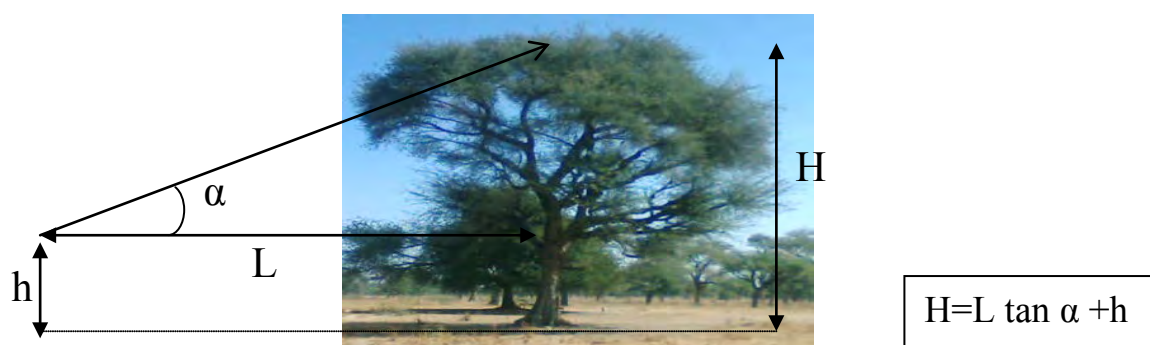


Le présent inventaire s'est appesanti sur la végétation ligneuse sur pied de la population échantillonnée. Il a porté sur tous les sujets dont l'axe central du tronc (moitié du tronc) est inclus dans les parcelles. Il a consisté à la mesure de certaines caractéristiques dendrométriques que sont le Dhp (Diamètre du tronc de l'individu à 1,3m du sol) et la hauteur totale de l'individu. Le Dhp a été mesuré au moyen d'un compas forestier. Ce dernier a été disposé perpendiculairement à l'axe du tronc (Photo 2). En revanche, les troncs des arbres et arbustes dans le Sahel ne formant pas un cylindre parfait, nous avons déterminé le diamètre moyen à hauteur de poitrine qui résulte de la moyenne de deux mesures de Dhp d'un arbre sur deux plans perpendiculaires (**Gounot, 1969**). S'agissant des individus dont le Dhp est supérieur à 60cm, nous avons procédé à la mesure de la circonférence à hauteur de poitrine avec un ruban mètre (Photo 3). Le Dhp est obtenu en utilisant le rapport  $Dhp = Circonférence / \pi$  (**Rondeux, 1999**).

S'agissant de la hauteur totale (H), elle a été déterminée par la méthode trigonométrique (Figure 2) qui utilise la mesure des angles grâce à un clinomètre (appareil de mesure des angles dans un plan vertical). Son principal avantage est d'être indépendant d'une distance

d'éloignement fixée au préalable (**Rondeux, 1999**). La quasi platitude du relief a fait que nous avons considéré la distance  $h$  comme étant fixe. L'inventaire des premiers sujets a permis de confirmer cette hypothèse. ' $h$ ' a été mesuré verticalement avec un ruban mètre, de la base des pieds de l'utilisateur du clinomètre jusqu'au niveau de ses yeux.

Figure 2: Méthode de calcul de la hauteur de l'arbre à l'aide d'un clinomètre



**H** : Hauteur totale de l'arbre

**L** : Distance séparant l'utilisateur de l'arbre.  $L$  est déterminé *à posteriori* par une mesure complémentaire avec un décamètre après la mesure de  $\alpha$ .

**$\alpha$** : Angle formé par l'horizontale et le sommet de l'arbre

**h** : Distance verticale entre le sol et l'horizontale à partir de l'endroit de visée à l'aide du clinomètre

Photo 1: Délimitation d'une parcelle d'inventaire



Photo 2: Mesure du Dhp de l'arbre





Photo 3: Mesure de la circonférence de l'arbre



Photo 4: Membres de l'équipe d'inventaire



### **Caractérisation du parc à Kad**

De prime abord, nous avons procédé à la caractérisation de la structure verticale de la végétation ligneuse. Cette caractérisation s'est faite à partir de données dendrométriques. Il s'est agi d'étudier la répartition de l'effectif des individus par classe de diamètre.

Des coordonnées de points relevés sur une image très haute résolution (2,5m) de la zone d'étude nous ont permis de procéder à son redressement géométrique à partir du logiciel ENVI 4.5. L'image (Satellite Quickbird compressé) datée de décembre 2002 a été capturée sur Google Earth version 2007. Le redressement géométrique ou rectification géométrique consiste ici au redressement de l'image dans un système de projection orthogonale (coordonnées XY). Une bonne distribution des points relevés sur l'image apporte une amélioration dans les opérations de rectification. L'image est ensuite exportée vers ArcGIS 9.0 pour les traitements aboutissant à la réalisation de différentes cartes.

Pour l'étude de la dispersion des individus, deux (2) méthodes de segmentation d'une image ont été testées : la Méthode de Segmentation Manuelle (MSM) et la Méthode de Segmentation Automatisée (MSA). La MSM a été réalisée à partir de ArcGIS 9.0. C'est ainsi qu'après avoir sélectionné une zone couvrant les différentes parcelles sur l'image, nous avons procédé à sa segmentation manuelle par digitalisation des couronnes des individus. Cela a permis d'obtenir par la suite la surface couverte par les couronnes des ligneux et le nombre des individus. Ainsi, à partir d'un tableau Excel, on a pu déterminer la densité (nombre d'individus à l'hectare) et le taux de couverture (pourcentage de surface couverte par la

canopée rapportée à la surface totale) de la composante arborée. Pour terminer, nous avons procédé à une analyse de zones de forte, moyenne et faible concentration arborée. Les zones ont été préalablement sélectionnées; puis nous avons déterminé leur densité ligneuse et leur taux de couverture.

Pour ce qui est de la MSA, elle a été faite à partir d'ENVI 4.5. Nous avons procédé au développement d'une méthode automatisée d'étude de la distribution spatiale de la végétation ligneuse. Pour cela, l'image de la zone préalablement sélectionnée sur ArcGIS 9.0 a été filtrée. Le filtre (3\*3 pixels) a permis d'améliorer les bordures des couronnes. Ensuite, nous avons réalisé une classification non supervisée de l'image filtrée. Cette opération a consisté à regrouper différents pixels de l'image en classes selon des caractéristiques statistiques ; ce qui a alors permis d'isoler la classe correspondant aux couronnes des individus sans leurs ombres grâce à la segmentation. Enfin, nous avons déterminé le taux de couverture de l'image ; puis celui des zones de différentes concentration ligneuse. Ces résultats ont été par ailleurs comparés à ceux obtenus par la MSM.

### **Estimation de la quantité de carbone**

La biomasse a été retenue comme paramètre d'entrée pour évaluer le potentiel de carbone. En effet, selon **Brown et al. (1997)** elle fournit une bonne estimation du potentiel de carbone de la végétation car 50% de la biomasse est carbonée.

L'estimation de la biomasse aérienne et racinaire, ainsi que l'estimation de la quantité de carbone, ont été réalisées à partir d'Excel. Pour ce faire, la méthode d'évaluation indirecte a été utilisée. Il s'agit d'une méthode non destructive basée sur l'utilisation d'équations mathématiques ou de tables exprimant la biomasse d'une composante d'un individu en fonction de caractéristiques facilement mesurables (**Rondeux, 1999**). Cette méthode est rapide et permet de couvrir une grande zone. Selon **Hairiah et al. (2001)**, un grand nombre de ligneux peut ainsi être échantillonné

Dans un souci de comparaison, nous avons utilisé aussi un facteur de conversion par défaut (rapport de la biomasse souterraine/biomasse aérienne) pour la deuxième valeur de biomasse racinaire.

Enfin, les biomasses aérienne et racinaire des ligneux de chaque parcelle a été convertie en quantité de carbone par le facteur 0,5 recommandé par le **GIEC (1996)**. Ainsi, nous avons déterminé la quantité totale de carbone en sommant le carbone de la biomasse aérienne et le carbone de la biomasse racinaire<sup>1</sup> (obtenue en appliquant une équation allométrique à la biomasse aérienne) dans un premier temps, puis celui de la biomasse racinaire<sup>2</sup> (obtenue en appliquant un facteur de conversion à la biomasse aérienne) dans un second temps. Toutefois, il faut noter que du fait de la saisonnalité des récoltes, l'évaluation de leur biomasse n'a pas été envisagée.

### **Options d'adaptation**

Des interviews semi-structurées (photo 5) de groupes cibles ont été menées. Ces dernières ont été complétées par un entretien informel avec le responsable du Projet Agroforestier de Diourbel (PAGF). Le choix des villages s'est basé sur l'appartenance à la Communauté Rurale et selon le critère ethnique (Sachant que chaque village est dominé par une seule ethnie). En revanche, le choix des groupes cibles selon l'activité pratiquée a été fait en fonction des groupes sociaux. Cette approche tient compte des réalités socioculturelles et socioéconomiques de la communauté rurale de Touba Toul. En effet, les femmes y sont très impliquées dans la gestion des ressources naturelles, et les deux ethnies majoritaires sont les wolofs et les sérères. A la fin de la saison des pluies, une série d'entretiens informels a été réalisée auprès de quelques agropasteurs pris isolément. Compte tenu de notre faible capacité de compréhension des langues du terroir, les enquêtes menées l'ont été avec l'appui d'un interprète du Wolof au Français.

Ces enquêtes ont permis d'une part, d'avoir la perception générale du parc à *Faidherbia albida* ; d'autre part, de faire une évaluation participative de la vulnérabilité et des options d'adaptation à la variabilité actuelle et passée du climat et aux événements climatiques extrêmes. Le guide d'entretien a été élaboré en partie en nous appuyant sur l'outil cristal version 4.0 de novembre 2008. Cet outil a été mis au point conjointement par l'Institut International du développement durable (IIDD), l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN), le Stockholm Environment Institute à Boston (SEI-B) et Intercoopération. Il permet d'identifier les risques climatiques locaux et les moyens d'existence des populations, puis de comprendre systématiquement leurs interactions. Cette méthode participative est basée sur la connaissance des impacts biophysiques liés à des

risques climatiques, et cherche à comprendre les dynamiques socio-économiques de ces impacts.

Photo 5: Entretien semi-structuré avec un agropasteur



### Limites de la méthodologie

Dans un échantillonnage systématique, les unités d'échantillonnage ne sont pas indépendantes les unes des autres; la première déterminant la position des autres. Il serait alors difficile de modifier un taux de sondage en cours d'exécution. De plus en zone soudano sahélienne, le pourtour du tronc ne forme pas un cercle parfait. Cela constitue un biais lors de la mesure du dhp ou de la circonférence. La simple moyenne de deux diamètres pris dans un plan horizontal ne pourrait suffire à obtenir une valeur précise. A cela s'ajoutent des erreurs introduites lors de l'utilisation des instruments.

Concernant l'estimation des biomasses, l'utilisation de facteurs de conversion et des équations allométriques introduit des erreurs. En effet ces derniers peuvent rarement prévoir avec exactitude la valeur de biomasse (**GIEC, 2003**). De plus l'équation allométrique utilisée pour l'évaluation de la biomasse aérienne est appropriée en termes de zone climatique pour laquelle elle a été développée. Cependant, elle n'est sensée être applicable qu'à des classes de diamètre de 5 à 40 cm.



Pour ce qui est de la cartographie de la végétation, on peut avoir une introduction d'incertitudes résultant de l'interprétation et de la digitalisation. A cet égard, il est souvent difficile de séparer au cours de cette opération, la canopée de son ombre sur le sol. En tentant d'éviter ces ombres, on peut être amené à surestimer ou sous estimer la surface couverte. En revanche, La segmentation automatisée a pour inconvénient principal d'introduire lors de la classification des pixels non désirés se rapprochant de la classe choisie.

Enfin, le simple fait de recourir à un traducteur pour l'enquête introduit un biais lié au fait que ce dernier ne traduit pas toujours fidèlement ce que disent les personnes interrogées ou ce que demande l'enquêteur. Leur traduction est souvent le fruit de leur appréhension de ce qui est dit ou demandé. **Mertz et al. (2008)** par exemple, constatent dans l'Est du Saloum que la narration est de nature à biaiser les réponses des personnes interviewées et fait place à des perceptions bien difficiles quelquefois à transcrire, lire ou imprimer.

## **II-Présentation de la zone d'étude**

La région de Thiès a une superficie de 6601 km<sup>2</sup>, soit 3,3% du territoire national. Elle fait partie avec Dakar et Diourbel des régions les moins étendues du Sénégal. Elle comprend trois (3) départements (Mbour, Thiès et Tivaouane), dix (10) arrondissements, onze (11) communes et trente et une (31) communautés rurales (**SRSD, 2006**).

Parmi les onze arrondissements de la région, Thiénaba est en plein cœur de l'ancien bassin arachidier. Il est composé de quatre (4) communautés rurales dont Touba Toul où a été réalisée cette recherche.

Cette étude s'insère dans un cadre caractérisé par un ensemble de facteurs biophysiques, socioéconomiques et humains qui interagissent et contribuent à structurer la vulnérabilité des populations du Baol (grande zone agricole du centre ouest du Sénégal) et de la Communauté Rurale de Touba Toul en particulier. Cette partie permettra de définir le contexte dans lequel pourrait intervenir une exacerbation des conditions climatiques.

### **II.1-Cadre Biophysique**

Il s'agira ici de présenter isolément les facteurs biotiques et abiotiques tout en ayant en esprit leurs influences réciproques. Cette interrelation est telle qu'elle se traduit par un système complexe qui détermine le cadre difficile dans lequel les paysans de la Communauté Rurale de Touba Toul développent leurs activités.

#### **II.1.1-Climat**

Le climat dans le Baol à l'instar des autres régions de l'ancien bassin arachidier est de type tropical sec ; spécifiquement sahélo-soudanien avec une saison sèche prononcée et une courte saison pluvieuse, entre juillet et octobre. Il est comme dans l'ensemble du Sénégal sous l'influence de facteurs géographiques et aérologiques.

##### **II.1.1.1-Pluviométrie**

Selon **Sagna (1994)** et **Sagna (2005)** les précipitations sont inégalement réparties dans l'espace et dans le temps ce qui n'est pas sans conséquence pour les activités agricoles.

Les figures 3 et 4 sont issues de données recueillies dans deux stations météorologiques (Thiès et Bambey) encadrant la Commune de Khombole. La moyenne pluviométrique est de 485,71 mm par année à Thiès et de 514,44 mm par année à Bambey. On note ici que dès le début des années 1970, l'ensemble de la région a connu une baisse drastique de la quantité des précipitations. Elles sont passées de 550 mm à 200mm entre 1961 et 1968 à Thiès (Figure 2) et de 700 mm à 350 mm dans le même intervalle de temps à Bambey (Figure 3) ; soit des valeurs, largement en deçà des normales pluviométriques respectives.

On remarque enfin dans ces deux régions, que de 1970 à 2004, la tendance générale est à la réduction des précipitations.

Au Sénégal et dans le Baol en particulier, les précipitations constituent le paramètre climatique qui gouverne la production agricole essentiellement pluviale. A l'exception de leur péjoration, leur irrégularité spatio-temporelle se traduit par des pluies tardives, une fin précoce de la saison des pluies et une irrégularité dans la distribution géographique. Ce caractère aléatoire des pluies reste une contrainte de taille pour un bon déroulement des activités agrosylvopastorales des populations. Elles devraient être prises en compte pour le développement socioéconomique en milieu rural du fait de la dépendance des paysans vis-à-vis de l'agriculture.

Figure 3: Evolution interannuelle des précipitations dans la région de Thiès de 1961 à 2004.

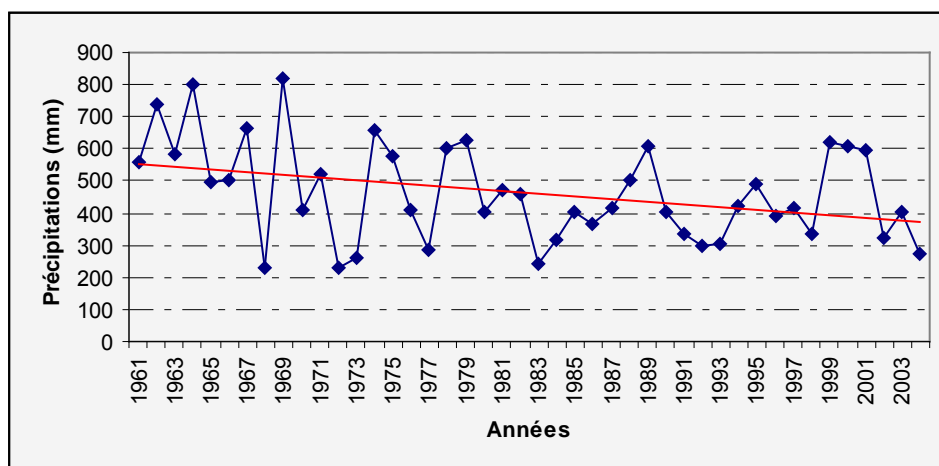
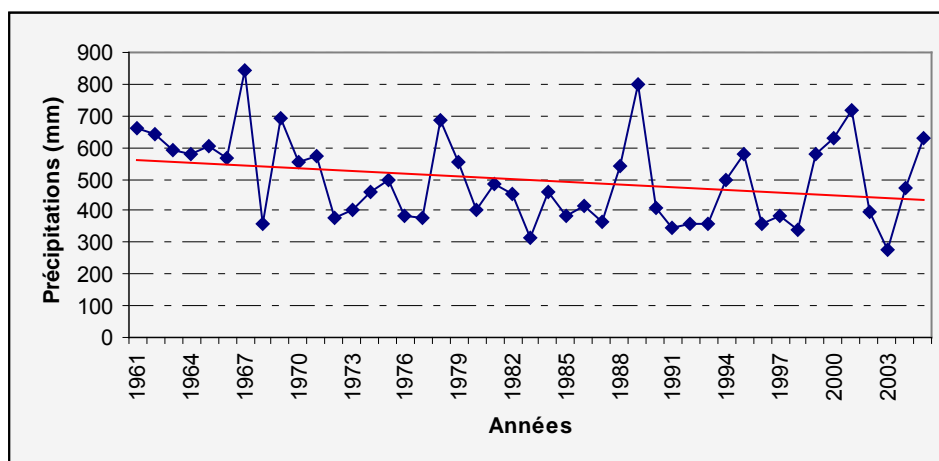


Figure 4: Evolution interannuelle des précipitations à Bambey de 1961 à 2005.



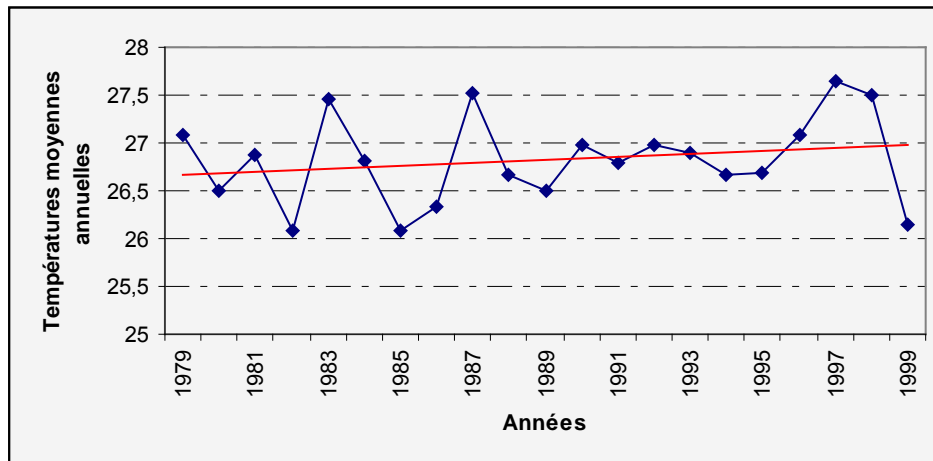
### II.1.1.2-Température

Naturellement, la position latitudinale tropicale du Sénégal fait qu'il soit sujet à des températures relativement élevées. Elles sont variables dans le temps selon la saison et dans l'espace en partie selon l'éloignement par rapport à la mer. Ainsi, la zone étudiée de par sa position est soumise à des températures relativement élevées. Ces dernières constituent un stress supplémentaire pour l'agriculture car elles jouent sur la disponibilité en eau.

**Sagna (2005)** note une tendance à l'augmentation des températures moyennes de l'Afrique Occidentale, s'inscrivant dans la dynamique planétaire. L'analyse de l'évolution des températures moyennes de la station météorologique de Thiès (Figure 5) de 1979 à 1999 conforte cette dynamique. Les années les plus chaudes en termes de températures moyennes annuelles ont été respectivement 1997 (27,65°C), 1987(27,52°C) et 1998 (27,5°C). En revanche, il est à noter que les amplitudes thermiques annuelles ont été très marquées respectivement en 1999 (14,34°C), 1996 (13,95°C), 1997 (13,95°C).

Ces fortes températures et leurs fluctuations aléatoires intra et interannuelles viennent exacerber le déficit hydrique et le stress cultural que connaît déjà la zone. Cette exacerbation est due au fait que les fortes températures augmentent l'évapotranspiration.

Figure 5: Evolution des températures moyennes annuelles dans la région de Thiès de 1979 à 1999



### II.1.1.3-Vents

La zone tropicale connaît deux types de circulation (l'alizé et la mousson) qui lui sont spécifiques et dont la distinction fondamentale concerne leur trajectoire (**Leroux, 1983**). L'alizé naît dans un hémisphère et y demeure, tandis que la mousson franchit l'Equateur Géographique. La mousson étant le facteur principal à l'origine des précipitations en Afrique de l'Ouest et au Sénégal en particulier.

De juillet à octobre, la mousson est présente au Sénégal. C'est un vent humide issu de l'anticyclone de Saint Hélène et qui est aspiré par les basses pressions intertropicales dans la direction Ouest à Sud-Ouest. Tandis que de octobre à juillet on a l'influence de deux alizés. Il s'agit de l'alizé maritime issu de l'anticyclone des Açores et de l'alizé continental d'Est ou harmattan. Ce dernier est un vent chaud et sec issu de la cellule Libyenne, alimentée par l'anticyclone Sibéro-Mongol. Tous ces deux vents repoussent la mousson et s'accompagnent parfois de brume sèche et déferlent sous forme de vent de poussières. Les poussières sont emportées lors du parcours essentiellement terrestre de ces vents sur des sols nus du Sahara.

La faiblesse de la structure des sols et des barrières physiques comme nous l'illustrerons plus tard, fait que dans cette zone les vents sont relativement forts et causent des dommages aux systèmes humains et naturels.

## II.1.2-Géologie et géomorphologie

Dans son ensemble, l'ancien bassin arachidier est caractérisé par une topographie relativement plate qui s'étend des lisières méridionales du Delta du Fleuve Sénégal aux abords de la vallée du Saloum. C'est une plaine imparfaite du fait qu'elle soit flanquée dans ses abords orientaux et occidentaux de bas plateaux surélevés.

La stratigraphie de l'ancien Bassin Arachidier est représentée par une couverture de formations quaternaires tapissant les étages marins secondaires et tertiaires du bassin sénégal-mauritanien encore appelé Bassin du Sénégal. Ce dernier est discordant sur les formations primaires affleurant au Sénégal Oriental, et influence fortement la typologie des sols du Sénégal.

Les formations du bassin sénégalais de la zone sont visibles à l'Est du Horst de Ndiass et sont matérialisées par une série complète allant du Maestrichtien à l'Eocène. Le Maestrichtien essentiellement détritique est grés-sableux, et est surmonté d'un Paléocène calcaire puis d'un Eocène inférieur ou Y présien marno-argileux et d'un Lutétien (Eocène moyen) marno-calcaire (**Martin, 1970**). Alors que selon **Maignien (1965)** les formations du bassin secondaire tertiaire ont une grande importance sur la pédologie sénégalaise ; le Lutétien et l'Oligo-miocène qui n'affleurent pas dans la région n'ont aucune influence sur la pédogenèse.

En ce qui concerne les dépôts post-éocènes, à l'exception de ceux du Quaternaire, sont représentés par le Continental terminal grés-argileux. Ce dernier coiffe dans une grande partie du pays, les assises marines de l'Eocène, mais n'a qu'un rôle marginal dans le bassin arachidier (**Pélissier, 1966**). Il est à l'affleurement souvent sous une cuirasse ferrugineuse ou sous les formations quaternaires.

Enfin, les formations quaternaires ont la forme d'un véritable erg au modelé dunaire fixé, orienté du Nord-Est au Sud-Ouest (**Pélissier, 1966**). Cet erg dit ogolien daté de la glaciation du Würm (20 000-18 000 BP) a été élaboré sous un climat désertique par reprise éolienne d'un matériel alluvial. Il est constitué de grains de quartz colorés en rouge par des films ferrugineux (**Maignien, 1965**).

Cette succession lithologique est d'autant plus importante qu'elle permet dans un premier temps de cerner en partie le type de sol, et dans un second temps de situer les nappes souterraines et de comprendre leur dynamique.

### **II.1.3-Hydrologie et hydrogéologie**

En dépit de la faible quantité des pluies annuelles, de la forte évapotranspiration, la zone du bassin arachidier possède des réserves importantes d'eaux souterraines, captives dans les formations du bassin du Sénégal. Ces dernières sont alimentées par des eaux de ruissellement à partir des bordures orientales et occidentales du bassin. En provenance des formations cristallines imperméables du socle qui affleurent à l'Est, l'eau pénètre dans les assises de grès du Continental terminal et s'enfonce en cheminant vers le Ferlo. A l'Ouest, le plateau de Thiès alimente les nappes situées sur son revers ; l'eau s'écoule donc ici vers l'Est en direction du Baol (**Pélissier, 1966**). Cependant, la mobilisation de cette eau captive nécessite des forages profonds et donc des moyens financiers et techniques relativement importants.

**Martin (1970)** distingue dans la région de Thiès et au sein des formations du bassin sénégalais, deux nappes principales individualisées. Il s'agit de :

- La nappe du Paléocène atteinte par des forages à une profondeur de 150m. La qualité de l'eau est variable du fait d'une salinité élevée dans certaines zones. De ce fait, l'approvisionnement en eau des populations à partir de telles sources, pour la consommation, pour une agriculture de contre saison ou pour l'abreuvement du bétail est plus délicat. En effet, leur santé, leur alimentation et la possibilité de diversifier les sources de revenus dans ces conditions sont **amoindries**.

- La nappe maestrichtienne très puissante (300 à 500m) repose en équilibre de densité sur des eaux salées ou saumâtres. Elle est considérée comme la réserve d'eau souterraine la plus importante du pays et couvre presque l'ensemble du bassin sénégalais. Cependant, la pression sur cette ressource est relativement importante du fait que la plupart des approvisionnements en eau se font grâce à cette dernière.

Cependant, d'autres auteurs tels que **Sow (2000)** identifient dans la zone Thiès-Bambey, en plus des deux nappes précitées, les systèmes aquifères du Quaternaire, du Continental terminal et de l'Eocène dans les bas-fonds. Les populations y réalisent souvent des activités

agricoles de contre saison. Cependant, la péjoration pluviométrique limite les possibilités pour les paysans de réaliser de telles activités au regard de la faible alimentation des eaux souterraines qu'elle occasionne, et de la baisse de leur niveau piézométrique.

En outre, de l'Est à l'Ouest, on note une réduction de la profondeur des nappes qui n'est guère avantagée par les conditions stratigraphiques du bassin. Ainsi, à l'Ouest du 16° de longitude, les nappes sont peu profondes et peuvent généralement atteindre 5, 10 ou 20 m du sol. *A contrario*, du côté Est l'alimentation des nappes est précaire. Ceci explique leur relative profondeur dans la zone étudiée.

Cette variation est due à la combinaison de plusieurs facteurs tels que la pluviométrie, l'évapotranspiration, l'alimentation par ruissellement et la nature des roches magasins.

Enfin, les eaux de surface de la région de Thiès, sont représentées par quelques lacs, marigots et mares temporaires. Le fait que ces quelques points d'eau soient relativement éloignés de l'arrondissement de Thiénaba, les rend quasiment inaccessibles aux populations de Touba Toul. Ainsi, la faiblesse du réseau hydrographique combinée à la profondeur des nappes captives concourent à limiter la disponibilité en eau pour la réalisation des activités de la population.

#### **II.1.4-Pédologie**

La connaissance des formations quaternaires du Sénégal est étroitement associée aux types de sols dans le Bassin Arachidier. Sur l'ensemble de l'erg quaternaire se dessine deux types de sols au contraste frappant. Il s'agit d'une part, des sols sur dunes, ferrugineux tropicaux peu lessivés appelés dior (en Wolof) ; et, d'autre part des sols hydromorphes de dépressions interdunaires appelés deck (en Wolof).

Les premiers sont profonds avec un horizon B de 50 à 100 cm d'épaisseur. Ils ont une couleur rouge par suite de l'accumulation de fer éluvié des horizons de surface, et durcissent en saison sèche. L'horizon de surface quant à lui a une épaisseur de 20 à 30 cm (**Maignien, 1965**).

Ces sols dior ont une texture sablonneuse issue de l'altération de sables quartzeux. Ils sont relativement grossiers, légers, meubles, perméables et bien drainés. C'est ce caractère perméable qui fait qu'au niveau local, les populations disent que 'le sol dior n'aime pas l'eau'. De la même manière, la teneur en argile ainsi que celle de la matière organique est très faible (<0,4-0,5%). Cela se traduit par une faible structuration et une faible fertilité du sol. La



structure particulière qui en découle rend ce type de sols particulièrement vulnérables à un lessivage et une lixiviation. Les activités agricoles sont de ce fait difficilement réalisables sans apport de matière organique, et leurs rendements se trouvent amoindris. En outre, ils sont pauvres en éléments chimiques principalement le phosphore. **Quoi que**, le complexe absorbant est assez bien saturé et le pH est légèrement acide (**Charreau et Fauck, 1965**). **Ce sont** des sols à vocation arachidière au Sénégal où ils couvrent de larges superficies. Le paysage de l'aire d'extension a une certaine monotonie, tant par l'uniformité du relief dunaire que par la végétation dominée par *Faidherbia albida* (**Maignien, 1965**).

Selon le degré de dégradation du sol, on peut reconnaître des dior gris humifères, des dior blancs ou des dior rouges. A Touba Toul les populations distinguent parmi les sols dior, les dior lourd (à l'Est) et les dior légers (à l'Ouest).

En ce qui concerne les sols deck, ce sont des vertisols à hydromorphie temporaire liée à un horizon imperméable en profondeur (marneux). Ils sont bruns et ont une texture fine avec une forte proportion de sables fins, voire limoneux et une teneur en argile plus ou moins forte (**Pélissier, 1966**). Les niveaux sableux superficiels sont plus ou moins influencés par les formations calcaires sous jacentes (**Maignien, 1965**). Ces sols sont plus riches en matière organique que les sols dior mais s'apparentent à ces derniers par la tendance à l'accumulation du fer. Ils présentent une cohésion assez forte due à leur structure massive et sont de ce fait difficiles à travailler avec les outils traditionnels (**Charreau et Fauck, 1965**).

Les sols deck conviennent particulièrement bien à la culture du sorgho. Ils sont assez riches chimiquement malgré la carence en phosphore et en soufre prononcée, et il semble que leurs propriétés physiques légèrement défavorables, puissent être améliorées par le travail du sol et l'enfouissement d'engrais verts (**Maignien, 1965**).

### II.1.5-Végétation, flore et faune

La péjoration des pluies depuis les années 1970 et des actions anthropiques non respectueuses de l'environnement ont entraîné la dégradation du pot entiel faunique et floristique de la région ; notamment par la destruction de leur habitat.

La formation végétale naturelle était dense ; elle a fait place à une végétation clairsemée. **Pélissier (1966)** la considère comme un parc construit car ne découlant pas de la végétation naturelle ; en effet elle est le fruit de l'homme. L'espèce caractéristique du parc est *Faidherbia albida* (Photos 6A et 6B), associée à des cultures de mil et d'arachide. Le *Kad* est présent dans le terroir depuis des années. Les personnes interrogées ignorent d'où il vient mais remarque juste que « les animaux mangent les fruits du *Kad*, et les graines dans leurs déjections germent pendant la nuit ».

En mélange avec le *Kad*, il subsiste tout de même des espèces végétales arbustives et arborées en nombre réduit. Les principaux ligneux sont *Balanites aegyptiaca* (Soump) et *Guiera senegalensis* (Nger). En ce qui concerne les espèces arborées on note *Adansonia digitata* (Baobab), *Ceiba pentandra* (fromager), *Mangifera indica* (Manguier), *Ziziphus mauritiana* (Jujubier), *Borassus aethiopum* (Rônier), *Acacia ataxacantha* (Ded), *Acacia tortilis* (Seng), *Acacia seyal* (Surur), *Acacia adansonii* (Nebneb), etc.

Dans l'ensemble de l'arrondissement de Thiénaba, il n'existe pas de forêts classées, à défaut de quelques plantations artificielles issues de tentatives de restauration du couvert arboré par les services techniques de l'Etat.

Photo 6A: *Kad* feuillu en saison sèche



Photo 6B: *Kad* sans feuilles en saison des pluies



NB: Forte croissance végétale sous l'arbre en saison des pluies

Il existe une faune relique composée de *Xerus erythropus* (rats palmistes), de *Mungouste gambianus* (mangoustes), *Lepus sp* (lièvres), etc. Cette raréfaction faunique témoigne du contexte de dégradation dans lequel se trouve l'écosystème.

### Conclusion partielle

L'analyse des caractéristiques biophysiques illustre la vulnérabilité biophysique de la zone. Tous les paramètres sont interdépendants et forment un système complexe à considérer dans l'évaluation d'une part, des systèmes de production, d'autre part, des impacts de la variabilité climatique sur les modes de vie des populations.

De tous ces facteurs, les paramètres climatiques occupent une place primordiale qui mérite une attention particulière. En effet, il s'agit d'une zone caractérisée par une péjoration pluviométrique inégalement répartie dans le temps et l'espace ; renforcée par une forte évapotranspiration découlant des températures relativement élevées. Ces deux paramètres contribuent énormément à la faiblesse du réseau hydrographique et à l'alimentation précaire des eaux souterraines. Ainsi, le caractère aléatoire de la pluviométrie contribue t-il à la complication de la réalisation des activités agropastorales de la population.

La platitude du relief et la faiblesse de la couverture ligneuse favorisent le déplacement plus fort des masses d'air. Ce fait, combiné à une faible structuration des sols pauvres en matière organique, entraîne une disposition à l'érosion hydrique et éolienne et une faiblesse des rendements agricoles des paysans.

Cependant, le contexte biophysique à lui seul ne saurait expliquer la prédisposition à être impacté des populations. Dans le bassin arachidier en général, et à Touba Toul en particulier, ces populations sont caractérisées par des facteurs intrinsèques qui contribuent en partie à expliquer le contexte de vulnérabilité dans lequel elles se trouvent.

## II.2-Cadre humain

### II.2.1-Caractéristiques de la population régionale

D'après le dernier recensement général de la population et de l'habitat **RGPH<sup>III</sup>-2002**, l'effectif total de la population de la région se chiffre à 1 317 067, soit un taux d'accroissement de 2,36% par rapport à celui de 1988. Dans cet effectif, 59,3% de personnes vivent en milieu rural et sont dépendants des ressources naturelles.

La densité de la population est de 197 habitants/km<sup>2</sup>, soit la deuxième densité la plus élevée du pays après celle de Dakar (4147 habitants au km<sup>2</sup>). Cette forte densité s'explique en partie par la présence de la ville de Thiès, Tivaouane et Mbour.

La population de la région de Thiès est jeune avec une proportion des 15 à 34 ans de 34,6% et un âge moyen de 22,34 ans. Elle possède tout de même un fort taux de personnes âgées (14,4%), juste après celui de Dakar (17,4%). Depuis 2002, le taux de femmes âgées (51%) est supérieur à celui des hommes. En outre, comme l'indique le rapport de masculinité inférieur à 100 (99,7 %), les femmes sont plus nombreuses que les hommes. Elles totalisent 50,1% de l'effectif total de la population contre 49,9% pour les hommes. Cette faible différence est due en partie à l'émigration pratiquée par les hommes dans le Baol à la recherche d'une activité rémunératrice. Ainsi, les femmes restent en milieu rural et exploitent les ressources naturelles pour faire vivre la famille. Selon **Gueye (2008)**, les femmes sont vulnérables du fait de leur statut de mère et de responsable du bien être de la famille. En effet, dans un contexte de fragilité de l'écosystème, elles ont en charge plusieurs activités journalières, dont l'approvisionnement en eau et en bois, la réalisation des activités agricoles etc.

Dans la région, 41,6% de la population est analphabète ; 51,2% de ce taux est attribué aux femmes contre 31,9% pour les hommes. Les femmes ont ainsi un faible accès à l'éducation qui est le fruit en partie de la position sociale inférieure qu'elles occupent. Leurs préoccupations ne sont donc pas souvent prises en compte, car elles sont limitées quant à la prise de parole en public.

La proportion de personnes scolarisées du primaire est de 69,5%. Cependant, selon le **DSRP<sup>II</sup> (2006)** seuls 41% achèvent le cycle élémentaire.

Les flux migratoires sont très importants dans la région de Thiès. C'est la troisième région qui reçoit le plus de migrants provenant d'autres régions (12,4 %) après Diourbel (13,4%) et Dakar (46,6%). Ces migrants sont pour l'essentiel natifs de Dakar (33,4 %). Par ailleurs, 22,1% des sénégalais nés à Thiès migrent vers Dakar. Ces derniers sont pour l'essentiel des populations pauvres qui abandonnent leurs champs à la recherche de meilleures conditions de vie ; cela fait suite à un effondrement de la fertilité des sols. Ainsi, la région de Thiès à l'instar de celle de Dakar est déficitaire dans ces échanges migratoires (-424 habitants). Davantage de personnes quittent la région de Thiès, et ce sont pour l'essentiel des populations pauvres. **Il s'en suit une baisse de la force de travail en milieu rural.**

Le pourcentage de ménages vivant en dessous du seuil de pauvreté dans la région est de 48,6%. Ces derniers sont tributaires des biens et services qu'offre un écosystème déjà fragilisé par des facteurs écologiques, sociaux, économiques et politiques. Malheureusement, l'état de dégradation de l'écosystème constitue un stress qui renforce l'état de pauvreté dans lequel ces derniers se trouvent.

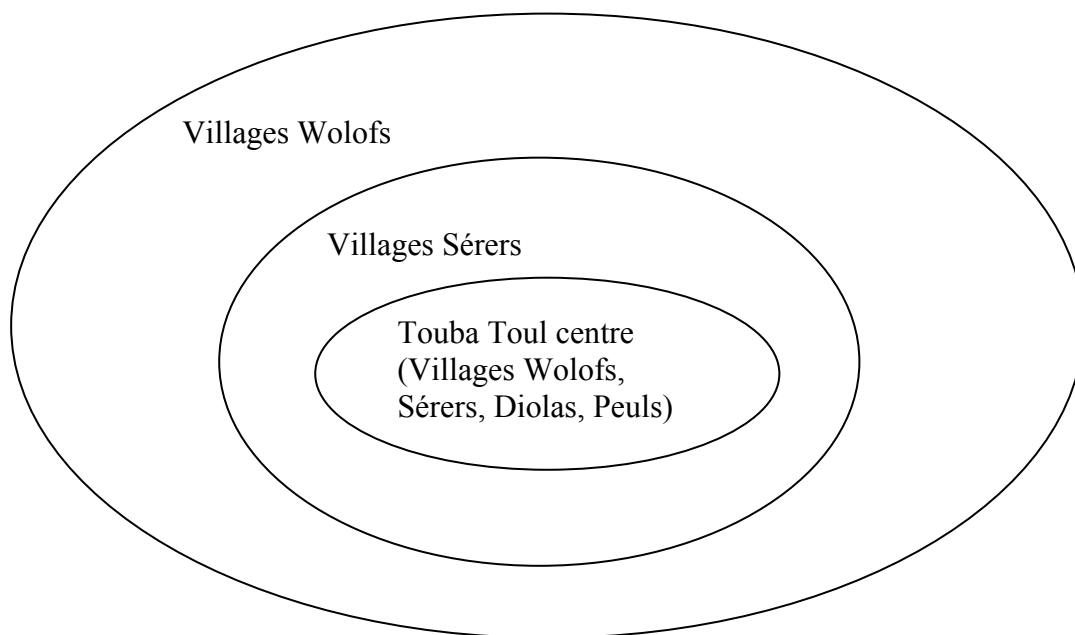
Le taux d'accès à l'eau potable en milieu rural est de 22% ; dans cette proportion, 50,7% s'approvisionnent par des puits extérieurs et 1% par forage. Le faible accès à l'eau potable pose le problème des risques sanitaires qui sont récurrents pour ces populations. En outre, la faiblesse du nombre de puits et de forages pour une population grandissante limite les possibilités de réalisation des activités agricoles de contre-saison et la diversification des sources de revenu.

### **II.2.2-Caractéristiques de la Communauté Rurale de Touba Toul**

La Communauté Rurale de Touba Toul, est composée de 94 villages environ. L'essentiel des villages est caractérisé par une seule ethnie, sauf au centre de la Communauté Rurale. En effet, la répartition des villages confère à la communauté rurale une structure concentrique (Figure 6). La périphérie est occupée par les villages Wolofs (70%), tandis que le milieu fait place aux villages Sérères (15%). Le chef lieu de la communauté rurale (Touba Toul centre) est le seul endroit où il existe un mélange ethnique. On y rencontre outre les wolofs et les sérères, 8% de Diolas et 7% de Peuls.

Touba Toul est la plus peuplée des communautés rurales de la région de Thiès avec une population de 44 574 habitants sur 176 km<sup>2</sup>, soit une densité de 253 habitants au km<sup>2</sup> supérieure à celle de la région.

Figure 6: Représentation schématique de la Communauté Rurale de Touba Toul



Source: Enquêtes

### **II.2.3-Contexte socio-économique**

La population est pour l'essentiel agropasteur à dominante agricole. En effet, le système de production traditionnel est fondé sur l'étroite intégration de l'élevage et de l'agriculture au sein d'exploitations familiales. On note tout de même des paysans pratiquant l'une ou l'autre des activités.

#### **II.2.3.1-Activités agricoles**

L'agriculture du monde rural dans le Baol repose presque exclusivement sur l'activité de petites exploitations familiales. Cette dernière est essentiellement pluviale et s'effectue sur des sols légers dior et deck-dior. Ces sols sont favorables à la bonne pénétration des racines. Il s'agit d'une agriculture de type extensif fortement dépendante d'intrants agricoles, notamment en engrais, pesticide et fumier animal. Les semences sont subventionnées par l'Etat mais ne suffisent pas à satisfaire la demande.



Les types de spéculations sont relativement variables selon les exploitations, mais destinées à la fois à la consommation et à la vente. Quoiqu'on retrouve des similitudes culturelles entre les exploitations ; notamment, comme cultures de rentes, *Arachis hypogea* (arachide) (Photo 7) et des céréales tels que *Pennisetum glaucum* (mil souna) (Photo 8) et *Vigna sinensis* (niébé) (Photo 9). De façon générale la vente est souvent privilégiée car elle permet aux populations de satisfaire certains de leurs besoins tels que l'achat de vêtements, le remboursement de prêts, la scolarité des enfants, la santé etc. Cependant, dans la communauté Rurales de Touba Toul, la consommation prédomine du fait de la faiblesse des rendements. D'autres cultures, comme *Hibiscus sabdarifa* (Bissap) (Photo 10) sont pratiquées, surtout par les femmes.

Photo 7: Cultures d'arachide



Photo 8: Cultures de mil souna



Photo 9: Cultures de niébé (en Wolof)



Photo 10: Cultures de bissap (en Wolof)



Les spéculations précitées sont cultivées en majeure partie pour leurs graines. Dans les exploitations familiales, le mil est régulièrement associé à l'arachide, tous deux mêlés aux



*Kad.* Le mil est très productif et ne nécessite pas une grande quantité de semences sur de grandes superficies par opposition à l'arachide. De plus les paysans rencontrent des problèmes avec l'arachide, qui nécessite une grande quantité d'engrais, tandis que le fumier animal suffit largement selon ces derniers pour avoir des rendements de mil importants.

L'obtention de parcelles de culture pose d'énormes problèmes aux habitants des villages Serers. Ces derniers sont amenés à en demander aux chefs de villages wolofs qui grâce à leur position périphérique, ont encore quelques terres de cultures disponibles. Cependant, selon les populations, ces terres sont insuffisantes au regard des attentes. Le fait que les paysans soient limités dans l'accès à la terre renforce leur vulnérabilité. En effet, ils sont contraints de se contenter d'une petite surface faiblement productive ; et dont les rendements ne correspondent pas toujours aux aptitudes à semer des populations.

Malheureusement, ces exploitations souffrent d'une fluctuation des surfaces cultivées et d'une évolution en dent de scie des rendements. Les récoltes sont faibles et ne permettent pas aux populations de subvenir correctement à leurs besoins. Selon un des agropasteurs interrogés, « c'est la raison essentielle pour laquelle les paysans ne se regroupent pas en GIE ».

Les difficultés d'accès aux semences, la prolifération d'insectes ravageurs (voir annexe I.6), la dégradation des sols, le déficit pluviométrique et la croissance démographique, sont autant de facteurs qui concourent à faire baisser le potentiel agricole de ces exploitations familiales. En outre, la limitation des activités agricoles sur trois mois de l'année, pendant la saison pluvieuse, exacerbe la vulnérabilité des populations aux caprices pluviométriques.

### **II.2.3.2-Activités pastorales**

Il s'agit de la seconde activité traditionnelle après l'agriculture. C'est un élevage semi-intensif utilisant comme zone de parcours le sous bois du parc. Le bétail est constitué principalement de caprins (chèvres) de bovins (vaches et bœufs) et d'ovins (Photo 11 et 12), ainsi que des animaux de traits tels que les équins (chevaux) et asins (ânes). Il est obtenu en général par legs, ou par achat après avoir pratiqué pendant longtemps une agriculture de rente.

En saison des pluies, le déplacement du troupeau est contrôlé de sorte à séparer les parcours de celui des champs. L'élevage est pratiqué pour la subsistance mais surtout pour la vente. Il

produit du lait, et surtout la fumure qui est indispensable dans l'entretien de la fertilité des sols et de la pérennité des champs. **(Pélissier, 1966).**

La sécheresse des années 1970 a fortement affecté les pâturages. En revanche, le problème d'eau reste l'élément primordialement contraignant pour le développement des activités pastorales. C'est en effet une tâche difficile dans une région marquée par une sécheresse de neuf mois dans l'année.

Photo 11: Ovins et bovin en saison des pluies



Photo 12: Ovins en saison sèche



### II.2.3.3-Gestion des ressources agroforestières

Les ressources de ces exploitations sont gérées individuellement par chaque exploitant ; à l'exception du parc à *Kad* qui est géré conjointement par le chef de triage à Khombole et le chef de brigade en poste à Thiénaba. Ces derniers sont relayés par un délégué parmi les villageois dans chaque village de la Communauté Rurale. Les délégués sont simplement chargés d'alerter les agents des Eaux et Forêts.

Pour un des délégués, cette collaboration n'est pas efficace car ces agents techniques ne sont pas toujours disponibles et ne disposent pas toujours de moyens pour le déplacement. Cela est conforté par le chef de triage qui souligne son incapacité à protéger efficacement ces *Kad* eu égard au manque de moyens ; seul le chef de brigade dispose d'une moto qui lui permet souvent de faire des rondes dans les 4 communautés rurales de sa dépendance.

En ce qui concerne les règles de propriété et d'usage, les paysans pensent tous que quand un *Kad* pousse dans leur champ, il leur appartient ; cependant, ils notent qu'ils n'ont pas le droit de le couper sans autorisation des services des Eaux et Forêts. En revanche, seul le

propriétaire d'un champ a le droit de semer sous un *Kad*. Le fruit par contre est utilisable par tous une fois qu'il tombe au sol, quel que soit le lieu.

### **Conclusion partielle**

La Région de Thiès, est caractérisée par une importante population confinée sur un espace relativement réduit ; ce qui limite la disponibilité en terre. L'essentiel de cette population est paysanne, demeure majoritairement sous le seuil de pauvreté et dépend des ressources naturelles. Ces dernières à l'instar des ressources agricoles et pastorales, sont fortement dépendantes de la pluviométrie. Ces ressources depuis quelques années sont confrontées à une baisse de leurs rendements, et contribuent à exacerber la pauvreté.

La gestion des exploitations est individuelle, à l'exception du *Kad* qui fait partie intégrante de ces dernières. Il bénéficie d'une protection conjointe réalisée par des agents forestiers et les paysans.

Ainsi, dans le contexte actuel des changements climatiques, la présence d'un tel arbre mériterait une attention particulière. Il serait donc important d'une part, d'étudier l'état dans lequel se trouve le parc, d'autre part, sa contribution en termes de stocks de carbone.

### III-Structure du parc et potentiel de séquestration du carbone

Les données d'inventaire de chaque parcelle ainsi que les résultats du calcul des biomasses ont été consignés dans des tableaux (Voir Annexe I)

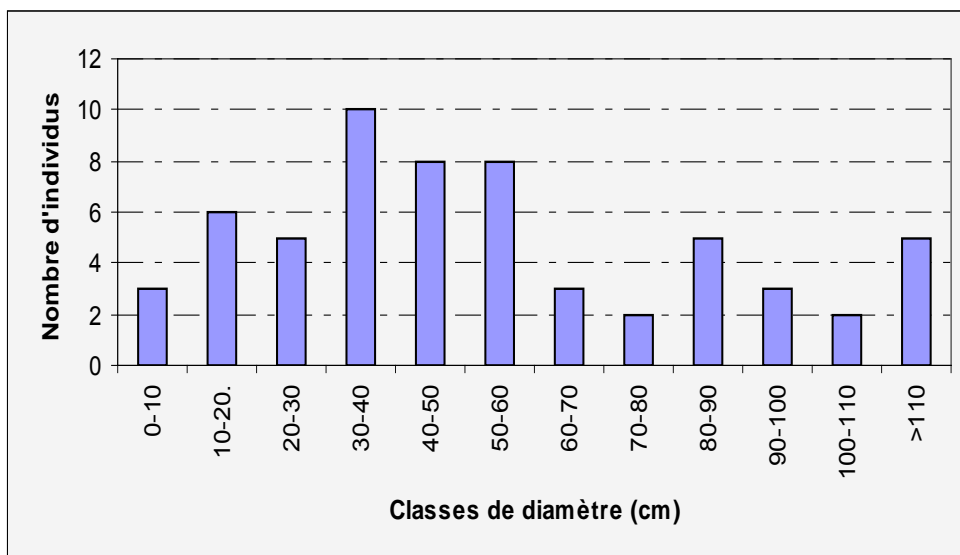
#### III.1-Caractérisation structurale du parc à *Kad*

La caractérisation de la structure du parc à *Kad* a été faite dans un premier temps par une analyse du nombre d'individus ligneux par catégorie de diamètre. Dans un second temps une détermination du taux de couverture et une étude de la densité ligneuse ont permis de préciser la distribution spatiale du parc.

##### III.1.1-Analyse des classes de diamètre

En vue de décrire la structure, le nombre d'individus a été exprimé en fonction des Dhp de l'échantillon préalablement regroupé en catégories de diamètre.

Figure 7: Distribution des classes de diamètre de l'échantillon



La distribution des classes de diamètres a permis de constater que toutes les classes sont présentes dans l'échantillon. Les classes ayant les effectifs les plus élevés sont comprises entre 30 et 60 cm de diamètre.

L'analyse de l'allure générale de la distribution des individus par classes de diamètre (Figure 7) fait penser initialement à un parc composé d'individus jeunes de même âge et caractérisés par une faible variabilité de leurs hauteurs. Pourtant, les relevés sur les paramètres dendrométriques font état de diamètres et de hauteurs très variables. On pourrait donc être en face d'un peuplement caractérisé par des sujets de tous les âges et de toutes les dimensions. Selon **Rondeux (1999)**, un tel peuplement présenterait une distribution de classes de diamètres matérialisée par une courbe en 'J'inversé'. C'est-à-dire qu'elle serait caractérisée par un grand nombre de sujets de petits diamètres (individus jeunes), et un nombre réduit de sujets de grands diamètres (individus âgés).

La distribution par contre indique une faible population de petits diamètres et des individus de classes de diamètres intermédiaires abondants. On pourrait donc penser que le peuplement étudié est instable et subit très probablement des perturbations. Selon les paysans « la variation des diamètres observables nettement sur le terrain est due d'une part, à l'abattage clandestin des *Kad* pour le bois de feu et la construction et, d'autre part à la bonne protection des sujets à des endroits comme le village Kanji ».

L'instabilité probable pourrait se traduire par une faible régénération du parc. Il pourrait s'agir donc d'un parc vieillissant. Ainsi la viabilité du parc, qui constitue un réservoir de carbone potentiel, est menacée. Une séquestration du carbone atmosphérique par une telle formation végétale à long terme ne serait pas envisageable.

### III.1.2-Etude de la distribution spatiale

Figure 8: Détermination de la distribution spatiale du parc à *Kad* à partir de la MSM

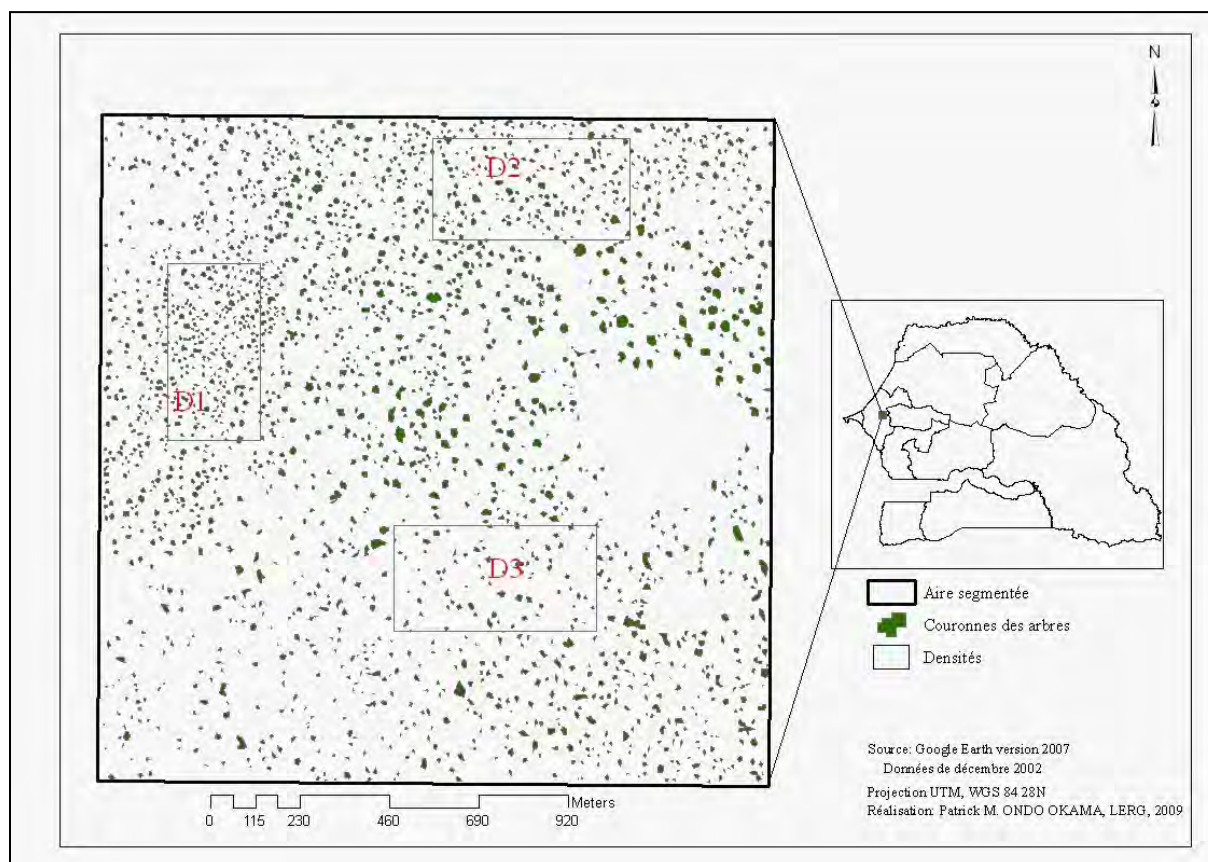


Tableau 1: Détermination de la densité de l'aire d'étude à partir de la MSM

Nombre d'individus	Surface de la zone (ha)	Densité (individus/ha)
2212	298	7,42

L'analyse des données de terrains (Voir annexe I) révèle pour une superficie de 298 ha, une densité parcellaire moyenne de 20 individus ligneux à l'hectare dont 17 sont des *Kad*. Par contre, la densité obtenue par la MSM (Tableau 1) de la même surface est de 7,42 individus ligneux/ha, soit une densité largement en deçà de la réalité de terrain.

La faible valeur de densité s'explique par le fait qu'au cours de la segmentation manuelle de l'image, certaines couronnes des ligneux contigus aient été considérées comme une seule couronne. D'où une sous-estimation du nombre d'individus. De plus certains sujets jeunes ne sont pas visibles à cette altitude au regard de la petitesse de leurs couronnes. Malgré tout,

l'analyse de l'aire segmentée manuellement (Figure 8) nous permet tout de même de constater une répartition spatiale inégale de la couverture arborée. Nous avons identifié trois (3) classes de densité arborée. On observe en effet (Tableau 3), des zones de forte densité (D1), de moyenne densité (D2) et de faible densité (D3) avec des valeurs respectives de 22 individus ligneux à l'hectare, 12,43 individus ligneux à l'hectare et 5,83 individus ligneux à l'hectare.

Partant du constat que les biais liés à la détermination de la densité par la MSM sont observables aussi avec la MSA, nous n'avons pas déterminé la densité par cette dernière. En effet, avec cette méthode, on constate aussi un regroupement des couronnes contiguës ; ce qui contribuerait à biaiser le nombre d'individus. Ce constat est d'autant plus accentué dans la zone de forte densité (D1), qu'il semble disparaître dans les zones de densité moyenne (D2) et faible (D3).

L'application de la MSM a permis d'obtenir un taux de couverture de 5,32%. Corrélativement à ce qui précède, cette faiblesse de couverture peut s'expliquer par des erreurs de digitalisation des couronnes. Par opposition, avec la MSA (Figure 9) on a obtenu une surface couverte au sol relativement importante de 63,28 ha, soit un taux de couverture de 21,23 % (Tableau 2). Cependant, cette valeur reste tout de même biaisée par les ligneux et les toitures au niveau du village. Ces derniers ont été considérés par le SIG comme faisant partie de la même classe que les couronnes des ligneux. Néanmoins, ce taux de couverture diffère énormément de celui obtenu par la MSM ; et semble se rapprocher de la réalité.

Tableau 2: Synthèse du taux de couverture de l'aire segmentée à partir des MSM et MSA

	MSM	MSA
Surface couverte par les couronnes des ligneux (ha)	15,86	63,27
Taux de couverture (%)	5,32	21,23

Ces approches relatives à l'identification des niveaux de concentration ligneuse, permettent de constater que le taux de couverture évolue avec le niveau de densité quel que soit la méthode de segmentation employée. En effet, avec la MSM on a obtenu pour D1, D2, D3 des taux de recouvrements respectifs de 8,42 %, 7,78% et 3,52% (Tableau 3); tandis qu'avec la MSA on a obtenu respectivement 23,59%, 22,04% et 15,40% (Tableau 4). Cependant, le constat établi

précédemment sur l'ensemble de l'aire segmentée s'applique ici ; la MSA semble fournir un taux de couverture se rapprochant de la réalité.

Figure 9: Etude de la structure du parc à Kad à partir de la MSA

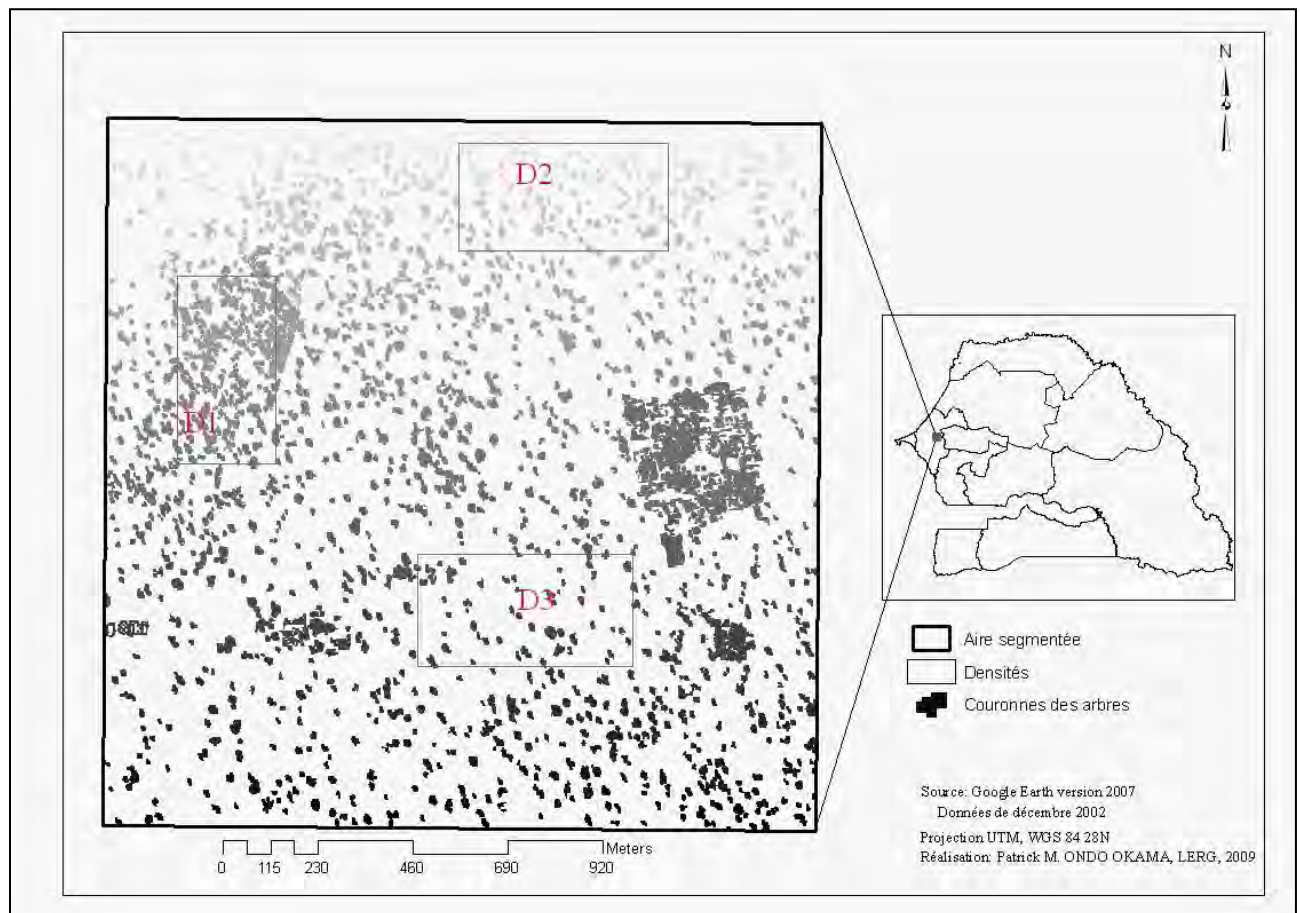




Tableau 3: Etude des types de densités observables dans l'aire d'étude à partir de la MSM

	D1	D2	D3
Surface délimitée (ha)	10,68	13,11	14,22
Nombre d'individus ligneux	235	163	83
Densité (individus ligneux/ha)	22	12,43	5,83
Surface couverte par les couronnes (ha)	0,9	1,02	0,5
Taux de couverture (ha)	8,42	7,78	3,52

Tableau 4: Etude du taux de couverture par type de densité à partir de la MSA

	D1	D2	D3
Surface couverte par les couronnes (ha)	2,52	2,89	2,19
Taux de couverture	23,59	22,04	15,40

En définitive, il semble donc que la MSA est plus appropriée que la méthode dite manuelle dans l'estimation du taux de couverture ligneuse. Elle semble l'être aussi en ce qui concerne le nombre de ligneux à l'hectare sur des surfaces de densité relativement faible.

### III.2-Estimation de la quantité de carbone

Plusieurs auteurs ont élaboré des équations allométriques propres aux zones tropicales sèches et humides mettant en relation la biomasse sèche comme variable dépendante et divers paramètres dendrométriques comme variables indépendantes. Nous avons retenu les équations présentées dans le tableau 5.

Tableau 5: Equations allométriques et facteur de conversion utilisés

<p><b>Biomasse aérienne (kg/ha):</b> <math>Y = \text{EXP}^{(-1,996 + (2,32 * \ln D))}</math> (<math>r^2 = 0,89</math>) avec D le diamètre hauteur de poitrine. Brown <i>et al.</i>, 1997</p>
<p><b>Biomasse racinaire1 (kg/ha) :</b> <math>Y = \text{EXP} (-1,0587 + 0,8836 * \ln BA)</math> avec BA la biomasse aérienne. (GIEC., 2003)</p>
<p><b>Biomasse racinaire2 (kg/ha) :</b> <math>Y = BA * 0,28</math> avec 0,28 un facteur de conversion quand <math>BA &gt; 20</math> t/ha. (IPCC., 2006)</p>

Les relations allométriques ont été appliquées sur les Dhp pour l'obtention des biomasses aérienne racinaires 1. Cependant, pour la biomasse racinaire 2, nous avons appliqué le facteur de conversion aux biomasses aériennes. La quantité de carbone est estimée en rapportant les biomasses par 0,5. En guise d'exemple nous présentons ici un exemple de calcul au niveau de la parcelle 1 (tableau 6) ; les données complètes étant présentées en annexe I.

Tableau 6: Exemple de calcul de biomasses et des quantités de carbone (parcelle 1)

Dbh (cm)	Biomasse aérienne (t.ms)	Biomasse racinaire1 (t.ms)	Biomasse racinaire2 (t.ms)
36	0,554332084	0,205971731	0,155212984
18	0,111014684	0,049740549	0,031084111
45	0,930253357	0,325438173	0,26047094
29	0,335669259	0,13222327	0,093987392
50,50	1,215581862	0,412218768	0,340362921
52,50	1,330202617	0,446381511	0,372456733
59	1,743913265	0,567053215	0,488295714
5,50	0,007092342	0,004376936	0,001985856
54,75	1,466220815	0,48648136	0,410541828
10	0,028388877	0,014907822	0,007948886
36	0,554332084	0,205971731	0,155212984
31,50	0,406657418	0,156648742	0,113864077
71,62	2,734160164	0,843703937	0,765564846
50	1,187841855	0,403895628	0,332595719
38	0,628414443	0,230113839	0,175956044
39	0,667449024	0,242699157	0,186885727
48,50	1,106799738	0,379447628	0,309903927
41	0,74956062	0,268900548	0,209876974
44,50	0,906449137	0,318068818	0,253805758
7,50	0,014564324	0,008266007	0,004078011
12,50	0,047640844	0,023554564	0,013339436
36,50	0,572357871	0,211878835	0,160260204
35,50	0,536633763	0,200150144	0,150257454
25	0,237886082	0,09753761	0,066608103
114,59	8,135463693	2,21119092	2,277929834
57,50	1,642773217	0,537894138	0,459976501
23	0,196045462	0,082212697	0,054892729
23,50	0,206075164	0,085918265	0,057701046
22	0,176835247	0,075052343	0,049513869
70,01	2,595261529	0,80571765	0,726673228

Biomasse totale (t.ms/ha)	31,02	10,03	8,69
Tonne de carbone/ha	15,51	5,01	4,34

Carbone total 1 (tC/ha) : 20,52

Carbone total 2 (tC/ha) : 19,85

Tableau 7: Biomasses et quantités de carbone de la parcelle 2

	Biomasse aérienne (t.ms)	Biomasse racinaire 1 (t.ms)	Biomasse racinaire 2 (t.ms)
Biomasse totale (t.ms/ha)	51,87	14,15	14,52
Tonne de carbone/ha	25,93	7,07	7,26

Carbone total 1 (tC/ha) : 33

Carbone total 2 (tC/ha) : 33,19

Tableau 8: Biomasses et quantités de carbone de la parcelle 3

	Biomasse aérienne (t.ms)	Biomasse racinaire 1 (t.ms)	Biomasse racinaire 2 (t.ms)
Biomasse totale (t.ms/ha)	58,37	16,93	16,34
Tonne de carbone/ha	29,18	8,46	8,17

Carbone total 1 (tC/ha) : 37,64

Carbone total 2 (tC/ha) : 37,35

Tableau 9: Valeurs moyennes totales de biomasses et de carbone

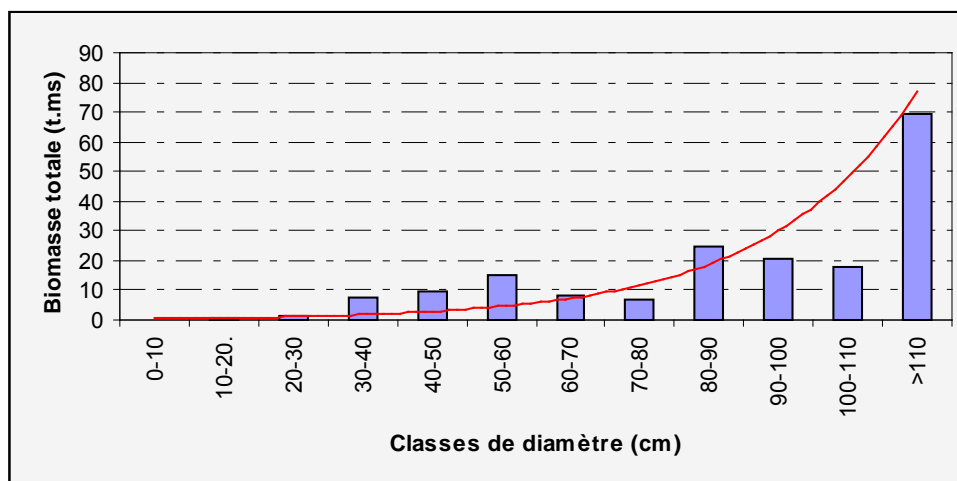
Biomasse aérienne totale moyenne (t.ms/ha)	Biomasse racinaire 1 totale moyenne (t.ms/ha)	Biomasse racinaire 2 totale moyenne (t.ms/ha)	Quantité de carbone totale moyenne (t.ms/ha)
47,08	13,80	13,18	30,39

L'analyse du tableau 10 laisse apparaître une biomasse aérienne totale moyenne relativement importante. Sa valeur moyenne (47,08 t.ms/ha) entre dans la fourchette d'estimation de l'IPCC pour ce qui est de la biomasse aérienne des plantations de forêts tropicales sèches (30-70 t.ms/ha) (**IPCC, 2003**). Il est à noter que les gros sujets influencent beaucoup les résultats obtenus. En effet, la biomasse totale se concentre au niveau des sujets âgés malgré leur faible effectif (figure 10).

Quant à la biomasse racinaire, elle est plus ou moins importante, variant peu quelque soit la méthode utilisée. En effet, à partir de l'utilisation d'une équation allométrique on a obtenu une moyenne de 13,80 t.ms/ha; tandis qu'avec un facteur par défaut on a une moyenne de

13,18 t.ms/ha. Cette estimation de la biomasse racinaire vient renforcer l'hypothèse selon laquelle le *Kad* développe un système racinaire important pour son approvisionnement en eau. Les différences significatives de biomasses sèches obtenues dans chaque parcelle sont dues en partie à la variabilité des densités et des Dhp des ligneux.

Figure 10: Répartition de la biomasse totale par classes de diamètre



Le parc à *Kad* est un réservoir de carbone important. Il séquestre en moyenne 30,39 tonnes de carbones/ha, soit une séquestration nette de 9056,22 tonnes de carbone en considérant une surface de 298 ha. Le carbone est stocké majoritairement dans la partie aérienne (77,40%), soit sensiblement trois (3) fois la quantité de carbone racinaire (22,53%). Cependant, l'essentiel de ce carbone se retrouve piégé dans les sujets âgés en effectif réduit (Figure 7 et 10).

### Conclusion partielle

La structure du parc est marquée par une répartition spatiale inégale des individus ligneux et un taux de couverture du sol relativement faible. C'est un parc vieillissant car il est composé d'une faible proportion de sujets jeunes ; il serait vraisemblablement soumis à une perturbation. Cette instabilité pourrait remettre en question l'éventualité d'une séquestration du carbone à long terme dans cette formation végétale. Concevoir un projet MDP à partir de ce parc, reviendrait donc à régler au moins ce problème de non permanence des stocks de carbone. Dans les méthodes mises en œuvre, la MSA s'est révélée plus appropriée que la MSM.

Le parc dispose d'un fort potentiel de production de biomasse et *in fine* de carbone. Ce carbone est réparti en majorité dans la partie aérienne, mais relativement important aussi dans la partie racinaire. Les gros sujets contribuent essentiellement à cette quantité malgré le fait qu'ils soient moins nombreux. Cependant, la différence obtenue est peu significative.

En plus de sa contribution potentielle à la réduction du carbone atmosphérique, le parc agroforestier à *Kad* est le siège d'une dynamique d'ajustements socioéconomiques en réponse à des effets et des impacts climatiques.

## IV-Impacts de la variabilité et des changements climatiques et options d'adaptation

Dans la troisième partie, nous avons vu que le parc agroforestier à *Kad* grâce à la présence d'individus ligneux dispose d'un potentiel de stock de carbone ligneux. Cependant, il est soumis probablement à une instabilité qui remet en cause la viabilité de la séquestration. Dans cette quatrième partie, l'examen des enquêtes a permis d'abord, d'identifier les activités dominantes, puis dans chaque activité, d'avoir la perception des impacts et des implications qui découlent des modifications des paramètres climatiques. Enfin, il a permis pour chaque implication de voir la perception dans les réponses apportées. Les informations qualitatives majeures ont été organisées sous forme de tableau (Tableau 10).

Tableau 10: Synthèse de la perception des impacts de la variabilité et du changement climatique et options d'adaptation par secteur d'activités à Touba Toul

Secteurs	Types d'impacts	Implications	Options d'adaptation
Agriculture	Positifs (Bonne saison des pluies)	Amélioration des rendements agricoles	- Protection du <i>Kad</i> - Conservation de semences - Modification des superficies cultivables - Diversification des activités génératrices de revenu
		Disponibilité des semences	- Protection du <i>Kad</i> - Conservation de semences - Modification des superficies cultivables - Pratique religieuse
		Augmentation des revenus	- Modification des superficies cultivables - Changement technologique - Diversification des activités génératrices de revenu
	Négatifs	Perte d'inflorescences des cultures (vent fort)	- Modification des pratiques culturelles - Pratique religieuse
		Ramollissement du mil et durcissement de l'arachide en absence de pluie	- Variation de la période de récolte - Pratique religieuse
		Cassure des tiges de mil (vent fort)	- Modification des pratiques culturelles - Pratique religieuse

		Absence de germination pendant la saison des pluies quand le vent est fort	- Pratique religieuse - Exode rural
		Baisse de la disponibilité en semences (vent fort et/ou mauvaise saison des pluies)	- Recours aux prêts et au microcrédit - Variation de la période de récolte - Pratique religieuse - Exode rural
		Prolifération d'insectes ravageurs (saison des pluies)	- Pratique religieuse - Exode rural
		Erosion des sols Dior légers	
		Baisse des revenus agricoles (vent fort et/ou mauvaise saison des pluies)	- Protection du <i>Kad</i> - Pratique religieuse - Recours aux prêts et au microcrédit - Exode rural
Elevage	Positifs (Bonne saison des pluies)	Augmentation des ressources fourragères	- Diversification des sources fourragères (substitution)
		Augmentation de la production laitière des vaches	
		Augmentation des revenus	- Diversification des sources fourragères
	Négatifs	Divagation du bétail (vent fort)	- Stratégie d'évitement du stress
		Immobilisation des bêtes (vent fort)	- Stratégie d'évitement du stress
		Baisse des ressources fourragères (mauvaise saison des pluies)	- Diversification des sources fourragères (substitution) - Vente du bétail - Recours aux prêts et au microcrédit - Pratique religieuse - Exode rural
		Baisse de la production laitière des vaches (mauvaise saison des pluies)	- Diversification des sources fourragères (substitution) - Vente du bétail - Pratique religieuse - Exode rural
		Etat morbide du bétail (pluies abondantes)	- Stratégie d'évitement du stress
		Tarissement des sources d'abreuvement du bétail (mauvaise saison des pluies)	- Modification des pratiques d'abreuvement - Pratique religieuse - Exode rural
		Baisse des revenus (mauvaise saison des pluies)	- Pratique religieuse - Recours aux prêts et au microcrédit - Exode rural



#### **IV.1-Perception de la variabilité et du changement climatiques**

Les paysans de Touba Toul semblent avoir une bonne connaissance des caractéristiques des paramètres climatiques. Cette connaissance traditionnelle est vaste. En effet, elle englobe la bonne compréhension de la direction et de l'intensité intra et inter saisonnière des vents, la sensation de fraîcheur et de chaleur et les prévisions pluviométriques journalière et saisonnière.

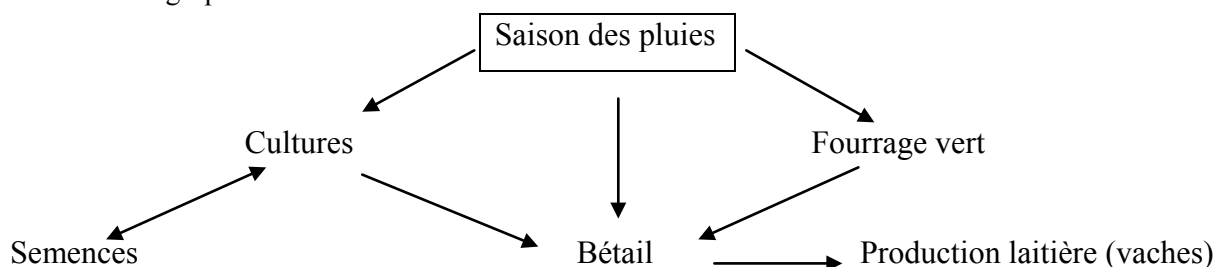
Les personnes interrogées sont unanimes sur le fait que certains paramètres climatiques ont changé d'années en années. Plusieurs d'entre elles ont noté la hausse globale des températures, de la vitesse du vent et la baisse de la pluviométrie. Pour cette dernière, les intéressés ont précisé l'exception que constituent les deux dernières années (2007 et 2008), qui ont été pluvieuses. En outre, certains avaient prédit de fortes pluies pendant la saison des pluies de 2009. Pour ces derniers, cette prédiction s'appuie sur le fait que la fraîcheur ait été marquée cette année. Elle a duré quatre (4) mois contre un (1) mois (décembre) pour les années antérieures. En effet, la saison fraîche s'achevait en avril, alors qu'elle s'est prolongée cette année. La série d'entretiens informels menés à la fin de la saison des pluies a permis de conforter cette appréhension. Les paysans considèrent en effet la saison des pluies 2009 comme la plus pluvieuse depuis plus d'une dizaine d'années. Tous considèrent ces variations comme naturelles et n'ont aucune connaissance des changements climatiques.

Les personnes interrogées ont identifié comme paramètres climatiques néfastes pour leurs moyens d'existence, la pluie, mais aussi le vent.

#### **IV.2-Perception des impacts et effets du climat**

Les informations sur la perception des articulations entre l'impact de la qualité de la saison des pluies et les productions agricoles et pastorales ont été résumées sous forme d'organigramme (figure 11). Ce dernier présente leurs liens, établis systématiquement par les paysans à travers les réponses apportées aux questions.

Figure 11: Schéma de la perception des paysans de l'impact de la qualité de la saison des pluies sur les rendements agropastoraux



Les répondants établissent un lien étroit entre les paramètres climatiques et les rendements agricoles et pastoraux. Ils identifient des impacts positifs et négatifs selon la qualité de la saison des pluies et le type cultural. Par contre, le vent fort est toujours perçu comme néfaste. Toujours, pour les personnes interrogées, une saison à pluies abondantes se traduit par de bons rendements cultureux et fourragers, qui permettront une amélioration de la qualité du bétail. Cet impact est perçu par certains comme la possibilité de disposer de semences pour la prochaine saison des pluies consécutive à de bons rendements agricoles. En outre, une bonne qualité du bétail suite à une bonne alimentation fourragère procure une bonne production laitière des vaches. Concernant les rendements des cultures, l'un des répondants émet des réserves en précisant que cela n'est pas vrai pour toutes les cultures. Selon ce dernier, pour le niébé, la pastèque et l'arachide, il faudrait que cette période d'abondante pluie ne soit pas continue ; elle devrait au moins cesser pendant une semaine, le temps que la floraison soit poussée. Il explique que l'année précédente, sa production de niébé était bonne car au début de la floraison, il y a eu un arrêt des précipitations. Par contre cette année, il a plu abondamment et de façon quasi continue ; c'est ce qui explique la faiblesse de ses rendements de niébé, tandis que ceux de l'arachide sont meilleurs. Le mil est la seule culture qui fait exception à cela a-t-il précisé. Ainsi, selon un autre répondant quand la fleur apparaît « la présence d'eau devient le seul souhait du paysan ».

D'aucuns par contre pensent que le problème n'est pas l'excès d'eau mais plutôt le déficit qui cause le plus de dégâts. Un déficit même après deux mois de bonne pluie est néfaste surtout en ce qui concerne les cultures. Ils prédisent un avenir peu reluisant dans 20 ans pour les générations futures. En effet, pour l'un des répondants, « avec le manque d'eau, quand on sème 20 kg d'arachide par exemple, à la récolte on n'en tire que 5 à 10 kg ». L'aggravation de ce déficit, entrainera des rendements encore plus faibles à l'avenir.

Ces impacts sont le fruit d'une série d'effets que les répondants identifient clairement. Ainsi quand il y'a trop d'eau consécutif à une forte pluie, la graine d'arachide ne pousse pas surtout si cela coïncide avec le moment de sa germination. La plantule reste alors sous terre. A l'opposé, si le mil commence à germer, l'abondance d'eau l'aide à se développer. Cependant, si les plantules de mil et d'arachide se sont déjà développées, des fortes pluies font que le mil devienne mou et se fane, et l'arachide durcit. Les longues pauses pluviométriques inhibent généralement la germination des semences.

Les pluies abondantes causent souvent la morbidité du bétail. C'est pourquoi certaines personnes interrogées disent préférer la saison sèche à la saison des pluies, car les animaux sont en bonne santé à cette période. Le déficit pluviométrique entraîne généralement une baisse des ressources fourragères et un assèchement des puits. Ainsi pour les vaches par exemple qui aiment l'eau, son insuffisance entraîne leur amaigrissement voire leur mort.

Le vent pose des problèmes tout aussi dramatiques que la pluie aux paysans. Cependant, quelques interviewés nuancent son impact. Pour ces paysans, ces dernières années, le vent est plus fort mais moins désastreux, tandis qu'avant il était faible mais désastreux.

Pour les personnes interviewées, le vent détruit les cultures surtout quand elles commencent à se développer. Quand il est fort pendant la saison des pluies par exemple, les cultures se développent moins. Des espèces comme le mil perdent leurs tiges et tombent ; tandis que d'autres comme le manguier perdent des inflorescences entraînant une baisse du nombre de fruits. Seules les espèces dont la graine est souterraine sont épargnées par l'effet dévastateur du vent. Pour l'un des répondants, quand il ne pleut pas pendant la floraison des cultures de niébé, d'arachide et de pastèque, un vent fort risque aussi de détruire les jeunes fleurs.

Enfin, pour ce qui est du bétail, un vent fort cause leur divagation vers d'autres horizons ou leur immobilisme au point de cesser toute activité.

### IV.3-Options d'adaptation

#### Protection du parc à *Faidherbia albida*

Le *Kad* est une espèce partiellement protégée par le Code forestier de 1998 (Article R.63). Cet état de fait est favorisé par un environnement socioculturel particulièrement favorable. En effet, pour les populations, traditionnellement le *Kad* a toujours été protégé par les sérères eu égard à son rôle fertilisant pour le sol grâce à ses feuilles qui constituent un engrais organique après leur chute. Aujourd'hui, cette perception semble être partagée par tous les habitants de la communauté rurale. En outre, son fruit est très apprécié par le bétail et de ce fait, recherché par les éleveurs en période sèche.

Aussi, les interviewés sont-ils unanimes quant au fait que les rendements agricoles et la pratique de l'élevage sont meilleurs sur des champs où poussent les *Kad*. Cette assertion est étayée par certains qui témoignent que « les *Kad* sont nombreux là où on cultive, et faibles là où on ne cultive pas » ; et que « les fruits du *Kad* donnent beaucoup de lait aux vaches, et les animaux sont beaux à voir ». Cependant, le constat a été fait que, lorsque la question sur les ressources fourragères était posée, les interviewés ne citaient pas systématiquement le fruit du *Kad*; ce n'est qu'en relançant tout en l'incluant dans l'interrogation, que ces derniers faisaient son éloge.

Quand il est fait mention de protection du *Kad*, les interviewés font systématiquement le lien avec les rendements agricoles et le fourrage; à l'instar d'une femme agricultrice qui souligne que « cette protection permet la fertilisation du sol et d'avoir de bons rendements ». Le chef de village de Thilla Boubou pour généraliser a précisé le rôle de brise-vent joué par tous les arbres et spécifiquement le *Kad*. Pour ce dernier, « c'est normal qu'on protège les arbres car ils font de même pour nous ».

Fort de ce qui précède, les personnes interrogées apprécient le fait que le *Kad* soit protégé par le service des Eaux et Forêts. La plupart d'entre eux soulignent d'ailleurs que le nombre de *Kad* a augmenté dans la zone depuis qu'on a promu sa protection. Cependant, certains pensent que cette protection n'est pas optimale et que le service des Eaux et Forêts devrait redoubler d'efforts.

A défaut de la protection par les agents des services techniques des Eaux et Forêts et de leurs délégués au sein des paysans, une régénération naturelle assistée est pratiquée par la plupart des villageois. Ces derniers protègent uniquement les jeunes *Kad* qui poussent dans leurs champs ; et l'entretiennent en l'élaguant au début de sa croissance.

### **Modifications des pratiques culturelles**

En réaction à une période de forte pluviosité, les paysans accroissent leur utilisation d'engrais sur les sols dior. Selon certains, cela devrait permettre de renforcer les éléments nutritifs du sol. D'autres substituent les engrais par le fumier animal en particulier celui des vaches, soit par manque de moyens, soit par préférence. Pour ce dernier cas, un des agriculteurs justifie cette préférence par le fait que le fumier animal tient plus de temps dans le sol que l'engrais en période pluvieuse. De plus, quand il pleut, les sols dior lourds sont préférés aux dior légers, probablement parce qu'ils retiennent mieux l'eau.

Pour prévenir l'effet stimulant d'une forte pluie sur le développement de mauvaises herbes, certains paysans sèment abondamment de sorte à occuper l'espace disponible. En outre, le mil est semé avant les premières pluies, tandis que les autres cultures le sont après ; traditionnellement cela a permis aux populations d'avoir de meilleurs résultats.

Enfin, pour prévenir les désastres causés par le vent, les paysans ont tendance à semer dans des rangées tracées en aller-retour, dans une direction parallèle au vent (voir annexe II.8). Cette technique héritée de l'époque coloniale, se base sur le principe que le vent a une direction prédéterminée venant de l'Est. Les paysans considèrent en effet que pendant la saison des pluies le vent vient de l'Est et du Sud ; celui de direction Est étant plus fort et plus dévastateur.

### **Conservation des semences**

Lorsque la saison des pluies est bonne, des paysans choisissent individuellement d'anticiper sur la prochaine année. Pour cela, ils stockent selon leurs moyens des semences, dans des magasins, des fûts ou des sacs. Cependant, la quantité stockée dépend de la qualité de l'hivernage.

Certains parmi eux adoptent des stratégies de conservation des semences en réaction à un stress éolien ou pluviométrique, en s'abstenant de semer. Les semences sont alors casées dans la maison en attendant que cesse le stress. Cependant, il y a un délai à ne pas dépasser. Ce type de conservation est déploré du fait que cela raccourcit la durée des activités agricoles.

### **Modification des superficies cultivables**

Cette modification se traduit par une augmentation ou une diminution des aires cultivées. Elle est en partie étroitement liée à la quantité de semences disponibles, qui elle est fonction de la qualité de la saison des pluies. Ainsi, la faible disponibilité de semences pousse certains agriculteurs à abandonner certains espaces agricoles qu'ils possèdent. *A contrario*, ils augmentent ces superficies lorsqu'ils ont suffisamment de semences. Ce dernier cas est surtout constaté chez les paysans des villages wolofs. Selon ces derniers, ils disposent de terres, et peuvent de ce fait augmenter leurs superficies en fonction de la quantité de leur semence et de leur force de travail.

### **Changement technologique**

Toutes les personnes interrogées utilisent des variétés à cycle végétatif court (mil souna, niébé etc.) propres aux zones sèches où la saison pluvieuse dure trois mois au maximum. Ces variétés ont une croissance rapide, et achèvent leur développement en 90 jours; à condition d'avoir une quantité d'eau minimale bien répartie dans cet intervalle.

En ce qui concerne la machinerie, elle est restée rudimentaire (Houe sine, Occidentale, Hilère, Daba, Semoir, etc.).(Voir annexes II. 9 et 8)

### **Variation de la période de récolte**

Quelques personnes interrogées ont recours à une récolte anticipée de certaines cultures lorsque le stress climatique est très important. Cela concerne uniquement les cultures matures. L'un précise « nous sommes obligés de faire ainsi pour ne pas tout perdre ». Dans d'autres cas, ils procèdent à une récolte tardive. L'un des répondants prenant le cas de la pastèque, explique que « durant la saison de pluie, le fruit n'a pas un bon goût ; le meilleur goût c'est après les pluies ». Aussi, réalisent-ils la récolte de la pastèque après la fin de la saison pluvieuse.

En outre, d'autres cultures ayant leurs fruits au-dessus du sol à l'instar du mil, posent un réel problème quand il pleut. Aussi, les personnes interrogées ont le sentiment que les récoltes ne sont possibles que quand les pluies ont cessé et que l'eau du sol a tari.

### **Diversification des activités génératrices de revenu**

Pour pallier la dépendance des activités agricoles à la saison pluvieuse courte, certains villageois font du maraîchage grâce à l'unique forage présent dans la zone. Comme spéculations on a les cultures de tomates, de carottes etc. Les semences sont obtenues auprès de marchands qu'ils aident à écouler des produits les jours du marché hebdomadaire de Touba Toul. D'aucuns eu égard à l'éloignement du forage sont emmenés à prélever l'eau au niveau des robinets ménagers pour faire du maraîchage et de l'arboriculture fruitière. Ce dernier cas concerne surtout quelques villages Wolofs à proximité de la commune de Khombole ; ils ont en effet l'avantage d'être connectés au château d'eau de ladite commune. Cependant, ils précisent que cela fait croître leur facture d'eau, mais n'ont pas le choix.

De façon générale, les personnes interrogées ont noté la complexité de réaliser des activités agricoles hors saison du fait du faible nombre de forages et de puits. Ils ont manifesté unanimement le souhait de voir augmenter le nombre de forages pour la réalisation de ces activités

### **Recours aux prêts et au microcrédit**

La faiblesse des rendements due à une mauvaise saison des pluies et la cherté des semences font en sorte que les paysans s'endettent auprès d'autres villageois. A l'approche de la saison des pluies, c'est leur seul recours à défaut de ne rien semer. Certaines femmes par contre ont choisi de s'organiser entre elles pour participer à des tontines. Il s'agit d'une cotisation informelle réalisée par un regroupement de personnes à intervalle de temps régulier; La somme obtenue est reversée tour à tour à chaque participant

Quelques villages ont accès à un microcrédit. Ce dernier étant un procédé financier permettant à des populations à faible revenu de bénéficier des services microfinanciers. Ainsi, il s'agit de créer un financement immédiatement accessible aux populations démunies, ce qui leur évite les procédures lourdes, longues et conventionnelles des circuits financiers officiels.

Par exemple, le village de Thilla-Boubou bénéficie d'un microcrédit de One Woman Initiative (OWI) depuis 5 ans grâce à un natif du village. Il consiste à accorder des prêts de 25000 Fcfa (remboursables en six (6) mois maximum) aux femmes; chaque mois la requérante devrait rembourser 5500 Fcfa. La plupart considèrent que le microcrédit est difficile à rembourser car à défaut d'acheter des semences, l'argent sert aussi à faire un petit commerce. La faiblesse des revenus à la suite du manque de clients ou de la faiblesse des rendements est souvent à l'origine du non règlement des créances contractées. D'autres personnes interrogées ont recours au Partenariat pour la Mobilisation de l'Epargne et le Crédit au Sénégal (PAMECAS) et au Crédit Mutuel du Sénégal (CMS). Tous deux sont des mutuelles, c'est-à-dire des systèmes financiers d'aide aux populations à moindre revenu. Les mutuelles s'apparentent à des tontines, à la seule différence qu'elles sont formelles.

Le CMS a pour objectif à travers sa politique de microcrédit de renforcer l'activité pratiquée par un requérant. Cependant il ne finance pas la création d'activités. Les activités financées sont nombreuses : commerce, artisanat, agriculture, élevage, pêche, etc. Seules les personnes disposant d'un compte au CMS (sociétaire) peuvent solliciter un emprunt microcrédit.

La seule relation entre le sociétaire et le CMS est le compte. Aussi, la crédibilité de la personne est évaluée en fonction des mouvements de dépôt et de retrait d'argent dans le compte. Souvent le plafond d'octroi est fixé en fonction du montant maximal atteint par les dépôts. Cependant, le taux de recouvrement, est fixé par l'agent selon le montant demandé, la durée de recouvrement totale, l'activité et le requérant. En fonction du risque encouru, l'agent peut augmenter le taux. Après l'accord du prêt, le dossier du sociétaire est suivi par mois en fonction des échéances. Si ce dernier totalise trois (3) impayés, il y a contentieux ; qui peut être suivi de la confiscation des biens laissés en garantie.

### **Diversification des sources de fourrage**

L'alimentation du bétail en fourrage est variable selon les saisons. Elle comprend des graminées annuelles (strate herbacée), des fanes d'arachide, des résidus de récolte, de l'herbe séchée et du fourrage aérien (feuilles et fruits).



Pendant la saison des pluies, le bétail est nourri au niveau des champs à partir de l'herbe qui pousse. Le parcours est réalisé dans le strict respect des cultures ; et souvent en accord avec certains propriétaires agriculteurs.

Les résidus de récoltes utilisés sont nombreux et variés. Ils sont en général donnés au bétail durant la saison sèche. C'est le cas de la paille de mil, du Rakal (en Wolof) et de l'Elema (Aliment de bétail mal prononcé par les paysans). Le Rakal (Voir Annexe II.3), est transformé traditionnellement. Il découle de graines d'arachides pilées et dépourvues d'huile. L'Elema (Voir Annexe II.2) par contre est issu d'une transformation industrielle.

Durant cette même période, l'herbe sèche et les fanes d'arachides, sont préférées par les éleveurs.

Tous les éleveurs ont noté clairement le fait que durant la saison sèche, le fourrage aérien recherché est le fruit du *Kad* (Voir Annexe II.1). Nous avons d'ailleurs pu observer cela chez un de nos aides. Ce dernier durant la mission d'inventaire ramassait régulièrement des fruits du *Kad* au sol pour son bétail.

L'absence de l'une ou l'autre des sources fourragères conduit certains éleveurs à alimenter leur bétail à partir d'autres fourrages aériens. C'est le cas des feuilles de baobab (*Adansonia digitata*) et de nime (*Azadirachta indica*) qu'ils n'hésitent pas à abattre. L'un d'eux témoigne que les feuilles de ces deux arbres ont le même effet sur le bétail que le fruit du *Kad*.

Enfin, quelle que soit la saison, le manque de fourrage est compensé chez certaines personnes interrogées par l'achat de pain sec, du Rakal et de l'Elema pour le bétail. L'un des intéressés précise qu'en période de bonne saison des pluies, ce fourrage de substitution est refusé par le bétail.

### **Modification des pratiques d'abreuvement**

La faiblesse des précipitations dans le Baol, et leur mauvaise répartition spatio-temporelle, conduit les éleveurs à abreuver leur bétail au niveau des forages. Quand ces derniers tombent en panne, ils ont recours aux puits qui sont profonds (30m environ). Pour les villages en périphérie raccordés au forage de Khombole, l'abreuvement est réalisé à partir de l'eau du robinet. Tout comme les agriculteurs, les interviewés ont noté le danger qu'il y'a pour une telle pratique, eu égard au prix élevé de l'eau..

## **Stratégies pastorales d'évitement du stress**

Pour pallier la divagation du bétail en cas de vent fort, certaines bêtes sont attachées à des piquets. A défaut de cela, elles sont enfermées dans des enclos protégés au niveau des foyers. Cette dernière réaction est aussi utilisée quand il pleut pour éviter un état morbide du bétail, qui pourrait être causé par des attaques parasitaires.

## **Vente du bétail**

La baisse de la production fourragère consécutive au déficit pluviométrique, conduit les éleveurs à s'entraider mutuellement via du fourrage offert. Une autre solution semble être souvent de vendre une ou deux chèvres à moindre coût pour acheter du fourrage. Pour un interviewé, à la fin d'une bonne saison des pluies, un veau de 2 à 3 ans peut coûter 100 000 à 150 000 Fcfa ; tandis que quand elle est mauvaise, le prix peut baisser jusqu'à 75 000 Fcfa voire 50 000 Fcfa pendant la période de soudure. Cette approche est remise en cause par un autre répondant, qui estime que, quand la saison des pluies est bonne, il y a du fourrage en abondance ; le bétail ne devrait donc pas être vendu cher car l'éleveur ne dépense quasiment rien.

Dans tous les cas, pour une femme, le bénéfice tiré de la vente du bétail est faible car l'argent sert à régler des problèmes chaque jour.

## **Exode rural**

« Quand on n'a pas de terres, de quoi semer, du travail, on est obligé de partir. » Tel est le témoignage d'une femme agropasteur. En effet, la baisse des rendements de cultures et d'élevage conduit les interviewés à quitter le terroir ou à envoyer leurs enfants à Dakar, en Casamance, à Touba ou en Gambie. Ces personnes émigrées apportent surtout une aide financière à la famille en participant aux dépenses du ménage. Une autre de renchérir « Ce sont de telles conséquences qui nous poussent à envoyer nos filles à Dakar, car il n'y a personne pour nous aider ». Ces filles y travaillent souvent en tant qu'employées de maison. Cependant, cette année semble exceptionnelle par rapport aux précédentes. En effet, certaines personnes interrogées ont noté un mouvement inverse des populations qui quittent la ville pour le village. Selon ces derniers, cela est dû au constat de la bonne saison des pluies de cette année.

## **Pratique religieuse**

C'est la réaction systématique des personnes interrogées face aux dommages causés par le climat. Ils sont tous fatalistes et ont clamé leur incapacité à pallier ces intempéries. Pour eux, il s'agit d'un phénomène naturel, et il est impossible de changer cela, à défaut de tout remettre entre « les mains de Dieu par la prière ». Par ailleurs, une femme précise « s'il ne pleut pas, nous sommes obligés de prier ».

## **IV.4-Discussion**

### **Variabilité et changements climatiques**

Les paysans de la communauté rurale de Touba Toul ont une appréhension assez claire du climat, de l'interaction de certains de ses paramètres et de leur évolution. Ils sont conscients de la variabilité climatique, mais ignorent tout du changement climatique. Cela corrobore l'étude de **Mertz et al. (2008)**, qui montre que les agriculteurs dans l'Est du Saloum ont une conscience du climat et une claire opinion des changements dans l'intensité des événements climatiques. Les paysans de Touba Toul semblent disposer d'un savoir empirique local de certains phénomènes météorologiques. Ils perçoivent la température comme un paramètre climatique prédictif de l'arrivée de la pluie et de la qualité de la saison des pluies. Ainsi pour ces derniers, une température élevée annonce l'arrivée de la pluie, tandis qu'une longue et forte fraîcheur durant la saison sèche laisse présager des pluies abondantes pendant la saison des pluies. Selon **Manga et al. (2009)**, dans le Sine Saloum, ces perceptions peuvent découler d'informations des radios et autres médias ; ou restent tributaires de la prédiction de *Saltigués* (homme ou femme qui prédit des faits de sociétés et météorologiques) lors des *xooy* (cérémonie divinatoire). La diffusion de l'information concernant l'hivernage se fait par voie d'un messager (griot) et au niveau des marchés hebdomadaires.

### **Impacts de la variabilité et du changement climatique**

Les paysans établissent un lien étroit entre les paramètres climatiques et les rendements, surtout en ce qui concerne le vent et la pluie. Tel que constater par les agriculteurs de l'Est du Saloum (**Mertz et al. 2008**), les vents forts et surtout le déficit pluviométrique sont considérés comme les facteurs primordiaux qui endommagent les cultures et le bétail. Des impacts

positifs sont quand même perçus. Néanmoins, ils restent dépendants essentiellement de l'abondance des pluies pendant la saison des pluies, et de leur adéquation intime avec les phases de croissance et de développement des cultures. En effet, les villageois ont une connaissance traditionnelle des étapes de croissance et de développement des cultures, et leur lien avec les paramètres climatiques. Leur appréhension de l'impact du climat sur les cultures est étroitement corrélée à cette perception traditionnelle. Par contre, en ce qui concerne le bétail, l'impact est corrélé systématiquement à la baisse de la productivité des sources de fourragères suite à la baisse de la pluviométrie.

### **Les réponses apportées aux impacts**

Dans le Sénégal central, la capacité d'adaptation au changement climatique est compromise par la faible santé, le chômage et les infrastructures villageoises inadéquates (**Tsachakert, 2006**). Cette assertion justifie en partie le fait qu'à Touba Toul, les réponses à un stress éolien ou pluviométrique sont davantage réactives qu'anticipatives. La principale mesure anticipative est sans nul doute la protection et l'entretien du *Kad* rendus possible par un environnement socioculturel favorable. L'opinion positive du *Kad* par les paysans de la communauté rurale est due de manière quasi exclusive à la reconnaissance du rôle fourrager et fertilisant de cet arbre. Pour **Piriaux et al. (1997)** l'accroissement des risques climatiques en présence de sols épuisés devrait effectivement conduire l'agriculteur à opter pour des mesures de redressement de la fertilité de ses terres. Cette pratique visant la fertilisation est considérée par **Mbow (2009)** comme une stratégie d'adaptation au champ suite à des changements environnementaux ; c'est-à-dire ne dépendant pas uniquement des seuls facteurs climatiques.

Bon nombre d'études scientifiques confirment ces narrations sur le *Kad*. En effet, en tant que légumineuse, *Faidherbia albida* réalise une symbiose avec des bradyrhizobiums contenus dans des nodosités des racines dans lesquelles ces bactéries transforment l'azote atmosphérique ( $N_2$ ) en ammonium ( $NH_4^+$ ) grâce à l'activité de la nitrogénase bactérienne puis l'incorpore à des molécules organiques qui seront exportées vers les feuilles (**Diouf et al. 2001**). Ainsi, l'apport d'une volumineuse litière issue de l'importante couronne de l'arbre améliore la fertilité des sols, assurant de ce fait des rendements remarquables des cultures traditionnelles (mil, arachide, sorgho...) associées (**Vassal, 1998**).

De plus le système racinaire pivotant profond puise des éléments fertilisants au niveau des horizons profonds inaccessibles aux cultures (**Weigel, 1994**) ; limitant de ce fait la

compétition entre l'arbre et les cultures. Cette absence de compétition est renforcée par l'absence de canopée durant la saison pluvieuse. C'est pourquoi le *Kad* est considéré comme une pompe biologique.

Dans une étude réalisée à Bambey, **Vassal (1998)** montre que les gousses du *Kad*, très riches en protéines et glucides (en moyenne de 120 à 140 kg) ont une valeur nutritive double de celle d'une herbe de savane.

Enfin, **Pélissier (1980)**, ainsi que le rapport du **PAGF (1997)** estiment qu'une forte densité de *Kad* correspond à une production agricole élevée ; la production agricole optimale étant obtenue pour une densité de 50 à 60 individus à l'hectare. Cette densité est largement au dessus de celle que nous avons obtenue sur le terrain.

L'appréciation générale de cet arbre est tel que certains lui manifestent une forte confiance à l'instar d'un agropasteur qui pense que « Si tous les arbres avaient les avantages du *Kad*, nous n'aurions pas ces problèmes ».

Le changement technologique demeure aussi d'une importance capitale en termes de mesure anticipative. C'est le cas de l'utilisation du mil, qui est bien adapté aux conditions extrêmes telles que des températures élevées, de faibles précipitations et une brève saison (**FAO et ICRISAT, 1997**).

Les mesures réactives sont nombreuses et illustrent clairement la vulnérabilité des populations de la Communauté Rurale de Touba Toul aux risques climatiques. On note une modification des pratiques culturelles, un recours aux prêts et microcrédits, une modification des pratiques d'abreuvements, etc. En ce qui concerne le microcrédit, tous les paysans n'y ont pas accès eu égard aux difficultés rencontrées dans l'octroi du crédit aux membres. Quant à ceux qui n'ont pas accès à ce prêt, ils éprouvent des difficultés dans le recouvrement des emprunts. Pour **Madaga (2009)** ceci est certainement dû d'une part, au fait que les acteurs économiques évoluent dans une sphère informelle de l'économie ; d'autre part, les règles édictées pour l'octroi du crédit ne reposent sur aucune garantie matérielle, juridique voire financière.

La croyance joue aussi un rôle crucial dans les stratégies de réponse dans cette région. Cette adaptation se manifeste par une inactivité à travers la prière. Ce constat avait déjà été fait par **Sène (2007)** qui note qu'au Sénégal, 10% des personnes interrogées se référaient aux pratiques religieuses pour faire face aux contraintes climatiques. Cette réponse aux aléas

climatiques semble corroborer tout le sens de la définition proposée par **Mbow (2009)** pour qui le fait de se résigner aux conséquences constitue une forme d'adaptation.

La réaction privilégiée aux impacts du climat, à défaut des pratiques religieuses, semble être l'exode rural. Ce départ se justifie par le souci d'obtenir des revenus par d'autres moyens que la terre dans les grandes agglomérations pour aider la famille. L'exemple de cette année pourrait témoigner du retour possible de ces émigrants s'il y avait une amélioration de la pluviométrie ou de la disponibilité en eau dans la zone.

### **Conclusion partielle**

Les populations ont une appréhension plus ou moins large du climat, qui va de sa variabilité, les implications qui en découlent et leur attitude vis-à-vis de ces modifications. Les vents forts et le déficit pluviométrique sont particulièrement néfastes pour leur production agricole et pastorale et *in fine* leur alimentation et leurs revenus.

Les recours sont nombreux et divers et illustrent le combat que mènent les agriculteurs pour faire face aux aléas climatiques. Ils n'hésitent pas à recourir à des tentatives anticipatives de sécurisation de la production agricole tels que l'amélioration de la qualité du sol, l'entretien des semences, la diversification des sources de revenus, etc. Cependant, l'essentiel de ces recours sont réalisés de manière réactive non durable, c'est-à-dire lorsque l'effet des modifications des paramètres climatiques se fait sentir. En effet, ils tendent vers l'ajustement des pratiques culturelles, la recherche de sources de revenus (emprunt, appauvrissement des actifs par la vente du bétail, exode rural etc.), et la pratique religieuse. Cela se traduit par la baisse de la force de travail, le surendettement dû à la faiblesse de la capacité de remboursement, l'inactivité... qui concourent tous en partie à maintenir ou à renforcer les populations dans leur état de vulnérabilité et de pauvreté.

## Discussion et conclusion générales

A l'instar d'autres régions du Sénégal, la Communauté Rurale de Touba Toul est sujette à une forte péjoration de la pluviométrie et une élévation des températures moyennes annuelles. Cette tendance est perçue comme naturelle au niveau local par les paysans.

L'atténuation et l'adaptation ne peuvent être perçues indépendamment, ils sont complémentaires (Nyong et al, 2007 ; Rosenzweig et Tubiello , 2007 ; Mbow , 2009). La formation végétale à *Kad* confirme cette assertion en favorisant une intégration de la séquestration du carbone et de l'adaptation au changement de climat. Cependant, les populations de la Communauté Rurale de Touba Toul ont une méconnaissance des mécanismes financiers dont elles pourraient profiter eu égard à la présence d'un tel parc.

La fluctuation des paramètres climatiques n'est pas sans dommages pour ce système agropastoral ; et se traduit par une dynamique socioéconomique pour accroître la résilience des paysans face à ces impacts. La faible capacité d'adaptation fait que les réponses apportées par les populations sont davantage spontanées et ne s'inscrivent pas dans la durabilité. La diversification des sources de revenus, la protection du *Kad* et son maintien dans les champs etc. en tant que mesures anticipatives, pourraient être des opportunités au centre de la pratique d'une agriculture durable et de l'obtention d'une sécurisation alimentaire dans la zone.

En outre, avec une séquestration moyenne de 30,39 tonnes de carbone ligneux par hectare, le parc qui en découle possède un véritable potentiel de carbone. Cependant, dans son état actuel, la viabilité du parc et par conséquent son potentiel de séquestration de carbone sont menacés. De plus, la répartition spatiale inégale du *Kad* et sa faible densité font que cet arbre ne joue pas de manière optimale son rôle dans la séquestration du carbone et la contribution à une pratique agropastorale durable.

Enfin, l'environnement socioculturel et l'environnement juridique et institutionnel qui encadrent cet arbre, sont des facteurs propices dont pourrait jouir ce parc agroforestier dans la formulation de projets MDP. En outre, les fonds d'adaptation pourraient constituer une source financière supplémentaire pour les populations.

## Perspectives

### Estimation de la quantité de carbone

Pour la prévision des biomasses il serait souhaitable de recourir à des équations allométriques propres à l'espèce *Faidherbia albida*. Dans la littérature nous n'en avons pas trouvé. L'utilisation de la méthode destructive de la végétation sera donc indispensable pour leur élaboration. Il faudra privilégier des équations à deux variables explicatives ; de préférence le dhp et la hauteur de l'arbre qui sont facilement mesurables.

Pour une prise en compte global du potentiel de carbone du parc agroforestier, une attention particulière devrait être accordée à la biomasse du sol, à la litière et à la biomasse non ligneuse (herbes). Pour cela, le choix de la période doit être de mise ; celle qui conviendrait pour une prise en compte optimale de la biomasse, devrait se situer juste après le retrait des cultures, c'est-à-dire à la fin de la saison des pluies.

### Structure du parc agroforestier

L'amélioration de la structure du parc pourrait être réalisée par un reboisement ou une régénération naturelle assistée. Pour cela, la recommandation du PAGF est à encourager. Ce dernier préconise l'utilisation dans le bassin arachidier de la régénération naturelle assistée qui donne des résultats probants par rapport à la régénération artificielle qui occasionne d'innombrables pertes.

L'amélioration de la structure permettra d'avoir une stabilité du peuplement, et aura un impact indirect sur la séquestration et l'adaptation. En effet, l'atteinte d'une densité de 50 à 60 pieds à l'hectare devrait permettre selon le **PAGF (1997)** et **Pélissier (1980)** l'atteinte de rendements agricoles considérables. Enfin, une telle initiative accroîtrait considérablement le potentiel de carbone.

### Options d'adaptation

Il serait judicieux de s'orienter vers des actions d'adaptation plus planifiées. Pour cela, une sensibilisation sur les enjeux et défis des changements climatiques, et une implication des



populations est de rigueur. En outre, un échange d'expérience pourrait être organisé entre les populations ayant participé à la première phase du PAGF et celles de Touba Toul.

La prise en compte de la problématique de l'eau devrait être au centre de toutes les activités à entreprendre. Aussi, l'augmentation du nombre de forages pourrait faciliter la réalisation des activités agricoles, d'abreuvement du bétail et de régénération naturelle assistée.

Enfin, il est primordial de lutter contre les ravageurs de cultures et du fruit du *Kad*, qui pourraient anéantir tous les efforts entrepris pour le renforcement des capacités d'adaptation des paysans de la Communauté Rurale de Touba Toul

## Références bibliographiques

ANSD- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, 2007. Situation Economique et Sociale du Sénégal : 2007, Sénégal 251p.

Badiane N.Y., 1998. S tatut organique et microbiologique des sols dans des systèmes agroforestiers et à j achère du Sénégal. Mémoire de DEA, Institut des Sciences de l'Environnement, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 47p.

Berhaut J., 1967. Flore du Sénégal. Clairafrique Dakar, 485p.

Brown S., 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests, a Primer. (FAO Forestry Paper-134). FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 48 p.

Charreau C. et Fauck R., 1965. Les sols du Sénégal. ORSTOM, 45p.

Diouf D. et *al.*, 2001-Diversité de la capacité de fixation d'azote de *Faidherbia albida* au Sénégal, 14p.

Direction de l'Environnement, 1997-Communication initiale du S énégal à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Dakar, 117p.

DSRP<sup>II</sup>, 2006- Document de stratégie pour la croissance et la réduction de la pauvreté 2006-2010. Dakar, 62p.

FAO et ICRISAT-Institut international de Recherche sur les Cultures des Zones tropicales Semi-arides, 1997. L'Economie mondiale du s orgho et du mil : faits tendances et perspectives, 68p.

GIEC-Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du C limat., 1995. Seconde évaluation sur le changement climatique. Rapport du GIEC, 73p.

GIEC-Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 1996. Lignes directrices révisées pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre. Rapport du GIEC, Manuel simplifié, 100p.

GIEC- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 1997. Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Evaluation de la vulnérabilité, Rapport du GIEC, 26p.

GIEC- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2002. Les changements climatiques et la biodiversité. Rapport technique V du GIEC 88p.

GIEC-Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2003. Recommandation en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, Rapport du GIEC, 594p.

GIEC- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse,..., 103p

Gounot M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation, Paris. Edition-Masson et C<sup>ie</sup> -314p.

Gueye Y.D., 2008. Genre, changement climatique et sécurité humaine: le cas du Sénégal. Enda énergie, 21p.

Hairiah K. et *al.*, 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. ICRAF- International Centre for Research in Agroforestry, 23p.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4, 801p.

La Loi n°98-93 du 08 janvier 1998 portant Code forestier.

Leroux M., 1983. Le climat de l'Afrique tropicale. Edition Champion, 633p.

Madaga E. H. D., 2009. Problématique de l'intégration des activités conservatoires et des Activités Génératrices de Revenu : Cas du Fonds d'Appui à l'Environnement et au Développement au niveau de quatre projets financés par le Programme de Microfinancement du Fonds pour l'Environnement mondial au Sénégal. Mémoire de DEA, Institut des Sciences de l'Environnement, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 90p.

Maignien R., 1965. Carte pédologique du Sénégal au 1/1000000. ORSTOM, 71p.

Manga A. et al., 2009. Prédiction pluviométrique des *Saltigués* et pratiques paysannes en pays Sérère : Les croyances culturelles au service de l'agriculture. *Géographia Technica. Numéro spécial*, 6p.

Martin A., 1970. Les nappes de la presqu'île du cap vert : leur utilisation pour l'alimentation en eau de Dakar. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 56p.

Mbow C., 2009. Could carbon buy food? The stakes of mitigation versus adaptation to climate change in African Countries. *Global Land Project News* 5: 20-23

Mbow C., 2009. Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudano-guinéennes du Sénégal. Doctorat d'Etat ès Sciences, Institut des Sciences de l'Environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 319p.

Mertz O et al., 2008. Farmer's Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environmental Management*. DOI: 10.1007/s00267-008-9197-0

Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, 2006-Plan d'Action National pour l'Adaptation aux Changements Climatiques. Dakar, 83p.

Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, 2006-Politique Forestière du Sénégal 2005-2025. Dakar, 106p.

Na-Abou Moussa M., 2004. Justification et critère de durabilité des projets de Séquestration du carbone dans la lutte contre les changements climatiques : Cas des systèmes agroforestiers

de Sébikotane. Mémoire de DEA, Institut des Sciences de l'Environnement, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 102p.

Nyong A. et *al.*, 2007. The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 787-797

Pélissier P., 1980. L'arbre dans les paysages agraires de l'Afrique noire : Compte rendu du colloque tenu à Dakar, Sénégal, du 5 au 10 novembre 1979, Ottawa, Ont., 92p.

Pélissier P., *Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*. Version électronique de l'ouvrage paru sous le même titre [Saint-Yrieix, Fabrègue : 939 p.], 537 p., 74 figures et 64 planches. Dakar, UCAD - Département d'Histoire, juin 2008.  
[http://tekrur-ucad.refer.sn/rubrique.php3?id\\_rubrique=179](http://tekrur-ucad.refer.sn/rubrique.php3?id_rubrique=179)

Piroux M. et *al.*, 1997. Intensification agricole en région sahélo-soudanienne : Itinéraires techniques dans un contexte à risque. *Biotechnologie Agronomie Sociologie Environnement*. 1 (3), 196-208

RGP-Recensement Général de la Population d'avril 1976, 1980 : Analyse des résultats de la région de Thiès. Bureau National du Recensement-BRN, Dakar, Sénégal, 59p.

RGPH<sup>III</sup>- Résultats du troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat-2002, 2006. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie-ANSD. Dakar, Sénégal. 119p.

Rondeux J., 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers- Les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique-521p.

Rosenzweig C. et Tubiello F. N., 2007. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of synergies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12 : 855-873

Sagna J., 1994. Analyse des précipitations au Sénégal de 1970 à 1991. Mémoire de maîtrise. Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 130p.

Sagna P., 2005. Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique Occidentale. Doctorat d'Etat ès Lettres, Tome 1. Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 270p.

Sakho M. S. J., 2004. De l'exploitation agricole familiale au système d'activités : une étude de cas du bassin arachidier du Sénégal. Mémoire de DEA. Université Montpellier I 73p.

Sow F., 2000. Etude hydrodynamique des aquifères de la région de Thiès-Diourbel et ses environs (Sénégal). Mémoire de DEA, Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 64p.

SRSD-Service Régional de la Statistique et de la Démographie de la région de Thiès, 2006. Situation économique et sociale-2005. 72p

Tschakert P., 2006. Views from the vulnerable: Understanding climatic and other stressors in the Sahel. *Global Environmental Change* 17: 381-396

Vassal J., 1998. Les Acacias au Sénégal : Taxonomie, écologie, principaux intérêts, 19p.

Weigel J., 1994. Agroforesterie pratique : à l'usage des agents de terrain en Afrique tropicale sèche. Ministère de la Coopération, 211p.

White L., Edwards A. eds., 2000. Conservation en forêt pluviale africaine: méthodes de recherche. Wildlife Conservation Society, New York. 444p.

Woomer P. L. et al., 2001: Landscape Carbon Sampling and Biogeochemical Modeling, Report of a workshop at Centre de Suivi Ecologique, Dakar, Sénégal, 68p.

Young A., 1997. Agroforestry for Soil Management –International Centre for Research in Agroforestry-ICRAF, 306p.

## **Annexes**

# Annexe I.1 : Récapitulatif des résultats de l'inventaire et de l'estimation de biomasse dans la parcelle 1

Espèces rencontrées	Circonférence (cm)	Dbh1 (cm)	Dbh2 (cm)	α (Degré)	α (radian)	L (m)	H' (m)	Hauteur (m)	Diamètre (cm)	Biomasse (t.ms)	aérienne	Biomasse (t.ms)	racinaire1	Biomasse (t.ms)	racinaire2
<i>Faidherbia albida</i>		34	38	28	0,4886922	20,25	1,71	12,477116	36	0,554332084		0,205971731		0,155212984	
<i>Faidherbia albida</i>		17	19	25	0,4363323	16,2	1,71	9,26418406	18	0,111014684		0,049740549		0,031084111	
<i>Balanites aegyptiaca</i>		42	48	32	0,5585054	15,8	1,71	11,5829358	45	0,930253357		0,325438173		0,26047094	
<i>Balanites aegyptiaca</i>		35	23	23	0,4014257	12,7	1,71	7,10083017	29	0,335669259		0,13222327		0,093987392	
<i>Faidherbia albida</i>		54	47	32	0,5585054	20,13	1,71	14,2886201	50,5	1,215581862		0,412218768		0,340362921	
<i>Faidherbia albida</i>		56	49	27	0,4712389	21,3	1,71	12,5628921	52,5	1,330202617		0,446381511		0,372456733	
<i>Faidherbia albida</i>		58	60	30	0,5235988	19,92	1,71	13,2108174	59	1,743913265		0,567053215		0,488295714	
<i>Faidherbia albida</i>		5	6	15	0,2617994	5,5	1,71	3,18372056	5,5	0,007092342		0,004376936		0,001985856	
<i>Faidherbia albida</i>		54	55,5	30	0,5235988	19,2	1,71	12,7951252	54,75	1,466220815		0,48648136		0,410541828	
<i>Faidherbia albida</i>		6	14	26	0,4537856	9,63	1,71	6,40686483	10	0,028388877		0,014907822		0,007948886	
<i>Faidherbia albida</i>		35	37	27	0,4712389	15,9	1,71	9,81145465	36	0,554332084		0,205971731		0,155212984	
<i>Faidherbia albida</i>		31	32	31	0,5410521	14,47	1,71	10,4044532	31,5	0,406657418		0,156648742		0,113864077	
<i>Faidherbia albida</i>	225			35	0,6108652	21,74	1,71	16,9325119	71,62	2,734160164		0,843703937		0,765564846	
<i>Faidherbia albida</i>		50	50	32	0,5585054	15,54	1,71	11,4204697	50	1,187841855		0,403895628		0,332595719	
<i>Faidherbia albida</i>		37	39	34	0,5934119	14,04	1,71	11,1800996	38	0,628414443		0,230113839		0,175956044	
<i>Faidherbia albida</i>		38	40	32	0,5585054	16,8	1,71	12,2078051	39	0,667449024		0,242699157		0,186885727	
<i>Faidherbia albida</i>		48	49	34	0,5934119	18,87	1,71	14,4379757	48,5	1,106799738		0,379447628		0,309903927	
<i>Faidherbia albida</i>		42	40	29	0,5061455	18,75	1,71	12,1032947	41	0,74956062		0,268900548		0,209876974	
<i>Faidherbia albida</i>		45	44	29	0,5061455	21,59	1,71	13,6775324	44,5	0,906449137		0,318068818		0,253805758	
<i>Faidherbia albida</i>		7	8	27	0,4712389	15,35	1,71	9,53121565	7,5	0,014564324		0,008266007		0,004078011	
<i>Faidherbia albida</i>		12	13	31	0,5410521	9,5	1,71	7,41817588	12,5	0,047640844		0,023554564		0,013339436	
<i>Faidherbia albida</i>		37	36	32	0,5585054	17	1,71	12,332779	36,5	0,572357871		0,211878835		0,160260204	
<i>Faidherbia albida</i>		36	35	30	0,5235988	18,55	1,71	12,4198475	35,5	0,536633763		0,200150144		0,150257454	
<i>Faidherbia albida</i>		26	24	30	0,5235988	15,8	1,71	10,8321343	25	0,237886082		0,09753761		0,066608103	
<i>Faidherbia albida</i>	360			30	0,5235988	25,4	1,71	16,3746968	114,60	8,135463693		2,21119092		2,277929834	
<i>Faidherbia albida</i>		59	56	31	0,5410521	21,17	1,71	14,4302193	57,5	1,642773217		0,537894138		0,459976501	
<i>Faidherbia albida</i>		24	22	30	0,5235988	16,1	1,71	11,0053393	23	0,196045462		0,082212697		0,054892729	
<i>Faidherbia albida</i>		25	22	33	0,5759587	14	1,71	10,8017063	23,5	0,206075164		0,085918265		0,057701046	
<i>Faidherbia albida</i>		24	20	31	0,5410521	15,85	1,71	11,2336408	22	0,176835247		0,075052343		0,049513869	
<i>Faidherbia albida</i>	220			33	0,5759587	22,36	1,71	16,2307538	70,03	2,595261529		0,80571765		0,726673228	



Annexe I.2: Récapitulatif des résultats de l'inventaire et de l'estimation de biomasse dans la parcelle 2

Espèces rencontrées	Circonférence (cm)	Dbh1 (cm)	Dbh2 (cm)	$\alpha$ (degré)	$\alpha$ (Radian)	L (m)	H' (m)	Hauteur (m)	Diamètre (cm)	Biomasse (t.ms)	aérienne	Biomasse (t.ms)	racinaire	Biomasse (t.ms)	racinaire
<i>Faidherbia albida</i>		43	41	31	0,54105207	16,85	1,71	11,834501	42	0,792659315		0,28251748		0,221944608	
<i>Faidherbia albida</i>		32	35	32	0,55850536	16,4	1,71	11,957857	33,5	0,469085671		0,177717766		0,131343988	
<i>Faidherbia albida</i>		48	38	32	0,55850536	21,84	1,71	15,357147	43	0,837134096		0,296479126		0,234397547	
<i>Ceiba pentandra</i>	452			38	0,66322512	30	1,71	25,148569	143,88	13,79372865		3,525617254		3,862244021	
<i>Acacia adansonii</i>		13	13	28	0,48869219	10,05	1,71	7,0536798	13	0,052179125		0,025526578		0,014610155	
<i>Balanites aegyptiaca</i>		6	8	22	0,38397244	6,04	1,71	4,1503184	7	0,012410111		0,007175838		0,003474831	
<i>Faidherbia albida</i>		11	12	28	0,48869219	9,92	1,71	6,9845576	11,5	0,039261529		0,019853718		0,010993228	
<i>Faidherbia albida</i>	270			30	0,52359878	25,08	1,71	16,189945	85,94	4,173730878		1,226049005		1,168644646	
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	140			23	0,40142573	21	1,71	10,623971	44,56	0,90944733		0,318998233		0,254645252	
<i>Faidherbia albida</i>	472			30	0,52359878	21	1,71	13,834356	150,24	15,25126778		3,852845253		4,270354977	
<i>Faidherbia albida</i>		11	12	27	0,4712389	9,07	1,71	6,3313958	11,5	0,039261529		0,019853718		0,010993228	
<i>Faidherbia albida</i>	340			32	0,55850536	17,3	1,71	12,52024	108,22	7,125110385		1,96670439		1,995030908	
<i>Faidherbia albida</i>		39	40	34	0,59341195	18,65	1,71	14,289584	39,5	0,687469565		0,249120578		0,192491478	
<i>Faidherbia albida</i>	337			37	0,64577182	19,75	1,71	16,592692	107,27	6,980103776		1,931295768		1,954429057	
<i>Faidherbia albida</i>		42	38	33	0,57595865	20,75	1,71	15,185208	40	0,707827439		0,255627915		0,198191683	

### Annexe I.3: Récapitulatif des résultats de l'inventaire et de l'estimation de biomasse dans la parcelle 3

Espèces rencontrées	Circonférence (cm)	Dbh1 (cm)	Dbh2 (cm)	$\alpha$ (degré)	$\alpha$ (Radian)	L (m)	H' (m)	Hauteur (m)	Diamètre (cm)	Biomasse (t.ms)	Biomasse aérienne	Biomasse racinaire (t.ms)	Biomasse racinaire (t.ms)
<i>Faidherbia albida</i>	310			31	0,541052068	22,47	1,71	15,2113381	98,68	5,750685793		1,627423958	1,610192022
<i>Faidherbia albida</i>	256			30	0,523598776	24,73	1,71	15,9878722	81,49	3,688733068		1,099271963	1,032845259
<i>Faidherbia albida</i>	360			28	0,488692191	25,85	1,71	15,4546888	114,59	8,135463693		2,21119092	2,277929834
<i>Acacia adansonii</i>		43	57	29	0,506145483	11,3	1,71	7,97369228	50	1,187841855		0,403895628	0,332595719
<i>Faidherbia albida</i>	283			33	0,575958653	19,73	1,71	14,5228118	90,08	4,654843025		1,350122967	1,303356047
<i>Faidherbia albida</i>		60	60	28	0,488692191	22,17	1,71	13,4979981	60	1,813255966		0,586930808	0,50771167
<i>Faidherbia albida</i>	255			31	0,541052068	26,18	1,71	17,440531	81,17	3,655390073		1,090487456	1,02350922
<i>Faidherbia albida</i>	390			35	0,610865238	20,82	1,71	16,2883209	124,14	9,795585457		2,605474887	2,742763928
<i>Faidherbia albida</i>	265			32	0,558505361	21,26	1,71	14,9947224	84,35	3,996602328		1,179957986	1,119048652
<i>Faidherbia albida</i>	255			29	0,506145483	23,62	1,71	14,8027798	81,17	3,655390073		1,090487456	1,02350922
<i>Faidherbia albida</i>	195			28	0,488692191	23,46	1,71	14,1839033	62,07	1,961737111		0,629201646	0,549286391
<i>Faidherbia albida</i>	186			28	0,488692191	20,48	1,71	12,5994092	59,20	1,758047237		0,571112173	0,492253226
<i>Tamarindus indca</i>	305			36	0,628318531	19,64	1,71	15,9792953	97,08	5,537785588		1,574070727	1,550579965
<i>Faidherbia albida</i>	206			30	0,523598776	23,52	1,71	15,2892783	65,57	2,228088621		0,704118174	0,623864814
<i>Adansonia digitata</i>		35	37	27	0,471238898	9,6	1,71	6,60144432	36	0,554332084		0,205971731	0,155212984

Annexe II.1 : Gousses du *Kad*



Annexe II.2: Aliment de bétail (Elema) dans le magasin d'un agropasteur



Annexe II.3 : Aliment de bétail (Rakal) dans le magasin d'un agropasteur



Annexe II.4: Bétail devant une mare temporaire



Annexe II.5 : Importante **croissance** de mil sous le *Kad*



Annexe II.6: Insecte ravageur du mil



Annexe II.7 : Château d'eau de la commune de Khombole



Annexe II.8 : Explication d'une pratique agricole par un agropasteur pour faire face au vent



Annexe II.9 : Semoir à Thilla Boubou



Annexe II.10: Hilère à Thilla Boubou

