

SOMMAIRE

B. PROBLEMATIQUE ET REVUES BIBLIOGRAPHIQUES.....	6
C. MATERIEL ET METHODE.....	11
C.1 MATERIEL ET EQUIPE DU TERRAIN	11
C.2 METHODOLOGIE	11
D. PRESENTATION DE LA ZONE	20
D.1 CADRE BIOGEOGRAPHIQUE	20
D.1.1 LE CLIMAT	22
D.1.2 L'HYDROGRAPHIE.....	29
D.1.3 LA GEOLOGIE ET LA MORPHOPEDOLOGIE.....	31
D.1.4 VEGETATION FLORE ET FAUNE	32
D.2 LE CADRE HUMAIN.....	34
D.2.1 LE PEUPEMENT	34
D.2.2 LE PROFIL DEMOGRAPHIQUE	35
D.2.3 L'ORGANISATION SOCIOECONOMIQUE.....	36
D.2.4 PRESENTATION DU VILLAGE DJIRNDA	37
D.2.5 PRESENTATION DU VILLAGE SANGHAKO.....	39
E. RESULTATS.....	41
E.1 LES RESULTATS DU SITE DE DJIRNDA.....	41
E.1.1 Etat des plantations :.....	41
E.1.2 Les régressions allométriques :.....	44
E.1.3 Biomasses et Stocks de Carbone :	61
E.1.4 Dynamique du carbone des plantations :.....	64
E.2 LES RESULTATS DU SITE DE SANGHAKO	65
E.2.1 Etat des plantations :.....	65
E.2.2 Les régressions allométriques :.....	67
E.2.3 Stocks de carbone :.....	70
E.2.4 Dynamique du carbone des plantations :.....	71
F. DISCUSSIONS	72
F.1 DISCUSSION SUR L'ETAT DES PLANTATIONS :	72
F.2 DISCUSSION SUR LA SEQUESTRATION DE CARBONE ET LES REGRESSIONS ALLOMETRIQUES :.....	73
F.3 DISCUSSION SUR LA DYNAMIQUE DU CARBONE DES PLANTATIONS ET LES PERSPECTIVES DE REBOISEMENT :	74
G. CONCLUSION.....	76
H. SUGGESTIONS.....	77
H.1 SUGGESTION SUR LA REALISATION ET LE SUIVI EVALUATION DES REBOISEMENTS :	77
H.2 SUGGESTION SUR LA SEQUESTRATION DE CARBONE ET RECHERCHE DES REGRESSIONS ALLOMETRIQUES : ..	77
H.3 SUGGESTION SUR LA DYNAMIQUE DES PLANTATIONS ET LES PERSPECTIVES D'AVENIR DES REBOISEMENTS DE MANGROVE :	78
BIBLIOGRAPHIE.....	79
ANNEXES.....	82

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : TABLEAU D'IMPLICATION DES ACTEURS DANS LA GESTION DES RESSOURCES.	38
TABLEAU 2 : RECAPITULATIF DES DONNEES CARACTERISTIQUES DE L'ETAT DES PLANTATIONS (SITE DE DJIRNDA).	43
TABLEAU 3: RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS RELATIVES A LA HT (DJIRNDA).....	45
TABLEAU 4 :RECAPITULATIF DES EQUATIONS DES REGRESSIONS RELATIVES A LA HT (DJIRNDA).	46
TABLEAU 5 : RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS RELATIVES AU DMH (DJIRNDA).	50
TABLEAU 6 : RECAPITULATIF DES EQUATIONS DES REGRESSIONS RELATIVES AU DMH (DJIRNDA).....	50
TABLEAU 7 : RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS RELATIVES AU DB (DJIRNDA).	54
TABLEAU 8 : RECAPITULATIF DES EQUATIONS DES REGRESSIONS RELATIVES AU DB (DJIRNDA).....	54
TABLEAU 9 : RECAPITULATIF DES REGRESSIONS ALLOMETRIQUES MULTIPLES (DJIRNDA).....	58
TABLEAU 10 : RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS MULTIPLES (DJIRNDA).	58
TABLEAU 11 : TABLEAU DE BIOMASSE ET DE STOCKS DE CARBONE (DJIRNDA).	62
TABLEAU 12 : TAUX D'HUMIDITE MOYEN, COEFFICIENT DE PONDERATION MOYEN PAR PARTIES DES PLANTES (DJIRNDA).	63
TABLEAU 13 : RECAPITULATIF DES STOCKS DE CARBONE PAR PARTIE DES PLANTES (DJIRNDA).	64
TABLEAU 14 : TAUX D'HUMIDITE MOYEN ET COEFFICIENT DE PONDERATION MOYEN (SANGHAKO).	66
TABLEAU 15 : RECAPITULATIF DES DONNEES CARACTERISTIQUES DE L'ETAT DES PLANTATIONS (SANGHAKO)....	67
TABLEAU 16 : RECAPITULATIF DES EQUATIONS DES MODELES LINEAIRES SIMPLES (SANGHAKO).....	68
TABLEAU 17 : CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS LINEAIRES SIMPLES (SANGHAKO).	68
TABLEAU 18 : TABLEAU DE LA REGRESSION ALLOMETRIQUE MULTIPLE DE LA PLANTATION 1999 (SANGHAKO)...	69
TABLEAU 19 : RECAPITULATIF DES PARAMETRES DE L'EQUATION DU MODELE DE LA PLANTATION 1999 (SANGHAKO).	69
TABLEAU 20 : TABLEAU 20 : BIOMASSES ET STOCK DE CARBONE (SANGHAKO).....	71
TABLEAU 21 : TABLEAU 20 : RECAPITULATIF DES STOCKS DE CARBONE PAR PARTIE DES PLANTES.	71

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: SCHEMA DU DISPOSITIF D'INVENTAIRE.	13
FIGURE 2 : CARTE DE LOCALISATION DES PLANTATIONS DE DJIRNDA.	18
FIGURE 3 : CARTE DE LOCALISATION DES PLANTATIONS DE SANGHAKO.	19
FIGURE 4 : CARTE DE LOCALISATION DE LA RESERVE DE BIOSPHERE (RBDS).	21
FIGURE 5 : EVOLUTION DE LA TENDANCE GENERALE DE L'INSOLATION MOYENNE (EN WATTS/H/M ²) ANNUELLE (METEO KAOLACK, 2008).	22
FIGURE 6 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DES TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES (METEO KAOLACK, 2008).	23
FIGURE 7 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DES ANOMALIES DES TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES (METEO KAOLACK, 2008).....	24
FIGURE 8 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DE LA PLUVIOMETRIE (METEO KAOLACK, 2008).	25
FIGURE 9 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DES INDICES STANDARDISES DE LA PLUVIOMETRIE (METEO KAOLACK, 2008).....	26
FIGURE 10 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DE LA PLUVIOMETRIE (METEO TOUBACOUTA, 2008).	26
FIGURE 11 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DES INDICES STANDARDISES DE LA PLUVIOMETRIE (METEO TOUBACOUTA, 2008).....	27
FIGURE 12 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DE L'HUMIDITE DIURNE MOYENNE ANNUELLE (METEO KAOLACK, 2008).....	28
FIGURE 13 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DE L'HUMIDITE NOCTURNE MOYENNE ANNUELLE (METEO KAOLACK, 2008).....	28
FIGURE 14 : EVOLUTION DE LA TENDANCE DE L'HUMIDITE MOYENNE ANNUELLE (METEO KAOLACK, 2008).	29

FIGURE 15 : SECHAGE DE POISSONS AU SOLEIL. POISSONS.	FIGURE 16 : FOUR TRADITIONNEL LE FUMAGE DE POISSONS.	39
FIGURE 17 : BOIS DE MANGROVE. PATURAGE.	FIGURE 18 : BOVIN DU VILLAGE DE DJIRNDA AU PATURAGE.	39
FIGURE 19 : NID D'OISEAU (PLANTATION 2003 50/50). 25/25).....	FIGURE 20 : PROPAGULES (PLANTATION 2003 25/25).....	42
FIGURE 21 : TAILLE DES PLANTS (PLANTATION 2003 25/25). (PLANTATION 2006 25/25).	FIGURE 22 : TRANSECT/PLACETTE	42
FIGURE 23 : TAILLE DES PLANTS (PLANTATION 2005 50/50).		43
FIGURE 24 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 25/25.		46
FIGURE 25 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 50/50.		47
FIGURE 26 : NUAGE DE POINT ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 25/25.....		47
FIGURE 27 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 50/50.		48
FIGURE 28 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2005 ECARTEMENT 50/50.		48
FIGURE 29 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2006 ECARTEMENT 25/25.		49
FIGURE 30: NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 25/25.....		50
FIGURE 31 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 50/50.		51
FIGURE 32 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 25/25.		51
FIGURE 33 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 50/50.		52
FIGURE 34 : NUAGE DE POINT ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2005 ECARTEMENT 50/50.		52
FIGURE 35 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2006 ECARTEMENT 25/25.		53
FIGURE 36 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 25/25.		54
FIGURE 37 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 50/50.		55
FIGURE 38 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 25/25.		55
FIGURE 39 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 50/50.		56
FIGURE 40 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2005 ECARTEMENT 50/50.		56
FIGURE 41 : NUAGE DE POINTS ET DROITE DE REGRESSION DE LA PLANTATION 2006 ECARTEMENT 25/25.		57
FIGURE 42 : RESIDUS CENTRES REDUITS DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 25/25.		59
FIGURE 43 : RESIDUS CENTRES REDUITS DE LA PLANTATION 2003 ECARTEMENT 50/50.		59
FIGURE 44 : RESIDUS CENTRES REDUITS DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 25/25.		60
FIGURE 45 : RESIDUS CENTRES REDUITS DE LA PLANTATION 2004 ECARTEMENT 50/50.		60
FIGURE 46 : RESIDUS CENTRES REDUITS DE LA PLANTATION 2005 ECARTEMENT 50/50.		61
FIGURE 47 : RESIDUS CENTRES REDUITS DE LA PLANTATION 2006 ECARTEMENT 25/25.		61
FIGURE 48 : LIGNE DE TRANSECT (PLANTATION 2000). 1999).....	FIGURE 49 : LIGNE DE TRANSECT (PLANTATION 1999).....	66
FIGURE 50 : RESIDUS CENTRES REDUITS PLANTATION 1999 (SANGHAKO).		70

LISTE DES EQUATIONS

ÉQUATION 1 : COEFFICIENT DE PONDERATION (R_0).	16
ÉQUATION 2 : TAUX D'HUMIDITE (H_0).	16
ÉQUATION 3 : STOCK DE CARBONE (C).	16

A. INTRODUCTION

Le climat mondial n'a jamais cessé de changer. Certains de ces changements ont des causes naturelles mais d'autres peuvent être imputés à des activités humaines telles que le déboisement et les émissions atmosphériques dues, par exemples, à l'industrie et aux se moi transports, qui ont conduit à l'accumulation de gaz et d'aérosols dans l'atmosphère [UNFCCC, 2008]. Ces gaz dits gaz à effet de serre (GES) piègent la chaleur et provoquent une élévation des températures de l'air.

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (**GIEC, 2001**) a signalé dans son troisième rapport sur l'état du climat mondial que les observations et mesures sur l'évolution des températures atmosphériques montraient que, globalement, la planète était en train de se réchauffer et ferraient également apparaître d'autres modifications du système climatique. Selon ce rapport, les années 1990 ont très probablement été la décennie la plus chaude à l'échelle mondiale et 1998 l'année la plus chaude depuis que le réchauffement a été constaté au cours des dernières décennies. En plus, de nouvelles analyses de données indirectes pour l'hémisphère Nord indiquent que le 20^{ème} siècle a probablement été le siècle le plus chaud du dernier millénaire et, en outre, de nouvelles preuves plus concluantes permettent de dire que la majeure partie du réchauffement observé au cours des cinquante années écoulées est due aux activités humaines. Selon ce même rapport, l'influence humaine continuera de modifier la composition de l'atmosphère tout au long du 21^{ème} siècle.

Le réchauffement de la planète a de nombreuses conséquences sur les ressources forestières, le niveau des mers, la couverture neigeuse, les nappes glaciaires et les précipitations [UNFCCC, 2008], ce qui n'est pas sans conséquence pour les mangroves de l'estuaire du Saloum caractérisées par une forte vulnérabilité à l'élévation du niveau des océans. Selon cette même source, la modification des régimes climatiques régionaux, marquée par une élévation des températures de l'air, a déjà des effets sur les bassins versants et les écosystèmes (forêts, prairies, pâturages et les zones littorales) dans de nombreuses régions du monde. Pour les économies nationales, le coût des mesures à prendre pour faire face aux phénomènes climatiques extrêmes, aux mauvaises récoltes et aux autres situations d'urgence relatives au climat ne cesse d'augmenter.

Les pays à faible revenu et les ménages pauvres des pays en développement sont tout particulièrement vulnérables face aux effets néfastes des changements climatiques, qui viennent s'ajouter aux difficultés créées par la pauvreté. Le cas de nombreux petits Etats insulaires en développement exposés à une élévation du niveau des mers à l'exemple des îles de l'estuaire du Saloum pose le problème de survie des habitants de ces zones. C'est leur

existence même en tant que zone habitable qui est menacée notamment par l'élévation du niveau des mers et l'augmentation de l'érosion côtière qui modifie tous leurs paysages littoraux.

Réduire les émissions de GES de façon à ce que leur concentration atmosphérique puisse se stabiliser à un niveau convenu permettrait d'après le GIEC notamment, de retarder et d'atténuer les effets néfastes des changements climatiques sur les systèmes naturels et le développement des sociétés humaines. Mais même dans ce cas, ces effets continueront de se faire sentir longtemps après la mise en œuvre de mesures de réduction ou d'atténuation des émissions de GES. Ils devraient également varier d'un pays à l'autre et à l'intérieur d'un même pays. Les mesures visant à aider les sociétés et les économies les plus vulnérables à s'adapter aux effets néfastes (y compris, dans certains cas, aux conséquences économiques des mesures envisagées pour réduire les émissions) ou à se prémunir contre ceux-ci sont considérées comme un complément essentiel par rapport à la tâche globale consistant à stabiliser les concentrations de GES dans l'atmosphère. Pour ce faire, le GIEC a envisagé plusieurs mesures à travers le Protocole de Kyoto (**PK**, 1997) parmi celles-ci le changement d'affectation et d'utilisation des terres, la reforestation, le développement et l'utilisation des technologies propres ainsi que leur transfert dans les pays en développement.

Les zones côtières du Sénégal à l'instar des zones côtières du monde entier et des pays insulaires constituent les zones les plus exposées aux effets des changements, de par leur exposition à la remontée du niveau des mers, aux ouragans et aux cyclones, et à la perturbation de la pluviométrie. C'est ainsi que plusieurs mesures d'adaptation ont été prises par le gouvernement en collaboration avec des organismes nationaux et internationaux à l'exemple de l'UICN, WAAME, OCEANIUM et PAGEMAS entre autres mesures l'érection en 1981 du Parc National du Delta du Saloum (PNDS) créé à partir de 1976 en Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS), L'élaboration du premier plan de gestion des ressources de la RBDS en 1997, l'érection en 2004 d'une partie de la mangrove de Bamboung par l'OCEANIUM en Aire Marine Protégée (AMP) afin de permettre la préservation de la mangrove et le retour des espèces de poissons disparus ou en voie de disparition. En même temps, des institutions comme l'UICN, WAAME, PAGEMAS et autres ont reboisé depuis 1996 des centaines d'hectare de terres dénudées (tannes) afin de lutter contre la dégradation des mangroves du Sénégal en général et du Delta du Saloum en particulier.

B. PROBLEMATIQUE ET REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

La mangrove est définie par **Blasco** (1991) et cité par **Véga** (2000) comme une forêt de palétuviers se développant dans la zone de balancement des marées des régions littorales intertropicales, pouvant se maintenir localement jusqu'à 32° Nord et 28° Sud sous l'effet de courants marins chauds. Selon **Véga** (2000), **Spalding** (1997) estime qu'elle colonise dans ces régions près de 75% des côtes et deltas, avec une surface pouvant être évaluée à 182.000 km². **Tomlinson** (1986) cité par **Véga** (2000) répartit la mangrove en deux zones biogéographiques distinctes et caractérisées par une biodiversité végétale particulièrement faible. L'aire orientale ou pacifique inclut la mangrove des côtes est-africaines jusqu'à celle de l'Asie et de l'Australie [**Véga**, 2000]. Elle compte environ soixante (60) espèces arborées strictement inféodées à ce milieu. L'aire occidentale ou atlantique dans laquelle se situe le delta du Saloum comprend selon **Véga** et al. (2000), des espèces de mangrove des côtes atlantique et de la côte pacifique américaine. Sa richesse spécifique est moindre puisqu'elle ne regroupe que sept (07) espèces arborées que sont : *Avicennia germinans* et *A. schaueriana* (*Avicenniaceae*), *Rhizophora mangle*, *R. racemosa* et *R. harissonni* (*Rhizophoraceae*) *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus* (*Combretaceae*) [**Véga**, 2000].

Le développement de la mangrove est tributaire de la température de l'air (température moyenne du mois le plus froid supérieure à 16°C) et la présence de zones littorales protégées et peu profondes [**Arnaud**, 1997 ; **Lee**, 1999]. **Pool** (1977) et **Amarasinghe** (1992) cités par **Véga** (2000) ont montré que la position des écotones entre milieu marin et terrestre de l'écosystème mangrove fait qu'il est soumis à de nombreux facteurs limitant tels que : la durée d'exondation et d'inondation, la salinité des eaux et l'hydromorphie du substrat. Dans ces conditions de vie difficiles, seules les espèces ayant développé des mécanismes d'adaptation divers (racines échasses, pneumatophores, mécanismes de régulation du sel) ont pu subsister [**Cantera** et **Arnaud**, 1997] cités par **Véga** (2000).

La mangrove était considérée autrefois comme un milieu hostile et inutile, ce qui était à la cause de sa dégradation et sa destruction sous l'effet de l'anthropisation [**Ramirez-Garcia** et al. 1998] cité par **Véga** (2000) mais des travaux récents ont montré son intérêt tant au niveau socioéconomique, de par sa grande production de bois et l'abondance de sa faune (crustacés, poissons etc.) [**Doyen** et al. 1985 ; **Ndour**, 2005] qu'au niveau écologique, pour son rôle important dans les chaînes trophiques côtières, dans la protection des côtes contre l'érosion marine, et pour sa sensibilité aux variations du niveau des mers [**Doyen** et al. 1985 et **Ndour**, 2005]. **DIOUF** (1996) atteste que la richesse trophique de l'estuaire du Sine-Saloum est issue principalement de la mangrove qui joue le rôle de zone de frayère, de nourricerie, d'habitat,

de reproduction et de la promotion du développement des poissons. Il a affirmé en même temps que la présence d'une mangrove luxuriante favorise une richesse spécifique et des effectifs élevés des poissons de par son rôle d'enrichissement trophique des milieux, de la protection contre la prédation et la diversification des types d'habitats.

De nos jours, beaucoup de programmes de recherche s'intéressent à l'écosystème mangrove, que ce soit en vue de sa restauration et de sa conservation ou bien de façon plus globale, pour la compréhension de son fonctionnement tant au niveau national qu'international.

Au Sénégal, le delta du Saloum constitue la région la plus septentrionale occupée par une haute mangrove dans l'ouest de l'Afrique [Dupuy et Verschuren, 1982] cités par Ndour (2005). Giffard (1974) cité par Ndour (2005), confirme la disparition des reliques de la végétation de mangrove signalée par Chaudreau (1916) en Mauritanie mais, qui sont encore signalés dans le delta du fleuve Sénégal où Chambonneau avait noté en 1677 la présence d'une épaisse et haute mangrove [Chamard et al. 1999]. Trochain (1940) a par ailleurs témoigné de la disparition de la végétation de mangrove des cuvettes du N'diael, par la découverte de pneumatophores subfossiles, confirmant ainsi l'existence de mangrove notée par Chambonneau sur le fleuve Sénégal [Ndour, 2005].

Les autres localités du Sénégal où l'on rencontre encore la mangrove sont : la Somone, Joal-Fadiouth, l'estuaire du Saloum et le fleuve Casamance [Ndour, 2005]. Les formations de mangrove y sont dominées par *Rhizophora harissonii*, *R. mangle* et *R. racemosa* (*Rhizophoraceae*) [Marius, 1981 ; Diop, 1986] et *Avicennia africana* (*Verbenaceae*). A ces deux familles qui constituent l'essentiel des formations de mangrove s'ajoute celle des *Combrétaceae* représentée par *Conocarpus erectus* et *Laguncularia racemosa* [Ndour, 2005]. Il apparaît ainsi que les mangroves du delta du Saloum, à l'instar des mangroves de l'Afrique de l'ouest sont caractérisées par une pauvreté floristique par rapport aux mangroves de l'Afrique orientale [Ndour, 2005].

Les espèces du genre *rhizophora* et *Avicennia* sont principalement rencontrées en peuplements purs dans la zone du delta du Saloum, mais l'étendue de ces peuplements diminue de plus en plus sous l'effet des facteurs naturels (déficit pluviométrique, érosion, salinité, attaque par des parasites) et anthropiques (coupes de bois, construction des routes et des barrages, pression foncière etc.) [Ndour, 2005 ; JICA, 2004 ; UICN, 2006]. Soumaré et al. (1992) atteste d'une diminution des surfaces de mangrove sur la base d'une comparaison d'images satellitaires de 1976 à 1991. Cette régression de la mangrove est liée à la salinisation et à l'acidification des sols favorisés par le déficit pluviométrique [Bovin et al. 1985]. Il s'ajoute à ces principales causes de dégradation, la perturbation des régimes hydriques

responsables de la submersion [**Diop** et al. 1989] et de la sédimentation [**Marius** et al. 1992]. Mais aussi, la rupture de la flèche de Sangomar qui protégeait la mangrove de la zone du delta du Saloum des perturbations mécaniques de la houle constitue une cause relativement importante de la régression des espaces de mangrove du Sénégal [**Ndour**, 2005]. Cependant, bien que la végétation de mangrove régresse en certains endroits, une régénération naturelle a été signalée par divers auteurs tels que : **Marius** (1984), **Doyen** et al. (1985), **Diop** et al. (1997), et **Ndour** (2005). **Balla Dieye** (2007) a démontré d'une régénération de 4,15 à 10,6% pour une régression de 8.5% par étude d'images satellitaires Landsat (1972, 1979 et 1999) et Spot (1986, 1990, 1997, 2001 et 2003). Il a localisé cette régénération sur les bordures des mangroves dans les tannes humides alors que la régression est concentrée dans la périphérie nord-ouest de l'estuaire du Saloum.

La prise de conscience de la régression des espaces de l'écosystème mangrove du Sénégal en général et du delta du Saloum en particulier, s'est matérialisée au cours de ces deux dernières décennies par diverses actions de reboisement. **Kaly**, (2004) atteste que les premiers essais de reboisement réussis et connus remontent en 1994 à Somone, avant de s'étendre dans le delta du Saloum les années suivantes mais seulement sur une seule espèce de palétuviers (le *Rhizophora mangle*).

Le reboisement de la mangrove du delta du Saloum peut être scindé en deux catégories suivant les phases de réalisation. La première catégorie est celle de la première phase qualifiée d'expérimentale et caractérisée par un manque de technicité, une mauvaise maîtrise de la qualité du substrat, la promotion d'une seule espèce de palétuviers avec des taux de réussite allant de faibles à moyens pour la plupart des plantations [**Diedhiou**, **UICN**, 2006]. La deuxième catégorie est celle correspondant à la deuxième phase de réalisation marquée par une bonne acquisition d'expériences en terme de technicité et de maîtrise de la qualité des substrats ainsi que la diversification des espèces caractérisée par l'introduction d'*Avicennia* avec des taux de réussite généralement appréciables [**Diedhiou**, **UICN**, 2006].

JICA/JAFTA (2005) a classé pour sa part les reboisements de mangrove du delta du Saloum en quatre (04) catégories en fonction des moyens utilisés à la réalisation de la plantation. Elle distingue : des plantations réalisées à travers des campagnes des services administratifs (Eaux et Forêts/Parcs Nationaux) principalement dans les régions insulaires ; des plantations réalisées à l'initiative des populations à l'exemple du groupe des femmes de Djirnda ; des plantations réalisées sous la direction des ONG à l'exemple de FIOD qui a incité le reboisement de 240 ha dans trois (03) villages de 1997 à 2001 par apport d'une importante

aide en nature ; et enfin des plantations réalisées avec l'aide des Organismes comme UICN, WAAME, OCEANIUM et CAREM depuis 1995.

Rien que pour la période de 1995 à 2001, **JICA/JAFTA** (2005) a dénombré en total 420 ha de terres reboisées par les ONG (UICN, WAAME et CAREM) dans 49 villages du delta du Saloum. Cependant, il est à noter que les actions de ces ONG ont été pour la plupart concrétisées grâce à l'appui des organisations villageoises à l'exemple des Comités de Plage créés par l'UICN à partir de la deuxième moitié des années 1990 dans les régions insulaires, et, les Comités Villageois pour la Réhabilitation de la Mangrove (CVRM) créés à partir du milieu des années 1990 par WAAME [**JICA/JAFTA**, 2005]. Ces CVRM sont principalement implantés dans 35 villages du bassin du Saloum. Ces plantations réalisées en guise de réponse aux effets des changements climatiques ont fait l'objet de plusieurs travaux d'étude d'impact tant au plan écologique que socioéconomique commandités par divers institutions (UICN, OCEANIUM, JICA, WAAME etc.). Cependant, leurs impacts en termes de séquestration de carbone atmosphérique n'ont jamais été évalués.

Le présent rapport porte sur le suivi évaluation de la séquestration de carbone atmosphérique par les plantations de mangrove de l'UICN. Il assure la continuité de la recherche d'informations sur l'utilité sociale, écologique et environnementale des reboisements de mangrove dans la RBDS. Une première étude réalisée par **Diédhiou, UICN** (2005) a permis de montrer au plan des impacts que quelques années après la réalisation de ces plantations, les impacts écologique et socioéconomique sont nombreux comme en témoigne la réapparition des espèces jadis disparues ou en voie de disparition comme les *Tympanotonus* des vasières « paco-paco », les crevettes, les huîtres et, le développement des activités génératrice de revenus comme l'apiculture, la cueillette des crevettes, des harches.

Cependant, en rapport avec le protocole de Kyoto (**PK**, 1997), aux recommandations de **Bali** (2008) et à l'importance des forêts dans la séquestration du carbone, les impacts des plantations de mangrove du delta du Saloum en termes de séquestration de carbone atmosphérique reste encore à évaluer. C'est dans cette optique que, l'UICN (Bureau national du Sénégal) s'est engagée dans l'évaluation de la quantité de carbone stockée par ces dites plantations de mangrove.

En somme, la confirmation de l'hypothèse d'une forte séquestration de carbone par les plantations de mangrove, pourrait aider à affiner et varier l'argumentaire des programmes de restauration et de conservation des zones de mangrove. Par ailleurs, la valorisation des informations devrait aussi être une source supplémentaire de motivation des populations dans la restauration des formations de mangrove. A ces deux aspects incitatifs, il s'ajoute un besoin

de démontrer la pertinence des plantations de mangrove par rapport à la problématique d'adaptation aux changements climatiques. C'est dans cette dynamique, qu'un contrat de stage a été signé entre l'UICN et l'ISE pour la conduite de cette étude. Les principaux objectifs de cette étude sont :

- la *Connaissance de la dynamique des reboisements de mangrove*,
- l'*Estimation de carbone de la biomasse sur pieds et recherche des régressions allométriques correspondantes* enfin,
- la *Recherche des intérêts de l'élaboration des projets de séquestration de carbone par le biais des reboisements de mangrove*.

L'aboutissement de ces différents objectifs d'étude nécessite l'utilisation d'un certain nombre de méthodes et de matériels de mesure et de calcul mais aussi de pratiques appropriées.

C. MATERIEL ET METHODE

Le matériel utilisé pour cette étude est constitué d'instruments de mesure, d'outils pour la coupe rase et la pesée des biomasses de la mangrove, de pirogue etc. La méthodologie de l'étude part de la recherche bibliographique qui a permis l'élaboration du protocole de recherche, au choix de la méthode de collecte des informations pour finir par le choix des outils et méthodes de traitement et d'interprétation des données.

C.1 MATERIEL ET EQUIPE DU TERRAIN

- 1 **GPS** (global positioning system) qui a permis de relever les coordonnées géographiques des reboisements ;
- Des **cordes** pour matérialiser les limites des parcelles et des transects ;
- **Jalons** utilisés pour délimiter les axes de transect. Ils sont fixés aux deux extrémités des axes de transect ;
- 1 **décamètre** pour la mesure de l'écart inter placettes de cinq (05) à dix (10) mètres selon la taille de la plantation ;
- 1 **sécateur** pour la coupe rase des sujets retenus pour la mesure de biomasses ;
- Des **piquets** en bois nécessaires pour la délimitation des placettes de 1m×1m ;
- 1 **appareil photo** pour illustrer les observations faites sur le terrain ;
- 1 **pie à coulis** nécessaire pour la mesure des diamètres des plants rencontrés dans les placettes ;
- 1 **bâton gradué** pour mesurer la hauteur des plants rencontrés dans les placettes ;
- 1 **balance électronique** de précision pour la pesée des biomasses issues des feuilles, des branches et des tiges ;
- Des **sachets** pour le prélèvement et la conservation des échantillons de biomasses ;
- 1 **étuve** pour le séchage des échantillons de biomasses en vue de la déduction des taux d'humidité et des coefficients de pondération ;
- (01) **manœuvre** pour aider aux tracés des transects et la réalisation des différentes mesures.

C.2 METHODOLOGIE

La méthodologie de recherche utilisée dans cette étude part d'une recherche bibliographique qui consiste à rassembler les documentations possibles traitant des techniques d'inventaire forestier, de la mangrove, de la séquestration de carbone atmosphérique par les plantes, des

caractéristiques biophysiques et climatiques du delta du Saloum, des reboisements de mangrove et de leurs acteurs dans le bassin du Saloum. Cette recherche a permis l'élaboration du protocole de recherche qui définit le plan de sondage, les différentes méthodes de collectes de données et les méthodes et outils de traitement. Cette recherche bibliographique qui précède les travaux de terrain est poursuivie sur le terrain jusqu'à la phase de rédaction du document final en vue d'éventuels compléments d'informations.

Le nombre important des villages ayant accueilli des reboisements de mangrove dans le delta du Saloum a fait que le choix des sites de l'étude est basé sur un certain nombre de critères de sélection. L'échantillonnage consiste à choisir deux villages (sites) se trouvant respectivement l'un sur la partie continentale et l'autre sur la partie insulaire du delta dans lesquels l'UICN a initié des reboisements de mangrove. Pour ce faire quatre villages ont été présélectionnés (**Sanghako, Médina Sanghako, Baout et Djirnda**) en raison de leur situation géographique dans la RBDS (partie insulaire et continentale) ainsi que de leur proximité, mais après la visite de terrain les sites de Sanghako¹ et de Djirnda² ont été finalement retenus pour diverses raisons. Le choix de Djirnda à la place de Baout est motivé par le nombre de plantations réalisées (six à Djirnda contre trois à Baout), l'engouement des populations et la réussite des plantations. Quant au choix de Sanghako au lieu de Médina Sanghako, il est motivé principalement par le fait que les plantations de Sanghako remontent de la première campagne de reboisement que l'UICN a réalisé dans le delta du Saloum.

Sur le terrain, les plantations sont localisées à l'aide d'un GPS et des relevées de coordonnées géographiques ont été faites en fonction de leur forme géométrique en vue de la détermination de leurs superficies. L'inventaire au niveau de chaque plantation est fait à l'aide d'un transect réalisé suivant son plus grand axe. La collecte des données consiste à faire des mesures dendrométriques (diamètre à la base **DB**, diamètre à mi hauteur **DmH** et hauteur totale **HT**) et de biomasses (pesée des feuilles, fûts et branches) dans des placettes de 1m×1m disposées alternativement le long des transects. Ces placettes sont disposées suivant un écartement de cinq (05) à dix (10) mètres selon la taille des plantations considérées.

¹ Cf. carte de localisation des plantations de Sanghako (fig. 3).

² Cf. carte de localisation des plantations de Djirnda (fig. 2).

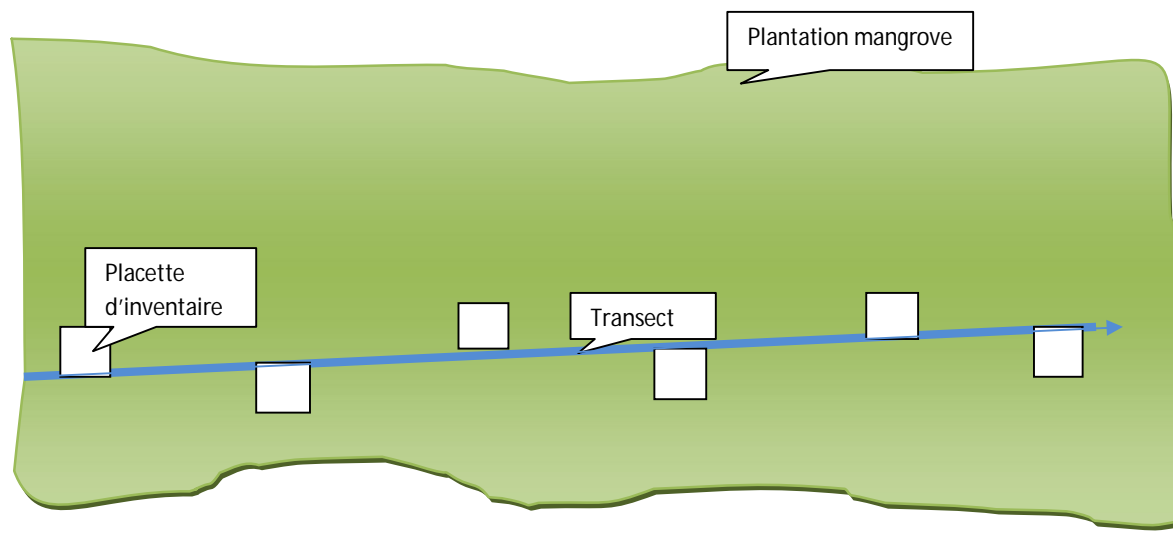


Figure 1: Schéma du dispositif d'inventaire.

La superficie, le taux de recrues naturels et la densité sont retenus comme paramètres d'appréciation de la dynamique des plantations. La superficie de chaque plantation est déterminée par traitement des coordonnées des points caractéristiques de sa figure géométrique par utilisation du logiciel de cartographie *Arc View*. Ces coordonnées géographiques sont relevées par le moyen d'un **GPS Garmin** pour traitement à l'ordinateur. La collecte des données (voir les fiches d'inventaire en annexes) relatives au taux de recrues naturels se fait par décompte des nouvelles pousses (recrus naturels) dans chaque placette. Le nombre total des nouvelles plantules est rapporté à la surface totale des placettes pour donner le taux de recrues naturels exprimé en nombre de recrues par hectare (recrus/ha). Enfin, les données nécessaires à la détermination de la densité de chaque plantation sont collectées par décompte de tous les sujets vivants (recrus naturels et plants réussis confondus) se trouvant dans les placettes disposées le long de la ligne de transect. Le nombre total des sujets dénombrés est rapporté à la surface totale des placettes puis extrapolé à l'hectare pour donner la densité exprimée en nombre d'individus par hectare.

Les mesures dendrométriques sont utilisées pour élaborer des régressions allométriques. Le diamètre à la base (**DB**) est mesuré sur tous les sujets se trouvant dans les placettes à la limite supérieure des racines échasses ou bien au dessus de l'hypocotyle des jeunes sujets à l'aide d'un pied à coulisse. Le diamètre à mi hauteur (**DmH**) est mesuré sur les mêmes sujets et toujours à l'aide du pied à coulisse mais cette fois à mi hauteur. La hauteur totale (**HT**) est pour sa part mesurée sur les plants (sujets) des placettes à l'aide d'un bâton gradué. Toutes ces

données sont ensuite traitées en vue de la recherche des équations allométriques correspondantes au moyen des logiciels **Excel** (2003/2007) et **XLSTAT** par régression simple et multiple méthode progressive (step by step). Cette méthode laisse au logiciel la possibilité de sélectionner les équations les plus représentatives de la distribution des données expérimentales. Les critères de validation des régresseurs se résument par leur contribution en termes de probabilité associée à la variable de Student (t) et de Fischer (F).

L'estimation de la biomasse se situe dans la perspective de tirer une bonne connaissance de la productivité végétale des arbres voire des écosystèmes forestiers afin de mieux comprendre leur mode de fonctionnement en vue de leur meilleure gestion [Rondeux, 1999]. En foresterie il existe deux principales méthodes de mesure de biomasse : la méthode directe ou de pesée et la méthode indirecte ou de multiplication qui consiste à multiplier le volume des arbres par leur masse volumique. La méthode directe très pratiquée aux USA dans le but de rationaliser la détermination de la quantité de bois ronds et empilés, présente plusieurs avantages entre autres son procédé simple et rapide menant à une mesure objective de la quantité de matière, sa possibilité d'automatisation des mesures par le moyens des régressions allométriques et enfin, sa détermination directe, contrairement au volume toujours sujet aux irrégularités de forme mais nécessite cependant, un plan de sondage statistiquement acceptable.

Cependant, la méthode indirecte bien que pouvant être rapide si le volume et la masse volumique des bois sont connus d'avance peut devenir fastidieux au cas où il faut estimer le volume des bois et déduire leur masse volumique. Dans le delta du Saloum, des auteurs comme **Doyen** (1985), **Ndour** (2005) et **JICA/JAFTA** (2006) ont eu à faire recours aux techniques de mesure de biomasse pour étudier divers aspects de l'écosystème mangrove. Doyen a utilisé la méthode directe pour déduire la quantité de matière nécessaire pour la production de charbon de bois, de bois de chauffe et de bois d'œuvre en termes d'impact socioéconomique des massifs de mangrove de la RBDS. **Ndour** (2005) a quant à lui fait usage de cette même méthode de pesée pour calculer les taux d'humidité et les coefficients de pondération des bois de mangrove du delta du Saloum. Cependant, **JICA/JAFTA** (2006) a fait usage de la méthode indirecte ou de multiplication pour estimer la productivité de la mangrove de la RBDS mais aussi leur impact en termes de séquestration au plan d'impact économique. En dépit des nombreuses mesures de biomasse que la mangrove du delta du Saloum a fait objet, les reboisements de mangrove n'ont jamais fait objet ni de mesure de

biomasse ni d'étude d'impact en termes de séquestration de carbone atmosphérique et d'adaptation aux effets des changements climatiques.

Ainsi, afin d'éviter les mesures de volume et de masse volumique trop fastidieuses et parfois incertaines, dans cette étude la méthode directe a été préférée à la méthode indirecte et se structure comme suit :

- La mesure des paramètres dendrométriques consiste premièrement à marquer sur chaque plants des placettes et à l'aide d'un marqueur indélébile les numéros³ de placette et d'observation de chaque individu inventorié puis à mesurer sa hauteur totale (**HT**), son diamètre à mi hauteur (**DmH**) et son diamètre à la base (**DB**) et ce à l'aide d'un bâton gradué et d'un pied à coulisse.
- La coupe rase consiste à couper le tronc et les racines échasses (si elles existent) des plants ainsi mesurés à la limite du sol. Ils sont ensuite sectionnés en branche feuillage et tronc (fût et racines échasses) en vue d'être peser.
- La pesée des biomasses s'est faite à l'aide d'une balance électronique de précision ($\pm 1g$) et consiste à peser chaque individu inventorié partie par partie dans l'ordre de feuillage, branche puis tronc.
- Enfin le prélèvement des échantillons consiste pour sa part à prendre dans un sac quelques quantités des parties (feuillage, branche et tronc) des plants déjà pesés. Ces échantillons sont ensuite pesés afin de connaître leur masse à l'état humide, ce qui allait permettre la déduction du taux d'humidité et du coefficient de pondération.

En outre, toutes ces mesures ainsi décrites sont notées sur les fiches d'inventaire en vue des calculs et manipulations au cours du traitement des données. Au niveau du laboratoire les échantillons des troncs, branches et feuillages ont été séchés à l'étuve à 60°C pendant 72 heures (pour les feuilles), 96 heures pour les branches et 120 heures pour les troncs (fûts et racines échasses). Le choix de ces différents temps de séchage est fait par expérimentation qui consiste à peser quelques échantillons deux fois par jour jusqu'à l'obtention de masse stable. Les échantillons ont permis le calcul des coefficients de pondération⁴ (**R_o**) des taux d'humidité (**H_o**) et le carbone séquestré (**C**) selon les équations suivantes :

³ Le numéro **1.1** correspond à la placette numéro 1 individu numéro 1 ; le **2.5** correspond à la placette numéro 2 individu numéro 5 etc.

⁴ C'est le rapport entre la biomasse sèche **M_o** et la biomasse saturée **M_s** de l'échantillon.

Équation 1 : Coefficient de pondération (R_o).

$$R_o = M_o / M_s ;$$

Équation⁵ 2 : Taux d'humidité (H_o).

$$H_o(\%) = [(M_s - M_o) / M_o] \times 100 ;$$

Équation⁶ 3 : Stock de carbone (C).

$$C = m_o \times 0,5 \text{ avec } m_o = m_s \times R_o.$$

L'élaboration d'une régression allométrique vise à modéliser la productivité végétale (capacité de production de matières végétales) d'un peuplement donné de manière à éviter les mêmes mesures nécessaires à sa détermination afin qu'elle soit directement déterminée à partir des facteurs ou paramètres (dendrométriques et/ou environnementaux) qui sont facilement mesurables. **Rondeux** (1999) distingue trois principales méthodes quantitatives mettant en œuvre ces indices à savoir :

- Les méthodes dendrométriques directes dont le critère de productivité est la production totale de matières ligneuses ;
- Les méthodes dendrométriques indirectes dont le critère de productivité est défini par une caractéristique dendrométrique étroitement liée à la production totale (en termes de volume ou de biomasse) ;
- Les méthodes combinées dont le critère de productivité résulte de l'association de caractéristiques dendrométriques et de diverses variables du milieu (sol, flore, topographie, climat etc.).

Les deux premières méthodes sont essentiellement de nature dendrométrique et s'adressent spécifiquement au matériel ligneux, elles font intervenir des indices (paramètres) dendrométriques alors que la troisième méthode permet, par contre, d'associer les indices dendrométriques et les facteurs de l'environnement sous la forme d'indices combinés. Ainsi donc, la recherche de régressions allométriques conduit pour la plupart des cas à l'élaboration

⁵ Certains auteurs comme **Rondeux** (1999) ont signalé des taux allant jusqu'à 200% notamment au niveau des feuilles.

⁶ Dans ces équations m_o correspond à la biomasse sèche totale de la plantation exprimée en tonne de matière par hectare le m_s correspond à la biomasse fraîche totale exprimée en tonne de matière fraîche par hectare alors que le coefficient **0,5** correspond à la proportion de carbone contenu dans une quantité de biomasse sèche donnée (GIEC, 2008).

des tables de productivité (tarif de cubage ou de biomasse selon qu'on s'intéresse au volume ou à la quantité de matière).

Dans le cadre de ce mémoire, contrairement aux études de foresterie où la productivité se limite aux bois d'œuvre (fûts et grosses branches), l'analyse de la productivité s'étant sur toute la partie pied de l'arbre du peuplement afin d'estimer la quantité de carbone atmosphérique qui y est séquestré. La connaissance de la productivité des peuplements des plantations de mangrove de la RBDS faisant partie intégrante de tout l'écosystème mangrove du delta du Saloum nécessite une bonne connaissance de sa biogéographie, sa morphopédologie et de sa population d'où l'importance de la présentation de la zone d'étude.

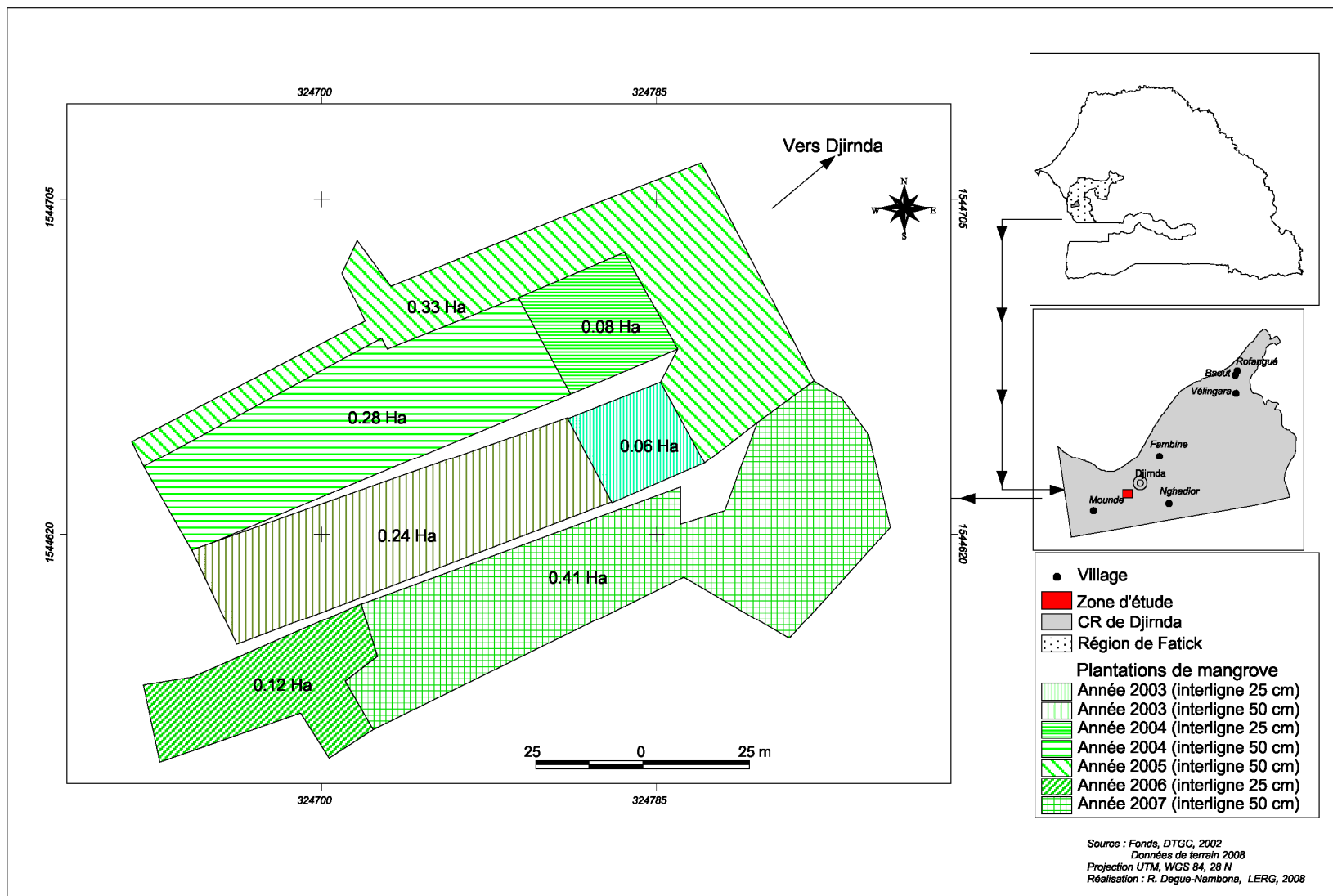


Figure 2 : Carte de localisation des plantations de Dzirnda.

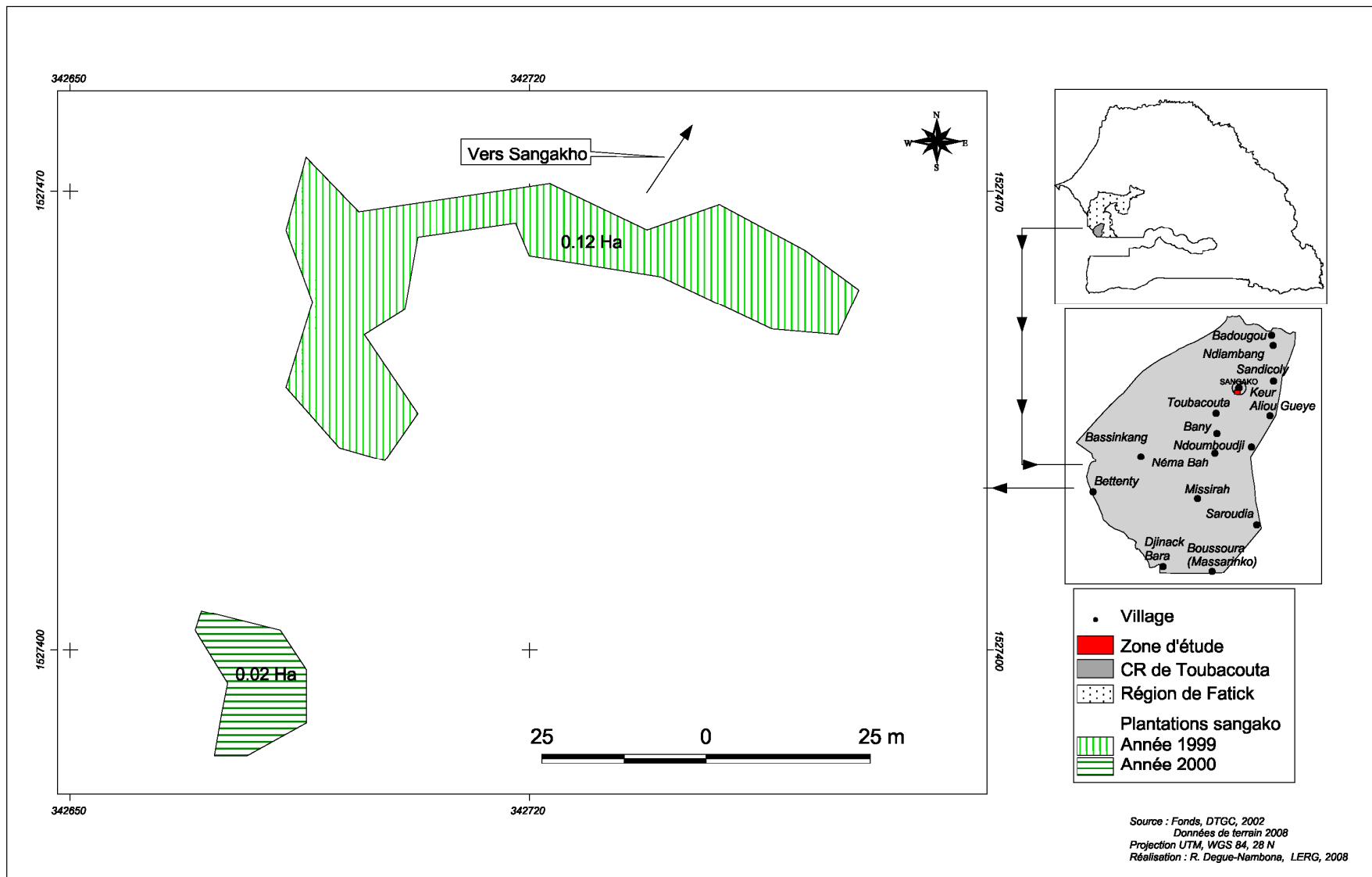


Figure 3 : Carte de localisation des plantations de Sanghako.

D. PRESENTATION DE LA ZONE

Situé au centre ouest du Sénégal dans la région naturelle du Sine Saloum, le delta du Saloum s'étend sur environ 500.000 ha de superficie (**DIA**, 2003). Il combine les caractéristiques d'une zone humide marine, estuarienne, lacustre et palustre, et ses différents sites remplissent les fonctions classiques d'une zone humide. Les diverses études faites sur la zone du delta du Saloum ont mis en exergue : un écosystème de mangrove avec ses vasières riches en matière organique, la présence d'une multitude de chenaux servant de tampon entre la mer et l'océan et assurant l'interaction avec le réseau hydrographique en amont, la diversité spécifique tant animale que végétale, la présence d'ensembles marin, amphibie et continental.

La zone du delta du Saloum est le lieu d'un important peuplement humain dont une partie est concentrée dans de grandes agglomérations⁷ comme : Niodior, Dionewar, Bassoul, Djirnda, Palmarin et Bétenti (**DIA**, 2003). Cette population vit d'une économie basée essentiellement sur la pêche, le prélèvement des produits de la mangrove (bois, huîtres, arches, etc.) et, dans une moindre mesure l'agriculture et l'élevage puis, plus récemment le tourisme (écotourisme). Le degré de dépendance de la population du delta du Saloum aux ressources naturelles témoigne de l'importance du rôle catalyseur que joue son cadre biophysique en termes de son développement socioéconomique.

D.1 CADRE BIOGEOGRAPHIQUE

BAILLON (1988) a affirmé que les caractéristiques actuelles du milieu physique du delta du Saloum ont été imprimées par les fluctuations eustatiques et climatiques du quaternaire. La proximité de l'océan, l'hydrologie, la géomorphologie et la nature des sols exercent par leur combinaison une influence considérable sur les ressources naturelles de la zone notamment la mangrove. Ces caractéristiques constituent un élément déterminant de la physionomie des écosystèmes (**NOUIDEMONA**, 2004).

⁷ Cf. carte de localisation de la RBDS (fig. 4).

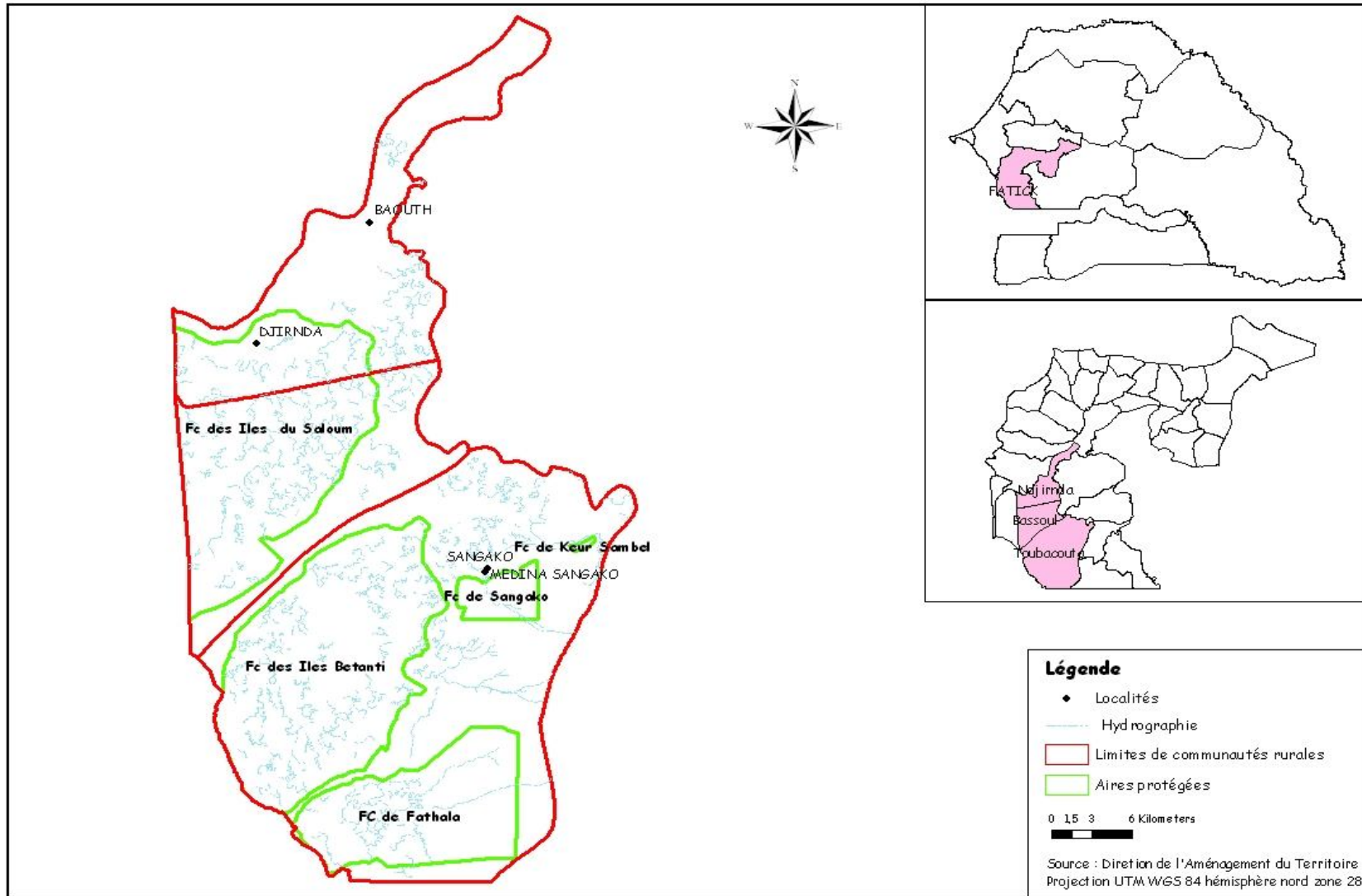


Figure 4 : Carte de localisation de la réserve de biosphère (RBDS).

D.1.1 LE CLIMAT

C'est l'un des éléments les plus déterminants sur les ressources **BAILLON** (1988) décrit le climat de la zone du delta du Saloum comme situé entre le climat soudanien et soudano sahélien. La présentation du climat peut être faite suivant ses composantes que sont : l'**insolation**, la **température**, le **vent**, la **pluviométrie**, l'**humidité relative** et l'**évaporation**.

L'**insolation**, fait partie des paramètres climatiques importants car étant liée aux autres paramètres climatiques par le biais de l'activité solaire moteur de la photosynthèse et du cycle de l'eau. Elle varie en fonction du temps d'ensoleillement mais peut être influencée par la saisonnalité (présence des nuages pendant la saison des pluies). L'analyse de la variation des moyennes annuelles de l'insolation au niveau de la station météorologique de Kaolack laisse constater une petite tendance régressive au cours de la période 1955-2004 (cf. figure 5). Cette tendance régressive pourrait être expliquée par les effets des variabilités climatiques que connaît le monde ces dernières décennies ce qui se caractérisent par l'accumulation des aérosols et gaz dans l'atmosphère. Ces gaz et aérosols absorbent une partie de l'énergie solaire incidente ce qui traduirait cette baisse de l'insolation. Le rôle important de principale source d'énergie et de chaleur que joue le soleil dans le fonctionnement de la planète terre confère à l'insolation une certaine incidence directe sur la température et donc la végétation.

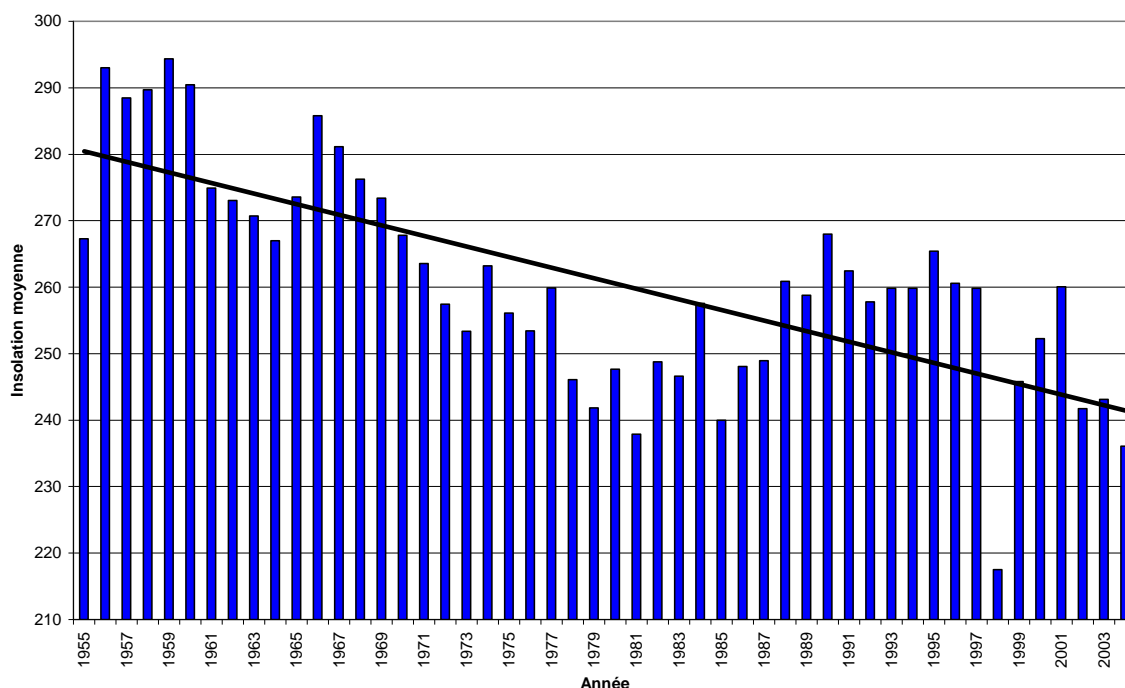


Figure 5 : Evolution de la tendance générale de l'insolation moyenne (en watts/h/m²) annuelle (Météo Kaolack, 2008).

L'analyse des données météorologiques de **Kaolack** (2008) révèle que les moyennes mensuelles de la **température** varient selon que l'on se situe à l'intérieur du continent ou dans les îles. Vers l'océan, l'effet de l'alizé maritime et l'inertie thermique de la mer favorisent des températures beaucoup plus basses.

Cette analyse révèle aussi une très grande variation d'amplitude thermique (température diurne deux fois plus supérieure à la température nocturne) sur la période 1951-2003. La température diurne mensuelle la plus élevée de cette même période est de 42,2° C (mois d'avril 1987) alors que les températures diurnes moyennes annuelles ne varient qu'aux environs de 34° C à 37° C.

La tendance généralement croissante des températures moyennes annuelles et de leurs anomalies des années 1951 à 2003 comme en témoignent les figures N°6 et N°7 traduit une nette augmentation de la température (donc des effets des changements climatiques) sur la zone du delta du Saloum. La température des masses d'air caractérise les types de vents qui déterminent les différents types de précipitations car contenant de la vapeur d'eau libérée par évaporation à partir des océans et des continents.

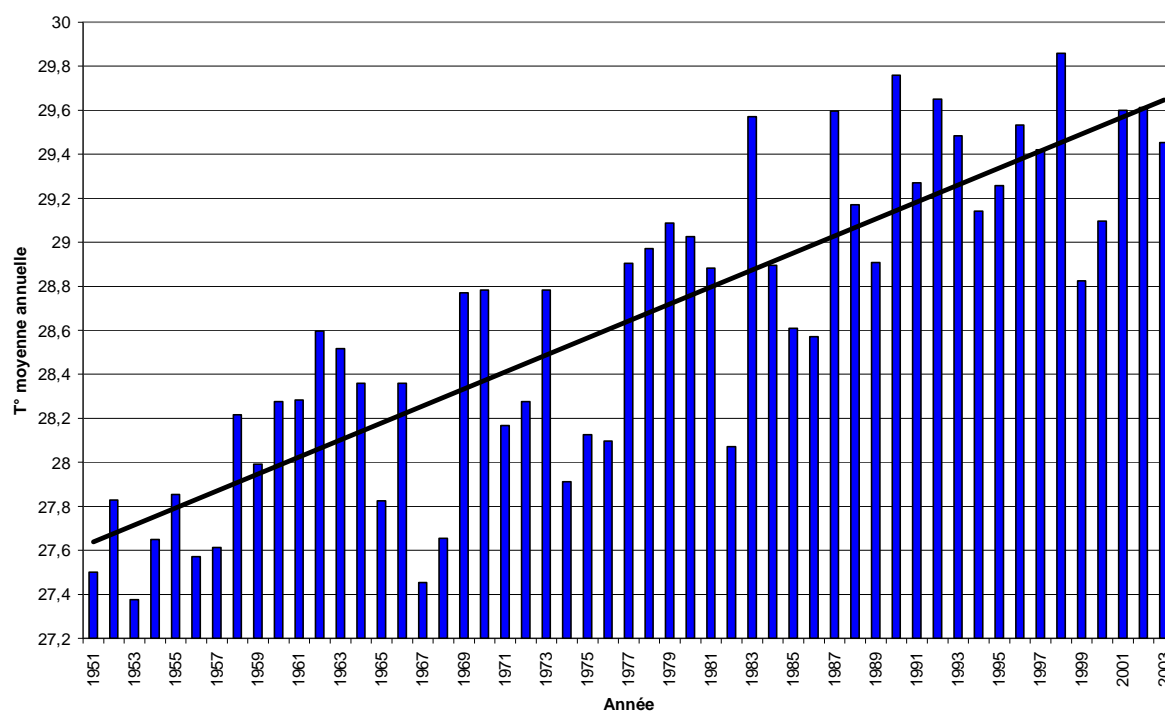


Figure 6 : Evolution de la tendance des températures moyennes annuelles (Météo Kaolack, 2008).

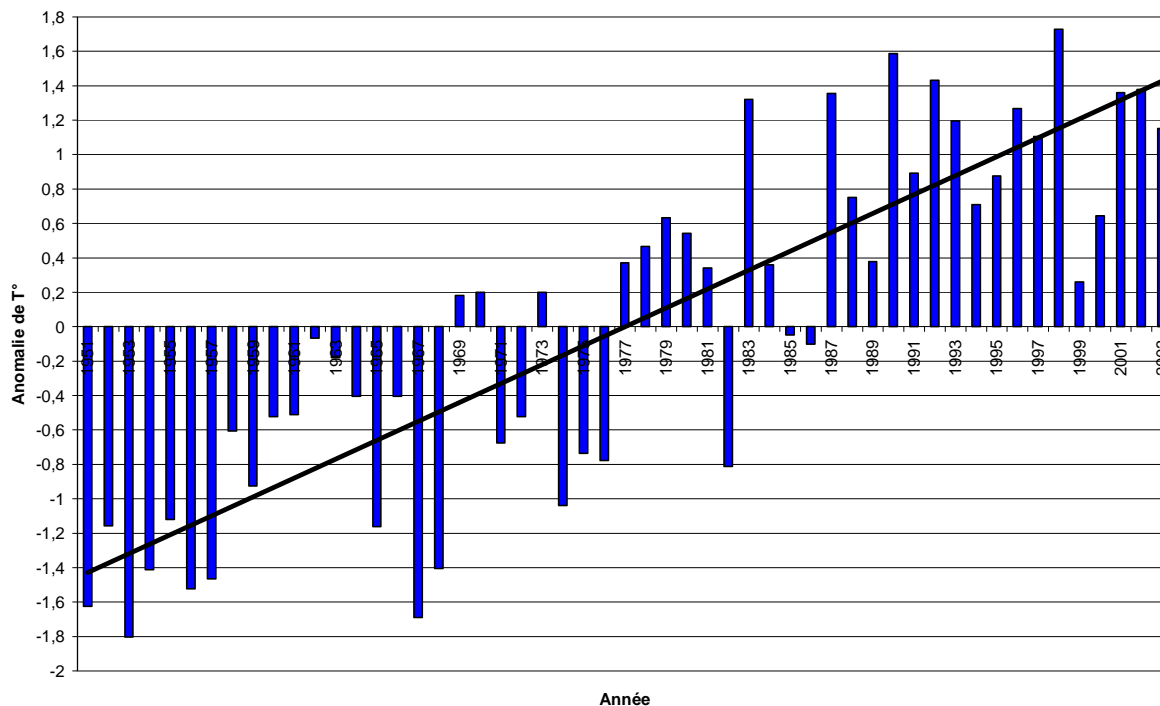


Figure 7 : Evolution de la tendance des anomalies⁸ des températures moyennes annuelles (Météo Kaolack, 2008).

La zone du delta du Saloum est soumise aux trois types de **vents** tels que : L'alizé maritime, l'alizé continental appelé harmattan et la mousson.

L'**alizé maritime** est relativement frais. Il balaie la côte basse et sableuse avec une direction NNW et avec un pouvoir hygrométrique très faible au début de l'hivernage.

L'**alizé continental** (harmattan) est un vent chaud et sec. Il souffle en saison sèche, son long parcours continental explique sa charge poussiéreuse et son pouvoir hygrométrique quasi nul.

La **mousson** est de direction WSW. Après avoir effectué un long parcours océanique elle arrive sur le continent avec une humidité élevée de l'air qui apporte des pluies de juillet à octobre. Le vent joue un rôle non négligeable sur la température et la pluviométrie de la zone du delta du Saloum à travers son rôle de vecteur de transmission d'humidité et de chaleurs.

La **pluviogénèse** de la région du Sine Saloum est située entre les isohyètes 700 mm et 900 mm entre la période de 1918 à 2006 avec une saison des pluies qui va de juin à octobre alternant avec une saison sèche de sept (07) mois allant de novembre à mai (**Météo Kaolack**

⁸ Anomalie de température : $(X_i - \bar{X}) / \sigma$. Avec X_i : température de l'année considérée, \bar{X} : température moyenne de la période et σ : l'écart type des température de la période.

et **Toubacouta**, 2008). La pluviométrie annuelle et interannuelle est très variable. La tendance généralement décroissante de la pluviométrie et de ses indices standardisés (voir les figures N° 8 et N° 9) selon les données des Stations Météorologiques de Kaolack et de **Toubacouta** (2008) pour la période de 1918 à 2006 (Kaolack) et de 1957 à 2006 (Toubacouta), témoigne d'une baisse sensible de la pluviométrie par rapport aux moyennes annuelles interannuelles de la zone du delta du Saloum pour ces mêmes périodes. Cette évolution régressive influence négativement la composition et la dynamique des ressources de la mangrove.

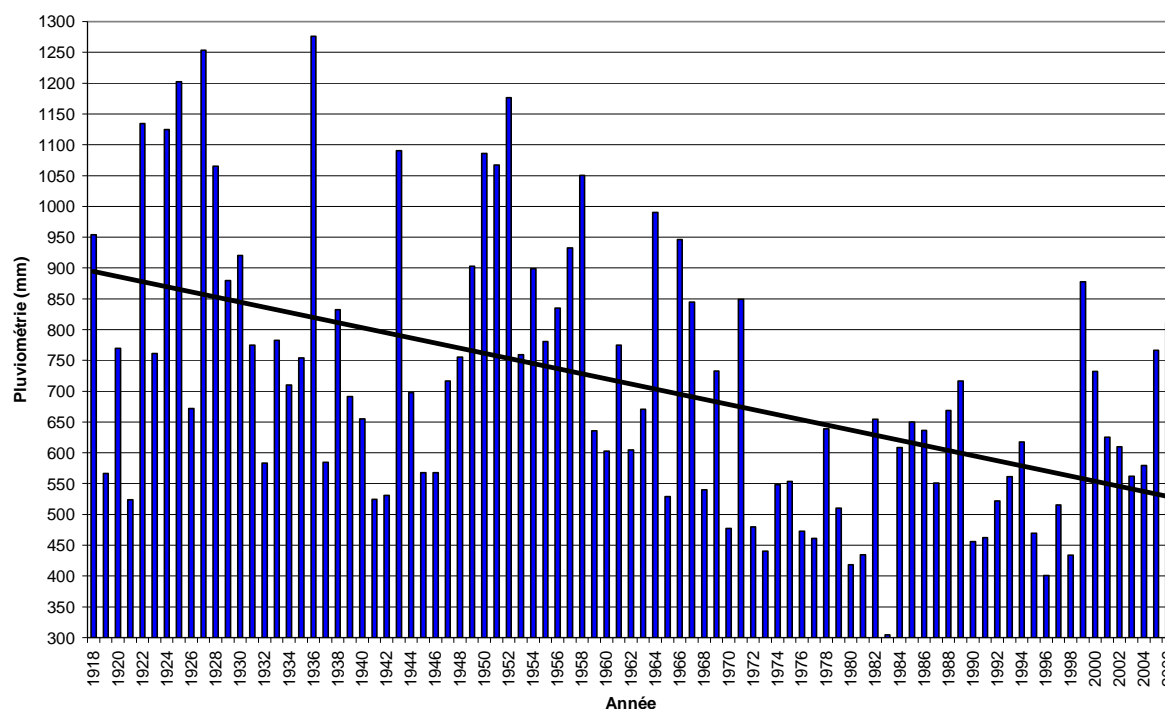


Figure 8 : Evolution de la tendance de la pluviométrie (Météo Kaolack, 2008).

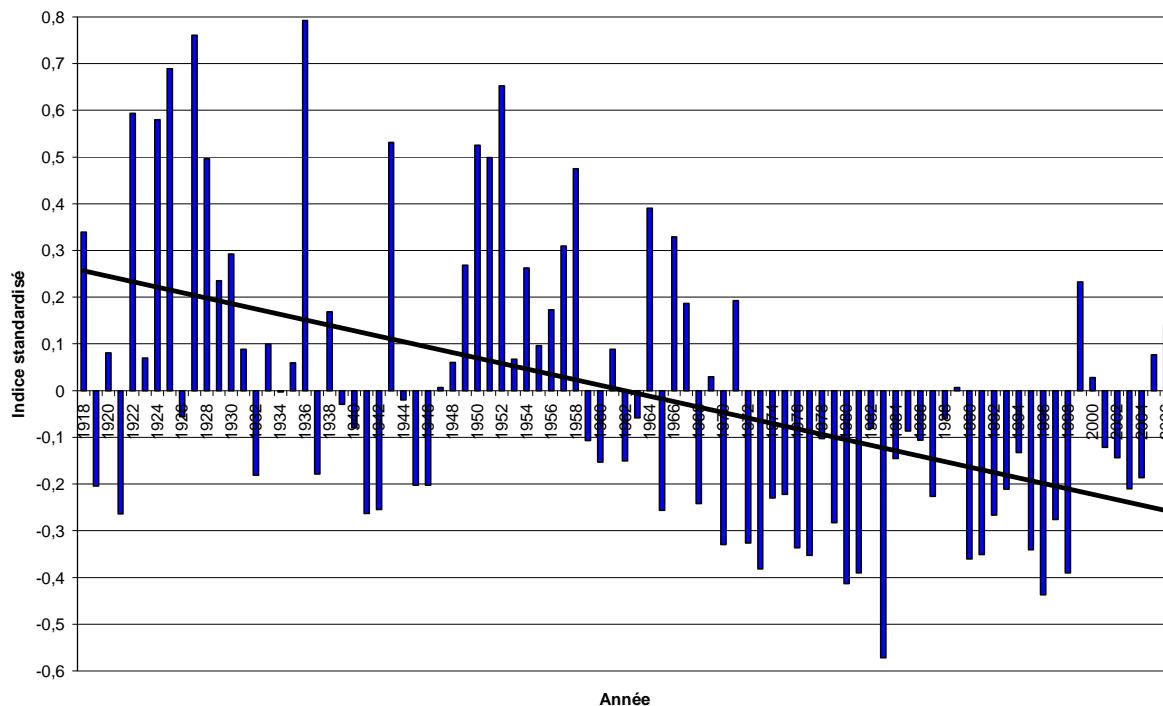


Figure 9 : Evolution de la tendance des indices standardisés⁹ de la pluviométrie (Météo Kaolack, 2008).

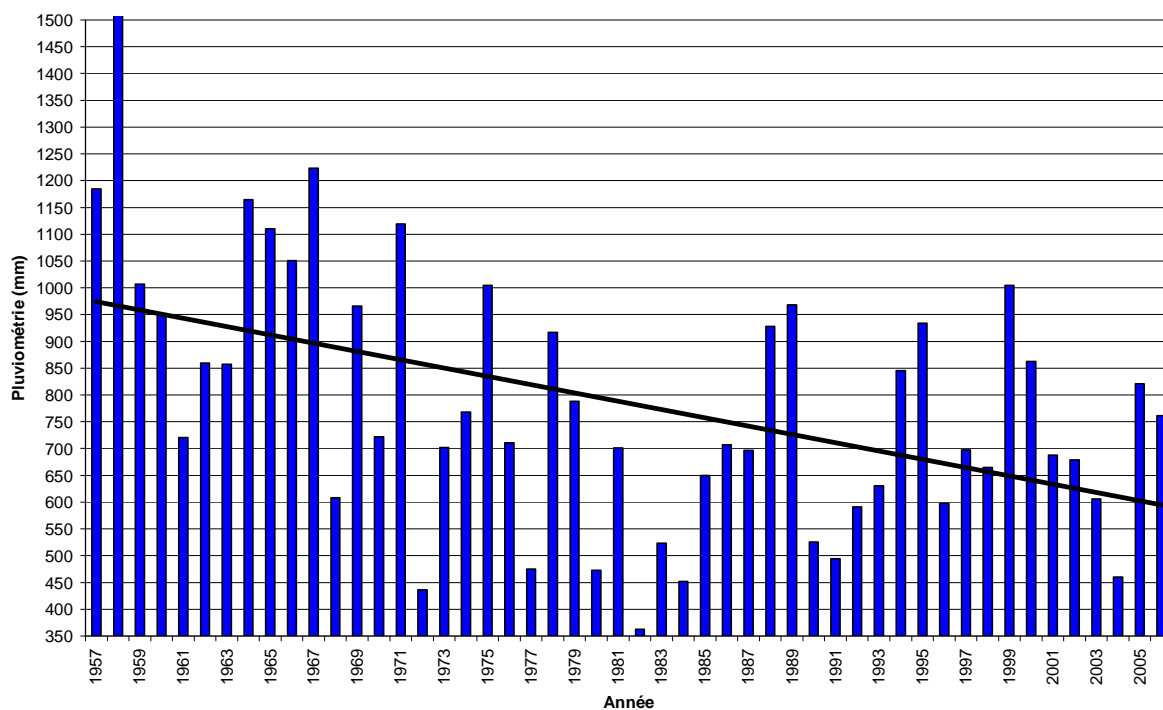


Figure 10 : Evolution de la tendance de la pluviométrie (Météo Toubacouta, 2008).

⁹ Indices standardisés : $(X_i - \bar{X}) / \bar{X}$. X_i : pluviométrie de l'année considérée et \bar{X} : pluviométrie moyenne de la période.

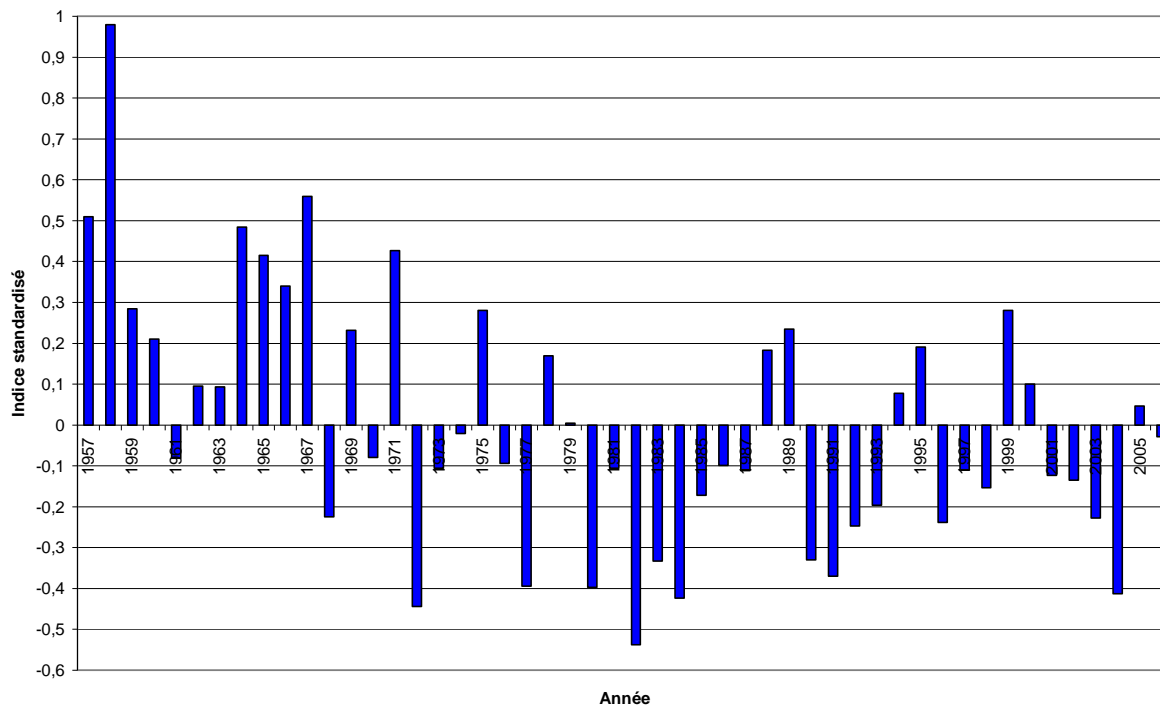


Figure 11 : Evolution de la tendance des indices standardisés de la pluviométrie (Météo Toubacouta, 2008).

L'humidité relative et l'évaporation fortement tributaires de l'activité solaire et de la pluviométrie constituent un des maillons importants du cycle de l'eau dans le delta du Saloum.

L'**humidité relative** dépend principalement de l'insolation et du vent mais aussi de la saisonnalité climatique. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant la saison des pluies à la faveur des masses d'air humides de mousson et pouvant avoisiner 100% le jour (99,81% en octobre 2003) alors qu'elles ne dépassent pas 70% la nuit (70,87% en septembre 2003) (Météo Kaolack, 2008). L'analyse tendancielle de l'humidité relative moyenne diurne et nocturne au cours de cette période (1951-2003) laisse apercevoir une régression de l'humidité relative diurne alors que l'humidité relative nocturne augmente (voir les figures N° 12 et N° 13). Cependant, la tendance quasi constante de l'humidité relative moyenne obtenue en faisant la moyenne de l'humidité (diurne et nocturne) de chaque année, explique qu'au cours de la période 1951-2003 les pertes de l'humidité diurne égalent les gains de l'humidité nocturne.

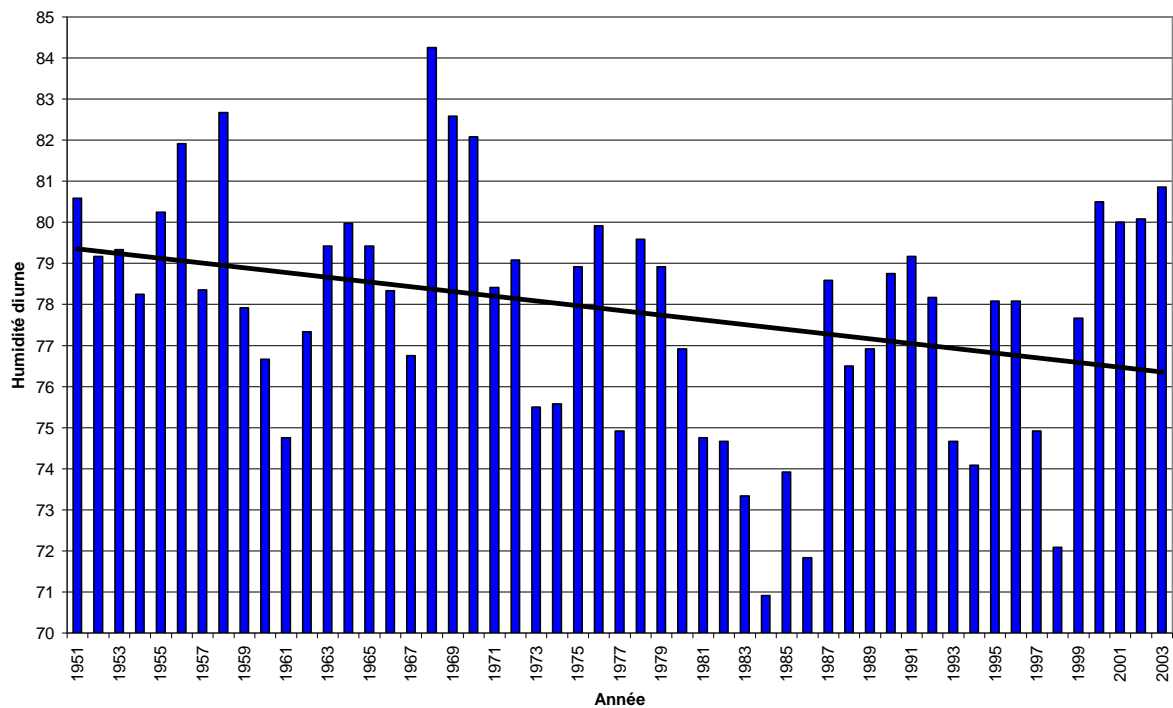


Figure 12 : Evolution de la tendance de l'humidité diurne moyenne annuelle (Météo Kaolack, 2008).

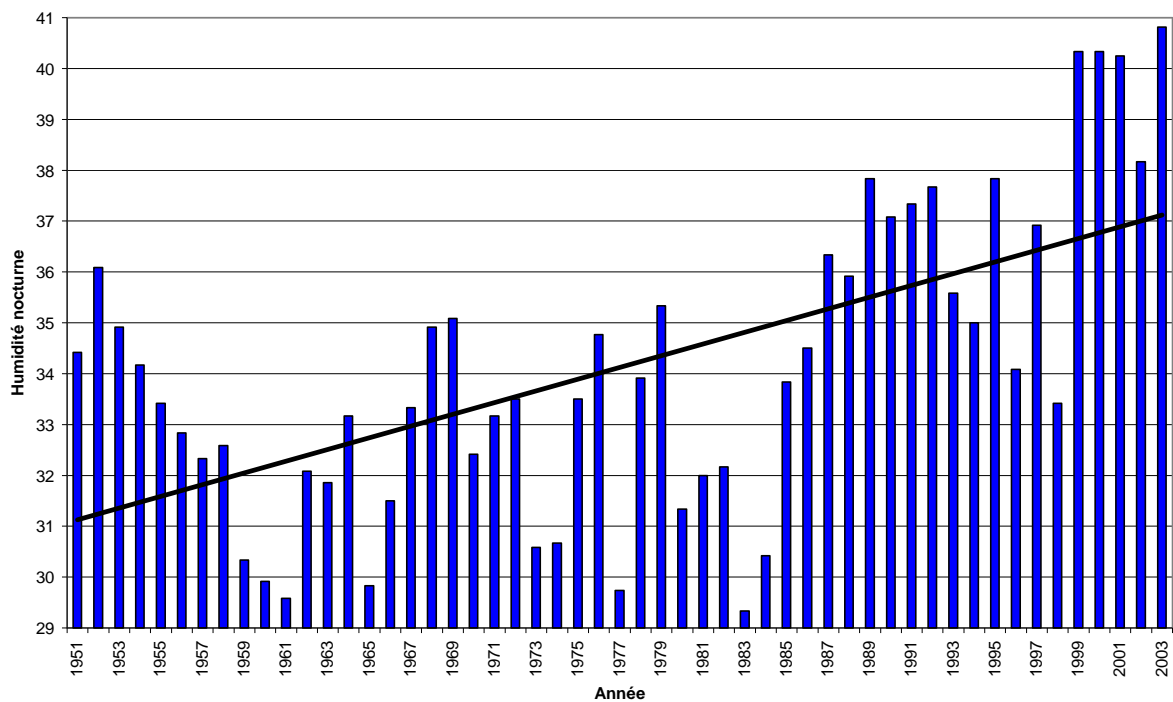


Figure 13 : Evolution de la tendance de l'humidité nocturne moyenne annuelle (Météo Kaolack, 2008).

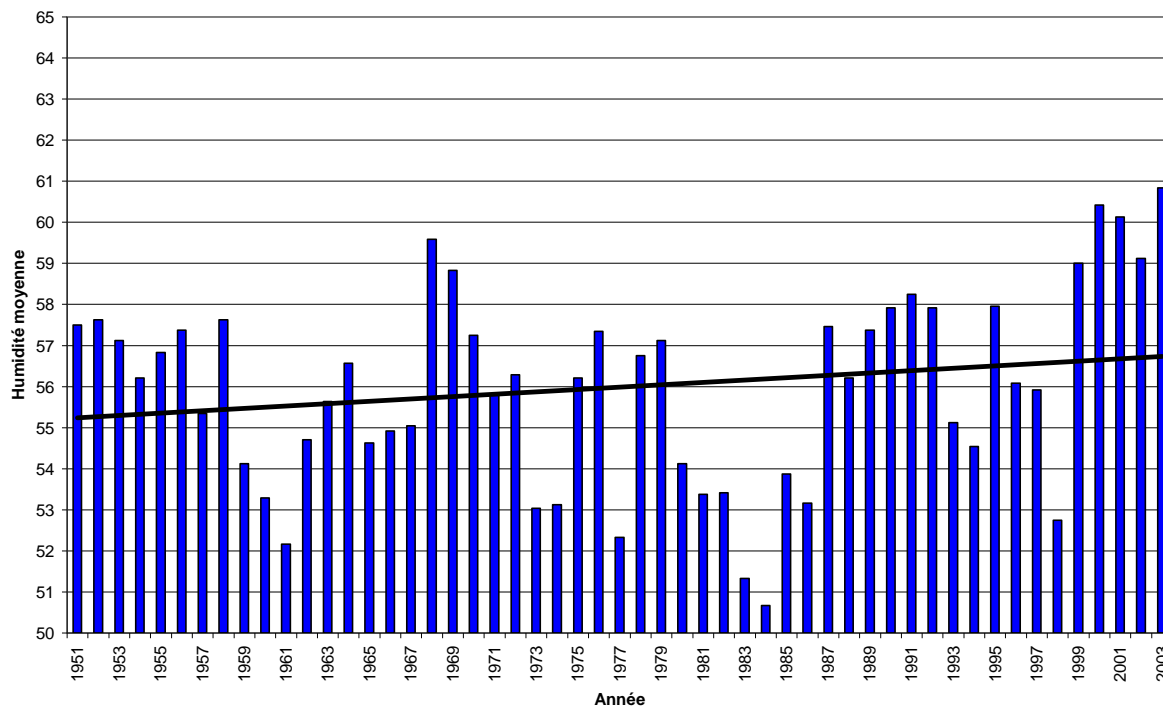


Figure 14 : Evolution de la tendance de l'humidité moyenne annuelle (Météo Kaolack, 2008).

L'**évaporation** est cependant fonction de la température de l'air, de son pouvoir hygrométrique et de la vitesse du vent. Elle joue un rôle important dans le cycle de l'eau en ravitaillant l'atmosphère en vapeur d'eau qui se condense afin de précipiter sous forme de pluie, brouillard, rosée, neige etc. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant la saison sèche (Evaporation Potentielle supérieure à 200 mm), mais en saison des pluies elles ne dépassent pas 100 mm au niveau de la station météorologique de KAOLACK (**DRAME** et al. 2003). L'importance du climat se mesure pour la plupart des cas par son influence sur l'hydrographie et donc par conséquent sur la végétation, l'homme et les animaux.

D.1.2 L'HYDROGRAPHIE

La zone du delta du Saloum présente un ensemble d'îles séparées par des cours d'eau dont les plus importants sont le Saloum qui rejoint la mer par un estuaire et le Diombos (**Ba** et al. 2000 ; **UICN**, 1999). Ce réseau est alimenté par l'eau de mer qui peut remonter jusqu'à Birkelane à 130 km de l'embouchure du Saloum (**FALL** et al. 2000). Cette dernière est délimitée par un cordon sableux de 18 km, la flèche du littoral de Sangomar (**NDOUR**, 2005). Malgré l'extrême faiblesse des apports liquides en provenance de l'amont, ce réseau a un mode de fonctionnement hydrodynamique grâce à la faiblesse du profil en long de ses

cours d'eau, à la rétention opérée par la mangrove et l'évaporation. Il n'en demeure pas moins que la marée essentiellement de type diurne reste le principal facteur de l'hydrodynamique estuarienne. Il en résulte donc un fort gradient de salinité des eaux de l'aval vers l'amont. La teneur en sel des marigots est partout élevée (**DIOP** et al. 1995) ; il a été enregistré des taux de 70g/l à côté de la mer vers la flèche de Sangomar et dans le Bandiala, plus en aval des taux de 100g/l ont été enregistrés vers Sokone, soit de deux à trois fois plus que la salinité moyenne de la mer qui est de 35 g/l (**UICN**, 1999). Cependant, plusieurs cours d'eau débouchent dans l'estuaire du Saloum, ce qui témoigne de l'humidité du milieu. Ces cours d'eau sont : Le Latmingui, le Tyikat dieri, le Tawu et le Bil (**FALL** et al. 2000) ; la Néma, le Sokone, le Senghor et les marigots du versant NW de l'estuaire (**NOUIDEMONA**, 2004). La péjoration climatique qui a comme corollaire la forte diminution des apports d'eau douce a réduit énormément les débits de ces rivières et marigots, et a occasionné en même temps une forte destruction des ressources de la mangrove. Aussi la rupture de la flèche de Sangomar depuis 1987 a entraîné des modifications profondes tant dans l'hydrodynamique que dans la sédimentologie de l'estuaire (**NDOUR**, 2005). Parmi ces modifications, on peut noter la formation des bancs de sables à proximité de Niodior (**SENE** et al. 1987) et l'assèchement de la mangrove au niveau de rupture de la flèche de Sangomar (**NDOUR**, 2005).

Le littoral du Saloum est soumis, pour sa part à deux types de houle, l'une en provenance de l'Atlantique nord et de direction NW agit pendant toute la saison sèche ; l'autre en provenance de l'Atlantique sud et de direction SE agit pendant la saison des pluies (**NOUIDEMONA**, 2004). La houle du nord a une action non négligeable car elle est responsable d'une dérive littorale qui est responsable à son tour de la dynamique des cordons littoraux. Elle s'est établie pendant la régression marine il y a 4.000 BP (**UICN**, 1999). Elle aborde la côte avec une incidence oblique et a entraîné par des dépôts de sable, la formation des cordons sableux et le fonctionnement lagunaire de l'estuaire qui a favorisé l'installation de la mangrove. Ainsi les limons et argiles transportés par les cours d'eau se sont décantés pour donner des vasières fixées par une végétation adaptée à la salure : la mangrove. L'hydrographie est donc un facteur important dans le transport des matériaux dans le delta du Saloum et constitue à cet effet un élément non négligeable dans l'analyse de la pédologie, la géologie et la géomorphologie de cette zone.

D.1.3 LA GEOLOGIE ET LA MORPHOPEDOLOGIE

Les formes du relief de la zone du delta du Saloum sont liées à son histoire géologique laquelle est directement associée à la dynamique marine (UICN, 1999). Les îles du Saloum sont constituées de vase associée tantôt avec du sable dont le dépôt remonte du Flandrien (UICN, 1999). Les tannes correspondent à d'anciennes vasières, alors que les vases nues sont de la période actuelle. La transgression marine du Nouakchottien (5.000 BP) a provoqué des dépôts sableux qui forment des terrasses en bordure du plateau continental (UICN, 1999) se transformant dans certains cas à des îles. Toujours selon la même source, après cette transgression marine, la houle du NW a mis en place des cordons littoraux successifs qui ont fini par fermer partiellement le golfe à l'intérieur duquel il s'est opéré un dépôt de vases. A la suite de la régression marine, d'anciennes vasières exondées se sont transformées en tannes dépourvues de végétation (tannes nues), et cette évolution s'est poursuivie jusqu'à la période actuelle (UICN, 1999). Les terres laissées par le retrait de la mer ont été occupées il y a longtemps par des populations qui se nourrissaient d'arches et d'huîtres. Les dépôts de coquilles consécutifs à cette consommation ont été à la base de la formation des amas coquilliers (UICN, 1999) colonisés principalement par les Baobab (*Adansonia digitata*).

Au plan morphologique, il a été noté une dissymétrie entre les deux rives du Saloum (MARIUS, 1977). Cette dissymétrie est à mettre en relation avec l'incidence des flux d'eau marine à l'intérieur des bolons. A cause de la flèche de Sangomar, le flot n'entraîne pas directement dans les marigots de la rive droite du Saloum, alors qu'il pénètre en profondeur dans les marigots du Diombos et du Bandiala. La conséquence est la constitution d'un réseau de chenaux moins stable et moins dense dans la partie nord de l'estuaire, et d'un milieu véritablement insulaire soumis aux remaniements d'un réseau de chenaux directement ouverts sur la mer.

La pédologie du delta du Saloum est directement liée à ses facteurs morphologiques. Sans revenir sur la pédogenèse de la zone, il convient simplement de rappeler les grandes formations sableuses du delta avec leurs unités morphologiques. La carte pédologique des îles du Saloum élaborée par MARIUS (1977) présente deux grands types de formations sableuses.

Les **sols sableux des cordons** qui forment au plan morphologique deux bandes parallèles alignées NNW/SSE dont l'un est situé à côté de la mer, allant de Djinak au sud à Dionouar au nord en passant par Bétenti ; le second est localisé à l'intérieur du continent et couvre une

grande partie de l'île Bétenti tout en formant un escarpement au niveau de Ndangane Touti et Sipo.

Les **sols minéraux** et les **sols peu évolués** qui occupent les **terrasses marines** sont bien représentés au nord du Diombos, au niveau des îles Gandoul, de Ngadior à Bakalon en passant par Bassoul, et du bolon Guilor aux formations du Continental Terminal. Selon le même auteur ces grands ensembles peuvent être éclatés : en sols minéraux bruts qui occupent l'essentiel des plages sableuses de la côte, en sols peu évolués bien représentés au niveau des îles Bétenti, en sols halomorphes localisés au niveau des tannes vifs (souvent désignés sous le terme de sols sulfatés acides), en sols hydromorphes sur les tannes herbacés, et calcimagnésiques localisés à l'emplacement des amas artificiels de coquilles. Ces sols, sous l'effet des déficits hydriques que connaît la zones du delta du Saloum ces dernières décennies, sont soumis à la salinisation ainsi qu'à l'érosion hydrique et éolienne dont les effets ont été renforcés par la dégradation du couvert végétal notamment celui de la mangrove.

C.1.4 VEGETATION FLORE ET FAUNE

Au plan phytogéographique, le delta du Saloum est situé entre les zones soudano guinéenne et sahélo soudanienne. La **végétation** est présente sur deux grands types de milieux : les zones submersibles par les marées et les zones non submersibles.

La **végétation des zones submersibles** est formée par la mangrove et les prairies à halophytes (**MARIUS**, 1977).

La **mangrove** est une végétation caractéristique des estuaires et deltas des régions tropicales soumises à l'influence de la marée : hauteur de marnage comprise entre 2 m à 3 m (**ISME**, 1995). Cinq espèces floristiques réparties en deux familles constituent la végétation de cette zone estuarienne.

La famille des *Rhizophoraceae* est représentée par trois espèces du genre *Rhizophora* ou palétuvier rouge. *Rhizophora racemosa* (environ 10 m de haut) colonise les chenaux généralement argileux. *Rhizophora mangle*, de moindre taille, forme les peuplements les plus étendus. *Rhizophora harrisonii* est plutôt rare. Ces espèces du genre *Rhizophora* sont caractérisées par leurs racines échasses et leur mode de reproduction. Les nombreuses propagules qui pendent sur les branches des sujets adultes sont dispersées par le courant. Elles

s'implantent par la suite sur les substrats vaseux. Les espèces du genre *Rhizophora* constituent ainsi des plantes pionnières des vases nues puisqu'elles sont les premières à les coloniser.

La famille des *Verbénaceae* n'est représentée que par une seule espèce, *Avicennia africana* ou palétuvier blanc. Cette espèce est caractérisée par la présence de racines aériennes ou pneumatophores qui lui permettent d'absorber l'oxygène atmosphérique.

La famille des *Combrétaceae* moins abondante est représentée par *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus*. Cependant, au niveau du delta du Saloum on note la présence des Baobab (*Adansonia digitata*) isolés ou en petit peuplement dont le développement est favorisé par la présence des amas coquilliers.

Les **prairies à halophytes** sont connues sous le nom de *tannes herbues* par opposition aux *tannes vives* qui sont des étendues sursalées, dépourvues de végétation. Sur les tannes herbues poussent des espèces comme *Sesuvium portulacastrum*, *Philoxerus vermicularis*, *Sporobolus robustus*, *Schizachirium compressa*, *Paspalum vaginatum*. Dans les mêmes zones on rencontre couramment aussi *Tamarix senegalensis*.

La **végétation des zones non submersibles** sont en général des savanes arbustives à boisées avec des espèces soudaniennes et guinéennes.

Au niveau du **littoral**, on peut noter la présence d'espèces floristiques telles que *Ipomea pescaprae*, *Cyperus maritimus*, *Imperata cylindrica*, *Calotropis procera*, *Phoenix reclinata*, *Cocos nucifera*.

Les **cordons sableux** des îles sont occupés par *Elaeis guineensis*, *Acacia seyal*, *Acacia ataxacantha*, *Neocarya excelsa*. Le baobab (*Adansonia digitata*) se développe sur les sols riches en calcaire, en particulier sur les amas coquilliers.

Sur le **continent** la zone présente de nombreuses espèces floristiques telles que *Daniellia oliveri*, *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Bombax costatum*, *Lanea acida*, *Khaya senegalensis*, *Parkia biglobosa*, *Sclerocarya birrea*, *Stereospermum kunthianum*, *Terminalia macroptera*, *Terminalia avicennioides*, *Tamarindus indica*. Au niveau des zones de terroir où se déroulent les activités agricoles et pastorales, *Cordyla pinnata* est l'espèce ligneuse dominante à cause de son rôle dans les agro systèmes. La richesse en termes de diversité floristique et la présence de nombreuses aires protégées font de la zone du delta du Saloum, un habitat favorable au développement de la faune.

La **faune** du delta du Saloum présente une dominance des petits mammifères dans la partie continentale, surtout dans la forêt de Fathala.

On note la présence de beaucoup de Phacochères (*Phacocherus aethiopicus*), de Guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), de l'Hyène tachetée (*Crocuta crocuta*), quelques chacals à flanc rayé. Les grands mammifères comme le Guib harnaché ne sont présents qu'à l'intérieur de la Réserve de Biosphère.

Dans le parc national on note la présence de quatre espèces de primates notamment : le colobe bai de terminick (*Colobus badius terminckii*) dont la forêt de Fathala constitue le domaine de prédilection, le singe vert (*Cercopithecus aethiops sabeus*), le singe rouge (*Erythrolemus patas*) et le Lémurien galago du Sénégal (*Galago senegalensis*). On remarque aussi la présence de rongeurs (Rat, Porc-épic), des reptiles (Python de seba, Cobra...) (SOUMARE et al. 1992) cité par NOUIDEMONA (2004).

Dans le domaine aquatique la faune sauvage est constituée de dauphins (*Delphinus delphis*), de baleines, de cachalots, de varans du Nil. La faune ichtyologique du Saloum est marquée par la présence des espèces de poissons démersales comme les Mérous et les Soles, de même que les espèces pélagiques comme le Thon.

Les oiseaux constituent, au plan effectifs la faune la plus importante du parc. On peut citer entre autre : l'aigrette à gorge blanche (*Egretta galaris*), la sterne royale (*Sterna maxima*), le héron à dos vert (*Butorides striatus*), le balbuzard fluviatile (*Pandion haliaetus*), etc.

La faune domestique est constituée quant à elle par de gros bétail les petits ruminants et les volailles. L'importance des ressources végétales et animales dans le contexte de développement socioéconomique a fait de cette zone un lieu d'important peuplement humain riche au plan diversité ethnique et culturelle. Ces conditions biophysiques en équilibre expliquent la présence de la mangrove. Leur perturbation récente a entraîné la dégradation de tout l'écosystème.

D.2 LE CADRE HUMAIN

D.2.1 LE PEUPLEMENT

BAILLON (1988) cité par **NOUIDEMONA** (2004) situe l'implantation des villages du delta du Saloum entre la fin du 18^{ème} siècle et le début du 19^{ème} siècle. Historiquement les

différentes communautés rurales de la zone faisaient partie du territoire de Kaolack qui correspond au royaume du Saloum et quelques états indépendants ou vassaux. Le royaume s'étendait de Kaolack à Kaffrine et de Kaël au nord jusqu'au Rip au sud (**DPS/RGPH**, 1992). Le découpage administratif survenu en 1983 a scindé l'ancienne région du Sine Saloum en deux : Kaolack et Fatick.

Le choix de la zone pour la fondation des villages était en grande partie lié à la disponibilité des ressources naturelles indispensables au développement des activités socioéconomiques (**NOUIDEMONA**, 2004).

Les populations du delta du Saloum vivent principalement des retombées de l'agriculture, de la pêche, de l'élevage, mais aussi de la cueillette des produits de la mangrove (Arches, Bois, Huîtres etc.).

La composition ethnique principale de la zone est de 55% de Sérér, 30% des Wolof, 9,2% des Peul, 2,1% des Socé et 1,3% des Bambara (**MEF, DPS** 1992). Toutefois, il faut relever que la plupart des ethnies constitutives du Sénégal sont présentes dans la zone. La particularité du peuplement du delta du Saloum en termes de diversité ethnique et culturelle qu'en termes de dépendance vis-à-vis des ressources naturelles, confère à cette région un profil démographique très particulier comparativement aux autres régions du territoire national.

D.2.2 LE PROFIL DEMOGRAPHIQUE

La région administrative de Fatick couvre une superficie de 7.935 km², soit 4,03% de la superficie du territoire national. Sa population était estimée en 1988 à 509.702 habitants (**DPS/RGPH** 1988). Au cours de la période 1976-1988, le taux moyen d'accroissement annuel était de 1,7%. Ensuite Sa population est passée de 610.520 habitants en 1997 (EDS-III), à 628.968 habitants en 2000, soit 6,9% de la population nationale. La densité est de 79 habitants par km² en 2000 pour une moyenne nationale de 35 hab/km². La population en majorité rurale est inégalement répartie suivant la distribution géographique des ressources naturelles.

L'analyse des résultats du **RGPH** de 1988 révèle une population très jeune. Environ 57,8% ont moins de 20 ans, 35,7% ont entre 20 et 59 ans et 6,5% ont plus de 60 ans. Ces jeunes ont tendance à migrer à cause de faibles perspectives qu'offre la gestion des ressources de la zone. Ces mêmes résultats situent le taux des femmes en âge de procréer (15-49 ans) à

41,5% de la population féminine de la région. Le taux d'accroissement moyen annuel de l'ordre de 1,7% est inférieur à la moyenne nationale estimée à 2,9%.

La dynamique de la population repose sur deux déterminants essentiels que sont les mouvements naturels et la migration. L'organisation socio-économique de la population du delta du Saloum à l'instar d'autres populations des zones rurales du Sénégal est fortement tributaire des ressources naturelles et de la clémence du climat.

C.2.3 L'ORGANISATION SOCIOECONOMIQUE

Les populations du delta du Saloum sont à dominance rurales et pratiquent une économie de subsistance de type agraire dans leur majorité, avec des systèmes d'exploitation et de mise en valeur basés sur des techniques souvent élaborées mais reposant sur la force humaine (NOUIDEMONA, 2004).

Dans les villages les carrés familiaux sont des grandes concessions, placées chacune sous l'autorité d'un patriarche ou d'un aîné plus âgé en cas de décès des parents (NOUIDEMONA, 2004). Mais à chaque ethnie correspond une organisation sociale spécifique. Les rôles sur la gestion des ressources sont attribués en fonction du genre. Ainsi, la cueillette des produits de la mangrove (bois, arches, huîtres etc.), la transformation des produits halieutiques, et le jardinage sont réservés aux femmes tandis que la pêche, l'élevage et l'agriculture sont destinés pour la plupart des cas aux hommes (ISE 29^{ème} Promotion, 2007).

Les principales activités de ces populations sont la pêche, l'agriculture et l'élevage. Les populations des îles pratiquent une pêche commerciale de subsistance. L'agriculture et l'agroforesterie sont pratiquées dans les îles et sur la partie continentale de la Réserve de Biosphère. Parmi les spéculations on note des cultures de subsistance comme le mil et le riz et des cultures de rente comme l'arachide ainsi que des cultures fruitières dont l'anacardier (*Anacardium occidentale*) est l'espèce la plus utilisée (UICN, 1999).

Dans cette zone l'élevage est du type extensif. Cependant, le bétail est exposé à l'agression des mouches (tsé-tsé) au niveau des îles. Les forêts classées de Fathala, Sangakho, Keur Sambel et Djilor, représentent dans la partie Est de la Réserve d'importantes zones de pâturage pour le bétail.

D.2.4 PRESENTATION DU VILLAGE DJIRNDA

Le village de Djirnda chef lieu de la communauté rurale de Djirnda fait partie des îles du Saloum et peuplé principalement des sérères côtoyés par des marchands guinéens qui travaillent sur les produits halieutiques localement appelés « sousou » du nom de leur ethnie. C'est marchands constituent les principaux acteurs étrangers de l'économie du village et sa deuxième source de devise étrangère après les travailleurs immigrés ressortissants du village se trouvant en Europe notamment Espagne et France. L'immigration est considérée comme une forme réponse donc d'adaptation des villageois aux différents défis environnementaux comme la perte de la productivité des sols, la diminution des ressources halieutiques et la baisse de la pluviométrie que connaît le village.

L'observation des activités menées dans le village révèle que la pêche, la cueillette des fruits de mer et la transformation des produits halieutiques constitue les principales activités génératrices de revenus. L'élevage est encore pratiqué mais de manière artisanale alors que l'agriculture est abandonnée depuis quelques décennies pour cause d'augmentation de la salinité des sols due à la remontée du sel par capillarité sous l'effet de la sécheresse. La pêche est pratiquée par les hommes tandis que la cueillette et la transformation des produits halieutiques sont réservées aux femmes qui se sont organisées en association (Association des Femmes Transformatrices pour le Reboisement de la Mangrove : AFTRM) qui gère aussi la finance du village par la création d'une caisse d'épargne et de crédit. Certaines activités subsidiaires comme l'apiculture et le ramassage de bois de mangrove sont aussi pratiquées mais avec des acteurs mixtes.

La connaissance du rôle important que joue la mangrove dans la chaîne trophique côtière serait à l'origine de la prise de conscience de la population en générale et des femmes en particulier. La discussion avec les femmes a d'ailleurs confirmé cette hypothèse. Créée dans le début de l'année 2003 dans l'idée de permettre aux femmes du village de s'unir afin d'augmenter la rentabilité de leurs activités, l'AFTRM a reçu le soutien de l'UICN et d'autres organismes comme JICA/JAFTA et PAGEMAS en termes de formation aux techniques de reboisement et de transformation des produits halieutiques, en apiculture en ostréiculture et au micro finance. L'objectif principal de cette association en termes de reboisement selon les femmes, c'est de remplir toutes les tannes humides de la zone en reboisant chaque année, c'est dans cette optique qu'à partir du mois d'août de chaque année, les femmes du village se réunissent pour reboiser la mangrove.

En termes de prise de décision, l'AFTRM exerce un pouvoir certain sur la cueillette des fruits de mer et les plantations de mangrove mais n'a aucun pouvoir sur la gestion des autres formes de ressources qui revient au Comité de Plage (CP) et le conseil communautaire. Chargé de faire respecter le plan de gestion des ressources du village, le CP se trouve souvent confronté à de sérieux problèmes de leadership et d'autorité conduisant de fois à l'impunité des sujets pris en flagrant délit de non respect des termes du plan de gestion des ressources du village.

Cependant, la population de Djirnda n'a pas bonne connaissance des changements climatiques ni de ses effets à part l'avancée de la mer et ignore l'existence du marché de carbone et le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) mais, manifeste malgré tout le vif désir d'en savoir plus.

Tableau 1 : Tableau d'implication des acteurs dans la gestion des ressources.

RESSOURCES	ACTEURS	
	AFTRM	CP
Formation naturelle de Mangrove	Non	Oui
Reboisement mangrove	Oui	Non
Fruits de mer	Oui	Non
Autres	Non	Oui



Figure¹⁰ 15 : Séchage de poissons au soleil.



Figure 16 : Four traditionnel le fumage de poissons.



Figure 17 : Bois de mangrove.



Figure 18 : Bovin du village de Djirnda au pâturage.

D.2.5 PRESENTATION DU VILLAGE SANGHAKO

Faisant partie des villages de la communauté rurale de Toubacouta, le village de Sanghako contigu à celui de Médina Sanghako est situé à environ 15km de Sokone au bord d'un grand axe routier menant jusqu'à Gambie Il est peuplé à majeure partie des Serrères et Mandingues.

¹⁰ Les photos des figures N° 15 à 18 sont prises par R. Dégué-Nambona et Cheikh Ndiaye en août 2008 au village Djirnda. Elles illustrent l'usage multiple de la mangrove en termes de pâturage, de source d'énergie par sa production de bois de chauffe et d'œuvre etc.

Sa localisation au bord d'un grand axe routier détermine son économie principalement basée sur l'agriculture et l'élevage.

L'analyse par observation des activités pratiquées dans le village de Sanghako laisse apercevoir que l'agriculture constitue l'activité principale, elle est secondée par la pêche et la cueillette des fruits de mer. Certaines activités comme l'élevage, l'apiculture, l'ostréiculture et le commerce sont pratiquées dans la localité mais avec une importance moindre.

Le choix du mois d'août pour la réalisation de l'étude de terrain a été à l'origine du manque de cadre de discussion avec la population pour la simple raison que ça coïncide au début de l'hivernage qui fait que toute la population est préoccupée par les activités agricoles. Ceci témoigne de l'importance de l'agriculture en temps qu'activité génératrice de revenus au sein de ce village. Le manque de cadre de discussion est aussi à l'origine de la faible disposition d'informations sur les conditions de réalisation des reboisements mais, selon l'UICN la réalisation de ces reboisements ne constitue qu'une activité complémentaire des activités d'un grand projet de formation de la population à l'ostréiculture et à l'apiculture.

Selon certains villageois rencontrés, il existe deux organisations principales chargées de la gestion des ressources : l'association des femmes qui travaille avec JICA/JAFTA sur le reboisement de la mangrove et l'ostréiculture et les écogardes qui veillent sur l'application des textes régissant l'utilisation des ressources et la protection de l'AMP de Bamboung contre les braconniers.

E. RESULTATS

L'analyse des données collectées au cours de cette étude et leur traitement ont conduit à l'obtention de ces résultats regroupés en trois grandes parties : l'état des plantations, les régressions allométriques et la séquestration de carbone enfin la dynamique du carbone en rapport avec les plantations. Cette partie de l'étude consiste à présenter ces résultats site par site afin de les discuter.

E.1 LES RESULTATS DU SITE DE DJIRNDA

E.1.1 Etat des plantations :

Les plantations de mangrove de Djirnda occupent une tanne à environ 2 km au **SW** du village et s'étendent sur une superficie totale de plus de 1,5 ha. Elles sont constituées de deux espèces de palétuviers : le *Rhizophora sp* et l'*Avicennia sp*. Cette étude porte uniquement sur les plantations de *Rhizophora sp* qui constituent l'essentiel des plantations du site de Djirnda. La réalisation de la première plantation remonte au début de la deuxième moitié de l'année 2003, puis elle s'est poursuivie par une série de plantations réalisées chaque année à partir du mois d'août. Selon les femmes transformatrices des produits halieutiques cette initiative est née d'un projet de l'UICN. Elles ont aussi expliqué que la promotion de l'espèce *Rhizophora sp* à la place d'*Avicennia sp* est due au fait que la réalisation des plantations de *Rhizophora sp* n'exigent pas de grands travaux de préparation car il suffit de ramasser les propagules mûres et de les enfoncer dans la vase alors que pour l'*Avicennia sp*, il faut préparer bien avant les pépinières mais en plus de cela les graines se font rares dans la zone et de fois, il faut aller jusqu'aux villages voisins pour en chercher. En outre, elles ont avoué ne pas savoir laquelle des deux techniques de reboisements (écartement 25/25 et 50/50) convient le mieux si bien qu'elles alternent les deux techniques dans une même campagne de reboisement (2003 et 2004) ou alors dans des campagnes différentes (2005, 2006 et 2007).

Au plan des densités, les plantations présentent pour la plupart des cas de bonnes densités (voir le tableau N°2) proches des valeurs théoriques minimales (160.000 pieds/ha pour 25/25 et 40.000 pieds/ha pour 50/50) définies en supposant que 1m² d'une plantation avec un écartement de 25/25 (respectivement 50/50) contient au minimum 16 plants (respectivement 4 plants) s'il n'y pas eu de mortalité. Ces densités témoignent donc d'un faible taux de mortalité doublé d'une bonne dynamique interne qui serait favorisée par un bon taux de régénération naturelle. La plantation de 2004 d'écartement 50/50 va même au delà de la valeur théorique minimale qui est de 40.000 pieds/ha, ce qui témoigne de son bon état survie.

Cependant, la dynamique spatiale est tributaire du climat, des conditions écologiques et des actions anthropiques car, l'accroissement spatial de ces plantations est dû principalement aux travaux de reboisement que font tous les ans les femmes du village.

En outre, la présence dans les plantations des abeilles, crevettes, huîtres et d'un nid d'oiseau ainsi que celle des fleurs et propagules observées sur beaucoup de plantes (voir figures N° 19 à 23) témoigne des bonnes conditions écologiques du site voire du village à abriter les plantations de mangrove.



Figure¹¹ 19 : Nid d'oiseau (plantation 2003 50/50).



Figure 20 : Propagules (plantation 2003 25/25).



Figure 21 : Taille des plants (plantation 2003 25/25).



Figure 22 : Transect/placette (plantation 2006 25/25).

¹¹ Les photos des figures N° 19 à 23 sont prises en août 2008 à Djirnda Par R. Dégué-Nambona et Cheikh Ndiaye. Elles illustrent la taille et le développement des plantations et leur diversité.



Figure 23 : Taille des plants (plantation 2005 50/50).

Tableau 2 : Récapitulatif des données caractéristiques de l'état des plantations (Site de Djirnda).

Année	Nbre d'ind. mesurés	Ecartement (cm)	DB (cm)	DmH (cm)	HT (m)	Densité (pieds/ha)	Recrus naturels (pieds/ha)	Superficie (ha)
2003 N°1	42	25/25	[0,9 ; 2,7]	[0,4 ; 1]	[0,99 ; 1,90]	140.000	3.333	0,06
2003 N°2	27	50/50	[1,2 ; 2,7]	[0,5 ; 1,5]	[0,75 ; 1,83]	33.750	1.250	0,24
2004 N°1	33	25/25	[1 ; 2,2]	[0,4 ; 1,2]	[0,58 ; 0,90]	110.000	0	0,08
2004 N°2	32	50/50	[0,9 ; 2]	[0,3 ; 1,2]	[0,5 ; 1]	41.250	0	0,28
2005	19	50/50	[1 ; 2]	[0,7 ; 1,3]	[0,51 ; 0,75]	38.000	0	0,33
2006	36	25/25	[0,6 ; 0,8]	[0,2 ; 0,5]	[0,4 ; 0,71]	90.000	0	0,12
2007	N.I ¹²	50/50	N.I	N.I	N.I	N.I	N.I	0,41
Total								1,62

Les valeurs des densités des plantations présentées dans le tableau ci-dessus laissent apercevoir deux classes des plantations selon les types d'écartement (25/25 et 50/50). Les plantations d'écartement 25/25 de 2003 à 2004 présentent de bonnes densités ce qui témoignent de leur bon taux de survie alors que celle de 2006 présente une faible densité (90.000pieds/ha pour une valeur théorique minimale 160.000pieds/ha) ce qui démontre d'un taux de survie moyen. Cette faiblesse de densité pourrait être expliquée par la qualité de son substrat trop vaseux par rapport aux autres de 2003 et 2004. Cependant les plantations d'écartement 50/50 présentent toutes de bonnes densités ce qui démontrent de leur bonne

¹² N.I : Non inventoriée.

survie. En outre, au plan de recru naturels, seules les plantations réalisées en 2003 présentent des cas de régénération. Cependant, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas eu effectivement de régénération au niveau des autres plantations mais c'est la faiblesse de leur fréquence qui est ainsi démontrée.

E.1.2 Les régressions allométriques :

L'idée de la recherche de régressions allométriques est de voir s'il existe des équations mathématiques pouvant mettre en relation et de façon significative les paramètres dendrométriques dits variables explicatives ou régresseurs, à la productivité végétale dite variable expliquée afin que dorénavant, au lieu de refaire les mêmes mesures de biomasses pour la détermination de la productivité, qu'elle soit directement calculée à l'aide de ces régressions à partir des mesures de certains paramètres (HT, DmH et DB). Cependant, pour faciliter l'interprétation des résultats tout en se prononçant sur la contribution de chaque régresseur aux différents modèles de régression, les régressions linéaires simple et multiple ont été préférées aux autres types de régressions conseillés par divers auteurs entre autre **Rondeux** (1999). C'est ainsi que, pour chaque plantation il sera présenté le modèle de régression, l'analyse de la variation des variances et les résidus obtenus par traitement de données initiales à l'aide du logiciel XLSTAT méthode progressive (step by step) afin de juger de la pertinence des régresseurs et de leurs modèles.

Les équations des modèles mettent en relation la productivité végétale et les régresseurs qui contribuent de manière significative à la régression en termes de probabilité de la variable de Student (t) et de Fischer (F) qui sont leurs estimateurs globaux. Donc, tout régresseur dont la probabilité de la variable de Student ($Pr > t$) ainsi que celle de Fischer ($Pr > F$) dépasse le seuil de 5% est automatiquement mis à l'écart par le logiciel. Ceci signifie qu'au-delà du seuil de 5%, le régresseur ne contribue pas de manière significative à l'explication du modèle par la régression ainsi définie.

Les équations des modèles mettent aussi en relation la somme des contributions des régresseurs retenus et pondérées chacune d'un coefficient, le tout corrigé d'un autre coefficient constant.

L'importance des régresseurs (ici les paramètres dendrométriques) varie d'une plantation à une autre mais aussi d'un type de régression à un autre. L'analyse des caractéristiques des régressions linéaires simples laisse apercevoir en général et dans l'ordre une meilleure contribution de la HT puis du DmH par rapport à celle du DB.

Au plan des régressions relatives à la HT, les plantations de 2003 écartement 25/25 (40 individus inventoriés) et de 2005 écartement 50/50 (17 individus inventoriés) présentent d'assez bonnes caractéristiques en termes de coefficient de détermination (0,706 en 2003 et 0,668 en 2005), de statistique de Durbin-Watson partout proche de sa valeur normale de deux (1,951 en 2003 et 2,368 en 2005) et de la probabilité de la variable de Fischer très inférieure au seuil de 5%. La statistique de Durbin-Watson (d), si elle est proche de sa valeur normale (02) traduit une indépendance de l'ordre d'observation des individus pendant l'inventaire, ce qui signifie que l'ordre d'observation des individus pendant l'inventaire ne joue pas sur les résultats obtenus. La probabilité de la statistique de Fischer ($Pr > F$) traduit quant à elle le degré de liaison des régresseurs au modèle de régression considéré, c'est-à-dire que si elle est inférieure ou égale à son seuil de 5% il y a alors une bonne liaison entre les régresseurs et le modèle. Cependant, alors que les caractéristiques de la plantation de 2003 (voir les tableaux N° 6 et 7 et les figures N° 26 à 31) écartement 50/50 (27 individus inventoriés) présentent un coefficient de détermination moyen (0,528) et de bonne probabilité de la statistique Fischer (très inférieure au seuil de 5%) et une bonne statistique de Durbin-Watson (2,049), celles des plantations de 2004 écartement 25/25 et 50/50 et de 2006 écartement 25/25 (respectivement 31, 30 et 36 individus inventoriés) présentent de mauvais coefficients de détermination allant de inférieur à très inférieur à la moyenne (0,453 en 2004 écartement 25/25, 0,193 en 2004 écartement 50/50 et 0,014 en 2006) mais de bonnes probabilités de la statistique de Fischer ainsi que de bonnes statistiques de Durbin-Watson proche de sa valeur normale (02) sauf en 2006 où elles sont sorties de leur valeur normale. En somme, la HT apparaît en général comme un assez bon régresseur malgré la faiblesse des coefficients de détermination observée en 2004 et 2006.

Tableau 3: Récapitulatif des caractéristiques des régressions relatives à la HT (Djirnda).

Année	Régresseur	Pr Stat de Fischer	Stat de Durbin-Watson	Coef. de dét. (R^2)
2003 (25/25)	HT	0,0001	1,951	0,706
2003 (50/50)	HT	0,0001	2,049	0,528
2004 (25/25)	HT	0,0001	2,304	0,453
2004 (50/50)	HT	0,012	2,286	0,193
2005	HT	0,0001	2,368	0,668
2006	HT	0,485	1,411	0,014

Tableau 4 :Récapitulatif des équations des régressions relatives à la HT (Djirnda).

Année	Equations des modèles
2003 (25/25)	Biom sèche(kg) = $-0,750 + 0,656*HT$ (m)
2003 (50/50)	Biom sèche (kg) = $-0,356 + 0,640*HT$ (m)
2004 (25/25)	Biom sèche (kg) = $-0,129 + 0,290*HT$ (m)
2004 (50/50)	Biom sèche (kg) = $-7,801E-02 + 0,296*HT$ (m)
2005	Biom sèche (kg) = $-0,162 + 0,386*HT$ (m)
2006	Biom sèche (kg) = $1,179E-02 + 1,507E-02*HT$ (m)

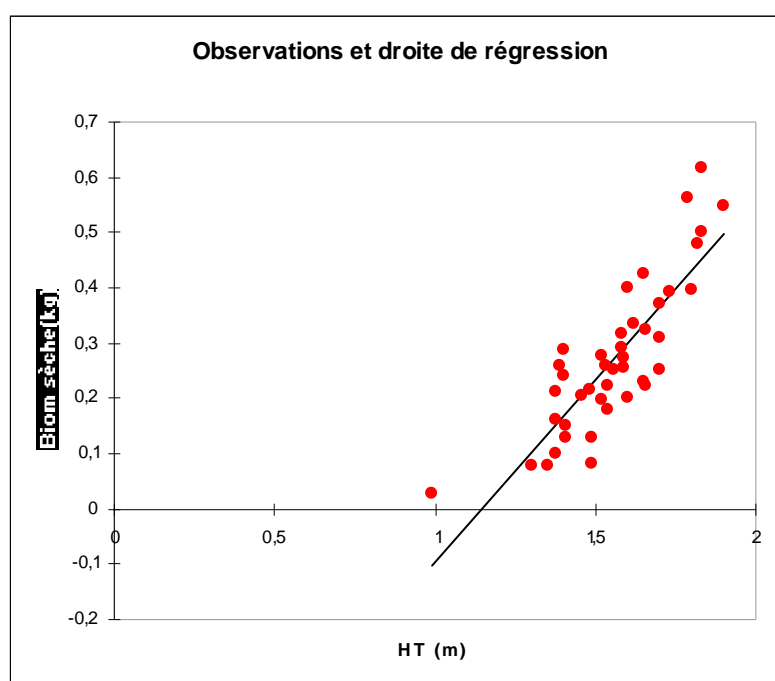


Figure 24 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2003 écartement 25/25.

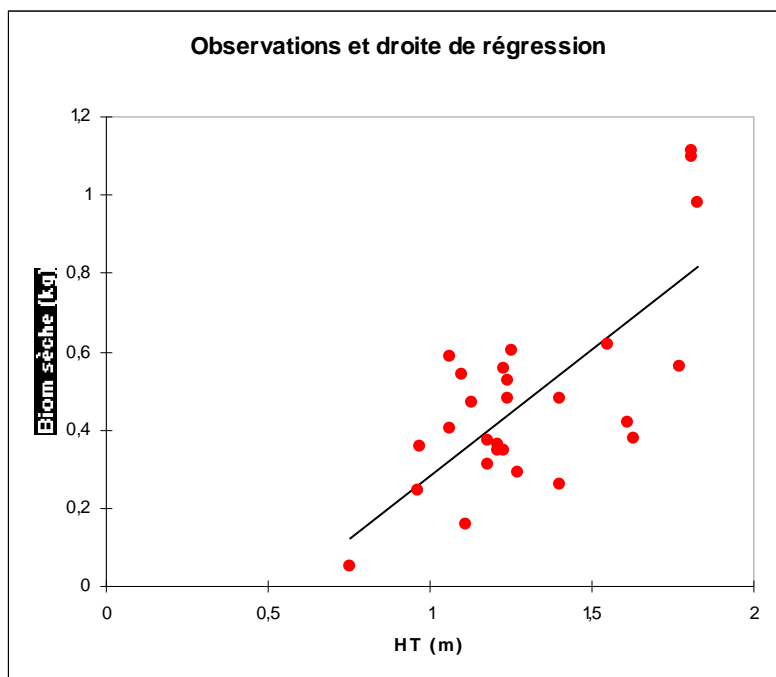


Figure 25 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2003 écartement 50/50.

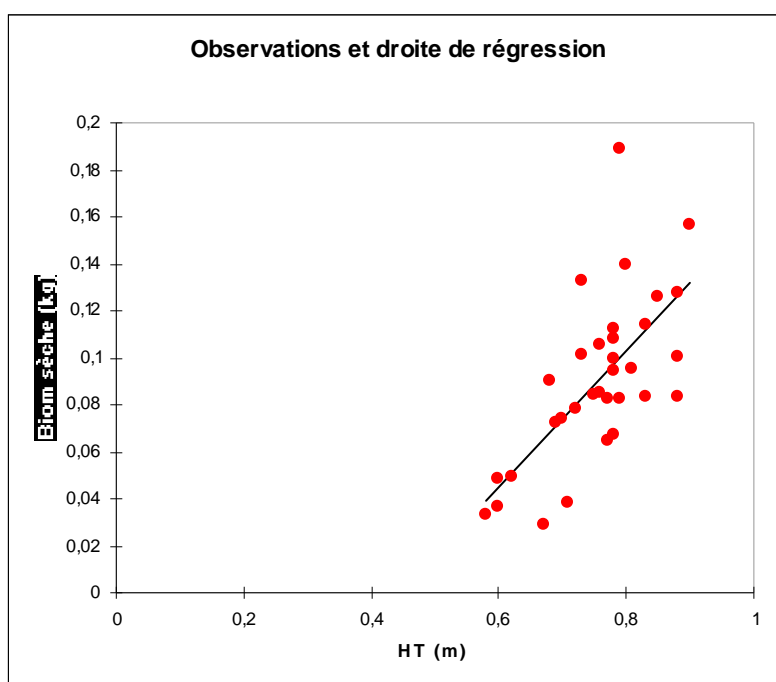


Figure 26 : Nuage de point et droite de régression de la plantation 2004 écartement 25/25.

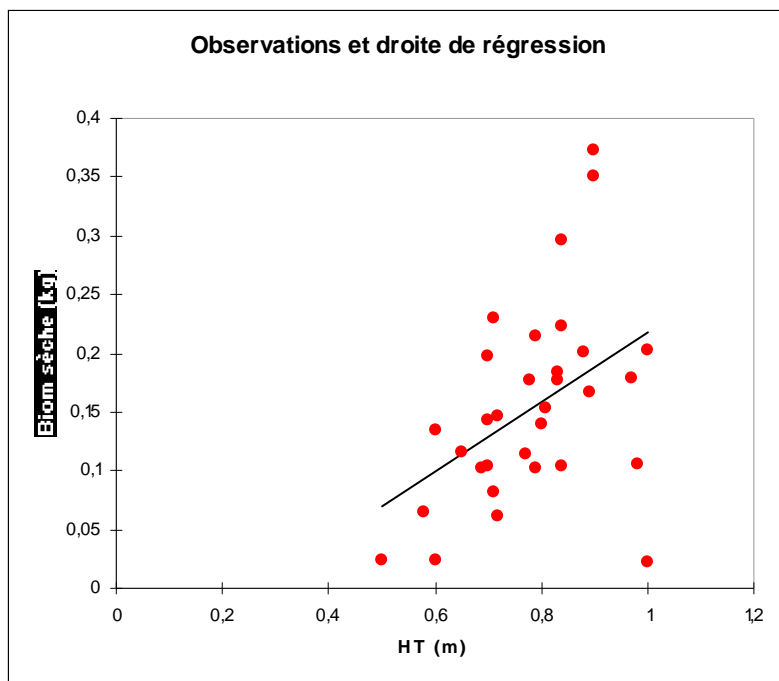


Figure 27 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2004 écartement 50/50.

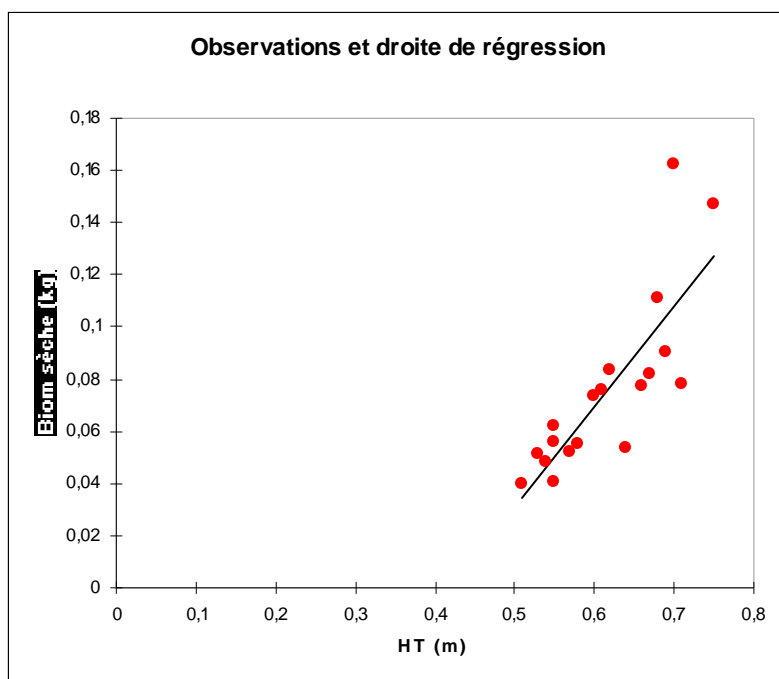


Figure 28 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2005 écartement 50/50.

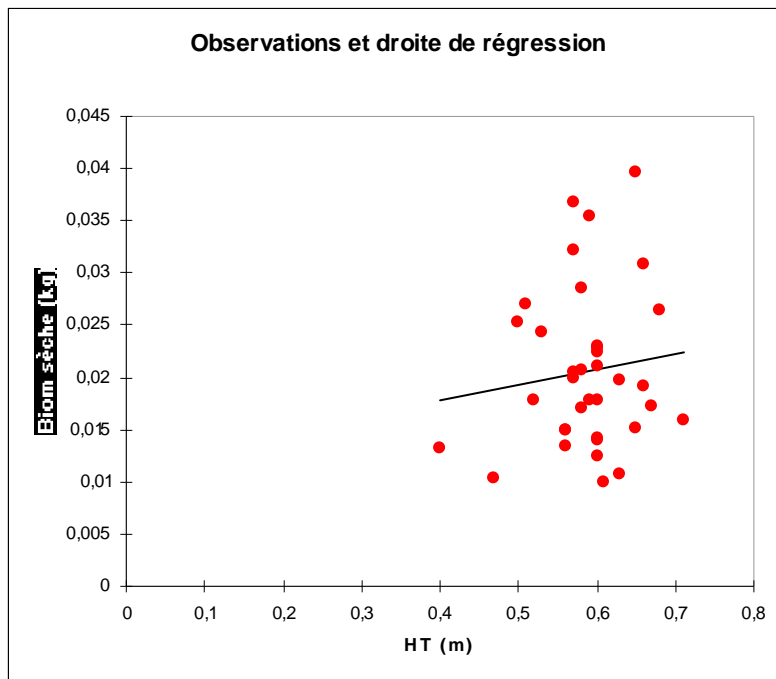


Figure 29 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2006 écartement 25/25.

Au plan des régressions relatives au DmH (voir les tableaux N° 8 et 9), les plantations de 2003 écartement 25/25 et 2005 écartement 50/50 présentent des coefficients de détermination moyens (0.64 en 2003 et 0.63) pour de bonnes probabilités de la statistique de Fischer (très inférieure au seuil de 5%) et de bonnes statistiques de Durbin-Watson (1.91 en 2003 et 2.13 en 2005). Cependant, les autres plantations présentent des coefficients de détermination allant de faible à très faible (0.29 en 2003 écartement 50/50, 0.04 et 0.07 en 2004 écartement 25/25 et 50/50 et 0.30 en 2006 écartement 25/25) pour de bonnes probabilités de la statistique de Fischer en 2003 écartement 50/50 et en 2006 écartement 25/25 ainsi que de bonnes statistiques de Durbin-Watson. Le DmH apparaît comme un mauvais régresseur en raison de sa faible contribution en termes de coefficient de détermination ce qui ne favorise pas l'explication des observations par les modèles ainsi définis. En outre, la faiblesse des DmH et le degré de précision des instruments de mesure utilisés ont fait que, les nuages de points présentent des répartitions verticalement superposées en classes de même DmH, ce qui ne favorise pas beaucoup l'interprétation des observations (voir les figures N° 32 à 37).

Tableau 5 : Récapitulatif des caractéristiques des régressions relatives au DmH (Djirnda).

Année	Régresseur	Pr Stat de Fischer	Stat de Durbin Watson	Coef. de dét. (R ²)
2003 (25/25)	DmH	0,0001	1,912	0,637
2003 (50/50)	DmH	0,003	1,716	0,295
2004 (25/25)	DmH	0,237	2,165	0,045
2004 (50/50)	DmH	0,144	1,896	0,070
2005	DmH	0,0001	2,123	0,631
2006	DmH	0,001	1,691	0,298

Tableau 6 : Récapitulatif des équations des régressions relatives au DmH (Djirnda).

Année	Equations des modèles
2003 (25/25)	Biom. sèche (kg) = $-0,190 + 0,673 \cdot \text{DmH (cm)}$
2003 (50/50)	Biom. sèche (kg) = $-1,810\text{E-}02 + 0,521 \cdot \text{DmH (cm)}$
2004 (25/25)	Biom. sèche (kg) = $6,041\text{E-}02 + 3,976\text{E-}02 \cdot \text{DmH (cm)}$
2004 (50/50)	Biom. sèche (kg) = $6,819\text{E-}02 + 5,545\text{E-}02 \cdot \text{DB (cm)}$
2005	Biom. sèche (kg) = $-6,684\text{E-}02 + 0,163 \cdot \text{DmH (cm)}$
2006	Biom. sèche (kg) = $-1,420\text{E-}03 + 6,063\text{E-}02 \cdot \text{DmH (cm)}$

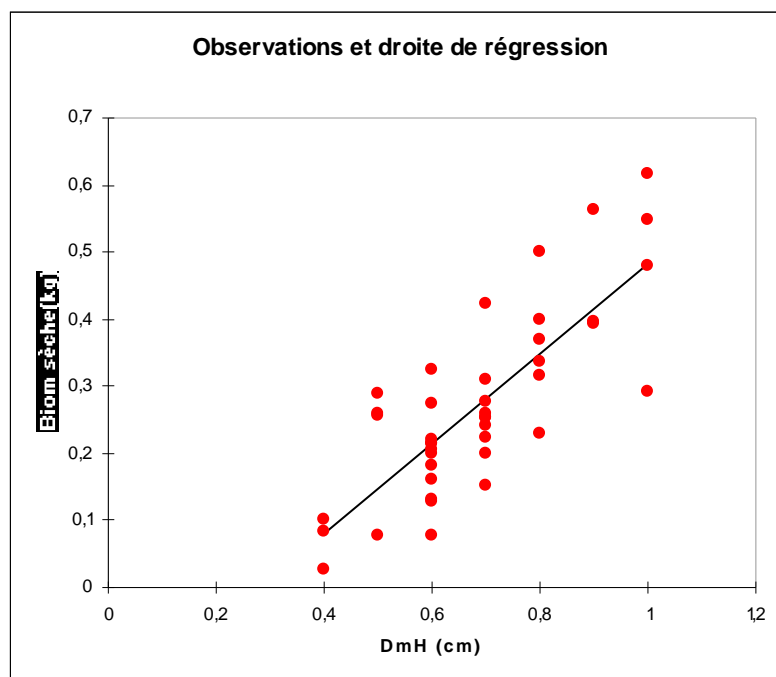


Figure 30: Nuage de points et droite de régression de la plantation 2003 écartement 25/25.

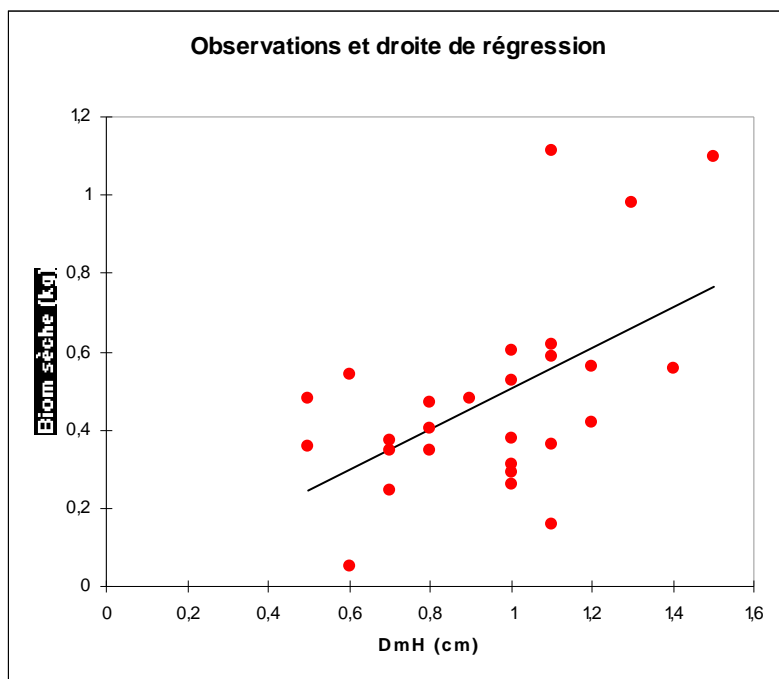


Figure 31 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2003 écartement 50/50.

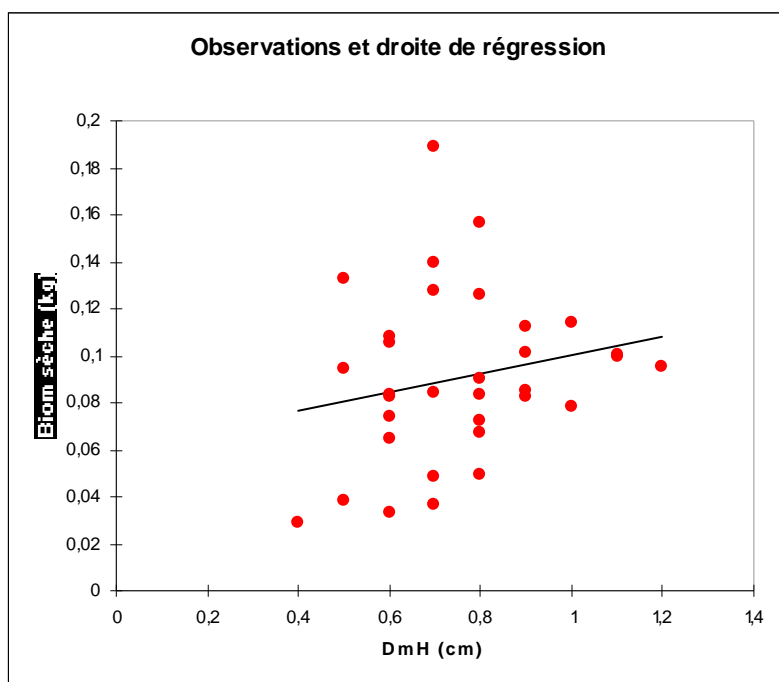


Figure 32 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2004 écartement 25/25.

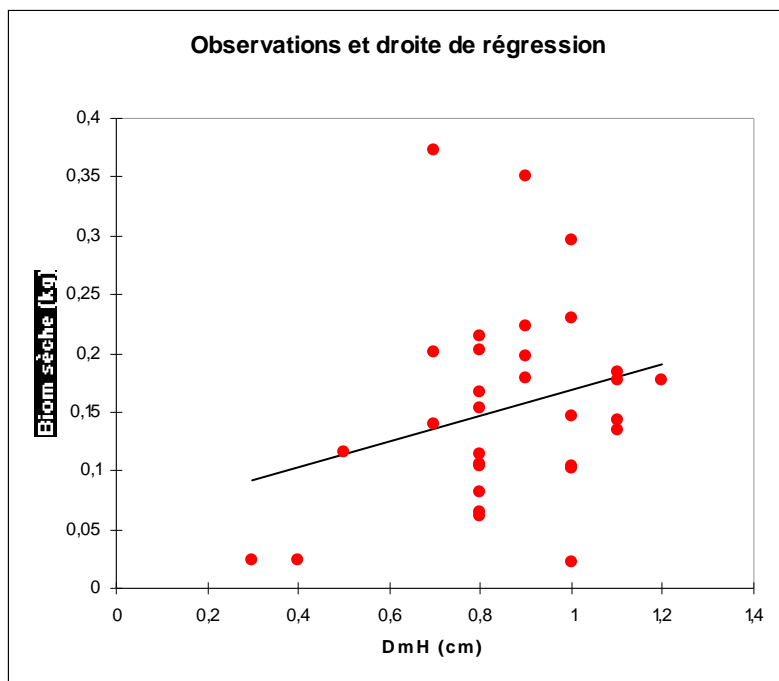


Figure 33 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2004 écartement 50/50.

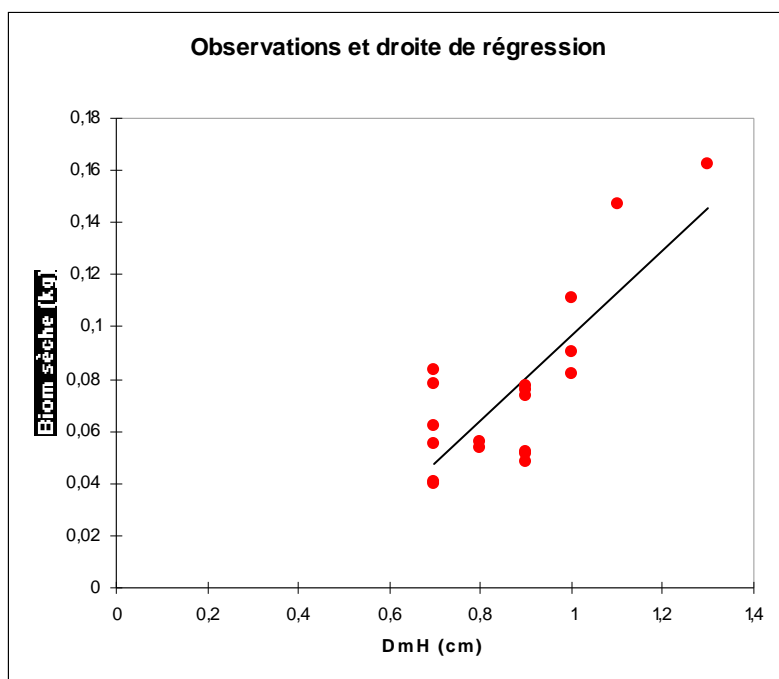


Figure 34 : Nuage de point et droite de régression de la plantation 2005 écartement 50/50.

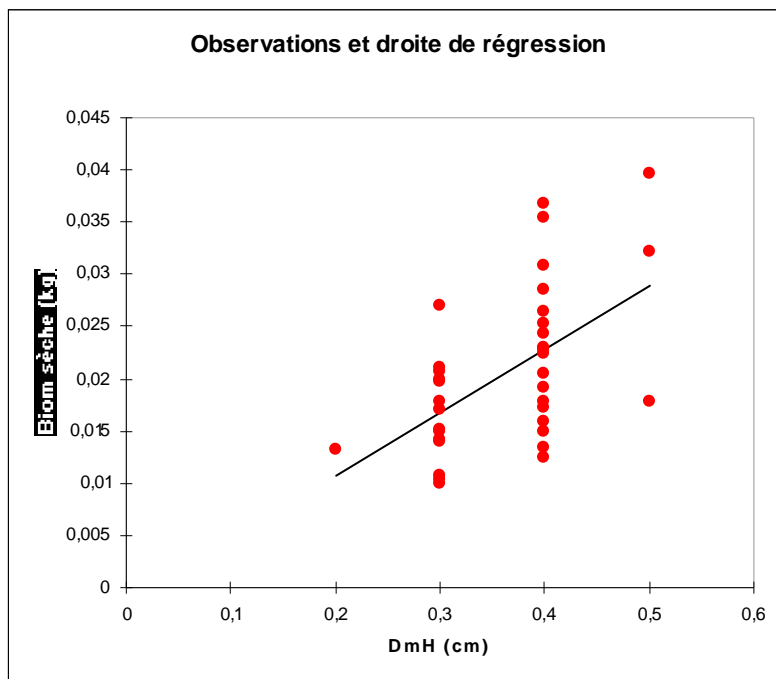


Figure 35 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2006 écartement 25/25.

Enfin, au plan des régressions relatives au DB (voir les tableaux N° 10 et 11), toutes les plantations présentent de faible à très faible coefficients de détermination pour des statistiques de Fischer supérieures à la valeur seuil de 5% sauf au niveau des plantations de 2004 écartement 25/25 et 2005 écartement 50/50 où elles sont au-dessous de la valeur seuil de 5%. Cependant, les statistiques de Durbin-Watson sont partout appréciables et proches de la valeur normale sauf en 2003 écartement 50/50 et 2006 écartement 25/25. Les caractéristiques des régressions laissent constater que le DB ne constitue pas un bon régresseur de par ses coefficients de détermination partout très faible mais aussi par ses probabilités de la statistique de Fischer très supérieures et traduisant sa non liaison aux modèles définis. Aussi, pareille pour le DmH, l'existence des classes de même DB a fait que les nuages de points présentent des observations verticalement superposées comme le montrent les figures N° 38 à 43.

Tableau 7 : Récapitulatif des caractéristiques des régressions relatives au DB (Djirnda).

Année	Régresseur	Pr Stat de Fischer	Stat de Durbin Watson	Coef. de dét. (R ²)
2003 (25/25)	DB	0,575	1,855	0,008
2003 (50/50)	DB	0,071	1,360	0,124
2004 (25/25)	DB	0,004	1,956	0,237
2004 (50/50)	DB	0,313	1,862	0,034
2005	DB	0,035	1,417	0,237
2006	DB	0,570	1,467	0,010

Tableau 8 : Récapitulatif des équations des régressions relatives au DB (Djirnda).

Année	Equations des modèles
2003 (25/25)	Biom sèche(kg) = 0,220 + 3,553E-02*DB (cm)
2003 (50/50)	Biom sèche (kg) = -6,614E-02 + 0,288*DB (cm)
2004 (25/25)	Biom sèche (kg) = 0,164 -0,051*DB (cm)
2004 (50/50)	Biom sèche (kg) = 6,819E-02 + 5,545E-02*DB (cm)
2005	Biom sèche (kg) = -3,505E-02 + 7,916E-02*DB (cm)
2006	Biom sèche (kg) = 1,451E-02 + 9,119E-03*DB (cm)

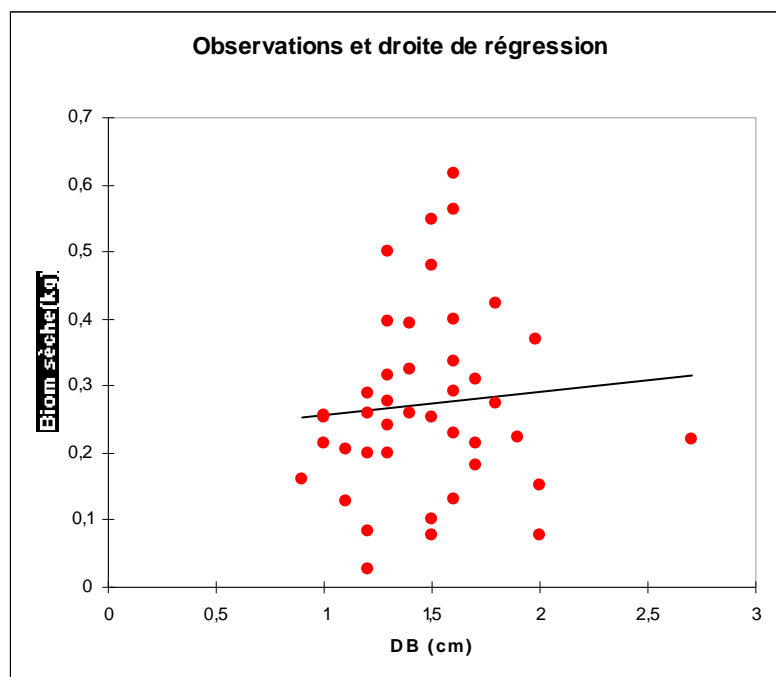


Figure 36 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2003 écartement 25/25.

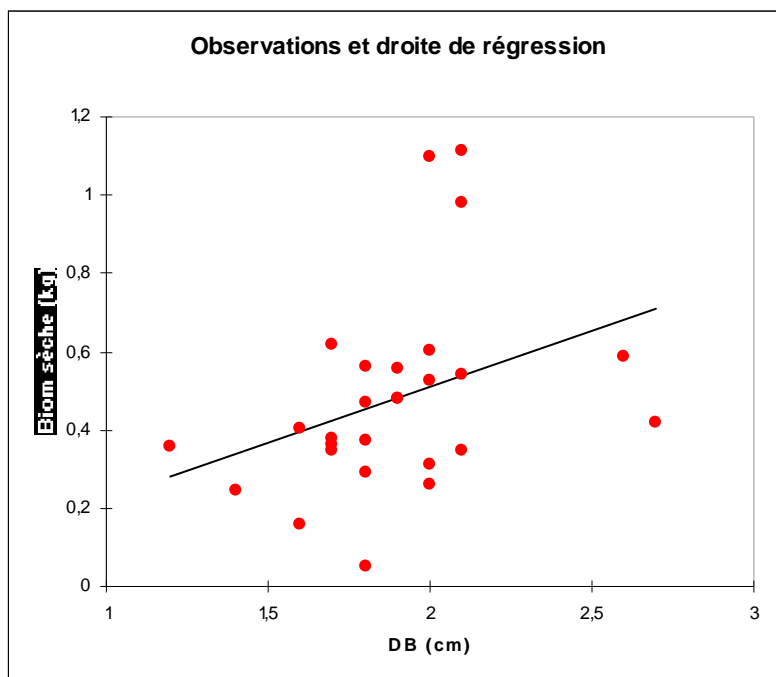


Figure 37 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2003 écartement 50/50.

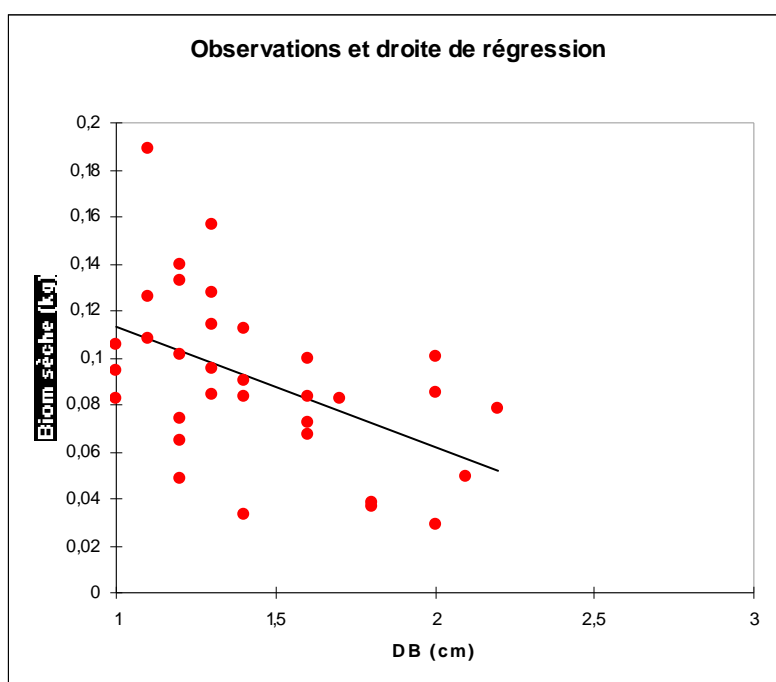


Figure 38 : Nuage de points et droite de régression¹³ de la plantation 2004 écartement 25/25.

¹³ La tendance régressive de la variation de biomasse par rapport aux DB n'est pas normale, elle témoigne d'un certain nombre d'anomalies. Elle pourrait avoir pour cause des erreurs de mesure des DB, de la pesée des échantillons ou bien leur séchage.

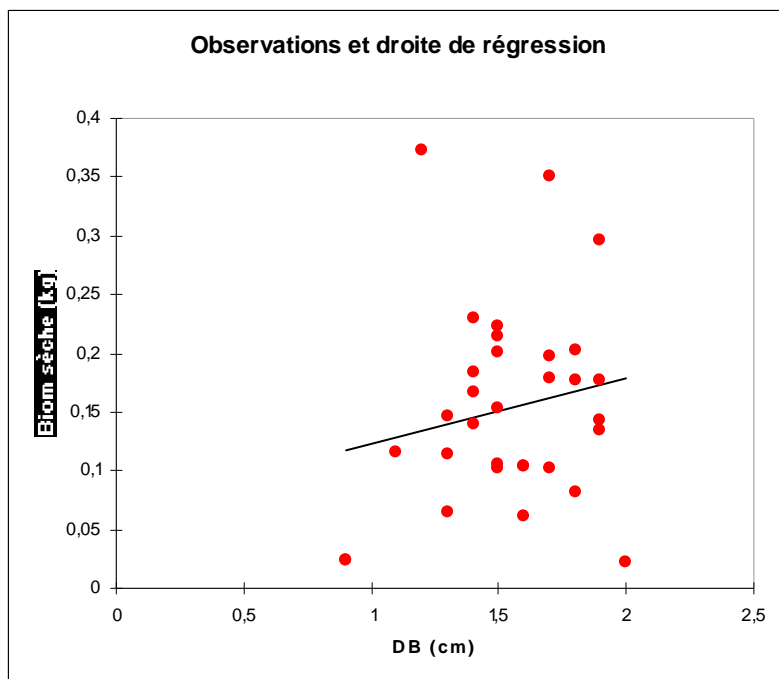


Figure 39 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2004 écartement 50/50.

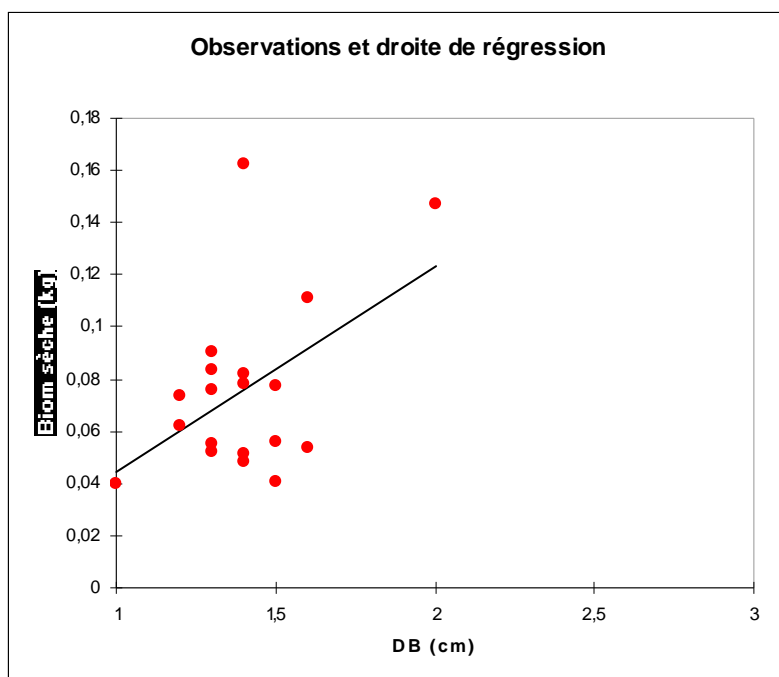


Figure 40 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2005 écartement 50/50.

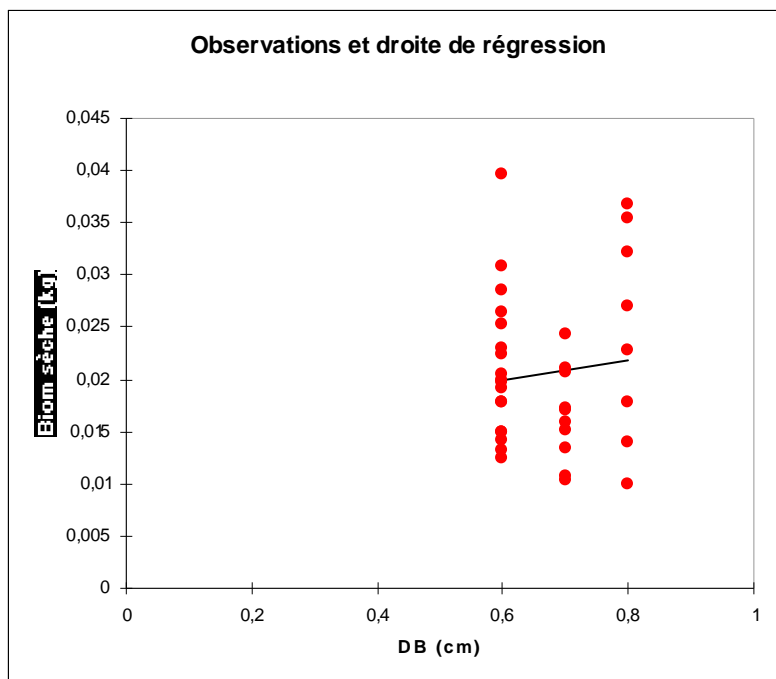


Figure 41 : Nuage de points et droite de régression de la plantation 2006 écartement 25/25.

L'analyse des régressions multiples (voir les tableaux N° 12 13) laisse apercevoir de bonnes caractéristiques par rapport aux régressions linéaires simples, ce qui s'explique par le fait que les régressions multiples cumulent la contribution de tous les paramètres dendrométriques alors que les régressions simples ne se contentent que de celle de leur paramètre dendrométrique considéré.

Les plantations de 2003 écartement 25/25 et de 2005 écartement 50/50 présentent de très bon coefficient de détermination partout supérieur à 0,70 pour de très bonnes probabilités de la statistique de Fischer très inférieures au seuil de 5% et de bonnes statistiques de Durbin-Watson partout proches de la valeur normale (02), ce qui témoigne d'une bonne contribution des régresseurs aux modèles mais aussi de l'indépendance de leurs observations.

Les plantations de 2003 écartement 50/50 et 2004 écartement 25/25 présentent d'assez bons coefficients de détermination supérieurs à 0,50 pour de bonnes probabilités de la statistique de Fischer inférieures au seuil de 5% ainsi que de bonnes statistiques de Durbin-Watson proches de la valeur normale (02). Cependant, seules les plantations de 2004 écartement 50/50 et 2006 écartement 25/25 présentent de faibles coefficients de détermination inférieurs à 0,50 pour une bonne probabilité de la statistique de Fischer inférieure au seuil de 5% en 2006 alors qu'elle dépasse ce dit seuil en 2004 ce qui traduit la non liaison des régresseurs au modèle

ainsi défini. Cependant leur statistique de Durbin-Watson proche de la valeur normale (02) traduit une indépendance entre les observations des individus lors de l'inventaire. Les régressions linéaires multiples par leur particularité à combiner la contribution de tous les régresseurs utilisés et leurs caractéristiques partout généralement bonnes constituent le meilleur type de régression applicable à notre étude car expliquant de manière significative la productivité végétale au niveau du site de Djirnda.

Tableau 9 : récapitulatif des régressions allométriques multiples (Djirnda).

Année	Equations des modèles
2003 (25/25)	Biom sèche(kg) = $-0,585 + 0,329 \cdot \text{DmH (cm)} - 3,847\text{E-}02 \cdot \text{DB (cm)} + 0,441 \cdot \text{HT (m)}$
2003 (50/50)	Biom sèche (kg) = $-0,498 + 5,671\text{E-}02 \cdot \text{DmH (cm)} + 9,377\text{E-}02 \cdot \text{DB (cm)} + 0,572 \cdot \text{HT (m)}$
2004 (25/25)	Biom sèche (kg) = $-4,138\text{E-}02 + 0,035 \cdot \text{DmH (cm)} - 4,398\text{E-}02 \cdot \text{DB (cm)} + 0,222 \cdot \text{HT (m)}$
2004 (50/50)	Biom sèche (kg) = $-8,302\text{E-}02 + 0,128 \cdot \text{DmH (cm)} - 6,896\text{E-}02 \cdot \text{DB (cm)} + 0,298 \cdot \text{HT (m)}$
2005	Biom sèche (kg) = $-0,170 + 0,100 \cdot \text{DmH (cm)} - 3,289\text{E-}03 \cdot \text{DB (cm)} + 0,259 \cdot \text{HT (m)}$
2006	Biom sèche (kg) = $-6,629\text{E-}03 + 6,210\text{E-}02 \cdot \text{DmH (cm)} + 1,075\text{E-}02 \cdot \text{DB (cm)} - 4,341\text{E-}03 \cdot \text{HT (m)}$

Tableau 10 : Récapitulatif des caractéristiques des régressions multiples (Djirnda).

Année	Régresseurs	Pr Stat de Fischer	Stat de Durbin Watson	Coef. de dét. (R ²)
2003 (25/25)	DmH DB et HT	0,0001	1,820	0,778
2003 (50/50)	DmH DB et HT	0,0003	1,973	0,544
2004 (25/25)	DmH DB et HT	0,0001	2,231	0,593
2004 (50/50)	DmH DB et HT	0,057	2,400	0,232
2005	DmH DB et HT	0,0001	3,071	0,825
2006	DmH DB et HT	0,0001	1,703	0,312

En outre, les résidus centrés réduits obtenus en divisant les résidus centrés par l'écart type résiduel et toujours théoriquement de moyenne nulle, permettent de mettre en évidence d'éventuelles anomalies existant dans les données initiales. **Dangélie** (1992) a attesté que pour une distribution normale ou approximativement normale les résidus centrés réduits inférieurs à -3 ou -2 ou supérieurs à +2 ou +3 traduisent une éventuelle anomalie au niveau des données initiales nécessaire à découvrir. Ainsi, l'observation de divers résidus centrés réduits ci-dessous (voir les figures N° 44 à 49) laisse apercevoir quelques anomalies en 2003 écartement 25/25 (29^{ème} individu), en 2004 écartement 25/25 (21^{ème} individu) et en 2004

écartement 50/50 (2^{ème} 6^{ème} et 22^{ème} individus), pouvant être attribuées aux erreurs de mesures dues à l'inadvertance de l'opérateur qui à la charge des mesures.

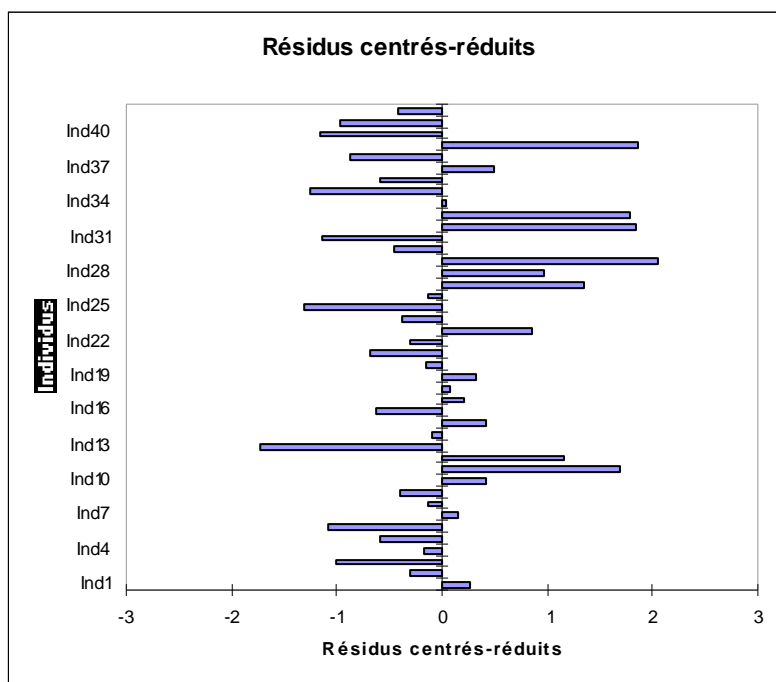


Figure 42 : Résidus centrés réduits de la plantation 2003 écartement 25/25.

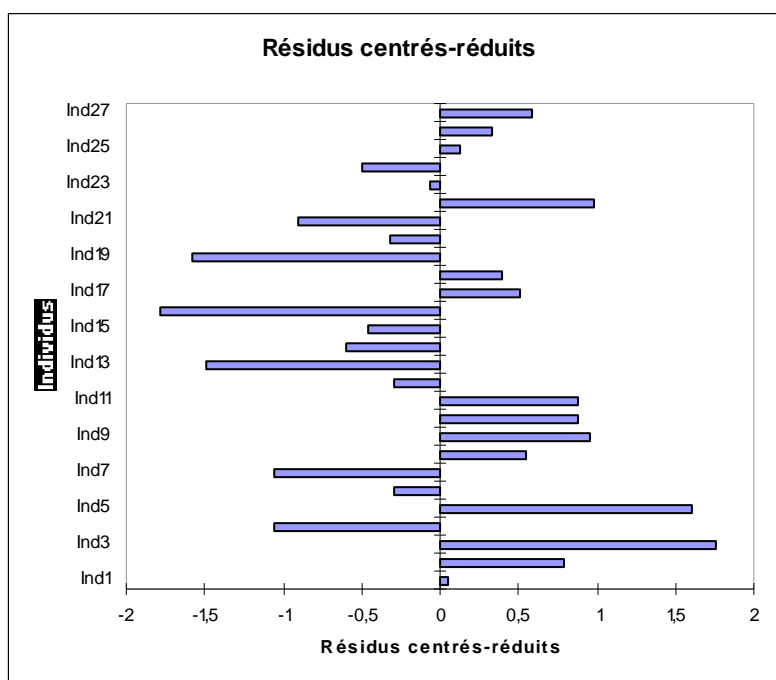


Figure 43 : Résidus centrés réduits de la plantation 2003 écartement 50/50.

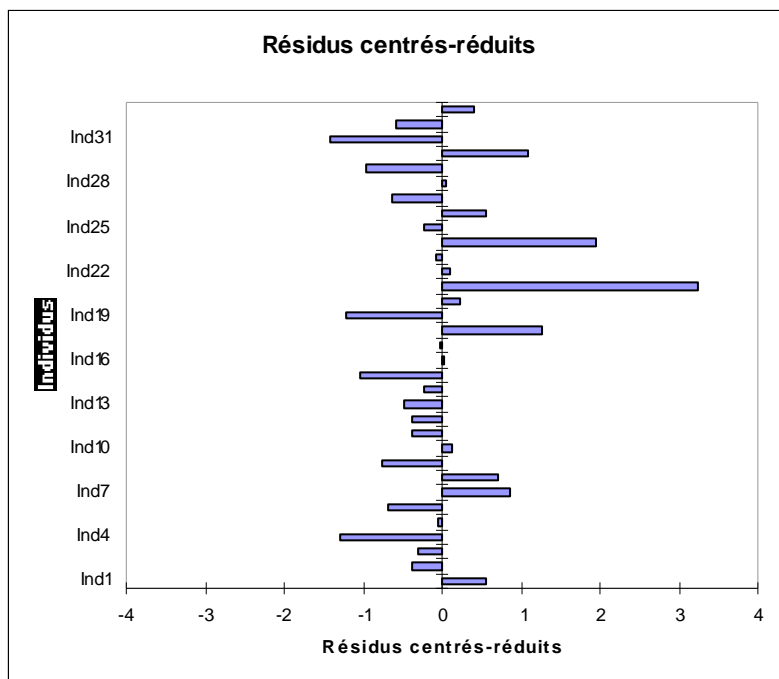


Figure 44 : Résidus centrés réduits de la plantation 2004 écartement 25/25.

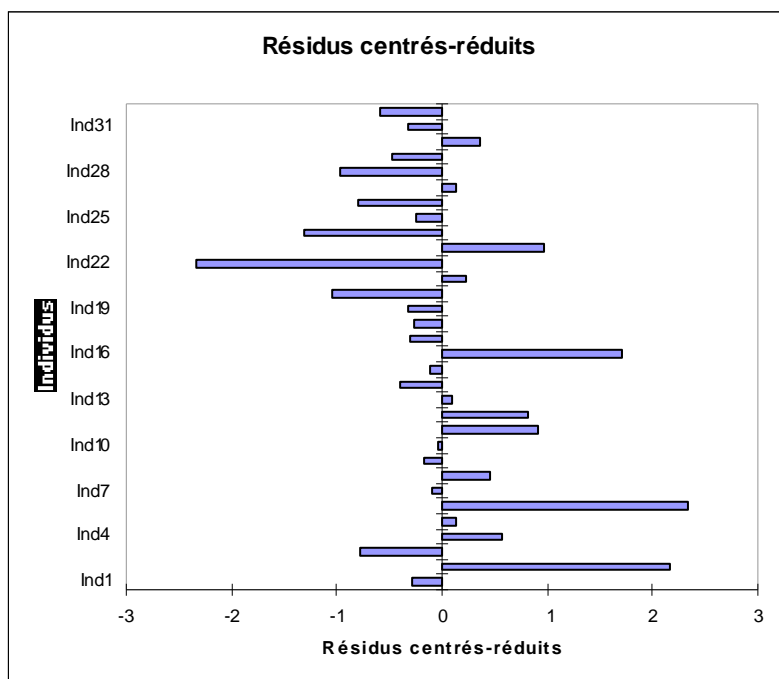


Figure 45 : Résidus centrés réduits de la plantation 2004 écartement 50/50.

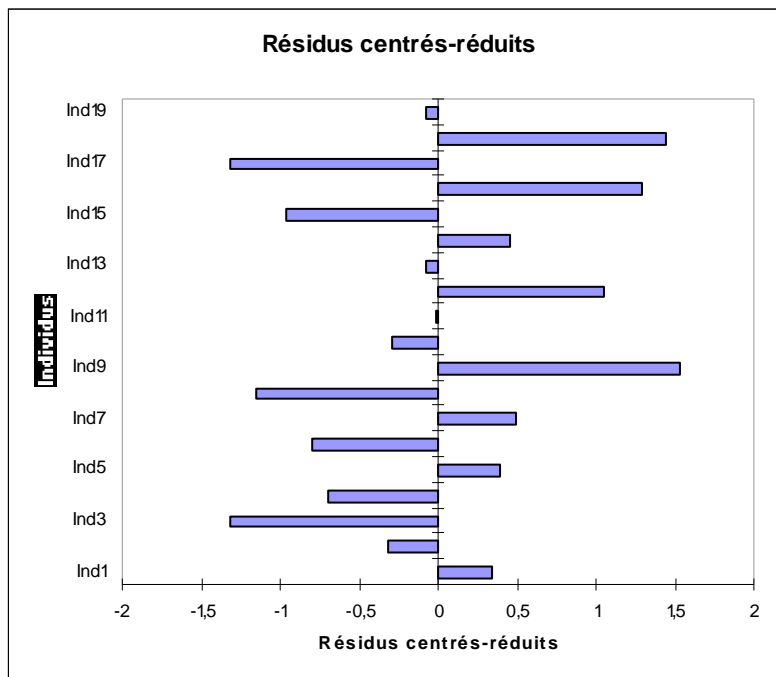


Figure 46 : Résidus centrés réduits de la plantation 2005 écartement 50/50.

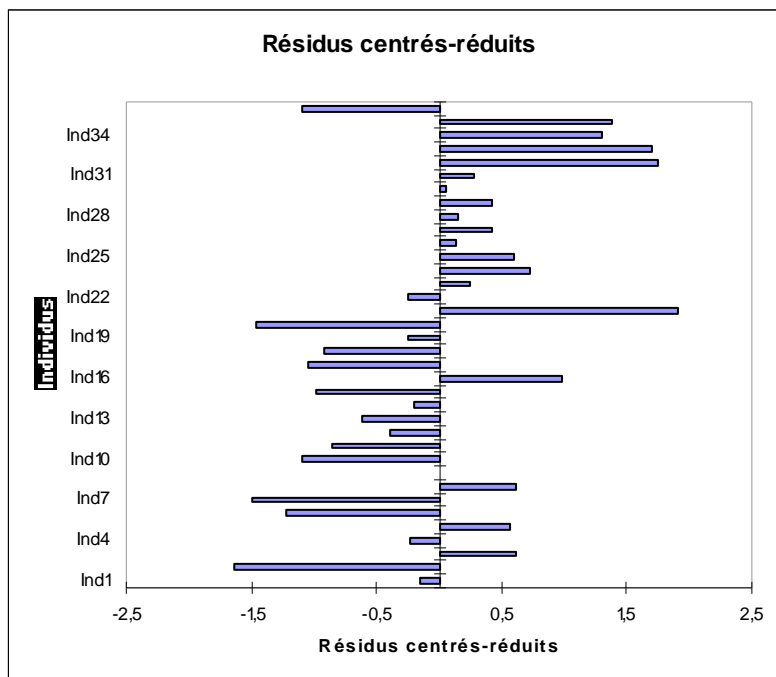


Figure 47 : Résidus centrés réduits de la plantation 2006 écartement 25/25.

E.1.3 Biomasses et Stocks de Carbone :

La capacité des mangroves à se développer dans des milieux difficiles avec des conditions écologiques et phytosociologiques (compétition entre les espèces à cause de la forte densité) particulières, serait à l'origine de leur forte productivité végétale qui témoigne de leur grande capacité à fixer le carbone atmosphérique à travers la photosynthèse.

Les résultats de cette étude ne se portent que sur les plantations de 2003 jusqu'à 2006, celle de 2007 n'a pas été inventoriée pour en raison de leur jeune âge ce qui fait qu'une éventuelle série de coupes rases sur ses sujets aurait compromis son développement.

Cependant, en dehors des séquestrations à l'hectare, les séquestrations nettes par plantation ne dépassent pas deux (02) tonnes de carbone (1.936 tonnes en 2003 N°2) avec un total cumulé de 4,968 tonnes. Cette faiblesse de séquestration totale par plantation est due à la faible superficie des plantations (superficie totale de 1,21 ha excepter celle de 2007). L'écart assez considérable entre la séquestration de la plantation de 2003 écartement 25/25, plus de trois fois supérieure à celle de 2004 pourrait être expliqué par leur différence d'âge mais aussi la variabilité du substrat voire du micro climat au niveau du site (voir tableau N° 3 ci-dessous).

Tableau 11 : Tableau de biomasse et de stocks de carbone (Djirnda).

Année	Biomasses fraîches (t/ha)	Biomasses sèches (t/ha)	C séquestré (t/ha) C=Biomasse sèche×0,5	C tot. Séquestré/plantation (t)
2003 N°1	71,386	38,187	19,094	1,146
2003 N°2	30,432	16,136	8,068	1,936
2004 N°1	21,426	9,943	4,971	0,400
2004 N°2	12,350	6,137	3,070	0,900
2005	6,460	2,488	1,244	0,475
2006	4,425	1,856	0,928	0,111
Total				4,968

L'analyse de la productivité nette des plantations montre qu'elle évolue avec l'âge et selon le type des plantations (écartement de 25/25 ou de 50/50). Elle est moins significative entre deux (02) à quatre (04) ans mais acquiert très vite un niveau significatif à partir de quatre (04) à cinq (05) ans. Pour la période de 2003 à 2004 elle est de 28,244 t/ha/an au niveau des plantations de 25/25 et de 9,999 t/ha/an pour celles de 50/50 alors qu'elle n'est que de 4,043 t/ha/an et de 3,649 t/ha/an pour les plantations de 25/25 et de 50/50 entre les périodes de 2004 à 2006. Les plantation du type 25/25 possèdent donc une bonne capacité de production de matière végétale comparativement à celles de 50/50, ceci peut s'expliquer par leur différence de densité car avec un écartement de 25/25 il y a plus de plantes à l'hectare qu'avec un écartement de 50/50.

L'analyse du taux d'humidité montre qu'il varie d'une partie des plantes à une autre (voir le tableau N° 4 ci-dessous), ainsi les feuilles présentent en général de fort taux d'humidité par rapport aux branches et aux troncs. La forte teneur en eau des feuilles fait que malgré leur biomasse à l'état humide, elles possèdent des coefficients de pondération très faibles ce qui réduit considérablement leur biomasse sèche et par conséquent leur taux de séquestration de carbone. Les plantations de Djirnda malgré leur jeune âge (3,5 ans en moyenne) et leur faible superficie totale d'environ 1,21 ha (sans celle de 2007) séquestrent en totale 4,968 tonnes de carbone, ce qui devrait s'accroître de façon exponentielle avec l'âge jusqu'à un certain niveau de maturité.

Tableau 12 : taux d'humidité moyen, coefficient de pondération moyen par parties des plantes (Djirnda).

Année	Taux d'humidité moy. par partie des plantes H ₀ (%)			Coefficient de pondération moy./partie des plantes.		
	feuillages	Branches	Troncs	Feuillages	Branches	Troncs
2003 N°1	157,679	73,941	91,634	0,4	0,586	0,559
2003 N°2	140,135	60,152	76,572	0,42	0,632	0,572
2004 N°1	163,037	93,167	108,403	0,386	0,541	0,489
2004 N°2	154,088	80,476	93,005	0,403	0,568	0,528
2005	150,117	131,090	117,021	0,404	0,449	0,469
2006	173,809	100	137,912	0,396	0,5	0,432

L'analyse de la variation des séquestrations en fonction de l'âge et du type de reboisement (25/25 et 50/50) révèle que les séquestrations varient de manière exponentielle avec l'âge et ce avec un coefficient de détermination (R^2) de 1. Ceci justifie la thèse de croissance exponentielle des jeunes organismes énoncée par certains auteurs à l'exemple de **Dagnelie** (1992). Cependant, le faible nombre des observations à savoir trois classes d'âge (2003, 2004 et 2006 pour les reboisements de 25/25 et 2003, 2004 2005 pour les reboisements de 50/50) a fait que l'élaboration d'un modèle allométrique en fonction de l'âge ne serait pas nécessaire.

Ainsi, en termes de séquestration par partie des plantes, les troncs constituent le principal réservoir de carbone car ils séquestrent plus que les branches et les feuilles confondues (voir tableau N° 5). La faiblesse de biomasses des branches est due au jeune âge des plantations

mais, avec le temps leurs sujets développeront davantage de branches et donc séquestreront aussi davantage de carbone atmosphérique.

En outre, l'analyse des séquestrations par hectare et par âge révèle une variation croissante de la séquestration en fonction de l'âge et selon le type de reboisement (50/50 ou 25/25). Ainsi pour les plantations d'écartement 25/25 la séquestration varie de 0,464 t/ha/an à deux ans (2006) à 1,243 t/ha/an à quatre ans (2004) pour atteindre 3,819 t/ha/an à cinq ans (2003). Cependant, pour les plantations d'écartement 50/50 elle varie de 0,415 t/ha/an à trois ans (2005) à 0,767 t/ha/an à quatre ans (2004) pour finir à 1,614 t/ha/an à cinq ans (2003).

Tableau 13 : Récapitulatif des stocks de carbone par partie des plantes (Djirnda).

ANNEES	FEUILLES t de carbone/ha	BRANCHES t de carbone/ha	FUTS t de carbone/ha
2003 N° 1	3,686	2,760	12,649
2003 N°2	2,103	1,493	4,472
2004 N°1	1,396	0,791	2,786
2004 N°2	0,965	0,535	1,569
2005	0,616	0,202	0,621
2006	0,443	0,009	0,477

E.1.4 Dynamique du carbone des plantations :

La dynamique du carbone des plantations de Djirnda part d'un scénario de production de biomasse nulle à celui d'une grande productivité de matière végétale et par conséquent d'une grande capacité de séquestration de carbone atmosphérique. Cependant, la dynamique du carbone des plantations de Djirnda est tributaire de leur productivité végétale, de leur âge, de leur superficie et des conditions du milieu. L'analyse de la variation des séquestrations de carbone des plantations de Djirnda révèle qu'elle évolue de manière exponentielle avec l'âge et cela, avec des prévisions d'une séquestration totale de 1,420^E13 tonnes pour l'ensemble des plantations d'écartement 25/25, contre une séquestration totale de 8,293^E09 tonnes au niveau des plantations d'écartement 50/50 à trente (30) ans d'âge. En outre, l'engouement des femmes de Djirnda à poursuivre les campagnes de reboisement jusqu'au remplissage totale des tannes humides de la zone présage un bon avenir pour la séquestration de carbone qui contribuerait pour sa part à la réduction des changements climatiques. En plus, le degré d'organisation des populations de Djirnda notamment celle des femmes réunies dans l'AFTRM et leur grande dépendance aux ressources halieutiques et aux produits de mangrove

apparaîtrait comme des critères de prédisposition du village à accueillir des projets MDP. Ces critères de prédisposition des populations de Djirnda à accueillir les projets MDP ne sont pas contraires aux deux principales conditions d'éligibilité définies par le UNFCCC à savoir : la réduction des GES par rapport au scénario de base et l'éligibilité du pays hôte (le Sénégal) en temps que pays en développement ayant ratifié la convention.

E.2 LES RESULTATS DU SITE DE SANGHAKO

E.2.1 Etat des plantations :

Les plantations de Sanghako sont localisées à environ 1km au **SW** du village dans une tanne et s'étendant sur une superficie totale de 0,14 ha. Elles sont constituées d'une seule espèce de palétuviers : le *Rhizophora sp.* Leur réalisation remonte à 1999 et 2000 dans le cadre d'un projet de l'UICN de formation et renforcement de capacité des populations locales en ostréiculture et en apiculture. Ces plantations correspondent à la première campagne de reboisement de mangrove de l'UICN dans la RBDS et sont marquées par un manque de technicité en termes du choix des propagules et des types de substrats favorables au développement de la mangrove, mais aussi le choix de la période favorable à la réalisation des reboisements.

Au plan de survie, les reliques de plants morts trouvés un peu partout dans les plantations surtout dans celle de 2000 témoignent d'une mortalité considérable. Les densités (voir tableau N° 15) varient de faible à très faible avec des valeurs (23.333 pieds/ha en 1999 et 6.000 pieds/ha en 2000) très au dessous de la densité théorique minimale d'une plantation réalisée avec un écartement de 50/50 qui est de 40.000 pieds/ha. Cette densité théorique est tirée de l'extrapolation à l'hectare de l'hypothèse qu'une placette de 1m² dans une plantation d'écartement 50/50 contient au minimum quatre (04) plants s'il n'y a pas eu de mortalité. Cette faible densité s'expliquerait par une imbrication des causes de la mortalité comme la faible régénération naturelle, l'attaque des crabes, des insectes et la péjoration climatique. La dynamique spatiale est pour sa part régressive car en plus de la mortalité non négligeable, aucune action visant à poursuivre le reboisement ne s'était entreprise dans le village jusqu'à ce jour.

Cependant, quelques caractéristiques symboliques d'une bonne adaptation aux conditions du milieu sont notées au niveau de la plantation de 1999 entre autres la présence des ruches d'abeilles, des fleurs, propagules et racines échasses ainsi que la haute taille (HT moyenne supérieure à 2.42 m) des sujets. Ceci témoignerait d'une certaine adaptation de la plantation

aux conditions de la station malgré l'effet néfaste du déficit hydrique que connaît la zone depuis quelques décennies.

Le taux d'humidité (voir le tableau N° 14) varie d'une partie des plantes à une autre, elle est plus élevée au niveau des feuilles mais n'atteignant pas 200% avec des moyennes de 131.86% pour la plantation de 1999 et de 70.85% pour celle de 2000. Au niveau des branches les taux d'humidité tournent autour d'une moyenne de 66.75% (1999) et de 52.74% (2000) pas très loin de celle des troncs (fûts et racines échasses) qui est de 64.34% (1999) et de 53.27% (2000). Cependant, les coefficients de pondération (voir tableau N° 14 ci-dessous) varient inversement aux taux d'humidité, ils sont plus faibles au niveau des feuilles que des branches et troncs (fûts et racines échasses). En outre, la proportionnalité entre la biomasse fraîche et la biomasse sèche a fait que les parties des plantes à fort taux d'humidité présentent de faible biomasse sèche et donc séquestrent moins à l'exemple des feuilles.

Tableau 14 : taux d'humidité moyen et coefficient de pondération moyen (Sanghako).

Année	Taux d'humidité moy. par partie des plantes H_0 (%)			Coefficient de pondération moy./partie des plantes.		
	feuillages	Branches	Troncs	Feuillages	Branches	Troncs
1999	131,859	66,752	64,340	0,433	0,615	0,615
2000	118,095	90,278	88,782	0,307	0,523	0,534



Figure 48 : Ligne de transect (plantation 2000).



Figure 49 : Ligne de transect (plantation 1999).

Tableau 15 : Récapitulatif des données caractéristiques de l'état des plantations (Sanghako).

Année	Nbre ind. observés	Ecartement (cm)	DB (cm)	DmH (cm)	HT (m)	Densité (pieds/ha)	Recrus naturels	Superficie (ha)
1999	07	N.I ¹⁴	[0,2 ; 2,8]	[1,1 ; 1,7]	[2,18 ; 2,64]	23.333	0	0,12
2000	03	N.I	[1,2 ; 2,6]	[0,9 ; 1,8]	[1,22 ; 1,73]	6.000	0	0,02
Total								0,14

E.2.2 Les régressions allométriques :

La dégradation des plantations et la présence des trois ruches d'abeilles disposées dans les plantations de Sanghako ont fait que le nombre d'individus prélevés (07 en 1999 et 03 en 2000) au cours de cette étude est très limité, ce qui compromet l'utilisation de la régression linéaire multiple au niveau de la plantation de 2000 qui nécessite un nombre de prélèvement supérieur au double de l'effectif des régresseurs.

Les équations des modèles mettent en relation la productivité végétale (biomasse sèche) avec les paramètres dendrométriques les plus significatifs par méthode progressive, c'est-à-dire que seuls les paramètres dendrométriques dont la probabilité de la variable de Student ($Pr > t$) et de Fischer ($Pr > F$) n'atteignant pas le seuil de 5% sont conservés dans l'équation du modèle.

Dans les développements suivants seront présentés pour chaque plantation les équations des modèles, l'analyse du tableau de variances, les résidus et la statistique de Durbin-Watson (d) afin de juger de la pertinence des régresseurs utilisés.

Au plan de régression linéaire simple, la plantation de 1999 ne présente pas de bonnes caractéristiques de régression en fonction de ses paramètres dendrométriques (DB, DmH et HT). Les coefficients de détermination (R^2) varient de faible à très faible voire nul (voir les tableaux N° 18 et 19) selon le type de régresseur (paramètre dendrométrique) considéré. Ainsi, alors que pour le DB dont le coefficient de détermination de 0,371 traduit l'incapacité du modèle à expliquer ne fut ce que la moitié des observations, ceux des autres régresseurs (DmH et HT) variant de 0,008 à 0,000 ne pouvant apporter d'explication aux modèles ainsi définis. En outre, la statistique de Durbin-Watson pour chacun des régresseurs loin de la valeur normale de deux (02) traduit une certaine dépendance entre les observations (voir les

¹⁴ N.I : Non inventorié.

tableaux N° 18 et 19). Enfin, la probabilité de la statistique de Fischer au niveau de chacune des régressions est très au-dessus de la valeur seuil de 5% ce qui traduit un manque de liaison entre le régresseur considéré et la productivité végétale.

Cependant, au niveau de la plantation de 2000 le coefficient de détermination est supérieur à 0,80 pour les régresseurs tels que le DmH et DB mais peu supérieur à 0,50 pour la HT ce qui traduit une bonne explication des observations par les modèles. En outre, en termes de statistique de Durbin-Watson (d) seule la régression avec la HT traduit une indépendance entre ses observations avec une valeur proche de la valeur normale de deux (02). Enfin, la probabilité de la statistique de Fischer partout très supérieurs à sa valeur seuil de 5% laisse apercevoir un manque de liaison entre le régresseur considéré et son modèle.

Tableau 16 : Récapitulatif des équations des modèles linéaires simples (Sanghako).

Année	Equations des modèles
1999	Biom sèche(kg) = -0,585 + 0,329*DmH (cm) -3,847E-02*DB (cm) + 0,441*HT (m)
	Biom sèche (kg) = -0,498 + 5,671E-02*DmH (cm) + 9,377E-02*DB (cm) + 0,572*HT (m)
	Biom sèche (kg) = -4,138E-02 + 0,035*DmH (cm) -4,398E-02*DB (cm) + 0,222*HT (m)
2000	Biom sèche (kg) = -8,302E-02 + 0,128*DmH (cm) -6,896E-02*DB (cm) + 0,298*HT (m)
	Biom sèche (kg) = -0,170 + 0,100*DmH (cm) -3,289E-03*DB (cm) + 0,259*HT (m)
	Biom sèche (kg) = -6,629E-03 + 6,210E-02*DmH (cm) + 1,075E-02*DB (cm) -4,341E-03*HT (m)

Tableau 17 : Caractéristiques des régressions linéaires simples (Sanghako).

Année	Régresseurs	Pr Stat de Fischer	Stat de Durbin Watson	Coef. de dét. (R ²)
1999	DB	0,147	1,372	0,371
	DmH	0,973	0,859	0,000
	HT	0,852	0,844	0,008
2000	DmH	0,267	1,393	0,834
	DB	0,256	1,365	0,847
	HT	0,484	2,028	0,526

Au plan de régression linéaire multiple et au niveau de la plantation de 1999 l'équation de régression (voir tableau N° 20) met en relation la biomasse sèche avec tous les paramètres dendrométriques (HT, DmH et DB), cela montre que tous les paramètres dendrométriques contribuent de manière significative au modèle de la régression. L'équation explique aussi

que la séquestration du carbone au niveau de la plantation de 1999 est la somme des contributions des différents paramètres dendrométriques toutes pondérées chacune d'un certain coefficient de pondération (+2.26 pour DmH, -0.78 pour DB et -0.35 pour la HT) et corrigées d'un facteur constant de 2.26.

L'analyse du tableau des variances (voir tableau N° 21) révèle une statistique de Fischer (F) avec une probabilité associée supérieure à 5%, ce qui justifie l'hypothèse de non liaison entre la séquestration de carbone et les variables dendrométriques. Ceci signifie que la séquestration de carbone n'est pas liée avec les paramètres dendrométriques mesurés d'où la nécessité d'envisager de nouveaux régresseurs.

En outre, le coefficient de détermination du modèle qui est de 0.48 montre que moins de la moitié des observations ne puissent être interprétées par le modèle c'est-à-dire que le modèle n'explique même pas la moitié des observations.

Enfin, la statistique de Durbin-Watson ($d=1.40$) un peu loin de la valeur normale (2) témoigne d'une dépendance des observations, c'est-à-dire que l'ordre des observations pourrait jouer sur les résultats du modèle.

Tableau 18 : Tableau de la régression allométrique multiple de la plantation 1999 (Sanghako).

Plantation	Equations du modèle
1999	Biom sèche (kg) = $2,259 + 1,722 * \text{DmH (cm)} - 0,785 * \text{DB (cm)} - 0,347 * \text{HT (m)}$

Tableau 19 : Récapitulatif des paramètres de l'équation du modèle de la plantation 1999 (Sanghako).

Année	Régresseurs	Pr Stat de Fischer	Stat de Durbin-Watson	Coef. de détermination
1999	DB, DmH et HT	0,526	1,39	0,48

L'analyse des résidus centrés réduits (voir la figure N° 59) montre qu'il n'existe pas des données suspectes en termes des mesures des paramètres dendrométriques faites sur les individus inventoriés. Ceci est justifié par les valeurs des résidus centrés réduits toutes comprises entre l'intervalle $]-1,5 ; +1,5[$.

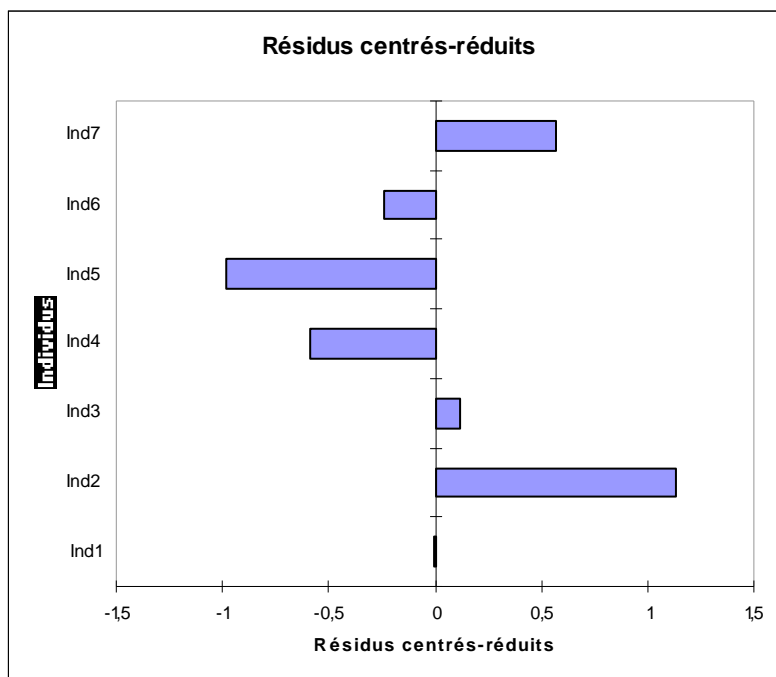


Figure 50 : Résidus centrés réduits plantation 1999 (Sanghako).

E.2.3 Stocks de carbone :

La séquestration de carbone à l'hectare au niveau des plantations de Sanghako est appréciable malgré leur dégradation, elle est tributaire des quantités de biomasse sèche des plantations mais ne traduit pas leur séquestration exacte car dépendant de la superficie réelle des plantations. En outre, les quantités de biomasse varient d'une plantation à une autre et dépendent de plusieurs facteurs entre autre l'âge, l'écologie des milieux et les conditions climatiques de la zone. L'analyse comparative des quantités de biomasse (voir tableau N° 16) par hectare des plantations révèle que la plantation de 1999 présente une biomasse sèche d'environ deux fois supérieure à celle de 2000 qui est de 26.9 t/ha. En raison de l'étroite relation de proportionnalité entre le carbone atmosphérique séquestré et la quantité de biomasse sèche, la plantation de 1999 séquestre environ deux fois la quantité de carbone séquestré à l'hectare en 2000.

Cependant, la différence de superficies des plantations a fait que celle de 1999 présente une quantité de biomasse nette six fois supérieure à celle de 2000 qui est de 0.538 tonnes, ce qui conduit indubitablement à une séquestration nette de carbone atmosphérique aussi six fois supérieure à celle de 2000 (0.269 tonnes de carbone). La faible quantité de biomasse nette de la plantation de 2000 notamment sa faible capacité de séquestration de carbone par rapport à celle de 1999 pourrait s'expliquer par son âge mais surtout son état de dégradation.

Tableau 20 : Tableau 20 : Biomasses et Stock de carbone (Sanghako).

Années	Biomasses fraîches t/ha	Biomasses sèches t/ha	carbone séquestré t/ha	carbone net séquestré (tonnes)
1999	91,570	51,103	25,551	3,066
2000	52,740	26,900	13,450	0,269
Total				3,335

Au plan de séquestration par partie des plantes (voir le tableau N° 17 ci-dessous), les troncs (fûts et racines échasses) séquestrent plus de carbone que les feuilles et branches confondues. Au niveau de la plantation 2000, les troncs séquestrent trois fois plus de carbone que les feuilles et branches confondues. Les feuilles séquestrent quant à elles plus de carbone que les branches malgré leur taux d'humidité supérieur. Les branches apparaîtraient donc comme la partie des plantes la moins contribuable en termes de séquestration de carbone atmosphérique. Cependant, cette tendance pourrait être inversée avec l'âge vu le mode de développement des palétuviers notamment des *Rhizophora sp*, qui développent beaucoup de branches chargées de racines échasses à l'âge de maturité.

Tableau 21 : Tableau 20 : Récapitulatif des stocks de carbone par partie des plantes.

PLANTATIONS	FEUILLES t carbone/ha	BRANCHES t carbone/ha	FUTS t carbone/ha
1999	5,583	4,541	15,427
2000	2,001	1,846	9,586

E.2.4 Dynamique du carbone des plantations :

Les plantations de Sanghako présentent un scénario de base d'une production de biomasse presque nulle en raison du fait qu'elles sont implantées dans une tanne ne contenant quasiment pas de biomasse au départ. La dynamique du carbone des plantations de Sanghako n'est pas très appréciable en raison de leur altération par les mauvaises conditions de la station telles que : l'attaque des insectes qui accroît la mortalité des sujets et les aléas climatiques qui augmentent la salinité de l'eau et de la vase. En outre, le manque d'analyse du degré d'organisation des populations du village et l'abandon de la poursuite et de suivi des reboisements de mangrove ne peuvent encourager le développement d'éventuels projets MDP. Cependant, l'intervention de JICA/JAFTA dans la zone notamment à Médina Sanghako peut présager une prise de conscience des populations en matière de reboisement et de lutte contre les effets des changements climatiques.

F. DISCUSSIONS

Les discussions portent sur l'état des plantations, la séquestration de carbone et la dynamique du carbone des plantations. A l'issue de ces discussions seront comparés les résultats du site de Djirnda à ceux de Sanghako avant de les rapprocher aux résultats obtenus au cours d'autres études antérieures afin d'apprécier la contribution des résultats de cette étude en termes de production de matière végétale et de séquestration de carbone.

F.1 Discussion sur l'état des plantations :

Le site de Djirnda tout comme celui de Sanghako sont implantés non loin des villages (environ 2 km pour Djirnda et 1 km pour Sanghako). Les plantations présentent des superficies différentes les unes des autres. La superficie totale des plantations de Djirnda (1,62 ha y compris celle de 2007) est onze fois plus grande que celle de Sanghako (0.14 ha), ce qui fait que les plantations de Djirnda malgré leur jeune âge (âge moyen de 3,5 ans) séquestrent plus de carbone atmosphérique que celles de Sanghako âgées en moyenne de 7,5 ans.

Les principales caractéristiques de la dynamique comme la densité et la régénération naturelle révèlent que les plantations de Djirnda sont plus dynamiques que celles de Sanghako. Aussi, certaines caractéristiques de l'écologie du milieu comme la présence dans les plantations d'autres formes de vie (crevettes, huîtres, nids d'oiseaux, abeilles etc.), ainsi que la présence sur la plupart des plantes des propagules, des racines échasses et des fleurs montrent qu'il y a une tentative de mise en place d'un climax au niveau de ces sites.

Comparativement aux résultats de l'étude de **Diédhiou** (2006) sur le suivi évaluation des reboisements de mangrove de la RBDS commandité par l'UICN, les résultats sur l'état des plantations de djirnda et de Sanghako s'accordent plus ou moins bien malgré leur différence en termes d'approche, de démarche et d'objectif poursuivi. Ceci confirme l'exactitude des résultats et rassure sur le choix des démarches et des méthodes retenues au cours de cette étude. Mais aussi, un rapprochement avec les résultats de **Ndour** (2005) au plan de la dynamique des peuplements naturels de mangrove de la RBDS montre que les reboisements présentent des avantages significatifs au plan de densité vis-à-vis des massifs naturels (densité comprise entre 1500 à 3600 pieds/ha). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'écartement des plants des reboisements est fixé par l'homme alors que celui des massifs naturels est

commandé par la loi des marées mais aussi les conditions du milieu qui déterminent la croissance développement des plantes.

F.2 Discussion sur la séquestration de carbone et les régressions allométriques :

En raison de l'étroite relation entre la production de matière végétale d'un écosystème et sa séquestration de carbone, l'analyse de la productivité des reboisements de mangrove des sites de Djirnda et Sanghako est directement liée à l'analyse de leur séquestration de carbone à travers la relation de séquestration du **GIEC** (2008) qui est : $C = \text{biom.}(\text{s\`eche}) \times 0,5$.

Cependant, l'âge la superficie et l'état des plantations constituent des facteurs important de la productivité végétale et donc de la séquestration de carbone atmosphérique. Ceci explique la faiblesse de la séquestration des plantations de Sanghako par rapport à celles de Djirnda.

Les séquestrations nettes au niveau des plantations de Djirnda et Sanghako ne sont pas loin de la séquestration nette annuelle par unité de surface des peuplements naturels de mangrove de la RBDS calculée par **JICA/JAFTA** (2005) qui est d'environ 1 tonne/ha/an. Ceci témoigne de la grande productivité végétale des plantations de mangrove malgré leur faible superficie et leur jeunesse.

La recherche des régressions est beaucoup plus réussie au niveau des plantations de Djirnda qu'au niveau de celles de Sanghako en raison de l'effectif des individus prélevés (plus de 150 observés à Djirnda contre 10 à Sanghako), de la superficie des plantations, de leur âge et de leur degré de dégradation.

En terme de régression linéaire simple, les modèles de Sanghako présentent en général de bons coefficients de détermination surtout au niveau de celle de 2000 sauf en 1999 où le coefficient le plus élevé est inférieur à 0,50. Cette tendance pourrait être inversée avec l'augmentation du nombre des observations au niveau de la plantation de 2000, car une régression avec trois observations ne puisse être significative au sens statistique des termes. Cependant, les régressions linéaires simples au niveau du site de Djirnda ne présentent pas de bonnes caractéristiques notamment en termes de coefficients de détermination sauf la HT qui apparaît comme un assez bon régresseur par rapport aux autres, notamment au niveau des plantations 2003 écartement 25/25 et 2005 écartement 50/50.

En termes de régressions linéaires multiples, les modèles de Djirnda contrairement à ceux de Sanghako présentent tous une bonne liaison entre la productivité végétale et les paramètres dendrométriques (régresseurs) mais, leur degré d'explication varie d'une plantation à une

autre et n'atteignant pas 90%. Ceci rend critique la validation de certains modèles mais témoigne de la singularité des peuplements de mangrove.

Au plan d'inventaire, l'ordre d'observation des individus n'enfreint en rien sur les résultats de l'étude et ce pour la plupart des plantations de Djirnda et de Sanghako, comme en témoigne leur valeur de la statistique de Durbin-Watson, ce qui laisse quasiment sans biais leur plan de sondage.

D'autre part, une étude comparative en termes d'explication des modèles de régression avec les résultats de l'étude de **Moussa Na Abou** (2004) traitant de la séquestration de carbone et des régressions allométriques des haies vives des systèmes agroforestiers de Sébikotane, révèle qu'il ne peut avoir de bonne explication aux régressions curvilinéaires notamment aux régressions polynomiales. En d'autres termes, ceci signifie qu'alors que tous les termes des équations des modèles linéaires ont une signification, ceux des modèles non linéaires notamment polynomiale n'ont pas nécessairement de signification à l'exemple du choix des degrés des polynômes qui malgré tout joue considérablement sur la valeur des coefficients de détermination. Enfin, cette difficulté d'interprétation des équations de Sébikotane laisse comprendre que le choix d'un type de régression pour une étude donnée ne doit pas être orienté uniquement par la recherche de grande valeur de coefficient de détermination mais plutôt par sa facilité à se prêter à l'interprétation car l'objectif principal de la recherche des régressions est de montrer clairement la contribution de chaque régresseur au modèle défini.

F.3 discussion sur la dynamique du carbone des plantations et les perspectives de reboisement :

La dynamique du carbone des plantations est mieux appréciée au niveau de Djirnda que de Sanghako en raison de l'effectif des plantations (sept à Djirnda contre deux à Sanghako). La dynamique du carbone des plantations de Djirnda croît de façon exponentielle avec l'âge, c'est-à-dire qu'avec l'âge la séquestration nette par année augmente. En plus, elle varie d'un type de plantation à un autre ce qui fait que la séquestration nette annuelle des plantations d'écartement 25/25 est supérieure à celle d'écartement 50/50 d'où une prévision de séquestration de l'ordre des millions de tonnes à l'âge mature (ici fixé à 30 ans).

Les principales activités génératrices de revenus au niveau de Djirnda sont la pêche la cueillette des fruits de mer, la transformation des produits halieutiques et l'élevage. Cependant à Sanghako les populations vivent principalement de l'agriculture, de la pêche et

de l'élevage. Toute fois, quelques activités subsidiaires comme le ramassage des bois, l'apiculture et autres sont pratiquées tant à Sanghako qu'à Djirnda.

A Djirnda la gestion des ressources du village est assurée par l'AFTRM, le comité de plage et le conseil communautaire alors que le manque de cadre de discussion avec la population de Sanghako a fait que ses principaux acteurs en termes de gestion des ressources n'ont pas été identifiés. Les résultats de Djirnda confirment ceux de **JICA/JAFTA** (2005) sur le profil sociologique du village de Djirnda qui présentent le comité de plage, l'association des femmes et le conseil communautaire comme les principaux acteurs de la gestion des ressources du village. Cependant, le degré d'influence de ces acteurs sur la gestion des ressources varie d'une ressource à une autre, c'est le cas de l'association des femmes qui dispose de plein pouvoir sur la gestion des reboisements de mangrove et des fruits de mer et du comité de plage qui veille sur l'application du plan de gestion des ressources du village sous la houlette du conseil communautaire.

En outre, les populations ne disposent d'aucune connaissance ni sur les changements climatiques ni sur leurs effets mis à part l'avancée de la mer qu'elles reconnaissent tout en ignorant les causes. De plus elles n'ont aucune connaissance de l'existence des marchés de carbone ni du MDP mais manifestent cependant un ardent désir d'en savoir davantage.

Cependant, le degré d'organisation de la population de Djirnda en termes de prise de décision et de la gestion des ressources et son engouement à reboiser et à préserver son environnement constitue pour lui des critères d'éligibilité aux projets MDP, ce qui n'est pas le cas à Sanghako qui a encore des efforts à faire.

Enfin, les plantations de Djirnda et de Sanghako sont éligibles en termes d'adéquation aux principaux critères d'éligibilité au MDP à savoir le scénario de référence (Base line) et du pays hôte qu'elles ont en commun mais à la différence que celles de Djirnda conservent l'avantage d'avoir une organisation unique chargée de la gestion et du suivi voire de l'évaluation des ressources des plantations pouvant abriter d'éventuels projets MDP.

G. CONCLUSION

Les plantations des sites d'étude de Djirnda et de Sanghako sont toutes situées au **SW** de leur village respectif avec des caractéristiques de la dynamique très particulières. Alors que la dynamique est partout appréciable à Djirnda elle est un peu critique à Sanghako pour les raisons de mortalité et de manque de suivi.

En dépit de cette disparité en termes de la dynamique, les plantations de Djirnda et de Sanghako ont rempli pleinement leur rôle de puits de carbone en séquestrant malgré leur jeune âge plus de 4 tonnes de carbone à Djirnda et plus de 3 tonnes de carbone à Sanghako pour des superficies relativement faibles (1.21ha à Djirnda et 0.14ha à Sanghako) à l'échelle de celles des autres types de reboisements connus. Cette forte séquestration témoigne d'une bonne contribution des reboisements de mangrove de la RBDS à la séquestration de carbone atmosphérique. Toute fois, des efforts restent à faire au plan de superficie, de la recherche des types de substrats adéquats, de la connaissance de la performance des différentes familles et espèces de palétuviers et du suivi évaluation.

Les équations des modèles de régression mettent en relation la contribution de chacun des régresseurs utilisés, elles ont aussi révélé qu'il y a une forte liaison entre la productivité végétale et les régresseurs sauf à Sanghako où le contraire a été observé ce qui s'expliquerait par le faible effectif des individus échantillonnés.

En outre, l'analyse des paramètres statistiques des modèles révèle qu'en général, l'ordre de prélèvement des échantillons n'a aucun effet sur les résultats et que les équations mathématiques ne constituent pas un outil idéal d'estimation des stocks de carbone au niveau des jeunes plantations, d'où la nécessité d'accompagner les équations d'inventaires de biomasse. Ceci est confirmé par la variation des coefficients de détermination ou degré d'explication des équations des modèles des différentes plantations.

Enfin, les perspectives de reboisement révèlent que le site de Djirnda s'annonce plus apte à recevoir des projets MDP en matière de reforestation car il remplit certains critères d'éligibilité du MDP à savoir le degré d'organisation de sa population, son engagement en matière de reboisement de mangrove et les atouts qu'il présente en termes de projets de développement comme le tourisme (écotourisme) et la transformation des produits halieutiques l'ostréiculture et l'apiculture.

H. SUGGESTIONS

Les suggestions sont principalement axées sur la réalisation et le suivi évaluation des reboisements, la séquestration de carbone et les perspectives de développement des projets MDP de reforestation.

H.1 Suggestion sur la réalisation et le suivi évaluation des reboisements :

La réalisation des plantations d'écartement 25/25 doit être encouragée par rapport aux autres en raison de leur forte productivité végétale par unité de surface mais aussi de leur bonne « santé » au sens écologique du terme surtout en termes de croissance et développement.

Il est aussi nécessaire de promouvoir le reboisement d'autres espèces de palétuviers comme l'*Avicennia sp* afin de juger de leur productivité vis-à-vis des *Rhizophora sp* mais aussi de garantir une diversité spécifique au niveau des plantations nécessaire à l'équilibre écologique de tout le système mangrove.

Afin de favoriser un échange de connaissances et d'expériences en matière de reboisement et de gestion des ressources de mangrove dans la RBDS, il est bon de créer un cadre d'échange et de discussion entre les principaux acteurs des différents villages tout en encourageant l'implication des hommes toujours réticents jusqu'à aujourd'hui à s'investir pleinement dans le reboisement de mangrove.

H.2 Suggestion sur la séquestration de carbone et recherche des régressions allométriques :

Afin d'augmenter le degré d'explication des modèles de régression c'est-à-dire leurs coefficients de détermination (R^2), il est souhaitable de repenser le choix des régresseurs en envisageant l'utilisation de nouveaux régresseurs comme le nombre de branches, la surface foliaire voire le diamètre de houppiers.

La forte productivité des parties racinaires des palétuviers deux à trois fois supérieure à celle des parties aériennes nécessite dorénavant l'évaluation de la séquestration de carbone jusqu'au niveau des racines afin de permettre une évaluation plus exacte de la séquestration des peuplements des plantations.

En outre, la particularité du mode d'enfouissement de la matière organique dans le sol des mangroves a fait qu'il est nécessaire d'évaluer aussi la séquestration de carbone du sol en vue de rendre plus complète l'analyse de la contribution de ces reboisements de mangrove à la séquestration de carbone.

Enfin, pour permettre une bonne manipulation des logiciels et d'éviter les difficultés de traitement et d'interprétation comme rencontrées au niveau du site de Sanghako, il est souhaitable de prélever au minimum un échantillon de trente individus par plantation.

H.3 Suggestion sur la dynamique des plantations et les perspectives d'avenir des reboisements de mangrove :

Les perspectives d'avenir en termes de reboisement de mangrove au niveau du site de Djirnda sont d'encourager l'association des femmes à continuer sur la même lancée en les aidant à développer des projets MDP de reforestation, afin de bénéficier des renforcements de capacité dans leurs diverses activités génératrices de revenus.

Cependant, pour le site de Sanghako il est nécessaire de faire bénéficier la population surtout les femmes du village d'un voyage d'imprégnation à Djirnda, afin de leur permettre d'échanger avec les femmes de l'AFTRM sur les techniques de réalisation mais aussi sur le suivi des reboisements afin de réduire la mortalité enregistrée au sein de leurs plantations avant d'envisager un quelconque développement d'éventuels projets MDP.

Enfin, pour encourager à la reconstitution de tout le couvert végétal de la mangrove de la RBDS par le biais des reboisements, il est bon de disséminer les bonnes expériences de réussite enregistrer au niveau des sites pilotes de Djirnda et Sanghako.

BIBLIOGRAPHIE

Ba Amadou T, Sambou B, Goudiaby A, Ndour N, Mbow C, et Camara A. 1999. Flore et végétation ligneuse de la réserve de biosphère du delta du Saloum. Etat actuel, tendances évolutives et facteurs structurants. Rapport de consultation pour l'élaboration du plan de gestion de la réserve de biosphère du delta du Saloum (RBDS), UICN.

Baillon F. (1988). Le complexe hydro-cotier du Sine Saloum : Synthèse des paramètres écologiques et socio-économiques de la zone nord du delta du Saloum. ORSTOM. 72 pages.

Balesdent J. 2002. Cycle et temps de résidence du carbone dans les écosystèmes terrestres, approches isotopiques. Laboratoire d'écologie microbienne de la rhizosphère Cadarache France. 26 pages.

Banque Africaine pour le Développement (BAD) et Fonds Africains de développement (FAD). 1997. Sénégal, profil environnemental : « Etat de l'environnement du Sénégal ». Revue d'information et de sensibilisation. 41 pages.

Capagna M. 1996. Le cycle du carbone et la forêt : De la photosynthèse aux produits forestiers. Direction de l'environnement forestier, Service de l'évaluation environnementale Québec. 56 pages.

Centre de suivi écologique (CSE). 2005. Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Revue d'information et de sensibilisation.

Dagnélie P. 1992. Statistique théorique et appliquée (tome 1). Faculté des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique). 492 pages.

Dia M. 2003. Elaboration et mise en œuvre d'un plan de gestion intégrée pour la réserve de biosphère du Delta du Saloum (Sénégal). Union mondiale pour la nature (UICN). 145 pages.

Direction de l'environnement et des établissements classés (DEEC). 1999. Stratégie nationale initiale de mise en œuvre (SNMO) de la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Ministère de l'environnement et protection de la nature (MEPN). 53 pages.

Doyen A. 1985. La mangrove à usages multiples de l'estuaire du Saloum (Sénégal). Rapport de consultation. 144 pages.

Gounot M. 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Livre d'enseignement en inventaire forestier. 305 pages.

Jayaraman K. 1999. Manuel de statistique pour la recherche forestière. Kerala forest recherche institute Peechi, Thrissur, Kerala (Inde). 239 pages.

Marius C. 1977. Propositions pour une classification et cartographie des sols de mangroves tropicales. ORSTOM.

Ministère de l'environnement et de protection de la nature (MEPN). 1999. Rapport national sur la biodiversité. Rapport de consultation. 94 pages.

Moussa Na Abou M. 2004. Justification de critères de durabilité des projets de séquestration du carbone dans la lutte contre les changements climatiques : Cas des systèmes agro forestiers de Sébikotane. Mémoire de DEA. Institut des Sciences de l'Environnement (ISE). 101 pages.

Ndour N. 2005. Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove de la réserve de biosphère du Delta du Saloum (Sénégal). Thèse de doctorat de troisième cycle. Institut des Sciences de l'Environnement (ISE). 170 pages.

Nouidemon J. 2004. Problématique des activités humaines dans les aires classées : Cas du parc national du delta du Saloum. Mémoire de DEA. Institut des Sciences de l'Environnement (ISE). 86 pages.

Office des Nations Unies à Genève (ONUG) et le Secrétariat des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC). 2008. Protocole de Kyoto à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Revue d'information et de sensibilisation. 35 pages.

Par l'Office des Nations Unies à Genève (ONUG) et le Secrétariat des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC). Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Revue d'information et de sensibilisation. 37 pages.

Proisy C. 1999. Apport des données radar à synthèse d'ouverture pour l'étude de la dynamique des écosystèmes forestiers. Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université Paul Sabatier Toulouse 3 spécialités télédétection spatiale de la biosphère continentale. 103 pages.

Roberts-Pichette P et Gillespie L. 1999. Réseau d'évaluation et de surveillance écologique « Protocole de suivi de la biodiversité végétale terrestre ». Collection des publications hors série de RESE rapport N° 9 Bureau de coordination du RESE 1999, pour le compte du groupe de travail sur les protocoles de suivi des végétaux du conseil scientifique de la biodiversité canadienne. 138 pages.

Secrétariat de la convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC). 2008. Guide de la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques. Revue d'information et de sensibilisation. 221 pages.

Société internationale pour l'étude des écosystèmes de mangrove (ISME). 1995. Faite connaissance avec la mangrove. Revue d'information et de sensibilisation.

Tomassone R. 1989. Comment interpréter les résultats d'une régression linéaire ? Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF). 55 pages.

Touré A. 2002. Contribution à l'étude de l'évolution des réservoirs de carbones en zones soudanaises au Sénégal. Thèse N° 2585 (2002) présentée à la faculté environnement naturel, architectural et construit (ENAC) Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) pour l'obtention du grade de docteur ès sciences dans le domaine des sciences et ingénierie de l'environnement.

UICN bureau régionale pour l'Afrique de l'ouest. 2006. En route pour la « charte mangroves ». Consultation en Guinée-Bissau dans le cadre de la préparation d'un accord sous-régional avec le Sénégal et la Gambie. 2 pages.

Union mondiale pour la nature (UICN). 2002. Programme de l'UICN pour la conservation des forêts collection vies et paysages N°1 « Le carbone, les forêts et l'homme » vers une gestion intégrée du piégeage du carbone, de l'environnement et de moyens d'existence durables. 50 pages.

www.unfccc.int Site du secrétariat des nations unies sur la CCNUCC [octobre 2007].

www.denv.gouv.sn Site de la direction de l'environnement du Sénégal [fin septembre et octobre 2007].

<http://www.unep.org> ou <http://www.unep.net> Sites du programme des nations unies pour l'environnement (PNUE) [septembre 2007].

<http://www.epa.gov> Site de l'agence américaine chargée de la gestion de l'environnement [septembre et octobre 2007].

<http://europa.eu.int/comm/environment/> Site de la commission européenne pour l'environnement [septembre début octobre 2007].

<http://www.gtz.de> Site de l'agence allemande pour la coopération technique [septembre 2007].

<http://www.ipcc.ch> Site du groupe d'experts intergouvernemental pour le climat (GIEC) [septembre octobre et début novembre 2007].

ANNEXES

BIOMASSE DES ECHANTILLONS PAR PLANTATION

Date :Localité :

Numéro de la plantation ::

N° placettes	Espèces	Echantillons n° :.....	Bois(g)	Feuilles, ... (g)	Troncs : fûts & racines éch. (g)
		Biomasse à l'état frais			
		Biomasse à l'état sec			

N° placettes	Espèces	Echantillons n° :.....	Bois(g)	Feuilles, ... (g)	Troncs : fûts & racines éch. (g)
		Biomasse à l'état frais			
		Biomasse à l'état sec			

N° placettes	Espèces	Echantillons n° :.....	Bois(g)	Feuilles, ... (g)	Troncs : fûts & racines éch. (g)
		Biomasse à l'état frais			
		Biomasse à l'état sec			

N° placettes	Espèces	Echantillons n° :.....	Bois(g)	Feuilles, ... (g)	Troncs : fûts & racines éch. (g)
		Biomasse à l'état frais			
		Biomasse à l'état sec			

N° placettes	Espèces	Echantillons n° :.....	Bois(g)	Feuilles, ... (g)	Troncs : fûts & racines éch. (g)
		Biomasse à l'état frais			
		Biomasse à l'état sec			

N° placettes	Espèces	Echantillons n° :.....	Bois(g)	Feuilles, ... (g)	Troncs : fûts & racines éch. (g)
		Biomasse à l'état frais			
		Biomasse à l'état sec			