UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ÉCOLE DOCTORALE: SCIENCES DE LA VIE DE LA SANTÉ ET
DE L'ENVIRONNEMENT
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année : 2016 N° d'ordre : 243

THÈSE DE DOCTORAT
Spécialité: Écologie & Agroforesterie
Présentée par:

Mme Gaye Aissatou Thiam Ndong

ÉTUDE DE L'HISTOIRE ET DE L'ÉTAT ACTUEL DE LA VÉGÉTATION DU FERLO AU NORD DU SÉNÉGAL

Soutenue le 03 novembre 2016 devant le jury composé de:

Président:	M. Kandioura NOBA, Professeur titulaire (FST/UCAD, Sénégal)
Rapporteurs:	M.Paul Marie NDIAYE, Charge d'enseignement (FLSH/UCAD, Sénégal)
	M. Saliou NDIAYE, Maitre de conférences (ENSA/Université de Thiès, Sénégal)
	M. Mame Samba MBAYE, Maitre de Conférences (FST/UCAD, Sénégal)
Examinateurs:	M. Aliou GUISSE, Professeur titulaire (FST/UCAD, Sénégal)
	M. Didier GALOP, Directeur de recherche (CNRS/Université de Toulouse, France)
	M. Gille BOETCH, Directeur de recherche (CNRS/France)
Directeur de thèse :	M. Aliou GUISSE, Professeur titulaire (FST/UCAD, Sénégal)
Co-directeur de thèse:	M. Didier GALOP, Directeur de recherche (CNRS/Université de Toulouse, France)

DEDICACES

A mes parents particulièrement mon père et ma mère.

A mon époux.

A mes enfants.

A mes beaux parents.

A mes frères, sœurs, nièces, neveux, beaux frères et belles sœurs.

A mes ami(e)s.

REMERCIEMENTS

Cette thèse résulte d'un parcours que je qualifierais de « saute mouton », parcours qui m'a permis de rencontrer au fur et à mesure de ces cinq années des personnes qui ont initié, alimenté, soutenu et agrémenté ce travail.

On a souvent parlé, au cours de cette thèse, de transdisciplinarité, qu'il me soit permis ici d'exprimer toute ma gratitude et reconnaissance à ceux qui sont à l'origine de cette transdisciplinarité.

Ce travail s'inscrit dans une démarche de formation à la recherche et de coopération scientifique dont l'objectif est de permettre le développement local des disciplines paléoécologiques et notamment de la palynologie au sein du département de biologie végétale de l'UCAD en assurant la formation d'étudiants à ces approches et en facilitant la construction d'une collection pollinique nécessaire à l'indentification des pollen fossiles et au développement local de la palynologie.

Je rends honneur à mes Directeurs de thèse, les fondateurs de ce travail, Pr. Aliou Guissé et Dr. Didier Galop qui au cours des discussions, m'ont permis d'avoir une compréhension approfondie des divers aspects du sujet. Je salue aussi leur souplesse et leur ouverture d'esprit, deux choses qui ont laissé une large marge de liberté pour mener à bien ce travail de recherche.

Je remercie Pr. Aliou GUISSE, pour sa patience, son esprit d'équipe, ses encouragements permanents et son sens de l'orientation. Cette thèse n'aurait vu le jour sans sa confiance, sa patience et sa générosité. Je le remercie vivement pour le temps, les discussions et les conseils qu'il m'a prodigués tout au long de ces années, d'avoir cru en mes capacités et de m'avoir accueilli au laboratoire LEVEH.

Que serait cette thèse sans l'initiateur du sujet, Didier GALOP dont l'énergie et les idées ont alimenté mon travail. Grâce à lui, j'ai pu m'initier aux disciplines du paléoenvironnement notamment la palynologie. Il a su, par son enthousiasme, sa disponibilité, dynamiser et réorienter cette recherche quant il fut nécessaire. Je lui dois de m'avoir fait connaitre la ville rose (Toulouse) et rencontrer les montagnes Pyrénées, ses habitants et leurs terroirs, je ne saurais jamais assez le remercier pour ce magnifique cadeau.

Je remercie le Professeur Kandioura NOBA pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de juger ce travail et d'être le président du jury. Merci aussi d'avoir contribue à l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements vont egalement au Dr. Paul NDIAYE, Dr. Saliou NDIAYE et Dr. Mame Samba MBAYE qui par leur disponibilité et leur présence, rehaussent la composition de ce jury. Malgré leurs charges, ils ont accepte de juger ce travail.

Cette thèse en cotutelle franco-sénégalaise a bénéficié du soutien scientifique, logistique, technique et relationnel de deux laboratoires de recherche. J'exprime ma gratitude à l'ensemble des membres du laboratoire LEVEH (Sénégal) et du laboratoire GEODE (Toulouse).

Je tiens particulièrement à exprimer ma reconnaissance à toute l'équipe du laboratoire LEVEH. J'exprime toute mon affection à Dr Ousmane Ndiaye, sa persuasion, son enthousiasme, sa persévérance, sa disponibilité sans faille, son écoute pendant les moments critiques m'ont permis

d’atteindre mes objectifs et de finaliser ce mémoire. Sans lui, je n’y serais jamais parvenue. Comment oublier Dr Moustapha Bassimbé Sagna toujours disponible quelque soit sa charge de travail, toujours compétent et efficace quelque soit la tâche à accomplir. Merci également à Dr Madiara Ngom Faye, pour ses corrections, ses encouragements et son écoute lors des moments critiques, aux Dr Aly Diallo, Minda Mouhaled Saleh, Marième Mboup, Khoudia Niang, Omar Sarr et Amy Mbakhoum pour leur précieux conseils et leurs soutiens lors de la préparation de ce document et enfin à Amath Thiaw, Daouda Ndiaye, Mame Thierno Wade pour leur bonne humeur permanente.

Les relations et échanges scientifiques noués à l’occasion de mon stage au laboratoire GEODE, ont également été extrêmement enrichissants pour moi. Je remercie plus particulièrement Nicolas De Munich pour m’avoir initiée aux méthodes palynologiques et pour m’avoir aidé à répondre à un certains nombre de questions pratiques, techniques, ou scientifiques, que je me suis posée. Merci également à Florance Mazier pour les nombreuses discussions et échanges scientifiques, à Nicolas pour sa générosité et pour m’avoir soutenue, à William Bertrand pour s’être autant investie sur les problèmes avec le logiciel CE2, mais aussi pour résoudre les difficultés que j'ai rencontrées avec l'utilisation des outils et du matériel informatique, à Elodie et Chehrazed pour m’avoir soutenue dans ma recherche et dans mes relations franco-sénégalaise tout au long de ces années.

Je tiens à exprimer mes remerciements à l’OHMi-Téssékéré, particulièrement au Directeur M. Gilles BOËTSCH pour avoir décroché avec mon Directeur de thèse, tous les moyens financiers pour mes missions de terrain et analyses au laboratoire. Sincères remerciements à Sophie et à Mme Karine Ginoux pour leurs disponibilités.

Je remercie aussi, la fondation Veolia environnement et le SCAC pour avoir financés ces travaux. Merci à ma famille pour leur présence et leur soutien mais aussi pour le temps qu’ils ont pu consacrer sur les derniers jours de ma thèse aux relectures orthographiques.

Enfin, merci à mon époux, pour sa patience, son irremplaçable et inconditionnel soutien. Il a été présent pour écarter les doutes, soigner les blessures et partager les joies. Parfois inquiet mais toujours encourageant et disponible, tu m'as permis d’aller jusqu’au bout de cette aventure. Merci de m’avoir suivi et de t’occuper de nos chers bébés Kalidou et Dieynaba qui m’ont donné le courage de finaliser mon travail. Cette thèse est la vôtre aussi, l’accomplissement de mes longues années d’études ponctuées de régulières absences, ce ne fut pas toujours facile de tout concilier…mais tout est bien qui finit bien !

TABLE DE MATIÈRE

DEDICACES 1

REMERCIEMENTS 2

TABLE DE MATIÈRE 4

TABLE DES ILLUSTRATIONS 9

LISTE DES FIGURES 9

LISTE DES TABLEAUX 9

LISTE DES PHOTOS 10

LISTE DES ANNEXES 10

SIGNIFICATION DES SIGLES ET ABREVIATIONS 12

INTRODUCTION GENERALE 15

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION DU FERLO 18

1.1. CADRE PHYSIQUE OU ABIOTIQUE 18

1.1.1. Le Ferlo ou Sahel sénégalais 18

1.1.2. Conditions climatiques 19

1.1.3. Géologie 21

1.1.3.1. Historique du Secondaire et du Tertiaire 21

1.1.3.2. Historique du Quaternaire 21

1.1.4. L'hydrographie 22

1.1.4.1. Les eaux de surface 22

1.1.4.2. Les eaux souterraines 22

1.1.5. Pédologie 24

1.2. CADRE BIOTIQUE 24

1.2.1. La végétation 24

1.2.2. La faune 25

1.3. CADRE HUMAIN 25

1.3.1. La population 25
1.3.2. Les activités socio-économiques 25
1.3.2.1. L'élevage 26
1.3.2.2. L'agriculture 26
1.3.2.3. La cueillette 27
1.3.2.4. La pêche 27
1.4 LES STATIONS D'ÉTUDE 27
1.5 ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION AU FERLO 29
CHAPITRE 2 : ETAT ACTUEL DE LA VEGETATION LIGNEUSE DU FERLO 31
2.1. INTRODUCTION 31
2.2. MATERIELS ET METHODE 31
2.2.1. Collecte des données 31
2.2.2. Traitement des données 33
2.2.2.1. Composition et diversité floristique 33
2.2.2.2. Structure du peuplement ligneux 35
2.2.2.3. Variation floristique du peuplement ligneux 36
2.2.2.4. Capacité de régénération du peuplement 36
2.3. RESULTATS 37
2.3.1. Composition floristique 37
2.3.2 Analyse fréquentielle 38
2.3.3. Diversité floristique 40
2.3.4 Importance écologique des espèces 40
2.3.5. Similitude entre les sites 41
2.3.6. Caractéristiques structurales 42
2.3.6.1. Densité du peuplement 42
2.3.6.2. Surface terrière 42

2.3.6.3. Couvert aérien 43
2.3.6.4. Distribution des individus selon la hauteur 44
2.3.6.5. Distribution des individus selon la circonférence 44
2.3.6.6. Relation de croissance entre la hauteur totale et la circonférence 46
2.3.7. L'exploitation des ligneux 50
2.3.8. Variation floristique du peuplement ligneux 51
2.4. DISCUSSION 53
2.5. CONCLUSION 56
CHAPITRE 3 : PERCEPTION LOCALE SUR L'ETAT ACTUEL DE LA VÉGÉTATION DU FERLO 57
3.1. INTRODUCTION 57
3.2. MATERIELS ET METHODE 57
3.2.1. Collecte des données 57
3.2.2. Traitement de données 58
3.3. RESULTATS 59
3.3.1. Perception populaire sur l'état actuelle des ligneux 59
3.3.1.1. Espèces les plus abondantes selon les populations 59
3.3.1.2. Régénération 60
3.3.1.3. Espèces menacés de disparition 61
3.3.1.4. Espèces disparues 61
3.3.2. Composition floristique actuelle selon la population 62
3.3.3. Corrélation entre les listes floristiques 63
3.3.4. L'utilisation des espèces du Ferlo 64
3.3.4.1. Les espèces fourragères 65
3.3.4.2. Espèces utilisées dans l'alimentation humaine 66
3.3.4.3. Espèces utilisées dans la médecine traditionnelle 67
3.3.4.4. Espèces utilisées comme bois de feu et charbon de bois 69

3.3.4.5. Espèces utilisés comme bois d'œuvre 69
3.4. DISCUSSION 70
3.5. CONCLUSION 73
CHAPITRE 4: ATLAS POLLINIQUES DU SENEGAL 74
4.1. INTRODUCTION 74
4.2. MATERIELS ET METHODE 74
4.2.1. Notion de grain de pollen 74
4.2.1.1. Rôle biologique 74
4.2.1.1.1. Formation 74
4.2.1.1.2. Dispersion 74
4.2.1.2. Critère de reconnaissance des grains de pollen 75
4.2.1.2.1. Forme 75
4.2.1.2.2. Taille 76
4.2.1.2.3. Apertures 76
4.2.1.2.4. Structure et sculpture de l'exine 76
4.2.2. Origine des grains de pollen 77
4.2.3. Extraction des grains de pollen 78
4.3. RESULTATS 78
4.3.1. Liste des grains de pollen extraits 78
4.3.2. Description des types polliniques 85
4.4 DISCUSSION 99
4.5 CONCLUSION 100
CHAPITRE 5 : HISTOIRE ET DYNAMIQUES PASSÉES DE LA VÉGÉTATION DU FERLO 101
5.1. INTRODUCTION 101
5.2. Matériel et méthodes 102
5.2.1. Choix et localisation du site d'étude 102

5.2.2. Sondage de la mare Tabane 103
5.2.3. Extraction du matériel sporo-pollinique fossiles 104
5.2.4. Détermination et comptage pollinique 105
5.2.5 Traitement et représentation numérique des résultats 105
5.2.6. Etude des Microfossiles Non Polliniques (MNP) 106
5.2.7. Autres analyses sur la séquence 106
5.2.7.1. Analyse de susceptibilité magnétique 107
5.2.7.2. Perte au feu 107
5.2.7.3. Signal incendie 108
5.2.8. Datation radiocarbone 109
5.3. RESULTATS 109
5.3.1. La végétation actuelle au abord de la mare "Tabane" 109
5.3.2. Description lithologique de la séquence de Tabane 111
5.3.3. Datation, modèle âge/profondeur et mesure de la susceptibilité magnétique 112
5.3.4 Teneur en MO et en Carbonate de la carotte 113
5.3.5. Diversités pollinique et taxonomique 114
5.3.6. Description du diagramme pollinique 116
5.4. DISCUSSION 120
5.5. CONCLUSION 123
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES 124
ANNEXES 144

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Situation géographique du Ferlo et des sites d'étude 19
Figure 2. Evolution spatio-temporelle de la pluviométrie de 1964 à 2012 20
Figure 3. Evolution de la température à la station de Linguère de 1978 à 2012 20
Figure 4. Répartition des relevés de végétations dans les sites d'étude 32
Figure 5. Distribution selon la hauteur des individus du peuplement et des sites 45
Figure 6. Distribution selon la circonférence des individus du peuplement et des sites 46
Figure 7. Relation de croissance en hauteur et en grosseur des individus du peuplement et des sites 47
Figure 8. Spectres des ISR des espèces les plus abondantes en fonction des sites 50
Figure 9. Etat de dégradation des peuplements ligneux au Ferlo 51
Figure 10. Diagramme des relevés et espèces ligneuses de la zone du Ferlo 53
Figure 11. Espèces les plus abondantes selon la population 60
Figure 12. Espèces qui régénèrent plus dans la zone selon la population 60
Figure 13. Principaux usages de la zone 64
Figure 14. Schéma d'un grain de pollen 75
Figure 15. Différents types polliniques d'angiospermes d'après le nombre et la dispersion des apertures (d'après Renault-Miskovsky et Petzold, 1989) 77
Figure 16. Localisation de la mare temporaire (source Google Earth, 2012) 102
Figure 17. Modèle âge/profondeur de Tabane 112
Figure 18. Courbe susceptibilité magnétique 113
Figure 19. Courbe teneur en Mo et en carbonate de la carotte 114
Figure 20. Diagramme pollinique simplifié en fréquence relative 118
Figure 21. Diagramme simplifié des taxons aquatiques et des MNP 119
Figure 22. Courbe de richesse pollinique 119
Figure 23. Synthése des données polliniques fossiles 122

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Situation administrative et géo-localisation des sites d'étude 29
Tableau II. Attributs binaires dans deux stations 34
Tableau III. Répartition des espèces dans les différents groupes taxonomiques 37
Tableau IV. Fréquences de présence des espèces ligneuses 38

Tableau V. Diversité floristique des différents sites et de la zone du Ferlo 40
Tableau VI. Importance Value Index (IVI) des espèces dans les stations 41
Tableau VII. Similitude entre les différentes localités échantillonnées du Ferlo 42
Tableau VIII. Caractéristiques structurales de la zone du Ferlo et des sites d'étude 44
Tableau IX. Liste des espèces ligneuses régénérées en fonction des stations 48
Tableau X. Valeurs propres et inerties des quatre premiers axes de l'AFC 51
Tableau XI. Perception locale sur l'état actuel des ligneux 61
Tableau XII. Présence et fréquence de citation des espèces lors de l'enquête 62
Tableau XIII. Corrélation des listes floristiques 63
Tableau XIV. Valeurs usuelles et la partie consommée des ligneux fourragers 65
Tableau XV. Espèces à usage alimentaire et leur valeur usuelle 67
Tableau XVI. Les ligneux utilisés dans la médecine traditionnelle et les traitements. 68
Tableau XVII. Espèces utilisés comme bois de feu et charbon de bois 69
Tableau XVIII. Les ligneux utilisés comme bois d'œuvre et leur valeurs usuelles (UV) 70
Tableau XIX. Fleurs extraites et lieux de récolte 79
Tableau XX. Composition floristique actuelle de la mare 110
Tableau XXI. Récapitulatif des datations radiocarbones sur l'enregistrement de Tabane, calibration avec le logiciel Calib Rev 5.0.1 112
Tableau XXII. Liste des taxons polliniques fossiles identifiés 114
Tableau XXIII. Commentaire du diagramme pollinique 116

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Sauce de couscous à base de feuilles de cassia 66
Photo 2. Sondage de la mare Tabane 103
Photo 3. Carottes prélevées 104
Photo 4. Comptage et détermination de grains de pollen au microscope 105

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Fiche de relevé dendrométrique 144
Annexe 2. Fiche d'enquête 145
Annexe 3. Table du coefficient de corrélation des rangs de Spearman de deux variables aléatoires indépendantes : (Valeurs critique de Rs ayant une probabilité α d'être dépassée en valeur absolue: P(|Rs| >r) = α :) 147

Annexe 4. Fiche de comptage des pollens fossiles et des MNP 147
Annexe 5. Fiche mesure perte au feu ou LOI 148
Annexe 6. Clé de détermination des grains de pollen extraits 149
Annexe 7. PLANCHES POLLINIQUES 153

SIGNIFICATION DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACCT: Agence de Coopération Culturelle et Technique

AFC: Analyse Factorielle de Correspondance

APLF: Association des Palynologues de la Langue Française

APD: Banque Africaine de Données Polliniques

BP: Before Present = avant le présent

CR: Communauté rurale

GEODE: Géographie de l'Environnemnt

IPA: Indices Polliniques d'Anthropisation

LEVEH: Laboratoire d'EcologieVégétale et d'Eco-Hydrologie

LOI: Loss On Ignition

MNP: Microfossiles Non Polliniques

OHM: Observatoire Homme Milieu

PPZS: Pôle Pastoral Zones Sèches

PIV: Périmètres Irrigués Villageois

ROSELT: Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme

SAED: Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta et de la Falémé

SCAC: Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France

UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ÉCOLE DOCTORALE: SCIENCES DE LA VIE DE LA SANTÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES
THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Écologie & Agroforesterie

Résumé

Nom et prénoms du Candidat : Aissatou Thiam Ndong

Titre de la thèse: Etude de l'histoire et de l'état actuel de la végétation du Ferlo au Nord du Sénégal

Date et lieu de soutenance : 03 Novembre 2016

Jury : Président : M. Kandioura NOBA, Professeur titulaire (FST/UCAD, Sénégal)

Membres : M. Paul Marie NDIAYE, Charge d'enseignement (FLSH/UCAD, Sénégal)
M. Saliou NDIAYE, Maitre de Conférence (ENSA/Thiès, Sénégal)
M. Mame Samba MBAYE, Maitre de Conférence (FST/UCAD, Sénégal)
M. Aliou GUISSE, Professeur titulaire (FST/UCAD, Sénégal)
M. Didier GALOP, Directeur de recherche (CNRS/Université de Toulouse2)
M. Gille BOETCH, Directeur de recherche (CNRS/France)

Résumé: Au Ferlo, zone sylvopastorale du Sénégal, les mouvements de transhumance remontant moins d'un siècle, posent actuellement des problèmes liés à la dégradation de la couverture végétale. Cette détoriation intense liée aux facteurs anthropiques associés aux aléas climatiques, conditionne l'urgente nécessité de contribuer à la connaissance de l'histoire des dynamiques environnementales de cette zone. Notre démarche, basée sur l'observation et la rétro-observation, utilise la palynologie et l'écologie comme principaux outils.

La caractérisation écologique a permis de répertoriée 38 espèces réparties en 30 genres et 18 familles. Les Fabacées et les Combrétacées sont les familles les plus représentées. Certaines espèces (*Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera* et *Acacia raddiana*) en dépit de l'intérêt porté par la population (fourrage, alimentation, médecine traditionnelle et énergie domestique) sont prépondérantes dans la zone. La richesse floristique, le couvert aérien ainsi que la densité réelle sont plus importants à Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar (situés à l'est dans la zone des six forages) comparés aux autres sites situé à l'ouest dans la zone du lac de Guiers.

L'analyse palynologique utilisée pour l'étude de la dynamique végétale passée, a permis d'extraire une microflore pollinique constituée de 15 taxons ligneux, associés à 14 taxons herbacées et 9 taxons indifférenciés, pouvant correspondre aussi bien à des arbres qu'à des herbes. Aussi, 3 taxons correspondent à des plantes aquatiques et 4 MNP (Microfossiles Non Polliniques) ont été identifiés. Le spectre pollinique montre donc un mélange d'éléments floristiques décrits aujourd'hui comme représentatifs des zones phytogéographiques sahéliennes et sahélo-soudanienne. Le diagramme pollinique, retrace une histoire

environnementale essentiellement déterminée par les facteurs locaux édaphiques (LOI 550°C et LOI950°C) et par les facteurs anthropiques (pastoralisme). Tout au long de l'histoire de la végétation reconstituée ici, le paysage végétal reste ouvert.
Mots clé: Ferlo, Végétation, Flore actuelle, Perception locale, Palynologie, Grains de pollen

Abstract

In the Ferlo, pastoral area of Senegal, the movements of transhumance dating back to less than a century, currently pose problems linked to the degradation of the vegetation cover. This severe deterioration linked to anthropogenic factors related to climatic uncertainties, required the urgent need to contribute to the knowledge of the environmental dynamics history of this area. Our approach based on observation and retro observation, uses palynology and ecology as primary tools.

The ecological characterization allows us to list 38 species divided up into 30 genera and 18 families. The Fabaceae and Combretaceae are the most represented families. Some species (Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera and Acacia raddiana) despite the interest of the population (fodder, food, traditional medicine and household energy) are predominant in the area. Floristic richness, air cover and the actual density are more important in Widou Thiengoly, Téssékéré and Labgar (located at east in the area of the six boreholes) compared to the other sites located at west in area of Lac de Guiers.

The pollen analysis used for the former study of vegetation dynamics, allowed to extract pollen micro flora consisted of 15 woody taxa associated with 14 herbaceous taxa and 9 undifferentiated taxa, which may correspond both to trees than herbs. Also, 3 taxa correspond to aquatic plants and 4 NPM (Non pollen microfossils) have been identified. The pollen spectrum thus shows a mix of floral elements described today as representative of sahelian and sahelo-sudanese phytogeographical areas. The pollen diagram redraws environmental history mainly determined by edaphic local factors (550 ° C and LOI950°C) and anthropogenic factors (pastoralism). Throughout the history of the restored vegetation here, the plant landscape remains open.

Keywords: Ferlo, Vegetation, Current Flora, Local perception, Palynology, Pollen seeds

INTRODUCTION GENERALE

En passant d'un système de prédation à un système de production, l'homme a été amené à transformer son environnement. Par la pratique de l'agriculture et du pastoralisme, celui-ci s'est structuré et façonné en fonction des différentes formes d'exploitation des ressources (Galop, 2000).

Ainsi, dans une optique de gestion conservatoire des ressources naturelles, la prise en compte des dynamiques passées est fondamentale et susceptible d'orienter les trajectoires futures (Bonnet *et al.,* 2005). Une telle démarche souffre de nombreux problèmes de synchronisation, mais la mise en place d'un programme interdisciplinaire tente actuellement de palier ces difficultés.

Un tel projet instaure en effet de véritables dialogues entre spécialistes de nombreuses disciplines. A travers celles-ci, la palynologie constitue une démarche clé *« ... elle permet la constitution d'un arrière plan, d'un référentiel indispensable sur lequel des données discontinues viennent se greffer. C'est cette trame diachronique fournie par la palynologie, qui donnera une unité à des dynamiques isolées »* (Galop, 1998). Outre ses intérêts du point de vue chronologique, climatologique et écologique, la palynologie permet aussi de percevoir la part et le rôle de l'influence de l'homme sur l'environnement et la dynamique végétale (Galop et *al.,* 2004).

Ces témoignages palynologiques sont, en effet, indispensables pour orienter les choix de gestion des ressources végétales, dans une optique de développement durable, et surtout pour apporter des éléments précieux sur des questions aussi controversées que l'état de référence de ces écosystèmes à maintenir (Birks, 1996).

La prise de conscience de ces nouveaux enjeux et de ces nouvelles perspectives a fortement contribué à dynamiser la recherche sur plusieurs espaces (Faure, 2012). De nombreux projets sur l'état actuel et l'évolution des paysages végétaux, sur les interactions société-milieux, sur les dynamiques d'anthropisation ont vu le jour ces dernières décennies et reposent en partie sur des recherches pluridisciplinaires. Citons par exemple quelques travaux effectués dans les Pyrénées (Rendu. 2003, Galop 1998, Galop *et al.* 2004), dans les Alpes (Court-Picon 2007), ou encore en Afrique du Nord (Amami, 2010; Gherzouli, 2013; Muller et *al.,* 2012; Salamani, 1991).

Cette reconstitution de la flore et des paysages anciens, à partir des spectres polliniques fossiles, requièrent une meilleure compréhension des communautés végétales actuelles. Ainsi, comme le mentionne Galop *et al.* (2003) « *l'ouverture en direction d'autres disciplines*

paléoécologique, mais surtout la collaboration avec des écologues et enfin un retour sur la réalité du terrain paraissent incontournables ».

Ainsi, à travers cette thèse, nous nous somme fixé comme objectif principale, d'apporter notre contribution à la meilleure compréhension de l'état actuel et de l'histoire des dynamiques environnementales végétales d'une zone sahélienne, appelée Ferlo.

En effet, le Ferlo, a subi au cours des dernières millénaires de nombreuses perturbations liées aux changements climatiques et aux pratiques anthropiques. Toutes ces perturbations ont dû modifier l'environnement végétal et ont toujours eu des conséquences très importantes sur l'évolution des peuplements humains (Marley et *al.,* 2015).

Face à un tel constat, beaucoup de questionnements, ont alimenté notre réflexion sur l'apport de l'étude écologique et paléoécologique de la zone du Sahélo-Sénégalais. En effet, entreprendre ces études nous a paru utile et intéressant, et pourrait être un outil de base à la lutte contre la dégradation des ressources végétales des zones sahéliennes.

Notre démarche, basée sur l'observation et la rétro-observation en utilisant l'écologie et la palynologie comme principal outil, nous permettra de connaitre l'état actuel de la végétation et de comprendre les processus ayant conduit à leur dégradation durant les derniers siècles et de définir, par la suite, les conditions de base pour leur gestion conservatoire.

Cette thése s'articule autours de deux objectifs spécifiques chacun étant en étroite relation avec une ou des questions de recherches:

i) étudier l'état actuel de la végétation de ce milieu. Quelles sont les caractéristiques structurales actuelles de la végétation de cette zone? Quelle est la perception locale de l'état actuel de cette végétation?

ii) retracer l'histoire et la dynamique de la végétation de cette zone au cours du dernier millénaire. Quelle contribution peut apporter cette étude pour compléter les travaux sur l'histoire de la végétation du Ferlo?

La rédaction de ce document se fera en 5 chapitres principaux qui sont les suivants :

- la présentation de la zone d'étude par une étude bibliographique;
- l'étude de l'état actuel de la végétation par une approche écologique;
- la perception locale face à l'état actuel de la végétation de la zone à travers des entretiens avec les populations locales;
- la construction d'un atlas pollinique actuel, outil indispensable et préalable à toutes démarches de palynologie ;
- l'étude de l'histoire et la dynamique à long terme de la végétation par une approche palynologique appliquée à une archive sédimentaire.

- enfin la conclusion générale, qui constitue la dernière partie, tente de dégager les apports et les limites de ce travail de recherche, d'en apprécier l'impact scientifique et de proposer des perspectives et pistes de recherche pour les études à venir.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION DU FERLO

1.1. CADRE PHYSIQUE OU ABIOTIQUE

1.1.1. Le Ferlo ou Sahel sénégalais

Le Sahel dérive du mot arabe "Es-Sahel" qui signifie le rivage (le rivage d'Es-Sahara, le désert) (Diouf, 2011). C'est donc la bande qui borde le Sahara dans sa face sud et qui est de largeur variable suivant les influences climatiques qui déterminent ses limites, méridionales. Selon Lehouerou (1980), c'est une bande comprise entre les isohyète 100 mm et 600 mm, soit environ 300 à 400 km de large.

Au Sénégal, le Sahel correspond à une zone appelée Ferlo située au nord de l'isohyète 600. Sa limite passerait par une ligne qui va de Matam à Saint louis en passant par Liguére, s'arrêtant à 50 km de la mer (Figure 1) et laissant la place à un climat de la grande côte sous l'influence maritime (Leroux, 1980).

Il s'étend principalement sur quatre régions administratives (Louga, Matam et Saint-Louis) et déborde, vers le sud-est, sur celle de Tambacounda. Il est limité au Nord et à l'Est par l'arc de cercle que dessine le fleuve Sénégal, au Sud par le front du Bassin Arachidier et les forêts classées de la route Tambacounda-Kidira, à l'Ouest par la zone des Niayes.

La zone du Ferlo est longtemps restée une chasse-gardée pour les éleveurs qui la parcouraient (Sy, 2009). Le mode de transhumance s'opérait entre la vallée du fleuve Sénégal (Waalo) où les animaux résidaient en saison sèche, et le "Jeeri", traversé par la vallée du Ferlo, aux alentours des puits pastoraux, en saison des pluies (Barral et *al.,* 1983). La politique d'hydraulique pastorale lancée par l'administration coloniale pour améliorer la ressource en eau et préserver le caractère pastoral du Ferlo a restructuré profondément l'espace et les pratiques pastorales, en substituant à l'agencement des différents pâturages soumis à des droits prioritaires des éleveurs (« hurum ») une vaste zone régulièrement maillée de forages (Touré, 1997). Dans les années 1970, le développement de l'agriculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal et autour du lac de Guiers, ainsi que l'expansion du bassin arachidier a` l'ouest et au sud ont contribué à la réduction de l'espace pastoral du Ferlo (Toure 1997). La loi 64-46 du 17 juin 1964 a créé un vaste domaine national, puis les décrets fonciers de 1972 et de 1987 ont rendu effectif la gestion foncière des terres par les communautés rurales, mais ils ont privilégié la mise en valeur agricole aux dépens des activités pastorales (Caveriviére et Debene, 1988). Dans le contexte de la réforme du foncier en cours, l'enjeu est d'aider les élus

locaux à décrypter les intérêts et stratégies des acteurs pour procéder à des arbitrages plus cohérents dans le processus d'affectation des terres. Apriori, le pastoralisme n'est, en effet, pas suffisamment reconnu dans ce processus, puisque la notion même de mise en valeur des terres, qui prime dans toute décision d'affectation, privilégie l'habitat sédentaire et la culture fixée. Cependant, dans les communautés rurales à forte composante pastorale, ont pu négocier des accords durables d'usage des terres et d'accès à l'eau.

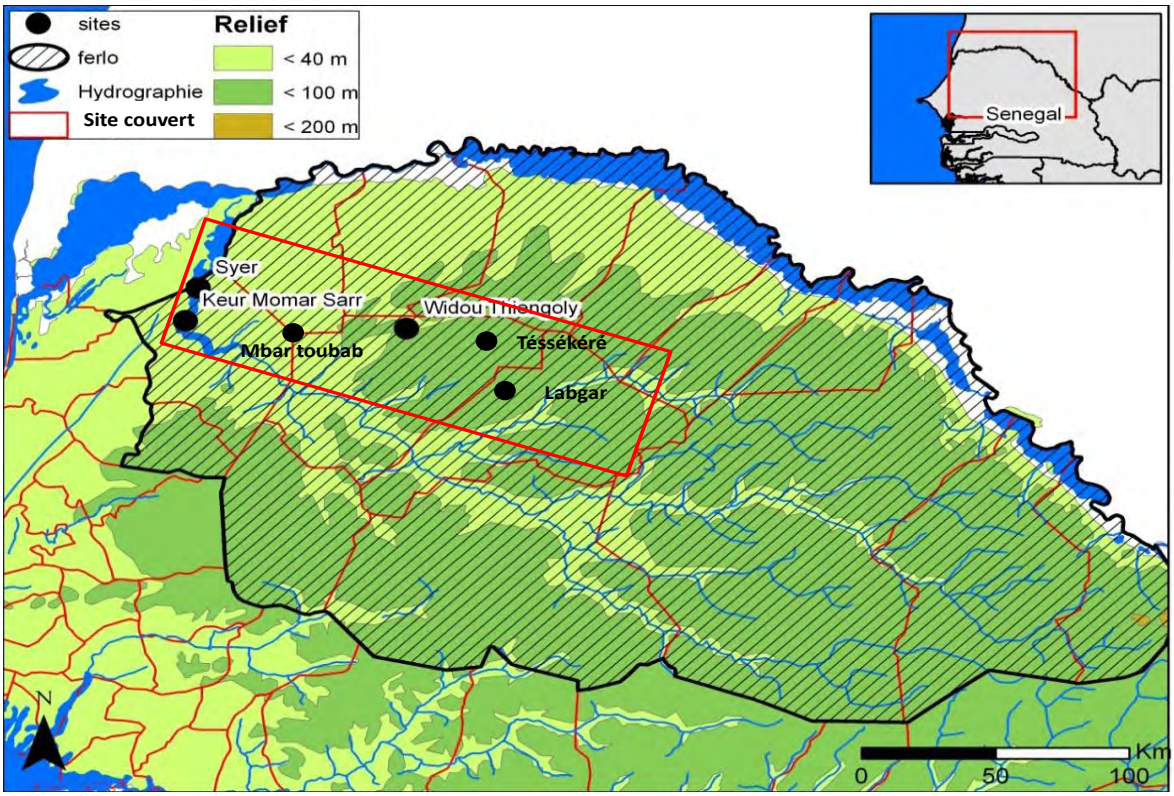


Figure 1. Situation géographique du Ferlo et des sites d'étude

1.1.2. Conditions climatiques

L'étude du climat présente un intérêt de tout premier plan dans la mesure où celui-ci constitue un facteur important dans la dynamique de l'espace et des ressources naturelles.

Le Ferlo appartient à la zone sahélienne caractérisée par une alternance d'une longue saison sèche allant d'octobre à juin et une courte saison des pluies entre juillet et septembre.

La pluviométrie est faible dans la zone du Ferlo. Elle atteint rarement 200 mm et est inégalement répartie dans le temps et dans l'espace. Les mois d'août et de septembre qui enregistrent les maxima pluviométriques sont considérés comme le cœur de la saison pluvieuse (Figure 2). En effet, c'est durant ces deux mois que la mousson envahit entièrement cette partie du pays. Durant la saison sèche, des pluies d'hiver (Heug) de faibles quantités sont enregistrées. Elles sont dues à l'invasion d'air d'origine polaire à l'intérieur du domaine

tropical. Ces pluies d'hiver apparaissent généralement pendant les mois de janvier et de février.

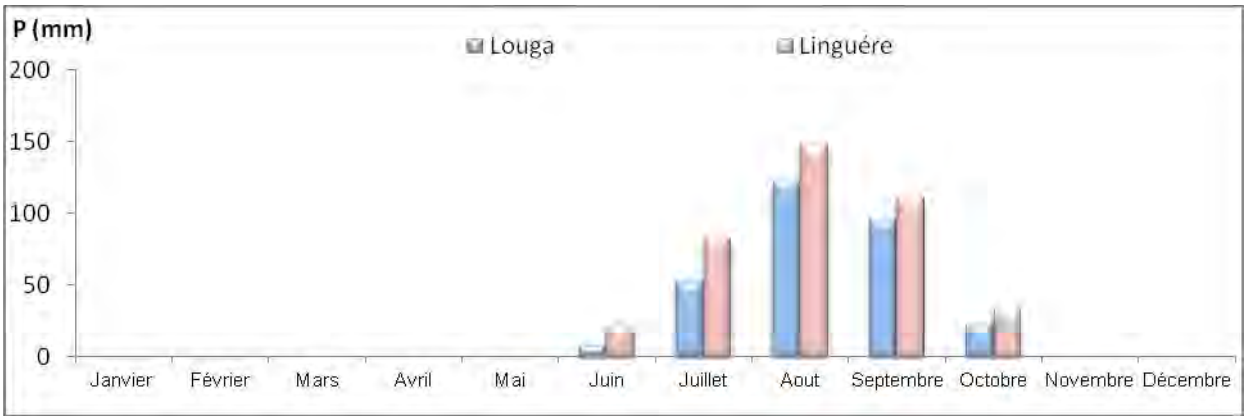


Figure 2. Evolution spatio-temporelle de la pluviométrie de 1964 à 2012

Le Ferlo est caractérisé avec une température moyenne annuelle très élevée (29,2° entre 1978 et 2012) et les mois les plus chauds sont les mois de mai et de juin. Les moyennes mensuelles varient de 24,8°C en janvier à 32,7°C en mai.

L'examen des températures de la station de Linguère (Figure 3), montre une évolution primordiale. En effet, les températures baissent de novembre à janvier. A partir du mois de mars jusqu'en mai-juin, on observe une hausse de cette dernière. De juillet à septembre, une seconde baise survient et dés octobre la tendance est à nouveau à la hausse.

En somme, la figure 3 montre une évolution très contrastée des températures. Cette étude des facteurs thermiques nous montre une variation saisonnière dans l'espace.

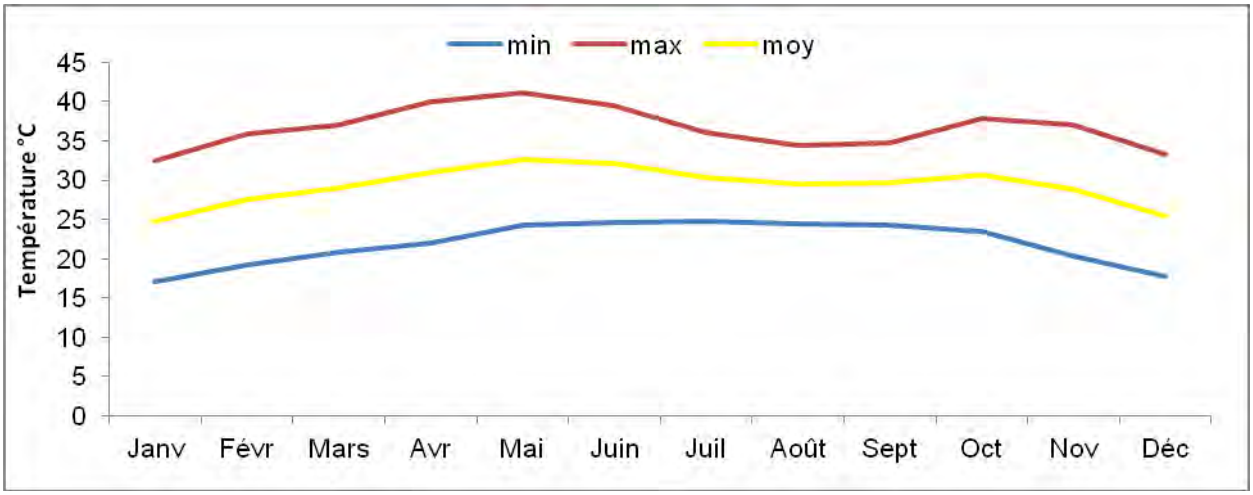


Figure 3. Evolution de la température à la station de Linguère de 1978 à 2012

L'humidité relative de l'air est assez faible avec une moyenne de 48,5% pour la même période. L'évolution mensuelle de l'humidité relative montre une dépendance vis-à-vis de la pluviosité. Les périodes d'humidité les plus élevés, se situent aux mois pluvieux..

L’évaporation est très élevée (1800 à 2200 mm/an) (N'diaye et al., 2014), ce qui témoigne des conditions climatiques extrêmes régnant dans la région. La moyenne mensuelle la plus élevée (10 mm) coïncident avec la période où l’harmattan souffle. Il en résulte une augmentation du pouvoir évaporant de l’air. D’ailleurs dès l’arrêt de l’harmattan et l’approche de l’hivernage, les vents de mousson prennent la relève. Il s’en suit une baisse continue de l’évaporation. Les valeurs les plus faibles sont observées pendant les mois les plus pluvieux. A partir d’octobre un accroissement assez significatif est noté, tendance qui se poursuit jusqu’en mars-avril.
L’insolation varie également entre un maximum en avril-mai et un minimum en septembre avec une moyenne de 8,3 heures/jour.

1.1.3. Géologie

1.1.3.1. Historique du Secondaire et du Tertiaire

La région étudiée fait partie de l'unité géologique du bassin sénégalo-mauritanien. Dans ce bassin, les sédiments se sont accumulés sur de grandes épaisseurs (une puissance de plusieurs milliers de mètres dans le Sénégal occidental, diminuant jusqu'à 400 à 600 m dans le Ferlo oriental).
A la fin du Tertiaire, les parties orientale et centrale du bassin sont totalement émergées. Nous avons une accumulation de dépôts continentaux de grès argileux appelée Continental terminal. Sous un climat humide, entre la fin du Tertiaire et le début du Quartenaire, la surface aplanie du Continental terminal subit un cuirassement (Michel et *al.,* 1969).

1.1.3.2. Historique du Quaternaire

La morphogénèse s'explique par une alternance de périodes sèches et de périodes humides, que l'on peut plus ou moins mettre en rapport avec des variations du niveau marin. Au cours de ces variations, il se forme des glacis étagés en plusieurs niveaux, par entailles successives du réseau hydrographique.
Au cours de la seconde période humide, des lacs se forment dans le Sahel, alimentés par les crues du fleuve ou par des émergences de la nappe phréatique. Il s'y dépose des calcaires lacustres. Le climat devenant ensuite plus sec, il se produit un épandage par action éolienne et un grand erg couvre le Ferlo septentrional.
Lors de la période humide suivante (40000 ans BP), les dunes subissent une pédogenèse.
Au Quaternaire récent, une grande période aride aboutit à la formation d'un nouvel erg. Ces dunes sont appelées « dunes rouges » (à cause d'une rubéfaction des horizons supérieurs). Ces cordons dunaires ont été remaniés en petits alignements.

Au cours d'une dernière phase de transgression marine (Nouakchottien), la mer s'avance dans la basse vallée du Sénégal et le sillon du Lac de Guiers.

1.1.4. L'hydrographie

Le Ferlo est une zone où le problème de l'eau constitue une des préoccupations fondamentales des populations (Ndiaye, 2013).

L'étude hydrographique de la zone repose sur deux points essentiels d'une part les eaux de surface et d'autre part, les eaux souterraines.

1.1.4.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont principalement représentées par les mares temporaires et le Lac de Guiers.

1.1.4.1.1. Les mares temporaires

Les eaux ruisselées au cours des fortes averses stagnent dans les dépressions sous forme de mares. Elles sont de dimensions très variables et portent toutes un nom local. Elles sont fonctionnelles que pendant l'hivernage et au début de la saison sèche. Cependant, elles disparaissent par évaporation dès les mois de décembre-janvier, cette dernière étant de l'ordre de 10 mm/jour en avril (Sarr, 2009). L'abreuvement des troupeaux et l'exploitation des mares par les populations contribuent davantage à diminuer le potentiel hydrique.

1.1.4.1.2. Le Lac de Guiers

C'est un véritable complexe hydraulique car les eaux du fleuve Sénégal s'y déversaient en période de crue par l'intermédiaire de la Taoué. Lors de la décrue, le mouvement inverse se produisait, les eaux du Lac refluaient dans la Taoué. En fin de saison sèche, le biseau salé du fleuve Sénégal remontait dans le Lac.

Dans la bordure méridionale du Lac, à Keur Momar Sarr a été construite une digue qui empêche la dispersion des eaux dans la vallée du Ferlo. La construction de cette digue (1956-57) répond aux préoccupations agricoles et humaines. Elle permet d'augmenter la réserve d'eau du Lac servant à l'irrigation du casier rizicole de Richard-Toll et à l'alimentation permanente de la région de Dakar en eau douce grâce au château d'eau installé à Gnit.

1.1.4.2. Les eaux souterraines

1.1.4.2.1. La nappe profonde du Maestrichtien

Elle couvre la presque totalité de la zone d'étude. Son faciès est essentiellement sableux à argilo-sableux, et son toit peut être atteint à une centaine de mètres et vers une limite supérieure de deux cents (200) mètres. Le niveau statique de la nappe dépasse rarement une

quarantaine de mètres. La profondeur des forages atteint rarement 300 mètres. De façon générale, il faut noter que dans le Ferlo, le niveau piézométrique s'abaisse rapidement. Au Sud-est de Linguère, le niveau de l'eau se situe à plus de 100 m de profondeur. Quant à la salinité des eaux, elle est signalée qu'au début de la vallée à partir de la digue de Keur Momar Sarr vers le sud des communautés rurales de Keur Momar Sarr et de Syer, elle baisse sensiblement et tourne autour d'une valeur moyenne de 0,6 g/litre. Dans la communauté rurale de Nguer Malal, une valeur moyenne de 2 g/litre est constatée. Plus au sud, entre la communauté rurale de Gandé et celle de Ouarkokh, la salinité de l'eau atteint rarement la limite supérieure de 1 g/litre; elle tourne autour d'une valeur moyenne de 0,7 g/litre, ce qui situe la qualité de l'eau à une potabilité moyenne.

1.1.4.2.2. Les nappes superficielles

Elles comprennent le continental Terminal, l'Eocène et le Paléocène. Le Continental terminal est ici constitué essentiellement par des sables alluvionnaires. Il présente un faciès sableux à argilo-sableux, et est exploité généralement grâce aux puits, dont les profondeurs dépassent rarement 40 m. La qualité de l'eau est particulièrement bonne. La remise en eau de la basse vallée du Ferlo a favorisé la recharge de la nappe superficielle, comme en témoigne les quelques puits réalisés dans les secteurs de Mbeuleukhé et de Mboula ; les populations n'utilisent plus que les 2/3 de la corde pour puiser l'eau. Quant aux formations calcaires de l'Éocène et du Paléocène, elles sont difficilement exploitables par les puits, en raison de leurs profondeurs qui peuvent atteindre une centaine de mètres. Leurs possibilités aquifères sont très réduites en raison de la nature argilo-marneuse du substratum, sauf en ce qui concerne les environs du secteur de Kamb et de Mbeuleukhé. Le nombre très réduit des ouvrages réalisés dans ces formations (moins de 6) ne permet pas jusqu'ici de tirer des conclusions intéressantes sur les caractéristiques hydrodynamiques de ces systèmes. Malgré toutes ces difficultés, villageois et pasteurs exploitaient traditionnellement ces nappes superficielles par des puits. C'est ce qui fait dire à plusieurs auteurs que jusqu'à la période de développement des forages (vers 1960), la carte de l'occupation humaine dans le Ferlo correspondait à la carte géologique. Autrement dit, les hommes s'installaient souvent dans des zones où la nappe d'eau n'était pas profonde pour leur permettre de creuser des puits ou puisards. Enfin, il faut souligner que les pluies ne suffisent pas à alimenter ces nappes profondes. Il s'ensuit que tout déficit pluviométrique, important et de courte durée, ou important et prolongé, tend à faire baisser le niveau de ces nappes. Il influe directement sur la végétation et notamment sur les ligneux. La dégradation du couvert végétal favorise, quant à elle, le ruissellement, et

contribue, ce qui n'est pas le moindre paradoxe, à assurer le bon remplissage des grandes mares en période de sécheresse (Courel, 1984).

1.1.5. Pédologie

Trois unités pédologiques peuvent ainsi être distinguées: le Ferlo sableux au nord, sablo-argileux au sud et le Ferlo latéritique à l'est et au nord-est. La partie nord sableuse du Ferlo est caractérisée par des sols du type iso humique brun-rouge et ferrugineux tropicaux peu lessivés. Ces sols sont pauvres en matières organiques, neutres a légèrement alcalins avec plus de 80% de sable dans leur texture (Sagne, 2002 et Ndiaye, 2013). La zone sablo-argileuse au sud est constituée de sols ferrugineux tropicaux non lessivés sur les dunes et lessivés sur les plateaux anciens et les buttes résiduelles, et de sols hydromorphes sur les bas de pente des vallées fossiles (Roselt, 2002). Ces sols renferment une meilleure teneur en matière organique et présentent des textures variant du sableux au limon argileux.

Le Ferlo latéritique à l'est et au nord-est, est caractérisé par les régosols gravillon et les lithosols sur cuirasse, situés respectivement au niveau des bas de pente et sur les pentes de la vallée du Ferlo. Ces sols pauvres, présentent une texture sableuse à sablo-limoneuse.

1.2. CADRE BIOTIQUE

1.2.1. La végétation

La végétation, du nord au sud de la zone, varie respectivement des steppes arbustives lâches devenant, par endroit, denses ou arborées, composées d'un mélange d'épineux et de combrétacées, aux savanes arbustives à combrétacées et à papilionacées. Cette végétation a fait l'objet d'études sectorielles nombreuses, parfois même très récentes à l'image de celle de Ndiaye et *al.,* (2014). Ces études permettent de connaitre la composition floristique de la zone et de comptabiliser les espèces qui dominent ce peuplement. Aussi, la majeure partie montre que *Balanites aegyptiaca, Calotropis procera* et *Boscia senegalensis* sont les espèces les plus fréquentes de la zone. Cette forte fréquence de ces espèces témoigne de leur résistance à la sécheresse qui sévit dans cette zone sahélienne depuis les années 1970 (N'dour, 1998).

Globalement, la végétation du Ferlo est scindée en une strate arborée et arborescente, en une strate des arbrisseaux et buissons et en dernier lieu en une strate herbacée (Ndiaye, 2013). La strate ligneuse (arbres, arbrisseaux et buissons), très abondante, est composée d'espèces telles que *Combretum glutinosum*, *Prosopis africana*, *Tamarindus indica*, les genres *Acacia*, *Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata*, *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, etc. L'essentiel de la strate herbacée est constituée de *Cenchrus biflorus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis* et *Zornia glochidiata*.

1.2.2. La faune

La faune est constituée essentiellement par de petits ruminants tels que les herbivores, les insectivores, les petits carnivores (chacal, reptiles…).

En se qui concerne l'avifaune, elle est très diversifiée et importante. En effet, le Lac de Guiers sert de relais pour quelques oiseaux paléoarstiques comme les canards durant leur migration vers le sud du continent. Le lac complète ainsi le triangle parc national des oiseaux de Djoudj-cuvette de Ndiaël pour la population aviaire.

La faune aquatique est aussi très diversifiée avec différentes espèces de poissons trouvés dans le Lac de Guiers et donc certains ont disparu à la suite de l'artificialisation du régime du Lac. Actuellement, le "Wass" et la "Katt" sont les espèces les plus importantes surtout en saison sèche. On peut aussi trouver d'autres espèces comme le "Waluss", le "Yass" et le "Mboor".

1.3. CADRE HUMAIN

1.3.1. La population

La population est essentiellement composée de peuls autochtones, (Diouf, 2011). A côté des Peuls, on rencontre dans la zone d'autres ethnies comme les Wolofs, les Maures et les Sérères.

La présence des Wolofs (Djolof Djolof) est très ancienne et remonte au royaume Wolof du Djolof, "il occupait approximativement l'actuel emplacement du département de Linguère" (Santoir, 1983). Les Wolofs et les Sérères se sont installés au Sud et au Nord-ouest et sont des agro-pasteurs qui possèdent de grands troupeaux de bovins et petits ruminants et cultivent des céréales et de l'arachide. Ils s'adonnent aussi au commerce et entretiennent avec les Peuls des rapports tantôt concurrentiels, tantôt complémentaires.

Le groupe Maure se serait installé dans la zone à la faveur du commerce qui les liait aux populations du Djolof depuis le 19ème siècle.

Selon le recensement de 1988 et les estimations de 2002, la population du Ferlo est de 836 000 habitants avec une densité moyenne de 16 hab/km². Les plus fortes densités sont enregistrées dans la partie ouest de la zone (parfois, 49 hab/km^2), ainsi qu'au nord et nord-est. Une diminution de la densité est notée au fur et à mesure que l'on s'éloigne du Walo (zone proche de la vallée du fleuve Sénégal), pour atteindre parfois 1 hab/km² dans la partie ferrugineuse à l'est (Diallo, 2011).

1.3.2. Les activités socio-économiques

Même si l'élevage est l'activité principale de la région, il est noté d'autres activités économiques dans la zone tel que : l'agriculture, la cueillette et la pêche.

1.3.2.1. L'élevage

Les Diéringkoobé ou Peulh du Djiéri occupent un espace plus étendu entre les bassins du fleuve Sénégal et de la Gambie d'une part, le Ferlo et L'atlantique d'autre part. C'est une région riche en pâturage où l'élevage est très important, surtout avec la mise en place des forages. Le cheptel a été estime dans le PNIR à 15 400 bovins, 39 100 ovins, 8000 caprins, 400 équins et 1900 asins mais ces chiffres ne sont certainement pas à prendre comme une réalité compte tenu de la réticence des populations locales à communiquer le nombre d'animaux qu'ils possèdent (PPZS, 2008). Le système d'élevage est du type extensif avec la pratique de la transhumance à une certaine période de l'année. En effet, pendant la saison sèche, les troupeaux partent à la recherche de pâturages frais et de points d'eau dans le Walo. En revanche, lors de la tombée des premières pluies, ils reviennent vers le Jeeri pour camper plus près des mares alimentées par les précipitations. Cette stratégie permet une bonne gestion des ressources naturelles car selon Barral (1982), cette exploitation alternée des parcours de dunes en hivernage et de zones en décrue pendant la saison sèche assure au bétail des pâturages verts et un «abreuvement» quotidien pendant presque toute l'année. Elle assure également une bonne politique de structuration de l'espace.

Les techniques de l'élevage ont tendance à s'améliorer de plus en plus avec les centres de recherches implantés dans la zone (CRZ de Dahra, par exemple).

1.3.2.2. L'agriculture

Associée où non à l'élevage, l'agriculture s'étend très rapidement au sud de la zone, avec l'avancée du front agricole et suite à la saturation du bassin arachidier. Le renforcement du pouvoir des collectivités locales (lois sur la décentralisation de 1973, 1996), s'est traduit avec l'arrivée des «colons Wolofs et Sérères», par une augmentation des terres de cultures attribuées dans le sud de la zone entre 1975-1979 et 1995-1999 (Diouf, 2011). Cette agriculture de rente est exercée principalement par les marabouts (58,4%) et les agriculteurs Wolofs où Sérères (32,1%) (Diouf, 2011). Aussi, limité au nord par la vallée et le delta du fleuve Sénégal, le Ferlo occidental, a subi des influences liées aux grands aménagements hydro-agricoles de la Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED). L'attirance réelle due aux activités rizicoles dans le delta et à l'établissement de périmètres irrigués villageois a entraîné la marginalisation des activités pastorales et a freiné les mouvements et les déplacements des transhumants dans cette partie. Cette situation est la conséquence d'activités agro-pastorales qui sont favorisées par l'ouverture d'une série de forages mécanisés dans les années 1950 (Ndiaye, 2013).

1.3.2.3. La cueillette

Elle a connu un recul notable à la suite de la dégradation subie par la végétation. Néanmoins, elle continue d'apporter une contribution significative à la vie économique et matérielle des populations du Ferlo. Innombrable sont les essences d'arbre dont on utilise fruits, feuilles, écorce ou bois (Bergeret et Ribot, 1990). Ils fournissent des aliments aussi bien que de la matière première utilisée par l'artisanat. Parmi les fruits les plus exploités, on retrouve le « bouy » (*Adansonia digitata*), le « sidem » (*Ziziphus mauritiana*), le « soump » (*Balanites aegyptiaca*), le « dakhaar » (*Tamarindus indica*) (Niang, 2009). Les pharmacopées traditionnelles y font abondamment appel, au même titre qu'à toutes les autres strates de la végétation (Niang, 2009). C'est cependant la collecte du bois (que l'on peut assimiler à une activité de cueillette) qui représente dans ce domaine le prélèvement le plus généralisé et le plus massif sur la végétation.

1.3.2.4. La pêche

Elle s'exerce comme activité d'appoint par les populations waalo waalo tout autour du Lac de Guiers. Elle est aussi pratiquée par les « Gaé-Gaé » venus du village de Gaé, situé au nord-est du Lac de Guiers.

Ce secteur a connu un essor, à partir des années 1957-1960, avec l'encadrement et l'organisation du service des eaux et forêts. Elle fournit des ressources alimentaires et des revenus précieux aux populations locales. On distingue trois catégories de pêcheurs :

- les professionnels qui s'adonnent exclusivement à la pêche comme activité, toute la production est vendue. Cette activité est l'œuvre des Gaé-Gaé et des Thioubalo ;
- les semi-professionnels cumulent la pêche avec d'autres activités comme l'agriculture et l'élevage. Ici, une partie de la production est commercialisée et le reste est autoconsommé,
- les occasionnels pratiquent la pêche en fonction de leur disponibilité et pour des besoins de consommation domestique.

Aujourd'hui, la pêche lacustre semble ralentie. Cela s'explique par les difficultés liées à l'inadaptation des engins mais surtout par l'envahissement de la surface lacustre par la végétation aquatique, en l'occurrence *Typha australis* qui, devient une véritable zone de refuge pour les poissons.

1.4 LES STATIONS D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans six villages du Ferlo caractérisés par une succession de dunes et de bas fonds peu accidentés. Il s'agit de Keur momar sarr, Syer, Mbar toubab, Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar (Figure 4). Leur choix se justifie par l'influence des différents projets,

l'installation des observatoires et l'importance des actions anthropiques liées surtout au surpâturage.

- Le site de Keur Momar Sarr appartient au communauté rurale et à l'arrondissement du dite nom. Cette communauté rurale est vaste de 817 km² pour une population de 12 017 habitants et une densité de 14,8 hbt/Km^2. Il est limité au nord par la communauté rurale de Ross Béthio, à l'est par la communauté rurale de Syer, au sud par la communauté rurale de Nguer Malal et à l'ouest par la communauté rurale de Sakal (Figure.2). Il est caractérisé par un relief plat parcouru par de petites formations dunaires orientées d'est en ouest et entrecoupées par des vallées peu profondes. Le climat de type sahélien est particulièrement marqué par une grande variabilité des précipitations d'une année à l'autre. Les températures moyennes annuelles sont élevées (Ce climat est influencé par le micro-climat du Lac de Guiers avec une maximale de 31,6°C en mai est et une minimale de 23,4°C en janvier).

- Les sites de Syer et Mbar toubab appartiennent à la communauté rurale de Syer, arrondissement de Keur Momar Sarr. Cette communauté rurale couvre une superficie de 777 km² pour une population de 3 272 habitants et est limitée au nord par les communautés rurales de Mbane et Nginh, à l'est par la communauté rurale de Mboula, au sud par la communauté rurale de Gande et à l'ouest par la communauté rurale de Keur Momar Sarr. Sur le plan climatique, les pluviométries moyennes annuelles dépassent rarement 300 mm alors que les températures moyennes connaissent des fluctuations au cours de l'année, et varient de 24°C à 32°C.

- Les sites de Widou thiengoly et Téssékéré appartiennent à la communauté rurale de Téssékéré Forage, arrondissement de Yang-Yang. Cette communauté rurale (CR) est vaste de 2 025 km² pour une population de 10 207 habitants et est limitée au nord par les CR de Fanaye et Guède village, à l'est par les CR de Labgar et Dodji, au sud par les CR de Ouarkhokh et Mbeuleukhé et à l'est par la CR de Mboula (Figure.4). Le climat est caractérisé par des températures moyennes de 27,7 °C et des précipitations annuelles moyennes sont de 357 mm.

- Le site de Labgar est une communauté rurale de l'arrondissement de Dodji qui couvre une superficie de 866,1 km². La population était estimée en 2011 à 7 539 habitants. Elle est limitée au nord par l'arrondissement de Gamadji Sarre, au sud par la communauté rurale de Dodji, à l'est par les CR de Louguéré Thiolly et Doumga lao et à l'ouest par la CR de Téssékéré Forage (Figure 4). Il reçoit en moyenne 359,08 mm de pluie par an et est caractérisé par des températures moyenne de 28°C.

La situation administrative et la géolocalisation des différents sites d'études sont mentionnées dans le Tableau I.

Tableau I. Situation administrative et géo-localisation des sites d'étude

Site	Code utilisé	Localisation	Nombre relevé	Coordonnées GPS
Keur Momar Sarr	Kms	Louga	20	N 15°57'872"; W 15°55'872"
Syer	Sr	Louga	20	N 16°06'081"; W 15°53'543"
Mbar toubab	Mt	Louga	20	N 16°00'982"; W 15°39'639"
Widou thiengoly	Wt	Linguère	20	N 15°58'545"; W 15°17'269"
Téssékéré	Ts	Linguère	20	N 15°51'58.8" W 15°05'40.8"
Labgar	Lg	Linguère	20	N 15°49'444" W 14°49'426"

1.5 ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION AU FERLO

Les acquis concernant l'histoire de la végétation du Ferlo reposent pour l'essentiel sur les travaux paléoenvironnementales, archéologiques et historiques conduits par Saos et *al.,* (1981) et Lézine (1986 et 1989). Il s'agit du seul travail effectué sur la longue durée dans cette zone.

En effet, l'histoire de la végétation du Ferlo semble jusqu'à présent très largement méconnu, aucun projet de recherche paléoécologique n'y a été conduit depuis ces travaux. Les seules mentions renseignant sur l'histoire de cette zone correspondent à des études ponctuelles d'enregistrement sédimentaire du lac de Guiers situé en périphérie occidentale de la zone d'étude.

Ces études montrent que la mangrove atteint son développement vers 5000 BP, ensuite elle fait place après 4800 BP, à un environnement d'eau douce puis se développe à nouveau après 3000 BP. Elles montrent aussi que les conditions et le paysage végétal actuel se mettent en place il y a plus de 2000 ans sur l'ensemble de la zone. Les taxons soudaniens disparaissent ou se raréfient au profit de ceux de type sahélien (Lézine, 1986 et 1989). Mais depuis cette transition brutale l'évolution de cette végétation sahélienne restent mal connues

Cette disparition des taxons de savane soudanienne compensée par le développement des taxons de formations herbeuses-boisées du Sahel témoigne ainsi d'une certaine détérioration climatique.

Certaines régions d'Afrique ont aussi fait l'objet de recherches relativement détaillées, comme dans le bassin du Tchad, l'intérieur delta du Niger, et le pays Dogon du Mali. On peut aussi cité l'étude au large du Cameroun et du delta du fleuve Congo (Marley et *al.,* 2015).

Toutes ces travaux témoignent ainsi cette assèchement climatique, débutant dans la deuxième moitié de l'Holocène. Ce phénomène est perçu aussi bien en Afrique orientale (Bonnefille, 1987; Vincens et *al.,* 1994 ; Vincens *et al.,* 2007) qu'en Afrique de l'Ouest et se traduit par un retrait des formations boisées au profit des milieux ouverts de savanes.

Tous ces résultats constituent le point de départ de notre étude. Elle doit être considérée comme une étape préliminaire au lancement d'un projet plus vaste qui se déroulera sur plusieurs années et dont le but est de concourir à développer une approche de rétro-observation des dynamiques socio-écologiques en zone sahélo-sénégalaise. Cette approche d'histoire de l'environnement qui privilégie la prise en compte de la longue durée comme échelle de reconstitution des trajectoires environnementales a pour ambition de donner un cadre temporel élargi aux dynamiques actuellement observées et par conséquent, de faciliter les démarches de modélisations qui pourraient être amenées à se développer ultérieurement. Leurs apports et lacunes, ressortent plusieurs constats et questions vives que nous chercherons à développer dans cette étude.

CHAPITRE 2 : ETAT ACTUEL DE LA VEGETATION LIGNEUSE DU FERLO

2.1. INTRODUCTION

Le Ferlo est une entité biogéographique définie en première instance par son climat tropical aride à semi-aride, contrôlé par la mousson du golfe de Guinée et l'harmattan sahélien (Akpo et *al.,* 2003).

L'économie de cette région est basée sur l'exploitation des ressources naturelles, en particulier la végétation. Celle-ci fournit le pâturage naturel pour l'alimentation du bétail et permet aux populations locales de subvenir à leurs besoins par l'exploitation de divers produits ligneux et non ligneux (Lukke, 2000).

Au cours de ces dernières décennies, ces écosystèmes sahéliens ont été confrontés à de nombreuses sécheresses, à l'accroissement démographique et à l'avancée du front agricole (Diouf et *al*., 2002).

Il s'en suit une forte dégradation liée d'une part à l'aridification caractérisée par une forte variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, et d'autre part aux activités humaines qui accentuent les effets des conditions climatiques, déjà défavorables (Bakhoum, 2013; Niang et *al*., 2014).

Cette dégradation se manifeste par des modifications de la composition floristique et de la structure de la végétation (Akpo, 1990). Ce qui peut entrainer une précarisation de plus en plus accentuée des conditions de vie des populations rurales qui sont les plus affectées par les effets de cette dégradation. Cette situation est fort préjudiciable aux conditions de vie des populations et à l'économie de cette zone (Diouf et *al.,* 2002).

C'est dans ce contexte de dégradation accélérée de ces écosystèmes sahéliens que ce chapitre a été redigé. L'objectif principal est d'évaluer la composition floristique et les caractéristiques structurales actuelles de la végétation de la zone du Ferlo, ce qui permettra d'apporter des informations nécessaires pour la gestion durable et rationnelle des ressources naturelles de cette région. Cette approche actuelle permettra aussi d'appréhender des paysages et des types de végétation proches de ceux qui auraient pu exister avant.

2.2. MATERIELS ET METHODE

2.2.1. Collecte des données

La méthode d'inventaire de végétation par approche dendrométrique a été utilisée pour cette étude. Elle a été ménée dans les sites de Keur Momar Sarr, Syer, Mbar toubab, Widou

thiengoly, Téssékéré et Labgar. Nous avons inventorié au total 120 placettes (soit 20 par site) (Figure 4), effectuées de manière stratifiée en tenant en considération la géomorphologie du milieu (plateaux, bas fonds, versants). La technique appliquée consiste à délimiter une placette de 2500 m^2 correspondant à l'aire minimale d'échantillonnage au Sahel (Akpo et *al.,* 2003).

Sur chaque placette préalablement délimitée, la liste floristique a été établie et des mesures effectuées sur tous les individus ayant une circonférence à 0,30 m supérieure à 10 cm. Les paramètres mesurés sont: la hauteur totale et la circonférence du tronc et celui de la couronne des arbres dans les deux directions (est-ouest et nord-sud) et la distance entre les individus.

Aussi, les individus dont la circonférence basale est inférieure à 10 cm ont été répertoriés afin de déterminer le taux de régénération des peuplements. Il s'agit ici de jeunes individus issus de la germination de graine ou régénération par semis.

Enfin, les individus coupés ou morts sur pieds ont été recensés afin d'étudier le niveau d'anthropisation du milieu.

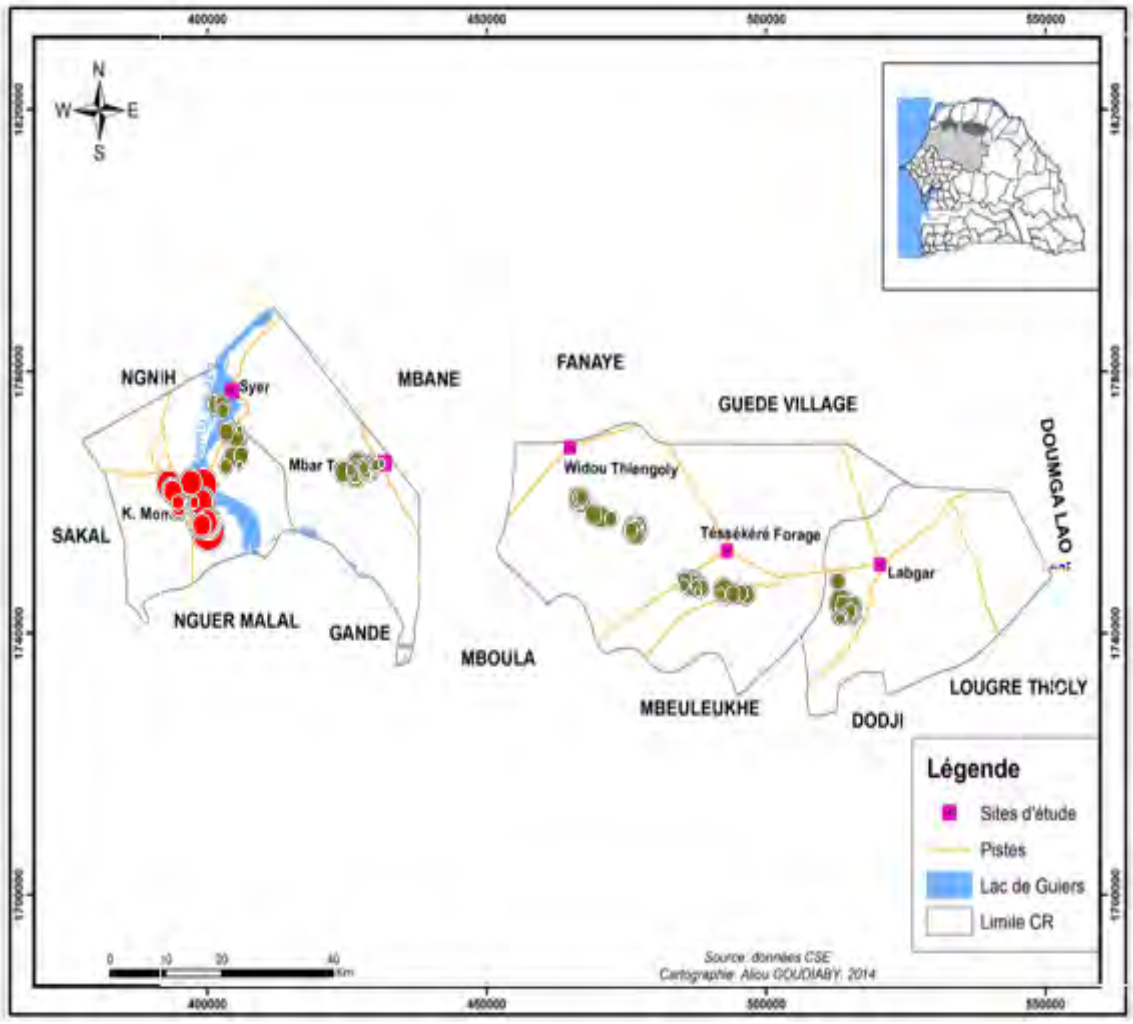


Figure 4. Répartition des relevés de végétations dans les sites d'étude

La détermination floristique s'est appuyée sur la Flore du Sénégal (Berhaut, 1967) et sur la classification APGIII (Angiosperm Phylogeny Group) version 2009. L'actualisation des synonymies a été réalisée à partir de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale (Lebrun & Stork, 1997) et de l'ouvrage d'Arbonnier (2000).

2.2.2. Traitement des données

Au laboratoire, les données ont été traitées à l'aide du tableur Excel (Microsoft Word, 2010). La diversité floristique ainsi que les caractéristiques structurales ont été appréciées.

2.2.2.1. Composition et diversité floristique

Les données collectées ont été analysées et la liste floristique a été établie en utilisant la répartition des espèces dans les différents groupes taxonomiques (espèces, genres, familles).

La diversité floristique a été évaluée par la richesse spécifique et les indices de Shannon et Weaver (H'), de valeur d'importance (IVI) et de Jaccard.

- La richesse spécifique (S) est le nombre total d'espèces de la communauté étudiée. Elle est évaluée à partir de la richesse spécifique totale et la richesse spécifique moyenne.

La richesse spécifique totale (RST) est le nombre total d'espèces que comporte un peuplement donné (Ramade, 1993).

La richesse spécifique moyenne correspond au nombre moyen d'espèces par relevé pour un échantillon donné.

- L'indice de Shannon et Weaver prend en compte l'abondance relative des espèces et est calculé par la formule suivante:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (\frac{Ni}{N} Log \frac{Ni}{N})$$

Ni représente le nombre d'individus de l'espèce i et N le nombre total d'individus toutes espèces confondues. Un indice de Shannon élevé correspond à une communauté diversifiée (Ndiaye, 2013).

Il est associé à l'indice de régularité (R) donné par la relation suivante:

$$R = \frac{\mathrm{H}}{\log 2\mathrm{S}}$$

H= indice de Shannon; $\log_2$= logarithme à base 2 et S= richesse spécifique totale. R est minimal (0) quand une seule espèce domine tout le peuplement et maximal (1) lorsque les espèces ont une abondance identique.

- L'importance écologique (IVI) est un indice combinant les valeurs de trois paramètres: la fréquence relative, la dominance relative et la densité relative de chaque espèce. Cette indice

donne des informations sur l'effectif, la distribution et l'importance en fonction de la surface terrière de chaque espèce (Nusbaumer et *al*., 2005). C'est un indice caractéristique de l'importance de chaque espèce au sein d'un biotope (Vroh et *al*., 2010). Il se calcul à travers la formule suivante:

$$\boldsymbol{IVI = FR + DoR + DeR}$$

La fréquence relative (FR) se calcule par le rapport de la fréquence spécifique (Fi) sur la somme des fréquences spécifiques toutes espèces confondues (F).

$$\mathbf{FR} = \frac{\mathbf{Fi}}{\mathbf{F}} \times \mathbf{100}$$

La fréquence spécifique d'une espèce est le nombre de points où cette espèce a été rencontrée (Lamotte, 1962). Elle exprime la présence ou l'absence de l'espèce et est donnée par la formule suivante:

$$\mathbf{Fi} = \frac{\mathbf{Nombre\ de\ relev\ s\ dans\ les\ quels\ l\ esp\grave{e}ce\ est\ pr\ sente}}{\mathbf{Nombre\ total\ de\ relev\ s}} \times \mathbf{100}$$

La densité ou abondance relative (Der) est donnée par le rapport du nombre d'individus de l'espèce (Ni) sur le nombre total d'individus toutes espèces confondues (N):

$$\mathbf{Der} = \frac{\mathbf{Ni}}{\mathbf{N}} \times \mathbf{100}$$

La dominance relative (Dor) est obtenue, par le rapport de la surface terrière spécifique (Ste) sur la somme des surfaces terrières de tous les individus du peuplement (St):

$$\mathbf{Dor} = \frac{\mathbf{Ste}}{\mathbf{St}} \times \mathbf{100}$$

- L'indice de Jaccard ou indice de communauté est parmi les plus fréquemment utilisées en écologie et en biogéographie. Cet indice est utilisé pour évaluer la similitude floristique entre les différentes stations d'études (Sorensen, 1948). La compréhension du calcul de cet indice mesurant la similarité entre ces deux stations peut être facilitée par le tableau II:

Tableau II. Attributs binaires dans deux stations

Nombre d'espèces	Station 2		
Station 1		1	0
	1	a	b
	0	c	D

Avec **a** = le nombre d'espèces présentes dans les deux stations (1-1), **b** et **c** = les nombres d'espèces absentes d'un des deux stations (1-0 et 0-1) et **d** le nombre d'espèces absentes de ces deux stations, mais peut être présentes dans d'autres stations (0-0).

Ainsi, la mesure de la similarité peut se calculer par la formule suivante : **S= a / (a+b+c)**

La valeur de l'indice est sans unité et toujours comprise entre 0 et 1. Elle est égale à 0 lorsque les deux stations ne présentent aucune similarité. Par contre, elle est égale à 1, si les deux stations sont totalement identiques. Donc, il est d'autant plus important que les deux stations sont similaires.

2.2.2.2. Structure du peuplement ligneux

Un certain nombre de paramètres écologiques tels que la densité, le surface terrière, le couvert aérien et la distribution des individus en fonction des classes de hauteurs et de circonférence ont été évalués, afin de caractériser la structure actuelle du peuplement ligneux de la zone.

- La densité permet de caractériser l'abondance par site et par espèce. Elle est exprimée en nombre d'individus par hectare (ind/ha.) et est évaluée selon la formule suivante:

$$\boldsymbol{Densit\ \ (ind/ha)} = \frac{\textbf{Nombre d individus (dont le tronc\ \ la base est sup\ rieur\ \ 10cm)}}{\textbf{Surface\ \ chantillonn\ e (hectare)}}$$

Théoriquement, elle est obtenue à partir de la distance moyenne (dmoy) entre les arbres en utilisant la relation de Wouters et Notelaers (1999).

$$\textbf{Densit\ \ thèorique (ind/ha)} = \frac{\textbf{10000}}{\textbf{(dmoy)}}$$

- La surface terrière désigne l'aire d'encrage (évaluée à la base) d'un individu (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002). Elle est exprimée en mètres carrés par hectare (m^2/ ha) et obtenue par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Ste} = \sum \frac{\mathbf{C^2}}{\mathbf{4\pi}}$$

Avec Ste = surface terrière ; C = circonférence du tronc a 0,3 m du sol.

La surface terrière de chaque espèce est obtenue en faisant la somme des surfaces terrières de tous ses individus dont la circonférence basale (C) est supérieure ou égale à 10 cm.

- Le couvert aérien correspond à la surface de la couronne (Sc) en m²/ha, c'est-à-dire l'aire de projection verticale de la cime de l'arbre au sol. Elle s'obtient pour une espèce par la somme de la surface de couronne de tous ses individus:

$$\mathbf{Sc} = \sum \frac{\mathbf{\pi D}}{\mathbf{4}}$$

Sc = surface de la couronne, D= représente la moyenne des diamètres du houppier (Est/Ouest et Nord/Sud).

Des procédures Minitab et SAS relatives à la construction des structures horizontale et verticale et à leur ajustement à la distribution théorique de Weibull sont utilisés afin d'étudier la répartition des individus selon la hauteur et la grosseur.

2.2.2.3. Variation floristique du peuplement ligneux

Les 120 relevés ont été traités par l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). L"AFC permet de traiter les tableaux de contingence et offre la double représentativité des données où espèces et variables sont représentés dans le même espace vectoriel sans déformation (principe de l'équivalence distributionnelle). On représente graphiquement les résultats de l'AFC en dressant des nuances de points sur différents axes définissant des plans de projections. Sur ces derniers, s'individualisent des groupes de relevés présentant entre eux plus d'affinités qu'ils n'en ont pour leurs voisins et se trouvent réunies par des espèces plus souvent associées entre elles qu'elles ne le sont avec d'autres.

2.2.2.4. Capacité de régénération du peuplement

La régénération des espèces a été évaluée par un comptage des individus juvéniles à l'intérieur des placettes. Tout individu dont la circonférence du tronc à 0,30 m du sol est inferieure à 10 cm est considéré comme rejet.

Les capacités de régénération du peuplement et de chaque site ont été appréciées par le calcul du taux de régénération du peuplement (TRP) et des importances spécifiques de régénération (ISR).

Le taux de régénération du peuplement est donné par le rapport en pourcentage entre l'effectif total des jeunes plants et l'effectif total du peuplement (Poupon, 1980):

$$TRP = \frac{Effectif\ total\ des\ jeunes\ plants}{Effectif\ total\ du\ peuplement} x\ 100$$

L'effectif total du peuplement regroupant aussi bien les jeunes plants que les plantes adultes.

L'importance spécifique de régénération est quant à elle obtenue à partir du rapport en pourcentage entre l'effectif des jeunes plants d'une espèce et l'effectif de jeunes plants dénombrés (Akpo et *al.,* 1996):

$$ISR = \frac{Effectif\ des\ jeunes\ plants\ d'une\ espèces}{Effectif\ total\ des\ jeunes\ plants\ dénombrés} x\ 100$$

2.3. RESULTATS

2.3.1. Composition floristique

La flore ligneuse inventoriée dans l'ensemble des sites est riche de 38 espèces appartenant à 30 genres et 18 familles (Tableau III). Les familles les plus représentés sont:

-Les Fabacées, riches de 9 espèces relevant de 5 genres différents : *Acacia nilotica, Acacia pennata, Acacia raddiana, Acacia seyal, Acacia senegal, Bauhinia rufescens, Dalbergia melanoxylon, Faidherbia albida* et *Prosopis glandulosa.*

-Les Combrétacées avec 7 espèces regroupées en 4 genres: *Combretum aculeatum, Combretum glutinosum, Combretum micrantum, Combretum nigricans, Anogeisus leiocarpus, Guierra senegalensis* et *Faidherbia albida.*

-Les Capparacées, composées de 3 espèces regroupées en 3 genres: *Cadaba farinosa, Boscia senegalensis et Mareya cracifolia.*

Tableau III. Répartition des espèces dans les différents groupes taxonomiques

Familles	Genres	Espèces	1	2	3	4	5	6
Anacardiacées	*Sclerocarya*	*birrea* (A.Rich.) Hochst.			+	+	+	+
Asclépiadacées	*Leptadenia*	*hastata* (Pers.) Decne.	+	+	+	+	+	+
		pyrotechnica (Forssk.) Decne.	+	+	+	+		
Apocynacées	*Adenium*	*obesum* (Forssk.)Roem. & Schult.			+		+	+
	Calotropis	*procera* W.T.Aiton		+	+	+	+	+
Bignoniacées	*Stereospermum*	*kunthianum* Cham.				+		
Bombacacées	*Adansonia*	*digitata* L.	+	+	+		+	+
Burseracées	*Commiphora*	*africana* (A.Rich.) Engl.				+		+
Combrétacées	*Anogeissus*	*leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr.			+	+		
	Combretum	*aculeatum* Vent.				+		+
		glutinosum auct.		+	+	+	+	+
		micrantum G.Don						+
		nigricans Lepr. ex Guill. & Perr.						+
	Guiera	*senegalensis* J.F.Gmel.			+	+	+	+
	Terminalia	*avicennioides* Gill. & Perr.			+			
Capparacées	*Cadaba*	*farinosa* Forssk.	+	+				
	Boscia	*senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir.			+	+	+	+
	Mareya	*cracifolia* Forssk.			+			
Euphorbiacées	*Jatropha*	*chevalieri* Beille			+		+	
Fabacées	*Acacia*	*nilotica* (L.) Delile	+		+		+	+
		pennata auct.						+
		tortilis var raddiana Forssk.	+	+	+		+	+
		senegal (L.) Willd.	+	+	+	+	+	+
		seyal auct.	+	+		+	+	+
	Bauhinia	*rufescens* Lam.		+			+	
	Dalbergia	*melanoxylon* Guill. & Perr.				+	+	+
	Faidherbia	*albida* (Delile) A.Chev			+			

	Prosopis	*glandulosa* Torr.	+	+				
Menispermacées	*Cocolus*	*pendulus* (J. R. Forst. & G.Forst.)		+				
	Tinospora	*bakis* (A.Rich.) Miers	+			+		
Rhamnacées	*Ziziphus*	*mauritiana* auct.		+	+		+	+
Rubiacées	*Mitragyna*	*inermis* (Willd.) K. Schum.		+				
	Feretia	*apodanthera* Delile				+		+
Salvadoracées	*Salvadora*	*persica L.*	+	+				
Sterculiacées	*Sterculia*	*setigera* Delile				+	+	
Tamaricacées	*Tamarix*	*senegalensis DC.*	+	+				
Tiliacées	*Grewia*	*bicolor* Juss.				+	+	+
Zygophyllacées	*Balanites*	*aegyptiaca* (L.) Delile	+	+	+	+	+	+

(1. Keur Momar Sarr **2.** Syer **3.** Mbar toubab **4.** Widou Thiengoly **5.** Téssékéré **6.** Labgar**)**

Le site de Widou thiengoly (22 espèces, 16 genres et 12 familles) est plus riche, suivi de Téssékéré (19 espèces, 16 genres et 11 familles), Labgar (19 espèces, 16 genres et 9 familles), Mbar toubab (19 espèces, 15 genres et 12 familles), Syer (17 espèces, 14 genres et 11 familles) et Keur Momar Sarr (13 espèces, 9genres et 8 familles).

Les espèces *Combretum micrantum, Combretum nigricans* et *Acacia pennata* ont été uniquement recensées à Labgar. *Faidherbia albida* et *Maerya cracifolia* ne sont rencontrées qu'à Mbar toubab. Par contre *Coculus pendulus* et *Mitragyna inermis* sont uniquement retrouvées à Syer.

Globalement le plus grand nombre d'espèces ont été recensé à Widou thiengoly (22 espèces), Téssékéré, Labgar et Mbar toubab (19 espèces).

2.3.2 Analyse fréquentielle

Les fréquences de présence ou fréquences centésimales des espèces ligneuses sont représentées dans le tableau IV:

Tableau IV. Fréquences de présence des espèces ligneuses

Espèces	Kms	Sr	Mt	Wt	Ts	Lg	Peupl
Acacia nilotica	15	10	15	0	20	5	11
Acacia pennata	0	0	0	0	0	5	1
Acacia raddiana	100	100	30	0	30	35	50
Acacia senegal	15	15	25	10	20	15	17
Acacia seyal	5	10	0	5	15	15	8
Adansonia digitata	10	5	15	0	10	15	10
Adenium obesum	0	0	20	0	5	15	7
Anogeisus leiocarpus	0	0	10	5	0	0	3
Balanites aegyptiaca	100	100	40	80	25	100	75
Bauhinia rufescens	0	5	0	0	5	0	2
Boscia senegalensis	0	0	100	70	100	75	75
Cadaba farinosa	5	5	0	0	0	0	2
Calotropis procera	0	40	70	100	80	25	51

Coculus pendulus	0	15	0	0	0	0	3
Combretum aculeatum	0	0	0	5	0	5	2
Combretum glutinosum	0	10	10	5	15	5	8
Combretum micrantum	0	0	0	0	5	5	2
Combretum nigricans	0	0	0	0	0	5	1
Commiphora africana	0	0	0	5	0	10	3
Dalbergia melanoxylon	0	0	0	5	0	20	4
Feretia apodanthera	0	0	0	15	0	15	5
Faidherbia albida	0	0	5	0	0	0	1
Grewia bicolor	0	0	0	15	10	35	10
Guiera senegalensis	0	0	10	25	10	5	8
Jatropha chevalieri	0	0	60	0	10	0	12
Leptadenia hastata	70	70	50	40	60	65	58
Leptadenia pyrotechnica	35	45	25	15	0	0	20
Mareya crassifolia	0	0	5	0	0	0	1
Mitragyna inermis	0	5	0	0	0	0	1
Sclerocarya birrea	0	0	10	60	55	10	23
Sterculia setigera	0	0	0	5	5	0	2
Stereospermum kunthianum	0	0	0	5	0	0	1
Salvadora persica	15	20	0	0	0	0	6
Tinospora bakis	10	30	0	5	0	0	8
Terminalia avicennioides	0	0	5	0	0	0	1
Prosopis glandulosa	20	5	0	0	0	0	4
Tamarix senegalensis	10	5	0	0	0	0	3
Ziziphus mauritiana	0	30	5	0	5	15	9

Dans la zone du Ferlo, *Balanites aegyptiaca* (75%), *Boscia senegalensis* (75%), *Leptadenia hastata* (58%), *Calotropis procera* (51%) et *Acacia raddiana* (50%) sont les taxons les plus fréquentes.

A Keur Momar Sarr, *Acacia raddiana* et *Balanites aegyptiaca* ont été rencontrées dans tous les relevés, suivies de *Leptadenia hastata* (70%) et de *Leptadenia pyrotechnica* (35%).

A Syer, nous avons toujours *Acacia raddiana* et *Balanites aegyptiaca* dans tous les relevés suivie de *Leptadenia hastata* (70%), *Leptadenia pyrotechnica* (45%) et *Calotropis procera* (40%).

A Mbar toubab, *Boscia senegalensis* (100%) est l'espèce la plus fréquente suivie de *Calotropis procera* (70%), *Jatropha chevalieri* (60%) et *Leptadenia pyrotechnica* (50%).

A Widou Thiengoly, seule *Calotropis procera* a été rencontrée dans tous les relevés, suivies de *Balanites aegyptiaca* (80%), *Boscia senegalensis* (70%), *Sclerocarya birrea* (60%) *et leptadenia hastata* (40%).

A Téssékéré, *Boscia senegalensis* est présente dans tous les relevés suivie de *Calotropis procera* (80%), *Leptadenia hastata* (60%) et *Sclerocarya birrea* (55%) .

Enfin, à Labgar*, Balanites aegyptiaca* (100%), *Boscia senegalensis* (75%) et *Leptadenia hastata* (65%) sont plus fréquentes.

2.3.3. Diversité floristique

Les valeurs des indices de diversité de Shannon obtenues n'ont pas trop variés en fonction des sites. Il est de 2,84 bits pour toute la zone et est plus faible à Téssékéré (2,20 bits) et plus élevé à Mbar toubab (2,50 bits).

L'indice de Régularité suit la même tendance. Il est de 0,55 dans toute la zone, plus élevé à Mbar toubab (0,59) et plus faible à Téssékéré (0,51). Ceci confirme que le peuplement ligneux est plus diversifié à Mbar toubab et moins diversifié à Téssékéré (Tableau V).

Tableau V. Diversité floristique des différents sites et de la zone du Ferlo

Paramètres de diversité	K M. S	Sr	Mt	Wt	Ts	Lr	Ferlo
Richesse spécifique	13	17	19	22	19	19	38
Indice de Shannon (bits)	2,21	2,23	2,5	2,35	2,20	2,42	2,84
Indice de Régularité (S.U)	0,57	0,54	0,59	0,55	0,51	0,53	0,55

2.3.4 Importance écologique des espèces

Les espèces qui présentent des valeurs d'importance écologique élevées sont par ordre croissant: *Balanites aegyptiaca* (63,5), *Boscia senegalensis* (42,9), *Calotropis procera* (35,3), *Acacia raddiana* (31,2), *Adansonia digitata* (26), *Leptadenia hastata* (21,4) *et Sclerocarya birrea* (10,6).

En fonction des sites, l'analyse montre la prépondérance de ces mêmes taxons dans un ordre différent. A Keur Momar Sarr et Syer, *Balanites aegyptiaca, Acacia raddiana* et *Leptadenia hastata* ont des valeurs d'importance écologique plus élevées. Par contre à Mbar toubab, Téssékéré et Labgar, *Boscia senegalensis, Balanites aegyptiaca, Calotropis procera* et *Adansonia digitata* sont les taxons les plus importants. Enfin, à Widou Thiengoly, les espéces qui présentes une plus grande importance écologique sont: *Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera* et *Sclerocarya birrea;*

La présence et/ou l'absence de certaines espèces prépondérantes dans quelques sites a été constatée. En effet *Acacia raddiana* n'a pas été recensée à Widou thiengoly. Les espèces *Boscia senegalensis*, *Sclerocarya birrea* et *Calotropis procera* n'ont pas été recensées à Keur Momar Sarr (Tableau VI).

Tableau VI. Importance Value Index (IVI) des espèces dans les stations

Espèces	Kms	Sr	Mt	Wt	Ts	Lg
Acacia nilotica	4,66	2	4,1	0,00	11,42	1,24
Acacia pennata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35
Acacia raddiana	78,4	80,75	8,18	0,00	8,9	11,14
Acacia senegal	11,96	4,11	9,6	2,9	5,22	3,9
Acacia seyal	1,26	2,63	0.00	1,6	4,9	4,5
Adansonia digitata	25,77	10,4	37,6	0,00	30,2	52,1
Adenium obesum	0,00	0,00	12,55	0,00	1,83	7,6
Anogeisus leiocarpus	0,00	0,00	10,46	7,2	0,00	0,00
Balanites aegyptiaca	93,4	94,12	13,34	94,2	13,25	72,7
Bauhinia rufescens	0,00	1,13	0,00	0,00	2,33	0,00
Boscia senegalensis	0,00	0,00	85,6	38,3	64,6	68,6
Cadaba farinosa	2,22	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Calotropis procera	0,00	8,23	41,42	64,2	89	8,82
Coculus pendulus	0,00	3,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Combretum aculeatum	0,00	0,00	0,00	1,28	0,00	1,3
Combretum glutinosum	0,00	5,13	5,1	1,6	4,8	2,9
Combretum micrantum	0,00	0,00	0,00	0,00	2,63	1,55
Combretum nigricans	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23
Commiphora africana	0,00	0,00	0,00	1,24	0,00	2,56
Dalbergia melanoxylon	0,00	0,00	0,00	1,4	0,00	7,2
Feretia apodanthera	0,00	0,00	0,00	7,4	0,00	3,9
Faidherbia albida	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00
Grewia bicolor	0,00	0,00	0,00	5	2,6	13,8
Guiera senegalensis	0,00	0,00	3,55	8,3	4,6	1,9
Jatropha chevalieri	0,00	0,00	27,8	0,00	3	0,00
Leptadenia hastata	31,7	13,96	28,4	12,1	21,3	21,3
Leptadenia pyrotechnica	15,6	16,73	6,05	3,7	0,00	0,00
Mareya crassifolia	0,00	0,00	1,2	0,00	0,00	0,00
Mitragyna inermis	0,00	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Sclerocarya birrea	0,00	0,00	2,74	32,12	24,74	3,9
Sterculia setigera	0,00	0,00	0,00	2	4,73	0,00
Stereospermum kunthianum	0,00	0,00	0,00	13,2	0,00	0,00
Salvadora persica	4,91	5,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Tinospora bakis	2,65	0,00	0,00	1,34	0,00	0,00
Terminalia avicennioides	0,00	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00
Prosopis glandulosa	5,5	2,8	0,00	0,00	0,00	0,00
Tamarix senegalensis	5,44	6,6	0,00	0,00	0,00	0,00
Ziziphus mauritiana	0,00	8,31	1,23	0,00	1,29	5,5

2.3.5. Similitude entre les sites

Le degré de similitude interstation a été apprécié par l'indice de Jaccard (Tableau VII). Labgar et Téssékéré sont les sites les plus semblables (64%), alors que Widou et Keur Momar Sarr sont ceux qui sont moins similaires (23%). Les stations de Syer et Keur Momar (58%), Téssékéré et Mbar toubab (58%), Labgar et Widou thiengoly (52%) présentent aussi de

grande similitude entre elles. Le nombre important d'espèces communes entre ces sites explique ce résultat.

Tableau VII. Similitude entre les différentes localités échantillonnées du Ferlo

Stations	Keur Momar Sarr	Syer	Mbar toubab	Widou thiengoly
Syer	58			
Mbar toubab	28	33		
Widou thiengoly	23	24	36	
Téssékéré	28	37	58	46
Labgar	27	30	46	52

2.3.6. Caractéristiques structurales

2.3.6.1. Densité du peuplement

Au total, 2998 individus ont été répertoriés soit une densité de 100,22 individus à l'hectare. En fonction des sites, les densités réelles sont de 76 ind/ha à Keur Momar Sarr, 77 ind/ha à Syer, 107 ind/ha à Mbar toubab, 119 ind/ha à Widou thiengoly, 121 ind/ha à Téssékéré et 99 ind/ha à Labgar.

Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera et *Acacia raddiana* sont les taxons les plus abondants. Elles représentent 80% des individus recensés, avec des densités respectives de 25 ind/ha, 23 ind/ha, 22 ind/ha et 10 ind/ha.

La distance moyenne entre individus est de 7 m à Keur Momar Sarr, 6,9 m à Syer, 5,2m à Mbar toubab, 6,8m à Widou Thiengoly, 5,3m à Téssékéré et 6,1m Labgar donnant ainsi respectivement des densités théoriques de 204,1 arbres/ha, 210 arbres/ha, 365 arbres/ha, 216,3 arbres/ha, 356 arbres/ha et 268,7 arbres/ha (Tableau VIII).

2.3.6.2. Surface terrière

La surface terrière à l'échelle du peuplement est de 27,45 m²/ha. Elle a variée de 5,4 m²/ha (à Labgar) à 3,2 m²/ha (à Syer) et est égale à 5 m²/ha à Widou thiengoly, 4,8 m²/ha à Keur Momar Sarr, 4,6 m²/ha à Téssékéré et 4,5 m²/ha à Mbar toubab. Ainsi, les espèces qui dominent dans la zone sont: *Adansonia digitata, Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera* et *Leptadenia hastata.*

Les taxons dominants par site sont :

A Keur Momar Sarr: *Balanites aegyptiaca, Adansonia digitata* et *Acacia raddiana,* dont les surfaces terrières sont respectivement 1,42 m²/ha, 1,12 m²/ha et 0,72 m²/ha.

A Syer: *Balanites aegyptiaca* occupe 0,72 m²/ha, suivi de *Acacia raddiana* (0,42 m²/ha) et *Adansonia digitata* (0,3 m²/ha).

A Mbar toubab: *Adansonia digitata, Boscia senegalensis* et *Leptadenia hastata* sont dominantes avec des surfaces terrières respectives de 3,03 m²/ha, 1,6 m²/ha et 1,44 m²/ha.

A Widou thiengoly: *Balanites aegyptiaca* (2 m²/ha), *Sclerocarya birrea* (0,70 m²/ha), *Calotropis procera* et *Stereospermum kunthianum* (0,60 m²/ha) sont plus importantes.

A Téssékéré: *Adansonia digitata, Calotropis procera* et *Boscia senegalensis*ont des surfaces terrières respectives de 1 m²/ha, 0,8 m²/ha et 0,5 m²/ha;

Enfin à Labgar : *Adansonia digitata* (3,03m²/ha), *Boscia senegalensis* (1,6 m²/ha) et *Leptadenia hastata* (1,44 m²/ha) sont prépondérantes (Tableau VIII).

2.3.6.3. Couvert aérien

Le couvert aérien est de 7112,66 m²/ha pour le Ferlo soit 12,03% de la surface totale échantillonnée (voir tableau dans les annexes). Il est de 1273,4 m²/ha à Keur Momar Sarr soit une couverture de 13%. Par contre, il est de 750 m²/ha et de 857,35 m²/ha respectivement à Syer et Mbar toubab, où les surfaces échantillonnées ont couverts seulement à 9 et 9,3%. Il en est de même à Téssékéré où seulement 10% est couvert, soit un recouvrement de 951,31 m²/ha. En fin à Widou Thiengoly et Labgar, les recouvrements aériens un peu plus élevés, sont respectivement de 1926,3 et 1354,3 m²/ha soit 16,5 et 14% de la superficie totale échantillonnée.

Ce recouvrement aérien a varié de 0,5 m²/ha pour *Acacia pennata* à 1826,10 m²/ha pour *Balanites aegyptiaca* avec une moyenne de 181,53 m²/ha. Donc sur les 38 espèces recensées, seules 9 ont atteint cette moyenne. Il s'agit de *Balanites aegyptiaca* (1826,10 m²/ha), *Acacia raddiana* (993,46 m²/ha), *Boscia senegalensis* (614,74 m²/ha), *Sclerocarya birrea* (551,2 m²/ha), *Adansonia digitata* (453,15 m²/ha), *Calotropis procera* (415,36 m²/ha), *Dalbergia melanoxylon* (296,2 m²/ha), *Leptadenia hastata* (250,85 m²/ha) et *Acacia senegal* (204,96 m²/ha) (Tableau VIII).

Tableau VIII. Caractéristiques structurales de la zone du Ferlo et des sites d'étude

Paramètres écologiques	K M. S	Sr	Mt	Wt	Ts	Lr	Ferlo
Densité réelle (ind/ha)	76	77	107	119	121	99	100,2
Distance moyenne (m)	7	6,9	5,2	6,8	5,3	6,1	6,2
Densité théorique (ind/ha)	204,1	210	365	216,3	356	268,4	260,1
Surface terrière (m^2/ha)	4,8	3,2	4,5	5	4,6	5,4	27,5
Couvert aérien (m^2/ha)	1273,4	750	857,35	1926,3	951,31	1354,3	7112,6

2.3.6.4. Distribution des individus selon la hauteur

A l'échelle du peuplement, les hauteurs ont varié de 1,7 à 22 m. Selon la hauteur, les individus ont une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements avec prédominance d'individus jeunes ou de faible hauteur.

En fonction des sites, l'examen de la structure horizontale donne également une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, excepté le site de Keur Momar Sarr où nous avons une distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction (Figure 5).

2.3.6.5. Distribution des individus selon la circonférence

La structure démographique des peuplements, illustrée par la répartition des individus selon la circonférence, montre une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, avec prédominance des jeunes sujets dans toute la zone.

En fonction des sites, l'examen de la structure verticale montre :

- une distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction dans les sites de Keur Momar Sarr et Syer.
- une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre dans les sites de Mbar toubab, Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar (Figure 6).

Les distributions selon la hauteur et la circonférence ont été complémentaires pour permettre de conclure que le peuplement est composé essentiellement d'arbustes.

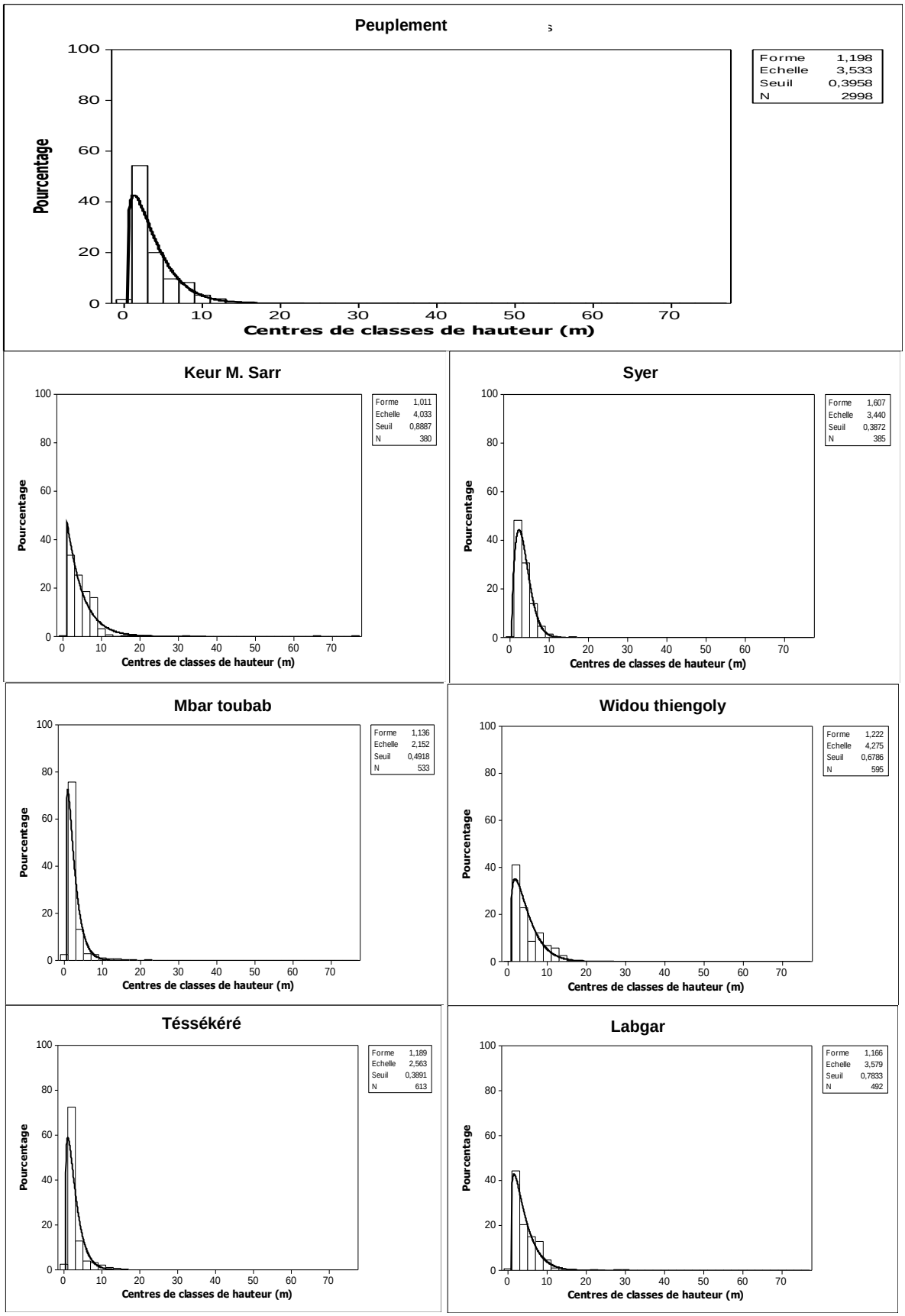


Figure 5. Distribution selon la hauteur des individus du peuplement et des sites

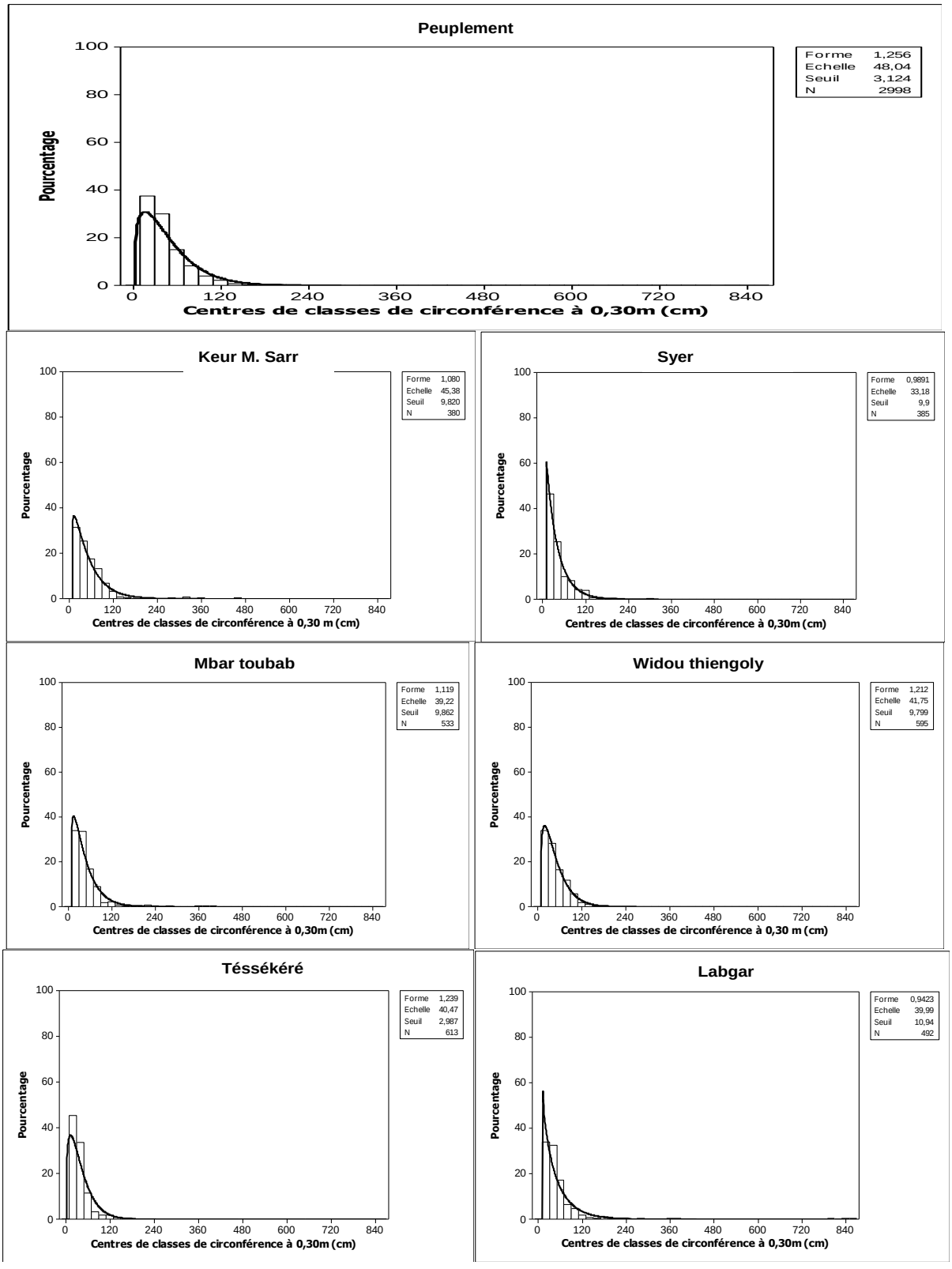


Figure 6. Distribution selon la circonférence des individus du peuplement et des sites

2.3.6.6. Relation de croissance entre la hauteur totale et la circonférence

Les relations allométrique de croissance qui existent entre la hauteur et la circonférence à 0,30 m du sol des différents sites s'expriment par des fonctions logarithmiques (Figure 7).

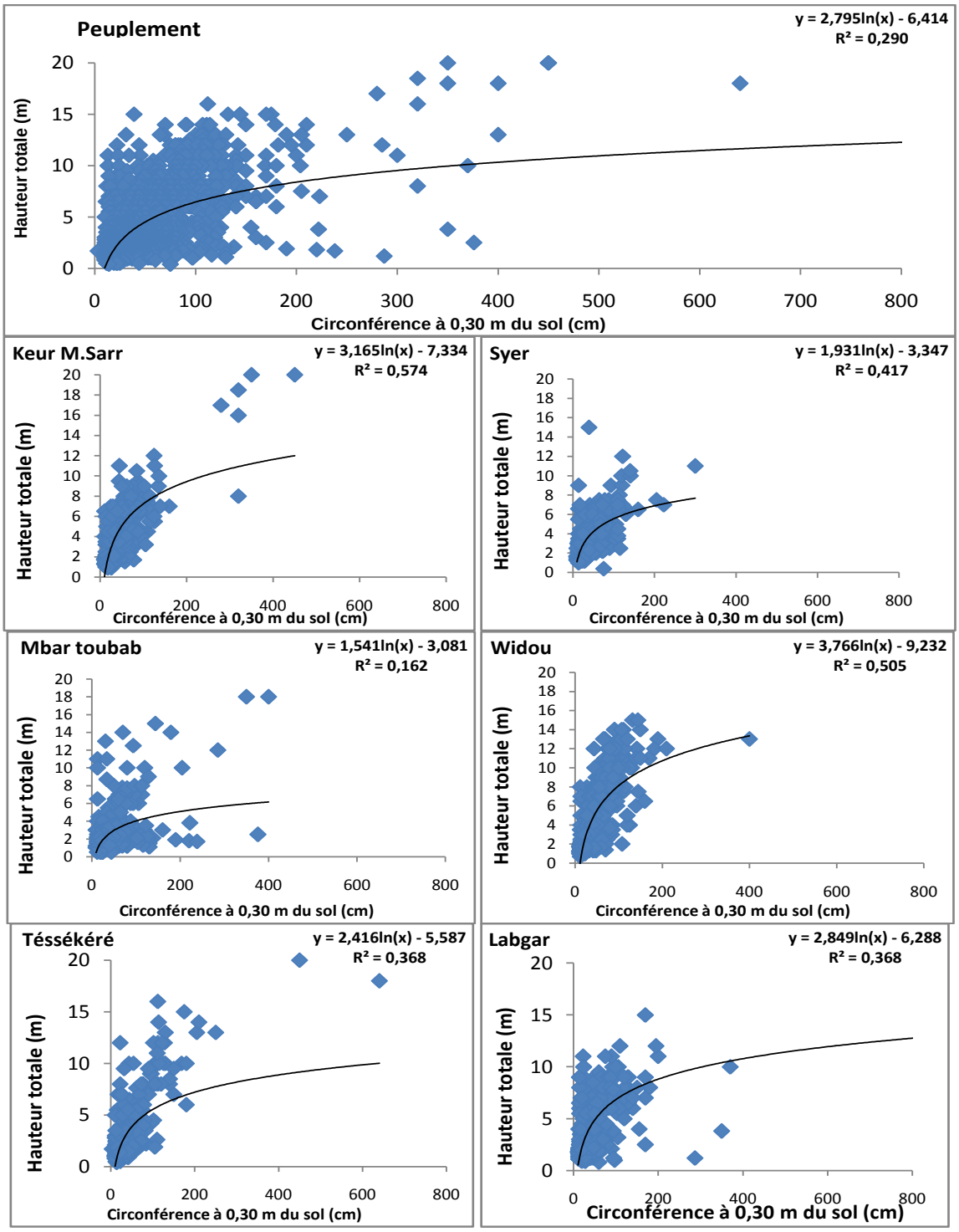


Figure 7. Relation de croissance en hauteur et en grosseur des individus du peuplement et des sites

Les coefficients de détermination obtenues à l'échelle du peuplement (R^2 =0,29) montrent que dans la croissance des ligneux de notre zone, il n'y pas une bonne corrélation entre hauteur et grosseur des individus.

L'examen de cette corrélation entre hauteur et circonférence par site a également permis de mieux comprendre cette relation de croissance. Les courbes de régression des sites de Widou Thiengoly, Keur Momar Sarr et Syer montrent par rapport à celles des autres sites (Mbar toubab, Téssékéré et Labgar) une relation plus nette entre hauteur et circonférence avec des coefficients de régression supérieurs à 0,5.

Tous ces résultats montrent que dans la zone d'étude, la hauteur ne croît pas indéfiniment en fonction de la circonférence. La croissance en hauteur des arbres se stabilise autour de 12 m, alors que la circonférence peut continuer à croître (Figure 7).

2.3.7. Régénération du peuplement ligneux actuel

Sur les 38 espèces rencontrées, il y'en a que 20 qui présentent des régénérations soit un taux de plus de 64% (Tableau IX). Ces jeunes plantes sont constituées majoritairement de *Balanites aegyptiaca* (26%), *Acacia raddiana* (25,4%), *Boscia senegalensis* (18%), *Calotropis procera* (17%) et *Leptadenia hastata* (10%).

Tableau IX. Liste des espèces ligneuses régénérées en fonction des stations

Famille	Espèces	1	2	3	4	5	6
Anacardiacées	*Sclerocaria birrea* (A.Rich.) Hochst.				+		
Apocynacées	*Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton			+	+	+	+
Asclépiadacées	*Leptadenia hastata* (Pers.) Decne.	+	+	+	+	+	+
	Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.	+	+	+		+	+
Capparacées	*Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir.			+	+	+	+
	Cadaba farinosa		+	+			
Combrétacées	*Guierra senegalensis* J.F.Gmel.			+		+	
Euphorbiacées	*Jatropha chevalieri* Beille			+		+	
Fabacées	*Acacia tortilis var raddiana* L.	+	+	+	+	+	+
	Acacia senegal (L.) Willd.	+	+	+		+	
	Acacia seyal auct.					+	

	Bauhinia rufescens Lam.	+	+				
	Prosopis glandulosa	+	+				
Menispermacées	*Coculus pendulus*	+	+				
	Tynospora bakis (A.Rich.) Miers	+	+		+		
Rhamnacées	*Ziziphus mauritiana* auct.		+	+			+
Rubiacées	*Feretia apodanthera* Delile				+		
Tiliacées	*Grewia bicolor* Juss.				+	+	
Tamaricacées	*Tamarix senegalensis*	+	+				
Zygophyllacées	*Balanites aegyptiaca* (L.) Delile	+	+	+	+	+	+

(1. Keur Momar Sarr **2.** Syer **3.** Mbar toubab **4.** Widou Thiengoly **5.** Téssékéré **6.** Labgar)

Cette régénération est plus élevée à Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar (zone des six Forage) avec des taux respectifs de 54, 51 et 42%. Et relativement faible à Keur Momar Sarr (22%), Syer (23%) et Mbar toubab (36%).

A Keur Momar Sarr, *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Leptadenia hastata* ont participé le plus à la régénération, avec des valeurs d'importance spécifique (ISR) respectives de 54%, de 36% et de 9%. A ces trois espèces appartiennent donc presque la totalité (99%) des jeunes plants inventoriés au niveau de cette station.

A Syer, *Acacia raddiana* (49%), *Balanites aegyptiaca* (42%) et *Leptadenia hastata* (5%) ont le plus contribué au potentiel de régénération du peuplement ligneux. En fait, 96% des plants juvénils de ce site relèvent de ces trois espèces (Figure 8).

A Mbar toubab, les espèces qui participent à la régénération du peuplement ligneux sont: *Boscia senegalensis* (75%), *Calotropis procera* (11%) et *Leptadenia hastata* (8%). Donc 94% des jeunes plants inventoriés dans ce site appartiennent à ces espèces.

A Widou, *Calotropis procera* (43%), *Balanites aegyptiaca* (22%) et *Leptadenia hastata* (17%) régénèrent le plus. A ces trois espèces polarisent donc 82% des jeunes plants inventoriés.

A Téssékéré, les espèces qui régénérent le plus sont *Calotropis procera* (65%), *Boscia senegalensis* (16%) et *Leptadenia hastata* (13%). Donc ces trois espèces constituent 94% des jeunes plants recensés dans ce site.

A Labgar, *Balanites aegyptiaca* (47%), *Leptadenia hastata* (19%) et *Boscia senegalensis* (18%) ont fortement contibué au potentiel de régénération du peuplement ligneux. En effet, à ces trois espèces appartiennent 84% des plants juvénils de cette station.

Il faut aussi noter l'absence de régénération de *Calotropis procera* et *Boscia senegalensis* à Keur Momar Sarr et Syer, ainsi que la présence exclusive de *Bauhinia rufescens, Tamarix senegalensis, Coculus pendulus et Prosopis glandulosa* dans ces sites. *Sclerocarya birrea et Feretia apodanthera* régénèrent uniquement à Widou thiengoly. *Jatropha chevalieri* et *Guierra senegalensis* régénèrent seulement à Téssékéré et Labgar (Tableau IX)**.**

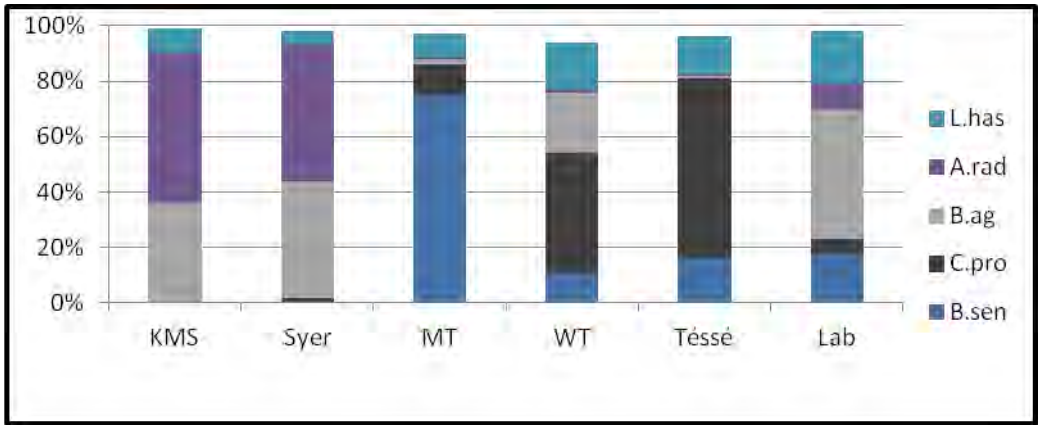


Figure 8. Spectres des ISR des espèces les plus abondantes en fonction des sites

2.3.7. L'exploitation des ligneux

Les ligneux du Ferlo, font l'objet d'une exploitation soutenue de la part des populations de la localité. Cette exploitation traduit une réelle anthropisation du milieu.

A l'échelle globale des sites, le taux d'abattage et de mortalité, est de 5,14% de l'effectif total des ligneux recensés. Ce taux varie en fonction des sites. Il est plus important à Mbar toubab (9,2%) et plus faible à Widou thiengoly (3,02%). Il est respectivement de 6,49%; 4,24%; 3,95%; et 3,86% à Syer, Téssékéré, Keur Momar Sarr et Labgar. Les espèces qui font le plus souvent l'objet de ces pratiques sont *Balanites aegyptiaca, Acacia raddiana, Calotropis procera, Boscia senegalensis*, *Sclerocarya birrea, Leptadenia hastata, Dalbergia melanoxylon* et *Acacia senegal.*

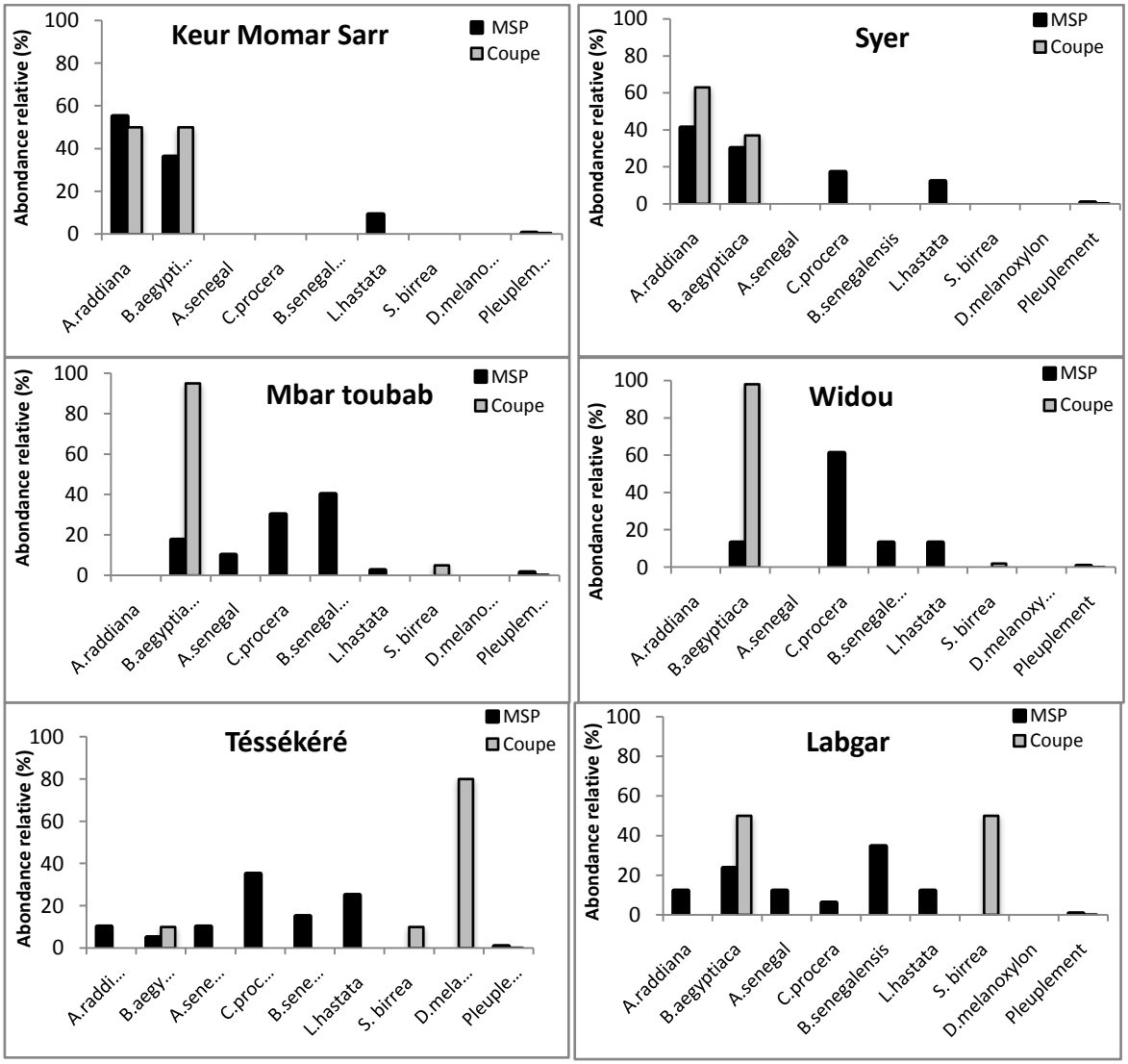


Figure 9. Etat de dégradation des peuplements ligneux au Ferlo

2.3.8. Variation floristique du peuplement ligneux

La matrice de 120 relevés et 38 espèces a été soumise à une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) pour définir les différents groupements ligneux. L'information apportée par les axes factoriels varie de 0,75 à 0,005 soit 19,7% à 0,12% (Tableau X).

Tableau X. Valeurs propres et inerties des quatre premiers axes de l'AFC

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,754	0,498	0,441	0,333
% variance	19,715	13,026	11,547	8,710
% cumulé	19,715	32,741	44,288	52,998

Les axes F1 et F2 cumulent 32,7% de l'information. C'est sur ce plan formé par ces deux axes que l'essentiel de notre analyse a été effectuée (Figure 10).

En abscisses positives, les relevés K3, K6, K10, K15, K16, K20, S7, S11, S13 et S15 ont une contribution supérieure à la moyenne (2,2%). Ils correspondent respectivement à ceux effectués à Keur Momar Sarr (K1 à K20) et Syer (S1 à S20) situés en bordure du Lac de Guiers. Les espèces se trouvant dans ces abscisses positives et ayant une contribution significative sont *Tamarix senegalensis* (6,5%), *Salvadora persica* (6,9%), *Acacia tortilis var raddiana* (17,6%) *et Leptadenia pyrotechnica* (10,6%).

Dans les coordonnées négatives de l'axe F1, se situentles relevés M4, W4, W6, W11, T10, T12, T13, T16 et L19 effectués dans les sites de Mbar toubab (M), Widou (W), Téssékéré (T) et Labgar (L) situés dans la zone des six forages. Sur ces abscisses négatives, les espèces qui ont une meilleure contribution sont : *Boscia senegalensis* (10,6%), *Calotropis procera* (4,7%) et *Sclerocarya birrea* (6%). Donc l'axe F1 oppose ainsi deux groupes de relevés différents par leur humidité, il pourrait donc correspondre à un gradient d'humidité.

Dans les ordonnées positives, se trouvent les relevés W4, L2, L14, L16 et L19 effectués dans des bas fonds. Les espèces associées ayant une contribution significative sont: *Combretum aculeatum* (3,6%), *Combretum nigricans* (4,2%), *Feretia apodanthera* (12,5%), *Grewia bicolor* (11,2%) et *Dalbergia melanoxylon* (15,2%).

Dans les coordonnées négatives de F2, nous retrouvons les relevés S5, M4, M17, M18, T1, T10 et T12 associés aux taxons *Acacia raddiana* (18,3%), *Calotropis procera* (5,4%) et *Sclerocarya birrea* (5,5%). Ces relevés correspondent à ceux effectués sur les plateaux. Cet axe qui oppose aussi deux groupes de relevés différents par leur position géomorphologique, pourrait correspondre à un gradient topographique.

Ainsi, l'Analyse Factorielle des Correspondances discrimine trois groupements distincts (Figure 10):

- Groupement 1 situé en bordure du Lac de Guiers et constitué d'espèces comme *Acacia raddiana, Tamarix senegalensis*, *Prosopis glandulosa* et *Leptadenia pyrotechnica* qui sont déterminantes des sites de Keur Momar Sarr et Syer;
- Groupement 2 caractéristique des sites de Mbar toubab, Widou et Téssékéré renferme les espèces *Balanites aegyptiaca, Combretum micrantum, Combretum glutinosum, Calotropis procera, Sclerocarya birrea* et *Boscia senegalensis* ;
- Groupement 3 identifié à Labgar et composé des espèces comme *Dalbergia melanoxylon, Commiphora africana, Grewia bicolor et Acacia pennata*.

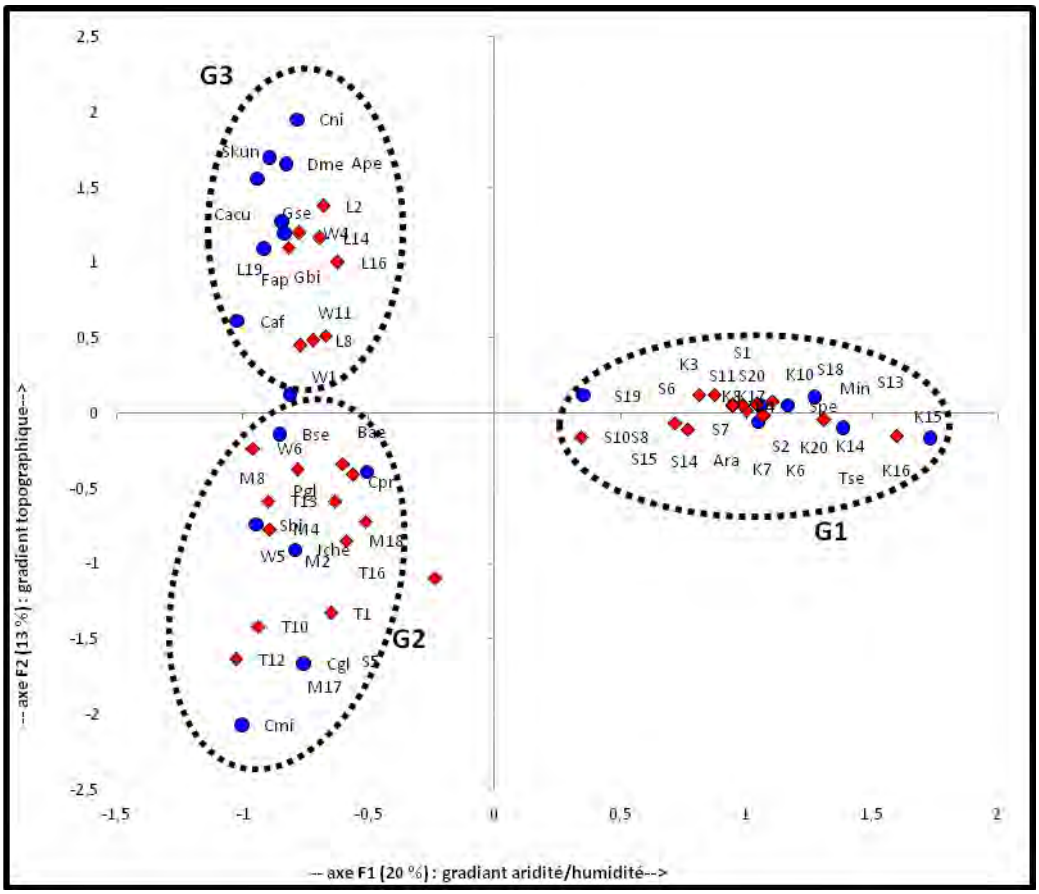


Figure 10. Diagramme des relevés et espèces ligneuses de la zone du Ferlo

2.4. DISCUSSION

Cette étude ce propose d'évaluer l'état actuel du peuplement ligneux au Ferlo. Sur l'ensemble des relevés effectués, 36 espèces réparties en 30 genres et 17 familles ont été inventoriées. Selon la classification de Daget & Poissonet (1997), cette flore demeure assez riche. Ces résultats sont diffèrents de ceux obtenus par N'diaye (2008) et Niang (2009) qui ont recensé respectivement 23 et 20 espèces pour une zone moins large.

Cette composition floristique est variable selon les sites d'étude. Elle est plus élevée à Widou Thiengoly, Téssékéré, Labgar et Mbar toubab et plus faible à Keur Momar Sarr et Syer. Ce qui témoigne donc d'une richesse floristique plus importante dans les sites appartenant à la zone des six forages comparée à celle des sites de la bordure du Lac de Guiers. Ce qui pourrait s'expliquer par le développement intense d'activités de maraîchage et d'agriculture sous pluie accompagnées de l'élevage, surtout des petits ruminants dans la zone du Lac de Guiers.

Globalement, deux espèces seulement sont présentes dans les trois quarts des relevés; il s'agit de *Balanites eagyptiaca* et *Boscia senegalensis*. Ce sont les espèces les plus fréquentes dans la zone. Cette forte fréquence de ces espèces témoigne de leur adaptation aux conditions

d'aridité du Nord-Sénégal, puisque Poupon (1980) leur attribuait d'ailleurs un degré de sclérophyllie élevé: 1,24 (*Boscia senegalensis*) et 0,84 (*Balanites ægyptiaca*) et donc des pertes en eau moindres.

La valeur de la diversité spécifique ligneuse est un indicateur du stade de développement du peuplement. Ainsi, les valeurs obtenus à Labgar, Widou thiengoly et Mbar toubab sont plus importantes que celles obtenues à Syer, Keur Momar Sarr et Téssékéré. Mais à l'échelle du peuplement, ce niveau d'organisation reste faible. Cela montre que les individus ne sont pas bien répartis à travers les familles et que malgré une richesse spécifique acceptable, quelques espèces seulement constituent l'essentielle du peuplement ligneux (Akpo, 1998).

La densité réelle évaluée, faible à l'échelle du peuplement, est variable d'un site à un autre. Elle est plus élevée à Téssékéré, Widou, Mbar toubab et Labgar et plus faible à Syer et Keur Momar Sarr. Ce qui traduit ainsi la grande variabilité inter-sites en fonction du gradient climatique. La forte variation intra-site de cette densité reflète aussi l'hétérogénéité spatiale liée à la situation topographique des stations et au degré d'anthropisation. Ces observations montrent le rôle du facteur anthropique et de la topographie dans la distribution spatiale des individus du peuplement.

Parallèlement, la densité théorique est 2 fois plus élevée que la densité réelle dans tous les sites avec des coefficients de variation très élevés donnant ainsi une distribution agrégative des individus. Cette distribution en agrégat a été signalée par d'autres études antérieures menées dans la même zone (Diouf et *al.*, 2002; Akpo et *al*, 2003; Diallo et *al.*, 2011, Niang, 2009).

La surface terrière aussi varie selon les sites et les espèces. Elle est plus élevée à Labgar et Widou thiengoly et plus faible à Keur Momar Sarr et Syer. Il faut noter l'importante contribution des espèces à grande circonférence comme *Adansonia digitata* et *Faidherbia albida*, malgré leurs faibles densités. Cela confirme donc l'absence de corrélation entre densité et surface terrière (Diouf, 2011).

Le recouvrement aérien est aussi faible dans la zone en raison du pâturage et des défrichements qui entraîneraient un effet dépressif sur le développement des arbres (Akpo et *al*., 2003). Il est variable en fonction des sites et est plus élevé à Mbar toubab et plus faible à Syer. Seule l'espèce *Balanites aegyptiaca* représente plus de la moitié du couvert ligneux à Widou thiengoly, Labgar et Téssékéré ; alors qu'à Keur Momar Sarr elle est associée à *Acacia raddiana* avec qui elle présente des couvertures importantes par rapport aux autres espèces.

Dans la zone, la structure horizontale se traduit par une distribution asymétrique positive caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes.

L'essentiel du peuplement est regroupé dans les classes de hauteur comprise entre 0 et 10 m. Les espèces dominantes à l'image de *Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis*, ont présenté la quasi-totalité de leurs individus dans cette marge. Ce qui est en nette corrélation avec les valeurs d'importance écologique élevées de ces espèces. Elles ont, dans une certaine mesure, imposé leur structure au peuplement, car elles sont non seulement les plus fréquentes, mais aussi les plus dominantes dans les parcours. Les individus à hauteurs comprises entre 12 et 22 m représentent seulement 2% du peuplement à Widou thiengoly contre 1% pour les autres sites.

La répartition des individus selon la circonférence, montre aussi une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, avec prédominance des jeunes sujets. Les classes d'individus à gros tronc représentent seulement 1% du peuplement de chaque station et se sont généralement, des espèces comme *Adansonia digitata*, *Adenium obesum* et rarement *Anogeisus leiocarpus* et *Combretum glutinosum*. La faible représentation de ces individus s'expliquerait par leur forte exploitation pour le charbon de bois et le bois de feu mais aussi l'utilisation de leur partie aérienne comme fourrage pour le bétail surtout en saison sèche (Diouf et *al.,* 2002). Cependant, il faut noter que les classes de plus petites grosseurs renferment le plus grand nombre d'individus.

D'une manière générale, la structure selon la hauteur et la circonférence montre une nette prédominance des individus jeunes, témoignant d'un rajeunissement de ces peuplements. Cette proportion importante d'individus jeunes met en évidence un réel potentiel de régénération selon Akpo (1996, 1998). Ce qui se confirme en observant les valeurs d'indice spécifique de régénération élevées en générale pour certaines espèces (*Balanites aegyptiaca, Acacia raddiana, Boscia senegalensis, Calotropis procera* et *Leptadenia hastata*). Cette capacité de régénération considérable de ces espèces serait selon Diouf et *al*., (2002) attribuée à leurs rameaux photo-synthétiquement actifs toute l'année. L'analyse par site révèle que la régénération est plus importante dans la zone des six forages où elle atteint plus de la moitié des sujets adultes par rapport à la zone du Lac de Guiers. Cet important taux de régénération serait à corréler au couvert ligneux plus important dans cette partie. En effet, le couvert ligneux offre aux semences des conditions favorables à leur levée et à la croissance des jeunes plants (Akpo et *al*., 1996).

Le taux d'exploitation de ces espèces est relativement important dans toute la zone. Il se traduit surtout par l'émondage, l'effeuillage, l'élagage sélectif et la coupe des individus comme *Balanites aegyptiaca*, *Acacia raddiana*, *Sclerocarya birrea* et *Dalbergia melanoxylon* mais aussi la mortalité non négligeable des individus de *Boscia senegalensis*, *Calotropis*

procera et parfois même de *Balanites aegyptiaca*. En effet, la plupart de ces espèces sont à usage ethnobotanique multiple comme l'ont montré les travaux de Niang (2014).

2.5. CONCLUSION

Ce travail a permis de mettre en évidence la composition floristique et l'état actuel du peuplement ligneux de six villages localisé dans la zone sahélienne du Sénégal. Il révèle ainsi, une évolution régressive du peuplement ligneux avec une très forte proportion d'espèces de faible hauteur et circonférence. Cette réduction de la diversité floristique à des répercussions sur les populations locales chez qui l'arbre occupe une place centrale. L'identification des groupements végétaux montre que la répartition de ces espèces ligneuses est conditionnée par les facteurs climatiques et édaphiques.

Dès lors, il serait intéressant d'étudier la perception locale sur l'état actuel de ces ligneux et aussi tous les domaines d'usages dont ces arbres agro-forestiers font objet.

CHAPITRE 3 : PERCEPTION LOCALE SUR L'ETAT ACTUEL DE LA VÉGÉTATION DU FERLO

3.1. INTRODUCTION

Les espaces sahéliens ont connu une croissance forte et régulière de leur population locale et un essor urbain sans précédent (Guengant et *al.,* 2002). Parallèlement, le cheptel a progressé même si les effectifs sont affectés par de lourdes pertes lors des sècheresses, et localement lors d'inondations, de pluies froides ou d'épizooties (Ickowicz et *al*., 2012). Tout ceci, est souvent présenté comme une des causes principales de la dégradation de l'écosystème par surpâturage (Dregne, 1992).

Pour assurer de meilleures conditions de vie des populations, l'état actuel de la zone doit être maintenu et si possible améliore (Sharman, 1987). Les bilans mitigés des plans d'aménagement et de gestion des ressources naturelles, ont orienté les scientifiques vers la prise en compte de la dimension socio-économique de la dégradation (Vincke, 1995). C'est pourquoi la perception des populations vivant dans ces milieux a été intégrée dans ces travaux. Elle a été mise en parallèle avec les observations écologiques afin d'avoir une vision large sur les analogues actuels de la végétation du Ferlo.

3.2. MATERIELS ET METHODE

3.2.1. Collecte des données

Elle a été abordée à travers une méthodologie d'enquête structurée sur la base de questionnaire et appliquée à 52 personnes.

Le contenu des questionnaires a abordé des sujets liés aux différents domaines d'utilisations des espèces ligneuses de la zone. Ce qui permettra ainsi d'avoir une connaissance sur les espèces végétales directement associées aux activités humaines, utile dans l'interprétation des données fossiles.

La perception locale sur la richesse spécifique, la densité, l'abondance, le degré de renouvellement et l'état actuel de certaines espèces, a aussi été abordée.

Des personnes d'âges compris entre 40 et 90 ans ont été questionnées, afin de bénéficier de leur bonne connaissance du milieu. Ces derniers sont des personnes ressources (chefs de campements, bergers, agriculteurs, membres de groupements féminins, autorités locales, etc.) choisies avec les agents du développement (Service de l'élevage, Service des Eaux et Forêts, etc.) de la localité. Les questions ont aussi été élargies aux autres membres de familles interrogées, lors des entretiens.

3.2.2. Traitement de données

Un dépouillement manuel des questionnaires a d'abord été effectué suivi d'une saisie des réponses à l'aide du logiciel Sphinx Plus² qui génère directement les résultats en fonction des variables de saisie. Les données sont analysées à partir de tableaux ou des histogrammes de fréquences de citations avec l'usage du tableur Excel (Microsoft Word, 2010).

La Valeur Usuelle (UV) des espèces pour chaque catégorie d'usage a été évaluée afin de montrer l'importance que les populations accordent à une espèce donnée dans la localité. Elle est obtenue en calculant le rapport suivant :

$$\mathbf{UV = \sum U / N}$$

U= nombre de fois qu'une espèce est citée pour une catégorie d'usage,

N=nombre total d'enquêtés

Enfin, le Niveau de Fidélité (FL) été calculé selon Cheikhyoussef et *al.*, 2011, il permet de dégager l'importance que les populations accordent à une espèce pour son rôle. Il est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{FL\ (\%) = Np / N \times 100}$$

Np= nombre de citation d'une espèce pour son rôle

N= nombre totale d'utilisations à toutes fins.

La détermination des taxons a été suivie par plusieurs séances d'identification des plantes. Les noms vernaculaires peulh et wolofs fournis par la population, ont été déterminés grâce à l'ouvrage « noms vernaculaires des plantes » de Adam (1970), du catalogue des plantes vasculaires du Sénégal (Lebrun et Stork, 1991 ; 1992 ; 1995 et 1997) et de la flore du Sénégal (Berhaut, 1967).

Le test de signification du coefficient de corrélation de Spearman est utilisé afin de voir si les espèces citées par les populations correspondent effectivement à celles qui ont été observées sur les sites d'études.

C'est un test basé sur deux données statistiques importantes : **Rs** appelé coefficient de corrélation de Spearman qui varient entre -1 et 1 et **α** qui représente la probabilité que l'on accepte l'absence d'une corrélation alors qu'elle existe. Une valeur positive de **Rs** indique une variation simultanée dans le même sens des effectifs des espèces, alors qu'une valeur négative de **Rs** indique une variation simultanée en sens inverse. **Rs** étant donné par la formule suivante :

$$Rs = 1 - \frac{6\sum(y'i - x'i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

Avec $\mathbf{y'_i}$ = effectif de l'espèce **i** dans la zone; $\mathbf{x'_i}$ = fréquence de citation de l'espèce i et **n** le nombre total des espèces dans les rangs des effectifs.

3.3. RESULTATS

Les données sociodémographiques montrent que parmi les personnes enquêtées, 75% sont des Peuls, 20% des wolofs et 5% des Maures. L'échantillonnage est constitué de 30% de femmes et de 70% d'hommes, avec une moyenne d'âge de 64 ans.

Le secteur agropastoral constitue la principale activité de ces populations: 70 % pratiquent l'élevage de bovins, ovins, de caprins et équins et 25% sont des agriculteurs. Environ 70% exercent des activités secondaires telles que l'élevage de petits ruminants, le commerce, le maraîchage, l'enseignement coranique et le transport.

3.3.1. Perception populaire sur l'état actuelle des ligneux

Seulement, 7% des enquêtés soulignent une augmentation de la densité des espèces ligneux et exceptionnellement, les sites de Widou Thiengoly (10%) et Téssékéré (9%) ont les taux les plus élevés.

Les espèces ligneuses, pour lesquelles les populations observent une augmentation de la densité sont: *Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis* et *Calotropis procera.*

Concernant la diversité floristique, 62% des enquêtés trouvent la végétation ligneuse actuelle moins diversifiée. Les taux les plus importants sont obtenus dans les sites de Keur momar sarr et Syer situé en bordure du lac de Guiers.

3.3.1.1. Espèces les plus abondantes selon les populations

Les enquêtés ont mentionnés 12 espèces comme étant les plus abondantes dans la zone et les plus fréquemment cités sont: *Balanites aegyptiaca* (27,2%), *Boscia senegalensis* (17,7%), *Calotropis procera* (13%) et *Acacia raddiana* (12%) (Figure 11). Selon les populations, ces espèces s'adaptent bien dans le milieu parce qu'elles ont trouvé des niches écologiques favorables à leur développement et à leur maintien (conditions hydriques, absence de coupes de la part des transhumants et des charbonniers).

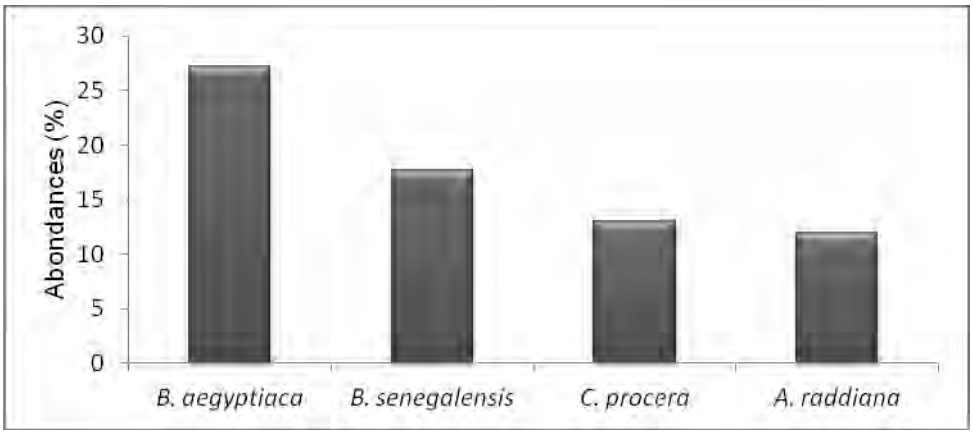


Figure 11. Espèces les plus abondantes selon la population

3.3.1.2. Régénération

Seulement 10 espèces ont été citées comme taxons qui régénèrent bien dans la zone (Tableau XI). Les plus fréquemment cités sont: *Balanites aegyptiaca* (33%), *Boscia senegalensis* (26%), *Calotropis procera* (25%), *Acacia senegal* (12%), *Acacia raddiana* (11%) et *Ziziphus mauritiana* (10%) (Figure 12).

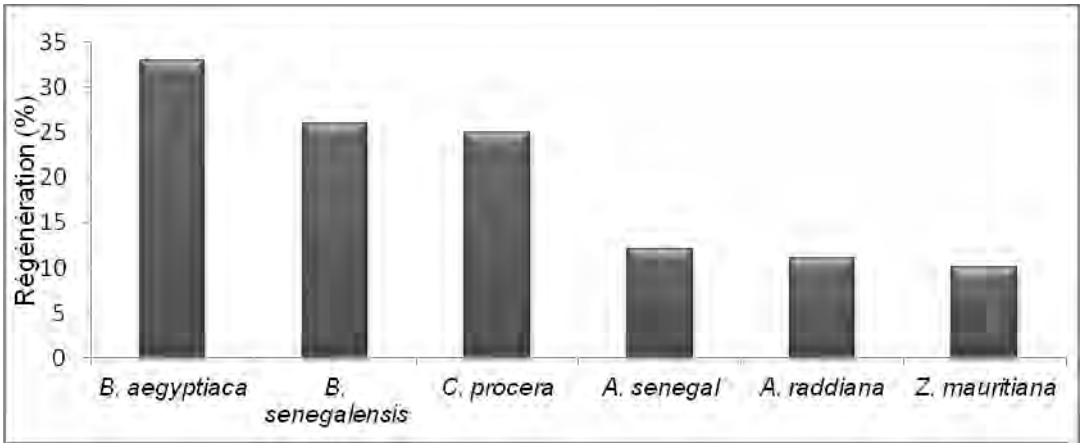


Figure 12. Espèces qui régénèrent plus dans la zone selon la population

A l'échelle des sites, en plus de *Balanites aegyptiaca*, la régénération du peuplement est assurée par *Acacia senegal, Boscia senegalensis* et *Calotropis procera* selon les populations de Mbar toubab, Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar.

A Keur Momar et Syer, ce sont *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* qui s'ajoutent à *Acacia senegal* dans la contribution au renouvellement du peuplement ligneux selon les enquêtés.

3.3.1.3. Espèces menacés de disparition

70% des espèces sont considérées comme menacées de disparition par la population locale (Tableau XI). Les plus fréquemment citées sont: *Sclerocarya birrea* (16,5%), *Grewia bicolor* (14,2%), *Dalbergia melanoxylon* (7,8%), *Adansonia digitata* (7,7%), *Sterculea setigera* (7,3%) *et Ziziphus mauritiana* (5,4%).

Les causes énumérées sont multiples; on peut en citer entre autres la rareté des pluies (70%), les coupes répétitives (68%), les feux de brousses (34%), le surpâturage (30%), l'absence de régénération (28%), le vieillissement des individus (20%), les vents (4%) et les termitières (2%).

3.3.1.4. Espèces disparues

L'ampleur des variations climatiques, amplifiée par une charge humaine et pastorale considérable ont sévèrement entamé la vie de certaines espèces qui jadis étaient bien représentées dans la zone selon les populations.

Ainsi, 88% des populations enquêtées ont cité 6 espèces comme totalement disparues dans la zone (Tableau XI). Il s'agit de: *Lamnea acida*, *Dichrostachys glomerata, Securidaca longepedunculata, Acacia ataxacantha, Capparis tomentosa* et *Pterocarpus erinaceus.*

Tableau XI. Perception locale sur l'état actuel des ligneux

Nom d'espèces	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Balanites aegyptiaca (L.) Delile	r	r	r	r	r	r
Acacia tortilis var raddiana Forssk.	r	r	r		r	r
Adansonia digitata L.	m	m	m	m	m	m
Ziziphus mauritiana auct.	m	m	m	m	m	m
Sclerocarya birrea (A.Rich.) Hochst.	m	m	m	m	m	m
Boscia senegalensis (Pers.) Lam. ex Poir.	r	r	r	r	r	r
Guiera senegalensis J.F.Gmel.	m	m	m	m	m	m
Acacia senegal (L.) Willd.	r	r	r	r	r	r
Calotropis procera (Aiton) W.T.Aiton	r	r	r	r	r	r
Grewia bicolor Juss.		m	m	m	m	m
Combretum glutinosum auct.			m	m	m	m
Acacia nilotica (L.) Delile	m	m	m	d	m	m
Anogeisus leiocarpus (DC.) Guill. & Perr.	m	m	m	m	m	m
Acacia seyal (L.) Willd.			m	m		
Commiphora africana (A.Rich.) Engl.	d	d	d		m	m
Sterculea setigera Delile			m	m	m	m
Dalbergia melanoxylon Guill. & Perr.	d	d		m	m	m
Mitragyna inermis (Willd.) K.Schum.		m		d	d	d
Adenium obesum (Forssk.) Roem. & Schult.	d		m	m	m	
Bauhinia rufescens Lam.	d	m		m	m	m
Leptadenia hastata (Pers.) Decne.	r	r	r	r	r	r
Combretum micrantum G.Don	d		m		m	m

Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.	r	r	r			
Faidherbia albida (Delile) A.Chev	m	m	m	d	m	d
Ferretia apodanthera Delile	d	m		d		m
Stereospermum kunthianum Cham.	d	m	m	m	m	m
Combretum aculeatum Vent.	m	m	d	m	m	m
Maytenus senegalensis (Willd.) K.Schum			d	m	m	
Piliostigma reticulatum L.			d	d	d	D
Prosopis glandulosa Torr.						M
Cadaba farinosa Forssk.	d	m			d	
Euphorbia balsamifera Ait.			d	m		
Tamarindus indica L.	d	m	d	d		D
Salvadora persica L.	d	d		m		
Tinospora bakis (A.Rich.) Miers		d		d	d	M

(1: Keur momar sarr, 2: Syer, 3: Mbar toubab, 4: Widou thiengoly, 5: Téssékéré, 6: Labgar)

(r: régénère bien dans la zone, m: menacé de disparition, d: disparue et case vide: pas de réponse).

3.3.2. Composition floristique actuelle selon la population

Au totale, 35 espèces réparties en 29 genres et 17 familles ont été mentionnées par les populations (Tableau XII).

Tableau XII. Présence et fréquence de citation des espèces lors de l'enquête

Nom d'espèces	1	2	3	4	5	6	Fc (%)
Balanites aegyptiaca (L.) Delile	+	+	+	+	+	+	7,3
Acacia tortilis var raddiana	+	+	+	+	+	+	6,1
Adansonia digitata L.	+	+	+	+	+	+	6,1
Ziziphus mauritiana auct.	+	+	+	+	+	+	5,2
Sclerocarya birrea (A.Rich.) Hochst.	+	+	+	+	+	+	5,7
Boscia senegalensis (Pers.) Lam. ex Poir.	+	+	+	+	+	+	7,1
Guiera senegalensis J.F.Gmel.	+	+	+	+	+	+	4,7
Acacia senegal (L.) Willd.	+	+	+	+	+	+	6,1
Calotropis procera (Aiton) W.T.Aiton	+	+	+	+	+	+	6,3
Grewia bicolor Juss.		+	+	+	+	+	4,2
Combretum glutinosum auct.	+	+	+	+	+	+	4,0
Acacia nilotica (L.) Delile	+	+	+	+	+	+	4,1
Anogeisus leiocarpus (DC.) Guill. & Perr.	+	+	+	+	+	+	3,3
Acacia seyal (L.) Willd.	+	+	+	+	+	+	2,6
Commiphora africana (A.Rich.) Engl.				+	+	+	1,1
Sterculea setigera Delile			+	+	+		1,4
Dalbergia melanoxylon Guill. & Perr.			+	+	+	+	1,8
Mitragyna inermis (Willd.) K.Schum.		+	+	+	+	+	1,8
Adenium obesum (Forssk.) Roem. & Schult.	+	+	+	+	+	+	2,5
Bauhinia rufescens Lam.		+	+	+	+	+	1,8
Leptadenia hastata (Pers.) Decne.	+	+	+	+	+	+	2,6
Combretum micrantum G.Don		+		+	+	+	1,8
Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.	+	+	+	+	+	+	1,9
Faidherbia albida (Delile) A.Chev	+	+	+		+		1,4
Ferretia apodanthera Delile		+			+	+	0,9

Stereospermum kunthianum Cham.	+	+	+	+	+	+	1,9
Combretum aculeatum Vent.	+		+	+		+	0,8
Maytenus senegalensis (Willd.) K.Schum			+	+	+		0,5
Piliostigma reticulatum L.	+	+	+				0,9
Prosopis glandulosa Torr.	+		+	+	+	+	0,9
Cadaba farinosa Forssk.	+				+		0,5
Euphorbia balsamifera Ait.	+		+	+		+	0,7
Tamarindus indica L.		+			+		0,2
Salvadora persica L.			+	+		+	0,4
Tinospora bakis (A.Rich.) Miers				+	+		0,2

(1: Keur Momar Sarr; 2: Syer; 3: Mbar Toubab; 4: Widou Thiengoly; 5: Téssékéré; 6: Labgar)

Ce nombre varie en fonction des stations d'études. Ainsi, 31 espèces ont été citées à Téssékéré, 29 espèces à Mbar toubab et Widou Thiengoly, 28 espèces à Labgar, 25 espèces à Syer et 22 espèces à Keur Momar Sarr (Tableau XII).

La famille des Fabacées domine, suivie de celle des Combrétacées. Les genres *Acacia* et *Combretum* sont les plus répandus. L'espèce *Balanites aegyptiaca* (7,3%) est la plus fréquemment citée, suivies de *Boscia senegalensis* (7,1%), *Calotropis procera* (6,3%), *Acacia senegal* (6,1%), *Acacia raddiana* (6,1%), *Adansonia digitata* (6,1%) et *Sclerocarya birrea* (5,7%).

3.3.3. Corrélation entre les listes floristiques

Les résultats montrent que le coefficient (Rs) obtenus dépasse largement la valeur critique correspondant dans le tableau de Spearman, au seuil de significativité de 0,01.

Les valeurs de la corrélation montrent qu'il y'a une parfaite relation entre la liste des espèces inventoriées et cellee citées par la population locale (Tableau XIII)**.**

Tableau XIII. Corrélation des listes floristiques

Liste issue des enquêtes	Rangs	Rangs	Liste des observations directe
Acacia nilotica	11	13	*Acacia nilotica*
Acacia pennata	40	33	*Acacia pennata*
Acacia senegal	4	9	*Acacia senegal*
Acacia seyal	14	17	*Acacia seyal*
Acacia tortilis var raddiana	5	4	*Acacia tortilis var raddiana*
Adansonia digitata	6	15	*Adansonia digitata*
Adenium obesum	16	18	*Adenium obesum*
Anogeisus leiocarpus	13	24	*Anogeisus leiocarpus*
Balanites aegyptiaca	1	1	*Balanites aegyptiaca*
Bauhinia rufescens	21	30	*Bauhinia rufescens*
Boscia senegalensis	2	2	*Boscia senegalensis*
Cadaba farinosa	32	31	*Cadaba farinosa*
Calotropis procera	3	3	*Calotropis procera*
Cocolus pendulus	41	23	*Cocolus pendulus*

Combretum aculeatum	29	32	*Combretum aculeatum*
Combretum glutinosum	12	16	*Combretum glutinosum*
Combretum micrantum	22	27	*Combretum micrantum*
Combretum nigricans	36	34	*Combretum nigricans*
Commiphora africana	25	28	*Commiphora africana*
Dalbergia melanoxylon	19	22	*Dalbergia melanoxylon*
Euphorbia balsamifera	30	41	*Euphorbia balsamifera*
Faidherbia albida	24	14	*Faidherbia albida*
Ferretia apodanthera	26	35	*Ferretia apodanthera*
Grewia bicolor	10	11	*Grewia bicolor*
Guiera senegalensis	9	12	*Guiera senegalensis*
Jatropha chevalieri	38	6	*Jatropha chevalieri*
Leptadenia hastata	15	5	*Leptadenia hastata*
Leptadenia pyrotechnica	17	7	*Leptadenia pyrotechnica*
Maerua cracifolia	39	36	*Maerua cracifolia*
Maytenus senegalensis	31	39	*Maytenus senegalensis*
Mitragyna inermis	20	25	*Mitragyna inermis*
Piliostigma reticulatum	27	40	*Piliostigma reticulatum*
Prosopis glandulosa	28	8	*Prosopis glandulosa*
Salvadora persica	33	29	*Salvadora persica*
Sclerocarya birrea	7	37	*Sclerocarya birrea*
Sterculea setigera	23	21	*Sterculea setigera*
Stereospermum kunthianum	18	26	*Stereospermum kunthianum*
Tamarindus indica	34	42	*Tamarindus indica*
Tamarix senegalensi	42	38	*Tamarix senegalensi*
Terminalia avicennoides	37	19	*Terminalia avicennoides*
Tinospora bakis	35	10	*Tinospora bakis*
Ziziphus mauritiana	8	20	*Ziziphus mauritiana*

3.3.4. L'utilisation des espèces du Ferlo

Dans la zone, toutes les espèces sont utilisées dans divers domaines d'activité, tels que : le fourrage (80%), l'alimentation humaine (40%), la médecine traditionnelle (40%), la construction (30%), et l'énergie domestique (15%) (Figure 13).

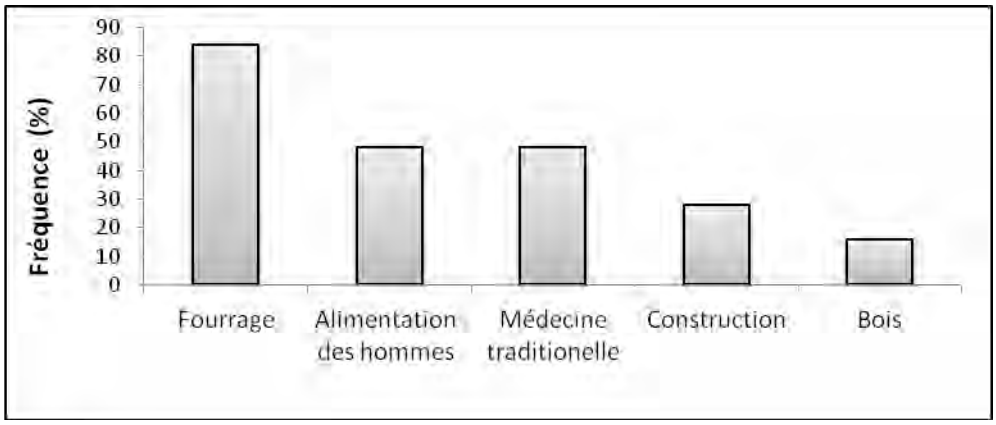


Figure 13. Principaux usages de la zone

3.3.4.1. Les espèces fourragères

Au total, 26 espèces sont citées comme fourragères (Tableau XIV). Les plus appétées sont *Balanites aegyptiaca* (UV: 0,80) considérablement élevée, suivie de *Boscia senegalensis* (UV=0,66) puis de *Sclerocarya birrea* (UV= 0,58).

Les feuilles sont les parties les plus consommées. Les fleurs et les fruits de certaines espèces sont aussi utilisés dans l'alimentation du bétail. Pour accéder à certaines parties inaccessibles aux animaux, les populations ont recours à des pratiques telles que l'émondage (52%), l'écorchage (21%), l'effeuillage (16%) et l'abattage (11%). Ces types d'exploitation s'effectuent en général pendant la période sèche après épuisement du fourrage herbacé.

Tableau XIV. Valeurs usuelles et la partie consommée des ligneux fourragers

Noms d'espèces	UV	FL (%)	Parties consommées		
			Feuilles	Fleurs	Fruits
Acacia nilotica	0,26	20	+	o	o
Acacia pennata	0,04	20	o	-	o
Acacia raddiana	0,2	60	+	o	+
Acacia senegal	0,26	20	+	o	+
Acacia seyal	0,08	40	+	o	+
Adansonia digitata	0,28	60	+	o	-
Anogeissus leiocarpus	0,04	20	+	-	-
Balanites aegyptiaca	0,8	100	+	-	+
Bauhinia rufescens	0,04	20	+	-	+
Boscia senegalensis	0,66	100	o	-	o
Calotropis procera	0,04	40	o	-	o
Combretum glutinosum	0,22	60	o	-	-
Combretum micrantum	0,04	80	o	-	-
Combretum nigricans	0,04	20	o	-	-
Commiphora africana	0,04	40	+	-	-
Faidherbia albida	0,22	20	+	-	+
Ferretia apodanthera	0,04	20	+	-	o
Grewia bicolor	0,3	80	+	-	o
Guiera senegalensis	0,3	20	+	-	o
Maytenus senegalensis	0,04	20	o	-	-
Piliostigma reticulatum	0,04	60	o	-	-
Sclerocarya birrea	0,58	100	o	-	o
Sterculea setigera	0,03	40	o	-	-
Salvodora persica	0,003	20	+	+	-
Tamarindus indica	0,04	60	+	o	o
Ziziphus mauritiana	0,24	60	o	-	+

(+: brouté volontiers; **o**: brouté occasionnellement ; - : pas brouté ou pas de renseignements)

La contribution des espèces au rôle fourrager est analysée par étude du niveau de fidélité (FL) des espèces par rapports aux autres usages. 62% des essences fourragères ont un niveau de

fidélité supérieur ou égal à 50%, ce qui montre que le rôle fourrager des ligneux la zone d'étude est très considérable.

Vu l'importance que les populations accordent à chacune d'entre elles dans la zone, nous avons identifié 5 groupes classés en fonction de leur niveau de fidélité (FL) :

- Groupe 1: constitué d'espèces avec un niveau très élevé de fidélité (100%) avec des espèces comme *Balanites aegyptiaca, Sclerocarya birrea* et *Boscia senegalensis*.
- Groupe 2: constitué d'espèces avec un niveau de fidélité comprise entre 80 et 100%. Il regroupe des espèces comme *Guiera senegalensis, Combretum micrantum* et *Grewia bicolor.*
- Groupe 3 : avec un niveau de fidélité compris entre 60 et 80% regroupant *Adansonia digitata, Acacia raddiana, Ziziphus mauritiana, Guiera senegalensis, Combretum glutinosum, Piliostigma reticulatum* et *Tamarindus indica.*
- Groupe 4: avec un niveau de fidélité comprise enter 40 et 60% avec *Calotropis procera*, *Acacia seyal* et *Commiphora africana*.
- Groupe 5: avec un niveau de fidélité inférieure ou égale à 20% associant des espèces comme *Acacia senegal*, *Cadaba farinosa* et *Acacia nilotica*.

3.3.4.2. Espèces utilisées dans l'alimentation humaine

Une visite des marchés hebdomadaires ou des cuisines dans les villages, montre le rôle considérable des espèces ligneuses dans l'alimentation humaine du Ferlo (Photo 1).

Photo 1. Sauce de couscous à base de feuilles de cassia

Ainsi, 16 espèces ont été citées comme ayant un apport alimentaire. Les plus fréquemment citées sont *Balanites aegyptiaca* (65%) et *Adansonia digitata* (60%). Elles apparaissent comme étant les espèces à usage alimentaire les plus importantes de la zone. Ces espèces constituent d'ailleurs les premières en terme de valeur usuelle (UV=0,84 pour *Balanites aegy*ptiaca et 0,80 pour *Adansonia digitata*), suivie par *Ziziphus mauritiana* (UV= 0,48), *Sclerocarya birrea* (UV=0,40) *et Boscia senegalensis* (UV=0,40). Les espèces devenues rares (*Tamarindus indica et Combretum micrantum*) dans la localité présentent des valeurs usuelles faibles, la consommation d'une espèce dépendrait de sa disponibilité.

Les fruits sont le plus souvent utilisés pour l'autoconsommation ou le petit commerce. Les feuilles constituent également une part très importante dans l'apport alimentaire des populations (Tableau XV).

Tableau XV. Espèces à usage alimentaire et leur valeur usuelle

Noms d'espèces	UV	Parties consommées		
		Feuilles	Fleurs	Fruits
Balanites aegyptiaca	0,84	o	-	+
Adansonia digitata	0,8	+	o	+
Ziziphus mauritiana	0,48	o	-	+
Sclerocarya birrea	0,4	-	-	+
Boscia senegalensis	0,4	o	-	+
Anogeisus leiocarpus	0,16	-	-	o
Cadaba farinosa	0,12	+	-	-
Sterculea setigera	0,06	-	-	o
Combretum micrantum	0,04	+	-	-
Combretum aculeatum	0,04	-	-	o
Combretum nigricans	0,04	o	-	-
Tamarindus indica	0,04	o	o	+
Feretia apodanthera	0,04	o	-	-
Grewia bicolor	0,04	-	-	o
Bauhinia rufescens	0,04	-	-	o
Lamnea acida	0,04	o	-	o

(**+**: grande importance; **O**: importance restreinte **-**: pas d'emploi)

3.3.4.3. Espèces utilisées dans la médecine traditionnelle

Les espèces qu'elles recèlent, regorgent de secrets magiques, mieux encore, de recettes thérapeutiques inestimables dont seuls les tradipraticiens disposent d'une connaissance étendue.

Ainsi, 20 espèces ligneuses appartenant à diverses familles botaniques sont utilisées pour traiter des cas particuliers de maladies (Tableau XVI).

Les plus citées dans ce domaine sont: *Balanites aegyptiaca* (UV=0,62), *Adansonia digitata* (UV=0,6), *Ziziphus mauritiana* (UV=0,52) et *Acacia raddiana* (UV=0,48).

Toutes les parties de la plante peuvent être utilisées (feuille, fruits, écorce, sève, racine ...), mais il y'en a certaines qui sont réputées comme plus efficaces.

Tableau XVI. Les ligneux utilisés dans la médecine traditionnelle et les traitements.

Noms d'espèces	Traitements
Balanites aegyptiaca	maux de tête, stérilité, maladies vénériennes, vermifuge, parasites, dysenterie, paludisme, affections dentaires.
Adansonia digitata	diarrhées, fatigues, rhume, maladie de la peau, blessures, vermifuge, maladie des reins et de la vessie, maladie du foie, fortifiant, affections dentaires.
Anogeisus leiocarpus	aphrodisiaque, stérilité, maladies de la peau, blessures, parasites, jaunisse (divers causes), paludisme, fortifiant.
Dalbergia melanoxylon	voies respiratoire, infections grippales, maux de tête, maux de ventre, maladies vénériennes.
Commiphora africana	maux de tête, aphrodisiaque, stérilité, maladies de la peau.
Feretia apodanthera	maladies vénériennes, lèpre.
Grewia bicolor	maladies vénériennes, vermifuges, parasites, maladies des reins et de la vessie.
Bauhinia rufescens	maux de tête, paludisme
Ziziphus mauritiana	maux de tête, diarrhées
Acacia raddiana	Fatigues
Boscia senegalensis	hémorroïde, maladies vénériennes, maladies de la peau, blessures, parasites, jaunisse (divers causes).
Guiera senegalensis	voies respiratoire, infections grippales, aphrodisiaque, maladies de la peau, lèpre, , jaunisse (divers causes).
Salvadora persica	voies respiratoire, infections grippales, maladies vénériennes, maladies des reins et de la vessie, maladies du foie, paludisme, affections dentaires.
Calotropis procera	aphrodisiaque, stérilité, maladie vénériennes, parasites, lèpre, maux de dents.
Sclerocarya birrea	Diabètes, maux de tête, maladies vénériennes, maladies de la peau, affections dentaires
Combretum aculeatum	maladies vénériennes, lèpre, dysenterie, paludisme, affections dentaires.
Combretum glutinosum	voies respiratoire, infections grippales, maux de tête, maladies vénériennes, maladies des reins et de la vessie.
Combretum micrantum	voies respiratoire, infections grippales, maux de tête, lèpre, vermifuges, parasites, paludisme, maladies des reins.
Tamarindus indica	maladies du tube digestif, dysenterie, avitaminoses, maladies du foie et de la vessie, affections dentaires
Ziziphus mauritiana	maladies vénériennes, maladies du tube digestif, avitaminose, maladies du foie et de la vessie.

3.3.4.4. Espèces utilisées comme bois de feu et charbon de bois

Presque toutes les espèces ligneuses peuvent être employées comme combustibles dans la zone, à condition d'être assez secs (Tableau XVII).

Tableau XVII. Espèces utilisés comme bois de feu et charbon de bois

Noms d'espèces	Bois de feu	Charbon de bois
Acacia raddiana	+	+
Acacia senegal	+	+
Anogeisus leiocarpus	o	+
Balanites aegyptiaca	+	+
Bauhinia rufescens	o	-
Boscia senegalensis	+	+
Calotropis procera	+	+
Combretum aculeatum	o	o
Combretum glutinosum	+	o
Combretum micrantum	o	o
Commiphora africana	o	o
Dalbergia melanoxylon	o	o
Guiera senegalensis	o	-
Sclerocarya birrea	+	o
Tamarindus indica	o	+
Ziziphus mauritiana	o	o

(+: emploi fréquent; **o**: emploi restreint ou occasionnel -: pas d'emploi)

Mais, par crainte de l'autorité étatique, seulement 16 espèces sont mentionnées par les populations locales. Les plus fréquemment citées sont: *Calotropis procera* (25%), *Balanites aegyptiaca* (16%) et *Boscia senegalensis* (13%).

3.3.4.5. Espèces utilis s comme bois d'œuvre

Les populations du Ferlo, savent très bien choisir le bois convenant aux divers usages (construction, clôture, artisanat, outillage...) (Tableau XVIII).

Parmi eux, le plus grand consommateur de bois est le secteur de la construction (60%). Ainsi, seulement 9 ont été mentionnées et les plus fréquemment citées sont : *Balanites aegyptiaca* (33%), *Calotropis procera* (21%) et *Sclerocarya birrea* (16%). Ces mêmes espèces présentent aussi les valeurs usuelles (UV) les plus élevées.

Tableau XVIII. Les ligneux utilis s comme bois d'œuvre et leur valeurs usuelles (UV)

Espèces	Secteurs utilisés			UV
	C	A	O	
Balanites aegyptiaca	+	+	+	0,64
Calotropis procera	+	+	+	0,46
Sclerocarya birrea	+	+	+	0,24
Acacia raddiana	+	+	+	0,22
Boscia senegalensis	+			0,16
Dalbergia melanoxylon	+	+	+	0,12
Grewia bicolor	+		+	0,12
Piliostigma reticulatum	+			0,08
Bauhinia rufescens	+	+		0,12

(C: construction (maisons, ombrière, échafaudages, fenêtres, portes, clôture des enclos d'animaux et clôture des champs), A: artisanat d'art et O: outillages (pour l'élevage, l'agriculture, le ménage etc.).

3.4. DISCUSSION

Cette étude s'ést proposée de recueillir l'avis des populations du Ferlo sur l'état actuel et l'utilisation des espèces ligneuses de leur zone.

Les résultats obtenus ont permis d'avoir des réponses et des éclaircissements sur la capacité ou non à apprécier les changements de l'écosystème. En effet, les caractéristiques écologiques actuelles de cette végétation sont parfaitement corrélées à la perception des populations locales. Ces dernières parviennent à caractériser avec le minimum de biais la flore actuelle de leur terroir. Ainsi, la majeure partie des espèces inventoriées sur le terrain, lors des relevés de végétation, ont été citées par les populations. De plus, les espèces qui participent au potentiel de régénération du peuplement ligneux ont été toutes citées par les populations locales comme taxons qui régénèrent bien dans leur localité. Cette régénération se présente sous différents aspects liée à la variabilité du type d'activité exercé dans la zone, mais aussi aux caractères d'adaptations des espèces face à la sécheresse (Diouf, 2011).

L'anthropisation du peuplement ligneux la plus importante a été observée à Mbar toubab et la plus faible à Widou Thiengoly. Elle entrave considérablement les processus naturels d'évolution et de renouvellement de cet écosystème sahélien (Ngom, 2008). Dés lors, un certains nombres d'espèces a été cité comme menacé de disparition. Donc, plus que la péjoration climatique, la forte exploitation peut entraîner la raréfaction voir la disparition totale des espèces. Ainsi, selon Gillet & Deprierre (1971), parmi toutes les causes de destruction de la végétation, l'action humaine, même si elle demeure souvent localisée, reste la plus radicale parce que la plus rapide. L'homme coupe ce dont il a besoin pour lui-même ou pour son bétail, et détruit tout ce qui le gêne. Ainsi, Le Houerou (1989) soutient que la surexploitation est plus néfaste que la sécheresse. Cette exploitation abusive temporaire ou

permanente n'est pas sans conséquence sur la pérennité des espèces car un certain nombre d'entre elles a été signalé comme totalement disparue de la zone.

Les résultats obtenus dans cette étude donnent aussi un aperçu sur les services fournis par ces diverses essences citées par la population dans les principaux domaines d'activités de la zone et confirme les propos de Von Maydell (1990), selon lesquels « …sans les arbres et les arbustes, les conditions d'existence au Sahel auraient été encore plus difficiles qu'elles ne le sont actuellement… ils aident non seulement à surmonter quantitativement, mais aussi qualitativement les périodes critiques de pénurie ».

Le rôle fourrager des ligneux est prépondérant par rapport aux autres types d'usages dans la localité. Cela est dû à l'importance de l'élevage dans la zone. Cette importance du caractère fourrager des ligneux est aussi notée par Lykke et *al*., (2004). Ce dernier, en étudiant 56 espèces ligneuses dans le Sahel, note que 95% d'entre elles sont des fourrages importants. Cependant, on note une certaine hiérarchisation de ces fourrages ligneux. En effet, les cinq (5) niveaux de fidélité définis le montrent. Plus de 60% des espèces utilisées comme fourrage, présentent un niveau de fidélité supérieur ou égal à 50. Et la plupart d'entre elles sont présentées comme étant les fourrages préférés. On peut citer *Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Sclerocarya birrea, Adansonia digitata, Grewia bicolor, Guiera senegalensis, Calotropis procera, Acacia raddiana et Ziziphus mauritiana.* La préférence de ces espèces peut être liée à leur concentration en nutriments digestibles (Niang, 2009). Elle peut aussi dépendre des variations saisonnières, de l'âge des plantes, de leur santé et de beaucoup d'autres facteurs, tels qu'en particulier la facilité de récolte (épines) et l'abondance de l'offre (Maydel, 1983). Cependant, la faible valeur de fidélité des espèces comme *Acacia nilotica, Sterculea setigera, Mitragyna inermis, Bauhinia rufescens, Faidherbia albida, Feretia apodanthera et Maytenus senegalensis* relèverait leur rareté voire de leur absence dans la zone. Ce qui laisse croire que les populations accordent beaucoup plus d'attention aux espèces les plus abondantes dans la zone.

Toute une série de facteurs conditionne aussi l'évolution des plantes: état alimentaire du bétail, disponibilité d'autres plantes, répartition saisonnière, etc. Les indications sur l'appétence sont donc toujours sujettes à caution. Bon nombre de pasteurs interrogés, soulignent que les plantes qualifiées totalement impropres à la consommation, sont en réalité broutées dans certaines circonstances par les animaux. C'est le cas par exemple de *Calotropis procera*. Ainsi, les conditions du milieu, la composition du cheptel à nourrir et d'autres facteurs influencent également le choix des espèces fourragères. Celles qui se récoltent en saison sèche ou se conservent bien sont particulièrement précieuses. Les solutions retenues

varieront suivant qu'on doit nourrir en priorité du gros bétail ou que, en raison de la transhumance, il ne reste que des moutons et des chèvres à nourrir pendant la saison sèche. Les émondages et coupes «en parapluie» pratiqués par les éleveurs pour faciliter l'accès du bétail au fourrage ligneux ont souvent été accusés de provoquer la mort des arbres, mais leur impact demeure modeste comparé à celui des défrichements agricoles. Certes, les défrichements agricoles épargnent généralement quelques espèces utiles, et celles qui sont coupées rejettent des souches, mais néanmoins, le rabattage systématique de ces rejets, une ou deux fois par an, finit par épuiser les souches. Les espèces épargnées sont alors les seuls bénéficières des ressources et se développent pour constituer des populations peu diversifiées.

Les ressources ligneuses sont aussi utilisées par les populations comme source de denrées alimentaires (fruits, condiments, corps gras, etc.) pour l'homme. Ceci confirme les propos de +qui avance qu'outre ce rôle fourrager, les ligneux des parcours sahéliens jouent des rôles multiples et essentiels tant dans l'équilibre des écosystèmes que dans la vie des populations. C'est ce même constat qu'a fait Lukke et *al.*, (2000) dans le Sahel. Dans la même année, Ganaba et *al.*, notent aussi l'importance de l'arbre dans l'alimentation, en ce sens qu'il constitue un apport nutritionnel si bien que Becker (1983) et un peu plus tard Jacks (1994) affirment que les ligneux constituent la principale source alimentaire pour les populations démunies. En effet, les espèces à grande consommation sont représentées par des essences fruitières comme *Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata*, *Ziziphus mauritiana*, *Sclerocarya birrea* et *Boscia senegalensis*. Leurs feuilles et fruits sont souvent consommés ou vendus dans les marchés hebdomadaires. Les fruits sont soit ramassés, soit récoltés après maturation par abattage ou secouement des branches.

Outre un service alimentaire et fourrager, la médecine traditionnelle, à l'origine de guérisons aussi bien de maladies humaines qu'animales, se fait essentiellement à base d'espèces ligneuses dans la zone. C'est ce qui expliquerait d'ailleurs le nombre élevé de tradipraticiens dans la zone. Toutes les parties de la plante peuvent être utilisées, mais il y'en a certaines qui sont réputées comme plus efficaces (Okafor, 1991; Ambe, 2000; Savy, 2002; Codja et *al.,* 2003; Soubeiga 2004; Belem et *al.,* 2007; Ouedrago, 2008; Agali 2009).

L'utilisation des ligneux comme bois d'œuvre est aussi fréquente. Chaque espèce est choisie en fonction du rôle qu'elle peut jouer. Le principal consommateur de bois est le secteur de la construction car il nécessite pas mal de bois pour les parois et la charpente de toit des maisons (Maydel, 1983). A ces besoins s'ajoutent ceux utilisés pour construire les combrières à l'intérieur ou devant les maisons, les appentis sur les places du village et marchés.

La collecte du bois pour l'usage combustible n'a qu'un impact secondaire sur l'écosystème de la zone lorsqu'il alimente les besoins des populations rurales. L'impact s'aggrave lorsque les prélèvements ne se réduisent pas à du bois mort, mais qu'ils s'accompagnent de coupes plus ou moins sévères de sujets vivants.

3.5. CONCLUSION

Les différentes utilisations des espèces ligneuses font partie des mécanismes d'adaptation des populations locales qui sont vulnérables aux conditions d'aridité et de pauvreté. L'accès à ses ressources se fait par un certain nombre de pratiques parfois destructrices à moyen ou long terme. Aujourd'hui, les populations locales sont conscientes de l'impact de ces pratiques sur le renouvellement de la ressource donc sa pérennité. Cette prise de conscience a permis l'abandon de certaines pratiques abusives telles que la coupe des arbres. Cependant, il y a beaucoup à faire, à tous les niveaux, pour que les décideurs et le public aient davantage conscience de la situation actuelle des ressources végétales du Ferlo.

Ainsi, il conviendrait de mener des études paléoécologiques, notamment palynologique afin de connaitre l'origine et la signification historique des communautés végétales actuelles de cette zone, éléments indispensables et susceptibles d'orienter leur gestion durable. Auparavant, la construction d'un atlas pollinique actuel s'avère nécessaire, car c'est un outil indispensable et préalable à toutes démarches de paléopalynologie qui pourraient être amenées à se développer au Sénégal.

CHAPITRE 4: ATLAS POLLINIQUES DU SENEGAL

4.1. INTRODUCTION

La palynologie est la branche des sciences naturelles qui s'intéresse à l'étude de l'organe reproducteur mâle des plantes à fleurs : le pollen. A l'instar de nos empreintes digitales, la forme, la taille des grains de pollen, la décoration de la paroi sporo-pollinique ou encore le nombre d'apertures constituent un ensemble de caractéristiques propres à chaque plante. Cette spécificité permet l'identification de la plante émettrice de chacun des pollen.

Dans le cadre de cette étude, les grains de pollen de quelques espèces tropicales du Sénégal ont été extraits. Cette collection pollinique sert de référence à la détermination aisée des pollens fossiles.

L'objectif, est donc de mettre à la disposition de ceux qui utilisent l'analyse pollinique dans leurs recherches, l'illustration et la description des grains de pollen de quelques espèces clés du Sénégal et en particulier de la zone sahélienne. Cependant, un bref rappel concernant le grain de pollen (rôle biologique, formation, dispersion et morphologie) s'avère fondamental.

4.2. MATERIELS ET METHODE

4.2.1. Notion de grain de pollen

4.2.1.1. Rôle biologique

4.2.1.1.1. Formation

Chez les plantes à fleurs, le grain de pollen est l'élément reproducteur mâle. Il est formé dans l'anthère (partie terminale de l'étamine) à partir de cellules mères divisées en quatre lors d'une méiose (division cellulaire). Les tétrades ainsi formées se dissocient, sauf exception chez certaines plantes, avant dissémination individuelle de chaque grain de pollen.

4.2.1.1.2. Dispersion

Le rôle fécondant du pollen n'est assuré que s'il se place sur le stigmate (parti terminale du pistil, l'appareil reproducteur femelle) : ce phénomène est appelé pollinisation. Pour y parvenir, plusieurs vecteurs de transport existent :

- Pollinisation anémophile : c'est la dispersion par le vent et est utilisée autant chez les gymnospermes que les angiospermes.
- Pollinisation entomophile : c'est le transport effectué par le biais des insectes. Les plantes entomogames ont une faible production pollinique contrairement aux anémophiles.
- Pollinisation cleistophile : les plants cleistogames assurent leur pollinisation à l'intérieur même de la fleur, ce qui fait qu'elles ont une production pollinique très limitée.

- Pollinisation hydrophile : chez certains végétaux croissant dans l'eau ou à sa surface, le transport des grains de pollen est assuré par l'eau elle-même.

Production et dispersion jouent un rôle important dans la composition de la pluie pollinique actuelle, or l'intérêt de la palynologie ne réside pas uniquement dans l'étude du rôle biologique des pollen récents. Cette discipline est une passerelle conduisant à la reconstitution de la végétation passée et son application à des périodes antérieurs est envisageable par la connaissance de deux particularités polliniques : la diversité morphologique et la composition chimique de la paroi externe des pollen, qui assure une très grande résistance dans certains milieux de dépôt.

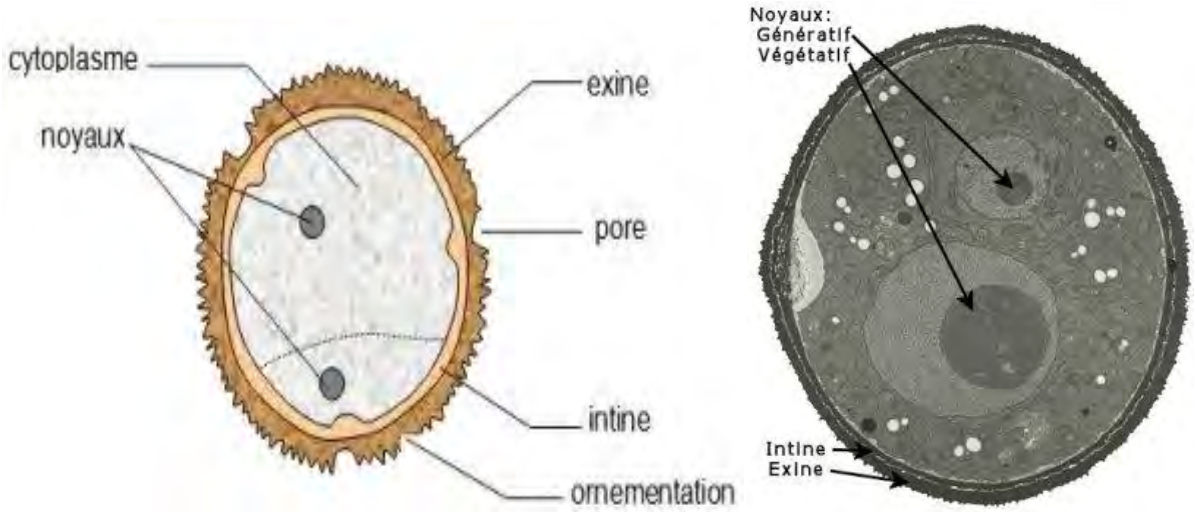


Figure 14. Schéma d'un grain de pollen

4.2.1.2. Critère de reconnaissance des grains de pollen

4.2.1.2.1. Forme

La forme des grains de pollen est conditionnée par leur situation au sein de la tétrade issue de la cellule mère.

L'orientation des grains définit ainsi deux pôles, un proximal, proche du centre de la tétrade et l'autre distal. De même, deux axes, polaire et équatorial, se distinguent. Une observation parallèle à ces axes détermine une vue polaire et une vue équatoriale. Ces quatre éléments permettent d'orienter toutes les caractéristiques morphologiques des grains de pollen.

La forme de ces grains microscopiques est généralement sphérique, parfois triangulaire. Chez certains types, notamment les Ericacées, les grains ne s'individualisent pas et restent groupés en tétrade. D'autre, comme les grains de pollen de gymnospermes possèdent par ailleurs deux ballonnets favorisant leur dispersion.

4.2.1.2.2. Taille

La taille des pollen peut varier de 2,5 à 200 µm (les plus gros étant représentés par certaines gymnospermes). Le plus grand grain de pollen, est bien trop petit pour être étudier à l'œil nu. Les microscopes sont donc nécessaires pour voir la forme exacte et les caractéristiques d'un grain de pollen. La plupart exigent environ un grossissement X10, mais pour les petits grains un grossissement X40 fois peut être nécessaire.

4.2.1.2.3. Apertures

Afin de permettre la sortie du tube pollinique lors de la germination, la paroi des spores et pollen est amincie par endroits. Ce rétrécissement de l'enveloppe pollinique ou apertures peut varier en forme (pores et/ou sillons (colpi)) et en nombre. Les rares grains qui en sont dépourvus sont inaperturés.

Leur nombre varie en fonction des taxons mais les grains de pollen les plus fréquemment rencontrés sont triporés, tricolpés ou tricolporés lorsque trois pores se trouvent à l'intérieur de trois sillons par exemple (Figure 15).

4.2.1.2.4. Structure et sculpture de l'exine

L'enveloppe externe des pollen est composée de deux couches concentriques : l'intine, qui disparait rapidement après la mort biologique du pollen et l'exine, constitué de sporopollenine, un matériau extrêmement résistant.

L'exine se divise également en deux strates : l'endexine et l'ectexine de l'intérieur vers l'extérieur. L'endexine est homogène et non structurée. En revanche, l'extexine est le plus souvent formée d'élément de sculptures, de forme et de taille variées, auxquelles un vocabulaire spécifique est destiné. Ces éléments peuvent parfois fusionner dans leur partie distale et former une assise supplémentaire, le tectum. On distinct, ainsi les exines tectées des exines intectées. Le tectum peut parfois occuper toute la surface de l'exine, ou destiner à divers ornementations en fonction des éléments de sculptures le soutenant (columelles).

L'étude de l'exine, très riche d'information sur la nature du pollen, est l'analyse la plus délicate à réaliser. Elle nécessite une observation microscopique sur toute la profondeur de l'ectexine par plusieurs mises au point successives.

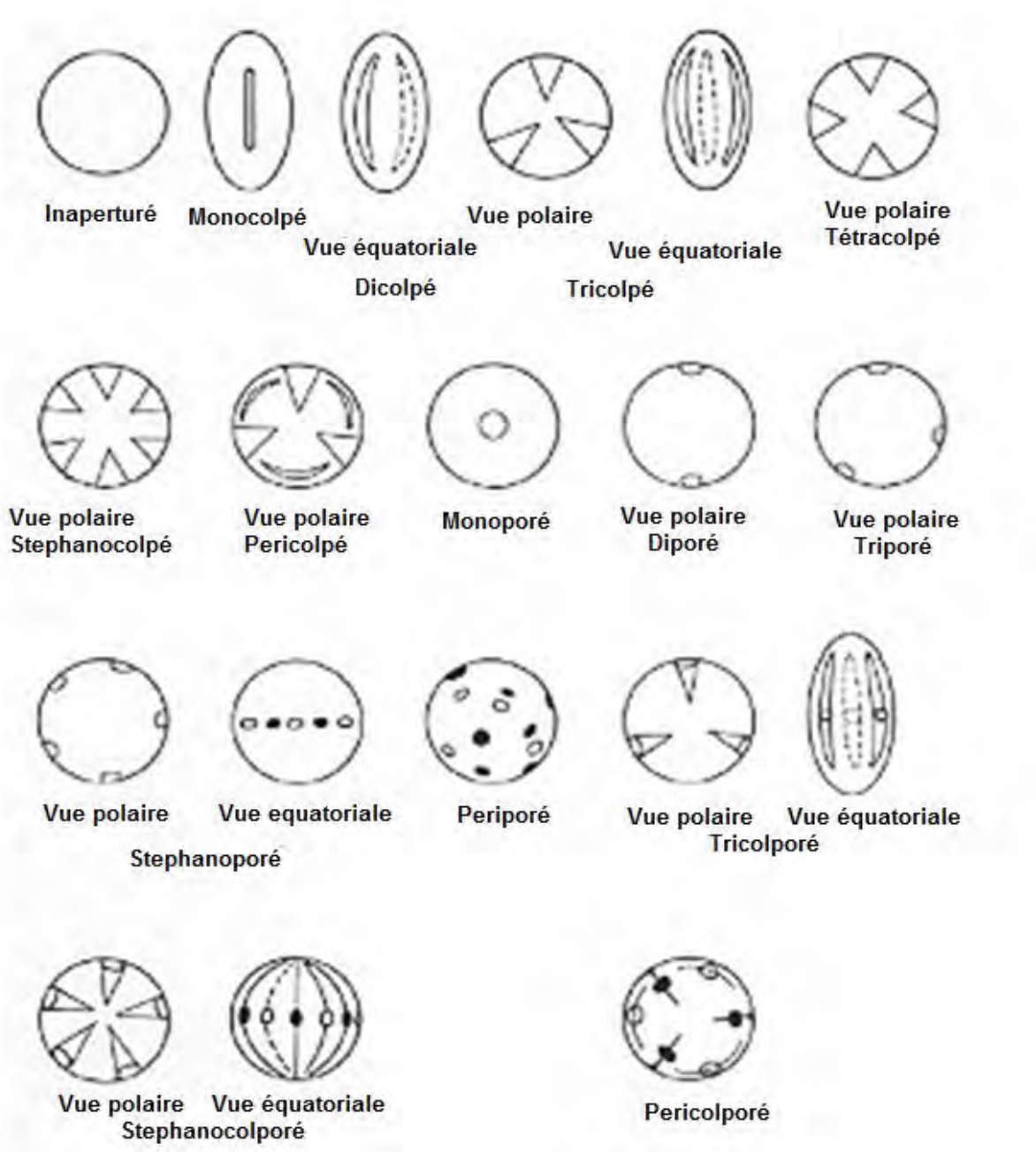


Figure 15. Différents types polliniques d'angiospermes d'après le nombre et la dispersion des apertures (d'après Renault-Miskovsky et Petzold, 1989)

4.2.2. Origine des grains de pollen

Les grains pollen extraits proviennent de récoltes de fleurs dans différentes régions du nord du Sénégal (Dakar, Thiès, Louga et Linguère) réalisées entre 2011 et 2015. L'identification des espèces a été effectuée à l'aide de la flore de Berhaut (1967) et de la classification APGIII (2009). La description des pollen a été réalisée grâce aux ouvrages Pollen et spores d'Afrique tropicale (Association des palynologues de la langue Française, 1974) et Pollen des savanes d'Afrique orientale (Bonnefille et Riollet, 1980).

4.2.3. Extraction des grains de pollen

Toutes les manipulations sont faites sous hottes ventilées avec un équipement de protection complet (port de blouse, lunette, gants). Le protocole suivant vaut pour le traitement des pollens florales.

Il se fait en plusieurs étapes :

- élimination de la matière organique en utilisant l'hydroxyde de sodium NaOH (10%) à chaud pendant 35 min,
- filtration à l'aide de tamis pour éliminer les particules supérieures à 200 µm, rinçage à l'acide acétique glacial,
- acétolyse à chaud (80%) pendant 8 min (acide anhydride acétique et acide sulfurique).

Des rinçages à l'eau distillée et des centrifugations à 3000 tours pendant 5 min ont lieu entre chaque étape.

- enfin, mise en suspension des culots dans la glycérine phénolée dans des eppendorfs afin de les monter entre lames et lamelles.

Deux montages ont été effectués pour chaque taxons. Ces derniers, entreposés dans les laboratoires GEODE (Toulouse) et LEVEH (DAKAR), sont repérés grâce à leur code (Code labo).

La présentation des résultats suit la classification par ordre alphabétique des familles. Les différents caractères sont présentés dans l'ordre suivant: symétrie, forme, structure et taille du pollen.

4.3. RESULTATS

4.3.1. Liste des grains de pollen extraits

La flore pollinique recueillie au cours de cette étude comporte 192 espèces réparties dans 52 familles (Tableau XIX). La majeur partie de ces espéces sont typiquement sahéliens.

Tableau XIX. Fleurs extraites et lieux de récolte

Code labo	Espèces	Lieu de récolte
Aca-002T	*Peristropha bicalyculata (*Retzius) Nees in Wallich	SE-Ferlo/Sahel
Aca-003T	*Asistasia gangetica* (L.) T. Anderson	SE-Thiès
Aca-005T	*Thunbergia erecta* (Benth.) T. Anderson	SE- forêt de Hann
Ai-001T	*Sesuvium portulacastrum* L.	SE-forêt de Mbao
Ama-004T	*Pandiaka involucrata* (Moq.) B. D. Jacks.	SE-Dakar UCAD
Ama-005T	*Philoxerus vermicularis* (L.) Sm.	SE-Dakar UCAD
Ama-007T	*Pupalia lappacea* (L.) Juss.	SE- forêt de Hann
Ama-010T	*Blutaparon vermiculare* (L.)	SE-Lac Tanma
Ama-011T	*Amaranthus hybridus* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Ama-012T	*Amaranthus viridis* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Ama-013T	*Achyranthes argentea* Lam.	SE-Lac Rose
Ana-004T	*Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst.	SE-Ferlo/Sahel
Ana-005T	*Mangifera indica L.*	SE-Thiès
Ana-006T	*Anacardium occidentale* L.	SE-Thiès
Ana-007T	*Rhus longipes* Engl.	SE-Thiès
Anno-001T	*Annona senegalensis* Pers.	SE-Thiès
Apo-003T	*Adenium obesum* Roem. & Schult.	SE-Ferlo/Sahel
Apo-004T	*Nerium oleander* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Apo-005T	*Plumeria rubra* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Apo-006T	*Saba senegalensis* (A.D.C.) Pichon	SE-Dakar Jbot UCAD
Apo-007T	*Thevetia neriifolia* (Pers.) K.	SE-Dakar Jbot UCAD
Apo-008T	*Catharanthus roseus* (L.) G. Don	SE-Dakar Jbot UCAD
Apo-009T	*Allamanda cathartica* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Apo-010T	*Strophanthus sarmentosus* DC.	SE-forêt de Mbao
Apo-012T	*Allamanda cathartica* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
As-002T	*Leptadenia pyrothechnica* (Forsk.) Dec	SE-Ferlo/Sahel
As-003T	*Pergularia daemia* (Forssk.)	SE-Dakar Cambéréne
As-004T	*Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton	SE-Ferlo/Sahel
As-005T	*Leptadenia hastata* (Pers.) Deene	SE-Ferlo/Sahel
Ast-012T	*Tridax procumbens* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Ast-013T	*Blumea mollis* (D. Don) Merr.	SE-forêt de Mbao

Ast-014T	*Blumea viscosa* (Mill.) V. M. Badillo	SE-Dakar Jbot UCAD
Ast-015T	*Lactuca intybacea* Jacq.	SE-forêt de Mbao
Ast-021T	*Euclipta alba* L.	SE-forêt de Hann
Ast-022T	*Vernonia amygdalina* Delile	SE-forêt de Hann
Bo-005T	*Heliotropium bacciferum* Forssk.	SE-Ferlo/Sahel
Bo-006T	*Cordia senegalensis* DC.	SE-Dakar Jbot UCAD
Bo-007T	*Cordia sebestena* L.	SE-Thiès
Big-009T	*Kigelia africana* (Lam.)	SE-Dakar
Cac-002T	*Opuntia tuna* (L.) Mill.	SE-forêt de Mbao
Cann-001T	*Canna indica* L.	SE-forêt de Hann
Capp-003T	*Cleome gynandra* H. H. Iltis	SE-Ferlo/Sahel
Capp-004T	*Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poiret	SE-Ferlo/Sahel
Capp-005T	*Capparis tomentosa* Lam.	SE-forêt de Mbao
Capp-008T	*Crateva religiosa* Forst. f.	SE-Dakar Jbot UCAD
Capp-011T	*Cadaba farinosa* Forssk.	SE-Lac Rose
Capp-012T	*Cleome viscosa* L.	SE-Lac Rose
Casu-001T	*Casuarina equisetifolia L.*	SE-Thiès
Cel-001T	*Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell	SE-forêt de Mbao
Chr-002T	*Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance ex F. White	SE-Niayes
Chen-001T	*Salsola baryosma* (Schult.)	SE-Lac Tanma
Com-003T	*Guiera senegalensis* J. F. Gmel.	SE-Ferlo/Sahel
Com-004T	*Combretum micranthum* G. Don	SE-Ferlo/Sahel
Com-005T	*Combretum aculeatum* Vent.	SE-Ferlo/Sahel
Com-006T	*Combretum glutinosum* Perr. Ex DC.	SE- Niayes
Com-007T	*Terminalia mantaly* Perr.	SE-Delta du Saloum
Com-011T	*Quisqualis indica* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Com-012T	*Terminalia catappa* L.	SE-Lac Rose
Con-003T	*Merremea tridentata* (L.) Hallier f.	SE-Ferlo/Sahel
Con-004T	*Ipomoea kotschyana* Hochst. ex Choisy	SE-Ferlo/Sahel
Con-005T	*Ipomea coptica* (L.) Roth ex. Roem. & Schult	SE-Thiès
Con-006T	*Ipomoea hispida* (Vahl) Roem. & Schult.	SE-Thiès
Con-008T	*Ipomoea cairica* Sweet	SE-delta du Saloum
Con-009T	*Ipomoea asarifolia* (Desr.) Romer & J.A. Schulte	SE-Thiès

Con-010T	*Ipomoea setifera* Poir.	SE-lac de Guiers
Con-015T	*Ipomea pes-tigridis* L.	SE-Ferlo/Sahel
Con-016T	*Ipomea triloba* L.	SE-Thiès
Cuc-001T	*Momordica charantia* L.	SE-Ferlo/Sahel
Cuc-002T	*Momordica balsamina* L.	SE-Ferlo/Sahel
Cy-002T	*Cyperus maritimus* (L.) E.H.L. Krause	SE-lac de Guiers
Cy-003T	*Cyperus ligularis* L.	SE-forêt de Hann
Cy-004T	*Fimbristylis cymosa* R. Br.	SE-Dakar Cambèréne
Cy-005T	*Pycreus polystachyos* (Rottb.) P. Beauv.	SE-Dakar Cambèréne
Cy-006T	*Fimbristylis exilis* (Kunth)	SE-Dakar Jbot UCAD
Cy-007T	*Cyperus esculentus* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Eu-006T	*Jatropha chevalieri* Beille	SE-Ferlo/Sahel
Eu-007T	*Phyllanthus pentandrus* Schum. & Thonn.	SE-Thiès
Eu-008T	*Jatropha hastata* Jacq.	SE-Dakar Jbot UCAD
Eu-009T	*Jatropha curcas* L.	SE-Thiès
Eu-010T	*Euphorbia hirta* L.	SE-Thiès
Eu-011T	*Euphorbia tithymaloides* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Eu-013T	*Euphorbia balsamifera* Aiton	SE-forêt de Mbao
Eu-017T	*Euphorbia milii* Des Moul.	SE-forêt de Hann
Eu-021T	*Hura crepitans* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-019T	*Indigofera senegalensis* (L.) Schott	SE-Ferlo/Sahel
Fab-020T	*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-021T	*Acacia raddiana* Savi.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-022T	*Cassia italica* (Mill.) Lam. ex F. W. Andr.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-023T	*Acacia senegal* (L.) Willd.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-027T	*Indigofera aspera* Perr. ex DC.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-028T	*Indigofera hirsuta* L.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-029T	*Indigofera pilosa* Poiret	SE-Ferlo/Sahel
Fab-031T	*Crotalaria podocarpa* DC.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-032T	*Crotalaria sphaerocarpa* Perr. ex DC.	SE-Ferlo/Sahel
Fab-035T	*Acacia nilotica* (L.) Delile	SE-Ferlo/Sahel
Fab-036T	*Parkinsonia aculeata* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-037T	*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.	SE-Dakar Jbot UCAD

Fab-038T	*Cassia bicapsularis* (L.) Roxb.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-039T	*Arachis hypogaea* L.	SE-Thiès
Fab-040T	*Prosopis glandulosa* Torr.	SE-Thiès
Fab-041T	*Indigofera tinctoria* L.	SE-Thiès
Fab-042T	*Senna obtusifolia* (L.) H. S. Irwin & Barneby	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-043T	*Vigna sinensis* (L.)Walp	SE-Thiès
Fab-044T	*Faidherbia albida* (Delile) A. Chev.	SE-Thiès
Fab-045T	*Senna alata* (L.) Roxb.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-046T	*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-047T	*Bauhinia rufescens* Lam	SE-Thiès
Fab-049T	*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-050T	*Dichrostachys cineraria* Wright & Arn.	SE-forêt de Mbao
Fab-051T	*Acacia seyal* Delile	SE-le Ferlo/Sahel
Fab-052T	*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.	SE-forêt de Mbao
Fab-054T	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-068T	*Samanea saman* (Jacq.)	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-069T	*Crotalaria guinensis* Guill. & Perr.	SE-Dakar, Cambèréne
Fab-070T	*Crotalaria retusa* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-079T	*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.	SE-Dakar Jbot UCAD
Fab-080T	*Acacia ataxacantha* DC.	SE-Forêt Noflaye
Fab-081T	*Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst.	SE-Lac Rose
Lam-005T	*Hyptis suaveolens (*L.) Poit.	SE-Thiès
Lam-006T	*Ocimum basilicum* L.	SE-Thiès
Lil-003T	*Sansevieria trifasciata* Prain	SE-forêt de Mbao
Lor-002T	*Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K. Krause)	SE-Thiès
Ly-002T	*Lawsonia inermis* L.	SE-Thiès
Mal-009T	*Hibiscus physaloides* Guill. & Perr.	SE-Thiès
Mal-010T	*Hibiscus subdariffa* L.	SE-Thiès
Mal-011T	*Hibiscus rosa-sinensis* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Mal-012T	*Hibiscus schizopetalus* (Mast.) Hook. F.	SE-Dakar Jbot UCAD
Mal-013T	*Abutilon pannosum* (G. Forst.) Schlldl.	SE-Dakar UCAD
Mal-014T	*Gossypium barbadense* L.	SE-Dakar UCAD
Mal-018T	*Corchorus aestuans* L.	SE-Ferlo/Sahel

Meli-002T	*Azadirachta indica* A. Juss.	SE-Dakar Jbot UCAD
Meni-001T	*Cocculus pendulus* (J.R. & G. Forst.) Diels	SE-lac de Guiers
Myr-007T	*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.	SE-forêt de Mbao
Myr-008T	*Eucalyptus alba* Reinw. Ex Blume	SE-forêt de Mbao
Myr-009T	*Syzygium guineense* Wall.	SE-Dakar Jbot UCAD
Nyc-002T	*Boerhavia erecta* L.	SE-Ferlo/Sahel
Nyc-004T	*Bougainvillea glabra* Choisy	SE-Dakar Jbot UCAD
Nyc-005T	*Boerhavia diffusa* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Nym-002T	*Nymphaea lotus* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Ona-001T	*Ludwigia adscendens* (L.) H. Hara	SE-Dakar Jbot UCAD
Pas-003T	*Passiflora foetida* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Ped-001T	*Ceratotheca sesamoides* Endl.	SE-Ferlo/Sahel
Ped-002T	*Rogeria adenophylla* J. Gay ex Delile	SE-Ferlo/Sahel
Plum-002T	*Plumbago zeylanica* L.	SE-Dakar Jbot UCAD
Plum-003T	*Plumbago capensis* Lam.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-001T	*Leptotherium senegalense* Kunth	SE-Ferlo/Sahel
Poa-003T	*Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich.	SE-Ferlo/Sahel
Poa-004T	*Eragrostis ciliaris (*L.) R. Br.	SE-Thiès
Poa-005T	*Eragrostis tenella* (L.) Beauv. ex Roemer et J.A.	SE-Thiès
Poa-006T	*Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv.	SE-Thiès
Poa-007T	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.	SE-lac de Guiers
Poa-008T	*Diplachne fusca* (L.) P. Beauv.	SE-Dakar UCAD
Poa-012T	*Paspalum scrobiculatum* L.	SE-Dakar UCAD
Poa-013T	*Enteropogon prieurii* (Kunth) Clayton	SE-Dakar UCAD
Poa-014T	*Andropogon gayanus* Kunth.	SE-Dakar UCAD
Poa-015T	*Paspalidium geminatum* (Forrsk.) Stapf.	SE-Dakar Cambéréne
Poa-016T	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	SE-Dakar UCAD
Poa-017T	*Sporobolus helvolus* (Trin.)	SE-Dakar UCAD
Poa-018T	*Brachiaria ortostachys* (Mez.) Clayton	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-019T	*Sporobolus spinatus* Kunth	SE-Lac Rose/Niayes
Poa-020T	*Aristida atipoides* Lam.	SE-Lac Rose/ Niayes
Poa-021T	*Aristida adscensionensis* L.	SE-Lac Rose/ Niayes
Poa-022T	*Chloris barbata* Sw.	SE-Dakar Jbot UCAD

Poa-023T	*Cenchrus biflorus* Roxb.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-024T	*Eragrostis cilianensis* (All.) Vign. ex Janchen	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-025T	*Eleusine indica* (L.) Gaertn.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-026T	*Eragrostis tremula* (Lam.) Hochst. ex. Steud.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-027T	*Schoenefeldia gracilis* Kunth	SE-Lac Tanma/Niayes
Poa-028T	*Brachiaria ramosa* (L.) Stapf.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-029T	*Digitaria horizontalis* Willd.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-030T	*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.	SE-Dakar Jbot UCAD
Poa-031T	*Zea mays L.*	SE-Dakar Jbot UCAD
Rh-001T	*Ziziphus mauritiana* Lam.	SE-Ferlo/Sahel
Rh-003T	*Ziziphus mucronata* Willd.	SE-Forêt Noflaye
Rhi-002T	*Rhizophora mangle* L.	SE-delta du Saloum
Rub-007T	*Feretia apodanthera* Del.	SE-Ferlo/Sahel
Rub-009T	*Oldenlandia linearis* DC.	SE-Ferlo/Sahel
Rub-024T	*Spermacoce ruellia* DC.	SE-Lac Rose
Rub-025T	*Spermacoce verticillata* L.	SE-Lac Tanma
Salv-001T	*Salvadora persica* L.	SE-Lac de Guiers
Sc-004T	*Scoparia dulcis* L.	SE-forêt de Hann
Sap-005T	*Lepisanthes senegalensis* (Juss. ex Pois.) Leenh.	SE-forêt de Mbao
Sol-009T	*Datura metel* L.	SE-Thiès
Sol-011T	*Solanum nigrum* L.	SE-forêt de Hann
Ta-001T	*Tamarix senegalensis* DC.	SE-Dakar UCAD
Typ-002T	*Typha domingensis* Pers.	SE-Dakar Cambèréne
Ti-001T	*Grewia bicolor* Juss.	SE-Ferlo/Sahel
Ul-001T	*Trema orientalis* (L.) Blume	SE-forêt de Mbao
Verb-008T	*Clerodendrum inermis* (L.)	SE-Dakar UCAD
Verb-012T	*Clerodendrum aculeatum* (L.) Schltdl.	SE-forêt de Hann
Zyg-003T	*Balanites aegyptica* (L.) Del.	SE-Ferlo/Sahel
Zyg-004T	*Tribulus terrrestris* L.	SE-Ferlo/Sahel

4.3.2. Description des types polliniques

Toutes les planches sont présentés en Annexes 7 avec une clé de déterminition en Annexe 6.

Acanthacées

- *Peristrophe bicalyculata* **Planche I: 1- 2- 3**

Pollen isopolaire triporé, longiaxe, triangulaire en vue polaire, elliptique en vue méridienne. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 28 µm en vue équatoriale et 40 à 45 µm en vue polaire.

- *Asystasia gangetica* **Planche I: 4- 5- 6**

Pollen triporé, syncolpé, exine perforé. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 35 à 45 µm en vue équatoriale et 70 à 75 µm en vue polaire.

Aizoacées

- *Sesuvium portulacastrum* **Planche I: 7-8 -9**

Pollen tricolpé, elliptique en vue méridienne, subcirculaire à subtriangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 26 à 30 µm en vue polaire.

Amaranthacées

- *Pandiaca involucrata* **Planche I: 10**

Pollen sphérique périporé, exine tectée, verruqueuse. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 24 µm.

- *Pupalia lappacea* **Planche XV: 253-254**

Pollen sphérique périporé, exine tectée, verruqueuse. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 25 µm.

- *Amaranthus hybridus* **Planche XV : 267**

Pollen sphérique périporé, exine tectée, verruqueuse. (pour plusieurs grains mesurés) 25 à 30 µm.

- *Achyranthes argentea* **Planche XVIII: 311-312**

Pollen sphérique périporé, exine tectée, verruqueuse. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 15 à 20 µm.

Anacardiacées

- *Sclerocarya birrea* **Planche I: 11-12**

Pollen tricolporé, exine réticulé. Pollen sphérique périporé, exine tectée, verruqueuse Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 36 µm.

- *Mangeria indica* **Planche XIV: 246-247**

Pollen tricolporé, exine réticulé avec des stries Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 22 à 25 µm en vue équatoriale et 30 à 32 µm en vue polaire.

- *Anacardium occidentale* **Planche I: 13-14**

Pollen tricolporé, elliptique en vue méridienne, triangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 32 à 35 µm en vue équatoriale et 40 à 43 µm en vue polaire.

Annonacées

- *Annona senegalensis* **Planche I: 15**

Tétrade acalymmée, rhomboïdale à subcarré, exine rugulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 110 à 150 µm.

Apocynacées

- *Adenium obesum* **Planche II: 22-23-24**

Pollen isopolaire, tétraporé, subcirculaire à quadrangulaire en vue polaire, subcirculaire à elliptique en vue méridienne, exine lisse à légèrement scabre Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 36 à 46 µm en vue équatoriale et 28 à 36 µm en vue polaire.

- *Nerium oleander* **Planche II: 28-29-30**

Pollen tétracolporé. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 60 µm.

- *Catharanthus roseus* **Planche II: 16-17-18**

Pollen isopolaire, tricolporé, elliptique en vue méridienne et subtriangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 65 à 70 µm en vue polaire.

- *Saba senegalensis* **Planche II:19-20-21**

Pollen isopolaire, hétérocolpé (1 à 2 colporus alternant avec 1 à 2 pseudocolpus), à symétrie bilatérale subcirculaire en vue méridienne, elliptique en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 35 à 39 µm en vue équatoriale et 26 à 32 µm en vue polaire.

- *Strophanthus sarmentosus* **Planche II: 25-26-27**

Pollen triporé, exine scabre. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 60 µm.

- *Allamanda cathartica* **Planche XV: 258-259-260**

Pollen triporé, pour plusieurs grains mesurés, nous avons des tailles de 60 et 70 µm.

Asclepiadacées

- *Leptadenia pyrothechnica* **Planche XIV: 244**

Pollen tricolporé, isopolaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 25 et 30 µm en vue polaire.

- *Leptadenia hastata* **Planche XIV: 238-239-240**

Pollen tricolporé, isopolaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 28 à 32 µm en vue polaire.

- *Pergularia daemia* **Planche XV: 261**

Pollen tricolporé, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 24 µm.

Asteracées

-*Tridax procumbens* **Planche II: 31-32-33**

Pollen triporé, subsphéroïdale, isopolaire à symétrie radiale, exine réticulée portant des épines larges à la base, avec une pointe émoussée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans épines): 20 à 28 µm.

- *Blumea mollis* **Planche XIV: 249**

Pollen triporé, subsphéroïdale, isopolaire à symétrie radiale, exine réticulée portant des épines larges à la base, avec une pointe émoussée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans épines): 30 à 35 µm.

- *Lactuca intybacea* **Planche III: 34-35-36**

Pollen pentaporé, exine réticulée portant des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans épines): 30 à 35 µm.

- *Euclipta alba* **Planche XV: 262-263**

Pollen tétraporé, exine réticulée portant des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans épines): 25 à 30 µm.

Boraginacées

- *Heliotropium bacciferum* **Planche III: 37-38-39**

Pollen isopolaire, hétérocolpé (3 colporus alternant avec 3 pseudocolpus), longiaxe, subrectangulaire en vue méridienne, hexalobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm en vue polaire.

- *Cordia senegalensis* **Planche III: 40-41-42**

Pollen isopolaire, tricolporoidé, elliptique en vue équatoriale et subcirculaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 32 à 35 µm en vue polaire et 37 à 43 µm en vue équatoriale.

- *Cordia sebestena* **Planche XIV: 245**

Pollen isopolaire, tricolporoidé, elliptique en vue équatoriale et subcirculaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm en vue polaire.

Cactacées

- *Opuntia tuna* **Planche VI: 52-53-54**

Pollen périporé, sphérique. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 106 à 120 µm.

Capparidacées

- *Boscia senegalensis* **Planche IV: 55-56-57**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire, exine tectée, tectum continu finement verruqueux. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 35 µm en vue équatoriale et 32 à 36 µm en vue polaire.

- *Capparis tomentosa* **Planche IV: 58-59-60**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique et apiculé en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 12 à 16 µm en vue équatoriale et 20 à 24 µm en vue polaire.

- *Cadaba farinosa* **Planche XV: 264-265-266**

Pollen isopolaire, tricolporé, faiblement longiaxe et apiculé, elliptique en vue méridienne, trilobés à circulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 30 µm en vue équatoriale et 23 à 28 µm en vue polaire.

- *Cleome viscosa* **Planche XVI: 268-269-270**

Pollen isopolaire, tricolporoidé (tricolporé), longiaxe, elliptique en vue méridienne, légèrement trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 12 à 15 µm en vue équatoriale et 16 à 19 µm en vue polaire.

Celastracées

- *Maytenus senegalensis* **Planche VI: 61-62-63**

Pollen isopolaire tricolporé, subcirculaire à elliptique en vue méridienne, subtriangulaire en vue polaire, exine réticulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 19 à 22 µm en vue équatoriale et 20 à 24 µm en vue polaire.

Chrysobalanacées

- *Neocarya macrophylla* **Planche IV: 64-65-66**

Pollen isopolaire, tricolporé subcirculaire en vue méridienne, subtriangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 32 et 35 µm en vue équatoriale.

Combretacées

- *Combretum micranthum* **Planche III: 43-44-45**

Pollen isopolaire, hétérocolpé (avec 3 colporus alternant avec 3 pseudocolpus alternés), elliptique longiaxe en vue méridienne, hexalobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 12 à 14 µm en vue équatoriale et 14 à 16 µm en vue polaire.

- *Combretum aculeatum* **Planche III: 46-47-48**

Pollen isopolaire, hétérocolpé (3 colporus alternant avec 3 pseudocolpus) elliptique en vue méridienne et hexalobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 17 à 20 µm en vue équatoriale et 20 à 25 µm en vue polaire.

- *Combretum glutinosum* **Planche III: 49-50-51**

Pollen isopolaire, hétérocolpé, elliptique en vue méridienne et hexalobé en vue polaire, hétérocolpé. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 23 µm en vue équatoriale et 19 µm en vue polaire.

- *Quisqualis indica* **Planche XVI: 271-272-273**

Pollen isopolaire, hétérocolpé, longiaxe, elliptique en vue méridienne et hexalobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 75 à 80 µm en vue polaire.

-*Terminalia catappa* **Planche XVIII: 313**

Pollen isopolaire, hétérocolpé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, hexalobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 12 à 16 µm en vue équatoriale et 15 à 20 µm en vue polaire.

Convolvulacées

- *Merremia tridentata* **Planche IV: 67-68-69**

Pollen périporé, sphérique, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 70 à 75 µm.

- *Ipomea kotschyana* **Planche V: 70-71-72**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 72 à 80 µm.

- *Ipomea coptica* **Planche XVX: 314-315**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 60 à 70 µm.

- *Ipomea hispida* **Planche V: 73-74-75**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 75 à 80 µm

- *Ipomea cairica* **Planche V: 79-80-81**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 80 à 88 µm.

- *Ipomea asarifolia* **Planche V: 76-77-78**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Pour Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 78 à 88 µm.

- *Ipomea setifera* **Planche V: 82-83-84**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 80 à 88 µm.

- *Ipomea triloba* **Planche XVI: 274-275-276**

Pollen périporé, sphérique, exine échinulée, réticulée avec des épines à base renflée et à extrémité effilée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 80 à 85 µm.

Cucurbitacées

- *Momordica charantia* **Planche V: 85-86-87**

Pollen isopolaire, tricolporoidé (tricolporés), longiaxe, elliptique en vue méridienne, subcirculaire à subtriangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 55 à 60 µm en vue polaire.

Cyperacées

- *Cyperus maritimus* **Planche VI: 88-89-90**

Pollen hétéropolaire, poroidé + pseudocolpé, longiaxe, subtriangulaire en vue méridienne, subpolygonaux en vue distales. La mesure de la longueur de l'axe de l'ellipse en vue proximale pour plusieurs pollen donne des tailles comprises entre 25 et 35 µm.

- *Pycreus polystachyos* **Planche XVI: 277-278**

Pollen hétéropolaire, poroidé + pseudocolpé, longiaxe, subtriangulaire en vue méridienne, subpolygonaux en vue polaire. La mesure de la longueur de l'axe de l'ellipse en vue proximale de plusieurs pollen donne des tailles de 26 à 32 µm.

- *Cyperus esculentus* **Planche XVI: 279**

Pollen hétéropolaire, poroidé + pseudocolpé, longiaxe, subtriangulaire en vue méridienne, subpolygonaux en vue distales. La mesure de la longueur de l'axe de l'ellipse mesuré en vue proximale de plusieurs pollen donne des tailles de 42 à 47 µm.

Euphorbiacées

- *Jatropha chevalieri* **Planche VI: 91-92-93**

Pollen inaperturé, sphérique. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 55 à 60 µm.

- *Phyllanthus pentandus* **Planche XVX: 317**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm en vue polaire.

- *Jatropha hastata* **Planche VI: 94-95-96**

Pollen inaperturé, sphérique. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 55 à 60 µm.

- *Euphorbia hirta* **Planche VI: 97-98-99**

Pollen isopolaire tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm en vue polaire.

- *Euphorbia tithymaloides* **Planche VI: 100-101-102**

Pollen isopolaire tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 60 à 70 µm.

- *Euphorbia balsamifera* **Planche VI: 103-104-105**

Pollen isopolaire tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 40 à 45 µm.

- *Euphorbia milii* **Planche XVI: 280-281-282**

Pollen isopolaire tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 62 à 72 µm en vue polaire.

- *Hura crepitans* **Planche XVI: 283-284**

Pollen isopolaire tricolporé, Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 60 et 65 µm en vue polaire.

Fabacées

- *Acacia senegal* **Planche VII: 109-110-11**

Polyade acalymmée, comprenant 16 monades, circulaire à subcarrée en vue de face, elliptique en vue de profil, exine simple. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 52 à 58 µm.

- *Acacia seyal* **Planche IX: 148-149-150**

Polyade acalymmée, comprenant 16 monades, elliptiques en vue de profil, circulaire à subcarrées en vue de face. Les monades périphériques ont des faces distales sub-rectangulaires et les monades centrales ont des face subcarrées. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 58 à 62 µm.

-*Indigofera pilosa* **Planche VII: 112-113-114**

Pollen isopolaire tricolporoidé, longiaxe à bréviaxe, elliptique à subcirculaire en vue méridienne, subtriangulaire à trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 32 µm.

-*Indigofera hirsuta* **Planche VII: 115-116-117**

Pollen isopolaire tricolporoidé, longiaxe à bréviaxe, elliptique à subcirculaire en vue méridienne, subtriangulaire à trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm en vue polaire.

-*Indigofera tinctoria* **Planche XXI: 323-324**

Pollen isopolaire tricolporoidé, longiaxe à bréviaxe, elliptique à subcirculaire en vue méridienne, subtriangulaire à trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 26 à 30 µm en vue polaire.

- *Indigofera aspera* **Planche VII: 118-119-120**

Pollen isopolaire tricolporoidé, longiaxe à bréviaxe, elliptique à subcirculaire en vue méridienne, subtriangulaire à trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 32 µm.

- *Crotalaria podocarpa* **Planche VII: 121-122-123**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 17 à 22 µm en vue équatoriale et 20 à 25 µm en vue polaire.

- *Crotalaria sphaerocarpa* **Planche VIII: 124-125-126**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 18 à 22 µm en vue équatoriale et 20 à 25 µm en vue polaire.

- *Caesalpinia pulcherrima* **Planche VIII: 127-128-129**

Pollen isopolaire, tricolporé, exine réticulée, elliptique en vue méridienne, subcirculaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 65 à 75 µm en vue polaire en vue polaire.

- *Parkinsonia aculeata* **Planche XIV: 241-242-243**

Pollen isopolaire tricolporé, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 25 à 30 µm en vue polaire.

- *Cassia bicapsularis* **Planche XVX: 318-319**

Pollen isopolaires, tricolporés, longiaxes, elliptique en vue méridienne, subsphériques en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 28 à 35 µm en vue polaire.

- *Arachis hypogea* **Planche VIII: 130-131-132**

Pollen isopolaire triporé, longiaxe, contour elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 32 à 38 µm en vue équatoriale et 35 à 39 µm en vue polaire.

- *Prosopis glandulosa* **Planche XVX: 320-321-322**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, subsphériques en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm en vue polaire.

-*Vigna sinensis* **Planche VIII: 133-134-135**

Pollen isopolaire triporé, bréviaxe à équiaxe, exine réticulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 70 à 72 µm.

- *Faidherbia albida* **Planche VIII: 136-137-138**

Polyade acalymée, formé de plusieurs monades, exine tectée (tectum perforé). Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 95 à 100 µm.

- *Cassia italica* **Planche VII: 106-107-108**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, subsphériques en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 à 26 µm en vue équatoriale et 31 à 36 µm en vue polaire.

- *Senna alata* **Planche VIII: 139-140-141**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne subsphériques en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 36 µm.

- *Senna siamea* **Planche IX: 142-143-144**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, subsphériques en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 35 à 40 µm.

- *Senna obtusifolia* **Planche XXI: 325-326**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe à équiaxe, elliptique à subcirculaire en vue méridienne, subtriangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 40 à 45 µm en vue polaire et 34 à 39 µm en vue équatoriale.

- *Bauhinia rufescens* **Planche XXI: 327-328-329**

Pollen sphéroïdal, bréviaxe, isopolaire, stéphanocolpé, à contour subcirculaire en vue polaire, elliptique en vue méridienne. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 25 à 35 µm.

- *Leucaena leucocephala* **Planche XXI: 330-331-332**

Pollen tricolporé, exine rugulé. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 55 µm en vue polaire et 45 à 47 µm en vue équatoriale.

- *Dichrostachys cinearis* **Planche IX: 145-146-147**

Polyade acalymmée, elliptique, à nombre de monades variable (8-12-16 monades), exine tectée. Les monades sont souvent isolées et le coté distal d'une monade mesure environ 45 µm.

- *Pithecellobium dulce* **Planche IX: 151-152-153**

Polyade acalymmée à 16 monades. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 100 à 105 µm.

- *Albizia lebbeck* **Planche IX: 154-155-156**

Polyade en ellipsoïde aplati avec 16 monades. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 100 à 110 µm.

- *Desmanthus virgatus* **Planche XXI: 333-334**

Pollen tricolporé, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 100 à 110 µm en vue polaire.

-*Acacia ataxacantha* **Planche XVII: 286-287-288**

Polyade acalymmée, elliptiques avec 16 monades. Les monades sont souvent isolées et le diamètre d'une monade mesure environ 22 µm.

- *Piliostigma reticulatum* **Planche XVI: 285**

Pollen triporé, exine échinulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 45 à 50 µm en vue polaire et en vue équatoriale.

Lamiacées

- *Ocimum basilicum* **Planche IX: 157-158-159**

Pollen isopolaire, hexacolpés, bréviaxe, circulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 52 à 60µm en vue équatoriale et 34 à 40 µm en vue polaire.

Liliacées

- *Sansevieria trifasciata* **Planche X: 160-161-162**

Pollen hétéropolaire, monocolpé, elliptique en vue de profil, exine tectée (tectum relativement épais et finement perforé). Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 70 à 75 µm.

Loranthacées

-*Tapinanthus bangwensis* **Planche X: 163-164-165**

Pollen isopolaire tricolpé, bréviaxe, fusiforme en vue méridienne et trilobé en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 34 à 39 µm en vue équatoriale et 21 à 27 µm en vue polaire.

Lythracées

- *Lawsonia inermis* **Planche X: 166-167-168**

Pollen isopolaire, hétérocolpé (3 colporus alternant avec 6 pseudocolpus), longiaxe, elliptique en vue méridienne, subtriangulaire en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 15 à 18 µm en vue polaire et 13 à 16 µm en vue équatoriale.

Malvacées

- *Abutilon pannosum* **Planche X: 169-170-171**

Pollen isopolaire, tricolporé, équiaxe et sphérique, exine tectée et échinulée avec des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) 80 à 85 µm.

- *Gossypium barbadense* **Planche X: 172-173-174**

Pollen tri à tétraporé, sphérique, exine tectée, échinulée avec des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) comprises entre 80 et 90 µm.

- *Hibiscus physaloides* **Planche XV: 250-251-252**

Pollen périporé, sphérique à symétrie radiale, exine tectée, échinulée avec des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 100 à 105 µm.

- *Hibiscus subdariffa* **Planche XXII: 336-337-338**

Pollen périporé, sphérique à symétrie radiale, exine tectée, échinulée avec des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 130 à 140 µm.

- *Hibiscus rosa-sinensis* **Planche XIV: 248**

Pollen périporé, sphérique à symétrie radiale, exine tectée, échinulée avec des épines. Tailles (pour plusieurs grains mesurés sans les épines) de 160 à 170 µm.

Meliacées

- *Azadirachta indica* **Planche X: 175-176-177**

Pollen isopolaire, tétracolporé, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 38 à 42 µm.

Myrtacées

- *Eucalyptus camaldulensis* **Planche XI: 178-179-180**

Pollen isopolaire, à symétrie d'ordre 3, tricolporé, triangulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne. Taille vue polaire= 14 µm et vue équatoriale = 25 µm.

- *Eucalyptus alba* **Planche XI: 181-182-183**

Pollen isopolaire, à symétrie d'ordre 3, tricolporé, triangulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne. Taille vue polaire = 14 µm et vue équatoriale = 26 µm.

Nyctaginacées

- *Boerhavia erecta* **PlancheXI: 184-185-186**

Pollen périporé, sphérique, exine tectée couvert de petites épines régulièrement distribué. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 75 et 90 µm (sans les épines).

- *Boerhavia diffusa* **Planche XI: 187-188-189**

Pollen périporé, sphérique, exine tectée couvert de petites épines régulièrement distribuée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 78 à 90 µm (sans les épines).

Onagracées

- *Ludwigia adscendens* **Planche XI: 190-191-192**

Pollen hétéropolaire, tricolporé, elliptique en vue méridienne et subsphériques en vue polaire, exine finement rugulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 78 à 82 µm.

Passifloracées

- *Passiflora foetida* **Planche XI: 193**

Pollen isopolaire, syncolpé (6 sillons fusionnés 2 à 2 aux pôles), sphéroïdale à contour elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire; exine réticulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 85 à 92 µm en vue équatoriale et 80 à 86 µm en vue polaire.

Pedaliacées

- *Ceratotheca sesamoides* **Planche XI: 194-195**

Pollen isopolaire, ayant 8 colpus, elliptique en vue méridienne et polygonaux en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 60 µm en vue polaire.

- *Rogeria adenophylla* **Planche XII: 196-197-198**

Pollen isopolaire, ayant 8 colpus, elliptique en vue méridienne et polygonaux en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 88 à 90 µm.

Plumbaginacées

- *Plumbago zeylanica* **Planche XII: 199-200-201**

Pollen tricolporé, elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 60 à 63 µm.

- *Plumbago capensis* **Planche XII: 202**

Pollen tricolporé, elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 63 µm en vue polaire.

Poacées

- *Pennicetum violacum* **Planche XII: 203-204**

Pollen hétéropolaire, monoporé, circulaire en vue méridienne, subcirculaire en vue polaire, exine finement tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 45 et 55 µm.

- *Imperata cylindrica* **Planche XII: 205-206-207**

Pollen hétéropolaire, monoporé, circulaire en vue méridienne, subcirculaire en vue polaire, exine finement tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 43 et 52 µm.

- *Phragmites australis* **Planche XII: 208-209-210**

Pollen hétéropolaire, monoporé, circulaire en vue méridienne, subcirculaire en vue polaire; exine finement tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 32 µm.

- *Diplachne fusca* **Planche XII: 211**

Pollen hétéropolaire, monoporé, circulaire en vue méridienne, subcirculaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 34 µm.

- *Paspalum scrobiculatum* **Planche XVII: 289**

Pollen hétéropolaire, monoporé, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 40 à 47 µm.

- *Andropogon gayanus* **Planche XVII: 290**

Pollen monoporé, hétéropolaire et circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 65 µm.

- *Cynodon dactylon* **Planche XI: 291**

Pollen monoporé, hétéropolaire et circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm.

- *Aristida stipoides* **Planche XXII: 341**

Pollen monoporé, hétéropolaire et circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 45 à 48 µm.

- *Aristida adscensionensis* **Planche XI: 292**

Pollen monoporé, hétéropolaire, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm.

- *Chloris barbata* **Planche XVII: 293**

Pollen monoporé, hétéropolaire, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 35 à 45 µm.

- *Cenchrus biflorus* **Planche XVII: 294**

Pollen monoporé, hétéropolaire, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 50 à 55 µm.

- *Eleusine indica* **Planche XVII: 295**

Pollen monoporé, hétéropolaire, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm.

- *Eragrostis tremula* **Planche XVII: 296**

Pollen monoporé, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 30 à 35 µm.

- *Brachiaria ramosa* **Planche XVII: 297**

Pollen monoporé, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 40 à 45 µm.

- *Digitaria horizontalis* **Planche XVII: 298**

Pollen monoporé, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 35 à 45 µm.

- *Dactyloctenium aegyptium* **Planche XVII: 299**

Pollen monoporé, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 38 à 42 µm.

- *Zea mays* **Planche XVII: 300**

Pollen monoporé, circulaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 100 à 120 µm.

Rhamnacées

- *Ziziphus mauritiana* **Planche XII: 212-213**

Pollen isopolaire, tricolporé, bréviaxe à équiaxe, elliptique en vue méridienne et triangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 25 à 30 µm en vue équatoriale et 22 à 27 µm en vue polaire.

Rhizophoracées

- *Rhizophora mangle* **Planche XIII: 214-215-216**

Pollen isopolaire tricolporé, losangique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire; exine réticulée avec tectum continu et columelles peu distinctes. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 18 à 22 µm.

Rubiacées

- *Feretia apodanthera* **Planche XIII: 217-218-219**

Pollen isopolaire, tricolporé, subcirculaire en vue méridienne et subtriangulaire en vue polaire; exine réticulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 25 à 28 µm.

- *Oldenlandia linearis* **Planche XIII: 220-221-222**

Pollen isopolaire, tétracolporé, subcirculaire en vue méridienne et pentalobé en vue polaire; exine réticulée (réseau à petites mailles irrégulières). Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 20 et 22 µm.

- *Spermacoce ruellia* **Planche XVII: 301-302-303**

Pollen isopolaire, tétracolporé, subcirculaire en vue méridienne et pentalobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 28 à 30 µm.

Salvadoracées

- *Salvadora persica* **Planche XXII: 342**

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne et circulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 18 à 20 µm en vue polaire et 12 à 18 µm en vue équatoriale.

Sapindacées

- *Lepisanthes senegalensis* **Planche XXII: 343-344**

Pollen isopolaire, tricolporé, bréviaxe à longiaxe, elliptique en vue méridienne et triangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 22 à 25 µm en vue polaire et 20 à 28 µm en vue équatoriale.

Scrophulariacées

- *Scoparia dulcis* **Planche XVIII: 304-305-306**

Pollen isopolaire, tricolporé, subéquiaxe, subcirculaire en vue méridienne, trilobé en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 18 à 22 µm en vue polaire et 12 à 18 µm en vue équatoriale.

Solanacées

- *Datura metel* **Planche XIII: 223-224-225**

Pollen tricolporé, sphérique, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 58 à 60 µm en vue polaire.

Tamaricacées

-*Tamarix senegalensis* **Planche XIII: 226-227-228**

Pollen isopolaire, tircolporé, elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire, exine tectée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 18 à 20 µm en vue polaire.

Ulmacées

-*Trema orientalis* **Planche XIII: 229-230-231**

Pollen isopolaire, triporé, bréviaxe, elliptique en vue méridienne et subcirculaire à faiblement triangulaire en vue polaire. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 28 à 32 µm en vue polaire.

Verbanacées

- *Clerodendrum aculeatum* **Planche XVIII: 310**

Pollen tricolporé, exine échinulée. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 18 à 22 µm.

Zygophyllacées

- *Balanites aegyptiaca* **Planche XIV: 232**

Pollen isopolaire, tricolporés, trilobés en vue polaire, subcirculaires à elliptiques en vue méridienne. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 21 à 27µm en vue équatoriale et 30 à 36 µm en vue polaire.

-*Tribulus terrestris* **Planche XIV: 233-234**

Pollen périporé (avec de nombreux pores circulaires situés au centre de chaque maille du réseau), sphérique. Tailles (pour plusieurs grains mesurés) 40 à 52 µm.

4.4 DISCUSSION

Cette Atlas constituée à partir d'échantillons frais de fleurs récoltés et préparés au laboratoire GEODE est reversée au laboratoire de Dakar où elle sera conservée à des fins de formation et de recherche (un double est conservé au lab. GEODE).

A ce jour, la collection amorcée en 2012 compte près de 192 espèces appartenant à 52 familles. Ils proviennent des récoltes effectuées dans les régions de Dakar, Thiès, Louga et dans les îles du Saloum.

Les familles les mieux représentées sont les Fabacées (34 espèces) et les Poacées (27 espèces). Les grains de pollen des Poacées et des Malvacée ont des caractères polliniques homogènes tandis que celles Fabacées et des Acanthacées sont très diversifiés.

Dans l'ensemble, nous avons aussi noté que les tailles varient de 12 à 170 µm. Les grains de pollen qui ont les plus petites tailles sont observés surtout les Myrtacées, alors que celles de grande tailles sont regroupent la famille des Malvacées.

Différentes types polliniques sont aussi noté. Il s'agit de pollens inaperturé, monocolpé, tricolpé, monoporén triporé, périporé et tricolporé.

4.5 CONCLUSION

Ce travail lie une volonté commune entre le laboratoire GEODE et le laboratoire LEVEH. L'idée est de construire cette collection pollinique de référence destinée au département de Biologie Végétale de l'UCAD et qui doit permettre le développement local de disciplines paléoenvironnementales telle que la palynologie.

Dans cette optique, la construction de cette collection de référence est un outil indispensable et préalable à toutes démarches de paléopalynologie qui pourraient être amenées à se développer au Sénégal. Il sert de référence à la détermination aisée des pollens fossiles extraits des sédiments.

CHAPITRE 5 : HISTOIRE ET DYNAMIQUES PASSÉES DE LA VÉGÉTATION DU FERLO

5.1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, des changements climatiques ont affecté les régions tropicales du globe et en particulier l'Afrique. L'attention des scientifiques a été attirée sur l'existence et les causes de ces changements climatiques brusques et intenses affectant de vastes territoires (Legri, 1987). Son impact sur la végétation a été considérable au cours de ces dernières années et quelquefois irréversible (Bonnefille, 1987). La désertification et la déforestation, autrefois exclusivement attribuées à l'action de l'homme, semblent de plus en plus s'intégrer dans des phénomènes naturels dont la dimension globale résulte de la dynamique climatique générale. L'historique de ces changements environnementaux, détecté dans les océans, dans les tourbières ou les lacs est encore très mal et très sporadiquement connu en Afrique (Rhazi et *al.,* 2001). Dans ce continent, la paléobotanique et la palynologie qui apportent des réponses sur l'histoire de la végétation d'un milieu, y sont peu développées comparé à l'Europe et l'Amérique.

Au Sénégal, il existe très peu de travaux paléo environnementaux. Les seules études actuellement connues ont été menés dans la vallée du fleuve Sénégal (Feller et *al.,* 1982), dans la tourbière de Thiaye (Lezine et *al.,* 1985), dans les Niayes de Diogo (Lezine, 1989), dans le delta du fleuve Sénégal (Feller et *al.,* 1982) et dans le Lac de Guiers (Saos et *al.,* 1972; Lezine et *al.,* 1986). Ces recherches n'étaient pas focalisées sur les problématiques de l'anthropisation des milieux, mais plutôt sur les reconstitutions des dynamiques naturelles de la végétation et des paléoclimats des zones concernés.

Ainsi à travers cette étude nous tentons d'apporter notre contribution à l'étude de l'histoire de la végétation de la zone sahélo-sénégalais et de combler des lacunes en la matière. Il a pour objectifs:

- de retracer l'histoire de la végétation et des dynamiques du couvert forestier de cette zone sylvo-pastorale au cours du dernier millénaire par des approches paléoécologiques (palynologie, pédoanthracologie);
- de mesurer sur la longue durée l'impact des perturbations anthropiques sur la dynamique de cet écosystème sahélien.

5.2. Matériel et méthodes

5.2.1. Choix et localisation du site d'étude

Les travaux engagés depuis quelques années sur l'exploitation paléoécologique des mares temporaires (Dutil et *al.,* 1959; Ritchie, 1984; Muller *et al.,* 2008; Amami, 2010; Ghosn *et al.,* 2010; Daoud-Bouattour *et al.,* 2011) attestent de la possibilité et de l'intérêt indéniable d'étudier les sédiments pourtant très oxydés de ces milieux a priori défavorables mais dans lesquels le matériel sporo-pollinique reste suffisamment conservé pour envisager une reconstitution des dynamiques paléoenvironnementales.

Le site d'étude choisi dans le cadre de ce travail, se trouve au nord-ouest de la zone biogéographique du Ferlo. Un milieu humide a été privilégié, dans le but d'appréhender et de comparer avec les études antérieures. Il s'agit d'une grande mare temporaire, baptisée « Tabane » et localisée à proximité du village de Keur Momar Sarr, sur la rive sud ouest du Lac de Guiers. En effet, plusieurs travaux portant sur le fonctionnement de cette mare, sur la structuration de sa flore et sa faune environnantes, sur son rôles dans la gestion des systèmes pastoraux (Diop, 2007; Sy, 2009), ont été réalisés.

Figure 16. Localisation de la mare temporaire (source Google Earth, 2012)

5.2.2. Sondage de la mare Tabane

La séquence sédimentaire a été prélevée à l'aide d'un carottier russe de 5 cm de diamètre dont la fiabilité répond aux exigences strictes de l'analyse pollinique. Un carottage alterné a été effectué pour remédier au problèmes d'overlaps. La lithostratigraphie des carottes de sédiment a été décrite sur le terrain afin d'anticiper tout éventuel changement de couleur du sédiment par oxydation. Les carottes sédimentaires ont été ensuite conditionnées dans des gaines de PVC et emballées avec un film plastiques portant leurs références (date, site, profondeur) et stockées au frais jusqu'à leurs transferts au laboratoire.

Photo 2. Sondage de la mare Tabane

Photo 3. Carottes prélevées

5.2.3. Extraction du matériel sporo-pollinique fossiles

L'extraction du pollen fossile s'est faite au laboratoire de GEODE, selon le protocole exposé dans Moore *et al.* (1991) :

- destruction de la matière organique avec de l'hydroxyde de sodium : NaOH (10%) à chaud pendant 45 minutes ;
- filtration sur tamis à 200 µm pour l'élimination des débris grossiers;
- destruction de la matière siliceuse à l'acide fluorhydrique : HF (39%) à froid pendant 24h ;
- élimination des fluorures : HCl (10%) à chaud pendant 15 minutes

Les matériel sporo-pollinique a été acétolysé par :

- un rinçage du culot à l'acide acétique glacial ;
- acétolyse (acide anhydride acétique + acide sulfurique) à chaud pendant 6 minutes ;

Des rinçages à l'eau distillée et des centrifugations à 3000 tours pendant 5 min ont lieu entre chaque étape. Des spores de Lycopodium sous forme de tablettes ont été incorporés après le tamisage dans tous les échantillons pour pouvoir calculer les concentrations polliniques absolues selon la méthode de Stoekmarr (1971).

- Enfin, le culot résiduel est mis en suspension dans du glycérol phénolé et 50 µl sont prélevés et mis entre lame et lamelle afin d'être observée au microscope.

Seuls les 88 premiers cm de la séquence sédimentaire, sont analysés. Malgré les multiples tentatives d'extraction, les échantillons à la base se sont avérés stériles. Ce phénomène

pourrait s'expliquer par des phases d'assèchement importantes responsables de l'oxydation préjudiciable à la conservation du matériel sporopollinique (Gherzouli, 2013).

5.2.4. Détermination et comptage pollinique

Les analyses palynologiques ont été réalisées sur 19 spectres à une résolution de 4 cm. Les comptages ont été effectués sous microscope (x 400). Un minimum de 200 grains de pollen et spores a été comptabilisé pour chaque lame. L'analyse de deux à trois lames a parfois été nécessaire pour atteindre ce nombre minimal. Il est démontré que la répartition des grains de pollen est inégale à la surface de la lame (Moore *et al.,* 1991), aussi un balayage complet de chaque lame a été réalisé.

La détermination des pollen et spores a été réalisée en utilisant notre collection de référence (chapitre 4) ainsi que des ouvrages Pollen et spore d'Afrique tropicale (APLF, 1974) et Pollens des savanes d'Afrique orientale (Bonnefille et Riollet, 1980).

La liste des taxons affectée de leurs pourcentages relatifs à un niveau donné constitue un spectre pollinique. Les résultats bruts de l'analyse sont traduits sous forme d'un diagramme pollinique exprimé en fréquences relatives.

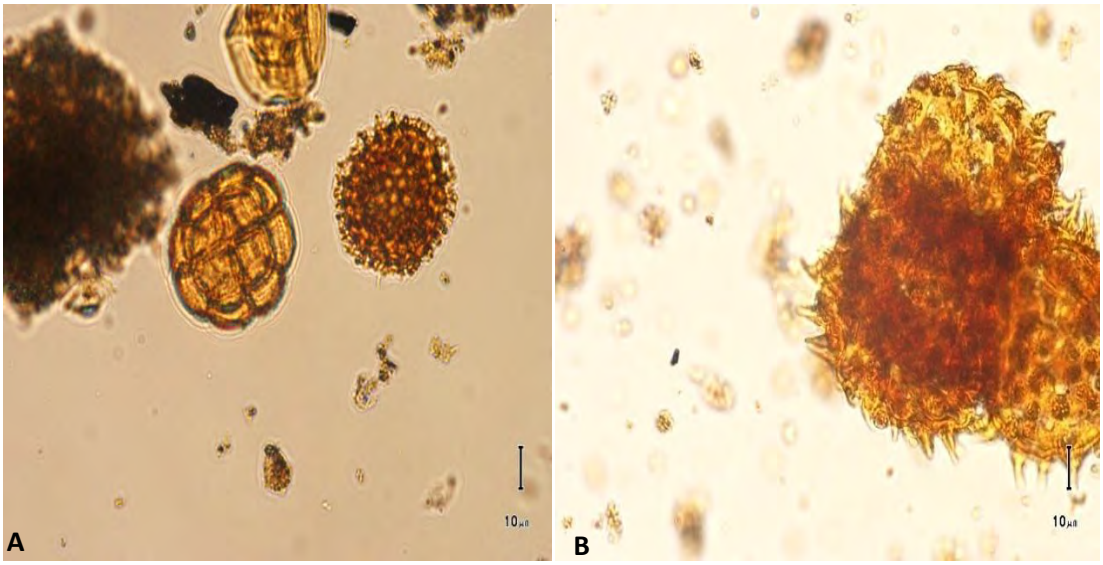


Photo 4. Comptage et détermination de grains de pollen au microscope

5.2.5 Traitement et représentation numérique des résultats

Le traitement de données et le traçage des diagrammes polliniques ont été réalisés avec les logiciels C2 version 1.7.6:

Les diagrammes en fréquence relative: les fréquences relatives de chaque taxon ont été calculées en fonction du nombre total de grains de pollen comptabilisés. Ont été exclus de la

somme pollinique : l'ensemble des hygrophiles, aquatiques, ainsi que les spores de Ptéridophytes et les Cypéracées.

Les diagrammes simplifiés*:* ils ne présentent que les taxons les plus représentatifs et offrent une représentation plus claire des dynamiques. Les taxons y sont regroupés comme dans les diagrammes classiques en fonction de leur évolution et de leurs parentés écologiques ou anthropiques. Ces diagrammes sont présentés sur une échelle chronologique estimée, exprimée en cal BP et établie sur la base des modèles d'âge extrapolés à partir des datations radiométriques obtenues sur chaque enregistrement.

D'une manière générale, l'ensemble de ces représentations graphiques reste complémentaire et aucun ne peut se substituer à l'autre.

5.2.6. Etude des Microfossiles Non Polliniques (MNP)

On appelle Microfossiles Non-Polliniques ou Microrestes Non-Polliniques (MNP), les palynomorphes autres que pollinique rencontrés dans les palynofaciés. Le terme non-pollinique est révélateur de l'aspect vaste que peut revêtir l'étude de ces microfossiles dont les natures (taxonomie) et les formes (types de restes) sont nombreuses et susceptibles de varier d'un site à l'autre, mais aussi probablement d'un analyste à l'autre.

Globalement, les MNP regroupent des microrestes d'origines fongique (ex. spores, fructifications, mycéliums), algale (spore et cellules), végétale, protozoaire (thèques), métazoaire (fragments de cuticules, griffes, poils, œufs...) résistants aux conditions de sédimentation et aux préparations palynologiques.

L'intérêt de certains de ces bio-marqueurs est d'être en étroite corrélation avec les pratiques humaines, au même titre que les indicateurs polliniques d'anthropisations. Il s'agit en l'occurrence des spores produites par certains ascomycètes coprophiles. Ces dernières sont couramment utilisées en palynologie pour révéler la présence d'herbivores domestiques (Buurman et *al.,* 1995; Willemsen et *al.*, 1996; Van Geel et *al.*, 2003; Mazier et *al.*, 2009; Gauthier et *al*., 2010; Cugny, 2011).

Pour des raisons de temps, mais aussi dans le respect de la problématique de cette thèse, nous avons, lors des analyses, focalisé notre attention uniquement sur la présence des principaux MNP rencontrés et sur les champignons coprophiles en particulier.

5.2.7. Autres analyses sur la séquence

Dans le but d'affiner l'interprétation des résultats palynologiques, d'autres proxy-biologiques ont été étudiés.

5.2.7.1. Analyse de susceptibilité magnétique

La séquence sédimentaire a fait l'objet d'une mesure de la susceptibilité magnétique. Ces mesures réalisées à l'aide d'un capteur Bartington MS3 permettent de quantifier le contenu en minéraux magnétiques dans les sédiments (Tompson et Oldfield, 1986).

Dans le cadre de l'analyse des séquences prélevées en milieu naturel, on peut considérer d'une manière générale, que la susceptibilité magnétique représente la proportion de matériel allochtone dans la sédimentation (Vannière et *al.,* 2000, Vannière et *al*., 2003, Vannière et *al.,* 2004). Des études menées dans différentes zones géographiques ont montré que l'augmentation de la susceptibilité magnétique dans ce type de contexte pouvait être mise en relation avec l'érosion des sols, et plus particulièrement avec celle provoquée par la déforestation et la mise en culture des sols (Lageras, 1996; Stockhausen et Zolitschka, 1999; Vannière et *al.,* 2000 ; Vannière et *al.,* 2003). Enfin, elle permet de mettre en évidence des changements sédimentaires qui ne sont pas perceptibles à l'œil nu sur les carottes.

5.2.7.2. Perte au feu

La perte au feu ou LOI (Loss On Ignition), est la perte de masse qui résulte de l'échauffement d'un matériau. Cette technique permet de connaître le taux de matière organique et de carbonate contenu dans un échantillon de sédiment (Dean, 1974; Bengtsson and Enell, 1986; Baize, 2000 ; Carcaillet et *al.,* 2006). D'après la procédure de Heiri et *al.*, (2001), des volumes constants ($1cm^3$) ont été prélevés sur l'ensemble du profil puis successivement exposés à des températures de 105, 550 et 950°C durant respectivement 24, 4 et 2 heures après étuvage.

L'exposition dans une étuve à 105°C permet d'obtenir le poids sec de l'échantillon et ainsi de calculer la teneur en eau selon la formule suivante:

$$\boldsymbol{T.eau}\ (\%) = \frac{\mathbf{100}\ *\ (\mathbf{Pcreuset} + \acute{\mathbf{e}}\mathbf{ch} - \mathbf{P105°c})}{\mathbf{P105°c}}$$

Après étuvage, l'échantillon est ensuite exposé à une température de 550°C dans un four à moufle durant 4 heures, permettant l'oxydation de la matière organique en dioxyde de carbone (CO_2) et en cendres.

Dans une deuxième réaction, le dioxyde de carbone est évacué des carbonates à une température de 950°C, produisant des oxydes. Durant ces réactions, les pertes de poids sont facilement mesurables avant et après les expositions et sont étroitement corrélées aux teneurs en matières organiques et carbonates des échantillons.

Ainsi, les calculs ci-dessous ont été effectués:

-Teneur en carbone organique (CO) :

$$\boldsymbol{LOI\ 550} = \frac{\mathbf{100} * (\mathbf{P105°c} - \mathbf{P550°c})}{\mathbf{P105°c} - \mathbf{Pcreuset}}$$

$$\boldsymbol{CO}\ (\%) = \frac{\mathbf{LOI\ 550}}{\mathbf{2}}$$

-Teneur en cendre :

$$\boldsymbol{T.cendre} = \mathbf{100} - \boldsymbol{CO}$$

-Teneur en carbonate :

$$\boldsymbol{LOI\ 950} = \frac{\mathbf{100} * (\mathbf{P550°c} - \mathbf{P950°c})}{\mathbf{P105°c} - \mathbf{Pcreuset}}$$

$$\mathbf{Tcar}\ (\%) = \frac{\mathbf{LOI\ 950}}{\mathbf{0.44}}$$

5.2.7.3. Signal incendie

Le contexte géographique et historique de ce site semblait propice à une étude du signal incendie en parallèle à des analyses palynologiques. Il s'agit en l'occurrence des premières données obtenues sur le signal incendie dans le Ferlo.

Notre objectif, loin de réaliser une étude des paléoincendies, est d'essayer de confronter les variations du signal incendie avec celles de la végétation afin d'affiner les interprétations quant aux épisodes de réduction du couvert forestier, qu'ils soient d'origine anthropique associé à des marqueurs d'anthropisation ou liés à un forçage climatique ou bien combinés.

Il existe un grand nombre de marqueurs et méthodes permettant de reconstruire les régimes de feux sur des échelles de temps historiques. L'approche utilisée dans ce travail est la quantification du charbon, résidu macroscopique direct de l'incendie le plus résistant à la dégradation postérieure.

Celui-ci est émis par les feux puis se dépose dans les réservoirs sédimentaires comme les lacs, les tourbières ou les mares, qui constituent des archives pseudo-continues des dynamiques environnementales passées.

Pour compter les charbons, la méthode par tamisage (sieving method) a été utilisée. En effet, comme le rappelle Rius (2010), cette méthode permet d'obtenir une image de l'histoire des feux à une échelle variant du local au micro-régional. Le comptage se fait à l'aide d'un stéréomicroscope à réflexion qui permet de faire la différence entre un charbon caractérisé par sa couleur noire, sa brillance et ses parois anguleuses et une particule non carbonisée.

Le protocole suivant vaut pour le traitement des matériaux provenant d'une mare temporaire:

- échantillonnage volumétrique (1cm^3 tous les cm)

- blanchiment des particules organiques résiduelles avec de l'eau oxygénée (H_2O_2, 30%) pendant 24h;
- rinçage avec de l'éthanol et enfin tamisage.

5.2.8. Datation radiocarbone

Afin d'obtenir une chronologie absolue du remplissage sédimentaire sondé, deux échantillons prélevés aux profondeurs 47 et 96 cm ont été envoyés pour être datés par la méthode du radiocarbone au laboratoire Beta Analytic Inc. de Miami.

Il convient donc dans cette partie, de rappeler les conventions de notations utilisées par les laboratoires de datation. Ces derniers livrent des âges ^{14}C exprimés par rapport au calendrier radiocarbone en années BP (Before Present = avant le présent). Le présent correspond par convention à la date de 1950 de notre calendrier. Un intervalle d'erreur, ou sigma, est également calculé. Cette valeur donne une validité de la date de 68%. Pour obtenir un âge conventionnel sûr à 95%, il suffit de multiplier ce sigma par deux. Néanmoins, les taux de carbone dans l'atmosphère ayant varié au cours du temps, les dates ^{14}C sont de plus en plus rajeunies par rapport à notre calendrier solaire, lorsque l'on s'éloigne de l'actuel (Evin et Oberlin, 1998). Aussi, un réajustement par correction s'avère nécessaire. Les dates corrigées par la dendrochronologie sont alors dites calibrées. Elles sont exprimées en Cal. B.C (Before christ), cal. A.D.(Anno Domini = année du seigneur) ou Cal. B.P (Before Present).

Les deux dates radiocarbones obtenues sur la séquence de Tabane ont été réalisées sur macrorestes végétaux prélevés lors du tamisage du sédiment à 150µm. Les dates ont été calibrées à l'aide du logiciel Calib 6.1. (Stuiver et Reimer, 1993).

Malgré le faible nombre de date disponible, un modèle d'âge a été élaboré grâce au module Clam sous R (Blauuw, 2010). Ce modèle permet d'estimer l'âge de tous les échantillons analysés.

5.3. RESULTATS

5.3.1. La végétation actuelle au abord de la mare "Tabane"

L'inventaire de la végétation aux abords de la mare temporaire, a permis de dresser la flore actuelle (Tableaux XX).

Au total 50 espèces dont 13 ligneuses et 37 herbacées ont été recensées. Les ligneux sont repartis dans 8 familles et 9 genres alors que les herbacées appartiennent à 14 familles et 30 genres.

Tableau XX. Composition floristique actuelle de la mare
(H = herbacées ; L = ligneux)

Familles	Espèces	Physionomie
Aizoacées	*Sesuvium portulacastrum L.*	H
Amaranthacées	*Achyranthes aspera auct.*	H
	Achyranthes aspera var. argentea (Lam.) G.B.Clake	H
	Ammaranthus spinosus L.	H
Aracées	*Stylochaeton hypogaeus Lepr*	H
Asclépiadacées	*Leptadenia hastata (Pers.) Decne.*	L
	Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.	L
Bombacacées	*Adansonia digitata L.*	L
Caesalpiniacées	*Senna occidentalis L.*	H
Capparacées	*Cadaba farinosa Forssk.*	L
Convolvulacées	*Ipomea coptica (L.) Roth. Roem.& Schult*	H
	Merremia tridentata (L.) Hallier f.	H
Cucurbitacées	*Momordica balsamifera*	H
Cypéracées	*Cyperus rotundus L.*	H
	Cyperus esculentus L.	H
Euphorbiacées	*Chrozophora senegalensis (Lam.) A. Juss. ex Spreng*	H
Fabacées	*Acacia nilotica (L.) Willd. ex Delile*	L
	Acacia tortilis var raddiana	L
	Acacia senegal (L.) Willd.	L
	Acacia seyal auct.	L
	Tephrosia purpurea (L.) Pers.	H
	Indigofera hirsuta L.	H
	Indigofera senegalensis Lam.	H
	Indigofera pilosa Poir.	H
	Prosopis glandulosa L.	L
	Zornia glochidiata Rchb. ex Dc.	H
Menispermacées	*Tinospora bakis (A.Rich.) Miers*	L
Pédaliacées	*Ceratotheca sesamoides Endl.*	H
Poacées	*Cynodon dactylon*	H
	Enteropogon prieurii (Kunth) clayton	H
	Andropogon gayanus Kunth.	H
	Paspalum vaginatum	H
	Eragrostis tremula (Lam.) Hochst. ex . Steud	H
	Eragrostis ciliaris (L.) R. Br.	H
	Digitaria horizontalis Willd.	H
	Aristida adscensionis L.	H
	Schoenefeldia gracilis Kunth	H
	Dactyloctenium aegyptium (L.) Wild	H

	Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	H
	Brachiaria ramosa (L.) Stapf	H
	Diplachne fusca (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.	H
	Sporobolus spicatus	H
	Cenchrus biflorus Roxb.	H
Salvadoracées	*Salvodora persica*	L
Solanacées	*Datura metel L.*	H
Sterculiacées	*Waltheria indica L.*	H
Tamaricacées	*Tamarix senegalensis DC.*	L
Tiliacées	*Corchorus tridens L.*	H
	Corchorus aestuans L.	H
Zygophyllacées	*Balanites aegyptiaca (L.) Delile*	L

Les familles les plus représentées chez les ligneux sont : Les Fabacées (5 espèces) et les Asclépiadacées (2 espèces). Toutes les autres familles botaniques rencontrées sont représentées par une seule espèce (Balanitacées, Bombacacées, Tamaricacées, Salvadoracées, Menispermacées et Capparacées). Le genre *Acacia* est le plus représenté.

Les Poacées (15 espèces) dominent au niveau de la flore herbacée, suivie des Fabacées (5 espèces). Elles sont suivies par les familles des Amaranthacées (3 espèces), des Tiliacées, Cypéracées et Convolvulacées (2 espèces). Les autres familles comptent chacune une espèce, il s'agit des Sterculiacées, Solanacées, Pédaliacées, Euphorbiacées, Cucurbitacées, Caesalpiniacées, Aracées et Aizoacées. Les genres *Indigofera* (3 espèces), *Corchorus*, *Cyperus*, *Eragrostis*, *Aristida* et *Achyranthes* (2 espèces) sont mieux représentés. Tous les autres genres renferment chacun une seule espèce.

Les espèces herbacées les plus fréquentes sont *Sesuvium portulacastrum* (87,5%), *Cenchrus biflorus* (62,5%), *Schoenefeldia gracilis* (62,5%), *Ipomea coptica* (62,5%), *Dactyloctenium aegyptium* (56,25%), *Enteropogon prieurii* (56,25%), *Zornia glochidiata*, (37,5%) et *Achyranthes argenta* (37,5%).

Quant aux taxons ligneux, les plus fréquents tout autour de la mare on retrouve *Balanites aegyptiaca* (100%), *Acacia raddiana* (100%), *Leptadenia hastata* (70%) et *Leptadenia pyrotechnica* (35%).

5.3.2. Description lithologique de la séquence de Tabane

La carotte prélevée, d'une longueur de 99 cm, est relativement homogène et constituée d'argile massive, de limons argileux et de sable. En dépit de plusieurs essais, le sondage n'a pu être poussé plus profondément en raison de la dureté du substrat. Ainsi, la stratigraphie révèle plusieurs niveaux de dépôts:

- entre 0 et 20 cm: argile et sable mélangés;
- entre 20 et 41cm: argile massive grise avec traces d'oxydations;
- entre 41 et 50 cm: argile avec passée sableuse;
- entre 50 et 69 cm: argile massive grise avec traces d'oxydations;
- entre 69 et 73 cm: argile avec passée sableuse;
- entre 73 et 99 cm: argile massive grise avec traces d'oxydations et passée sableuse.

Des fragments de végétaux d'ordre centimétrique sont présents au sommet.

5.3.3. Datation, modèle âge/profondeur et mesure de la susceptibilité magnétique

L'âge des dépôts est établi à partir de deux mesures ^{14}C sur matière organique au laboratoire Beta Analytic Inc., Miami (USA). Les deux dates obtenues aux profondeurs 47 et 91 cm ont respectivement donnés 500±30 BP et 2950±30 BP.

Tableau XXI. Récapitulatif des datations radiocarbones sur l'enregistrement de Tabane, calibration avec le logiciel Calib Rev 5.0.1

Prof (cm)	Date ^{14}C	Cal BP (2sig)	Code labo	Matériels
46-48	500±30	Cal BP 540 to 510	KMS 46-48	macrorestes végétaux
90-92	2950±30	Cal BP 3210 to 3000	KMS 90-92	macrorestes végétaux

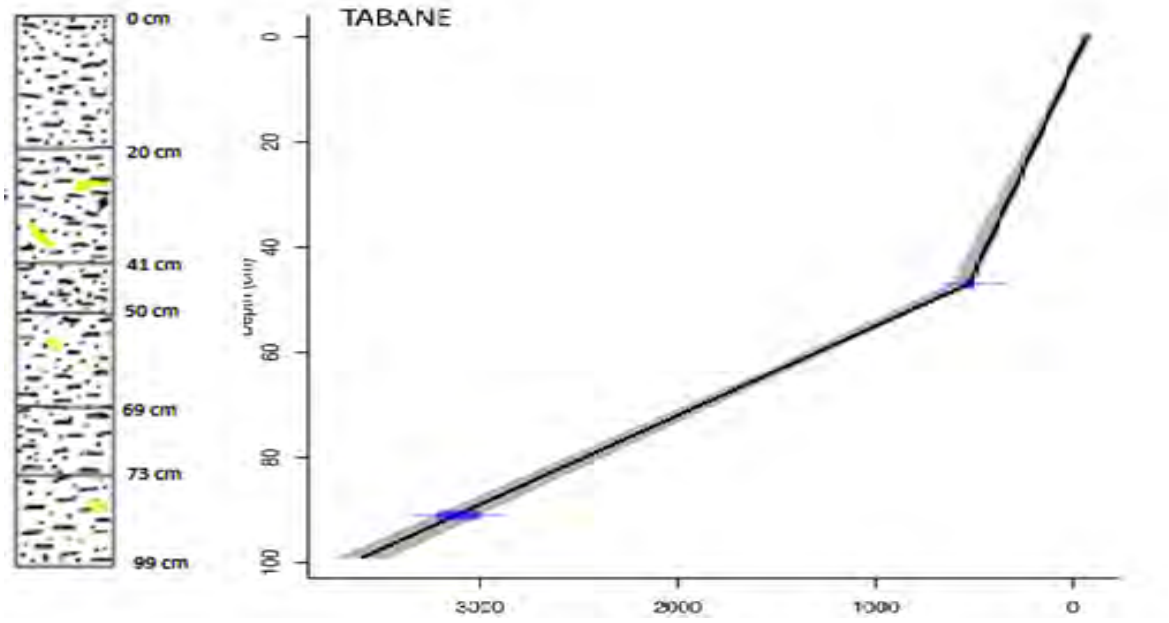


Figure 17. Modèle âge/profondeur de Tabane

Le modèle âge/profondeur, réalisé avec le logiciel CLAM (Blaauw 2010) montre une sédimentation relativement constante (figure 18), bien que l'on observe un ralentissement de la vitesse d'accumulation sur les 40 derniers centimètres.

La susceptibilité magnétique a tendance a diminuer de la base au toit de la carotte (figure 19). Elle montre une relative stabilité de la composition sédimentaire de la séquence de Tabane. Celle-ci est composée de minéraux paramagnétiques et indique une susceptibilité positive et faible (s~ $1{,}5.10^{-4}$).

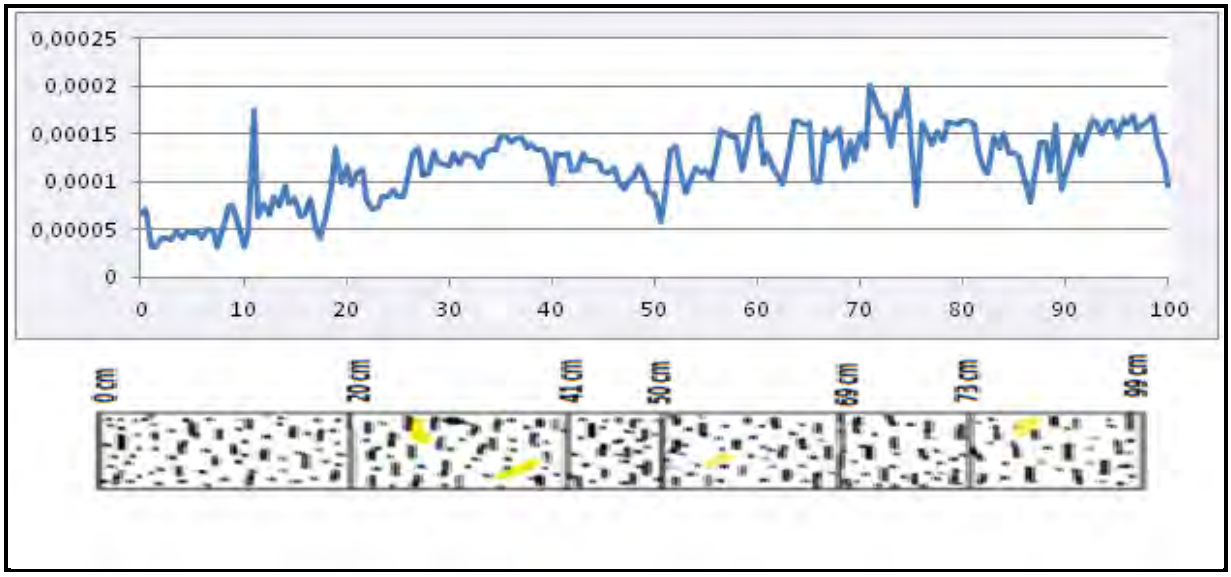


Figure 18. Courbe susceptibilité magnétique

5.3.4 Teneur en MO et en Carbonate de la carotte

Les résultats obtenus par la méthode de perte au feu démontrent des fluctuations notoires des fractions de matières organiques et carbonates dans les sédiments de la carotte (Fig. 19). La courbe de perte au feu à 550 °C, représentant la fraction de matières organiques, oscille globalement entre 2 et 7%. Les valeurs les plus élevées atteignent 5%, et sont exprimées par les niveaux argileuses situés à la base de la séquence. Les valeurs les plus basses sont, quant à elles, observées au sommet de la séquence entre 0 et 30 cm de profondeur.

La courbe de perte au feu à 950 °C, qui détermine la fraction de carbonates, est caractérisée par des oscillations irrégulières s'étalant de 0,2 à 2,5% sur l'ensemble des sédiments. En revanche, les niveaux très argileux (57-60 cm) et (82-85 cm) expriment des contenus plus élevés de carbonates.

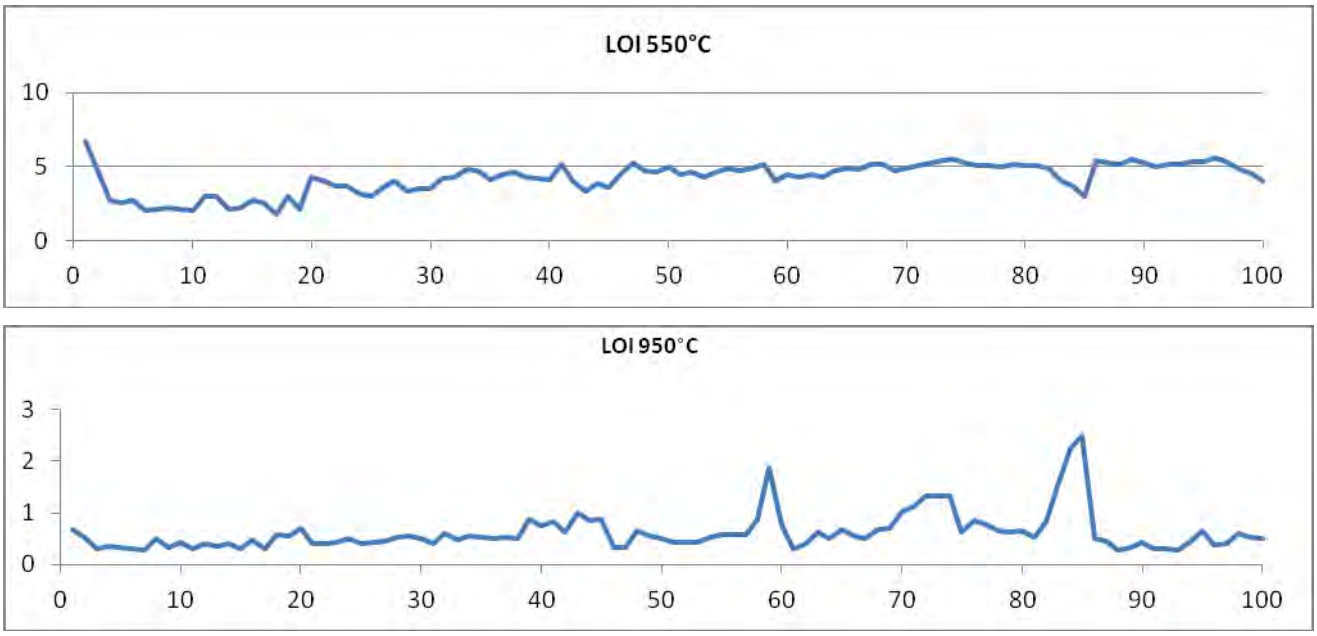


Figure 19. Courbe teneur en Mo et en carbonate de la carotte

5.3.5. Diversités pollinique et taxonomique

La microflore (Tableau XXII) est constituée de 15 taxons d'arbres (A), associés à 14 taxons de plantes herbacées (H) et 9 taxons indifférenciés (I), pouvant correspondre aussi bien à des arbres qu'à des herbes. Enfin, 3 taxons correspondent à des plantes aquatiques (Aq) et 4 sont des micro-fossiles non polliniques (Sp).

Tableau XXII. Liste des taxons polliniques fossiles identifiés

Familles	**Espèces**	**Physionomie**
Capparacées	*Boscia senegalensis*	A
Ulmacées	*Trema orientalis*	A
Combretacées	*Combretum glutinosum*	A
Fabacées	*Prosopis glandulosa*	A
Fabacées	*Acacia raddiana*	A
Rhamnacées	*Ziziphus mauritiana*	A
Rubiacées	*Feretia apodanthera*	A
Apocynacées	*Calotropis procera*	A
Fabacées	*Acacia seyal*	A
Zygophyllacées	*Balanites aegyptiaca*	A
Fabacées	*Acacia senegal*	A
Anacardiacées	*Sclerocarya birrea*	A
Burseracées	*Commiphora africana*	A
Fabacées	*Faidherbia albida*	A
Apocynacées	*Adenium obesum*	A
Fabacées	*Indigofera*	H

Poacées	*Cenchrus biflorus*	H
Convolvulacées	*Ipomeae*	H
Rubiacées	*Borreria*	H
Asclepiadacées	*Leptadenia hastata*	H
Asteracées	*Tridax procumbens*	H
Poacées	*Eragrostis*	H
Poacées	Poaceae	H
Boraginacées	*Heliotropium*	H
Poacées	*Pennisetum violaceum*	H
Acanthacées	*Peristrophe bicalyculata*	H
Amaranthacées	*Celosia*	H
Pedaliacées	*Rogeria adenophylla*	H
Zygophyllacées	*Tribulus terrestris*	H
Typhacées	*Typha*	Aq
Nympheacées	*Nymphea*	Aq
Poacées	*Phragmites australis*	Aq
Acanthacées	Acanthacées	I
Boraginacées	Boraginacées	I
Cycadacées	Cycadacées	I
Amaranthacées	Amaranthacées	I
Boraginacées	Boraginacées	I
Rubiacées	Rubiacées	I
Combretacées	Combretacées	I
Euphorbiacée	Euphorbiacées	I
Cucurbitacées	*Cucurbitacées*	I
	Spores monolétes	Sp
	Spyrogyra	Sp
	Dictyospores	Sp
	Champignons coprophiles	Sp

Dans l'ensemble, la richesse palynologique de la séquence est irrégulière (figure 23). Les spectres les moins diversifiés se trouvent à la base avec seulement 8 taxons à 85 cm de profondeur. Cependant, il est fréquent de retrouver en regardant les lames, des indications multiples (par exemple « I » lorsque la plante peut se présenter sous plusieurs formes : herbes, arbuste, arbre ou lorsque plusieurs genres ou espèces présentent un même type pollinique).

A 53 cm de profondeur, suite à une dynamique anthropique, où *Borreria* apparaît, la richesse palynologique connaît sa première augmentation et atteint 20 taxons. Une richesse palynologique supérieure à 20 taxons est constatée entre 53 et 16 cm de profondeur. La

diversité maximum est atteinte au sommet de la séquence, où le nombre de taxons atteint 30. Ce niveau correspond à la zone ou les marqueurs d'activités pastorales sont à leur maximum (*Borreria, Sporormiella, Sordariales*).

5.3.6. Description du diagramme pollinique

Les analyses polliniques sont représentées dans un diagramme synthétique simplifié (figure 21). Ce dernier est subdivisé en quatre zones d'assemblages polliniques locales (ZAP) (tableau XXIII). Pour représenter les zones d'assemblages polliniques, nous nous somme détacher de la méthode de zonation automatique par regroupement hiérarchique «cluster analysis» afin de dégager certains évènements en rapport avec la problématique qui nous intéresse.

Tableau XXIII. Commentaire du diagramme pollinique

Date	ZAP	Prof (cm)	Taxons	Description
2950+/-30 BP	Z4	99 53	*Combretum* *Euphorbia* *Sclerocarya birrea* *Rubiacées* *Poaceae* *Cyperaceae*	Forte présence dés le début de *Combretum* (45-60%), de *Euphorbia*, et plus modestement de *Sclerocarya birrea*. Faible présence des herbacées, représentées surtout par les *Poaceae*. Apparition discrète de *Balanites aegyptiaca* et *Acacia raddiana* en fin de zone. Les *Cyperaceae* exclues de la somme pollinique représentent plus de 50%. Une présence de quelques spores monolétes et de Spyrogira est aussi notée.
500+/-30BP	Z3	53 40	*Combretum* *Euphorbia* *Balanites aegyptiaca* *Amaranthaceae* *Acanthaceae* *Leptadenia hastata* *Boscia senegalensis* *Poaceae*	Importante régression de *Combretum* au début de la zone qui passe de 60% à 20% tandis que *Balanites aegyptiaca* atteint son maximum avec 40%. Hausse des *Poaceae* (25%) et des *Acanthaceae* (20%), comparée à la zone Z4. Première occurrence des IPA représenté surtout par *Borreria*. Légére hausse des spores monolétes et de Spirogyra.
	Z2	40	*Balanites aegyptiaca* *Ziziphus mauritiana* *Boscia senegalensis* *Acacia senegal* Poaceae Borreria	Baisse considérable des taxons arboréens *(Balanites aegyptiaca, Ziziphus mauritiana, Boscia senegalensis).* Augmentation considérable des *Poaceae* (45%) et des *Borreria* (60%). Forte proportion des spores monolètes et des Cyperacées autour de 40%. Occurrences occasionnelles des premiers champignons coprophiles, indicateurs

		20		d'activités pastorales.
	Z1	20 0	*Acacia raddiana* *Balanites aegyptiaca* *Ziziphus mauritiana* *Combretum* *Sclerocarya birrea* *Borraginaceae* *Cycadaceae* *Ipomea* *Indigofera* *Cenchrus biflorus*.	Hausse très importante *d'Acacia raddiana*. Courbes de *Balanites aegyptiaca, Ziziphus mauritiana et Combretum* dans la continuité de la phase précédente. Réapparition de *Sclerocarya birrea*. Premières occurrences de *Borraginaceae*, *Cycadaceae*, *Ipomea, Indigofera* et *Cenchrus biflorus*.

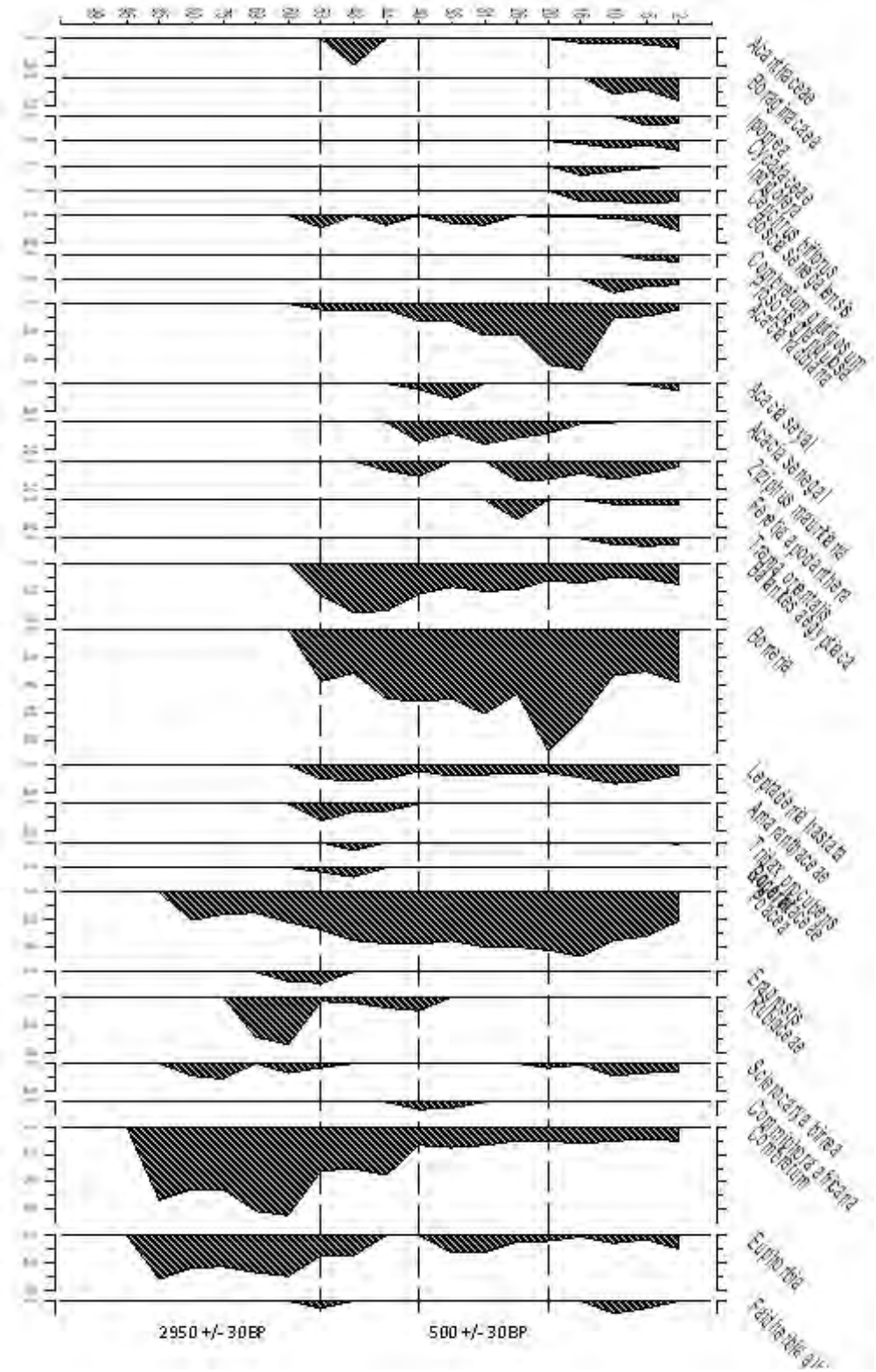


Figure 20. Diagramme pollinique simplifié en fréquence relative

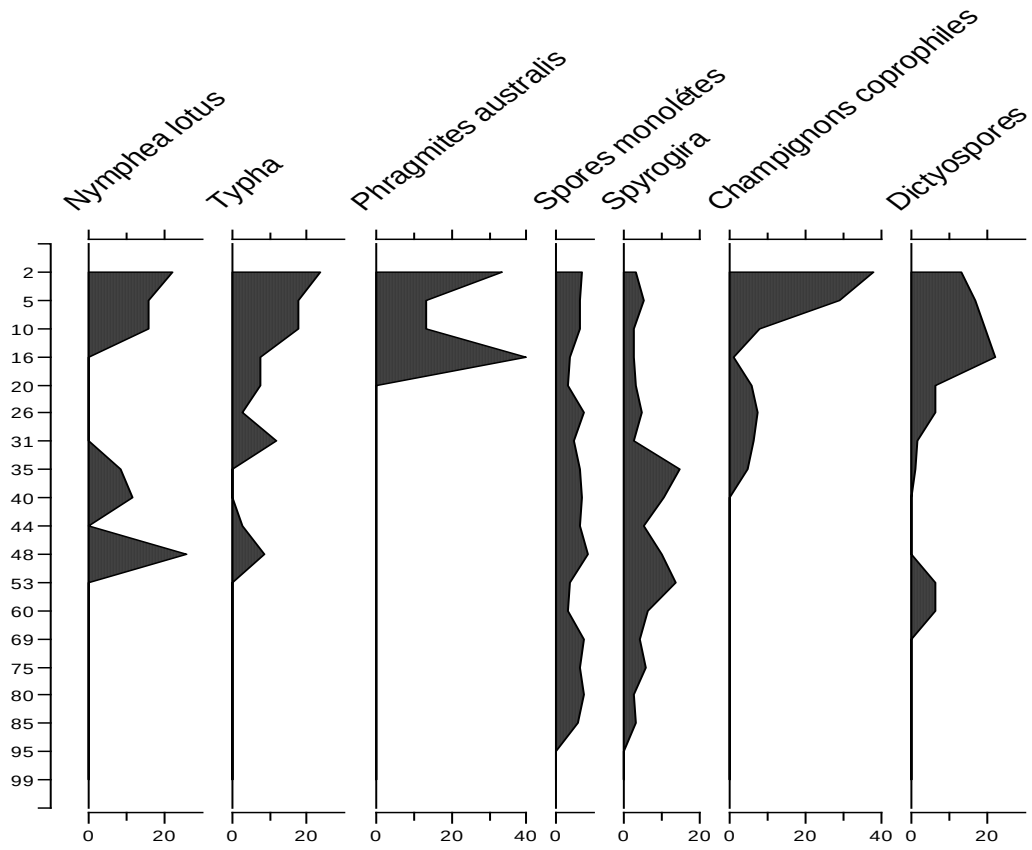


Figure 21. Diagramme simplifié des taxons aquatiques et des MNP

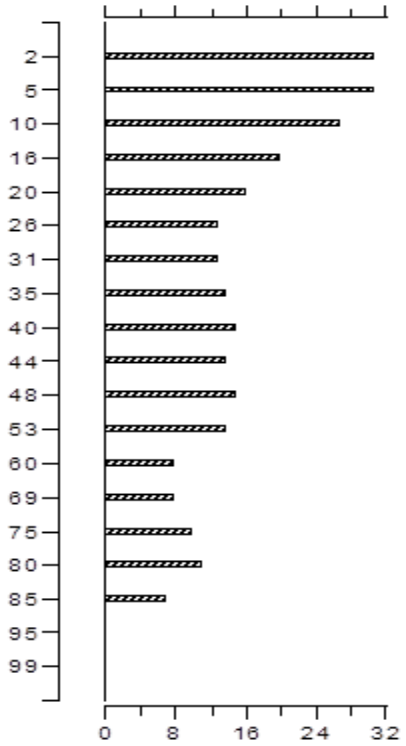


Figure 22. Courbe de richesse pollinique

5.4. DISCUSSION

Le cortége floristique actuel au abort de la mare "Tabane" compte 50 espéces donc 13 ligneuse et 37 herbacées. Cette flore typiquement sahélienne est successivement exposée à l'excès puis au manque d'eau (Sy, 2009). Mais malgrés cela, l'analyse pollinique de la séquence sédimentaire a apportée de précieuses informations sur l'histoire de la végétation du site depuis plus de 3000 ans.

Dés la base de la séquence, les taxons sahélo-soudaniens dominent et représentent à eux seules près de 60% des taux de pollens identifiés. Vers 2700 cal.BP environ, leur valeurs chutent. Cette importante réduction entraîne une augmentation des processus érosifs comme en atteste l'augmentation de la fraction minérale mise en évidence par la perte au feu (figure 20).

Vers 1500 cal.BP, on assiste à l'apparition des taxons typiquement Sahéliens (*Acacia seyal, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca)* dont la présence est désormais continue. Cette apparition est accompagnée par une forte présence des herbacées (Poacées et Cyperacées) . C'est également durant cette période qu'apparaissent des indices d'anthropisation objectifs comme *Vigna* et Borreria. Ce qui semble ainsi souligner l'existence d'activités agro-pastorales dans la zone durant cette période.

Dans la dernière phase du diagramme, correspondant aux épisodes les plus récentes, les assemblages polliniques indiquent une nouvelle évolution du milieu. Celle-ci se caractérise par une hausse significative des indicateurs d'anthropisations, mais aussi l'apparition d'autres taxons xérophiles comme *Acacia raddiana, Boscia senegalensis.* Le milieu environnant demeure anthropisé comme on peut le constater avec la présence de quelques indices polliniques d'anthropisation (Borreria, Champignons coprophiles, *Typha*). La forte régression des *Cyperaceae* dans les assemblages est à mettre en opposition avec la hausse brutale de *Typha* que l'on peut encore observer aujourd'hui sur le site. Donc, les données polliniques enregistrées au sommet du diagramme reflètent des dynamiques de l'état actuel du milieu. Il témoigne de l'essor des espèces typiquement sahéliennes, par la hausse notable, dans les assemblages, de *Balanites aegyptiaca et Acacia raddiana* ainsi que par l'apparition et le développement d'autres taxons tels que *Zizipus mauritiana, Boscia senegalensis, Cenchrus biflorus, Indigofera, Ipomea* et des *Boraginaceae.*

Le spectre pollinique montre donc un mélange d'éléments floristiques décrits aujourd'hui comme représentatifs des zones phytogéographiques sahéliennes et sahélo-soudaniennes (figure 24). Tout au long de l'histoire de la végétation reconstituée ici, le paysage végétal reste ouvert.

Ces données témoignent d'un assèchement climatique, d'ampleur régionale, débutant dans la deuxième moitié de l'Holocène autour de 2000 BP.

L'étude des pollens fossiles dans les interdunes (appelées «Niayes») situées au sud de l'embouchure du fleuve Sénégal en arrière du littoral atlantique par 15°- 16° de latitude nord ainsi que l'étude de ceux prélevés aux abords du lac de Guiers (16°07 N - 15°55 W) révèlent une coupure brutale autour de 2000 BP: les taxons soudaniens disparaissent ou se raréfient au profit de ceux de type sahélien (Lézine, 1986 et 1989). Des modifications hydrologiques importantes synchroniques avec ce changement de végétation et liées à une baisse de la pluviosité ont été notées par ailleurs le long du fleuve Sénégal jusqu'à son embouchure (Michel, 1973), et au niveau de l'un de ses affluents de rive gauche, le Ferlo (Monteillet et *al.,* 1981). C'est de cette même époque que C. Barbey (1982) date les importants remaniements éoliens dans l'erg du Kayor situé au sud-ouest de la Mauritanie et P. Michel (1973), une recrudescence de l'action éolienne dans le delta du Sénégal où des coquilles d'Arca senelis consommées, datées de 1837 ± 112 BP, ont été retrouvées sous 1,10 mètre de sable.

Servant (1983) situe l'apparition de cet assèchement au Tchad vers 4000 B.P. Cette période d'aridité est également attestée par les travaux sur les fluctuations de niveaux lacustres (Gasse, 2000; Shanahan et *al*., 2006).

L'extension des savanes à l'Holocène moyen dans le Mayombe congolais serait estimée aussi à 3000 ans BP, d'après Schwartz (1992). Tandis que, sur le littoral congolais (Coraf), l'évènement se situerait, selon Elenga (1992) et Elenga *et al.* (1992) vers 2 500 BP.

Au lac Ossa (Cameroun), Reynaud-Farrera *et al*., (1996) remarquent l'irruption massive, vers 2730 BP, de taxons indicateurs de milieux perturbés qui se développent au détriment de la forêt Biafréenne, en régression.

Tous ces travaux montrent, dans leur ensemble, un développement des taxons héliophiles caractérisant l'ouverture du milieu. Donc, vers 3 000 cal B.P et autour de 2 500 - 2000 cal BP selon les endroits, la végétation a connu une évolution accentuée en ce sens. Ces modifications peuvent être tributaires de la répartition des pluies (Ngomanda et *al.,* 2009), de la température annuelle de l'atmosphère (Guillaumet, 1967) et de la longueur des différentes saisons (Vincens et *al.,* 2007; Ngomanda et *al.,* 2009).

De façon générale, les données paléoenvironnementales relatives à l'Afrique intertropicale témoignent d'un assèchement climatique, d'ampleur régionale, débutant dans la deuxième moitié de l'Holocène. Ce phénomène est perçu aussi bien en Afrique orientale (Bonnefille (1987), Vincens (1994), Vincens et *al.,* (2007)) qu'en Afrique de l'Ouest et se traduit par un retrait des formations boisées au profit des milieux ouverts de savanes.

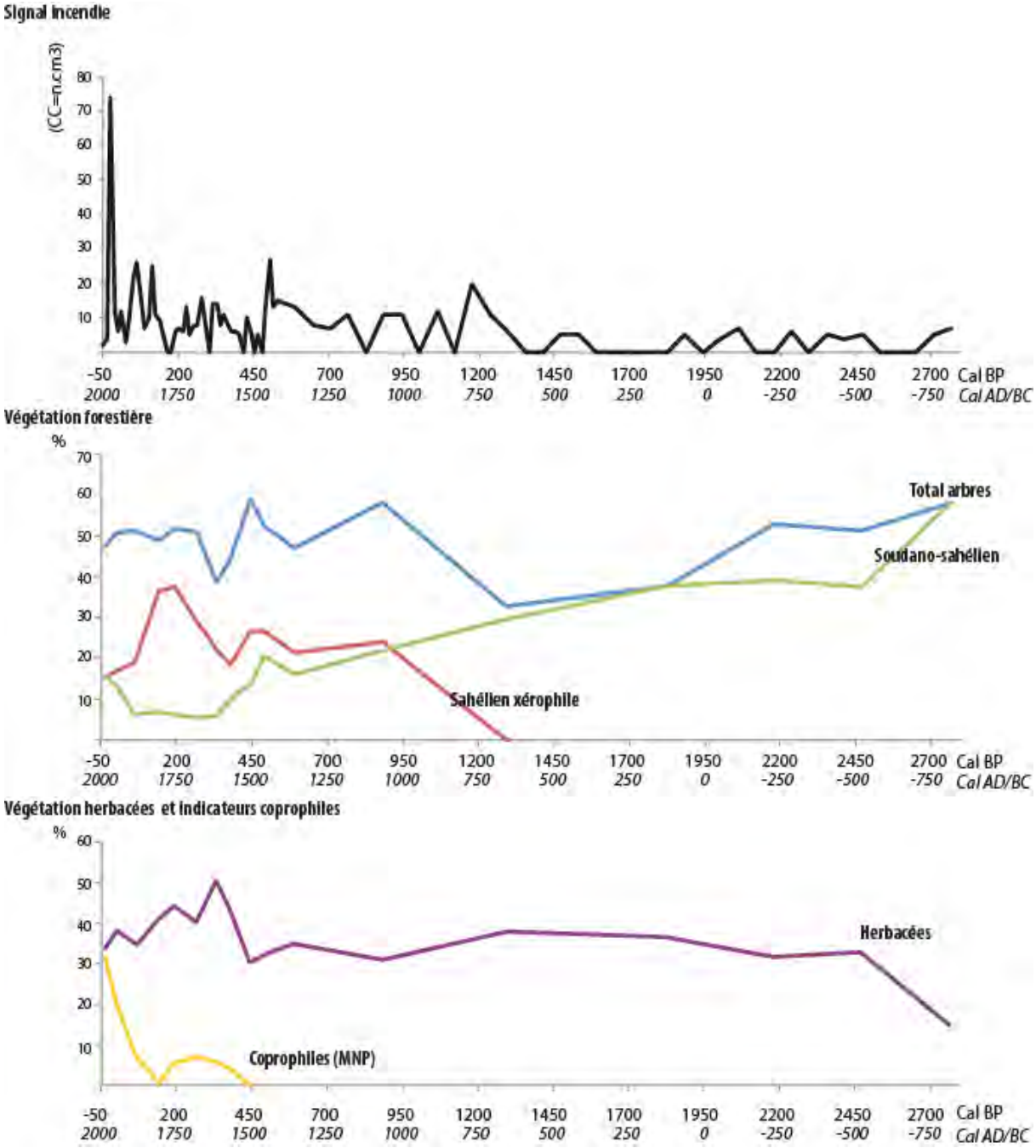


Figure 23. Synthése des données polliniques fossiles

5.5. CONCLUSION

Ce travail a permis de mieux cerner, grâce à une approche multi-proxy, les étapes de l'évolution de la végétation au Ferlo. Si cette recherche s'inscrit dans une région très pauvre en études palynologiques, nous avons néanmoins déceler quelques informations nouvelles sur les dynamiques végétales et anthropiques au cours de l'Holocène.

L'étude conjointe des pollens fossiles avec d'autres proxy comme les miro-fossiles non polliniques ont permis de tenir compte des signatures paléoenvironnementales locales et extra-locales et de caractériser la nature et la portée de certains impacts anthropiques.

La mise en commun de ces données avec les études plus anciennes permet d'apporter des pistes fondamentales sur l'histoire des processus évolutifs de la végétation dans une perspective de gestion et de préservation. En effet deux phases distinctes ont été mise en évidence: une phase d'extinction des taxons soudaniens et une phase d'installation des espèces sahéliennes. Les données polliniques traduisent également l'image d'une dynamique anthropique locale essentiellement caractérisée par des pratiques agro-pastorales.

Ce travail a apporté des éléments de réponse mais beaucoup de données restent encore à acquérir et plusieurs points sont à développer. Les recherches paléoécologiques sur l'histoire du climat en particulier sont à approfondir. Il s'agit en l'occurrence de travaux sur les macrorestes végétaux et sur les diatomées fossiles qui pourront permettre de préciser les variations du climat et d'élaborer des reconstitutions paléo-climatiques.

DISCUSSION GENERALE, CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les questionnements auxquels nous avons tenté de répondre dans ce travail ont orientés notre réflexion sur l'apport que pourrait avoir une étude paléoenvironnementale dans la zone du Ferlo. L'objectif était de savoir si, par une démarche basée sur l'observation et la rétro-observation, et en utilisant la palynologie et l'écologie comme principal outil, nous pouvions:

- Connaître l'état actuel de la végétation;
- Connaître les potentiels de l'analyse pollinique en contexte de zone sahélienne;
- Combler les lacunes en termes d'études paléoenvironnementales.

Cette tentative de synthèse à donc pour objectif de rappeler les principaux résultats obtenus et de les confronter pour tenter de répondre aux questions qui viennent d'être posées et surtout de discuter des apports et des limites de ce travail. Ce dernier point, nous amènera à proposer des perspectives de recherche.

1. Caractéristiques et traits originaux actuels de la végétation du Ferlo

Le peuplement ligneux actuel du Ferlo renferme malgré les vagues de disparition, un potentiel floristique moyen à assez riche d'environ 47 espèces. Les taux de recouvrements (7, 1%), les densités (100 indiv./ha) et les distances entre individus (6,2 m) ajoutés à cette flore appauvrie, lui confèrent des traits sahéliens.

Les espèces dominantes sont *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera* et *Acacia raddiana*. Elles sont avec *Leptadenia hastata*, les espèces les plus fréquentes.

La présence de certains espèces du cortège floristique dépend de la topographie du milieu: *Tamarix senegalensis, Mitragyna inermis, Piliostigma reticulatum et Anogeissus leiocarpus* sont préférentiellement localisées aux abords ou dans les zones temporairement drainées (mares ou Lac)*, Dalbergia melanoxylon, Grewia bicolor et Acacia pennata* sur terrains sableux ou sablo-argileux.

D'autres espèces sont plus ubiquistes : *Acacia senegal, Commiphora africana* et *Ziziphus mauritiana.* Beaucoup d'autres espèces sont actuellement menacées de disparition ou ont déjà localement disparu du fait de l'exploitation abusive qui accélèrent l'effet néfaste des sécheresses chroniques.

Mais en tenant compte des études ultérieures (Trochain, 1940; Akpo, 1993; Ndiaye, 2008; Niang, 2009; ; Diouf, 2011, Ndiaye et *al.,* 2013; Niang et *al.,* 2014; Ndiaye, 2014) nous nous somme rendu compte d'une nette progression d'espèces adaptées aux conditions sévères d'aridité (*Boscia senegalensis*) ou résultant d'une forte anthropisation (*Calotropis procera*) ou supportant bien la pression pastorale (*Balanites aegyptiaca*).

Sur le plan structurale, nous avons un peuplement caractérisé par des populations relativement jeunes et équilibrées (*Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis* et *Calotropis procera*) et des populations vieillissantes et peu dynamiques (*Acacia senegal, Acacia seyal, Combretum glutinosum, Commiphora africana, Grewia bicolor*).

Les résultats des études écologiques et des enquêtes plaident en faveur d'un effet principal des sécheresses. Ces effets négatifs sont combinés aux actions anthropiques selon les sites et les activités qui y sont exercées.

Le climat exerce une sélection sur les espèces qui sont à la limite de leur aire géographique par la baisse des isohyètes. La sélection induite par les facteurs anthropiques, s'opère sur les meilleures espèces susceptibles d'être utilisées par l'homme pour ces différents activités (fourrage, alimentation, médecine traditionnelle, la construction, l'artisanat…). L'arbre occupe donc une place importante dans la contribution des écosystèmes à la satisfaction des besoins socio-économiques.

Pour nourrir leur bétail, les hommes ont recours à plusieurs pratiques comme l'élagage, l'émondage ou la coupe. Le manque d'eau au niveau du sol associé à la forte pâture et aux pratiques anthropiques entraine une vulnérabilité de la végétation au niveau de ces écosystemes. La vulnérabilité peut être suivie par une dégradation si les perturbations persistent.

En plus de celà, l'homme par ses activités de cueillette, de commerce (surtout commerce de fruits), de construction, de production d'énergie, de médecine traditionnelle (se traduisant le plus souvent par des coupes abusives des arbres, des feux de brousse) aggrave la dégradation de l'environnement.

Le test de Spearman ayant révélé une parfaite corrélation entre les préférences des populations et les espèces disponible , toutes les espèces sont menacées mais la probabilité de disparaitre devient plus importante pour les espèces fruitières qui ne régénèrent pratiquement pas.

Le rôle déterminant des variations de la distribution des pluies sur la végétation, et l'ampleur des fluctuations interannuelles de la composition floristique de la strate herbacée a fait de l'écosystème sahélien du ferlo un prototype du modèle « en nonéquilibre » de la dynamique de la végétation. À ce titre les états dans lesquels se trouve la végétation ne sont plus mis en rapport avec un état d'équilibre idéal, le climax, dont l'existence est niée, mais sont tous considérés transitoires au gré de forçages abiotiques, principalement climatiques, les variables biotiques, pâturage inclus, n'aillant qu'une influence mineure. La pression de pâture est néanmoins reconnue comme une cause possible de dynamique de type nonéquilibre pourvu que la charge animale soit découplée des disponibilités en ressources fourragères. Et en effet,

les larges fluctuations temporelles des disponibilités fourragères, en quantité comme en qualité, empêchent qu'un équilibre s'établisse entre la densité du cheptel, qui de plus est mobile, et les ressources fourragères. Mais les types d'évolution observés de la végétation sahélienne, herbacée comme ligneuse, ne relèvent pas tous de changements brusques, les sauts de type « catastrophes » attendus des systèmes en non-équilibre. Des changements progressifs et orientés ont été observés, soit sous l'influence d'événements climatiques ou hydrologiques répétés, sécheresse ou inondation, soit sous l'influence de changement de gestion, pression de pâture, régime de feux...

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adam J.G., 1964. Contribution à l'étude de la végétation du lac de Guiers (Sénégal). Bull. Inst. fond. Afr. noire, 26, A. 1: l-72.

Adams, J.G., 1970, Noms vernaculaires des plantes du Sénégal, J. Agric. Tropic. Bot. Appl., CNRS, 17, pp 7-9.

Agali A.B., 2009.- Diversité, structure et perceptions locales des espèces ligneuses fourragères dans le terroir de Torodi, Ouest Niger. Mémoire de DEA en Biologie et Ecologie végétales. Université d'Ouagadougou, Burkina Faso, 48p.

Akpo L.E., 1990.- Dynamique des systèmes écologiques sahéliens: structure spécifique, productivité et qualité des herbages le forage de Widou thiengoly. DEA Biologie Végétale, FST/UCAD, 65 p.

Akpo L.E., 1993. Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. *ORSTOM. ed : TDFM2,* 73 p.

Akpo L. E. & Grouzis M., 1996. Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, **50** (2) : 247-263.

Akpo LE., 1998. - Effets de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses du Senegal : Variation selon un gradient climatique. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, UCAD : p.142.

Akpo, L. E., F. Bada et M. Grouzis, 2003, Diversité de la végétation herbacée sous arbre : variation selon l'espèce ligneuse en milieu sahélien, Candollea 58, pp 515-530.

Amami B., 2010. *Dynamiques temporelles à court et long terme d'une mare temporaire méditerranéenne et implication pour la conservation (Maroc occidental).*Thèse de Biologie et Santé, Université Hassan II. 192 p.

Ambe *G. A.,* *2000.- Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de la Cote d'Ivoire, état de connaissance par une population locale, les Malinkés. Biotech. Agron. Soc. Environ.* ***5*** *(1) : 43-48.*

APLF (Association des Palynologues de Langue Française) 1974. Pollens et spores d'Afriques tropicale. *Ministère de l'éducation national de la recherche scientifique, Centre d'étude de géographie tropicale*. 282p.

Assemien P.,1969. Pollen fossile de *Rhizophora* à Bogué (basse vallée du Sénégal). *Pollen et Spores,* 11/1, pp 73-81.

Arbonnier, M., 2000. *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. CIRAD-MNHN-UICN, France, 541 p.

Aubert G., 1949. *Observation sur les sols du Ferlo et de la vallée du Sénégal*. Mission pédologique de l'AOF.

Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie. *2éme édition. INRA, Paris. ISBN*: 2-7380-0892-5. 250p.

Bakhoum A. 2013. Dynamique des ressources fourragères: indicateur de résilience des parcours communautaires de Téssékéré au Ferlo (Nord-Sénégal). Thèse de doctorat unique en en Biologie, Productions et Pathologies Animales, Option Ecologie pastorale, FST-UCAD, 115p.

Barbey C ., 1982. Les ergs du sud-ouest de la Mauritanie et du nord du Sénégal. *Thèse Let., Univ. Paris VII*.

Barral H., 1982. Le Ferlo des forages: gestion ancienne et actuelles de l'espace pastoral. Etude de géographie humaine . Dakar, Sénégal, *ORSTOM ;* 85p

Barral H. et Benefice E., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. Synthèse de fin d'étude d'une équipe de recherches multidisciplinaire ISRA-ORANA-OCCGE-GERDAT-ORSTOM, Dakar 1972 p.

Beaulieu J. L. & Reille M., 1978. Quelques moyens de sondage en usage chez les pollenanalystes: étude comparative de diagrammes. *Annales des Mîne de Belgique*, pp 134-145.

Becker B., 1983. - The contribution of wild plants to human nutrition in the Ferlo (Northern Senegal). *Agroforestery systems*, 1: 257-267.

Bengtsson L., and Enell M., 1986. Chemical analysis. In hanbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. *(Ed BE Berglund).* pp 423-451.

Belem B., Nacoulma B.M.I., Gbangou R., Kambou S., Hansen H.H., Gousset Q., Lund S., Raebild A., Lompo D., Ouedraogo M., Thailade I., Boussim I.J., 2007.- Use of non wood forest products by local people bordering the "Parc National Kabore Tambi", Burkina Faso. *The journal of Transdisciplinary Environnemental studies* 6(1): 21.

Benzecri J.P. 1964. Sur l'analyse factorielle des proximités. *Pub. Inst. Statist. Univ. Paris*, 14 (1) : 165-180.

Bergeret A. & Ribot J. C., 1990. L'arbre nourricier en pays sahélien, Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme.

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

Bille J.G., 1976. Etude de la PPN d'un écosystème sahélien, Thèse de doctorat en Science (ORSAY) *ORSTOM , Paris* : 82P.

Birks H.J.B., 1996. Contributions of Quaternary paleoecology to nature conservation. *Journal of vegetation Science,* 7 : 89-98.

Blaauw M., 2010. Methods and code for "classical" age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary International, p. 1-17.*

Bonin G. & Tatoni T., 1990. Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et leur environnement. *Ecologia Mediterranea*, 16 : 403-414.

Bonnefille R. & Riollet G., 1980. Palynologie, végétation et climat de Bed I et Bed II à Olduvai, Tanzanie. Act 8éme congrès panafricaine "Préhistoire et Quaternaire", Nairobi. 5p.

Bonnefille R. & Riollet G., 1980. Pollens des savanes d'Afriques orientale. *Editions du centre national de la recherche scientifique.* 140p.

Bonnefille R. & Vincens A., 1980. Analyse palynologique des sédiments plio-pléistocènes situés sous le ruf KBS, lac Turkana (Kenya). Act 8éme congrès panafricaine "Préhistoire et Quaternaire", Nairobi. 5p

Bonnefille R.,1987. Evolution des milieux tropicaux Africains depuis le début du cénozoïque, Mém. Trav. E. P. H. E., *Inst. Montpellier*, 17, pp 101-110.

Bonnefille R., 1987. Evolution forestière et climatique au Burundi durant les quarante derniers milliers d'années. *C.R. Acad. Sci. Paris, t. 305, Série* II, p. 1021-1026.

Bonnefille R. & Buchet G., 1987. Contribution palynologique à l'histoire récente de la forêt de Wenchi (Ethiopie). Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier, 17, p.143-158.

Bonnet B., Aulong S., Goyet S., Lutz M., Mathevet R., 2005. *Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes : Conservation des zones humides*. Tours du Valat, Arles, 160 p.

Bourlière F., 1978. La savane sahélienne de Fété Olé, Sénégal. *In* Problème d'Ecologie : structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres. Masson et Cie Ed.,3: 187-229.

Bouahim, S. Usage et conservation des mares temporaires méditerranéennes :cas des mares temporaires de la région de Benslimane (Maroc occidental), thése de doctorat, de l'Université Hassan II Maroc et de l'Université de Montpellier II (2010)

Bourdeau Ph. (2004). The man-nature relationship and environmental ethics? *Journal of Environmental Radioactivity* 72 : 9–15.

Brenac P., 1988. Evolution de la végétation et du climat dans l'Ouest-Cameroun entre 25000 et 11000 ans BP. *Inst. Fr. Pondichéry, trav. Sec. Sci. Tech*., XXV : 91-103. Actes X^{éme} Symposium APLF Bordeaux, 28 sept.-2 oct. 1987.

Bunting M.J., 2003. Pollen-based reconstruction of cultural landscapes: an investigation ofpollen source area for non-arboreal taxa. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125 :285–298.

Bunting M.J., 2008. Pollen in wetlands: using simulations of pollen dispersal and deposition to better interpret the pollen signal. A PolLand Cal contribution. *Biodiversity and Conservation* 17 : 2079–2096.

Bunting M.J., Warner, B.G., 1998**.** Hydroseral development in southern Ontario: Patterns and controls. Journal of biogeography 25 : 3–18.

Buurman J., van Geel B. et van Reenen G. B. A. 1995. Palaeoecological investigations of a Late Bronze Age watering-place at Bovenkarspel, the Netherlands. *In*: Herngreen G. F. W. et van Der Valk L., (éds). *Neogene and Quaternary geology of North-West Europe*. Dienst: Meded. Rijks. Geol., p. 249-270.

Carcaillet C., Talon B & Barbero M., 2006. *Pinus cembra* et les incendies pendant l'Holocène, 300 m au-dessus de la limite actuelle des arbres dans le massif de la Vanoise (Alpes du nord-ouest). *Ecologie*, 29, 277-282.

Caveriviére M., & Debene M., 1988. Le droit foncier Senegalais. *Berger-Levrault.* 329p.

Cheddadi R., Bar-Hen, A., 2009. Spatial gradient of temperature and potential vegetation feedback across Europe during the late Quaternary. *Climate Dynamics* 32: 371–379.

Cheddadi R., Fady B., François L., Hajar L., Suc J.P., Huang K., Demarteau M., Vendramin G.G. & Ortu E., 2009. Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from Quaternary pollen records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography* 36 : 1361–1371.

Cheddadi R., Lamb H.F., Guiot J., Van der Kaars S., 1998. Holocene climatic change in Morocco: a quantitative reconstruction from pollen data. *Climate Dynamics* 14 : 883–890.

Cheikhyoussef A., Ashekele H. MU. Shapi M et Matengu K., 2011.- Ethnobotanical study of indigenus knowledge on medicinal plant use by traditional healers in Oshikoto region, Namibia, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine,* 7 :10.

Courel M. F., 1984. Etude de l'évolution récente des milieux sahéliens a partir des mesures fournies par les satellites. Paris I, Thése d'état., 393p.

Cordier B., 1965. Sur l'analyse factorielle des correspondances. Thèse 3ème cycle, Univ. Rennes : 66 p.

Court-Picon M., 2007. *Mise en place du paysage dans un milieu de moyenne et haute montagne du Tardiglaciaire à l'époque actuelle.* Thèse de doctorat, Laboratoire de chrono-écologie, UMR 6565, Université de Franche Comté. 714 p.

Codja J.T. C., Assogbadjo A.E., Ekue M.R.M., 2003.- Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Benin. Cahiers Agricultures **12** (5) : 321-331.

Cugny C., 2011. Apports des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant Nord-pyrénéen: entre référentiels actuels et reconstitution du passé. Thèse de doctorat, Université le Mirail de Toulouse 2. 193p.

Daget & Poissonet, 1997. Biodiversité et végétation pastorale. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop*, 50 (2) : 141- 144.

Daoud-Bouattour A., Muller S.D., Ferchichi Ben Jamaa H., Ben Saad Limam S., Rhazi L., Soulié Marsche I., Rouissi M., Touati B., Ben Haj Jilani I., Gammar A., Gharbi Gammar Z., 2011. Conservation of Mediterranean wetlands: Interest of historical approach. *C.R.Biologies,* 334 : 742-756.

Dean W.E. 1974. Determination of carbonate and organic in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparrison with other methods. *Journal of Sedimentary petrology*. 44: 242-248.

Degallier R., 1966, Hydrogéologie du Ferlo septentrional. Mémoire du BRGM n°19. Edition technique, Paris, 44 pages

Devictor V., Moret J., Machon N., 2007. Impact of ploughing on soil seed bank dynamics in temporary pools. *Plant Ecology* 192 : 45–53.

De Beaulieu J.-L., Andrieu-Ponel, V., Cheddadi, R., Guiter, F., Ravazzi, C., Reill, M., Rossi, S., 2006. Apport des longues séquences lacustres à la connaissance des variations des climats et des paysages pléistocènes. *Comptes Rendus Palevol* 5 : 65–72.

Diallo A., 2011. Caractérisation de la végétation et des sols dans les plantations de *Acacia senegal* (L.) Willd dans la zone de Dahra - sud Ferlo sableux. *Thèse de doctorat*, UCAD-FST, Département Biologie Végétale, 127 p.

Diallo A., Faye M. N. et Guissé A. 2011. Structure des peuplements ligneux dans les plantations d'*Acacia senegal* (L.) Wild dans la zone de Dahra (Ferlo, Sénégal). *Rev. Ecol*., 66 415-427.

Diop A. T. 2007. Dynamique écologique et évolution des pratiques dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal: perspectives pour un développement durable. *Thèse de Doctorat,* , UCAD, Dakar (Sénégal), 387 p.

Diouf M., Akpo L. E., Rocheteau A., Do F., Goudiaby V. et Diagne A. L., 2002. Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'ouest). *J.Sc. Vol. 2 N° 1*. pp 1-9.

Diouf J.C., 2011. Dynamique du peuplement ligneux au Ferlo (Nord-Sénégal), conséquences et perspectives pour une gestion durable. *Thèse de Doctorat en Ecologie et Agroforesterie*, EDSEV, UCAD, Dakar (Sénégal), 263 p.

Dregne H.E., 1992**.** Degradation and Restoration of Arid lands. ICASALS, Tech. Univ. Lubbock, Texas 289p. Dutil P., Martinez C., Quezel P., 1959. Etude pédologique et palynologique de formations quaternaires de la daïa de M'Rara (W de l'Oued Rhir). Bulletin de la société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 50 :196-203.

Dutil P., Martinez C., Quezel P., 1959. Etude pédologique et palynologique de formations quaternaires de la daïa de M'Rara (W de l'Oued Rhir). *Bulletin de la société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord,* 50 :196-203.

Elenga H., 1992. Végétation et climat du Congo depuis 24.000 ans BP. Analyse palynologique de séquences sédimentaires du pays Bateké et du littoral. *Unpublished thesis? university Aix-Marseille III.* 238p.

Elenga H., Schwartz D., and Vincens A., 1992. Changements climatiques et action anthropique sur le littoral Congolais au cours de l'holocéne. *Bulletin de la société géologique de France*. 163p.

Evin, J et Oberlin, C., 1998. La méthode de datation par le radiocarbone. In: Ferdière, A.(Ed.), la datation en laboratoire, Paris: Errance, 192 p.

Faure E., 2012. *"Hautes terres" L'anthropisation des monts d'Aubrac et du Lévesou (Massif Central, France) durant l'Holocène. Approche palynologique des dynamiques socio-environnementales en moyenne montagne*. Thèse de Géographie. Université de Toulouse le Mirail. 308 p.

Feller C., Medus J., Paycheng C., Chavane. 1982. Etude pédologique et palynologique d'un site protohistorique de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *O.R.S.T. O. M. Fonds Documentaire.* 15p.

Galop D., 1998. *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées : 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée : contribution palynologique*, Thèse, Université de Toulouse II le Mirail, 1998, 285 p.

Galop D., 2000. Les apports de la palynologie à l'histoire rurale. La longue durée des activités agropastorales pyrénéennes. *Etudes rurales*, 153/154 : 127-138.

Galop D., Mazier F., Lopez-Saez J.A., Vannière B., 2003. Palynologie et histoire des activités humaines en milieu montagnard. Bilan provisoire des recherches et nouvelles orientations méthodologiques sur le versant nord des Pyrénées. *Archéologie du Midi-Médiéval,* 21 : 159-170.

Galop D., Vaquer J., 2004. Regards croisés sur les premiers indices de l'anthropisation en domaine pyrénéen. In : *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*, Richard H. (dir), Besançon : 179-194.

Galop D., Rendu C., Barcet H., Buttler A., Campmajo P., Cugny C., Gauthier E., Legaz A., Lopez- Saez J.A., Mazier F., Métailié J.P., Dominique S., Vannière B., 2004. *Paléoenvironnement et archéologie pastorale. Propositions méthodologiques pour une approche intégrée des modalités de l'anthropisation en haute montagne pyrénéennes du Néolithique à l'actuel.* Besançon. UMR 6565 CNRS. Université de Franche-Comté, 70 p.

Gasse F., 2000. Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 19, 1-5 : 189-211.

Gauthier E., Richard H., 2010. L'anthropisation du Massif jurassien : bilan des données palynologiques. In : Desmet M., Magny M., Mocci F. (Eds.), *Du climat à l'Homme. Dynamique holocène de l'environnement dans le Jura et les Alpes.* Le Bourget du Lac: Laboratoire EDYTEM, p. 273-280. (Collection EDYTEM, Cahiers de Paléoenvironnement ; 6).

Ghosn D., Vogiatzakis I.N., Kazakis G., Dimitriou E., Moussoulis E., Maliaka V., Zacharias I., 2010. *Ecological changes in the highest temporary pond of western Crete (Greece): past, present and future. Hydrobiologia, 648 : 3-18.*

Gherzouli C ., 2013. Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. Thèse de Géographie. Université de Toulouse le Mirail. 208 p.

Gillet H. & Deprierre D., 1971. Désertification de la zone sahélienne au Tchad. Bilan de dix années de mise en défens. *Revue Bois et Forêt des tropiques, N°139 :* 3-25.

Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., Perennou C. (Eds.), 2004. Mediterranean Temporary Pools (2 vol.). Tour du Valat, Arles, France.

Guengant J.P., M. Banoin & Quesnel A., 2002. *Dynamique des populations, disponibilité en terres et adaptation des régimes fonciers : le cas du Niger*. Gendreau Francis, Lututala Mumpasi, FAO, Rome : 155p.

Guillaumet J.L., 1967. Recherche sur la végétation et la flore de la région du Bas Cavally (Côte d'ivoire). *Mém. ORSTOM.* 20p.

Habiyaremye F.X & Roche E., 2004, Contribution à l'observation de variation environnementale au Mali par l'analyse d'un transect phytogéographiques Bamako-Tombouctou, Geo-Eco-Trop, 1-2:1-14.

Heiri O., Lotter A.F. & Lemcke G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. J. Paleolim. 25, 101-110.

Hiernaux P. & LE Houerou H. N., 2006. Les Parcours du Sahel in Sécheresse vol. 17, (1-2), p. 51-57.

Hiernaux P., 1998. Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecol.* 138 : 191-202.

Ickowicz A., Ancey V., Corniaux C., Duteurtre G., Poccard-Cappuis R., Touré I., Vall E., Wane A., 2012. *Crop-livestock production systems in the Sahel - increasing resilience for adaptation to climate change and preserving food security. In* Meybeck et al. (eds) 'Building resilience for adaptation to climate change in agriculture sector. Proc. Joint FAO-OECD workshop, Roma: 243-276

Jahnke H.E.; 1984, Système de production animale et développement de l'élevage en Afrique tropicale CIPEA, Kieler Wissenschatsverlag Vauk; 264p.

Jacks B., 1994.- Living conditions and nutrition of some Tamasheq groups in Mali under the influence of drought, *Ambio* 23 : 438-445.

Jalut Guy., 1991. « Le pollen, traducteur du paysage agraire », *Pour une archéologie agraire*, Guilaine Jean (dir.), Paris, 1991, p. 345-368.

Jalut Guy., 1974. *Evolution de la végétation et variations climatiques durant les quinze derniers millénaires dans l'extrémité orientale des Pyrénées*, Thèse, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1974, 176 p.

Koning, C., 2005. Vegetation patterns resulting from spatial and temporal variability in Lageras P., 1996. Farming and forest dynamics in an agriculturally marginal area of southern Sweden, 5000 BC to present : a palynological study of Lake Avegöl in the Smaland Uplands. *The Holocene*, 6, 301-314.

Lageras P., 1996. Long-term history of land-use and vegetation at Femtingagölen - a small lake in theSmaland Uplands, southern Sweden. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5: 215-228.

Lamotte M., 1962. *Initiation aux méthodes statistique en Biologie*. Lie Masson, Paris, 144 p.

Lageras P., Sandgren P., 1994. The use of mineral magnetic analyses in identifying Middle and Late Holocene agriculture. A Study of peat profiles in Smaland, southern Sweden. *J. of Archaeological Science*, 21, 687-697.

Lebrun J.P., et Stork A.L., 1991, 1992, 1995 et 1997**.** *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale*. Conservatoire et Jardin botaniques de Genève Vol. I, II, III, IV : 249, 257, 341 et 712 p.

Legri P., 1987. De l'écologie à la paléoécologie. In : *Palynologie, Ecologie, Paléoécologie. Actes du Xème Symposium de l'APLF*. Bordeaux. Institut Français de Pondichéry Travaux de la Section Scientifique et Technique. Tome XXV : 1-9.

Lévêque C., 2003. Quelles natures voulons-nous? Quelles natures aurons-nous? In*: Quelles natures voulons-nous? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*, Lévêque, C., Van der Leeuw, S. (dir. de), Paris, p. 13-22.

Lévêque C., Pavé A., Abladie I., Weille A., Vivien F.D., 2000. Les zones ateliers, des dispositifs pour la recherche sur l'environnement et les anthroposystèmes, *Nature Science et société*. 8, (4), p. 44-52.

Lezine A.M.,1985. Palynologie de sondages holocènes en zone sahélienne: le lac de Guiers (Sénégal). *IX" Symp. Ass. palynol. langue franç. "Palynologie et milieux tropicaux". Montpellier*, 1-3 oct. 1985: 19 (Résumé).

Lezine A.M., Bieda S., Faure H., et Saos J.L., 1985, Etude palynologique et sédimentologique d'un milieu margino-littoral: tourbière de Thiaye (Sénégal), Sci. Géol., Bull, Strasbourg, pp 79-89.

Lezine, A.M et Saos. J.L, 1986, Paléohydrologie et paléoenvironnement d'un lac à l'holocène (Guiers, Sénégal), INQUA/1986, Dakar SYMPOSIUM "changement globaux en Afrique" p 265-267.

Lezine A. M. 1989. Le Sahel : 20 000 ans d'histoire de la végétation. *Bull Soc Geol Fr* 1. 8 :35-42.

Lezine A-M. & Cazet, J.P., 2005. High-resolution pollen record from core KW31, Gulf of Guinea, documents the history of the lowland forests of West Equatorial Africa since 40 000 yr ago. *Quaternary Research* (in press).

Le Houerou.H.N, 1980. L'inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du sahel malien. Méthodes et premiers résultats.in Le Houerou (HN) 1980 : les fourrages ligneux en Afrique : Etat actuel des connaissances. Addis Abeba, CIPEA : 481p.

Le Houerou H. N., 1989. Les hommes face aux sécheresses: Nordeste brésilien, Sahel africain, *IHEAL et EST-Samuel Tastet Editeur.* 127 – 137 pp.

Leroux M ., 1980. In "Atlas du Sénégal" M. Pelissier P. *(Ed.), Jeune Afrique, Paris*. 12 - 17 pp.

Lukke, A.M., 2000, Local perceptions of vegetation change and priorities for conservation of woody-savanna vegetation in Senegal, Journal of Environmental Management, 59, p.107-120

Lukke, A.M., Kristensen M.K et Ganaba S., 2004, Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel, Biodiversity and Conservation 13, 10, p.1961-1990.

Maley J., 1970. Contributions à l'étude du bassin tchadien. Atlas de pollens du Tchad. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique*, 40 : 29-48.

Maley J., 1981. Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle. *Trav. Dot. Off. Rech. SC. tech. Outre Mer*, 129: 586 p.

Maley J. & Livingstone A., D., 1983. Extension d'un élément montagnard dans le sud du Ghana (Afrique de l'Ouest) au Pléistocène supérieur et à l'Holocène inférieur: premières données polliniques. C. R. *Acad. Sc. Paris*, 296, Série II : 1287-1292.

Maley J., 1984. Influence des nuages sur les paléoenvironnements : quelques exemples pris dans le Quaternaire récent. *Bothalia*, Prétoria, 14 : 377-389.

Maley J., 1985. Histoire de la forêt dense au Quaternaire récent et reconstitution des paléoclimats en Afrique de l'ouest par les analyses polliniques. *Coll. PNEDC*, 16-18 Sept. Meudon : 15-16.

Maley J., 1987. Fragmentation de la Forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications, paléoclimatiques et chronologiques et biogéographiques. *Paleoecology of Africa,* 18 : 307-334.

Maley J., 1992. Mise en évidence d'une péjoration climatique entre ca 2 500 et 2 000 ans B.P. en Afrique tropicale humide. *Bull. Soc. géol. France*, 163, 3 : 363-365.

Maley J. & Brenac P., 1998. Vegetation dynamics, palaeoenvironments and climatic changes in the forests of western Cameroon during the last 28 000 years BP. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99 : 157-187.

Maley J. & Vernet R., 2015. Populations and Climatic Evolution in North Tropical Africa from the End of the Neolithic to the Dawn of the Modern Era. *Afr Archaeol Rev* , 32:179‑232.

Maydell H. J. V., 1983. Arbres et arbustes du Sahel: caractéristiques et leurs utilisations. GTZ, office Allemand de la coopération technique. 271P.

Mazier F., 2006. Modélisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, végétation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrénées et Jura). Application pour

l'interprétation des données polliniques fossiles. Thése de doctorat, U.F.R des Sciences et Techniques, Université de Franche-Comté. 243 p.

Mazier F., Galop D., Gaillard M.J., Rendu C., Cugny C., Legaz A., Peyron O. and Buttler A., 2009. Multidisciplinary approach to reconstructing local pastoral activities: an exemple from the Pyrenean Mountains (Pays Basque). *The Holocene*, 19 (2) : 171-188.

Médus. J & Monteillet. J, 1981, Données préliminaires sur la palynologie de l'holocéne du delta du fleuve Sénégal, Géobios n°14, fasc 6, pp 801-805.

Michel P.; 1985 Sécheresse et transformation de la morphodynamique dans la vallée et le delta du Sénégal. Revue Géomorphologique N°4- TXXXIV.

Monteillet J., Fauw H., Pirazolli P.A., Ravise A., 1981. L'inversion saline du Ferlo (Sénégal1 à 1'Holocène supérieur (1900 B.P.). in: Coetzee *J.A.. Van Zinderen Bakker E.M.(eds.) Palaececology of Africa*, 13: 205-215. Rotterdam: Balkema.

Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E., 1991. *Pollen analysis*. (Ed) BlackWell Scientific Publication, Oxford-London-Edinburgh-Malden-Victoria-Paris, 216 p.

Michel P & Assemien P., 1969. Etudes sédimentologique et palynologique des sondages de Bogué (basse vallée du Sénégal) et leur interprétation morphoclimatique. Rev. Géom. dyn., *nord du Sénégal*. *Trav. et Doc.*, ORSTOM.

Michel P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, étude géomorphologique. *Mém. ORSTOM,.* Paris, 63, 3 tomes.

Muller S. D., Bruneton H., Soulié Marsche I., Rey T., Thiéry A., Waterkeyn A., Brendonck L., Schevin P., Yavercovski N., Grillas P., 2008. Long-term dynamics of a Mediterranean alkaline vernal pool (Rhone delta, southern France). *Wetlands,* 28 : 951-966.

Muller S.D., Miramont C., Bruneton H., Carré M., Sottocornola M., Court-Picon M., De Beauliei J.L., Nakagawa T., Schevin P., 2012. A paleoecological perspective for the conservation and restoration of wetland plant communities in the central French Alps, with particular emphasis on alder carr vegetation. *Review of Paleobotany and Palynology*, 171 : 124-139.

N'diaye I., 2008.- Flore et vegetation ligneuses du terroir de Katane dans la reserve de faune du Ferlo-nord. *Mém. de DEA, FST,* 25p.

Ndiaye O. 2013. Caractéristiques des sols, de la flore et de la végétation du Ferlo, Sénégal. Thèse de doctorat unique en biologie végétale, option écologie, FST-UCAD, 114p.

Ndiaye, O., A. Diallo, M.B. Sagna et A. Guissé, 2014**,** Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal, Vertigo. Vol 13 n°3, 12p.

Ndong A. 2009. Caractérisation biopédologique de la région de Kaolack (zone centre-ouest, Sénégal). Mémoire de DEA en biologie végétale, FST-UCAD, 60 p.

Ndour N., 1998. Analyse de la flore et de la végétation de la rive et du lac de guiers (Nord du Sénégal). *Mémoire de DEA*. ISE-UCAD. 51 p.

Ngom D., 2008.- Définition d'indicateurs de gestion durable des ressources sylvo-pastorales au Ferlo. (Nord-Sénégal). *Doct. 3eme Cycle, Biologie végétale*, FST/UCAD, Dakar, 148 p.

Ngomanda A., Neuman R., Schweizer A and Marley J., 2009. Seasonality change and the third millennium BP rainforest crisis in southern Cameroon (Central Africa). *Quarternary Research,* 71, pp 307-318.

Niang K. 2009. L'arbre dans les parcours communautaires du Ferlo-Nord (Sénégal). Mémoire de DEA en biologie végétale, FST-UCAD, 67 p.

Niang K. 2014. Caractérisation de la végétation ligneuse du Ferlo et son usage par les populations locales. *Doct. 3eme Cycle, Biologie végétale*, FST/UCAD, Dakar, 94 p.

Niang K., Ndiaye O., Diallo A., Guisse A., 2014 Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, Nord Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 79 : 6938 – 6946.

Nusbaumer L., Gautier L. et Chatelain C., 2005. Structure et composition de la Forêt Classée du Scio (Côte d'Ivoire) Etude descriptive et comparative. *Candollea* 60 (2): 393-443.

Okafor J.C., 1991.- Amelioration des essences forestieres donnant des fruits comestibles. *Unasylva* 42 : 1991-1992.

Ouedraogo I., 2008.- Diversité des espèces ligneuses utiles de la région du Nord du Burkina Faso; état des peuplements de cinq espèces d'importance socio-économique. Mémoire d'Ingénieur en Eaux et Forets. Université de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 68 p.

Poupon H., 1980. *Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du* Sénégal. Orstom ed. (Etudes & Thèses), Paris 307 pp.

PPZS (2008) : Proposition de programme scientifique, comité de groupement du Pôle Pastoral Zones Sèches, ISRA, CIRAD, CSE, UCAD, 33p.

Ramade F, 1993. Dictionnaire encyclopedique de l'ecologie et des sciences de l'environnement. Ediscience international, Paris ; 822p.

Raynaut C.,1997. Diversité et dynamiques des relations sociétés-nature; Edition Karthala, 1997. 430p.

Reille M., 1992. *Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Atlas photographique, Laboratoire de Botanique historique et palynologique.

Reille M., 1976. Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas marocains: premiers résultats. *Ecologia Mediterranea* 2 : 153–170.

Reille M., 1977. Contribution pollenanalytique à l'histoire Holocène de la végétation des montagnes du Rif (Maroc septentrional). *Recherches françaises sur le Quaternaire*, *INQUA 1977*. Supplément au Bulletin AFEQ, 1977-1, 50 : 53–76.

Reille M., 1978. A propos de la disparition du pollen dans certains sédiments minéraux. *Annales des Mines de Belgique* 6 : 115–20.

Reille M., 1979. Analyse pollinique du lac de Sidi Bou Rhaba, littoral atlantique (Maroc). *Ecologia Mediterranea* 4 : 61–65.

Reille M., 1990. Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. CNRS (ed.), Paris, 206 p.

Reille M., 1992-1998. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord (3 vol.). Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, France.

Reille M., Pons, A., 1992. The ecological significance of sclerophyllous oak forests in the western part of the Mediterranean basin: a note on pollen analytical data. *Vegetatio* 99–100 : 13–17.

Rendu C., 2003. *La montagne d'Enveig. Une estive pyrénéenne de longue durée*. Trabucaire (Eds.), Canet en Roussillon, 606 p.

Reynand-Farrera I., Marley J., and Wirrman D., 1996. Végétation et climat dans les forêts du Sud-Ouest Cameroun depuis 4770 ans BP: Analyse pollinique des sédiments du Lac Ossa. *Compte Rendus de l'Académie des sciences, Paris, série IIa 322*. pp 749-755.

Rhazi L., 2001. Etude de la végétation des mares temporaires et l'impact des activités humaines sur la richesse et la conservation des espèces rares au Maroc. Thèse d'État, Université Hassan II, Faculté des Sciences Aïn Chock, Casablanca.

Rhazi L., Grillas P., Toure M.A., Tan Ham L., 2001. Impact of land use and activities on water, sediment and vegetation of temporary pools in Morocco. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 324 : 165–177.

Rhazi L., Grillas P., Tan Ham L., El Khyari D., 2001. The seed bank and the between years dynamics of the vegetation of a Mediterranean temporary pool (NW Morocco). *Ecologia Mediterranea.* 27 : 69–88.

Rhazi L., Grillas, P., Rhazi M., El Khyari D., 2007. La dynamique interannuelle et la richesse de la végétation d'un milieu imprévisible: cas d'une mare temporaire du Maroc occidental. In: Paracuellos, M. (Coord.), Ambientes mediterráneos : Funcionamiento, biodiversidad y conservación de los ecosistemas mediterráneos. Colección Medio Ambiente,

2. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación de Almería). Almería, Spain. ISBN: 978-84-8108-386-6.

Rhoujjati A., Cheddadi R., Taïeb M., Baali A., Ortu E., 2010. Environmental changes over the past c. 29,000 years in the Middle Atlas (Morocco): A record from Lake Ifrah. *Journal of Arid Environments* 74 : 737–745.

Richard H., 1994. Evaluation de l'impact de l'homme sur la végétation: l'apport de la palynologie. *Histoire et Mesure*, IX (3/4), 305-316.

Richard H., 1999, La palynologie. In: *La botanique*, Paris: Errance, 9-42.

Rius D., 2010. Reconstitution et évolution des régimes de feux holocènes dans les Pyrénées, entre contrôles bioclimatique et anthropique. *Thèse, Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 CNRS, U.F.R. des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté*. 190 p.

Rius D., Vannière B., Galop D., Richard H., 2011. Holocene fire regime changes from multiple-site sedimentary charcoal analyses in the Lourdes basin (Pyrenees, France). *Quaternary Science Reviews*, 30, (13-14), p. 1696-1709.

Ritchie J.C., 1984. Analyse pollinique de sédiments holocènes supérieurs des hauts plateaux du Maghreb oriental. *Pollen et Spores* XXVI, 3-4 : 489-496.

Roselt/oss, 2002.-Contribution Technique n°14, Montpellier : 65 p.

Roberts-Pichette P., Gillespie L., 2002.- Protocoles de suivi de la biodiversité végétales terrestre. Le réseau d'évaluation et de surveillance écologiques Canada. Surhttp://www.emanese.ca/rese/ecotools/protocols/terrestrial/vegetation/glossary.html consulte le 24 février 2011.

Sagna M.B., 2015. Ethnobotanique, écologie, suivi phénologique et caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles du dattier du désert (*Balanites aegyptiaca* (L.) Del.) dans le Ferlo au Nord du Sénégal. *Doct. 3eme Cycle, Biologie végétale*, FST/UCAD, Dakar, 133p.

Sagne M., 2002. Caractérisation des sols de l'Observatoire ROSELT du Ferlo (Sénégal), Rapport de consultation, République du Sénégal *PROGRAMME ROSELT, CSE*, 39p.

Salamani M., 1991. Première données palynologiques sur l'histoire holocène du massif de l'Akfadou (Grande-Kabylie, Algérie). *ECOLOGIA MEDITERRANEA XVII* : p145-159

Saos J.L., Gogels F. X., Casta L., Fabre M., Faure H.. Gac J.Y., 1981. Etude préliminaire de deux sondages dans les sédiments holocènes du lac de Guiers (Sénégal*). Cahier ORSTOM. Outre-Mer, série géologie,* 12 (1) p 61-71.

Santoir C., 1983. Raison pastorale et pratique de développement : Les peuls face aux aménagements*, ed. l'Harmattan, ORSTOM*, 185 p.

Sarr M. A., 2009. Évolution récente du climat et de la végétation au Sénégal (cas du Ferlo), *Thèse de doctorat*, Université Jean Moulin Lyon 3, LCRE UMR 5600 CNRS, 410 p.

Savy M., 2002.- Diversité, variété alimentaire et état nutritionnel des mères de jeunes enfants en milieu rural défavorisé. *Mémoire de DEA* en sante publique et pays en développement. Universités de Ouagadougou et Pierre et Marie Curie, 34 p+ annexes.

Schwartz T., 1992. Anthropology and psychology: An unrequited relationship. In T. Schwartz, G. M. White et C. Lutz (Eds.) *New directions in psychological anthropology. Cambridge University Press.* pp 324-349.

Servant M., 1983. Séquences continentales et variations climatiques: Evolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université de Paris.

Shanahan T., M., Overpeck J,. T., Wheeler C.W., Beck J., Pigati W.J. S., Talbot M. R., Sholz A., Peck J. & King J. W., 2006. Paleoclimatic variations in West Africa from a record of late Pleistocene and Holocene lake level stands of Lake Bosumtwi, Ghana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 242 : 287-312.

Sharman M., 1987. La végétation ligneuse sahélienne. The global environment monitoring system, PNUE/FAO, sér., GEHS Sahel, **7**: 87.

Sørensen T. A., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter, 5, 1–34.

Soubeiga K.J., 2004.- Analyse de la demande des produits forestiers non ligneux dans l'alimentation des ménages ruraux : cas des départements de Bondokuy (Mouhoun) et de Niandialia (Boulkiemde). Mémoire d'Ingénieur en Sociologie et Economie Rurales. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso, Burkina Faso, 57p.

Stuiver M., and Reimer, P.J., 1993, Radiocarbon, 35, 215-230.

Stockhausen H. et Zolitschka B., 1999. Environmental changes since 13000 cal. BP refl ected in magnetic and sedimentological properies of sediments from Lakes Holzmaar (Germany). *Quaternary Science Reviews*, 18: 913-925.

Stockmarr J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*. 615-621pp.

Sylla C., 1986. Comportement de divers ligneux en plantation dans la zone sahélienne. Ecologie forestière, Mémoire de confirmation, CNRF-Dakar. 80 pages.

Sy O., 2009. Role of the natural pounds in the management of the Sahelian pastoral systems of Ferlo (Senegal). *Cybergeo : European Journal of Geography* . 440: 12p.

Thompson R. & Oldfield F., 1986. Environmental Magnetism. *London: Allen & Unwin*.

Touré O., 1997. Espace pastoral et dynamiques foncières au Sénégal. *Programme zones arides, ed/PRASET/GTZ*, 33 p.

Trémolières M., 2004. Plant response strategies to stress and disturbance: the case of aquatic plants. *Journal of Bioscience* 29 : 461–470.

Trochain J., 1940. Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Thèse Sci.. Univ. Paris: 433 p. Paris: Larose.

Van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J. et Aptroot A. 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science* 30: 873-883.

Vannière B., Bossuet G. et Gauthier E., 2000. Susceptibilité magnétique et indices polliniques, marqueurs de l'impact anthropique et de la dynamique fluviale dans la basse vallée du Doubs (Jura, France) entre le I^{er} et le VIII^{e} siècles après J.-C. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa. Sciences de la Terre et des Planètes*, 331: 203-210.

Vannière B., Bossuet G. et Gauthier E., 2000. Susceptibilité magnétique et indices polliniques, marqueurs de l'impact anthropique et de la dynamique fluviale dans la basse vallée du Doubs (Jura, France) entre le Ier et le VIIIe siècles après J.-C. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa. Sciences de la Terre et des Planètes*, 331: 203-210.

Vannière B., Bossuet G., Walter-Simonnet A.V., Gauthier E., Barral P., Petit C., Buatier M. et Daubigney A., 2003. Land use change, soil erosion and alluvial dynamic in the lower Doubs Valley over the 1st millenium AD (Neublans, Jura, France). *Journal of Archaeological Science*, 30 (10): 1283-1299.

Vannière B., Bossuet G., Walter A.V., Ruff aldi P., Adatte T., Rossy M. et Magny M., 2004. High-resolution record of environmental changes and tephrochronological markers of the Last Glacial-Holocene transition at Lake Lautrey (Jura, France). *Journal of Quaternary Science*, 19 (8): 797-808.

Vincens A., Buchet G., Elenga H., Fournier M., Martin L., De Namur M., Wirrman D., 1994. Changement majeur de la végétation du Lac Sinnda (Vallée du Niari, Sud-Congo) consécutif à l'asséchement climatique holocéne supérieur: apport de la palynologie, *C.R. Acad, Sci. Paris, 318, II,* 11: 1521-1526.

Vincens A., Lezine A.M, Buchet G., Lewden D. & LE Thamas A., 2007. African pollen database inventory of tree and shrub pollen types. *Review of Palaeobotany and Palynology* , 145: 135-141.

Vincke C., 1995. La dégradation des systèmes écologiques sahéliens. Effets de la sécheresse et des facteurs anthropiques sur l'évolution de la végétation ligneuse du Ferlo (Sénégal). MFE, UCL-FSA/UEF, 82 p.

Von Maydell, H. J., 1983, Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations, 1983, GTZ: 532 p.

Von Maydell H. J., 1990. *Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations.* GTZ. Marfrag. 150p.

Vroh B. T. A., Adou Y. C. Y., Kouame D., N'da D. H et N'guessan K. E., 2010. Diversités Floristique et Structurale sur le Site d'une Réserve Naturelle Volontaire à Azaguié, Sud-est de la Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.45 No.3*. pp.411-421.

Walter F., 1994. L'historien et l'environnement: vers un nouveau paradigme. *Nature Sciences Sociétés*,2, (1), p. 31-39.

Willemsen J., Van't Veer R. et van Geel B. 1996. Environmental change during the medieval reclamation of the raised-bog area Waterland (The Netherlands): a palaeophytosociological approach. *Review of Palaeobotany and Palynology* 94: 75-100.

Wodehouse R. P., 1935. Pollen grains. Their structure, identification and significance in science and medecine. New York, Londres, ERDTMAN G., *An introduction to pollen analysis*, New York, 1943, 574 p.

Wouters, P., V. Notelaers, 1999, L'espace entre les arbres et la densité des peuplements, Sylva et Belgica, 106 (21), 4p.

ANNEXES

Annexe 1. Fiche de relevé dendrométrique

Relevé n°4 (Syer) Sol sableux

15°58'46.3" N Altitude 48m

15°17'14,7" O Dépression

N°	Espèces	C30 (cm)	HT (m)	Hbr (m)	N-S (m)	E-O (m)	Dist (m)
01	*Feretia apodanthera*	46	3	1,2	4	4,2	6,2
02	*Guiera senegalensis*	75	4,2	2	5	5,7	8,8
03	*Feretia apodanthera*	58	3,2	1,3	4	3	0,05
04	*Calotropis procera*	24	1,8	0,4	1,6	1,7	8,6
05	*Feretia apodanthera*	38	3,5	1,8	5,3	4,7	5,4
06	*Calotropis procera*	47	2	0,3	2,5	2,5	10,4
07	*Boscia senegalensis*	47	3	0,6	3,2	3,1	1
08	*Stereospermum kunthianum*	190	13	6,5	9,7	7,5	3
09	*Calotropis procera*	36	1,5	0,4	2	1,8	18
10	*Calotropis procera*	24	1,6	0,2	1,4	1	8,5
11	*Calotropis procera*	41	3	0,4	2,6	2,2	4
12	*Calotropis procera*	19	1,4	0,2	1,2	1	2
13	*Grewia bicolor*	72	3,5	1,7	2	3	1
14	*Boscia senegalensis*	15	1,6	0,2	0,4	0,2	1
15	*Boscia senegalensis*	15	1,6	0,2	0,2	0,4	8,7
16	*Calotropis procera*	12	1,3	0,1	0,5	1	2,3
17	*Feretia apodanthera*	54	3,5	1,8	4,4	3,7	3
18	*Boscia senegalensis*	64	3	0,5	2,8	3,1	2,5
19	*Boscia senegalensis*	28	2	0,4	1,6	1,2	3
20	*Boscia senegalensis*	46	2	0,2	1,2	1,4	1
21	*Boscia senegalensis*	26	2,1	0,7	1,1	1,2	4
22	*Boscia senegalensis*	16	1,4	0,4	0,1	0,1	3
23	*Boscia senegalensis*	34	1,8	0,5	1	0,5	7
24	*Feretia apodanthera*	96	6	1,9	7,7	6,2	0,5
25	*Boscia senegalensis*	14	1,1	0,1	0,1	0,1	8,8
26	*Dalbergia melanoxylon*	75	4	1,3	7	6,7	5,6
27	*Anoseissus leiocarpus*	400	13	1,9	16	17,5	3
28	*Boscia senegalensis*	21	1	0,2	0,1	0,1	25
29	*Feretia apodanthera*	46	2,5	1,9	1	2,2	4
30	*Calotropis procera*	50	3,5	0,2	3,8	2,1	7
31	*Feretia apodanthera*	68	3,5	1,9	4,8	3	2
32	*Feretia apodanthera*	86	4	1,2	5	4,1	7
33	*Calotropis procera*	21	1,2	0,2	1,2	1	

	Rejet	MSP
Calotropis procera	18	0
Boscia senegalensis	6	1
Acacia raddiana	1	0

Annexe 2. Fiche d'enquête

Fiche d'enquête

N° :……. Coordonnées GPS :

.....

LOCALISATION

Communauté rurale: …….....

Village :…….....

IDENTIFICATION

Nom :..... Prénom :.....

Ethnie:..... Age et sexe.....

Activité principale:.....

Exercez-vous d'autres activités ? Oui ☐ Non ☐

Si oui la (les)

quelle(s).....

ETAT ACTUEL DE LA VEGETATION

1-Quelles sont les espèces que l'on rencontre dans votre localité?

.....

.....

2-Comment peut-on qualifier l'état de la flore de votre localité comparé au passé ?

Plus dense ☐ ; Moins dense ☐ ; Plus diversifié ☐ ;Moins diversifié ☐ ; Dégradé ☐

3-Quels sont les espèces pour lesquels vous avez observé une augmentation de densité?

.....

.....

4-Quelles sont celles qui sont les plus abondantes dans votre localité?

.....

.....

5- Quels sont les espèces qu'on trouve fréquemment à l'état de jeunes individus dans votre localité?.....

.....

6-Quelles sont les espèces menacées de disparition

7-Quelles sont les causes de leur disparition?

Feux répétitifs ☐ Pluviométrie ☐ Vieux individus ☐ Mauvaise régénération ☐

8- Est-ce qu'il y'a des espèces qui existaient ici et qu'on ne rencontre plus?

.....

.....

USAGES DES ESPÉCES

9-Quels usages faites-vous de ces espèces?

Fourrage ☐ Alimentation humaine ☐ Médecine traditionnelle ☐

Construction ☐ Energie domestique ☐ Autres ☐

10-Quelles sont les espèces utilisées dans le fourrage?

.....

.....

12-Quelles sont les parties utilisée pour chaque espéces?

Espèces	Partie utilisée	Brouté volontiers	Brouté occasionnellement	Pas brouté ou pas de renseignement
	Feuilles			
	Fruits			
	Fleurs			

13-Quelles sont les espèces utilisées dans l'alimentation humaine?

.....

.....

14-Quelles sont les parties utilisée pour chaque espéces?

Espèces	Partie utilisée	+: grande importance ;	o: importance restreinte;	-: pas d'emploi.
	Feuilles			
	Fruits			
	Fleurs			

15-Quelles sont les espèces utilisées dans la médecine traditionnelle?

Espèces	Traitements

16-Quelles sont les espèces utilisées dans l'énergie domestique?

Espèces	Bois de feu	Charbon de bois	+: emploi fréquent ; o: emploi restreint; -: pas d'emploi.

17-Quelles sont les espèces utilisées comme bois d'œuvre?

Espèces Construction Artisanat Outillages

18- Autres observations?

Annexe 3. Table du coefficient de corrélation des rangs de Spearman de deux variables aléatoires indépendantes : (Valeurs critique de Rs ayant une probabilité α d'être dépassée en valeur absolue: P(|Rs| >r) = α :)

α / n	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
4	0.600	1.000	1.000						
5	0.500	0.800	0.900	1.000	1.000				
6	0.371	0.657	0.829	0.886	0.943	1.000	1.000		
7	0.321	0.571	0.714	0.786	0.893	0.929	0.964	1.000	1.000
8	0.310	0.524	0.643	0.738	0.833	0.881	0.905	0.952	0.976
9	0.267	0.483	0.600	0.700	0.783	0.833	0.867	0.917	0.933
10	0.248	0.455	0.564	0.648	0.745	0.794	0.830	0.879	0.903
11	0.236	0.427	0.536	0.618	0.709	0.755	0.800	0.845	0.873
12	0.224	0.406	0.503	0.587	0.671	0.727	0.776	0.825	0.860
13	0.209	0.385	0.484	0.560	0.648	0.703	0.747	0.802	0.835
14	0.200	0.367	0.464	0.538	0.622	0.675	0.723	0.776	0.811
15	0.189	0.354	0.443	0.521	0.604	0.654	0.700	0.754	0.786
16	0.182	0.341	0.429	0.503	0.582	0.635	0.679	0.732	0.765
17	0.176	0.328	0.414	0.485	0.566	0.615	0.662	0.713	0.748
18	0.170	0.317	0.401	0.472	0.550	0.600	0.643	0.695	0.728
19	0.165	0.309	0.391	0.460	0.535	0.584	0.628	0.677	0.712
20	0.161	0.299	0.380	0.447	0.520	0.570	0.612	0.662	0.696
21	0.156	0.292	0.370	0.435	0.508	0.556	0.599	0.648	0.681
22	0.152	0.284	0.361	0.425	0.496	0.544	0.586	0.634	0.667
23	0.148	0.278	0.353	0.415	0.486	0.532	0.573	0.622	0.654
24	0.144	0.271	0.344	0.406	0.476	0.521	0.562	0.610	0.642
25	0.142	0.265	0.337	0.398	0.466	0.511	0.551	0.598	0.630
26	0.138	0.259	0.331	0.390	0.457	0.501	0.541	0.587	0.619
27	0.136	0.255	0.324	0.382	0.448	0.491	0.531	0.577	0.608
28	0.133	0.250	0.317	0.375	0.440	0.483	0.522	0.567	0.598
29	0.130	0.245	0.312	0.368	0.433	0.475	0.513	0.558	0.589
30	0.128	0.240	0.306	0.362	0.425	0.467	0.504	0.549	0.580
31	0.126	0.236	0.301	0.356	0.418	0.459	0.496	0.541	0.571
32	0.124	0.232	0.296	0.350	0.412	0.452	0.489	0.533	0.563
33	0.121	0.229	0.291	0.345	0.405	0.446	0.482	0.525	0.554
34	0.120	0.225	0.287	0.340	0.399	0.439	0.475	0.517	0.547
35	0.118	0.222	0.283	0.335	0.394	0.433	0.468	0.510	0.539
36	0.116	0.219	0.279	0.330	0.388	0.427	0.462	0.504	0.533
37	0.114	0.216	0.275	0.325	0.383	0.421	0.456	0.497	0.526
38	0.113	0.212	0.271	0.321	0.378	0.415	0.450	0.491	0.519
39	0.111	0.210	0.267	0.317	0.373	0.410	0.444	0.485	0.513
40	0.110	0.207	0.264	0.313	0.368	0.405	0.439	0.479	0.507
41	0.108	0.204	0.261	0.309	0.364	0.400	0.433	0.473	0.501
42	0.107	0.202	0.257	0.305	0.359	0.395	0.428	0.468	0.495
43	0.105	0.199	0.254	0.301	0.355	0.391	0.423	0.463	0.490
44	0.104	0.197	0.251	0.298	0.351	0.386	0.419	0.458	0.484
45	0.103	0.194	0.248	0.294	0.347	0.382	0.414	0.453	0.479
46	0.102	0.192	0.246	0.291	0.343	0.378	0.410	0.448	0.474
47	0.101	0.190	0.243	0.288	0.340	0.374	0.405	0.443	0.469
48	0.100	0.188	0.240	0.285	0.336	0.370	0.401	0.439	0.465
49	0.098	0.186	0.238	0.282	0.333	0.366	0.397	0.434	0.460
50	0.097	0.184	0.235	0.279	0.329	0.363	0.393	0.430	0.456
52	0.095	0.180	0.231	0.274	0.323	0.356	0.386	0.422	0.447
54	0.094	0.177	0.226	0.268	0.317	0.349	0.379	0.414	0.439
56	0.092	0.174	0.222	0.264	0.311	0.343	0.372	0.407	0.432
58	0.090	0.171	0.218	0.259	0.306	0.337	0.366	0.400	0.424
60	0.089	0.168	0.214	0.255	0.300	0.331	0.360	0.394	0.418
62	0.087	0.165	0.211	0.250	0.296	0.326	0.354	0.388	0.411
64	0.086	0.162	0.207	0.246	0.291	0.321	0.348	0.382	0.405
66	0.084	0.160	0.204	0.243	0.287	0.316	0.343	0.376	0.399
68	0.083	0.157	0.201	0.239	0.282	0.311	0.338	0.370	0.393
70	0.082	0.155	0.198	0.235	0.278	0.307	0.333	0.365	0.388
72	0.081	0.153	0.195	0.232	0.274	0.303	0.329	0.360	0.382
74	0.080	0.151	0.193	0.229	0.271	0.299	0.324	0.355	0.377
76	0.078	0.149	0.190	0.226	0.267	0.295	0.320	0.351	0.372
78	0.077	0.147	0.188	0.223	0.264	0.291	0.316	0.346	0.368
80	0.076	0.145	0.185	0.220	0.260	0.287	0.312	0.342	0.363
82	0.075	0.143	0.183	0.217	0.257	0.284	0.308	0.338	0.359
84	0.074	0.141	0.181	0.215	0.254	0.280	0.305	0.334	0.355
86	0.074	0.139	0.179	0.212	0.251	0.277	0.301	0.330	0.351
88	0.073	0.138	0.176	0.210	0.248	0.274	0.298	0.327	0.347
90	0.072	0.136	0.174	0.207	0.245	0.271	0.294	0.323	0.343
92	0.071	0.135	0.173	0.205	0.243	0.268	0.291	0.319	0.339
94	0.070	0.133	0.171	0.203	0.240	0.265	0.288	0.316	0.336
96	0.070	0.132	0.169	0.201	0.238	0.262	0.285	0.313	0.332
98	0.069	0.130	0.167	0.199	0.235	0.260	0.282	0.310	0.329
100	0.068	0.129	0.165	0.197	0.233	0.257	0.279	0.307	0.326

Pour $n > 100$ on admet que R_s est distribué comme $\mathrm{LG}\left(0; \frac{1}{\sqrt{n-1}}\right)$.

Annexe 4. Fiche de comptage des pollens fossiles et des MNP

Site: Date :

Lame: Nombre de Lycopodium:

Noms	Nombre

Annexe 5. Fiche mesure perte au feu ou LOI

Echts	P. Creuset (g)	P. Creuset +échantillons (g)	P.105°C (g)	P.550°C (g)	P.950°C	P(cre+écht)-P105°C (g)	P.105°C-P. Creuset (g)	P.105°C-P550°C (g)
0-1	11,195	13,055	12,509	12,421	12,412	0,546	1,314	0,088
1-2	11,076	13,325	12,774	12,695	12,686	0,551	1,698	0,079
2-3	11,265	14,368	13,791	13,722	13,714	0,577	2,526	0,069
3-4	10,787	13,846	13,341	14,277	14,268	0,505	2,554	0,064
4-5	11,476	14,942	14,275	13,199	13,19	0,667	2,799	0,076
5-6	11,22	14,642	14,082	14,039	14,03	0,56	2,862	0,043
6-7	11,058	14,548	14,009	13,951	13,943	0,539	2,951	0,058
7-8	10,826	14,433	13,878	13,82	13,805	0,555	3,052	0,058
8-9	11,153	14,953	14,38	14,313	14,302	0,573	3,227	0,067
9-10	11,779	15,295	14,787	14,743	14,73	0,508	3,008	0,044
10-11	11,388	14,064	13,601	13,535	13,53	0,463	2,213	0,066
11-12	10,665	14,27	13,618	13,529	13,519	0,652	2,953	0,089
12-13	10,713	14,417	13,793	13,729	13,719	0,624	3,08	0,064
13-14	11,008	14,644	14,032	13,966	13,955	0,612	3,024	0,066
14-15	11,448	15,27	14,625	14,538	14,529	0,645	3,177	0,087
15-16	11,444	15,301	14,656	14,577	14,562	0,645	3,12	0,079
16-17	11,17	14,783	14,223	14,169	14,16	0,56	3,053	0,054
17-18	10,107	13,892	13,173	13,081	13,063	0,719	3,066	0,092

Annexe 6. Clé de détermination des grains de pollen extraits

Polyades

Composé de 16 monades..... *Acacia senegal*
.....*Acacia ataxacantha*
.....*Acacia seyal*
.....*Albizia lebbeck*
.....*Pithecellobium dulce*
.....*Faidherbia albida*
Composé de 8 à 16 monades.....*Dichrostachys cinearis*

Tétrades

Réticulée.....*Annona senegalensis*

Inaperturés

Tectum partiel..... *Jatropha chevalieri*
.....*Jatropha hastata*

Porés

Monoporés.....*Pennicetum violacum*
.....*Imperata cylindrica*
.....*Phragmites australis*
.....*Diplachne fusca*
.....*Paspalum scrobiculatum*
.....*Andropogon gayanus*
.....*Cynodon dactylon*
.....*Aristida stipoides*
.....*Aristida adscensionensis*
.....*Chloris barbata*
.....*Cenchrus biflorus*
.....*Eleusine indica*
.....*Eragrostis tremula*
.....*Brachiaria ramosa*
.....*Digitaria horizontalis*
.....*Dactyloctenium aegyptium*
.....*Zea mays*

Triporés.....*Strophanthus sarmentosus*
.....*Allamanda cathartica*
.....*Tridax procumbens*
.....*Blumea mollis*
.....*Momordica charantia*
.....*Vigna sinensis*
.....*Piliostigma reticulatum*
.....*Trema orientalis*

.....*Peristrophe bicalyculata*
.....*Asystasia gangetica*
Tétraporés.....*Adenium obesum*
.....*Euclipta alba*
.....*Lactuca intybacea*
Périporés.....*Pandiaca involucrata*
.....*Pupalia lappacea*
.....*Amaranthus hybridus*
.....*Achyranthes argentea*
.....*Opuntia tuna*
..... *Merremia tridentata*
.....*Ipomea kotschyana*
.....*Ipomea coptica*
.....*Ipomea hispida*
.....*Ipomea cairica*
.....*Ipomea asarifolia*
.....*Ipomea setifera*
.....*Ipomea triloba*
.....*Hibiscus sabdariffa*
.....*Hibiscus rosa-sinensis*
.....*Hibiscus schizopetalus*
.....*Boerhavia erecta*
.....*Boerhavia diffusa*
.....*Tribulus terrestris*

Colpés

monocolpés.....*Sansevieria trifasciata*
Tricolpés..... *Arachis hypogea*
.....*Tapinanthus bangwensis*
Stéphanocolpés (5 à 11 sillons) .....*Ocimum basilicum*
.....*Passiflora foetida*
.....*Ceratotheca sesamoides*
.....*Rogeria adenophylla*
.....*Bauhinia rufescens*

Colporoidés

Tricolporoidés..... *Indigofera tinctoria*
.....*Indigofera aspera*
.....*Indigofera hirsuta*
.....*Indigofera pilosa*
.....*Momordica charantia*
.....*Cordia senegalensis*
.....*Cordia sebestena*
.....*Cleome viscosa*

Colporés

Tricolporés.....*Anacardium occidentale*
.....*Catharanthus roseus*
.....*Boscia senegalensis*
.....*Capparis tomentosa*
.....*Crateva religiosa*
.....*Cadaba farinosa*
.....*Cleome viscosa*
.....*Maytenus senegalensis*
.....*Neocarya macrophylla*
.....*Phyllanthus pentandus*
.....*Euphorbia hirta*
.....*Euphorbia tithymaloides*
.....*Euphorbia balsamifera*
.....*Euphorbia milii*
.....*Hura crepitans*
.....*Crotalaria podocarpa*
.....*Crotalaria sphaerocarpa*
.....*Caesalpinia pulcherrima*
.....*Parkinsonia aculeata*
.....*Cassia bicapsularis*
.....*Cassia italica*
.....*Senna alata*
.....*Senna siamea*
.....*Senna obtusifolia*
.....*Leucaena leucocephala*
.....*Prosopis glandulosa*
.....*Vigna sinensis*
.....*Desmanthus virgatus*
.....*Abutilon pannosum*
.....*Gossypium barbadense*
.....*Eucalyptus camaldulensis*
.....*Eucalyptus alba*
.....*Ludwigia adscendens*
.....*Plumbago zeylanica*
.....*Plumbago capensis*
.....*Ziziphus mauritiana*
.....*Rhizophora mangle*
.....*Feretia apodanthera*
.....*Salvadora persica*
.....*Lepisanthes senegalensis*
.....*Scoparia dulcis*
.....*Datura metel*

.....*Tamarix senegalensis*

……*Clerodendrum aculeatum*

.....*Balanites aegyptiaca*

.....*Leptadenia pyrothechnica*

.....*Leptadenia hastata*

.....*Pergularia daemia*

.....*Sclerocarya birrea*

..... *Mangeria indica*

Tétracolporés..... *Nerium oleander*

.....*Azadirachta indica*

.....*Oldenlandia linearis*

.....*Spermacoce ruellia*

Porés + Pseudocolpés

1 pores distale + 3 pseudocolpus.....*Cyperus esculentus*

.....*Cyperus maritimus*

.....*Pycreus polystachyos*

Colporés + pseudocolpé

1 à 2 colporus alternant avec 1 à 2 pseudocolpus.....*Saba senegalensis*

3 colporus alternant avec 3 pseudocolpus.....*Combretum micranthum*

.....*Combretum aculeatum*

.....*Combretum glutinosum*

.....*Terminalia catappa*

..... *Quisqualis indica*

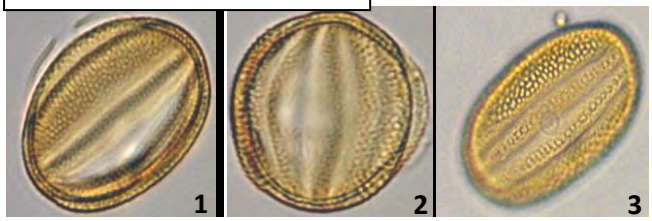
.....*Heliotropium bacciferum*

3 colporus alternant avec 6 pseudocolpus.....*Lawsonia inermis*

Annexe 7. PLANCHES POLLINIQUES

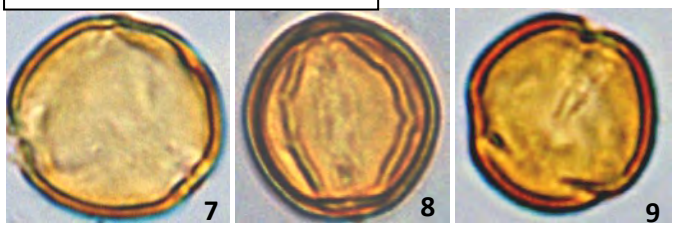
Planche I

Peristrophe bicalyculata

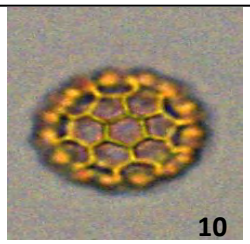


Asystasia gangetica

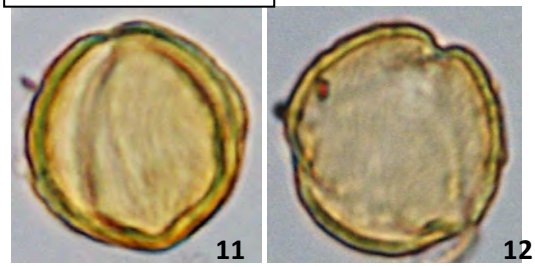
Sesuvium portulacastrum



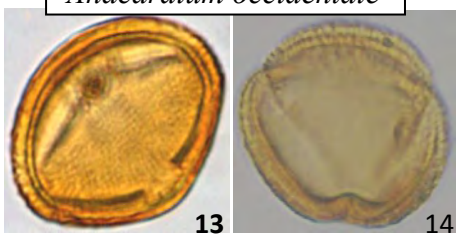
Pandiaca involucrata



Pupalia lappacea



Anacardium occidentale



Annona senegalensis

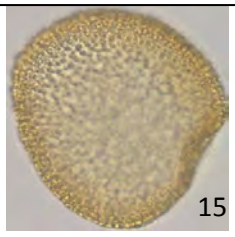
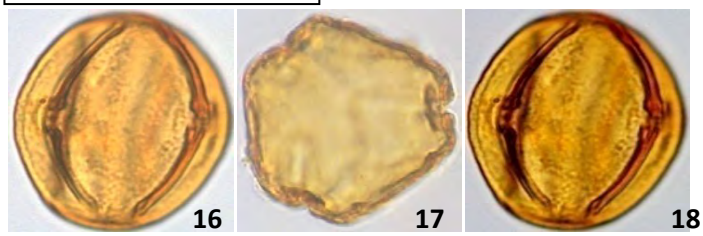
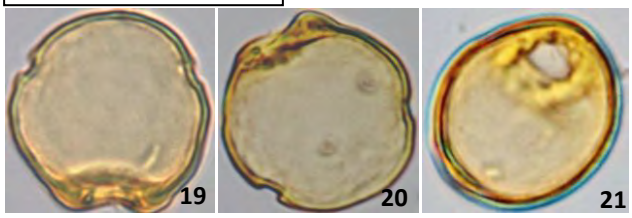


Planche II

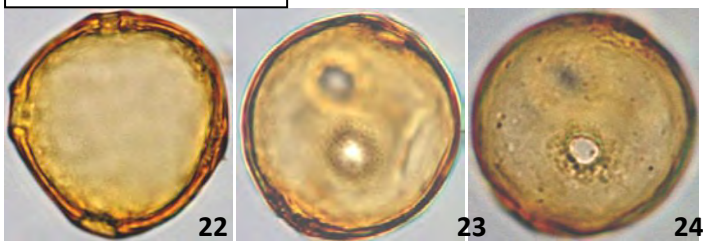
Catharanthus roseus



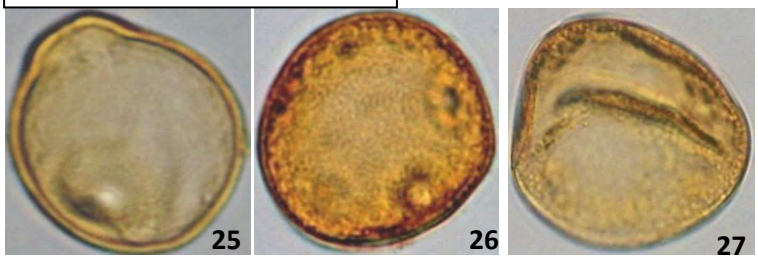
Saba senegalensis



Adenium obesum



Strophanthus sarmentosus



Nerium oleander

Tridax procumbens

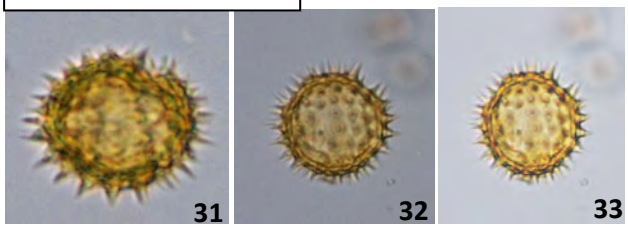


Planche III

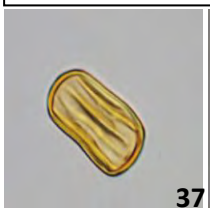
Lactuca intybacea

34

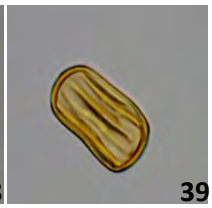
35

36

Heliotropium bacciferum

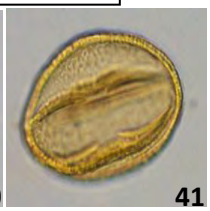

37

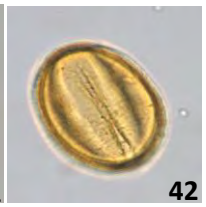
38


39

Cordia senegalensis

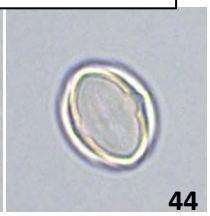
40

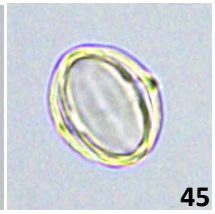

41


42

Combretum micranthum

43


44


45

Combretum aculeatum

46

47

48

Combretum glutinosum

49

50

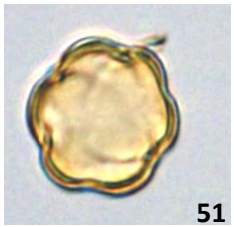
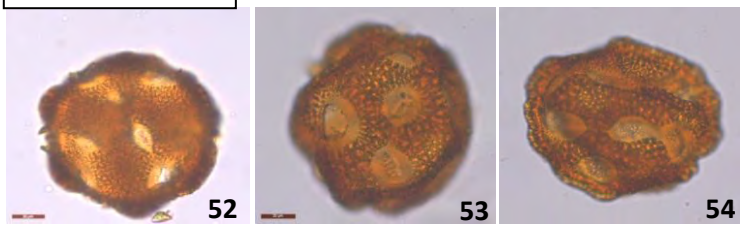
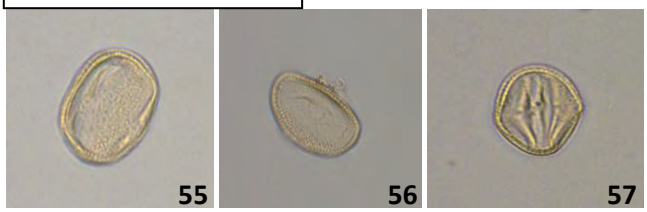

51

Planche IV

Opuntia tuna



Boscia senegalensis



Capparis tomentosa

Maytenus senegalensis

Neocarya macrophylla

Merremia tridentata

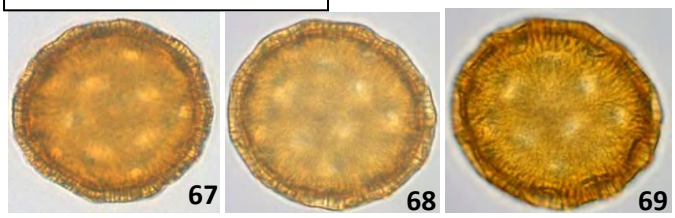
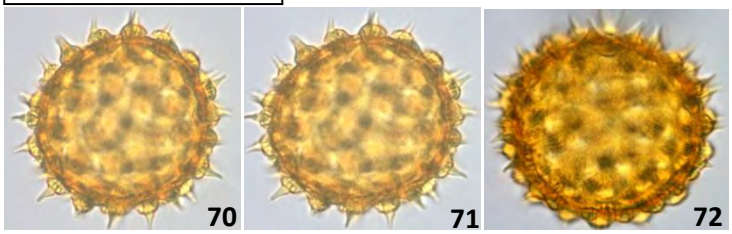
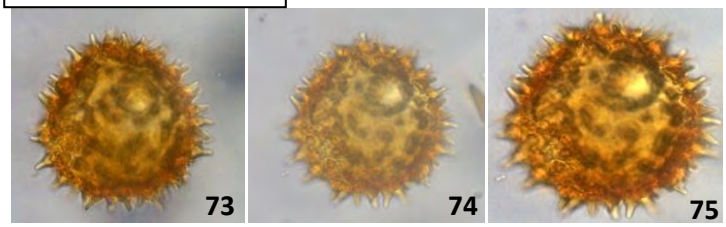


Planche V

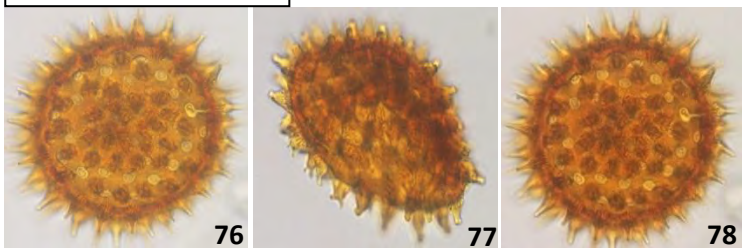
Ipomea coptica



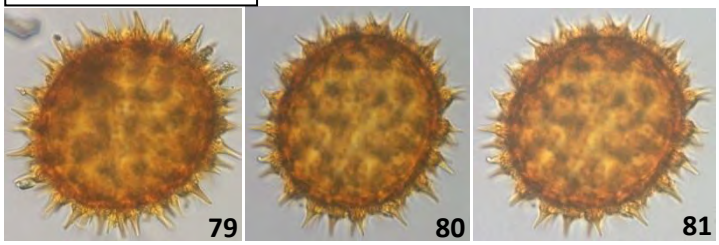
Ipomea hispida



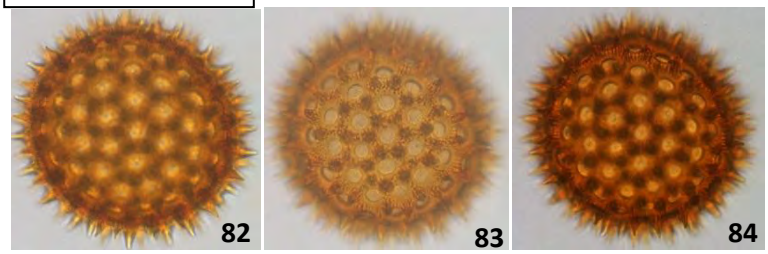
Ipomea asarifolia



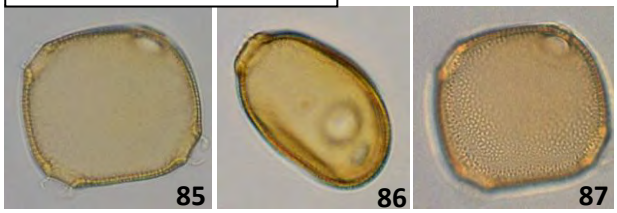
Ipomea cairica



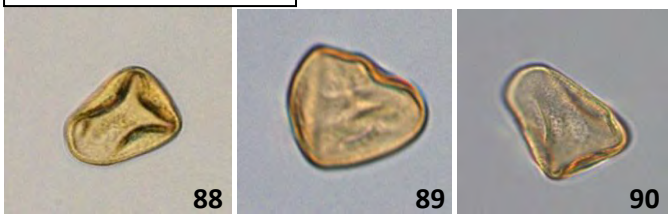
Ipomea setifera



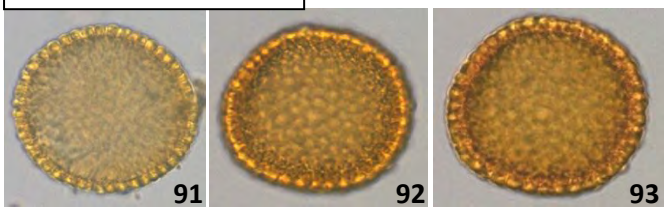
Momordica charantia



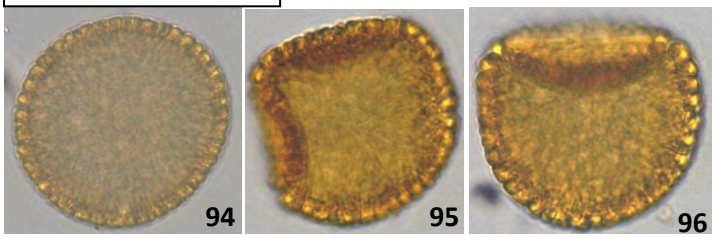
Cyperus maritimus



Jatropha chevalieri



Jatropha hastata



Euphorbia hirta

Euphorbia tithymaloides

Euphorbia balsamifera

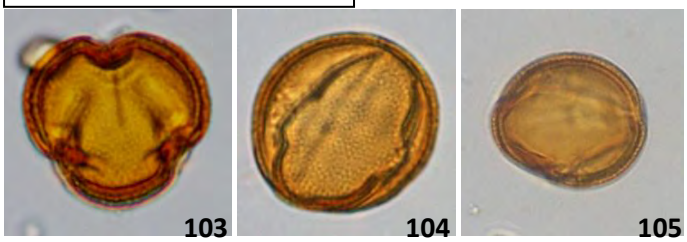
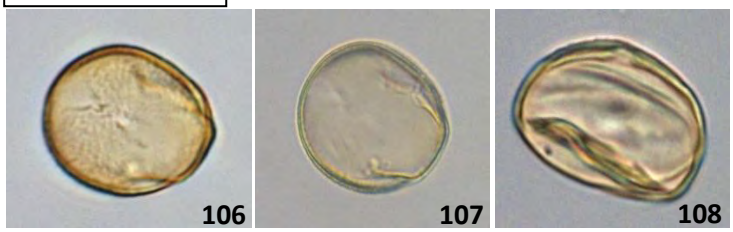
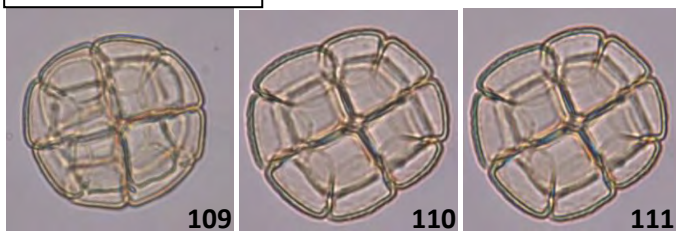


Planche VII

Cassia italica

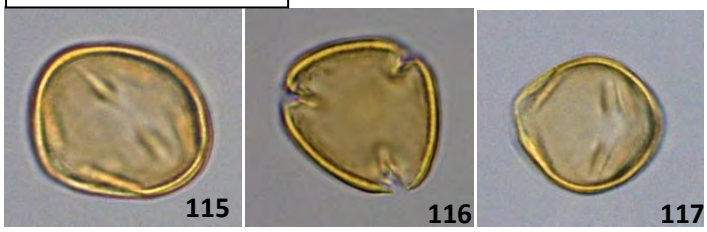


Acacia senegal



Indigofera pilosa

Indigofera hirsuta



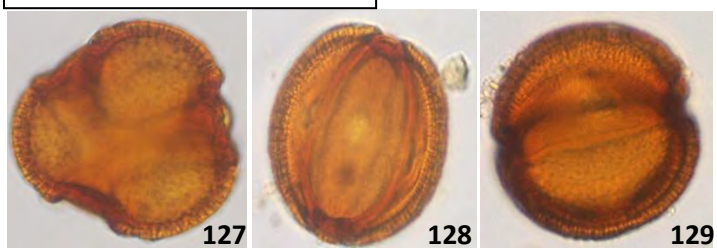
Indigofera aspera

Crotalaria podocarpa

Planche VIII

Crotalaria sphaerocarpa

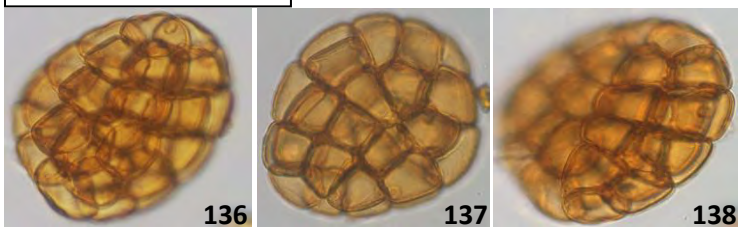
Caesalpinia pulcherrima



Arachis hypogea

Vigna sinensis

Faidherbia albida



Senna alata

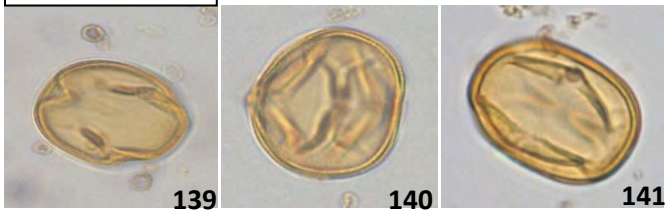
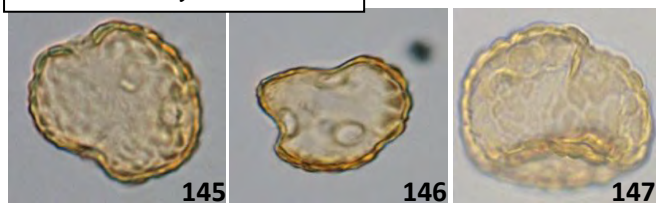


Planche IX

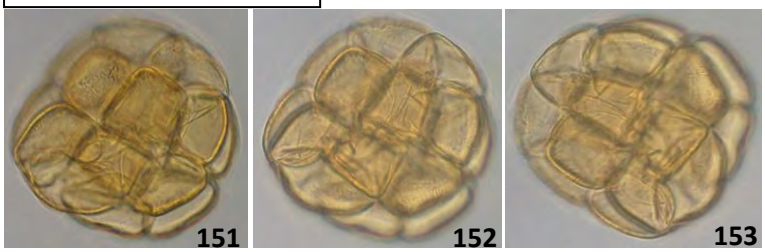
Senna siamea

Dichrostachys cinearis

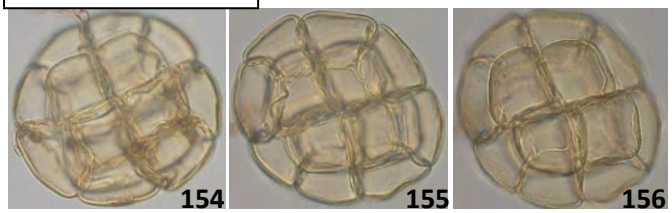


Acacia seval

Pithecellobium dulce



Albizia lebbeck



Ocimum basilicum

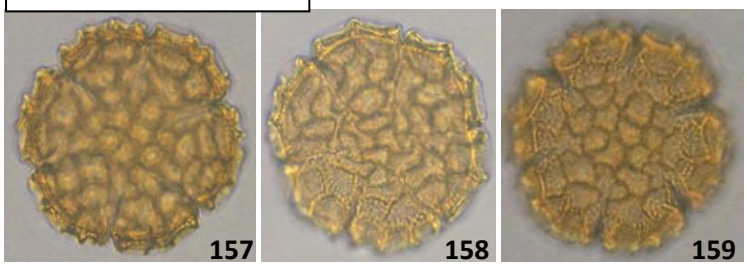
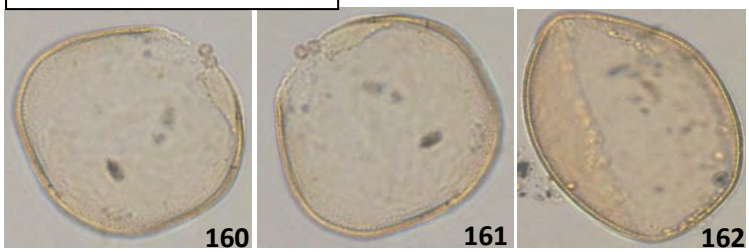
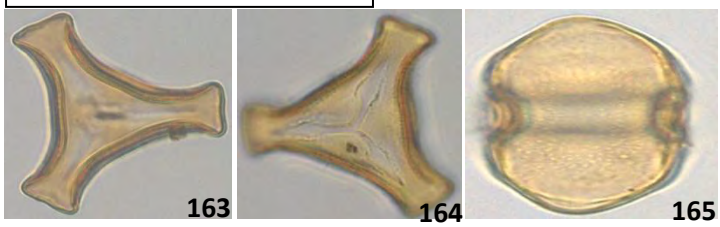


Planche X

Sansevieria trifasciata

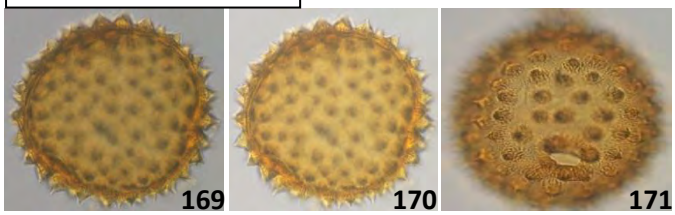


Tapinanthus bangwensis

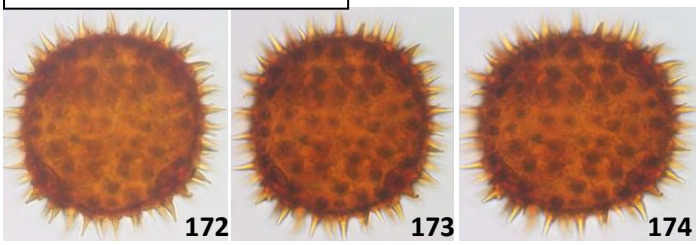


Lawsonia inermis

Abutilon pannosum



Gossypium barbadense



Azadirachta indica

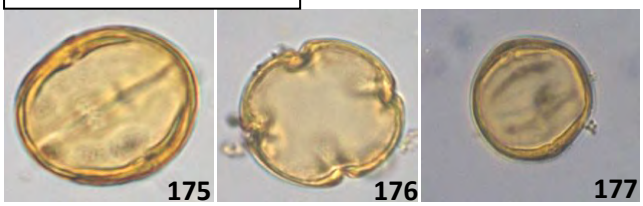
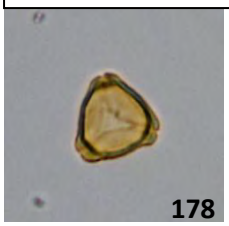
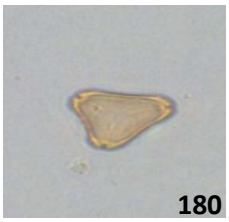


Planche XI

Eucalyptus camaldulensis


178

179


180

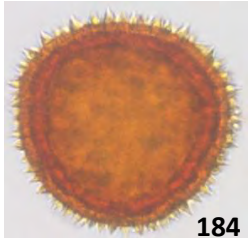
Eucalyptus alba

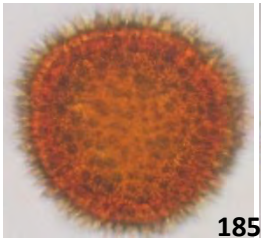
181

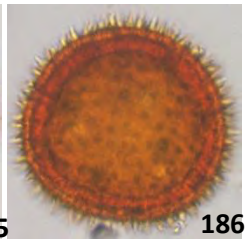
182

183

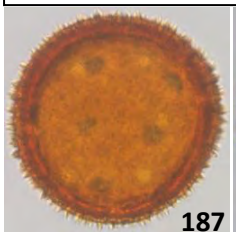
Boerhavia erecta

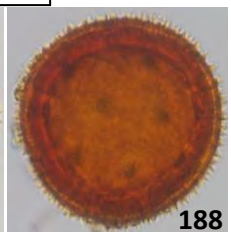

184

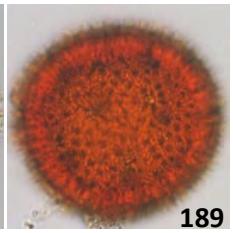

185


186

Boerhavia diffusa

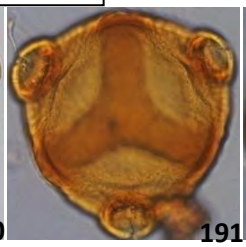

187

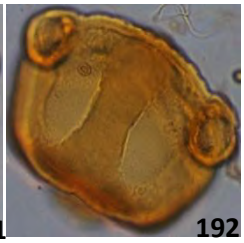

188


189

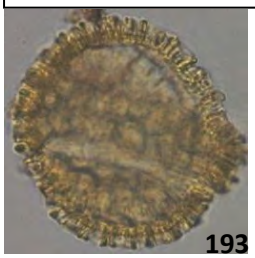
Ludwigia adscendens

190

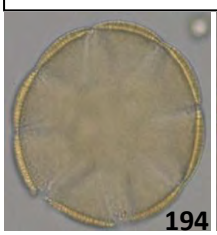

191


192

Passiflora foetida


193

Ceratotheca sesamoides


194

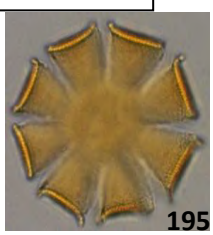
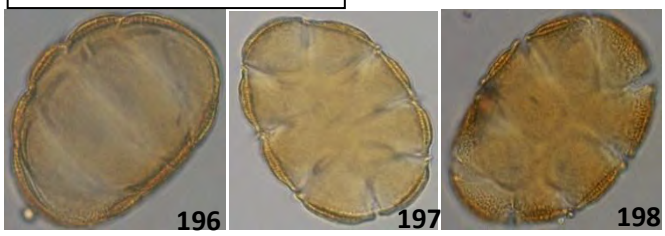
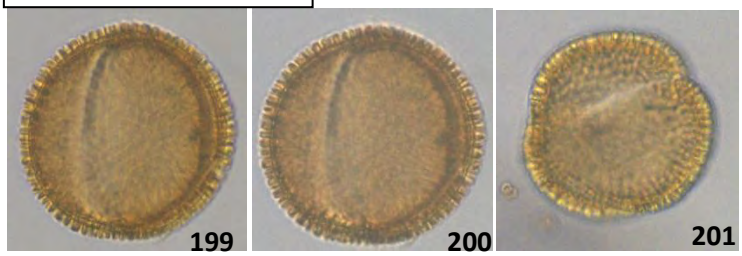

195

Planche XII

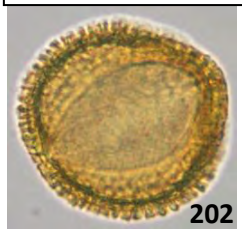
Rogeria adenophylla



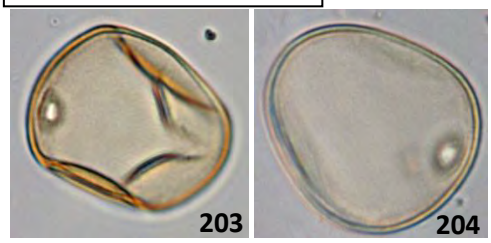
Plumbago zeylanica



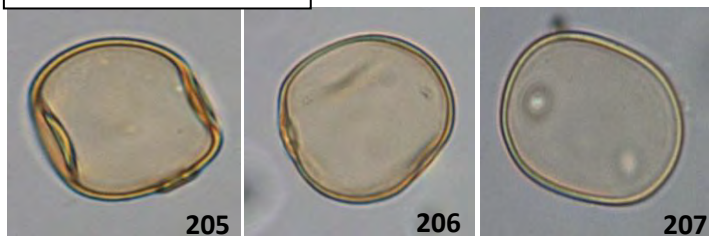
Plumbago capensis



Pennicetum violacum



Imperata cylindrica



Phragmites australis

Diplachne fusca

Ziziphus mauritiana

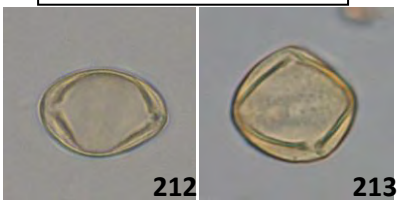
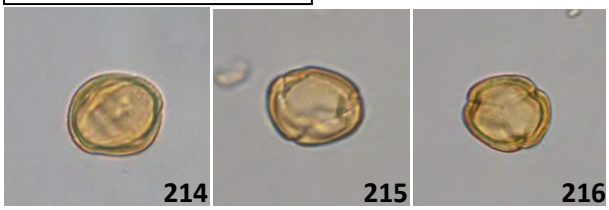
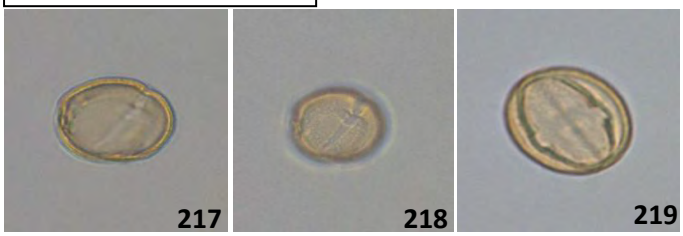


Planche XIII

Rhizophora mangle

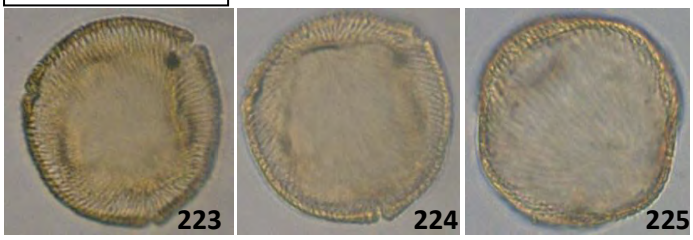


Feretia apodanthera



Oldenlandia linearis

Datura metel



Tamarix senegalensis

Trema orientalis

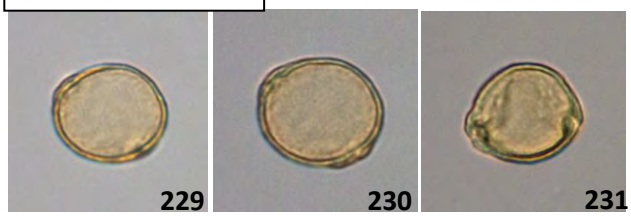
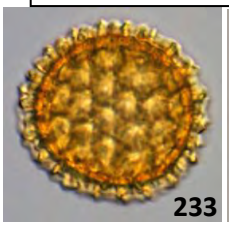
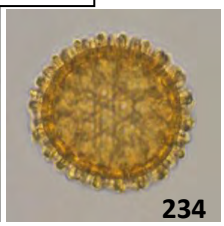


Planche XIV

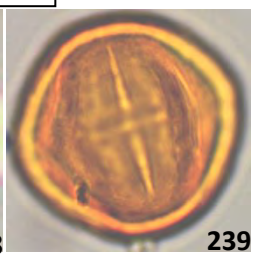
Balanites aegyptiaca

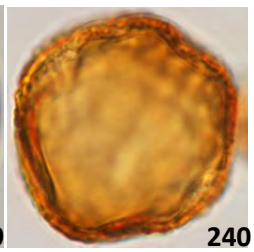
Tribulus terrestris





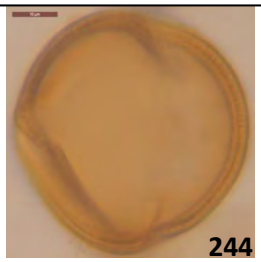
Leptadenia hastata



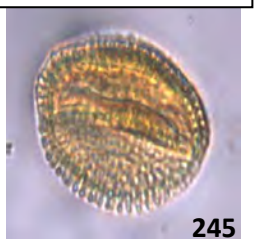


Parkinsonia aculeata

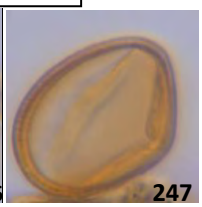
Leptadenia pyrothechnica



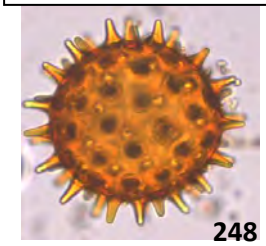
Cordia sebestena



Mangeria indica



Hibiscus rosa-sinensis



Blumea mollis

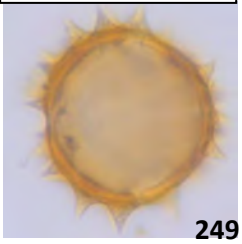
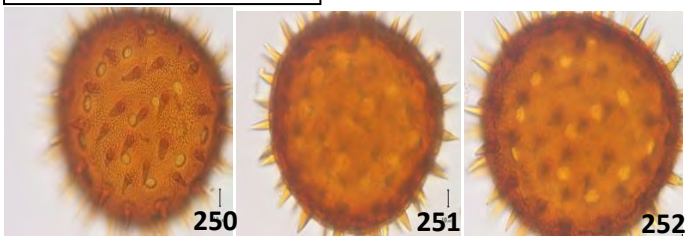
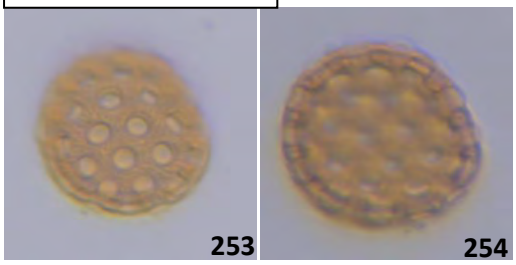


Planche XV

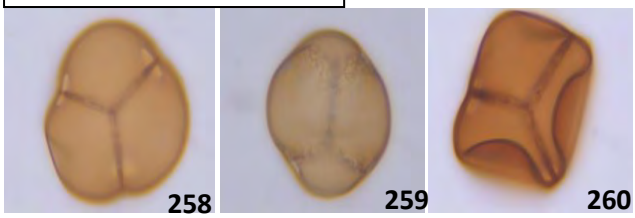
Hibiscus physaloides



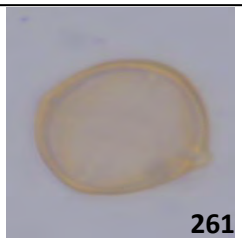
Pupalia lappacea



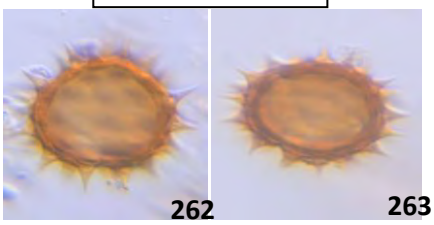
Allamanda cathartica



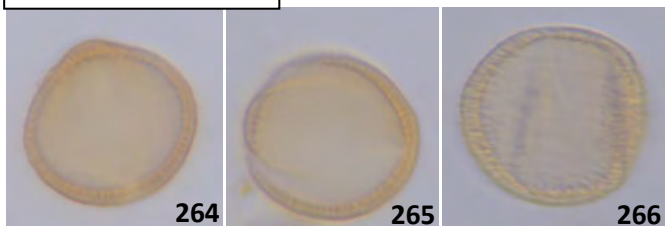
Pergularia daemia



Euclipta alba



Cadaba farinosa



Amaranthus hybridus

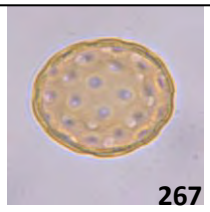
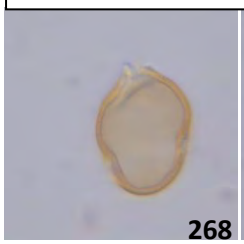
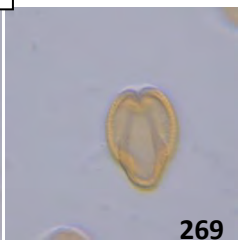


Planche XVI

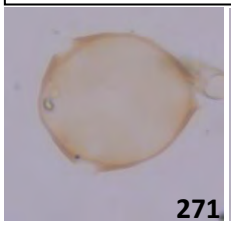
Cleome viscosa


268

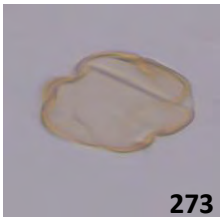

269

270

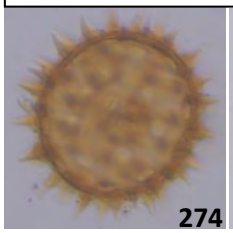
Ouisqualis indica

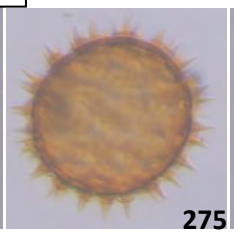

271

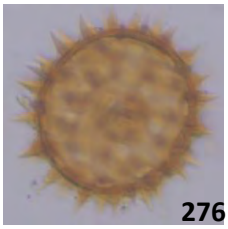
272


273

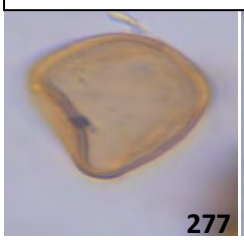
Ipomea triloba

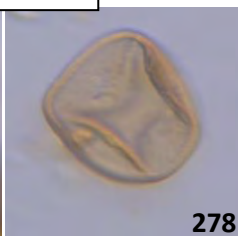

274


275

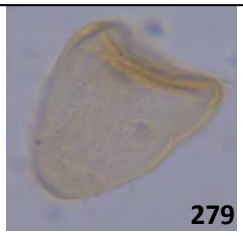

276

Pycreus polystachyos

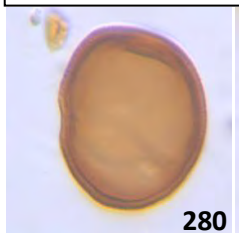

277

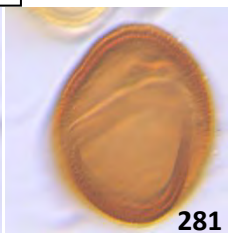

278

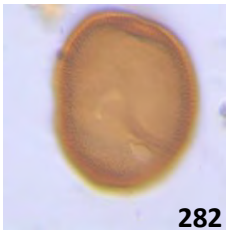
Cyperus esculentus


279

Euphorbia milii


280


281


282

Hura crepitans

Piliostigma reticulatum

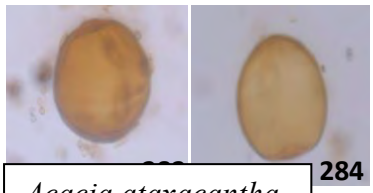
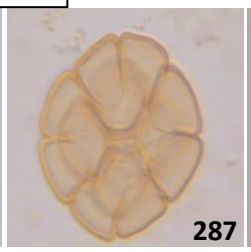

284

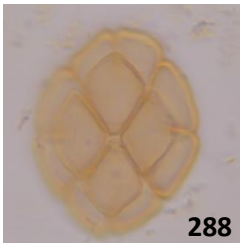
Planche XVII

285

Acacia ataxacantha

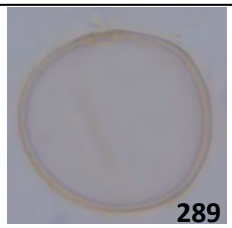
286


287

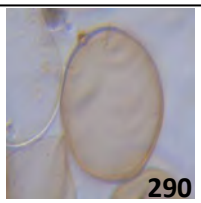

288

296 294

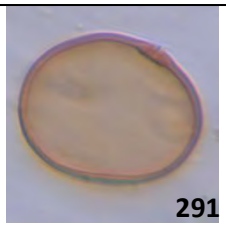
Paspalum scrobiculatum


289

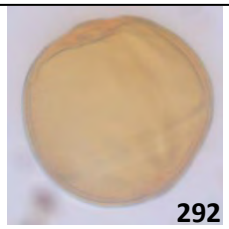
Andropogon gayanus


290

Cynodon dactylon


291

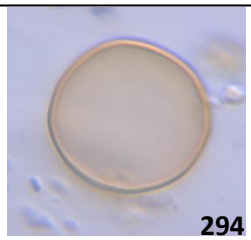
Aristida adscensionensis


292

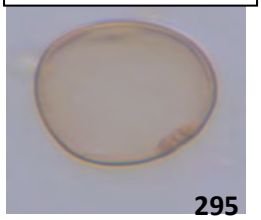
Chloris barbata

293

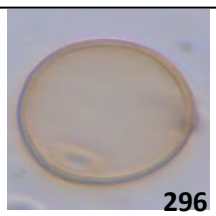
Cenchrus biflorus


294

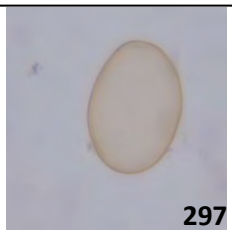
Eleusine indica


295

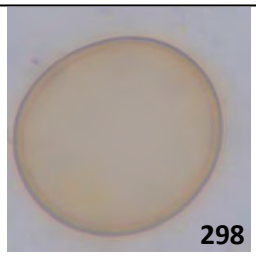
Eragrostis tremula


296

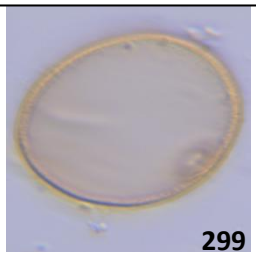
Brachiaria ramosa


297

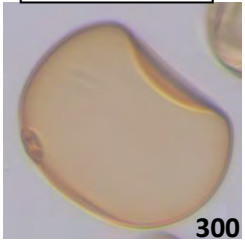
Digitaria horizontalis


298

Dactyloctenium aegyptium


299

Zea mays


300

Spermacoce ruellia

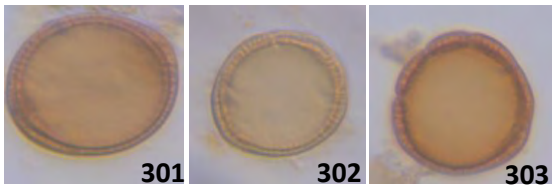
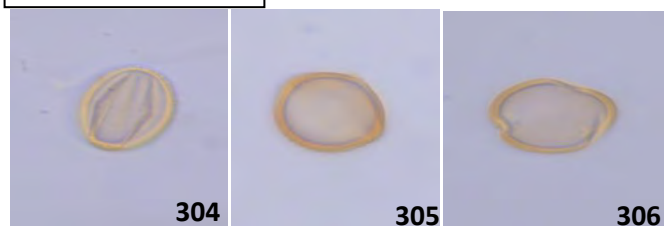


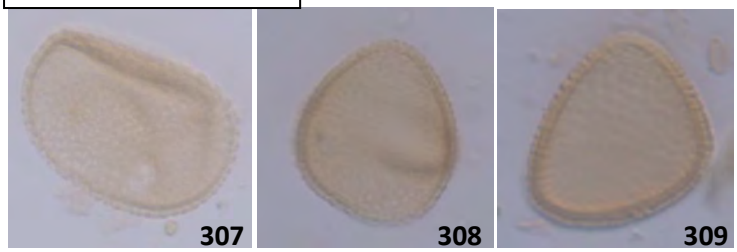
Planche XVIII

Scoparia dulcis



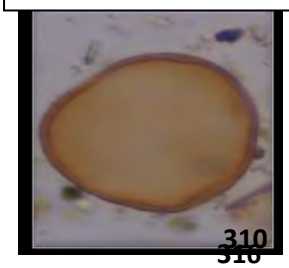
Typha domingensis

309 310 311



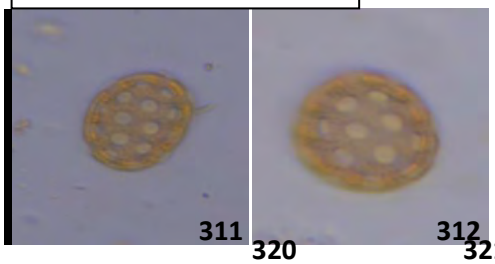
312 313 314 315

Clerodendrum aculeatum



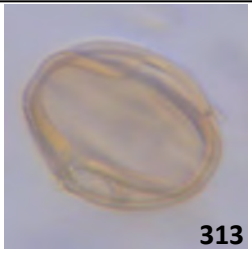
316 317 318 319

Achyranthes argentea



320 321 322 323

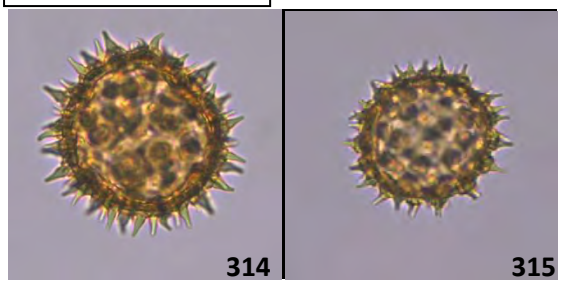
Terminalia catappa

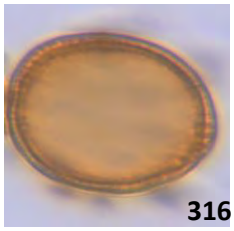


324 325 326 327

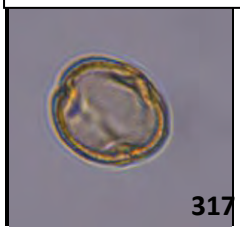
Planche XVX

Ipomea coptica

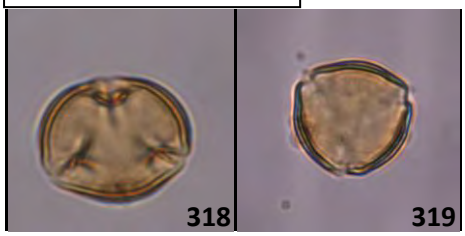




Phyllanthus pentandus



Cassia bicapsularis

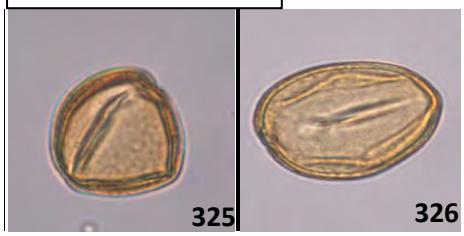


Prosopis glandulosa

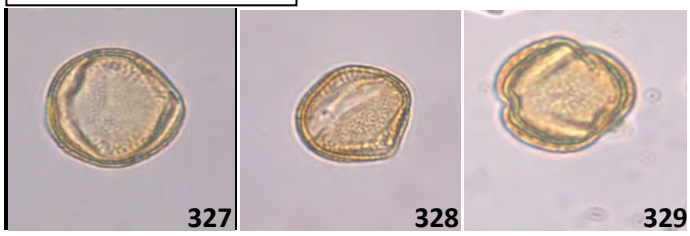
Planche XXI

Indigofera tinctoria

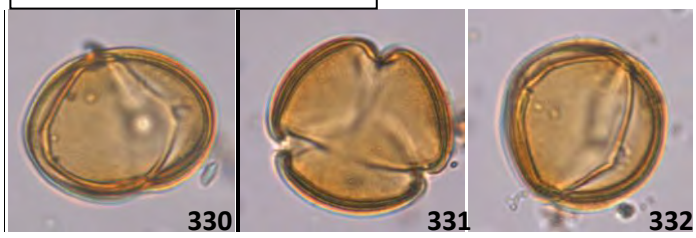
Senna obtusifolia



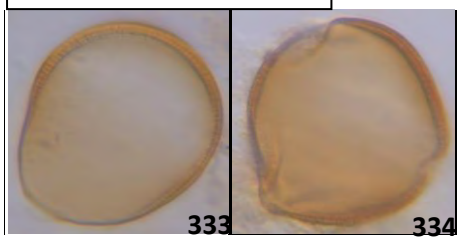
Bauhinia rufescens



Leucaena leucocephala



Desmanthus virgatus



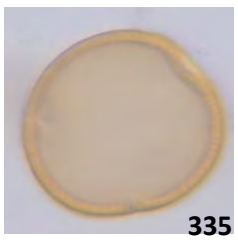
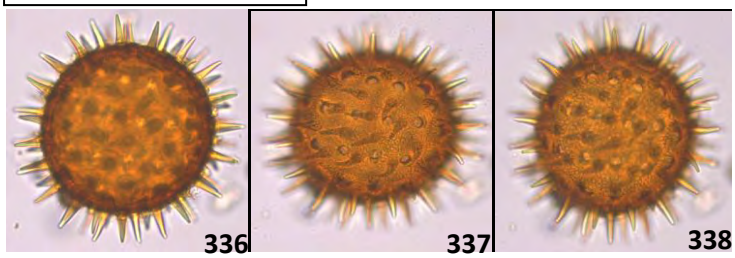
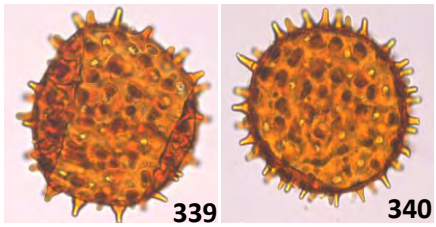


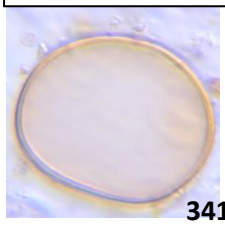
Planche XXII

Hibiscus subdariffa



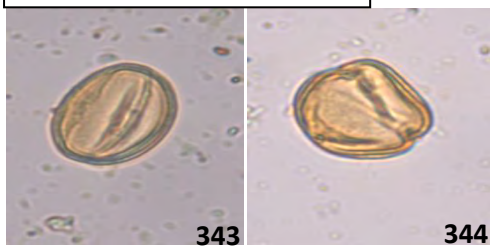


Aristida stipoides



Salvadora persica

Lepisanthes senegalensis



PUBLICATIONS

Available online at http://www.ifg-dg.org

Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(6): 2582-2594, December 2015

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal of Biological and Chemical Sciences

Original Paper http://ajol.info/index.php/ijbcs http://indexmedicus.afro.who.int

Caractérisation de la végétation ligneuse sahélienne du Sénégal: cas du Ferlo

Aissatou Thiam NDONG[1,2*], Ousmane NDIAYE[1], Moustapha Bassimbé SAGNA[1], Aly DIALLO[1], Didier GALOP[2,3] et Aliou GUISSE[1,3]

[1]*Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, B.P. 5005 Dakar-Fann, Sénégal.*
[2]*Laboratoire GEODE-UMR 5602-CNRS, Maison de la Recherche de l'Université Jeans Jaurès, 5 Allées Antonio Machado - 31058 TOULOUSE Cedex 1, France.*
[3]*Observatoire Homme – Milieu (OHM-Téssékéré), Université Cheikh Anta Diop de Dakar, B.P. 5005 Dakar-Fann, Sénégal.*
[*]*Auteur correspondant, E-mail: assyndong@hotmail.fr; Tel. (00221) 77 540 54 42*

RÉSUMÉ

Cette étude vise à évaluer la diversité floristique et la structure du peuplement ligneux de six villages du Ferlo (Keur Momar Sarr, Syer, Mbar toubab, Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar). Chaque site a été prospecté puis échantillonné par la méthode des relevés dendrométriques. La richesse spécifique totale est de 38 espèces, elle varie en fonction des sites et est moins importante à Keur Momar Sarr et Syer. Les indices de diversité de Shannon et de régularité évalués n'ont pas trop varié en fonction des sites. Ils sont plus faibles à Téssékéré et plus élevés à Mbar toubab. L'évaluation de la structure horizontale et verticale, montre une prédominance de la strate arbustive. L'Analyse Factorielle des Correspondances a permis de discriminer trois groupements végétaux en étroite relation avec la localisation géographique et la géomorphologie des sites. Ainsi, dans le cadre d'une gestion durable et rationnelle des ressources naturelles en milieu sahélien, cette étude apporte des informations complémentaires sur l'état actuel des peuplements ligneux du Ferlo.
© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clé: Peuplement ligneux, diversité floristique, structure, Ferlo.

Characterization of the Sahelian woody vegetation of Senegal: case of Ferlo

ABSTRACT

This study aims to evaluate the floristic diversity and timber stand structure of six villages of Ferlo (Keur Momar Sarr, Syer, Mbar Toubab, Widou Thiengoly, Téssékéré and Labgar). Each site was prospected and sampled by the dendrometric survey method. Total specific richness was 38 species; it varies depending on the site and is less important in Keur Momar Sarr and Syer. Shannon diversity indices and estimated regularity did not vary too much depending on the site. They are lower in Téssékéré and higher in Mbar Toubab. The assessment of horizontal and vertical structure shows a predominance of the shrub layer. The Correspondence Analysis allowed to discriminate three plant groups closely related to the geographical location and the geomorphology of the sites. Thus, within the framework of sustainable and rational management of natural resources in the Sahel, this study provides additional information on the current state of timber stands in Ferlo.
© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Woody stand, floristic diversity, structure, Ferlo.

Les Cahiers d'Outre-Mer
Revue de géographie de Bordeaux

271 | Juillet-Septembre 2015
Ressources en milieu sec

Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : état actuel et usage

Woody species in Ferlo-North, Senegal : current state and usage

Aissatou Thiam Ndong, Ousmane Ndiaye, Madiara Ngom Faye, Didier Galop et Aliou Guissé

revues.org

Édition électronique
URL : http://com.revues.org/7557
ISSN : 1961-8603

Éditeur
Presses universitaires de Bordeaux

Édition imprimée
Date de publication : 1 juillet 2015
Pagination : 401-422
ISBN : 978-2-86781-978-0
ISSN : 0373-5834

Distribution électronique Cairn

CAIRN.INFO
CHERCHER, REPÉRER, AVANCER.

Référence électronique
Aissatou Thiam Ndong, Ousmane Ndiaye, Madiara Ngom Faye, Didier Galop et Aliou Guissé, « Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : état actuel et usage », *Les Cahiers d'Outre-Mer* [En ligne], 271 | Juillet-Septembre 2015, mis en ligne le 01 juillet 2018, consulté le 19 décembre 2016. URL : http://com.revues.org/7557 ; DOI : 10.4000/com.7557

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.

© Tous droits réservés

Auteur: Aissatou Thiam Ndong

Résumé

Au Ferlo, zone sylvopastorale du Sénégal, les mouvements de transhumance remontant moins d'un siècle, posent actuellement des problèmes liés à la dégradation de la couverture végétale. Cette détoriation intense liée aux facteurs anthropiques associés aux aléas climatiques, conditionne l'urgente nécessité de contribuer à la connaissance de l'histoire des dynamiques environnementales de cette zone. Notre démarche, basée sur l'observation et la rétro-observation, utilise la palynologie et l'écologie comme principaux outils.

La caractérisation écologique a permis de répertoriée 38 espèces réparties en 30 genres et 17 familles. Les Fabacées et les Combrétacées sont les familles les plus représentées. Certaines espèces (*Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera* et *Acacia raddiana*) en dépit de l'intérêt porté par la population (fourrage, alimentation, médecine traditionnelle et énergie domestique) sont prépondérantes dans la zone. La richesse floristique, le couvert aérien ainsi que la densité réelle sont plus importants à Widou thiengoly, Téssékéré et Labgar (situés à l'est dans la zone des six forages) comparés aux autres sites situé à l'ouest dans la zone du lac de Guiers.

L'analyse palynologique utilisée pour l'étude de la dynamique végétale passée, a permis d'extraire une microflore pollinique constituée de 15 taxons ligneux, associés à 14 taxons herbacées et 9 taxons indifférenciés, pouvant correspondre aussi bien à des arbres qu'à des herbes. Aussi, 3 taxons correspondent à des plantes aquatiques et 4 MNP (Microfossiles Non Polliniques) ont été identifiés. Le spectre pollinique montre donc un mélange d'éléments floristiques décrits aujourd'hui comme représentatifs des zones phytogéographiques sahéliennes et sahélo-soudanienne. Le diagramme pollinique, retrace une histoire environnementale essentiellement déterminée par les facteurs locaux édaphiques (LOI 550°C et LOI950°C) et par les facteurs anthropiques (pastoralisme). Tout au long de l'histoire de la végétation reconstituée ici, le paysage végétal reste ouvert.

STUDY OF THE HISTORY AND CURRENT STATE OF VEGETATION FERLO IN NORTHEM SENEGAL.

Summary

In the Ferlo, pastoral area of Senegal, the movements of transhumance dating back to less than a century, currently pose problems linked to the degradation of the vegetation cover. This severe deterioration linked to anthropogenic factors related to climatic uncertainties, required the urgent need to contribute to the knowledge of the environmental dynamics history of this area. Our approach based on observation and retro observation, uses palynology and ecology as primary tools.

The ecological characterization allows us to list 38 species divided up into 30 genera and 17 families. The Fabaceae and Combretaceae are the most represented families. Some species (Balanites aegyptiaca, Boscia senegalensis, Calotropis procera and Acacia raddiana) despite the interest of the population (fodder, food, traditional medicine and household energy) are predominant in the area. Floristic richness, air cover and the actual density are more important in Widou Thiengoly, Téssékéré and Labgar (located at east in the area of the six boreholes) compared to the other sites located at west in area of Lac de Guiers.

The pollen analysis used for the former study of vegetation dynamics, allowed to extract pollen micro flora consisted of 15 woody taxa associated with 14 herbaceous taxa and 9 undifferentiated taxa, which may correspond both to trees than herbs. Also, 3 taxa correspond to aquatic plants and 4 NPM (Non pollen microfossils) have been identified. The pollen spectrum thus shows a mix of floral elements described today as representative of sahelian and sahelo-sudanese phytogeographical areas. The pollen diagram redraws environmental history mainly determined by edaphic local factors (550 ° C and LOI950°C) and anthropogenic factors (pastoralism). Throughout the history of the restored vegetation here, the plant landscape remains open.

Discipline: Ecologie et Agroforesterie

Mots clé: Ferlo, Végétation, Flore actuelle, Perception locale, Palynologie, Grains de pollen