

Sommaire

Avant-propos.....	1
Sommaire	2
Sigles et abréviations.....	3
Introduction	4
Synthèse bibliographique.....	7
Problématique	12
Méthodologie	18
Première partie : Présentation de la vallée du Saloum : de Kaffrine à Paffa	
Chapitre I : Aspects physiques.....	23
Chapitre II : Cadre humain	50
Chapitre III : Les activités socio-économiques	53
Deuxième partie : Les causes et les manifestations de l'érosion des sols	
Chapitre I : Les causes naturelles	58
Chapitre II : Les facteurs anthropiques	66
Chapitre III : Les différents types d'érosion	73
Troisième partie : Les conséquences de l'érosion des sols et les stratégies de lutte	
Chapitre I : Les impacts écologiques	81
Chapitre II : Les impacts socio-économiques	88
Chapitre III : Les stratégies de lutte contre l'érosion des sols et leurs impacts.....	97
Conclusion générale.....	107
Bibliographie	109
Table des matières.....	118

Sigles et abréviations

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

ARD : Agence régionale de développement

CILSS : Comité Inter-état de Lutte contre la sécheresse au sahel

CIRAD: Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

CR : Communauté Rurale

CSA : Commissariat de la sécurité alimentaire

CSE: Centre de Suivi Ecologique

DA : Direction de l'Agriculture

DAPS : Direction de l'Analyse de la prévision et des statistiques

DRDR : Direction Régional du Développement Rural

IFAN : Institut fondamental d'Afrique noire

INP : Institut national de Pédologie

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

IREF : Inspection régionale des Eaux et Forêts

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

MNT : Modèle Numérique de terrain

ONG: Organisation Non Gouvernementale

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel

PARPEBA : Projet d'Amélioration et de Renforcement des Points d'Eau dans le Bassin Arachidier

PIC : Plan d'investissement communale

PLD : Plan Local de Développement

PROGERT : Projet de Gestion et de Restauration des terres dégradées du bassin arachidier

TER : Travail d'Etude et de Recherche

ZIC : Zone Intertropicale de Convergence

Introduction

Depuis quelques décennies, les phénomènes d'érosion occupent une place importante dans le lot des problèmes environnementaux majeurs qui agitent le Sénégal. Au cours des quatre dernières décennies les ressources naturelles du pays ont beaucoup souffert de la péjoration des conditions climatiques et de la pression anthropique. La région du Saloum qui jadis, au début du siècle dernier était épargné de ce phénomène est dans une phase de dégradation évolutive de son capital pédologique. Cette dégradation environnementale compromet par endroits toute tentative de développement économique et social dans la région. C'est la convergence de facteurs climatiques, pédologiques et anthropiques qui concoure à l'accentuation du phénomène dans la région.

Le climat de la région qui est de type soudano-sahélien à deux saisons fortement contrastées : une longue saison sèche (novembre à mai) et une saison des pluies (juin à octobre). La moyenne pluviométrique annuelle de la série 1984-2013 répartie entre 60 et 45 jours de pluies est de 655,04mm. Durant la saison sèche, elle est balayée par des vents d'Est plus connu sous le nom de l'harmattan et en saison humide par la mousson atlantique. Ces différents paramètres climatiques continuent de façonner le paysage en une multitude de formes.

Sur le plan géomorphologique, le milieu est caractérisé par un relief plat, malgré la présence de bas plateaux. Cependant, il faut noter l'existence de dépressions ou bas fonds qui constituent les point bas de la vallée. Les formations pédologiques restent largement dominées par sols ferrugineux tropicaux qui occupent les bassins versants qui forment la vallée. Elles sont colonisées par plusieurs formations végétales

Du point de vue floristique, ce milieu présente une diversité d'espèces dominées par les combrétacées. La végétation est profondément influencée par les conditions pluviométriques et les actions anthropiques. Elle change selon les milieux cultivés ou non .On y trouve des forêts classées fortement agressées par les défrichements agricoles.

En effet, il est certain que les conditions climatiques devenant de plus en plus défavorables, avec les sécheresses de 1968 ; 1973 et 1983, la topographie, et les propriétés physiques et chimiques des sols sont les causes fondamentales de la dégradation du milieu. Mais, la surexploitation de la terre par l'homme et ses animaux provoque de tout évidence la destruction du couvert végétal laissant le sol dénudé et très vulnérable à toutes les formes d'érosions.

Le département de Kaffrine, qui fut l'objet d'une colonisation agricole très intense, notamment avec la politique nationale de développement des cultures de rentes comme l'arachide qui continue aujourd'hui de fragiliser les ressources naturelles.

Depuis lors, la région fut le centre du foyer d'extension du bassin arachidier avec l'ouverture des « terres neuves » du Saloum et l'avancé du front pionnier. Avec les vagues migratoires venues du centre et du nord, on assiste à une implantation de nouveaux villages le long de la route nationale et de la vallée sèche du Saloum. Cette augmentation de la population est source d'un déséquilibre entre les demandes en terre et la disponibilité de la ressource. De ce fait, le manque d'espace aidant, la règle est la pression sur la terre avec la réduction du temps de jachère voire même sa disparition.

L'introduction de l'homme dans cet écosystème, ajouté à la péjoration des conditions climatiques et à la fragilité des sols, l'équilibre du milieu a été profondément bouleversé (Figure 1). De ce fait la terre s'érode, la fertilité baisse entraînant l'augmentation des superficies emblavées afin de répondre aux besoins d'une population sans cesse croissante.

Cette situation, a plongé les localités situées le long de la vallée dans une crise agricole et pastorale qui se manifeste par la diminution des rendements et la baisse de la productivité des pâturages. Cette diminution de la capacité productive de la terre, engendre des conséquences néfastes dans le vécu quotidien de ces populations rurales. Ainsi, les revenus des paysans ont fortement baissés ; réduisant du coup la capacité des ménages à satisfaire leurs besoins fondamentaux.

C'est dans ce contexte de dégradation des conditions de vie des populations vivant le long de la vallée, que nous avons entrepris de mener une étude sur les impacts de l'érosion des sols le long de la vallée du Saloum de Kaffrine à Paffa. Cette présente étude s'articule autour de trois parties : la première partie est consacrée à la présentation du milieu ; la deuxième partie est réservée aux facteurs et aux différentes manifestations de l'érosion et enfin la troisième partie va traiter les impacts de l'érosion et les stratégies de lutte.

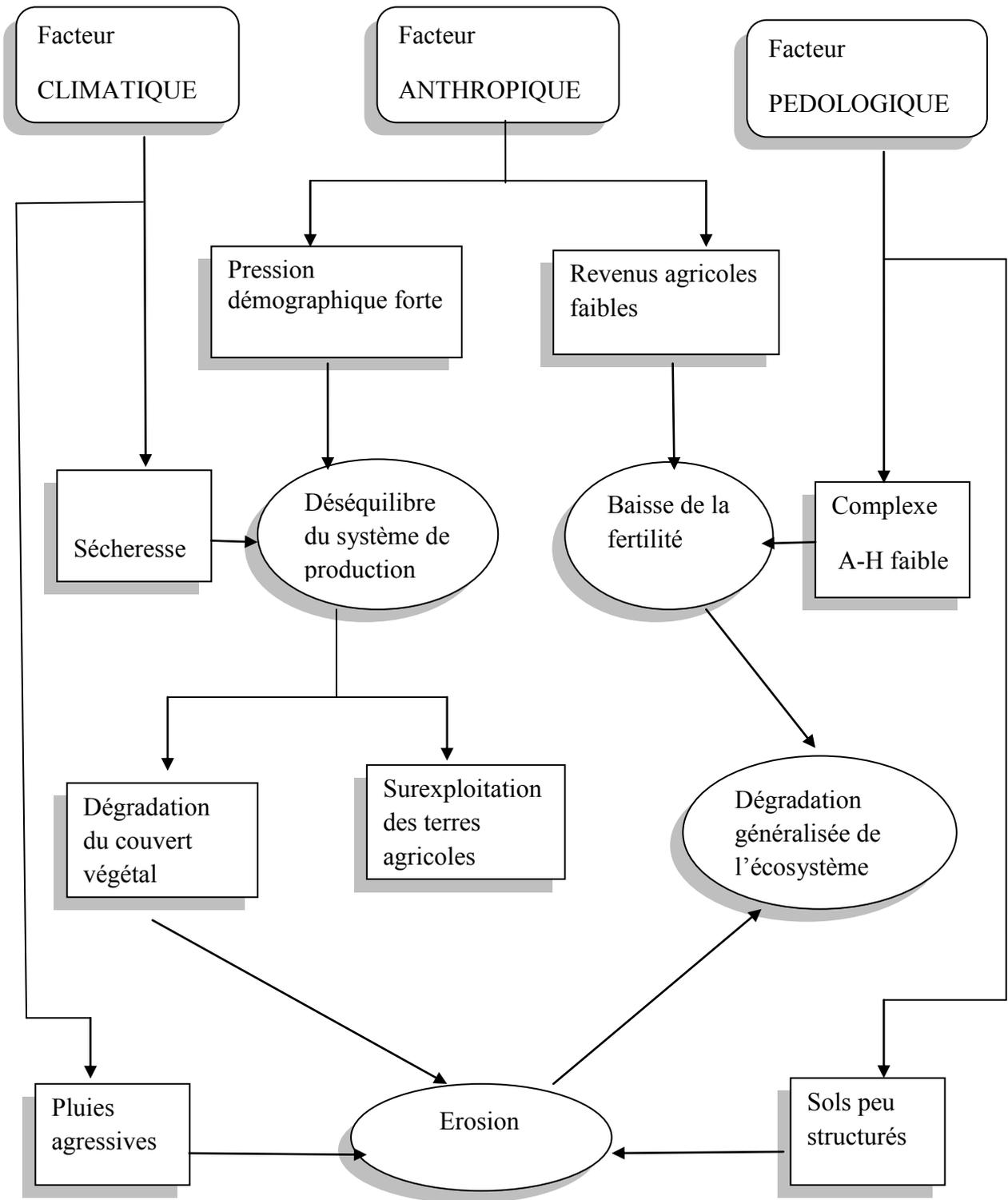


Figure 1. Schéma général de la dégradation de l'écosystème du Saloum (Sene et Perez 1994)

Synthèse bibliographique

La problématique de l'érosion, a toujours été une préoccupation pour les chercheurs et les organismes de recherche. L'érosion des sols, dont l'importance s'accroît depuis la dernière période de sécheresse a profondément bouleversé le capital pédologique du Sahel et particulièrement celui du Sénégal. Ce phénomène, mobilise aujourd'hui, les chercheurs, institutions internationales et les populations rurales. Ainsi, certains auteurs ont étudié l'histoire du peuplement de la région et d'autres ont mis l'accent sur la problématique de l'érosion des sols au Sénégal et dans le bassin arachidier. Par contre, l'état de dégradation des ressources pédologiques pousse beaucoup de chercheurs à lancé des appels pour la conservation de ces ressources, dont la reconstitution est très lente.

Le peuplement a commencé depuis le grand royaume du Saloum, dont le plus important des états vassaux était le Ndoucoumane fondé par la famille des Ndao originaire du Boundou était purement Wolof (Dubois 1975). « Ce peuplement sans doute clairsemé, s'arrêtait à la vallée du Saloum ». Mais il soutient que, dans le but de décongestionner le vieux bassin arachidier les autorités coloniales ont activement participé à l'organisation et l'encadrement de vagues migratoires en direction des terres neuves du Saloum. Cette grande marche vers l'est a été facilitée par l'arrivée du rail à Kaffrine. Elle est l'œuvre de grands dignitaires mouride et d'anciens cultivateurs du Baol et du Cayor et du Sine (Pelissier 1966). Copans J. (1980) dans son ouvrage, « les marabouts de l'arachide », abonde dans le même sens en montrant la dynamique spatiale des marabouts mourides défricheurs, dans l'extension du bassin arachidier. Ils se sont installés sur les bas plateaux du Continental Terminal, qui longent la vallée du Saloum.

Cette vallée, dont la géologie est profondément liée à l'histoire géologique du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien. Les travaux de Michel P. (1973) sur « les bassins des fleuves Sénégal et de la Gambie », montrent à travers les données stratigraphiques les étapes de la mise en place du bassin ainsi que les matériaux détritiques qui composent les différentes séries marines. La thèse de Salif Diop soutenue en 1978 sur l'estuaire du Saloum et ses bordures (Sénégal), est une étude géomorphologique de la région. C'est une analyse de la géomorphologie globale de la région, qui met en relation le relief, les changements climatiques et la répartition des sols de la région. Mame Demba Thiam (1986) a étudié les épisodes climatiques qui ont abouti, à l'entaille de la vallée et à l'installation du réseau hydrographique. De ce fait, le modelé de la région a été fortement influencé par les éléments du climat.

Sur le plan climatique, la thèse de M. Leroux (1970) qui porte sur la dynamique des précipitations en Afrique de l'Ouest. Dans notre région, l'essentiel des précipitations est engendré par les lignes de grains qui génèrent le plus souvent des précipitations orageuses. En 2007, Sagna P., dans l'Atlas du Sénégal, a étudié les caractéristiques du climat dans la zone nord soudanienne. La variabilité interannuelle de ces précipitations influe sur la qualité des sols. Les précipitations orageuses exercent de réelles ablations des sols nus sans couverture végétale. C'est pourquoi le CILSS, (2009), nous explique que la dégradation des terres au sahel revêt un caractère complexe, où se mêle l'action de la nature notamment les sécheresses cycliques et celles des hommes. Cette étude met en évidence, la relative période humide qu'a connue la région entre 1968 et 1969, qui sera suivie par une longue période de déficit pluviométrique d'une vingtaine d'années, qui a profondément affecté les ressources végétales et pédologiques. Il s'y ajoute, une explosion démographique continue avec un taux d'accroissement naturel de l'ordre de 3% qui se traduit par une forte pression sur les sols avec comme conséquence la déstructuration du système traditionnel de production.

Maignin R. (1965 et 1968), sur la notice explicative de la carte pédologique du Sénégal et l'étude des sols ferrugineux a fait un exposé détaillé des différents types de sols, leur position sur la toposéquence et leur composition minérale et organique. Le Bureau Pédologique du Sénégal (BPS, 1998), a étudié les caractéristiques pédologiques de la région, en alliant les aspects texturaux, structuraux, de même que leur composition chimique ainsi que les aptitudes culturales. Beaucoup d'auteurs évoquent l'action anthropique sur la dégradation des sols. La désertification, les paramètres climatiques et l'homme interviennent ensemble dans sa vie et dans sa mort. A ce titre, ces soucis ont été développés par Rochette R. M. en 1989 dans « le Sahel en lutte contre la désertification ». De même que Sadio S. (1985) a affirmé que la désertification, loin de favoriser un développement socio-économique durable, a déstabilisé l'environnement naturel.

D'autres, expliquent le phénomène de la dégradation des sols et les effets négatifs qu'elle entraîne sur la vie socio-économique. Ndour T. dans sa thèse de doctorat, (2001), a étudié la dégradation des sols au Sénégal, en disant que « le contexte général du Sénégal laisse apparaître des facteurs très influents sur la dégradation des sols. L'histoire géologique et géomorphologique explique la multiplicité des formations en majorité très sensibles à la dégradation et précisément à l'érosion hydrique et éolienne... ». Veyret Y. en 1998 dans « l'érosion entre nature et société » nous a montré que l'impact des interventions humaines à travers des feux de brousses, de la mise en culture, du défrichement, du surpâturage ont exacerbé l'érosion. Ainsi selon Veyret, en Afrique de l'ouest, « la vulnérabilité des sols réside quant à elle,

dans la conjonction d'une forte érosion hydrique et d'une déflation éolienne intense au passage de lignes de grains ». Cette forte érosion hydrique se manifeste dans cette partie ouest africaine par des ravinements de plus en plus importants. Roose E. (1988) en étudiant les milieux soudano-sahéliens d'Afrique occidentale a soutenu que c'est à cause de l'érosion hydrique et éolienne que les problèmes de dégradation de la végétation, des sols et du réseau hydrographique sont de plus en plus sérieux.

Rioud G., en 1990, dans son ouvrage « L'eau et les sols dans les géo systèmes tropicaux » a étudié les mécanismes de l'érosion hydrique sur les sols tropicaux. L'énergie cinétique des gouttes est le premier élément déterminant de l'érosion par la pluie. L'effet le plus visible est un tri des éléments qui sont redistribués à la surface du sol en fonction du micro-modelé et de la pente. La dégradation des sols a eu des conséquences sur les activités économiques et sur la population. Les sols qui constituent la base de la production connaissent une situation de dégradation très avancée du fait de beaucoup de facteurs d'ordre physique et anthropique. Déjà en 1984, Leblond B. et Guérin L. « Travaux de conservation des sols » soutiennent que la « conservation des sols est la recherche d'un équilibre et la satisfaction des besoins actuels et ceux des besoins à long termes ». Dans la même dynamique Duchauffour P., dans son « Introduction à la science du sol » de 2001, notifie que la lutte contre les diverses formes de dégradation comporte un certain nombre de mesures communes. La première mesure consiste à préserver les propriétés chimiques, physiques et biologiques des sols qui leur permettent de résister à diverses agressions, si elles ne dépassent pas un certain seuil. L'auteur insiste sur le fait que les hommes ont pris conscience de la vulnérabilité de l'environnement, mais ils n'apprécient pas toujours le rôle particulier du sol.

Les experts de l'ISRA (1990 et 1994) ont fait des travaux très détaillés sur les différentes formes d'érosions dans les milieux cultivés au niveau du Saloum et leurs conséquences dans le développement agricole. Ils soutiennent que "dans certain cas, sur une large surface toute la couche supérieure du sol qui est la couche fertile peut être emportée, on a alors une surface nue (...)". Fauck R. 1964 a fait un diagnostic profond des véritables causes de l'accélération de l'érosion dans les pays soudano-sahélien en affirmant que « C'est surtout, lorsque les hommes ont atteint une certaine densité de population que les premier symptômes apparaissent ». Dans ces ouvrages, on se contente seulement de la description de la dégradation et des actions de lutte pour sauver la ressource. ENDA (1987) a fait une étude sur les véritables causes de la dégradation de l'environnement en soutenant que cette dégradation a des conséquences directes sur la survie de la population du monde rural qui ne dépend que de l'agriculture.

De ce fait, plusieurs travaux portant sur la défense et la restauration des sols ainsi que sur la conservation des eaux et des sols ont été menés par (Sene et al. 1992, Dancette 1984, Ruellan et al 1990 et Albergel 1988). Ces différents travaux permettent de comprendre les techniques physiques et biologiques de lutte antiérosive. Des dispositifs mécaniques (gabions, digues filtrantes, cordons de pierre) associés à des techniques (haies vive bandes d'arrêts herbacées) sont les différentes techniques utilisées dans le Saloum. Mais, ces techniques doivent être renforcées par des pratiques culturales telles que les cultures en courbes de niveau, le travail du sol (le binage, le labour) et l'apport de matières organiques. Des travaux relatifs à la fertilisation ont été également menés. Ils concernent l'utilisation d'engrais minéraux, de matière organique sous forme de compost, de fumure et de paille mais aussi de système agroforestier (Pieri 1975 et Diatta 1994). Les études sont souvent sectorielles et temporaires.

Cette érosion de plus en plus croissante affecte considérablement l'écosystème de la région. Merlin P. (1991) a fait un diagnostic sur le rôle de la qualité des sols dans l'agriculture, dans les économies africaine en disant que « actuellement, d'une façon générale, les sols africains se dégradent. Si cela continue, on assistera forcément à une décadence de l'agriculture donc de l'économie toute entière » et en reprenant les mesures faites par le professeur Porteres au Sénégal en 1952, il a montré comment le vent et la pluie faisaient les tris des éléments fertilisants.

C'est dans ce contexte que Charreau (1964) met en garde contre les conséquences écologiques et socio-économiques de l'érosion des sols qui peuvent affecter l'ensemble de l'économie d'un pays. Il précise que la première conséquence est la perte du sol ou la modification de son profil qui se manifeste par l'enlèvement de la terre arable, la modification du relief géographique avec des rigoles et des ravines qui rendent difficile la culture attelée. La terre s'érode, produit moins et menace la survie de la population.

C'est pourquoi Timberlake (1985) a dressé un bilan de la catastrophe écologique (sécheresse érosion déforestation ...) qui a déclenché les grandes famines africaines des dernières années avec une diminution des rendements.

Cette baisse des rendements agricoles, s'accompagne nécessairement par une insécurité alimentaire et une baisse des revenus agricoles. Le CSE (2010) a montré que la situation nutritionnelle des populations sénégalaises s'est dégradée au cours des deux dernières décennies. La disponibilité brut moyenne de céréales par habitants est 105kg alors la norme fixée par la FAO est de 185kg par habitant. Cette dégradation des conditions de vie du monde rural due entre autre à la situation agro-climatique défavorable qui pousse certains d'entre eux à la recherche de moyens alternatives ou à l'émigration PARPEBA (2006).

Ainsi, Mboup B. (2006) dans sa thèse de doctorat, soutient que c'est à la faveur de la détérioration des termes de l'échange que l'on assista à un processus de migration des campagnes vers les villes, dont les principaux centres névralgiques constituent la capitale économique et politique du Sénégal Dakar mais aussi la ville de Touba capitale économique et religieuse de la confrérie mouride. Ces deux métropoles aspiraient de toutes leurs puissances le reste du pays et réussissaient à attirer vers elles d'importantes vagues migratoires.

En outre, au terme de cette synthèse bibliographique, nous avons constaté que ces différents travaux ont été réalisés par des chercheurs de différentes disciplines scientifiques et nous a permis de mieux comprendre les phénomènes d'érosion. Ces auteurs parlent de la problématique générale de l'érosion dans le sahel et particulièrement au Sénégal. Mais la particularité de notre milieu d'étude et ses spécificités pédologiques et topographiques exige une approche plus complète sur l'évolution du phénomène. C'est pourquoi, il nous serait judicieux de faire une étude approfondie sur les véritables causes et conséquences de l'érosion des sols dans la vallée du Saloum et stratégies adoptées par les populations afin de faire face à l'érosion.

Problématique

De nos jours, les phénomènes d'érosion, et leurs conséquences sont devenus des thèmes environnementaux les plus préoccupants dans le Sahel. Au cours des dernières décennies, cette région a connu des contrastes climatiques marqués par des alternances de périodes humides et de

sécheresses aux conséquences considérables sur les écosystèmes naturels. Les études effectuées par l'Observatoire du Sahara et du sahel (OSS;2006) ont montré que la superficie des terres affectées de dégradation est de 900 millions hectares, soit 65% de pertes de terres arables entre 1950 et 1990 et 2/3 des terres arables à l'horizon 2025. Au Sénégal, selon le Centre de Suivi Ecologique (CSE, 2005), 65% des aires du pays sont affectées par le phénomène de dégradation. Cette dégradation des terres, tributaire en général de l'érosion est due à l'érosion hydrique 77% (Sadio) et à l'érosion éolienne 3% (Stancioff et al 1986). Elles constituent une menace grave pour l'agriculture et les infrastructures de communication en milieu rural sénégalais. Hors, les ressources édaphiques constituent une des principales composantes de l'environnement nécessaires au maintien de la capacité productive des écosystèmes et de leurs fonctions écologiques. En effet, le sol est un élément physique qui assure des fonctions biologiques d'alimentation des végétaux et de support des activités humaines. Cependant, celui-ci se trouve confronté depuis quelques décennies à une dégradation très avancée avec des conséquences néfastes pour l'humanité.

Ainsi, au Sénégal, les sécheresses cycliques et persistantes ont mis en évidence la fragilité des écosystèmes du pays. L'irrégularité croissante de la pluviométrie dans la région avec les sécheresses des années 1968, 1973 et 1983 se manifeste par un assèchement progressif du milieu. Cette dégradation des conditions climatiques, avec comme corollaire la diminution des périmètres forestiers ont dénudé le sol, qui devient ainsi de plus en plus sensible à l'érosion éolienne et hydrique.

Quelles sont les influences des facteurs climatiques sur l'érosion?

En effet, avec la dégradation de la couverture végétale, le substratum est soumis durant toute la saison sèche à la déflation éolienne à des vitesses très élevées. Cette dernière est supplantée pendant la saison pluvieuse par une érosion hydrique très agressive. En outre, concernant l'érosion hydrique, Valentin (1991) a pu montrer qu'elle pouvait se manifester par une croûte de battance, mais dès qu'il ya des pentes dénudées les autres formes d'érosions se développent.

Quel est le rôle de la couverture végétale dans la dynamique érosive?

A l'instar des autres pays de la sous région, le Sénégal, a connu d'importants changements sur ses potentialités agronomiques et forestières que d'aucuns mettent en rapport avec la dynamique démographique (English et al.,1994) les pratiques culturelles (Dancette et al., 1994) , les systèmes pastoraux (Valentin , 1985) ou tout simplement les activités de l'homme considérant

ainsi les facteurs naturels comme de simple catalyseur (Dancette et al.,1985;Diop et al.,1986). Ainsi, selon l'organisation mondiale de la météorologie [OMM] (2005) "la dégradation des terres fait intervenir deux systèmes solidaires et complexes: l'écosystème naturel et le système social humain. Les forces naturelles, par l'intermédiaire des contraintes périodiques induites par des phénomènes climatiques extrêmes et persistants, ainsi que l'exploitation normale abusive par l'homme des écosystèmes fragiles et vulnérables des terres arides."

Comment les facteurs anthropiques accentuent-ils l'érosion ?

La région de Kaffrine qui se localise dans la zone éco-géographique du bassin arachidier qui se caractérise par une agriculture de plus en plus mécanisée, une forte concentration humaine et une extension des terres arables, n'est pas à l'abri de ces tendances. Le système de culture qui était traditionnellement basé sur la rotation des cultures suivit d'une longue jachère est aujourd'hui de moins en moins pratiqué. Cette surexploitation des sols le long de la vallée, a profondément bouleversé l'équilibre pédologique qui a été dès lors fragilisé par la monoculture de l'arachide. Il s'y ajoute que la région est depuis longtemps un foyer d'accueil des éleveurs venus du Nord, chassés par l'avancé du désert. De ce fait, l'effectif du cheptel s'accroît à un rythme supérieur à celui de la reconstitution des parcours naturels déjà envahis par des agriculteurs qui viennent du vieux bassin arachidier.

Selon le centre de suivi Ecologique (CSE 2010) la superficie des terres cultivées au Sénégal a connu une légère augmentation de 1,5%. L'expansion significative de l'agriculture s'est produite dans les savanes et les terres boisées du centre Sud. C'est pourquoi, les études menées par l'ISRA(1990) dans cette partie du bassin ont montré que "L'action du déficit pluviométrique sur la fragilisation des couverts végétaux alliée à une surexploitation du milieu par l'homme (surpâturage, défrichement, rotation accélérée etc.) ont entraîné un déséquilibre durable des écosystèmes (...)".

Quelle est l'impact de l'occupation du sol dans la dynamique de l'érosion ?

Cette dégradation des ressources pédologiques se traduit par une baisse significative de la fertilité des sols, et des rendements agricoles, par une diminution drastique du bilan hydrique et des terres arables.

Une dégradation de la végétation qui se manifeste par une diminution des espèces ligneuses.

Conscients des répercussions néfastes et continues de l'érosion sur le développement socio-économique de la région entraînant de faibles performances du secteur agricole, la paupérisation des masses rurales et l'insécurité alimentaire, les populations, l'Etat et les ONG ont déployé un

certain nombre de stratégies de lutte visant à améliorer la gestion des terres et à lutter contre leur dégradation.

C'est dans cette tendance que l'Etat sénégalais a entrepris ces dernières années une politique de gestion durable des ressources naturelles basée sur l'approche participative.

Quelle est la démarche apportée pour une gestion durable des ressources naturelles ?

La valorisation des ressources naturelles peut réduire la dynamique de l'érosion dans la région et contribuer notamment à l'augmentation de la production agricole, du bois de chauffe, du bois de service et du potentiel fourrager. Adopté des modes d'exploitations qui prennent en compte les capacités de régénération de ces écosystèmes, s'impose, comme une alternative crédible à leur gestion durable. C'est pourquoi les organismes étatiques tels que L'ISRA, INP, le PROGERT et la DEFCCS, les ONG et tous les acteurs doivent s'impliquer davantage dans cette lutte, la seule qui vaille, face à la dynamique de l'érosion des sols, dans une synergie opérationnelle susceptible de mettre à terme ce phénomène ou de réduire ses effets. L'ampleur et la complexité des défis à relever exigent la mise au point d'une stratégie multimodale qui intègre des techniques et approches diversifiées permettant d'inverser durablement le processus de dégradation des sols. Pour ce faire, des méthodes participatives éprouvées devront être appliquées et les capacités d'action des populations et des collectivités renforcées.

Ainsi, pour mener à bien cette étude, certaines hypothèses sont émises.

L'objectif général de cette étude est le suivant :

Analyser les conséquences de l'érosion le long de la vallée du Saloum de Kaffrine jusqu'à Paffa.

Les objectifs spécifiques sont :

- Faire l'inventaire des facteurs naturels et anthropiques qui ont conduit à la dégradation du milieu.
- Identifier les différentes formes d'érosions le long de la vallée.
- Apprécier l'état de dégradation des sols.
- Analyser les impacts socio-économiques et environnementaux de la précarité des ressources pédologiques.

De ce fait, un certain nombre d'hypothèses sont ainsi dégagées.

Hypothèses.

- La déforestation est à l'origine du déclenchement des processus d'érosion des sols.
- le mode de gestion et d'utilisation des sols joue un rôle important dans l'accélération de l'érosion hydrique et éolienne.
- L'érosion des sols est à l'origine de la diminution des rendements agricoles.

Définitions des concepts

La définition des concepts est une étape fondamentale dans un TER car elle permet de lever toute équivoque. Pour s'y prendre nous avons recouru à une documentation auprès de certains auteurs qui ont travaillé sur ces notions. Il s'agit de : impact, érosion et vallée.

Impacts est selon le petit Robert un « effet produit, une action exercée sur quelque chose... ».

Le terme « **impact** » est selon le Dictionnaire des Sciences de la Terre de M.Moureau et G.Brace(1999) un point de collision entre deux objets.

Le terme **impact** désigne selon notre sujet les conséquences des changements environnementaux sur les systèmes écologiques, ainsi que sur le potentiel de développement social et économique.

Erosion : le mot érosion vient du verbe éroder qui signifie ronger qui désigne le phénomène d'attaque des volumes constituant l'épiderme de la terre ,ce phénomène agit en situation d'interface entre l'atmosphère ,la lithosphère ,la biosphère (Veyret 1998).elle est le résultat ou l'œuvre de plusieurs agents que sont la pesanteur, l'eau, le vent et les êtres vivants .Ces différents agents concourent à l'élaboration des formes de reliefs selon 3 types d'actions , l'ablation d'une partie des matériaux mis en place par des forces internes affectant la planète (orogénèse , la mobilisation des matériaux déplacés sur des distances variées et l'accumulation de ces matériaux sous la formes de dépôts corrélatifs (Veyret 1998)

Selon le dictionnaire des Sciences de la Terre de Moureau M. et Brace G. Édition technip, Paris 2000.L'érosion est la lente détérioration du relief, par enlèvement de matériaux sous l'influence de facteurs extérieurs.

Erosion ; ensemble des phénomènes exogènes résultant de l'action de l'eau et/ou du vent qui provoque l'enlèvement des couches supérieures des sols et la dégradation des roches, quand le sous- sols affleure.

Erosion éolienne atteint son maximum d'intensité dans les régions à climat semi-aride dont les sols de consistance sableuse ou limono-sableuse sont dépourvus d'éléments grossiers. La mise en culture de tels sols provoque leur érosion éolienne sur de vastes surfaces.

Erosion hydrique : érosion des sols provoquée par l'action des précipitations .Il existe deux variantes: par ruissellement et par lixiviation .La première provient de l'arrachage des particules de sol en surface par suite du ruissellement intense des précipitations, la seconde de l'écoulement semi-horizontale de l'eau dans les horizons les plus superficiels qui entraine les particules édaphiques les plus fines. L'érosion hydrique est causée par la déforestation, la mise en culture des sols en pente, par le surpâturage qui dénude le sol

Vallée : dépression allongée, généralement creusée ou soulignée par un cours d'eau, entre deux versants.

Vallée: désigne en géomorphologie un milieu situé au fond d'une dépression allongée, qui a été modelée par un cours d'eau (vallée fluviale) ou par un glacier (vallée glaciaire), qui est drainée par ces derniers. Vallée sèche: vallée qui a été façonnée par un cours d'eau qui a ultérieurement disparu au cours du temps. Ramade. F (2008).

Le cadre méthodologie

L'élaboration d'un travail d'étude et de recherche demande une démarche méthodologique, partant de la formulation du sujet au traitement et à la restitution des données collectées. Notre démarche s'articule autour de la revue documentaire, la phase de terrain, l'analyse et la rédaction.

✓ **La revue documentaire**

Elle consiste à rechercher une documentation écrite, cartographique et photographique en liaison avec le sujet et le milieu d'étude. Ainsi nous avons visité un certain nombre de bibliothèques, centres et services de documentation que sont: la bibliothèque universitaire (BU), le centre de suivie écologique (CSE), l'agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD), la direction de l'aménagement du territoire (DAT), la direction des mines et de la géologie (DMG), la direction des travaux géographiques et cartographiques (DTGC), l'institut sénégalais de recherche agricole (ISRA), l'ONG Enda tiers monde, la direction des eaux et forêts, chasses et de la conservation des sols (DEFCCS), l'institut national de pédologie (INP), l'institut de recherche pour le développement (IRD) et enfin département de géographie et l'agence nationale de la météorologie du Sénégal (ANAMS).

Les différents ouvrages consultés auprès de ces bibliothèques et centres de documentation ont largement contribué à l'orientation de notre réflexion.

✓ **Les travaux de terrain.**

Les travaux de terrains ont été faits en deux étapes : la première effectuée au mois d'août était une prospection qui nous a permis de mieux appréhender le milieu et ses composantes. Mais elle a été très tôt interrompue par des difficultés d'accessibilité de certains villages.

La deuxième phase qui a duré 8 jours, consisté à la collecte d'informations à partir d'enquêtes quantitatives et qualitatives. Elle a été précédée d'une étape fondamentale qu'est l'identification des villages les plus affectés par le phénomène. La visite au niveau de ces villages nous a permis d'une part, de confronter les données secondaires avec la réalité du milieu et d'autre part, de rencontrer les personnes ressources chargées de la gestion et de la conservation des ressources naturelles.

✓ **Les enquêtes**

Elles ont permis de recueillir des données, auprès des populations, en leur soumettant un questionnaire. Elles sont faites sur la base d'un échantillon de 1/3 des villages qui se situent le long de vallée dans chaque communauté rurale.

✓ **Echantillonnage**

Le choix des villages se fonde sur la représentativité du phénomène dans les terroirs villageois. Les effectifs ciblés se justifient par les principales activités économiques que sont l'agriculture, l'élevage mais aussi l'ancienneté et la résidence dans le milieu. Un échantillon d'au moins 1/3 des ménages de chaque village ciblé. (Tableau 1)

Tableau 1 : villages de l'échantillon

Noms des villages	Nombres total de ménages	Effectifs enquêtés
1-Kahi	71	24
2-Sorokogne	127	43
3-Khendé	88	30
4-Dianké Souf	83	28
6-Wandé	60	20
7-Khounakh	52	18
8-Ndodj	56	19
9-Darou Mbane	35	12
10-Paffa	90	30
Total	662	224

✓ Les enquêtes qualitatives

Elles ont été réalisées grâce à des interviews semi-structurées. Les cibles principales sont les personnes ressources telles que les agents des eaux et forêts les PCR, les OCB, et les chefs de village. Ces enquêtes nous ont permis de comprendre les facteurs de l'érosion et les villages les plus affectés.

✓ Les enquêtes quantitatives

Il s'agit d'une enquête quantitative au niveau des villages avec l'utilisation d'un questionnaire administré aux chefs de ménages.

L'unité d'observation est constituée des ménages ; l'unité répondante est le chef de ménage ou toute autre personne adulte capable de fournir avec exactitude les informations recherchées.

✓ **Les difficultés rencontrées**

La date de collecte des données a coïncidé avec la période des récoltes de l'arachide et de la moisson du mil, beaucoup de chefs de ménage étaient dans les champs. Nous étions parfois obligés de repasser le soir afin de pouvoir les interroger. Il en est de même pour le directeur régionale du développement rural (DRDR) qui au moment de notre passage était en séminaire à Kaolack.

Ces rencontres, nous ont permis de recueillir des informations sur les changements notés dans les différents secteurs de production, leurs caractéristiques, leurs causes, leurs conséquences, et les stratégies développées par les populations pour faire face aux phénomènes

✓ **L'analyse et le traitement des données**

La dernière étape de notre démarche méthodologique a été consacrée au traitement des données obtenues sur le terrain et dans les centres de documentation. Elles ont été traitées à l'aide de l'outil informatique et nous avons utilisé les logiciels Word, Excel, le sphinx et en fin Arc Gis pour la confection des cartes.

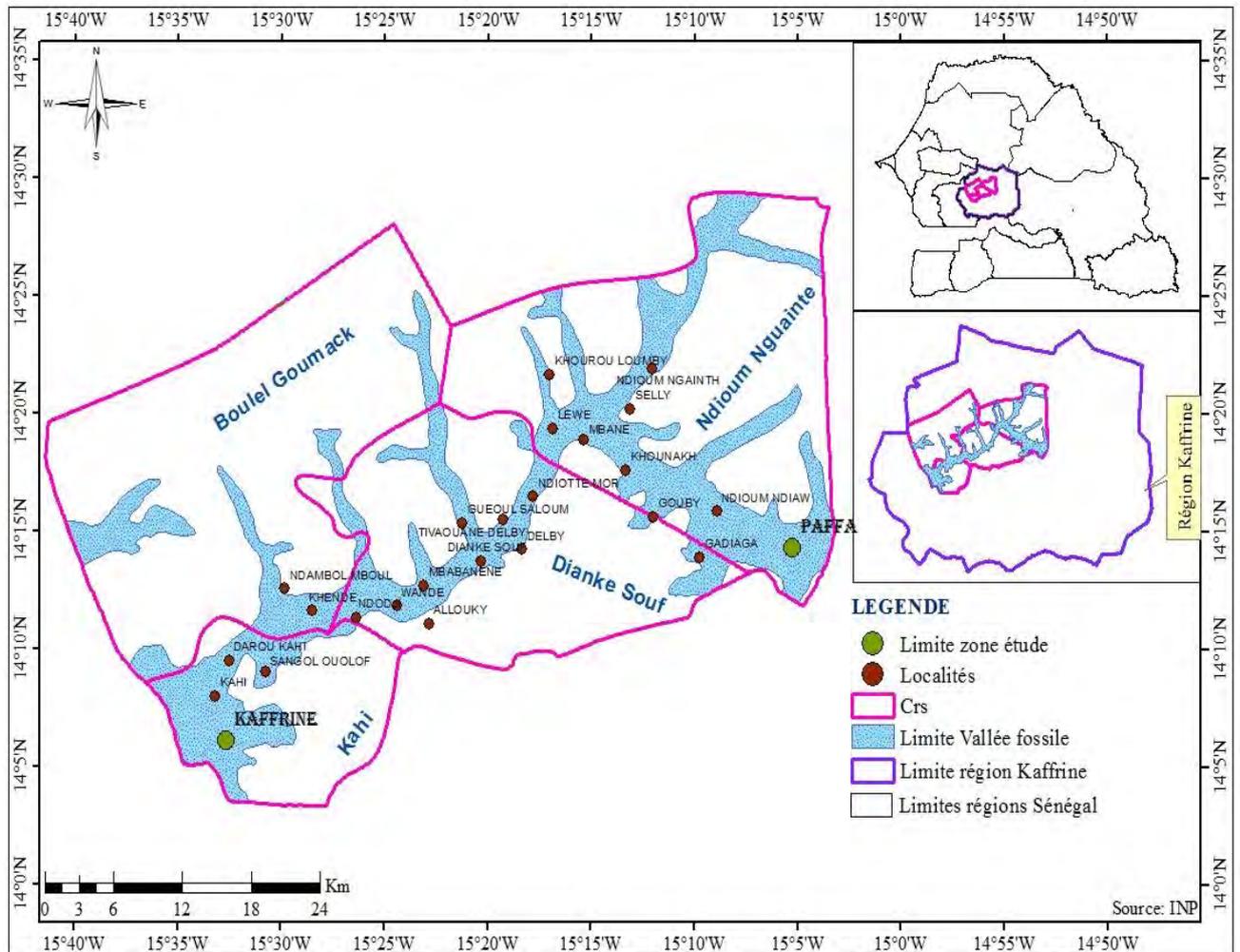
PREMIERE PARTIE

PRESENTATION DU MILIEU

Le milieu d'étude s'intègre dans le centre sud du bassin arachidier, dans des localités comme les communes rurales de Kahi, Dianké souf, Boulel, Ndioum Ngainth et la commune de Kaffrine. Elle est comprise entre les latitudes $14^{\circ} 10' 0''\text{N}$ et $14^{\circ} 30' 0''\text{N}$ et les longitudes $15^{\circ} 10' 0''\text{W}$ et $15^{\circ} 40' 0''\text{W}$ et est distante d'environ d'une cinquantaine de kilomètres. Ces différentes entités territoriales font parties de la région administrative de Kaffrine (créée en 2008 suite au découpage de la région de Kaolack), plus précisément dans les départements de Kaffrine et de

Malem Hodar. Elle est limitée à l'est par la commune de Ngainth Pathé au nord par la commune de Gniby et de Darou Minam ; au sud par celle de Malem Hoddar

Carte 1. Localisation de la vallée du Saloum



Chapitre I : le milieu physique

Dans ce chapitre nous allons analyser les caractéristiques géologiques, géomorphologiques et climatiques, pour enfin aborder les différents types de sols, la végétation et les ressources en eau.

I.1. La géologie et le relief

Le modelé actuel de la région est le résultat des fluctuations climatiques qui ont affecté le substratum géologique durant le quaternaire.

I.1.1.La géologie

La vallée du Saloum s'étend sur un vaste ensemble géologique, connu sous le nom de bassin sédimentaire sénégal-mauritanien d'âge secondaire tertiaire. Ce bassin qui couvre la plus grande partie du pays, repose en discordance sur les formations primaires (Maignien 1965). Son histoire géologique est marquée par une succession de cycles de transgressions et de régressions ou les fluctuations eustatiques et les oscillations climatiques du Quaternaire récent ont joué un rôle très important dans sa mise en place. Les données stratigraphiques, montrent que le bassin abrite des étages marins affleurants et sub-affleurants qui ont été formés du Maestrichtien au Miocène lors des transgressions marines (Michel 1973). Le Maestrichtien peut être rattaché au déblaiement de la première surface d'érosion et les formations détritiques du Continental Terminal proviendraient du déblaiement des produits d'altération de cette deuxième surface.

Ainsi les séries marines de l'Eocène, de la cuvette du Sénégal central ont été recouvertes par des épandages successifs de matériel détritiques sablo-argileux d'âge Pliocène (Tessier 1952), mio-pliocène (Michel 1960) cité par Fauck (1972). Ces dépôts qui couvrent la majeure partie du Saloum sont constitués de sable argileux à argilo-sableux avec la présence de niveaux gréseux à ciment ferrugineux. « Le faciès dominant est un gré hétérométrique, argileux, bariolé et azoïque. Les dépôts contiennent aussi des bancs d'argile kaolinique et des passés de gravillons ferrugineux » (Elouard, 1977). Avec des épaisseurs croissant d'Ouest en Est, elles avoisinent les 150m dans le Ferlo central. Elles sont souvent coiffées par des cuirasses ferrugineuses dans les parties supérieures notamment au Sud de la vallée sur l'axe Kaffrine -Nioro mais aussi à l'Ouest de l'axe Paffa-Khounakh. Ces différentes formations cuirassées sont datées du Pliocène supérieur (Michel 1960) et du Villafranchien (Elouard 1962) cité par Fauck (1972). Mais aujourd'hui le démantèlement de ces cuirasses par les différents éléments du climat est à l'origine de l'évolution du relief.

I.1.2.Le relief

Le relief est relativement plat avec quelques bas plateaux et des bas-fonds et cuvettes peu profondes. Il résulte de la morphogénèse du bassin sénégal-mauritanien et de l'action de l'érosion. Les bas plateaux du Continental Terminal ont été fortement incisés par un réseau hydrographique fossilisé marqué par des remblais colluvio-alluviaux (CRDI 2005). La morphogénèse peut être considérée comme le résultat des fluctuations climatiques du

Quaternaire ancien. Le réseau hydrographique du Saloum s'est constitué lors de la phase humide (13000-8000 ans BP) qui a suivi la période sèche post Inchirienne, dite Ogolienne (21000-13000 ans BP) (Thiam, 1986). Les lits des cours d'eaux se sont creusés lors des périodes sèches. De vastes glacis se sont mis en place, alors que l'altération des matériaux s'est produite pendant les périodes humides. L'incision du modelé d'aplanissement par un réseau hydrographique peu dense et peu hiérarchisé résulte des grandes variations du niveau marin au Quaternaire récent. De ce fait les différentes unités géomorphologiques rencontrées sont :

-Les plateaux : la vallée fait partie intégrante des vastes plateaux gréseux du Continental Terminal. Selon l'Atlas du Sénégal (1977), ces plateaux très uniformes du bassin Secondaire-Tertiaire, dérivent de la surface de remblaiement du sommet du Continental Terminal qui a été abaissé par l'érosion et entaillé par le réseau hydrographique pendant le Quaternaire. Avec des altitudes relativement faibles dépassant rarement 50 m, ils présentent une cuirasse affleurant à la périphérie et en bordure des plateaux notamment à l'Ouest de l'axe Paffa-Khounakh (carte 2). La zone interne est un modelé légèrement ondulé, avec des pentes généralement très faibles (<1%) (CRDI, 2005). Malgré la faiblesse des pentes, le ruissellement conserve une compétence suffisante pour provoquer l'érosion des horizons superficiels.

-Les glacis de raccordement : ce sont des surfaces entaillées dans les altérites gréseuses du Continental Terminal. Sur cette topo-séquence la partie amont est recouverte d'un épais manteau sableux recouvrant l'horizon gravillonnaire en profondeur. Ils présentent des profils convexo-concaves ou convexes, sensibles à l'érosion hydrique.

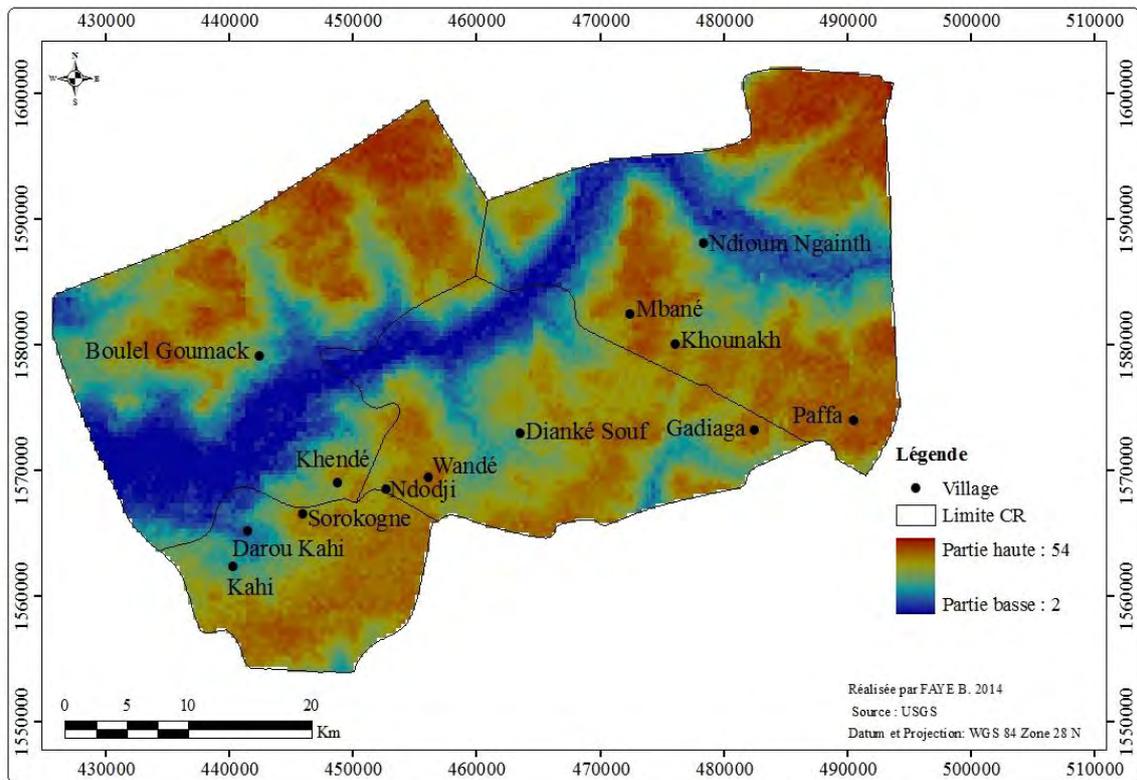
-Les terrasses sont des formations de colluvionnements et d'alluvionnement épaisses, principalement sableuses, plus limoneuses en surface et argileuses en profondeur. Ce sont des zones d'accumulation relatives des produits transportés par l'érosion. Le modelé est localement marqué par des traces d'érosion linéaire, et même par un ravinement intense notamment le long des pistes.

Cette terrasse est presque entièrement cultivée et comporte des sols ferrugineux tropicaux.

-Les bas-fonds sont des lits de vallées fossiles et de l'ancienne vallée du cours principal du fleuve Saloum dont l'altitude maximale dépasse rarement 2m. Ces surfaces alluviales, temporairement inondées ; subissent une érosion régressive. Le régime hydrologique de ces anciennes vallées est caractérisé par des écoulements saisonniers intermittents.

Cependant, la simplicité du modelé est peu stable, car, malgré la faiblesse des pentes, le ruissellement conserve une compétence pour provoquer une érosion des sols, parfois spectaculaire.

Carte 2: Carte du relief le long de la vallée



I.3. Le climat

Le climat de Kaffrine est régi par les mécanismes généraux de la circulation atmosphérique tropicale et les différents paramètres climatiques.

I.3.1. Les mécanismes généraux

Le climat de la région s'insère dans la circulation atmosphérique tropicale, commandée par les Hautes Pressions Tropical (HPT) centrées sur les tropiques. Ces ceintures de hautes pressions, se rejoignent en altitude, en encadrant les Basses Pressions Intertropical (BPI) dont l'axe constitue l'équateur météorologique (Leroux 1983).

Elles peuvent former en surface une ceinture anticyclonique continue ou se manifester sous forme de cellules anticycloniques permanentes (Açores, Saint Hélène) ou saisonnière (saharo-libyen).

La circulation en milieu tropical s'effectue des HPT aux BPI. La trace au sol de l'équateur météorologique peut se décaler énormément par rapport à l'équateur géographique, ce qui oblige les flux, en la traversant changent de direction (Sagna 1987/1988). Ainsi, cela confère à la circulation tropicale deux types de masses d'air : l'alizé et la mousson.

En hiver boréal, les intrusions d'air polaire dans la circulation tropicale favorisent le phénomène de subsidence et renforcent l'anticyclone des Açores et la cellule saharo-libyenne. Cela entraîne la prédominance des alizés du nord dans l'hémisphère Nord tandis que l'hémisphère sud qui est en Été se réchauffe.

En Été, dans l'hémisphère nord et l'hiver dans l'hémisphère sud, l'anticyclone de Saint Hélène acquiert toute sa puissance, en raison de la dépression du Sahara, et pousse l'équateur météorologique tout à fait au Nord. Ces alizés du Sud traversent l'équateur géographique et deviennent de la mousson, qui a sa position la plus septentrionale en juillet et c'est l'hivernage au Sénégal (Figure 2).

Les précipitations reçues au Sénégal sont liées d'une part, à la mousson qui correspond à la structure verticale de l'équateur météorologique ou ZIC et d'autre part, aux lignes de grains qui intéressent surtout la structure inclinée de l'équateur météorologique ou FIT.

Ces différents facteurs permettent de diviser la zone tropicale en différents domaines climatiques. Ainsi la région de Kaffrine se trouve dans le domaine nord soudanien compris entre les isohyètes 500 et 1000mm.

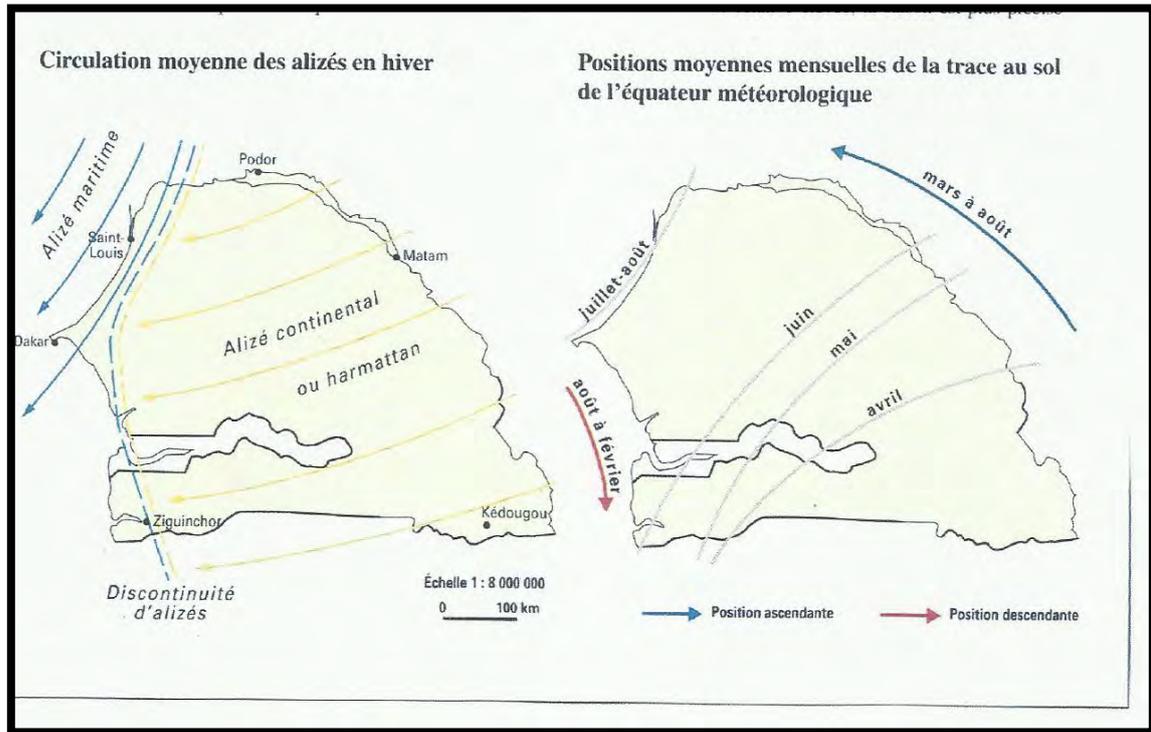


Figure 2 : Circulation moyenne des alizés et la trace au sol de l'équateur météorologique (Source Sagna 2010)

I.3.2. Les paramètres climatiques

Le climat de la région est régi par des paramètres climatiques tels que les vents les précipitations, les températures, l'insolation et l'humidité relative.

I.3.2.1. Les Vents

La région de Kaffrine est balayée par 3 flux de surface que sont l'alizé maritime continentalisé, l'harmattan et la mousson. Ces flux, sont caractérisés par des vitesses et des directions différentes durant les saisons.

I.3.2.1.1. La vitesse et la direction du vent.

La vitesse de ces vents croît régulièrement entre les mois de novembre et d'avril (1,51 m/s à 3,5 m/s) puis diminue entre Avril et Mai (3,5 à 3,2) augmente de nouveau en juin (3,34m/s) et en fin démunie très fortement en juillet et octobre (2,4 à 1,5m/s).

Tableau 2 : Vitesses et directions des vents à la station de Kaolack 1984-2013

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vm/s	3,2	3,3	3,5	3,6	3,4	3,4	2,6	1,9	1,6	1,7	1,9	2,5
DD	N	N	N	N	W	W	W	W	W	W	N	N

En relation avec la vitesse et la direction, nous distinguons :

-les vents de saison sèche, sont caractérisés par un air chaud et desséchant appelé « harmattan » .Ces vents généralement forts, accentuent les conditions de sécheresse entre mars et avril.

-Les vents de saison des pluies orientés Sud-ouest apportent un régime de mousson et se caractérisent par leur humidité et leur vitesse relativement faible.

I.3.2.1.2. Les vents d'est

Les vents d'Est s'insèrent dans le quadrant N à E et dominant la circulation pendant 6 mois, c'est-à-dire de novembre à avril. Durant cette période le secteur N marque nettement sa dominance, avec les fréquences suivantes : novembre 50%, décembre 50 %, Janvier 46,6%, février 60%, mars 63%, avril 33,3%.

En revanche le secteur NE avec une fréquence de 23,3% en décembre, 26,7% en Janvier, 16,7 en février et devient plus important au mois de novembre et décembre. Contrairement au secteur E qui présente les fréquences les plus faibles dans ce quadrant avec les fréquences suivantes : novembre 13,3%, décembre 16,6%, janvier 16,7% et février 6%.

I.3.2.1.3. Les vents d'ouest

A partir du mois de juin on observe l'installation du quadrant Sud à Ouest.

En effet, de juillet à Octobre les vents du quadrant S à O enregistrent les fréquences les plus importantes : juillet 82%, Août 76% et septembre 80 % et octobre 66%.

Ces vents ont des vitesses des vitesses variables avec une moyenne annuelle 2,62m/s. Les vitesses sont assez élevées de décembre à Avril. Le maximum revient au mois d'avril ou la vitesse atteint 3,5m/s. Les vitesses sont relativement faibles d'aout à novembre.

Ces vents surtout ceux du quadrant N à E jouent un rôle déterminant dans la dynamique du modelé géomorphologique et dans la formation et l'évolution des sols.

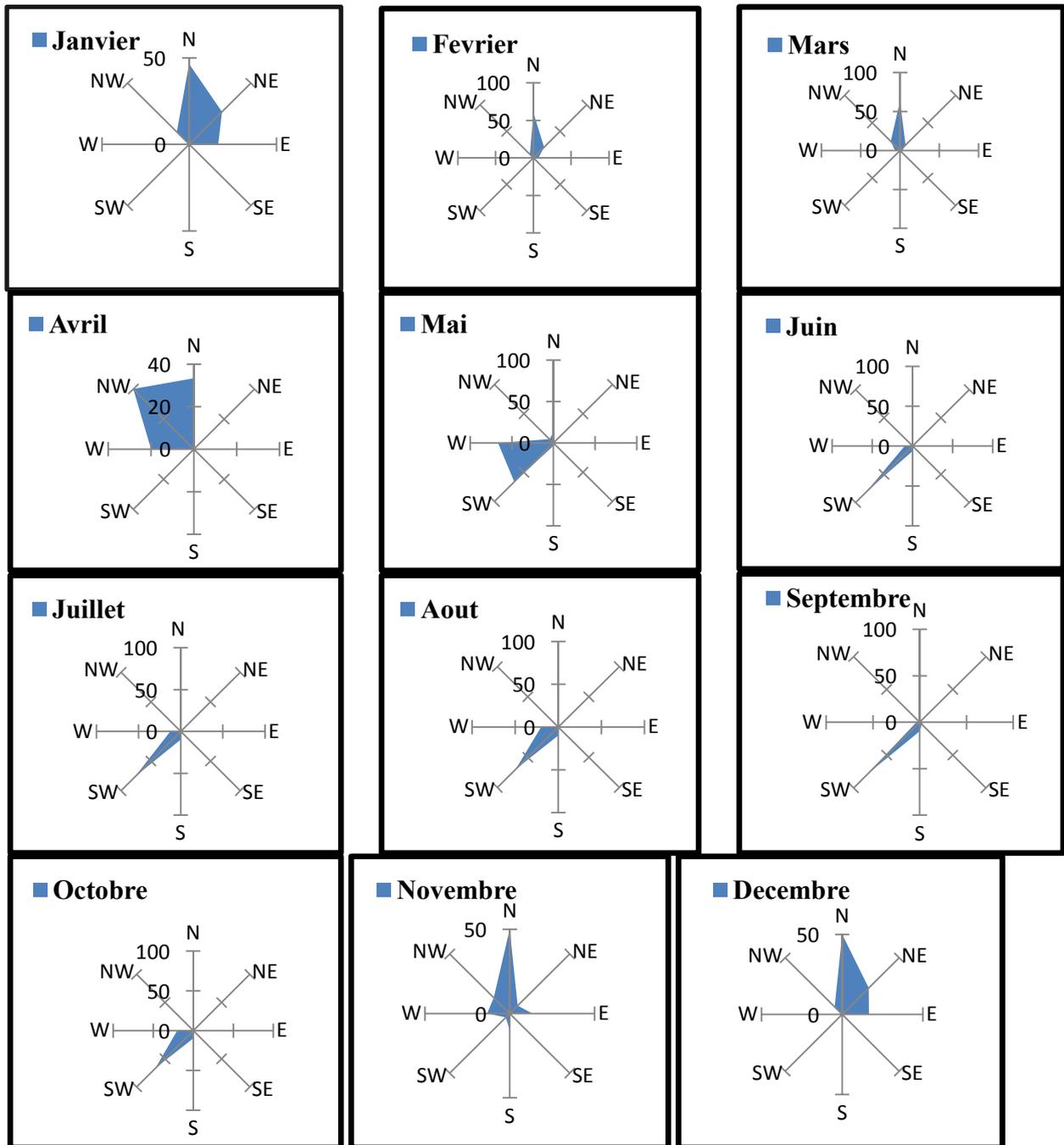


Figure 3 : Directions dominantes et fréquences des vents à la station de Kaolack en pourcentage (moyenne de 1984 à 2013)

I.3.2.2.Les précipitations

Les précipitations enregistrées dans la région sont largement influencées par la circulation atmosphérique générale. La pluviométrie reçue dans la région de Kaffrine est tributaire de la position de l'équateur météorologique dans le temps. Les variations de sa position déterminent la durée de la saison pluvieuse ainsi que le début et la fin de l'hivernage. La saison des pluies débute généralement en Juin ou en Mai pour un début précoce ou en juillet pour un début tardif avec une durée de 4 à 5 mois en moyenne. Les pluies sont générées en grande partie par les lignes de grains et la ZIC. Les précipitations pluvieuses liées aux lignes de grains sont essentiellement orageuses, accompagnées de rafales de vents, de tonnerres et d'éclairs (Sagna 2007). Elles marquent essentiellement le début et la fin de l'hivernage.

Ainsi, au cœur de l'hivernage les remontées de la zone intertropicale de convergence se manifestent par des formations nuageuses étendues et denses. Les précipitations qu'elle entraîne sont abondantes et non orageuses de caractère continu et de forte intensité (Sagna 2007). Mais ces précipitations connaissent des variabilités interannuelles et inter-mensuelles considérables. En effet, la pluviométrie moyenne annuelle pour le poste pluviométrique de Kaffrine s'élève à 655,04mm et de 625,25mm au niveau de la station de Kaolack. Ces deux stations enregistrent presque les mêmes quantités de précipitations de 1984 à 2013.

I.3.2.2.1.La pluviométrie à Kaffrine

L'analyse de la pluviométrie observée au niveau du poste de Kaffrine révèle une évolution très irrégulière au cours de la période allant de 1984 à 2013. Ainsi le graphique ci-après (figure 5), met en évidence l'évolution interannuelle des précipitations qui varie entre 427,1mm et 1195,1mm. Si nous prenons la série nous constatons que le total pluviométrique le plus important est enregistré en 2010 avec 1195,1mm de pluie. Par contre l'année 1998 a connu la plus faible pluviométrie avec seulement 427,1mm.

Par ailleurs, les années 1988 avec 784,8mm, 1999 avec 815,9mm et 2012 avec 864mm peuvent être considérées comme des années à pluviométrie relativement abondante. Contrairement à 1990, 1991, 1995 et 1998 avec des précipitations en dessous de la moyenne, enregistrent respectivement 492mm, 463mm, 489,4mm et 427,1mm

Cette irrégularité de la pluie affecte profondément les ressources naturelles de la région avec une diminution considérable des périmètres forestiers.

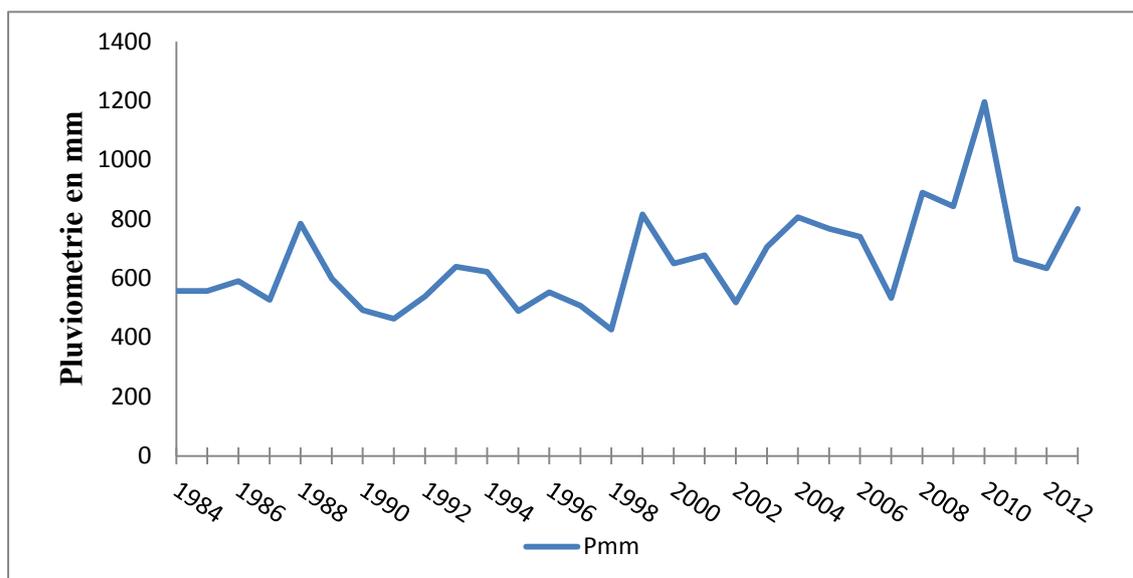


Figure 5 : pluviométrie moyenne annuelle au poste de Kaffrine de 1984 à 2013

I.3.2.2.2.La pluviométrie à Kaolack.

L'analyse de l'évolution des moyennes annuelles de la pluviométrie à la station synoptique Kaolack pour la période 1984 à 2013 montre une répartition très inégale de la quantité de pluies tombées au fil des années. L'irrégularité temporelle des pluies est schématisée par une évolution en dents de scie comme le montre la figure 4, illustrant les variations interannuelles. En effet de 1984 à 2013, les quantités de pluies tombées sont comprises entre 400 à 900mm avec une moyenne annuelle de 625,25mm. Ainsi, le maximum pluviométrique pour cette série est enregistré en 1999 avec 877,9mm, qui est suivi de près par les années 2010 et 2006 qui enregistrent successivement 852,8mm et 811,3mm.

Contrairement à ces années humides, les années 1998 et 1995 et 1996 peuvent être considérées comme des années à pluviométries très faibles, avec des totaux qui n'atteignent pas les 500mm. Il s'y ajoute des années à pluviométries relativement normal comme 2005 avec 765 mm, 2009 avec 740,9mm et en fin 2000 avec ses 732mm de pluies.

Cette irrégularité des précipitations au cours de cette période influe négativement sur les différentes ressources de la région.

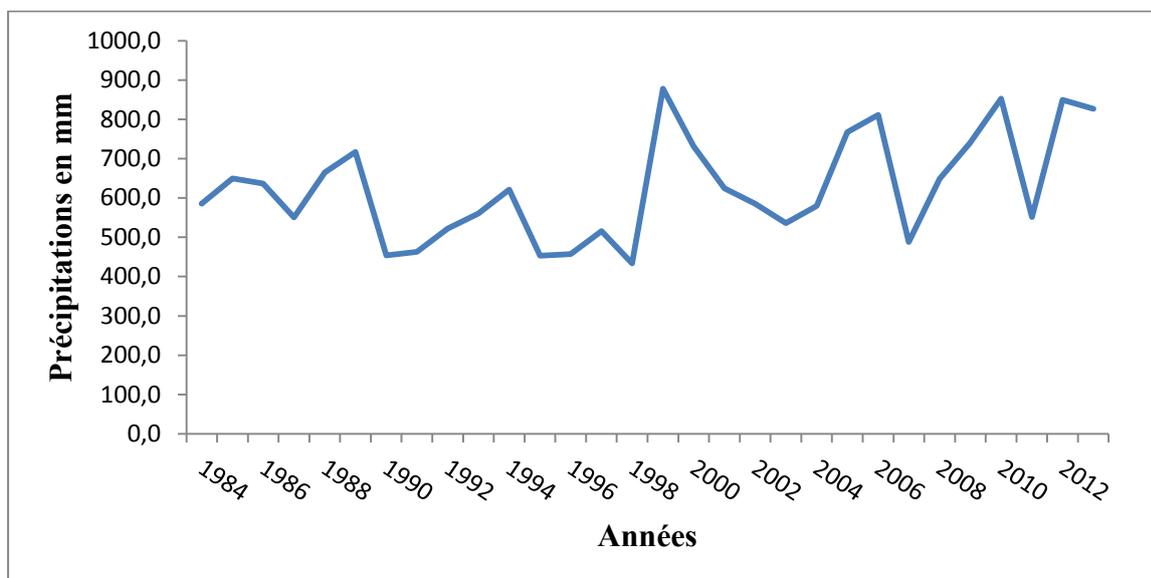


Figure 4 : pluviométrie moyenne annuelle à la station de Kaolack de 1984 à 2013.

I.3.2.2.3. Caractéristiques des hivernages

Au niveau des stations de Kaolack et du poste de Kaffrine, les hivernages peuvent être caractérisés en fonction du début et de la fin des hivernages. Ainsi, il est considéré comme début précoce l'hivernage qui reçoit des précipitations dès le mois de mai et de début normal en juin ; mais tardif quand il commence en juillet.

Cependant, la fin de l'hivernage est précoce, quand les pluies s'arrêtent au mois de septembre ; normal pour le mois d'octobre et tardif s'il pleut jusqu'à novembre.

De ce fait, Kaolack connaît seulement 7% d'hivernages précoces, 90% de débuts normales et 3% de débuts tardifs. Par contre 17% des hivernages pour la station de Kaffrine sont précoces 80% de débuts normales et en fin 3% de débuts tardifs.

Quand à la fin de l'hivernage seul le poste de Kaffrine a connu une seule fois une fin précoce, 27 fois de fin normale et 2 années de fin tardive. Contrairement à Kaolack qui n'a pas connu de fin précoce de l'hivernage, mais a connu 29 années de fin normales et une seule année avec de fin tardive

Tableau 3: Caractérisation des débuts et fins d'hivernages au niveau des stations de Kaffrine et de Kaolack

Stations	Mois	Début d'hivernage			Fin d'hivernage			Total
		Précoce	Normale	Tardive	Précoce	Normale	Tardive	
		Mai	Juin	Juillet	Sept.	Oct.	Nov.	
Kaolack	Total	2	27	1	0	29	1	30
	Fréquences en %	7	90	3	0	97	3	100
Kaffrine	Total	5	24	1	1	27	2	30
	Fréquences en %	17	80	3	3	91	6	100

✓ Durée des hivernages et les mois les plus pluvieux

Pour les durées d'hivernage nous constatons que la saison des pluies s'étale généralement sur une période de 5 mois.

Cependant, les hivernages peuvent être plus longs ou plus courts. Par exemple au niveau des deux stations Kaolack et Kaffrine enregistrent successivement 6,7% et 13% d'hivernages ayant duré 6 mois contre 1% et zéro pourcent pour des saisons pluvieuses d'une durée de 4 mois.

Le tableau montre que le mois d'Août a été 20 fois dans la série, le mois le plus pluvieux pour la station de Kaffrine soit 66,7% et 63,4% pour Kaolack ce qui équivaut à 19 fois.

Tableau 4 : Durée des hivernages et les mois les plus pluvieux à Kaolack et Kaffrine

		Durée hivernage			Mois les plus pluvieux			Total
		4 mois	5 mois	6 mois	Juil.	Août	Sept.	
Kaolack	Nombre	1	27	2	4	19	7	30
	Fréquence en %	3,3	90	6,7	13,3	63,4	23,3	100
Kaffrine	Nombre	0	26	4	4	20	6	30
	Fréquence en %	0	87	13	13,3	66,7	20	100

✓ Les écarts à la moyenne de la pluviométrie de Kaffrine

Au niveau du poste de Kaffrine sur une période d'observation de 30 années, 18 sont déficitaires contre 12 excédentaires par rapport à la moyenne annuelle qui est de 655,04mm. Les anomalies positives oscillent entre +23mm soit 3,5% pour l'année 2009 et +540mm soit une augmentation 82,44% en 2010. Par contre les anomalies négatives varient entre -9mm qui correspond à 1,37% en 2000 et -228mm soit une baisse 34,8% pour l'année 1998.

Par ailleurs si nous prenons la décennie 1984 à 1993, qui peut être considérée comme sèche ou seule l'année 1988 est excédentaire contrairement à la décennie 2004-2013 qu'on peut qualifier d'humide, c'est seulement 2011, 2009 et 2007 qui sont déficitaires.

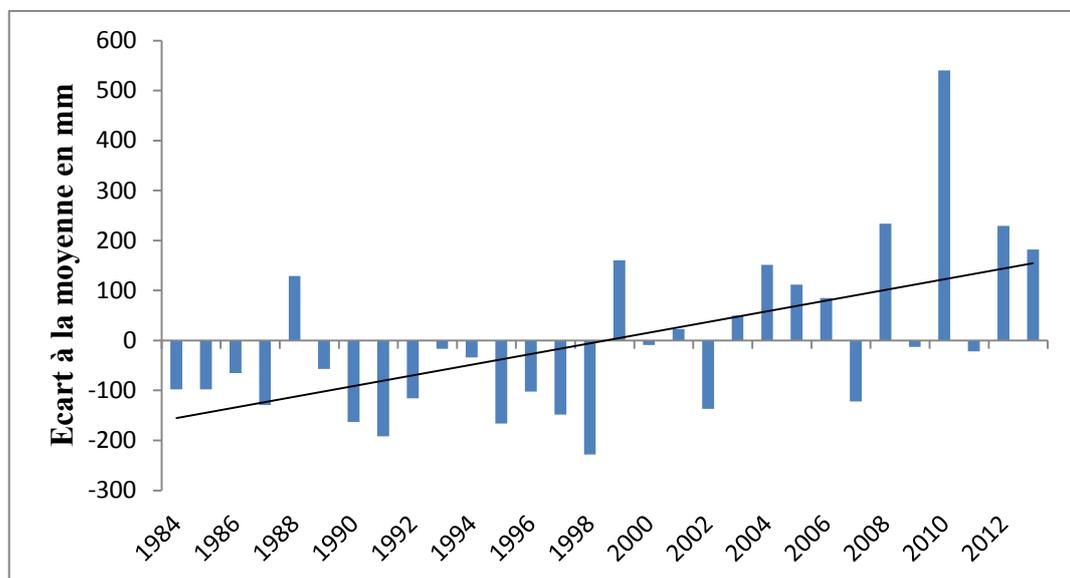


Figure 7 : Ecart à la moyenne à la station de Kaffrine

✓ **Les écarts à la moyenne de la pluviométrie de Kaolack.**

Au niveau de la station de Kaolack, la pluviométrie connaît une variabilité interannuelle en dents de scie, passant d'années excédentaires à des années sèches à années très sèches. Les écarts à la moyenne (625,25mm) sont compris entre -191,35mm soit 50,1% de déficit pour 1998 et +252,5mm qui correspond à un excédent de 30,5% pour l'année 1999. Ainsi pour cette période 17 années sont déficitaires contre 13 années excédentaires par rapport à la moyenne annuelle.

En effet, les années 1999, 2010 et 2012 ont enregistré les apports pluviométriques les plus importants avec successivement 877,8mm, 852,8mm et 849,4mm.

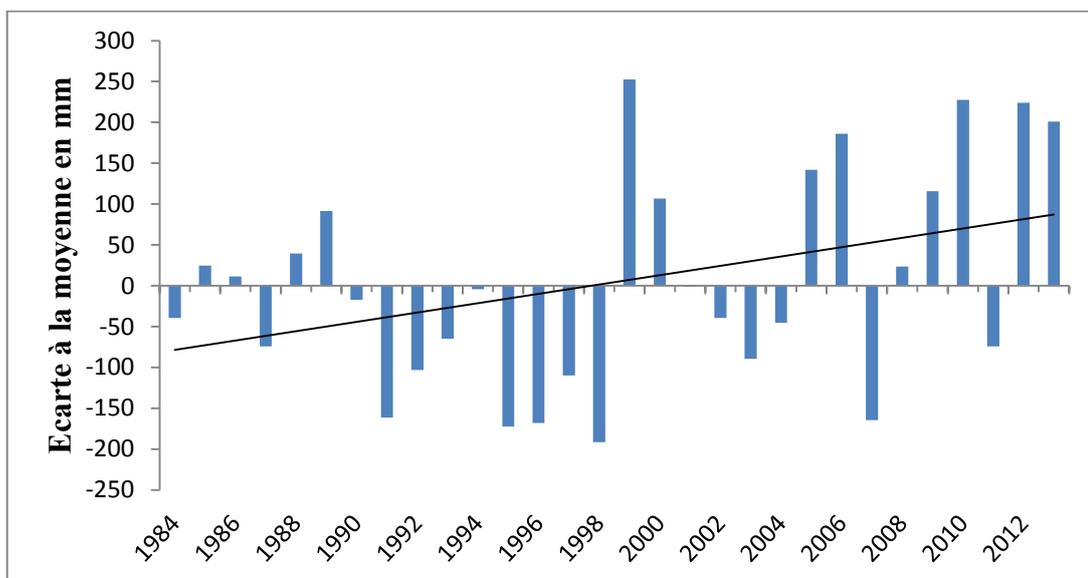


Figure 6 : Ecart à la moyenne interannuelle de 1984 à 2013 à la station de Kaolack

I.3.2.3. Les températures

Les températures de la région de Kaffrine sont relativement élevées et restent influencées par l'insolation, l'humidité relative, la pluviométrie et l'évaporation. Mais la distribution spatio-temporelle reste largement dépendante du rayonnement solaire.

La figure 8, présente les variations moyennes annuelles des températures maximales, minimales et moyennes enregistrées à la station synoptique de Kaolack au cours de la période 1984 à 2013.

L'analyse des températures moyennes annuelles au niveau de la station de Kaolack pour la période 1984 à 2013 montre d'importantes variations au fil des années.

Ainsi de 1983 à 2013 les températures maximales oscillent entre 37,5°C en 1998 et 35,68°C en 1985 avec une moyenne maximale de 36,7°C.

Par contre les températures moyennes minimales au cours de cette période varient entre 23,1°C en 2010 et 21,4°C en 1986 avec une moyenne minimale de 22,2°C.

Ces deux paramètres, températures maximales et minimales vont donner la température moyenne qui fait apparaître un régime thermique tropical, caractérisé par des températures diurnes qui tournent autour de 35 à 37°C pour toute la série. Cette analyse confirme la tendance générale de la hausse des températures. La température des masses d'air caractérise les types de vents qui déterminent les différents types de précipitations, car contenant de la vapeur d'eau libérée par évaporation à partir des océans et des continents.

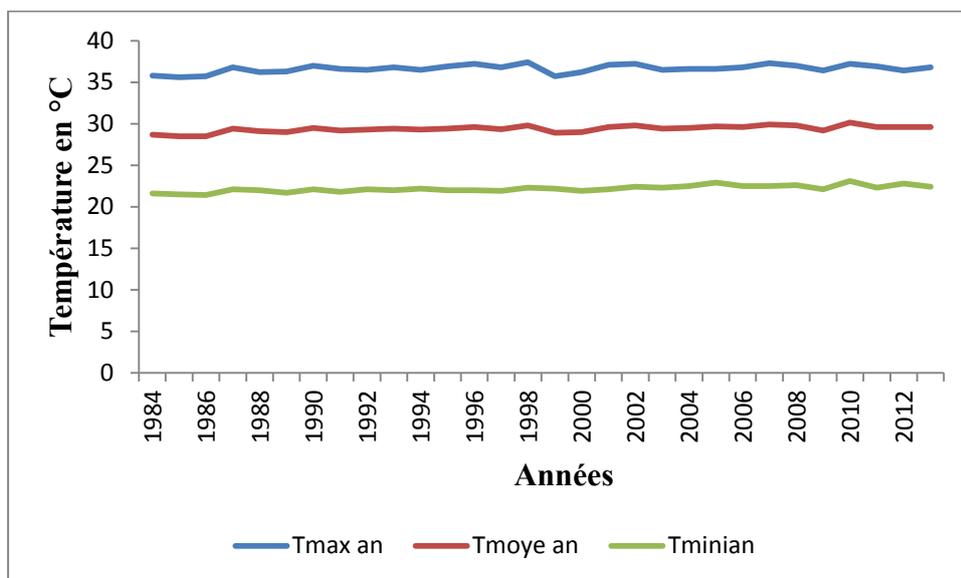


Figure 8 : Evolutions des températures moyenne annuelle, maximales, minimales et moyenne de 1984 à 2013 à Kaolack

I.3.2.4.L'humidité relative

L'humidité relative dépend sensiblement des flux qui balayent la région et des saisons. Considérée, comme le degré hygrométrique du rapport entre la quantité de vapeur d'eau réelle et la quantité maximale admissible au niveau de saturation. La figure 9, présente l'évolution de l'humidité relative au niveau de la station de Kaolack.

L'évolution annuelle de l'humidité de l'air est représentée sur la figure 9 pour la période 1984 à 2013. Cette évolution montre que l'humidité relative maximale est relativement élevée avec une moyenne de 77%. Mais il connaît d'importantes variations qui sont évidemment corrélées négativement avec celles de la température et bien sûr positivement avec celles des précipitations pluvieuses. Il apparaît ainsi que l'humidité relative maximale varie entre 83% enregistrés en 2001 et 63% en 1995.

Ce pendant l'humidité relative minimale reste très faible car elle oscille entre 30% en 1984 et 48,33% en 2002.

En outre l'humidité moyenne de la série connaît des variations significatives ou la décennie 2000-2009 a enregistré les plus forts taux d'humidité moyenne avec respectivement, avec 61,75% en 2005, 61,70% en 2001, 60,85% en 2003 et 60,70% en 2000. Cela s'explique par une pluviométrie relativement normale contrairement à la décennie précédente.

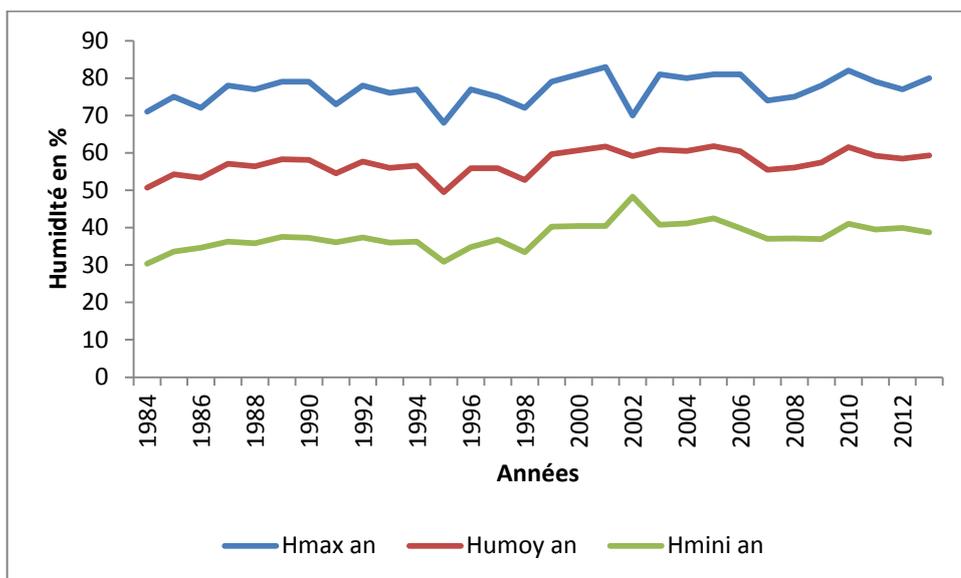


Figure 9 : Evolution moyenne annuelle de l’humidité relative de 1984 à 2012.

I.3.2.5.L’insolation

En raison des nombreuses lacunes observées sur les données relatives à l’insolation de 1984 à 2000 nous avons jugé nécessaire de travailler sur la période allant de 2000 à 2013. La figure 10 présente l’évolution de la durée de l’insolation moyenne annuelle 2000-2013. Comme les autres paramètres climatiques (températures, humidité), la durée de l’insolation varie faiblement d’une année à l’autre entre 3456 en 2001 et de 2872 heures en 2013 pour une insolation moyenne de 3177 heures. Il faut noter que de 2000 à 2003, l’insolation moyenne interannuelle est supérieure à 3250 heures et de 2004 à 2006 elle est inférieure à 2200 heures. En effet, à partir de 2007 à 2009, elle amorce une nouvelle hausse, ou elle est partout supérieure à 3300 heures. Par ailleurs nous constatons que 2011, 2012 et 2013 enregistrent les valeurs d’insolation les plus faibles avec respectivement 2938 heures ; 2916 heures et 2872 heures. Cette forte insolation moyenne caractéristique du milieu tropicale semi aride a une influence significative sur l’évaporation.

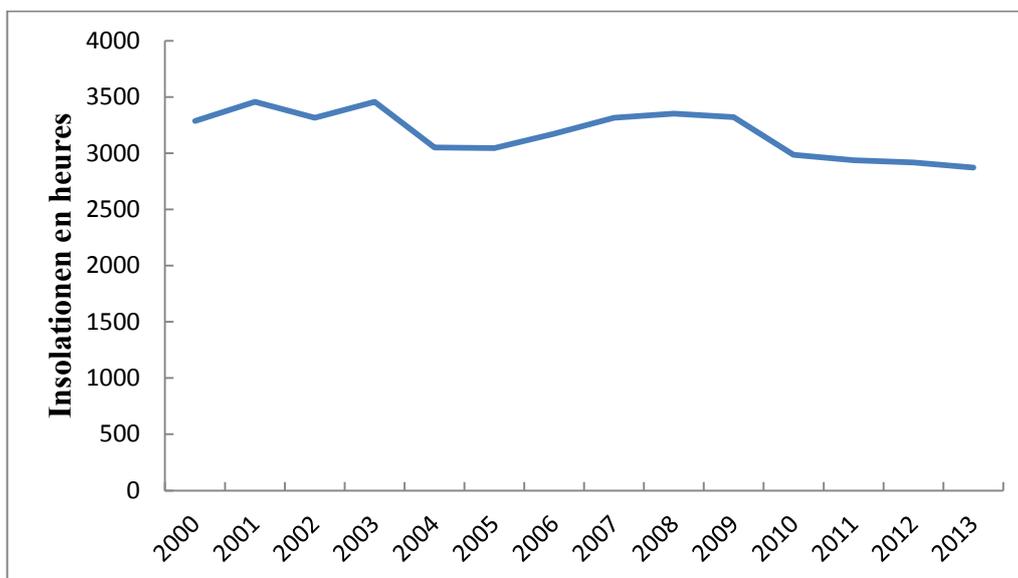


Figure 10: Evolution des moyennes annuelles de l'insolation à la station de Kaolack de 2000 à 2013

I.3.2.6.L'évaporation

L'étude de l'évaporation dans la zone est très importante car elle demeure parmi les paramètres qui contribuent fortement à la dessiccation des sols. L'analyse du graphique montre que l'évaporation est restée globalement importante avec une moyenne de 1862mm pour toute la série d'observation. Cette étude révèle que les années 1984 et 2012 ont enregistré les valeurs d'évaporation les plus élevées avec respectivement 2114,7mm et l'année 2012 avec 2110,2mm. Par contre les années 2000 et 2001 qui ont connu les plus faibles quantités avec respectivement 1554,1 mm et 1638,9 mm.

Ainsi, pour toute la série à l'exception de l'année 2000, toutes les autres années ont connu une évaporation supérieure à 1600 mm. De ce fait ; rappelons la région appartient au domaine climatique soudano-sahélienne à pluviométrie variant entre 800 et 900mm soit la moitié de l'évaporation. Avec une pluviométrie moyenne de 655mm et une évaporation moyenne de 1862mm soit le triple des précipitations, démontre parfaitement la rudesse du climat sur les ressources naturelle de la région.

L'importance du climat se mesure pour la plupart des cas, par son influence sur l'hydrographie et donc par conséquent sur la végétation, l'homme et les animaux

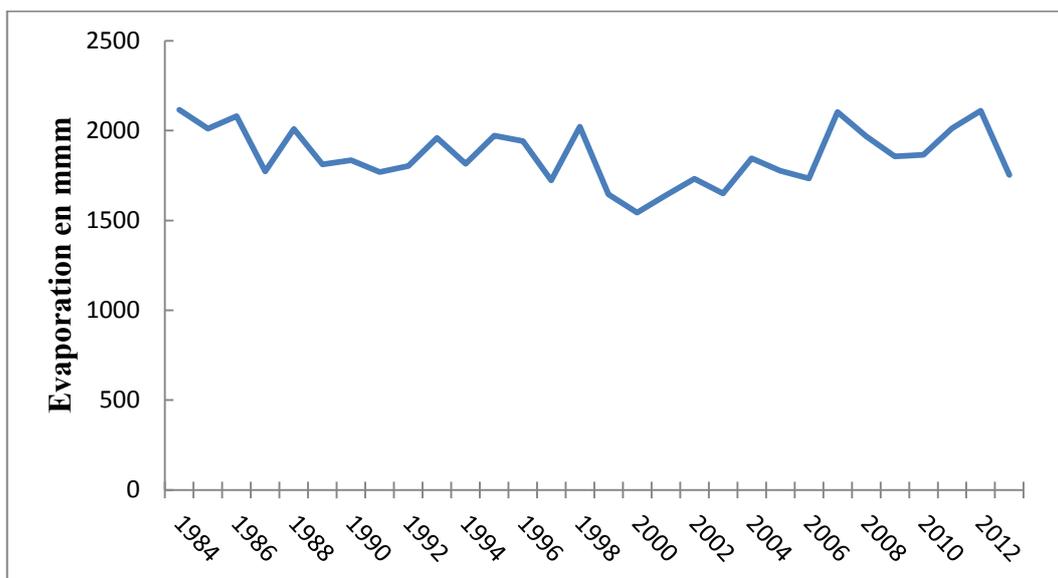


Figure 11 : Evolution moyenne annuelle de l'évaporation au niveau de la station de Kaolack

I.4.1. Les ressources hydriques

Les ressources en eaux sont représentées par les eaux de surface et les eaux souterraines ou des nappes

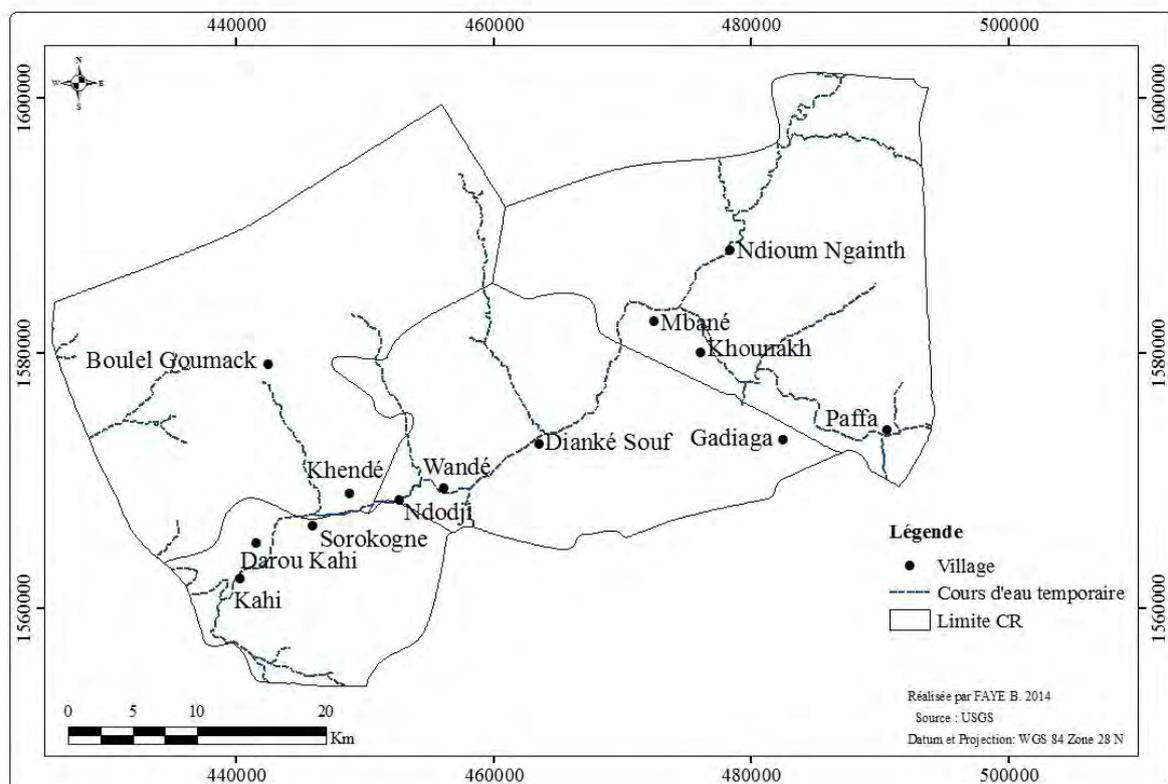
I.4.1.1. Les eaux de surface

Le réseau hydrographique du milieu d'étude est constitué essentiellement du cours principal du Saloum et de ses affluents. Le fleuve Saloum est considéré aujourd'hui comme un cours d'eau aux écoulements intermittents, car alimenté en eau douce par les eaux pluviales de la zone soudano-sahélienne. En effet, la nature de certains facteurs comme le relief (plat), la lithologie (roche perméable), et la pluviométrie irrégulière concourent à l'absence d'un réseau hydrographique pérenne. Ainsi, pendant l'hivernage, la vallée est envahie par les eaux de ruissellement. Mais la faiblesse des écoulements superficiels font qu'aujourd'hui le réseau hydrographique est constitué par une série de vallées fossiles entre Kaffrine et Paffa (carte 3). Cette vallée constitue depuis longtemps le lieu de convergence des eaux de ruissellement en saison pluvieuse. Elle est aussi alimentée par des écoulements hypodermiques, mais l'engorgement de la nappe superficielle fait que l'eau stagne au niveau des mares. La vallée est parsemée d'une cinquantaine de mares comme celle de Wandé, Tip saloum (CR de Dianké souf), djenwi à Khendé (CR de Boulel) ; Agnagne, Sanou ; Ndiorba ; Bantang (CR de Ndioum Ngainth sur l'axe Paffa Gadiaga) etc.

Du fait d'une alimentation typiquement pluviale, la vallée commence à se remplir dès les premières pluies de l'hivernage à cause d'un ruissellement intense. Mais dès la saison sèche, ces

différents ruisseaux et mares subissent des pertes hydriques intenses dues, d'une part à l'infiltration et d'autre part à l'évaporation qui conduisent à leur tarissement. Leur fonctionnement hydrologique dépend largement de la quantité pluviométrique. C'est pourquoi Kane et al (2007) considèrent que les zones centres ouest sont aréiques, les écoulements sont sporadiques ou nuls, et se font dans un important réseau de vallées fossiles. L'eau stagne dans les zones les plus basses de la vallée jusqu'à Décembre Janvier. Durant cette période, elles offrent différentes opportunités aux populations comme l'abreuvement du bétail et les cultures de contre saison. Elles constituent des sources d'alimentation de la nappe phréatique.

Carte 3 : Réseau hydrographique



I.4.1.2. Les eaux souterraines

Exploitées traditionnellement en complément des eaux de surfaces, les ressources en eau souterraine de la région de Kaffrine n'ont été véritablement mises en valeur que depuis quelques décennies. Cette mise en valeur est due d'une part, à la poussée démographique, donc à l'accroissement constant de la demande en eau et d'autre part, au déficit pluviométrique observé depuis le début des années 1970 qui a provoqué un abaissement du niveau des nappes superficielles, un tarissement précoce des points d'eau traditionnels.

En effet, d'après le chef de service des eaux et forêts (1995) cité par Thiaw (2009) et la direction de l'hydraulique (2000) la région de Kaffrine comprend 4 acquifères : la nappe phréatique, la nappe du Continental Terminal, la nappe des sable de l'Eocène et la nappe Maëstrichtienne. Ces différentes nappes exploitées par des forages, ont des potentiels et des comportements hydrogéologiques différents (tableau 5).

✓ **La nappe Maestrichtienne**

La nappe maestrichtienne qui est la plus importante est exploitée dans la région à des profondeurs variant entre 300 et 350 m. C'est une importante nappe captive généralisée plus ou moins fossiles. Les réserves sont estimées à 40 milliards de m³ permettant en certains endroits une exploitation avec de grands débits par les forages de Boulel, et de Dianké souf. La qualité chimique est bonne à l'exception d'une bande à l'Ouest d'une ligne Louga-Kaolack où les teneurs en sels dissoutes peuvent dépasser 1.5g/l

✓ **La nappe de l'Eocène**

L'éocène qui comporte une nappe plus ou moins importante et dont l'exploitation est localisée par endroit à travers le département et avec une profondeur qui varie entre 100 et 200m. Par rapport aux autres nappes nous constatons que son extension est plus réduite et limitée à partie du milieu.

✓ **La nappe du Continental Terminal**

Cette nappe, qui est présente dans toute la région joue un rôle d'alimentation des villages. C'est une nappe libre contenue dans une formation à dominante sableuse et argilo-sableuse. Localisée à quelques dizaines de mètres, elle constitue une source d'eau très sollicitée dans les villages. Elle est la source d'approvisionnement de certains forages de la région comme celle de Kahi. Mais malgré des débits faibles de 50000m³ /jour (SGPRE 2001) et ses profondeurs variables, le Continental Terminal renferme des ressources considérables « En débit spécifique, les meilleurs zones sont celles de Kaffrine-Nioro du Rip (...) (de 10 à 20m³/h par mètre de rabattement » (SGPRE 2001).

En outre, la nappe permet de satisfaire les besoins en eau des populations rurales et le maintien de la végétation, mais il se pose un problème de renouvellement. En effet, la recharge est assurée d'une part par l'infiltration et les nappes sus-jacentes.

✓ La nappe phréatique

Elle a une profondeur de quelques dizaines de mètres, est essentiellement exploitée dans les communes par des puits. Cette nappe est logée dans une formation sableuse et sablo-argileuse et alluvionnaire de la vallée. Cet acquière a un comportement hydrologique saisonnier de sa profondeur qui varie selon la saison sèche ou pluvieuse. Ces variations sont dues au fait que l'alimentation de la nappe est tributaire du régime pluviométrique.

Ainsi pendant l'hivernage avec une pluviométrie normale ou excédentaire nous assistons à une remontée de la nappe le long de la vallée. En saison sèche, avec la forte reprise par évaporation et par évapotranspiration des végétaux, ajoutés à l'exploitation par les populations, nous assistons à une augmentation conséquente de la profondeur de la nappe. En plus de ces différents facteurs, nous avons aussi la recharge des aquifères sous-jacents notamment le Continental Terminal.

Tableau 5 : les différentes nappes exploitées dans les communes traversées par la vallée

Communes	Aquifères	Profondeur /m	Niveau statique/m	Débit(Q) m/h	Rabattement (m)	pH	Conductivité
Boulel	Eocène	126	53,2	8,3	1,00	6,8-8,3	99,66-3550
	Paléocène	119	15	60	5,2		
	Maestrichtien	312	40	36	6,2		
Dianké souf	Eocène	111	38,2	10	21	4,9-	99,66-3550,04
	Maestrichtien	334	25	48	7	8,3	
Kahi	CT	79,5	51	50	4	6,8-	99,66-604,06
	Oligo-miocène	79	47,5	ND	ND	7,06	
	Eocène	65	27	ND	ND		
	Maestrichtien	332	6,5	93,5	9,6		
Ndioum Ngainth	Oligo-Miocène	79	46,5	45	5	6,8-	99,66-3550,04
	Maestrichtien	321,5	17,5	62,5	24	8,3	

Source : DGPRE, 2013

I.5. Les sols

« Les sols sont des corps naturels indépendants, dont chaque individu présente une morphologie particulière résultant d'une combinaison spécifique du climat, de la matière vivante, de la roche, du relief et de la durée d'évolution. La morphologie de chaque sol tel qu'elle se manifeste dans le profil, reflète l'effet combiné d'une série de facteurs génétiques déterminant son développement. » Dokuchaiev 1867 in Maignien 1968

Les formations pédologiques qui se sont développées le long de la vallée, sur le Continental Terminal sont fortement influencées par les différents facteurs du milieu, qui ont orientées la pédogenèse. Ainsi, les sols provenant de ces formations détritiques de la fin du tertiaire comportent des niveaux de lentilles de sable, des bancs d'argile kaolinique et des gravillons ferrugineux (Thiaw 2009). Il s'agit de formation détritique comportant de nombreuses variations de faciès allant de l'argileux au gréseux.

En effet, la combinaison de ces différents facteurs permet de distinguer, 4 types de sols le long de la vallée : les sols ferrugineux tropicaux (« Deck », « Dior ») les sols rubéfiés polyphasés, les sols hydromorphe et les lithosols (carte 2);

I.5.1. Les sols ferrugineux tropicaux

Ils sont très répandus le long de la vallée et sont localisée sur toute la partie Nord de la vallée sur les bas plateaux et les plaines de Darou kahi en passant par Ndamol Mboul, jusqu'à Khourou Loumbi et au Nord de Ndioum Ngainth. Ces sols ont des profils A-B-C bien tranchés avec un horizon B de couleur.

Au niveau de la partie supérieure qui correspond à l'horizon A, est colorée en gris ou en gris noir et s'assombrit davantage à l'état humide. Cependant les horizons de profondeur sont plus clairs. Au plan superficiel, la texture de ces sols est sableuse à cause du lessivage de l'argile qui s'accumule dans les horizons profonde en formant un horizon colmaté. La classification des sols ferrugineux tropicaux se fonde sur l'intensité du lessivage de l'argile et du fer de la surface vers la profondeur. Ainsi l'intensité du lessivage de l'argile et du fer nous permet de faire une combinaison selon la classification française.

-Selon le Bureau Pédologique Sénégal (BPS 1998) les sols « dior » correspondent aux sols dont les 40 premiers centimètres sont dominés par les classes texturales sableuses et sablo-limoneuses avec moins de 10% d'argile. Ils sont localisés sur le bas plateau et le haut glacis au Nord de Kahi et de Khendé, à Diaglè et à Selly

-Les « diors-deck » sont caractérisés par une texture sablo-limoneuse (avec plus de 10% d'argile) ou limoneuse très sableuse (avec moins de 15% d'argile) dominant dans les 40 premiers centimètres.

-Tandis que les « deck-diors » sont des sols aux classes texturales limono-sableuses, limoneuses très sableux (avec plus de 15% d'argile) dans les 40 centimètres de l'horizon supérieur.

-Quant aux « deck », ils correspondent aux sols dominés par les classes texturales limono-argileuse, limono-argilo-sableuses, argilo-sableuses et argilo-limoneuses avec un taux d'argile relativement important.

I.5.2. Les sols hydromorphes

Ces sols sont relativement jeunes et marqués à la fois par des inondations saisonnières et de forte fluctuation de la nappe phréatique. Ils se situent dans les parties les plus basses de la toposéquence précisément dans le thalweg de la vallée. Ils constituent donc, des sols dont l'évolution est profondément liée à la présence dans le profil d'un excès d'eau, au moins pendant une période de l'année. Ils couvrent des localités comme Sud Ouest de Khendé, Wandé, entre Kaffrine et Kahi, Ndioum Ngainth, ndioum Ndaw, et Geoul saloum etc. Ces sols à pseudo-Gley dans les bas-fonds de la vallée reposent sur des colluvions sableuses. Ils sont de couleur noire avec une épaisseur variable pouvant atteindre 30 à 40 cm et passe en profondeur à des horizons de sable blanc bariolé de trainés ferrugineuses (Magnien 1965). Les 40 premiers centimètres sont dominés par les classes texturales limono-argileuses, limono-argilo-sableuses et un taux d'argile relativement élevé (BPS 1998).

En fonction de leurs teneurs en matières organiques, nous distinguons trois (3) sous types (BPS 1998) :

-les sols hydromorphes organiques contenant 20 à 30% de matières organiques.

-les sols hydromorphes moyennement organiques contenant de 6 à 12-15% de matières organiques

-et en fin les sols hydromorphes à minéraux.

L'une des caractéristiques fondamentales de ces sols est leur forte capacité de rétention en eau due à l'argile sous forme de kaolinite. Pendant l'hivernage les sols hydromorphes restent engorgés d'eau à cause de leur position topographiquement basse.

Au plan agronomique les sols hydromorphes sont extrêmement riches, car localisés dans des lieux d'accumulation de la matière organique et des éléments minéraux amenés par les eaux de ruissellement.

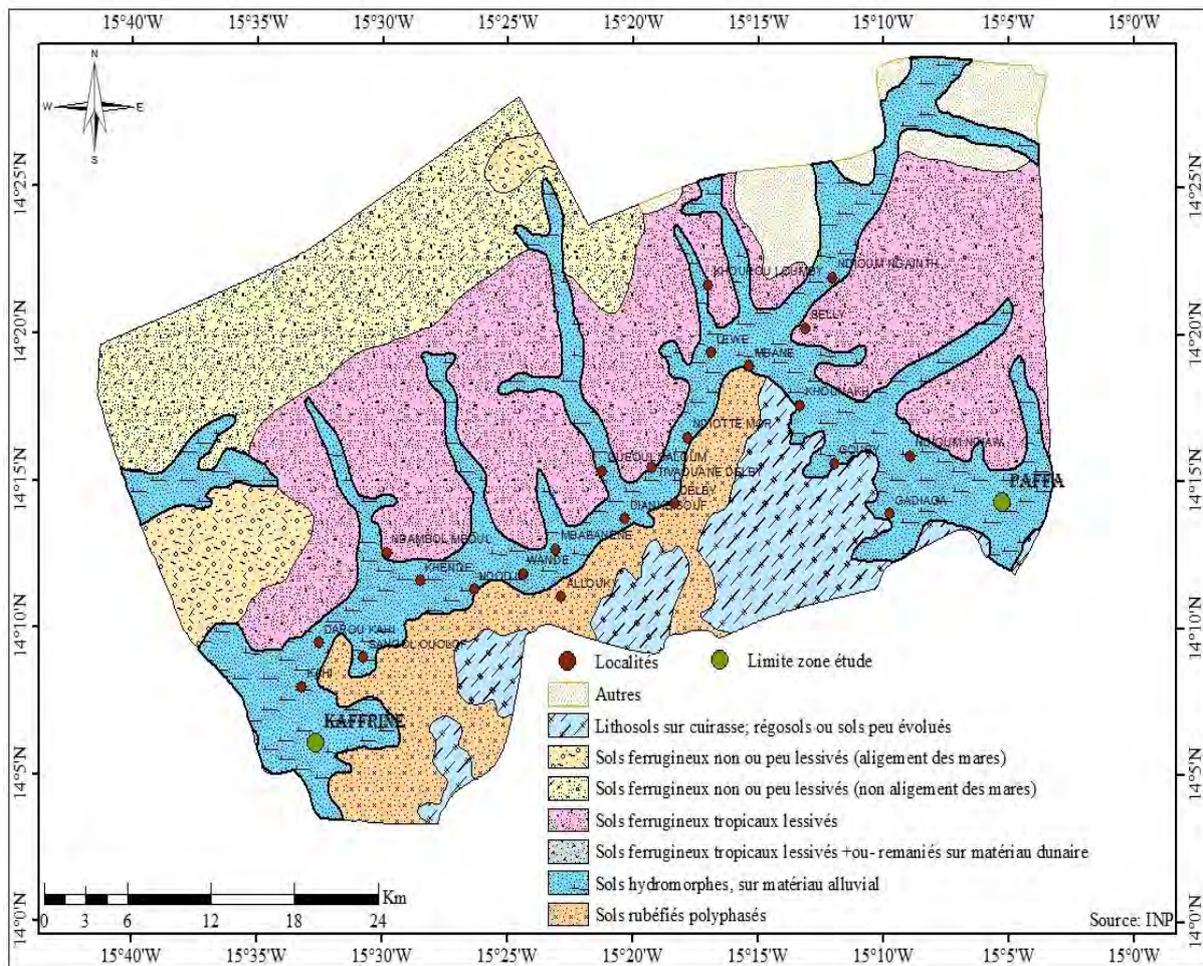
I.5.3. Les lithosols

Les lithosols ou sols peu évolués d'apport sont localisés dans les milieux exondés notamment à l'Ouest de l'axe Khounakh-Paffa sur le plateau. Ils sont pour la plupart d'anciens sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion ou à cuirasse, dont les horizons superficiels, meubles, ont été décapés par l'érosion hydrique (R. Maignien 1965). Leur profil présente un horizon superficiel rouge-jaunâtre. Ils comportent une forte charge gravillonnaire et reposent sur une cuirasse latéritique. Ils sont saturés d'eau pendant la saison des pluies et sont très sensibles au lessivage oblique. Du fait de leur faible épaisseur ils sont inaptes à la culture et servent de parcours pour le bétail.

I.5.4. Les sols rubéfiés polyphasés

Ces sols renferment des caractères pédologiques peu ou pas compatibles entre eux, qui sont, soit juxtaposés soit superposés. Autrement dit, leur formation s'est effectuée par une succession de deux ou plusieurs phases pédogénétiques et autant d'environnement distincts (M. Campy et al 1989). Ils se sont formés sur des matériaux restés à l'affleurement pendant un temps assez long. Ils occupent le bassin versant sud de la vallée et les interventions humaines ont porté leurs empreintes sur l'arrêt ou le renouvellement de la pédogenèse. Ce type de sols se rencontre dans la partie Est de Kaffrine, de Sangol, au Sud de Ndodj, et aux alentours d'Alouki et le Sud de Dianké Souf.

Carte 4. Carte des sols le long de vallée du Saloum



I.6. La végétation

Au Sénégal, le climat est le premier facteur de la répartition des paysages ensuite les conditions édaphiques et topographiques. Selon Ndiaye et Benga (2007), la première conséquence de cette répartition climatique est la disposition zonale des grands domaines phytogéographiques interrompus seulement par quelques formations zonales dans les vallées et le long de la côte. La région de Kaffrine partie intégrante du domaine nord soudanien ou sahélo-soudanien présente des formations végétales fortement influencées par des facteurs écologiques et anthropiques (carte 3).

La végétation est caractérisée par une savane arborée et arbustive.

I.6.1. La savane arborée

La strate arborée est essentiellement composée par des *cordyla pinnata* (dimb), *steruculea setigera* (mbep), *tamarindus indica* (dakhar), *sclerocara birrea* (ber), *annogneissus leopcarpus*

(nguediane). Cette arborée s'étend du nord de Wandé et de Mbabaneme à l'Oust et à l'Est de Geoul Saloum. On le retrouve aussi dans les secteurs de Ngodiba et au niveau des bas-fonds de Paffa. Mais la densité est plus forte dans les forêts classées comme celle de Kassas tout à fait au nord-ouest de Kahi et les réserves qui servent de parcours pour le bétail, tandis que les terres de culture forment un parc à *cordyla pinnata* ou de *sterculia setigera* (Thiaw 2009)). Avec leur exploitation abusive par les populations et le développement des terres cultivées et la péjoration des conditions climatiques, cette végétation naturelle se dégrade de plus en plus.

I.6.2.La strate arbustive

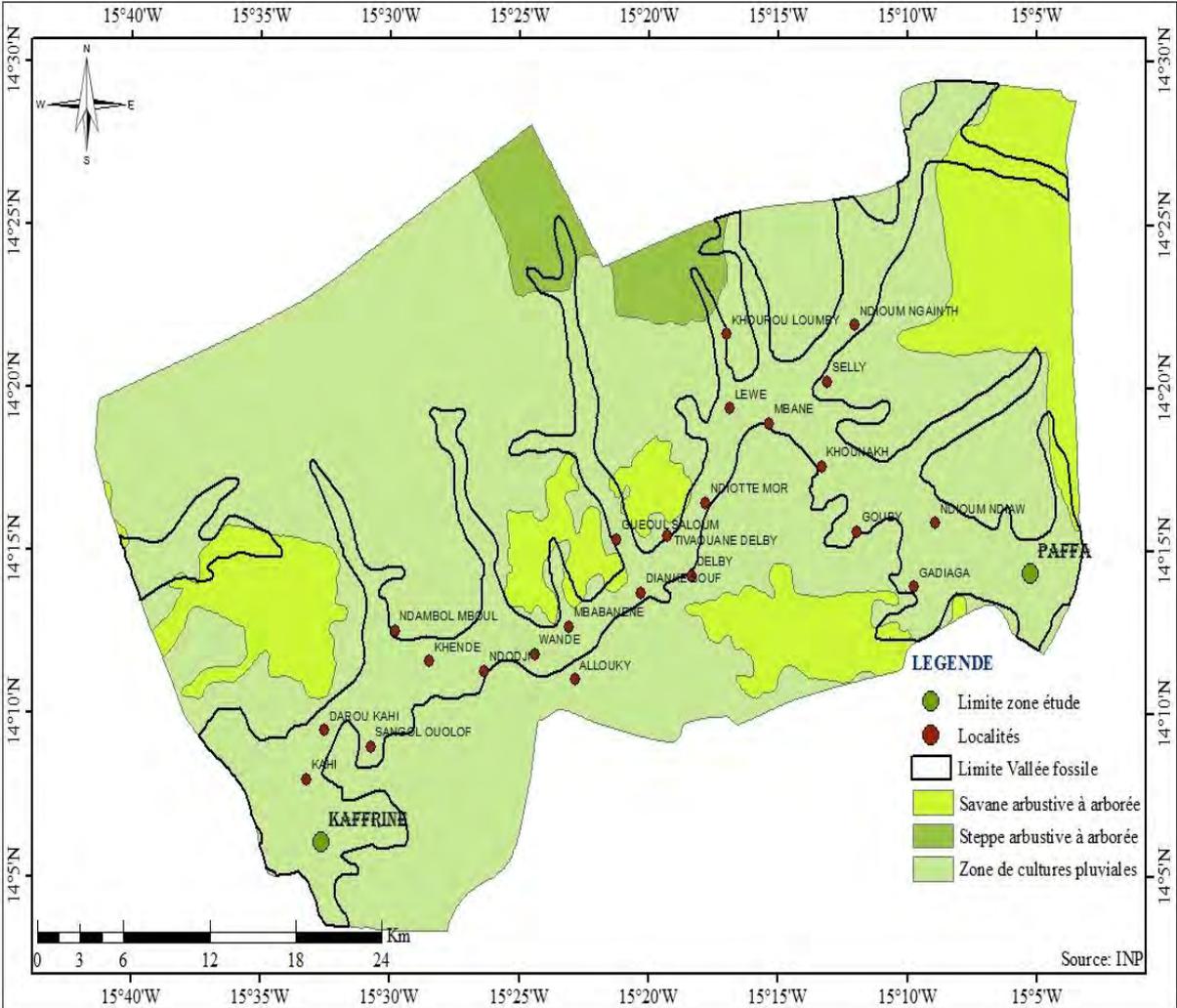
La strate arbustive est peu dense et demeure dominée par des espèces résistant à la sécheresse. Parmi ces espèces on a *combretum glutinosum*, *guiera senegalensis*, *pilostigma thoningi*, *combretum micranthum*. Ce type de formation se retrouve le long du thalweg de la vallée entre Sorokogne et Khendé dans les secteurs entre Selly et Ndioté Mor en passant par Lewé et Darou Mbané. De nombreuses espèces sont exploitées pour leurs vertus thérapeutiques ou comme bois de chauffe.

I.6.3.La strate herbacée

La strate herbacée, par sa saisonnalité verdoyante en saison pluvieuse, elle s'assèche et jaunit en saison sèche. Cette dernière est très diversifiée et dominée par des graminées telles que *Pennisetum sp*, *Eragrostis spp*, *Dactyloctenium aegyptium*, *des andropogones* et la famille des légumineuses particulièrement *cassia Tora*. Ces différentes espèces font l'objet d'une exploitation alimentaire pour le bétail et de matériau de construction pour les habitations.

En dehors de cette classification azonale qui est fonction des conditions climatiques et des influences anthropiques, la distribution de la flore est aussi caractérisée par les variations topographiques et les unités géomorphologiques.

Carte 5. Carte de la végétation le long de la vallée



Chapitre II. Le cadre humain

La population de la région a fait l'objet de nombreuses études notamment Dubois et Péliissier qui ont étudié le peuplement dans cette partie du Saloum. Les données relatives aux caractéristiques de la population sont extraites dans SES (situation économique et sociale) de Kaffrine ainsi que les PLD des trois communes et du PIC de Kaffrine.

II.1. Le peuplement

Le peuplement d'une région est indubitablement lié à des motivations économiques, si les facteurs physiques sont en conformité avec l'épanouissement humain. L'occupation de la région remonte depuis les origines du royaume du Saloum, dont l'état vassal le plus important était le Ndoucoumane fondé par la famille des Ndao originaire du Boundou (J-P.Dubois 1975). Mais, depuis presque un siècle, la région fait l'objet d'une colonisation agricole intense des wolofs et des sérères du vieux bassin arachidier. Elle offrait des conditions favorables, un relief dominé par la platitude, un climat non moins sévère et des terres faciles à travailler. Sur un front de 150 km, du Djoloff au Saloum, la forêt a reculé vers l'Est de plusieurs dizaines de kilomètres, abattue par des défricheurs pénétrée par le rail et les routes, et s'est peuplée de plusieurs villages sédentaires (...) Pelessier 1966. Avec l'arrivée du rail à Kaffrine en 1914 ; à partir de 1920, en relation avec la hausse des cours de l'arachide, la région commence à être balayée par l'expansion pionnière des wolofs du Baol et du Cayor, animée par le mouridisme (J-P.Dubois 1975).

En effet, à partir de 1934, la colonisation a pris un nouveau tournant notamment avec l'arrivée des sérères du Sine dans le but de décongestionner le vieux bassin. Ils seront suivis par les travailleurs saisonniers venus de la sous région, particulièrement les bambaras. Ces vagues migratoires ont continué jusqu'au début des indépendances.

II.2. Les caractéristiques démographiques

L'étude des données démographiques des communautés rurales de Kahi, de Boulel, de Dianké souf de Ndioum ngainth et de la commune de Kaffrine nous ont permis d'avoir non seulement l'effectif de la population, sa structure, sa composition mais aussi sa répartition dans le temps et dans l'espace .En effet, la population de la zone est estimée à 114663 habitants en 2010 (ANSD 2010). Elle est composée de 56614 hommes soit 49,2% et 58049 femmes soit 50,8%. On constate une légère dominance de la population féminine .

II.2.1. Répartition par âge et par sexe

La répartition de la population par âge laisse apparaître le caractère jeune de celle-ci. La tranche d'âge de moins de 15ans est majoritaire avec 49,41% de la population. Ce pendant les personnes du troisième âge sont faiblement représentées et ne concernent que 8.6% de la population.

En outre, l'analyse démographique permet de se rendre compte que le sexe ratio est favorable aux femmes qui représentent 57.43% contre 46.52% pour les hommes. Toutefois cette légère supériorité des femmes plus visible chez les tranches d'âge 5 à 14ans et 30 à 49ans.

II.2.2. Appartenance ethnique

Sur le plan ethnique la population est majoritairement wolof. En effet le peuplement de la totalité des villages et de la commune est dominé par les wolofs qui représentent 81,17% de la population totale, ensuite suivent les Peuls et les sérères.

II.2.3. La mobilité de la population

La population de ces différentes localités est extrêmement mobile à cause de la dégradation de leurs conditions de vie. La situation agro-climatique défavorable de ces dernières années et le manque d'eau ont contraint une partie de la population à la migration. Cette migration revêt le plus souvent un caractère saisonnier après la saison des pluies et permet aux migrants de contribuer aux charges familiales. Ainsi les principales destinations sont des villes comme Dakar, Touba, Kaolack et vers l'étranger

Conclusion partielle

La vallée du Saloum appartient au vaste ensemble du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien recouvert par les dépôts du Continental Terminal. L'évolution de ces formations géologiques a en effet donné différents types de sols retrouvés un peu partout dans la région. Ce bassin abrite d'importantes aquifères avec d'énormes potentialités hydrogéologiques. Ce pendant l'absence d'un réseau hydrographique pérenne due à des conditions climatiques très irrégulières explique parfaitement le recul de la biodiversité dans la région.

Par contre, les conditions agricole et pastorale qu'offre la région sont très favorables, à l'épanouissement de la vie humaine. C'est pourquoi, la croissance démographique de la population ne cesse d'augmenter depuis ces dernières décennies. En plus, la région fut le point de convergence de plusieurs migrants agricoles venus des régions du Nord à la recherche de terres fertiles.

Chapitre III : Les activités socio-économiques.

Les principales activités économiques de la région restent dominées par l'agriculture, l'élevage, le commerce etc.

III.1.L'agriculture

L'agriculture qui occupe plus de 80% de la population active demeure comme le levier fondamental de l'économie de la région. Elle se développe grâce à un régime foncier adapté et des types de sols aptes à supporter ces différentes spéculations.

III.1.1. Le régime Foncier

Dans la région, les droits d'acquisition des terres de cultures étaient de deux types : le droit de feu et le droit de hache. Mais aujourd'hui l'héritage et l'emprunt constituent les principaux modes d'acquisition des terres. La gestion du foncier relève des compétences du conseil rural. L'accès à la terre selon le genre montre que les femmes n'ont pas véritablement accès aux terres de cultures sur le plateau. L'agriculture de plateau et l'élevage sont réservés aux hommes et le maraîchage aux femmes.

III.1.2. Valeur agricole des sols

Les sols ferrugineux peu ou pas lessivés accueillent l'arachide, le mil et le niébé. Ils sont aussi favorables à l'arboriculture et le maraîchage. Du fait de leur texture sableuse et de leur faible teneur en matières organiques, ces sols sont chimiquement pauvres et sont pratiquement acidifiés par les effets de la disparition de la jachère.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les Deck, conviennent à une gamme plus large de cultures du fait de leur plus grande richesse minérale mais aussi au fait qu'ils sont localisés dans des milieux pourvus en eau. Ces sols sont très propices aux cultures maraîchères et arboricoles. Ils conviennent au mil, à l'arachide, au maïs, au sorgho au riz pluvial. Leurs dessous argileux favorisent leurs inondations pendant l'hivernage. Ils abritent aussi d'importants pâturages

Les lithosols, caractérisés par leur forte charge gravillonnaire, sont représentés par des capacités agricoles et pastorales relativement limitées. Ces sols, du fait des pratiques culturales inadaptées et de l'intensité de l'érosion éolienne et hydrique, sont relativement dégradés.

III.1.3. Les principaux types de cultures

La variété des sols et le climat de la région sont des facteurs propices au développement de plusieurs spéculations agricoles. En effet, le paysage agraire montre une mise en valeur des

sols, avec l'utilisation de plusieurs cultures. Nous avons le mil (*Pennisetum*), le sorgho (*Sorghum bicolor*), l'arachide (*Arachis hypogaea*), le niébé (*Vigna sinensis*), etc.

-Le mil ou *Pennisetum glaucum* : aliment de base de la population, occupe plus de 63 000 ha des superficies cultivées. Ce produit céréalier est idéal pour les zones arides. Car ces graines peuvent survivre longtemps sous terres en attendant la pluie.

-L'arachide ou *Arachis hypogaea* : principale culture de rente des populations locales occupe plus de 75700 ha de surfaces emblavées ;

-Le niébé ou *Vigna sinensis* (niébé) constitue plus de 865 ha des terres de cultivées.

III.1.4. Evolution de la production agricole de 2009-2012

La production agricole généralement destinée à la consommation et à la commercialisation, est fortement tributaire de la pluviométrie, des types de sols et des superficies cultivées. En fonction de ces différents paramètres, les productions agricoles ont évolués en dents de scie sur la période 2009- 2012.

De 2009 à 2012, la production du *Pennisetum glaucum* est passée de 69893 t en 2009 à 87783 t en 2010 soit une augmentation de 17890 t pour enfin baissée jusqu'à 44043 t d'où une diminution de 50,17% en 2011.

Sorghum bicolor, a connu sa production plus faible avec 25837 t en 2009 avant d'amorcer une chute considérable avec une production de 22088 t en 2010 et 10571 t en 2011.

Vigna sinensis a la production la plus faible par rapport aux autres spéculations. Elle est évaluée à 1817 t en 2009 avant de chuter jusqu'à 326 t en 2011.

L'*Arachis hypogaea* principale culture de rente occupe la première place en termes de production en passant de 95373 t en 2009, à 224687 t en 2010 soit une augmentation de 135%. Cette forte augmentation de la production de 2010 est à une bonne pluviométrie mais aussi à un accroissement de la superficie emblavée.

Cette forte oscillation de la production des cultures s'explique par la diminution des précipitations, l'érosion des sols, la disparition de la jachère et les difficultés d'accès aux facteurs de production (terre, intrants, matériel...)

Tableau 6 : Evolution de la production agricole et de la superficie emblavée dans le département de Kaffrine et de Malem Hodar de 2009 à 2012

Campagne agricole	Spéculations	Surfaces emblavées (ha)	Production en tonnes
2009-2010	Arachide	93569	95373
	Niébé	3893	1817
	Mil	87205	69893
	Sorgho	25011	25837
2010-2011	Arachide	160112	224687
	Niébé	736	325
	Mil	102033	87783
	Sorgho	22149	22088
2011-2012	Arachide	94460	80096
	Niébé	977	336
	Mil	66495	44043
	Sorgho	15274	10571

Source : DAPS, 2013.

III.2.L'élevage

La vallée du Saloum a toujours joué un important rôle dans la structuration des mouvements pastoraux surtout dans un contexte d'« aridification » du Sahel sénégalais. Ainsi, à coté de l'agriculture, l'élevage constitue la deuxième activité économique dans la région tant par la diversité et l'importance des espèces animales. Cette situation s'explique par le nombre important d'éleveurs peulhs sédentaires, mais aussi par le fait que les populations utilisent généralement des animaux dans les travaux champêtres. En effet, bien avant la colonisation agricole de la région, la partie nord de la vallée était occupée par des campements peulhs (Dubois 1975). Avec l'arrivé des migrants beaucoup ont préféré rester et de cohabiter avec les agriculteurs. Ce nombre important de peulh le long de la vallée explique l'importance de l'élevage dans la région.

Par contre, cette activité n'est pas seulement l'apanage des peulhs, beaucoup de wolofs et de sérères s'adonnent à l'élevage. La valeur économique qu'a ce secteur ces dernières décennies a poussé certains paysans à allier agriculture et élevage. C'est ce qui explique le nombre important de 73537 têtes de petits ruminants. Ainsi, cette activité pastorale est considérée par les populations comme un moyen sûr de réduction de la vulnérabilité des ménages.

Le cheptel est essentiellement composé de bovins, d'équins, de caprins et d'ovins etc.

Tableau 7 : Composition et nombre du cheptel dans la zone

Espèces	Nombre
Bovins	20669
Equins	7281
Petit ruminants	73537
TOTAL	101487

Source ; ANSD 2010

Cependant, ces chiffres cachent une réalité pastorale très importante que constitue la transhumance avec des milliers de bêtes qui viennent chaque année dans la région à la recherche de pâturages. Ces éleveurs venus de la zone sylvopastorale pénètrent par la communauté rurale de Ndioum Ngainth vers les mois de Décembre- Janvier en direction du Sud ou vers la CR de Diank Souf

L'alimentation du bétail se fait généralement à partir de pâturages naturels mais ce nombre important de bétail est à l'origine de la rareté des pâturages d'où le recours des bergers à l'émondage.

Par ailleurs l'insuffisance des couloirs de passages et des zones de parcages est très souvent à l'origine de conflit entre transhumants et populations sédentaires. L'abreuvement du bétail se fait dans des abreuvoirs localisés au niveau des forages tels que Kahi, Boulel et Ndioum ngainth mais en période d'hivernage c'est au niveau des mares

Conclusion partielle

Le secteur primaire occupe une place primordiale dans les activités menées dans ce milieu. Il concentre presque l'essentiel de la population active. Mais malgré les politiques de modernisation du secteur agricole prônées par les autorités sénégalaises, de nombreux problèmes gangrènent le développement de ce secteur dans ces localités.

Car l'analyse des activités socio-économiques fait apparaître les effets des aléas climatiques et de la dégradation des sols. Etant donné que la tendance à la baisse de ces activités ne signifie pas qu'il y'a dégradation des sols, dans la mesure où ce phénomène dépend de plusieurs autres facteurs; principalement de la pluviométrie.

DEUXIEME PARTIE

LES FACTEURS ET LE MANIFESTATIONS DE L'EROSION DES SOLS

L'érosion qui est considérée comme l'arrachage et le déplacement des particules de sols par différents agents que sont le vent et la pluie. L'amorce de ce phénomène dépend de la combinaison de plusieurs facteurs naturels et anthropiques. Pour mieux cerner la problématique de l'érosion nous allons d'abord étudier les différents facteurs de l'érosion et manifestations pour enfin terminer avec les stratégies de lutte et leurs impacts.

Chapitre I : Les causes naturelles de l'érosion.

Dans ce chapitre nous nous intéressons particulièrement à l'érosion éolienne et hydrique. Le choix de ces deux formes d'érosion s'explique par leur représentativité dans tout le bassin arachidier et surtout dans cette partie du Saloum.

I.1. Les facteurs naturels de l'érosion.

Selon le Centre de Coopération Internationale en Recherches Agronomiques pour le Développement (CIRAD 1996), les processus de mobilisation et de transfert sont conditionnés par l'équilibre relatif entre :

- des facteurs agressifs (combinaison pente/gravité, énergie cinétique des gouttes, énergie cinétique des eaux de surfaces, énergie cinétique des particules transportés par le vent) ;
- des facteurs résistants dus aux caractéristiques mécaniques du matériau (cohésion dépendant de la texture, de la structure, de l'état hydrique et du chevelu racinaire et de la stabilité structurale dépendant de la matière organique et du Ph) et dus à l'état de surface (existence d'une couche protectrice, en couvert végétal ou en mulch, rugosité).

Parmi ces différents facteurs nous allons nous appesantir sur les facteurs morpho-pédologiques, climatiques, phytologiques.

I.1.1.Les facteurs morpho-pédologiques.

Ils se subdivisent en deux catégories : la topographie et la nature et l'état du sol.

I.1.1.1.La topographie

En dehors des facteurs climatiques, la pente topographique joue un rôle déterminant dans la dynamique érosive notamment sur le ruissellement. La pente y intervient par sa longueur et son inclinaison :

Dans le milieu d'étude la longueur de la pente au niveau du bassin versant nord, dans les secteurs de Darou Kahi, Ndamol Mboul et Khendé demeure un élément important dans l'accélération de l'érosion au niveau du bas glacis. Ainsi les lames d'eau que le sol n'arrive pas à absorber dans les parties les plus hautes de la toposéquence rejoignent celles de la partie aval entraînant du coup une augmentation de la lame d'eau ruisselante. Cet accroissement de la quantité d'eau à la surface du sol produit un effet abrasif et de destruction des agrégats. L'augmentation de sa vitesse par la gravité arrache aux sols une quantité importante de particules et peut aussi être à l'origine de la concentration des eaux.

La déclivité de la pente topographique est aussi un facteur fondamental dans l'accélération du ruissellement et de l'érosion au niveau des deux bassins versants qui forment la vallée. En effet, l'importance des pentes (6 à 12%) dans le plateau cuirassé et latéritique dans les secteurs de Paffa et de Gadiaga et la faiblesse du couvert végétal, ajoutée à la faible perméabilité des sols augmentent les taux de ruissellement. Ainsi, les eaux de pluie n'auront pas le temps nécessaire pour s'infiltrer. De ce fait, l'eau commence à ruisseler et toute augmentation de la pente accroît la vitesse du ruissellement et de l'érosion. C'est pourquoi Fauck R. en 1964 écrivait « si du fait de la pente, la vitesse de l'eau double, la force érosive est multipliée par 4 et la quantité de terre entraînée est quadruplée (...) ». Ce phénomène est très visible au Sud est et au Nord-est de Darou Mbané où la couverture du sol par des formations de *guiera senegalensis* est incomplète avec des pentes relativement importantes. Par ailleurs, Roose en 1967 à Sefa a pu démontrer un accroissement proportionnel entre quantités de sols érodés sous culture arachidière et la pente topographique (cf tableau 8). Ce tableau donne une idée de l'importance des quantités de sol transporté chaque année au niveau des glacis fortement cultivés dont les pentes avoisinent les 2% à Dianké souf, Ndodj et Sorokogne.

Tableau 8 : L'influence de l'inclinaison de la pente sur l'érosion (Roose 1977)

Pente	Erosion moyenne (t/ha/an)	Ruissellement moyen annuel
1,25%	5	16%
1,50%	8,5	22%
2%	12	30%

I.1.1.2.La nature du sol

Les phénomènes d'érosions hydriques et éoliennes sont fortement influencés par les propriétés physiques et chimiques du sol (stabilité structurale, taux de matière organique et capacité d'infiltration). Selon Roose (1977) « le sol n'est pas indifférent aux forces d'arrachement auxquelles il est soumis (...). La texture des différents horizons, par le biais de la perméabilité, modifie directement l'une des causes de l'érosion : le ruissellement (...) ». Autrement dit, les mécanismes d'érosions par l'eau et le vent dépendent en grande partie de l'état du matériau attaqué, notamment la texture et la structure du sol. Ainsi, l'érodibilité d'un sol dépend de la cohésion des particules qui s'agrègent grâce à des substances tels que la matière organique, les argiles, les matières azotées etc. Par ailleurs, les sols sableux et sablo-limoneux sont sensibles à l'érosion éolienne tandis que les sols limoneux ou argileux dont la capacité d'infiltration est un peu faible sont plus sensibles à l'érosion hydrique. C'est la texture qui nous permet de connaître le degré d'érodibilité des sols. En effet l'instabilité structurale des sols est connue à partir du calcul de l'indice d'instabilité de HENIN (Is) selon la formule suivante :

Dispersion argile (%) + limon (%)

$$I_s = \frac{\text{Dispersion argile (\%) + limon (\%)}}{\text{Agrégats stables (\%)-0,9 sable grossier (\%)}}$$

Agrégats stables (%) - 0,9 sable grossier (%)

Is est d'autant plus élevé que la structure est dégradée, donnant l'effet d'une surface de battance sous l'effet des pluies agressives, la surface du sol devient alors moins perméable. Cette instabilité structurale, s'accroît avec la mise en culture et surtout la monoculture de l'arachide. En 1958, d'après des analyses effectuées par Fournier au niveau de la station de Séfa en Casamance sur des sols ferrugineux a pu démontrer qu'après six années de culture d'arachide la quasi-totalité des éléments constituant la structure du sol sont dispersés. De ce fait Is prend des valeurs comprises entre 1,42 et 1,77 contre 0,40 et 0,57 en première année de culture.

Les sols de la vallée constitués de sols ferrugineux tropicaux lessivés, de sols rubéfiés polyphasés, de sols hydromorphes sur matériau alluvial et lithosols sur cuirasse ou regosols. Ces types de sols ont des degrés de résistance et de sensibilité à l'érosion différents. Ainsi ;

✓ **Les sols ferrugineux tropicaux lessivés**

Ces sols qui occupent toute la partie nord de la vallée de Darou Kahi jusqu'à Selly sont très sensibles à la déflation par le vent et les eaux de ruissellements à cause du faible taux d'argile. Cette sensibilité aux deux formes d'érosions découle de la structure sableuse et sablo-argileuse des horizons superficielles. Selon le ministère de la coopération et du développement, la nette prédominance de la kaolinite dans la fraction argileuse du sol, fait qu'en hivernage les pluies agressives produisent des effets de tassement, de battance et de dégradation de la structure. Cette dégradation se manifeste par une faible cohésion des éléments et une sensibilité accrue à la mobilisation éolienne.

✓ **Les sols rubéfiés polyphasés**

Du fait de l'hétérogénéité des différents éléments qui les composent, les sols rubéfiés polyphasés sont très sensibles au ruissèlement. La formation par endroits, d'un horizon rubéfié et parfois compact bloque l'infiltration et favorise la saturation plus ou moins tôt du sol. Cet engorgement rapide produit une érosion en nappe très intense qui se traduit par un affleurement de l'horizon rubéfié.

✓ **Les sols hydromorphes**

Par rapport aux autres formations pédologiques, les sols hydromorphes sont moins sensibles à l'érosion éolienne et hydrique que les autres types de sols. Cela est dû, à un taux d'argile élevé qui fait que ce type de sol à une stabilité structurale très importante.

Cependant, il faut noter que les hydromorphes ou « deck » sont très sensible au splash à cause de l'importance des particules fines et le colmatage des pores sous l'action de la pluie, ce qui fait que, ces sols sont très propices au déclenchement du ruissellement.

En définitive, admettons que la stabilité structurale de ces différentes formations pédologiques a été profondément modifiée par le climat et les activités humaines.

I.1.2.Les facteurs climatiques

Le climat est le premier facteur d'érosion en milieu tropical semi aride. Parmi ses différents éléments qui interviennent dans la dégradation des sols, nous pouvons retenir la pluviométrie, le vent, la température, l'évaporation et l'humidité.

I.1.2.1.La pluie

Les précipitations reçues au niveau du poste pluviométrique de Kaffrine présentent des intensités fortes, notamment celles liées aux lignes de grains. Considérée comme la hauteur d'eau tombée en une durée déterminée, l'intensité de la pluie joue un rôle à deux niveaux: l'énergie cinétique des gouttes d'eau détruit la structure de la surface du sol ; saturation de la porosité entraînant un refus d'infiltration et les agrégats du sol se désagrègent (CTFT, 1979). Par ailleurs l'énergie cinétique des gouttes d'eaux est le premier élément déterminant dans l'érosivité des pluies. Elle est obtenue par la formule suivante :

$$EC=1/2mV^2$$

EC=énergie cinétique (en joules)

M=masse (kg)

V=vitesse (m/s)

Elle dépend du diamètre et de la vitesse des gouttes. D'après Riou, (1990) le diamètre des gouttes de pluie est très variable, allant de 1 à 5 ou 6mm (pluies tornades) et peuvent atteindre 9mm pour les averses exceptionnelles. Ces gouttes d'eau arrivent à la surface du sol avec une intensité très élevée et par conséquent détache les particules de sols. Ces derniers seront entraînés en suspension ou emportés par le ruissellement qui est d'autant plus fréquent que le sol n'a pas eu le temps de se ressuyer

De ce fait, l'énergie cinétique a une grande part dans le déclenchement des processus d'érosions surtout quand les sols sont dénudés ou quand le couvert végétal est faible.

I.1.2.2.La sécheresse

A l'instar des autres domaines climatiques du pays, cette partie du Saloum orientale est touché par une récession climatique depuis les années 1960-1970 et encore dans les années 1980-1990. Cette précarité des conditions climatiques a rendu les écosystèmes de la région très vulnérables aux phénomènes de dégradation des ressources naturelles.

Durant toutes ces années de régression pluviométrique, le potentiel forestier a profondément souffert avec une diminution très nette des peuplements naturels.

L'observation des données pluviométriques de la station de Kaffrine de 1984 à 2013 nous renseigne sur l'évidence parfait de la sécheresse durant la période 1984 à 1990.

L'analyse de la série révèle que sur les 30 années d'observation, 16 sont déficitaires soit 54%, contre 14 années excédentaires. Ainsi la décennie 1984 à 1993 est la plus sèche ou la région n'a connu que 2 années de pluviométrie supérieure à la moyenne (1985 et 1988), ou toutes les autres années sont déficitaires. Elle est suivie par celle de 1994 à 2003, avec 3 années humides. Ces deux périodes ont connu des années sèches à très sèches comme les années 1984, 1986, 1987, 1990 et 1991 ou les totaux pluviométriques ont fortement régressé.

Par contre la dernière décennie a connu une augmentation sensible de la pluie.

Cette sécheresse persistante a bouleversé l'équilibre naturel en dénudant les sols, ce qui les rend vulnérables à l'érosion éolienne et hydrique.

I.1.2.3. Les vents

Le vent peut être considéré comme un facteur agent dans l'érosion des sols. Il agit sur le substratum par sa vitesse, sa direction et ses variations journalières. L'une des caractéristiques du pouvoir érosif du vent est sans nul doute sa force qui se manifeste à travers sa vitesse. L'efficacité morphologique du vent repose sur une vitesse seuil supérieure ou égale 4m/s, mais aussi sur l'état du couvert végétal et la nature du sol notamment la fraction érodable, la rugosité et l'humidité. Par ailleurs, les vitesses moyennes du vent dans la région, de 1984 à 2013 varie entre 1,6m/s en Septembre et 3,6m/s au mois d'Avril. Ces vitesses croient régulièrement à partir du mois de Janvier jusqu'au mois d'avril avant d'amorcer une baisse sensible à partir de juin (tableau 9). Les vitesses élevées du vent en saison sèche affectent considérablement les sols sableux des glacis et des plaines à granulométrie moyenne. Hors, la fraction érodable du sol est constituée par des particules de sol dont le diamètre est inférieur à 0,84mm et peuvent être transportées par le vent. C'est pourquoi l'érosion éolienne est plus forte dans les zones de cultures notamment les champs d'arachide à sols meubles et sableux qui restent toute la saison sèche à découvert. Ainsi, la partie nord de la vallée est plus sensible à la mobilisation éolienne que la partie sud à cause de la présence dans la vallée de plusieurs formations végétales qui brisent l'action du vent.

La région de Kaffrine est caractérisée par sa continentalité, car balayé en saison sèche par des flux d'Est venant de l'anticyclone saharo-libyen. Ces vent d'Est sont caractérisés par des déficits hygrométriques considérables, ce qui renforce son instabilité et accroît sa vitesse. Arrivés aux latitudes de Kaffrine ils déblaient des sols dénudés et asséchés par les fortes températures qui accompagnent ces flux.

Tableau 9: Vitesses moyennes du vent à Kaffrine de 1984 à 2013

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vm/s	3,2	3,3	3,5	3,6	3,4	3,4	2,6	1,9	1,6	1,7	1,9	2,5

I.1.2.4.La température, l'insolation et l'évaporation

Partie intégrante de la zone tropicale semi-aride à saisons très contrastées, le milieu d'étude est caractérisé par une forte insolation moyenne, plus marquée en saison sèche. Le rayonnement solaire qui conditionne durant cette période les températures et la reprise par évaporation de l'humidité du sol joue un rôle très important dans la dessiccation des sols argileux du thalweg et des bas fonds et la minéralisation de l'humus de la couche superficielle du sol.

Mais, l'assèchement plus ou moins rapide est aussi fonction du type de sol (tableau 10). Les fortes températures dessèchent trop vite les sols sableux notamment dans les champs d'arachide de Darou mbané et le Nord-est de Dianké Souf, dont la couverture en paille ou végétale est faible. Ils entravent l'activité racinaire dans son fonctionnement, minéralise l'humus de la couche superficielle du sol et par conséquent entraîne la formation d'une croûte de battance en son sol limoneux sous l'effet de la pluie et une destruction des sols sableux. (Reijntes. C et al. 1995). Ce phénomène est très présent sur les glacis sablo-limoneux de Khendé avec des sols à texture fine, fortement exploitées à des fins agricole.

L'efficacité de la désagrégation et de la dessiccation est liée d'une part à l'alternance brutale d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche et d'autre part aux successions quotidiennes de dilatation diurne et de rétraction nocturne.

Ces fortes amplitudes thermiques, sont aussi à l'origine du démantèlement de la cuirasse au nord ouest de Paffa par la fissuration des blocs de pierre, ainsi que des fentes de retraits dans les sols argileux des bas fonds.

Tableau 10 : Humidité des sols « dior » et « deck » du bassin arachidier selon Bonfils et Faure 1956

Propriétés	Profondeur en cm	Sol « dior »	Sol « deck »
		% d'eau	% d'eau
24 heures après une pluie 25mm	0 -10	7	8.5
	50	8	11
	100	10	12
3 jours après de 30mm	0 – 10	6	6
6 jours après une pluie de 30mm	0 -10	3	3.5
	50	8	10
15 jours après une pluie de 25mm	0 -10	1.5	1.5
	50	5	6
	100	6	8
2 mois après une pluie de 25mm	0 – 10	0.3	0.8
	50	1	3
	100	4	4.2

I.1.3.La nature et l'état de la végétation

La végétation joue un rôle de fixation de la couche superficielle du sol en augmentant sa perméabilité et du coup l'infiltration mais aussi la matière organique renforce la cohésion du sol. Selon le PNUD (1984), la végétation constitue la meilleure protection contre le vent car elle brise sa vitesse et réduit les surfaces de terrain soumises au vent ; limitant ainsi le processus de saltation. Elle tempère aussi l'énergie cinétique des gouttes de pluies par son feuillage.

Cependant, dans la région la végétation étant clairsemée, avec beaucoup de *cordyla pinnata* dans les champs, des reliques de forêt claire dans les bas fonds de la vallée et un tapis herbacé bien fourni mais qui disparaît en saison sèche. La protection étant faible, le sol reste durant toute la saison sèche découvert sans aucune protection contre le vent. Ce dernier transporte accumule des plateaux aux bas fonds. En début d'hivernage, les précipitations orageuses, avec leur forte intensité se manifestent par véritable prise de masse.

Chapitre II. Les facteurs anthropiques.

L'homme, à travers ses différentes activités agricoles et pastorales participe à bien des égards à la dégradation de son capital pédologique. Cette destruction se manifeste par une pression sur la ressource, des pratiques agricoles inadaptées et le surpâturage.

II.1.La pression démographique

La pression sur les ressources naturelles semble être la réponse la plus adéquate face à une croissance démographique de plus en plus forte. La colonisation agricole dont la région fait l'objet est à l'origine de l'extension des surfaces cultivées. Pendant longtemps, les espaces non cultivés ont pu constituer des réserves qui étaient progressivement exploitées pour répondre à l'accroissement des besoins et absorber une force de travail en augmentation. Mais la croissance continue et rapide de la population depuis les années 1950 s'est traduite par une saturation plus ou moins tôt de l'espace agricole.

De 68153 habitants en 1988, la population vivant le long de la vallée a atteint 114663 habitants en 2010. Ce qui fait une augmentation de 46510 habitants, soit une croissance de 40,5% en 22 ans. Cet accroissement fulgurant de la population a fait que les ressources pédologiques deviennent donc rares tant qualitativement que quantitativement. Cette saturation rapide de l'espace agricole est selon la FAO et le CTA (1994), due à la dégradation du milieu, mais aussi à la part croissante prise par les cultures de rente encouragées par les pouvoirs publics et favorisée par la monétarisation progressive de l'économie domestique. Ils s'y ajoutent, la diffusion de nouveaux moyens techniques (tel que le matériels de culture attelée) qui permettent de réduire considérablement le temps de travail. Depuis quelques années, nous assistons à des défrichements pour la mise en culture de terres marginalement aptes, en raison des contraintes liées à leurs textures, l'hydromorphie ou des problèmes d'accessibilité.

II.2.Les pratiques agricoles

Les enquêtes effectuées sur le terrain durant notre séjour, nous ont permis de mieux comprendre les impacts des pratiques agricoles sur la dynamique de l'érosion. Il s'agit des procédés cultureux, des techniques culturales et des pratiques antiérosives.

II.2.1.Les procédés cultureux

Les résultats obtenus à travers les enquêtes, révèlent que 51% des chefs de ménages pratiquent la rotation des cultures. Cette pratique consiste à alterner des cultures dans un champ

d'une année à l'autre. Mais, cette pratique est parfois bouleversée par les contraintes du milieu ; par exemple les mauvaises campagnes agricoles sont, parfois la cause d'un manque de semences ou un champ qui devait être cultivé d'arachide est remplacé par du mil. Par contre, si les semences sont abondantes, ils peuvent cultiver d'arachide deux ans successifs sur une même parcelle. En effet, 17% de cet échantillon affirment pratiquer l'association des cultures qui leur permet de maximiser les rendements. Il s'agit par exemple de cultiver dans une même parcelle plusieurs variétés de cultures comme de l'arachide plus du niébé. Par contre, 11% d'entre eux laisse un champ se reposer dans le but de reconstituer sa fertilité. Mais cette jachère n'est appliquée qu'au moment où le champ n'est plus productif c'est-à-dire « une jachère obligée ». Or la jachère qu'elle soit naturelle ou améliorée réduit ou annule les pertes dues à l'érosion.

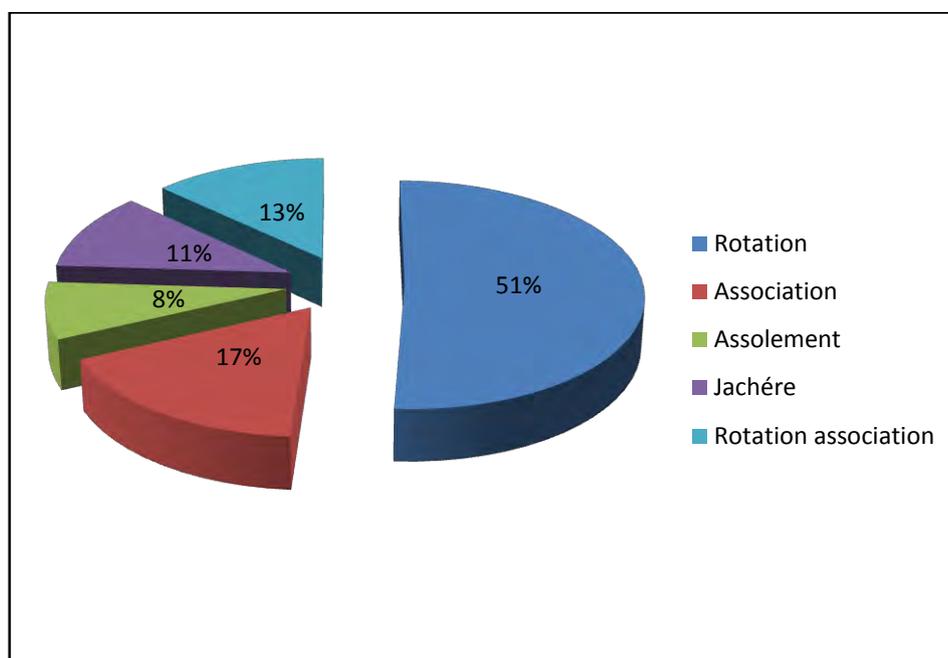


Figure 12 : Les procédés cultureux

II.2.2. Les techniques culturales

Les techniques culturales jouent un rôle ambivalent dans la sensibilité des sols. Ainsi, 47% de la population pratiquent seulement le sarclage, qui consiste à enlever les mauvaises herbes. Le sarclage a un impact négatif dans la couverture du sol car certaines cultures ne couvrent pas entièrement le sol. Au moment de la préparation des champs, 17% de l'échantillon pratiquent le brûlis et 13% l'associent à un labour et 9% seulement avec le sarclage.

En outre le brûlis et le labour peu profond, sur les sols sableux ne font que livrer ces derniers à la forte érosion hydrique du début de l'hivernage.

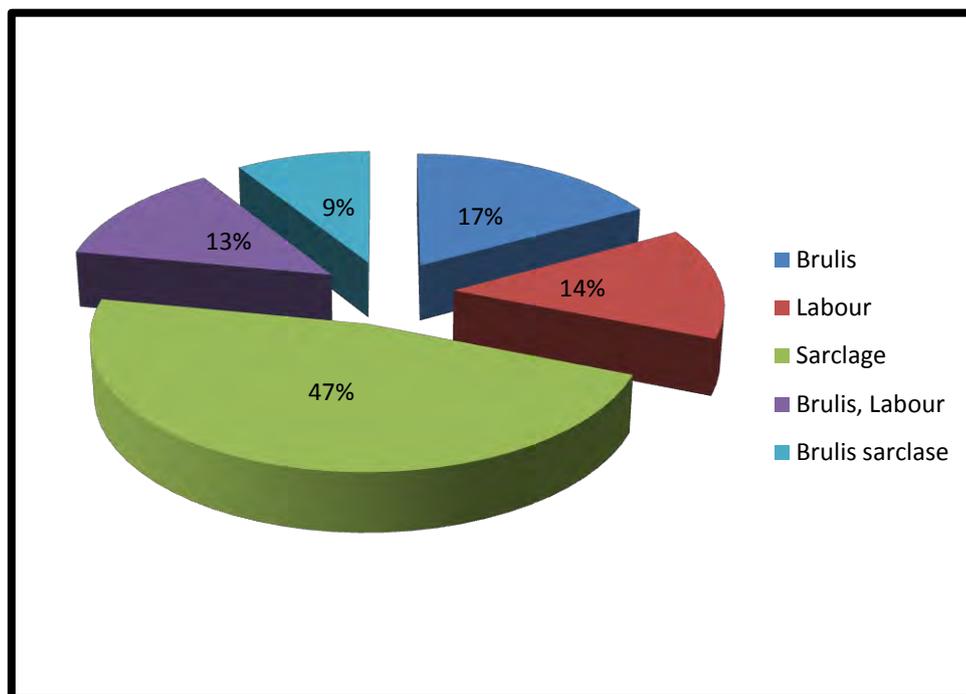


Figure 13: Les techniques culturales adoptées par les populations

II.2.3. Les pratiques antiérosives adoptées

Les ouvrages antiérosifs sont presque inexistant dans le milieu, car 64% de l'effectif interrogé n'ont rien entrepris pour faire face à l'érosion. Par ailleurs 13% seulement laissent pousser quelques arbustes dans leur champ à condition qu'ils ne rendent pas difficile la culture attelée. Quant à l'utilisation des fertilisants organiques 17,5% de la population l'effectuent. Cependant les ouvrages comme les cordons pierreux ne sont pratiqués que par 0,5% de la population ; et 3% pour les haies.

Tous ceux-ci démontrent que différentes formes d'érosions hydriques et éoliennes ont de beaux jours devant eux, au vu de l'inattention des populations à l'égard du phénomène.

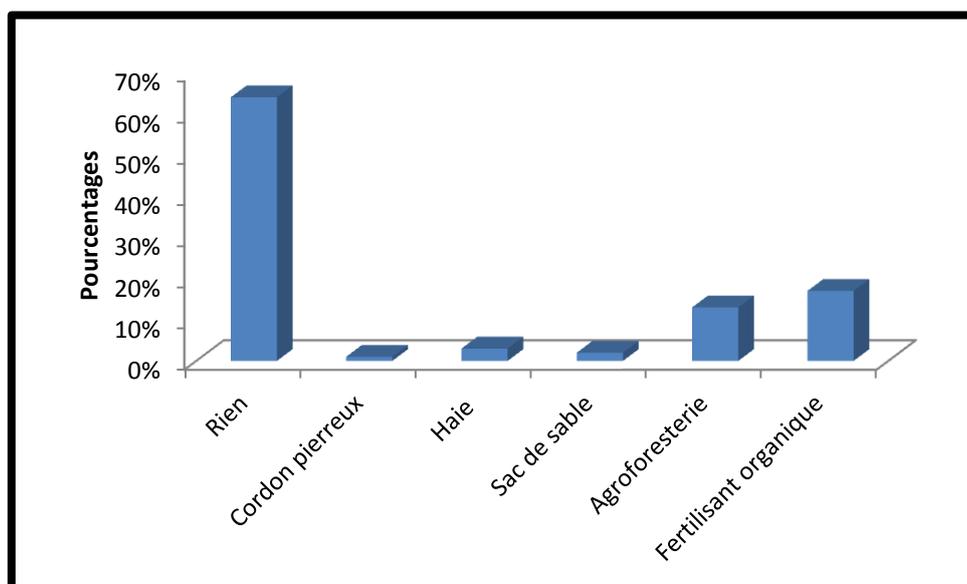


Figure 14 : Stratégies de lutttes contre l'érosion

II.3.Le pâturage

Le surpâturage et la mauvaise gestion des pâturages naturels peuvent avoir des conséquences considérables dans la dynamique de l'érosion dans les milieux semi-arides. Le système d'élevage pratiqué dans la région est de type extensif, basé sur des parcours naturels en saison humide et dans les champs en saison sèche. Mais, depuis quelques années, l'augmentation des surfaces emblavées, se traduit par un empiétement des terres agricoles sur les parcours. Cela se manifeste par une diminution importante des parcours avec comme conséquence une concentration très forte de bétail dans des espaces réduites notamment dans les bas fonds. En effet cette surcharge bovine est plus importante dans la zone agro-sylvo-pastorale particulièrement la commune rurale de Ndioum Ngainth. Les enquêtes effectuées auprès des populations ont montré que dès le mois de décembre, ce milieu fait l'objet d'une transhumance des peuls « walanké » qui viennent du Nord. L'installation de ces derniers dans la région entraine un nombre de bétail supérieur à la capacité de charge du milieu. Cette pression sur les ressources végétales entraine une dégradation du tapis herbacé protecteur du sol contre la déflation éolienne. Ainsi le sol devient plus sensible notamment autour des points d'eau à cause du piétinement des animaux qui l'ameublisse et devient de ce fait très vulnérable.

Photo n° 1 : Piétinement du bétail autour de la mare Djenwi de Khendé



Pistes empruntées par le bétail en direction de la mare

Cliché Gning Modou Novembre 2013

II.4. Les feux de brousse

Dans la zone soudano-sahélienne les feux de brousses constituent des facteurs fondamentaux dans la dégradation des écosystèmes de savanes. Au niveau de la région d'étude, ils sont généralement dus à des défrichements par brûlis et à l'imprudence des exploitants comme les charbonniers, les apiculteurs et les bergers. Les statistiques régionales sont alarmantes car en 2005, Kaffrine, ancien département de la région Kaolack a été balayé par 40 feux de brousses pour une superficie de 18150ha contre 19956ha pour tout la région soit 90,9% des feux enregistrés dans la région. Ainsi, dans la nouvelle région de Kaffrine, 35 feux de brousse ont été enregistrés en 2009 soit 6484ha brûlés (IREF/ANSD 2010). C'est le département de Kaffrine qui a été le plus touché avec 3584ha et Malem Hoddar en troisième position avec 980ha ravagés par les feux de brousse. L'année 2010 aussi est marquée par 40 feux de brousse mais avec une ampleur moindre par rapport à 2009 avec 4826 ha brûlés. Leurs extension et leurs fréquences s'expliquent par l'insuffisance du pare feux et à l'inefficacité des comités de lutte.

Ces feux de brousse contribuent à la modification de la structure, de la composition floristique et du fonctionnement des écosystèmes par la mortalité des plantes (surtout la régénération naturelle), la déstructuration du sol (érosion, perte de fertilité dans le long terme),

les effets pervers dans les processus hydriques (ruissellement accru, faible infiltration, forte évaporation et colmatage des bas fonds) (ISE/PNUD 2010). Si la matière organique est consommée, les horizons superficiels sont pauvres en Carbone et en azote organique, ce qui conduit à une aggravation de l'instabilité structurale et une moindre résistance à l'érosion. (Veyret et al 1998). Ainsi après la perte du couvert végétal, les sols sont soumis à une intense érosion hydrique ou éolienne ou les deux à la fois.

II.5.La déforestation

Les feux de brousse ne sont pas véritablement les seuls facteurs du déboisement, il faut ajouter aussi les coupes abusives pour les bois de chauffe, les bois d'œuvre, le charbon de bois et pour la pharmacopée. Parmi les facteurs qui ont profondément bouleversé le couvert végétal de la région, il faut noter l'extension des surfaces cultivées et l'exploitation du charbon de bois.

Ainsi, la cherté de la bonbonne de gaz et des autres sources d'énergie font que les ligneux constituent presque la seule source d'énergie accessible à toute la population locale. C'est pour cette raison que la principale source d'énergie de la majeure partie des familles repose sur l'usage du charbon de bois et du bois de chauffe. L'accès facile à cette ressource fait que la demande en bois ne cesse d'augmenter le long de la vallée.

En effet, la diversité floristique dans cette partie du Saloum, offre à la population une gamme très variée de bois d'œuvre. Ce bois est transformé en biens immobiliers ou artisanal notamment *cordyla pinnata* pour la satisfaction de divers besoins.

La pharmacopée aussi participe activement à la dégradation du couvert végétal dans ce milieu. Avec la pharmacopée traditionnelle presque toutes les parties de la plante sont convoitées que ça soit les feuilles, les fruits les branches, les écorces et les racines. Cette activité n'est pour l'instant ni régie ni régularisée par une instance étatique. Pour cette raison, que le chef de village de Wandé affirme que « beaucoup de tradipraticiens du Sénégal viennent ici pour se ravitailler sans contrainte ». Ils exploitent de façon abusive les ressources forestières le plus souvent sans l'accord de l'IREF de Kaffrine. Malgré, les impacts négatifs de la pharmacopée traditionnelle sur le couvert végétal aucune politique n'est mise en place pour assurer la pérennisation des plantes thérapeutiques dans toute la région

Concernant l'exploitation charbon de bois, d'après le maire de la commune rurale de Ndiobene et ancien PCR de Ndioum Ngainth, équivaut en moyenne à plus de 2 camions de 30 tonnes par mois dans la commune de Ndioum Ngainth.

Au niveau des champs pour mieux faciliter la culture attelée il est préférable que le champ soit dégagé. Cette déforestation continue augmente la dénudation des sols qui deviennent plus vulnérables aux différentes formes d'érosions.

Ces différents facteurs permettent de calculer les quantités de terres emportées par le ruissellement à travers un model de calcul celui de Wischmeir et par le vent à travers le RWEQ (Cf. annexe)

Chapitre III: Les manifestations de l'érosion

Dans ce chapitre, nous allons d'abord étudier les différentes manifestations de l'érosion pluviale pour enfin terminer sur celles de l'érosion éolienne.

III.1. Les mécanismes de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique, commence dès que les gouttes de pluies frappent le sol et que l'eau commence à se déplacer avec des particules de sol. Elle peut être observée pendant la pluie, après la pluie en faisant une coupe du sol, sur les champs et sur l'ensemble du paysage. Ces mécanismes peuvent être divisés en deux phases : l'attaque du sol par les gouttes de pluies ou *splash* et les phénomènes dus à l'action du ruissellement.

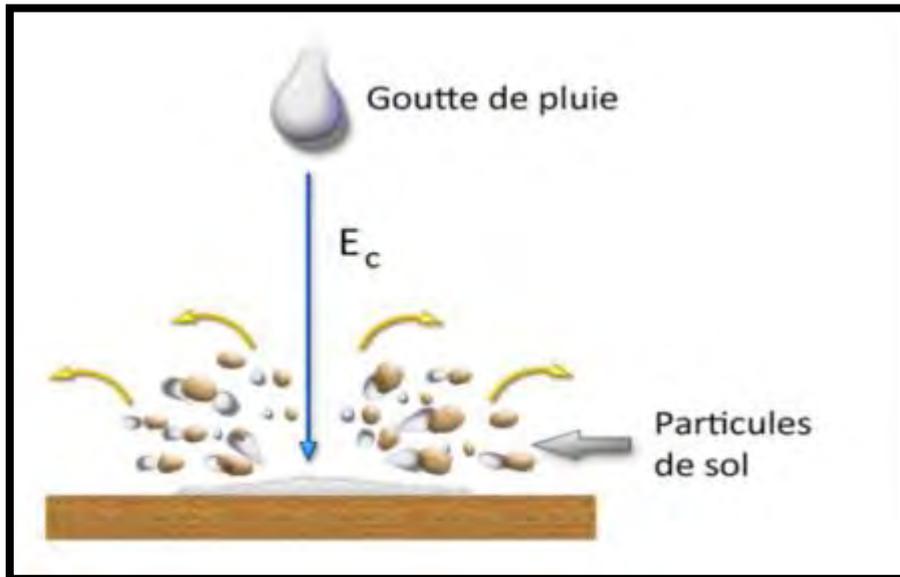
III.1.1. Le splash

L'énergie des gouttes de pluies qui s'abattent sur le sol provoquent des phénomènes de « *splashing* », du verbe (to splash : éclabousser).

Les gouttes frappent le sol de toutes leurs forces, brisent les mottes de terres et entraînent des éclaboussures qui retombent plus ou moins loin de l'endroit du choc. Autrement dit, elles tombent sur le sol nu et se subdivisent en fines gouttelettes qui rebondissent après s'être chargées de limons, d'argiles et de sels minéraux (figure 16). Le long de la vallée, le splash se manifeste par de petits trous sur la partie superficielle du sol. De ce fait, les sols ferrugineux tropicaux lessivés des localités tels que Diaglè, Mbabané Sorokogne et Selly sont plus sensibles à ce phénomène. Les pressions exercées en surface par le choc des gouttes et dans les interstices par l'air piégé, se manifeste par une véritable destruction des agrégats du sol. (Petit, 1990). Sur ce point les sols sablo-limoneux de Wandé, Dianké Souf, Ndjodj et de Léwé sont plus fragiles.

En effet, le splash effectue un tri des éléments du sol et les grains les plus fins s'insinuent dans les pores du sol, en formant une pellicule de battance. La surface du sol est alors lisse et les moindres interstices entre les grains de sables sont colmatés par l'argile. Ceci est due au fait que l'eau a tenté de s'infiltrer avec l'argile qui a bouché les fentes entraînant du coup un refus d'infiltration et l'amorce du ruissellement.

Mais, l'épaisseur de cette couche de battance va dépendre de la quantité d'argile et de limons présente dans le sol battant. En effet, les sols réagissent différemment à la battance du sol, plus la surface du sol contient de l'argile et de limon, plus la pellicule sera compacte et imperméable (H. Dupriez et P. Leener, 1990).



→ Sens de dispersion des particules de sols ; E_c = Energie cinétique des gouttes

Figure 15 : Effet splash des gouttes de pluies.

III.1.2. Le ruissellement

Le déclenchement du ruissèlement est fonction de plusieurs paramètres que sont, les conditions d'imbibition du sol, de la conductivité hydraulique des horizons superficiels, de la couverture végétale et de l'intensité de la pluie. Ainsi selon Birot. P (1970), le ruissellement se produit lorsque la perméabilité des altérites ou de la roche et sa teneur en eau intérieure ne lui permettent pas d'accueillir toutes les précipitations tombées. Autrement dit, le ruissellement commence dès que l'intensité de la pluie est supérieure à la capacité d'absorption du sol ou quand le glaçage empêche l'eau de s'infiltrer. Il se manifeste sous diverses formes : le ruissèlement en nappe, le ruissellement concentrés (ravine, rigoles ...)

III.1.2.1. Le ruissellement en nappe

Le ruissellement en nappe s'observe dès que la quantité d'eau qui tombe n'est plus en mesure d'être absorbée par le sol. De petites flaques d'eau commencent à se former après que le splash a déjà joué son rôle destructeur et de désorganisation de la couche superficielle du sol. De ce fait le ruissellement a pour rôle de transport des particules de terres détachées en suivant la pente. Il n'entraîne avec lui que des particules fines (argile et limon) qu'il a prises en suspension lors du splash ainsi que les plus légers (déchets organique) et humus (Seck, 2001). Ce type de ruissellement est très présent le long de la vallée dans des localités situées sur les glacis comme Kahi, Sorokogne, Khendé et Ndiote Seane. Il est très visible au Sud-Est de Darou Mbane, au niveau de Paffa, de Gadiaga comme en témoignent les nombreuses surfaces de gravillons

latéritiques. Il est le résultat consécutif du détachement d'éléments des sols par le choc des gouttes de pluies et par le ruissellement. Il se manifeste par un écoulement superficiel homogène de l'eau dans l'espace avec en suspension des éléments terreux arrachés.

D'après le focus groupe réalisé au niveau de Khounakh, 62% des populations qui cultivent sur les glacis affirment, constater qu'après une pluie de forte intensité, la partie superficielle du sol change de couleur comme si il a été « nettoyé » par l'eau.

Ce mélange d'eau et de terre dévalant la pente, déclenche une érosion en nappe très destructive tant au niveau des lieux d'ablation et d'accumulation.

III.1.2.2. Le ruissellement concentré

Au gré de la pente, la nappe d'eau ruisselante acquiert de plus en plus de l'énergie et les moindres accidents du terrain ou un obstacle suffisent à l'eau pour se frayer un chemin. Ainsi, les petits filets d'eaux creusent de petits canaux qui se rassemblent, pour enfin former de petites rigoles (photo2). Ces entailles s'approfondissent et s'agrandissent jusqu'à atteindre l'horizon B, défigure l'horizon superficiel du sol à défaut d'aménagements antiérosifs.

Ce type de ruissellement est très présent dans les secteurs du bas plateau notamment à l'extrémité du milieu d'étude, dans des localités comme Paffa, Gadiaga, Ndioum Samba Ndao du fait de l'importance relative des pentes et de la récurrence des accidents du terrain. En effet, il connaît un développement spectaculaire sur les bas glacis sableux très exploités par la culture de l'arachide et le surpâturage dans des zones comme le Sud-Est de Darou Mbane, le Nord de Dianké Souf le Nord-Ouest de Ndodj le sud de Khendé et le Nord-Est de Kahi ...

Il semblerait que la formation plus ou moins rapide des rigoles est due d'une part, aux piétinements des animaux qui ameublissent le sol, comme en témoignent les nombreuses rigoles observées autour des mares et d'autre part, les labours peu profonds.

En se développant, par érosion régressive et par sapement des berges, les rigoles se transforment soit en ravines ou aboutissent sur un collecteur.

Photo n° 2: Erosion hydrique sous forme de rigole au sud de Khendé

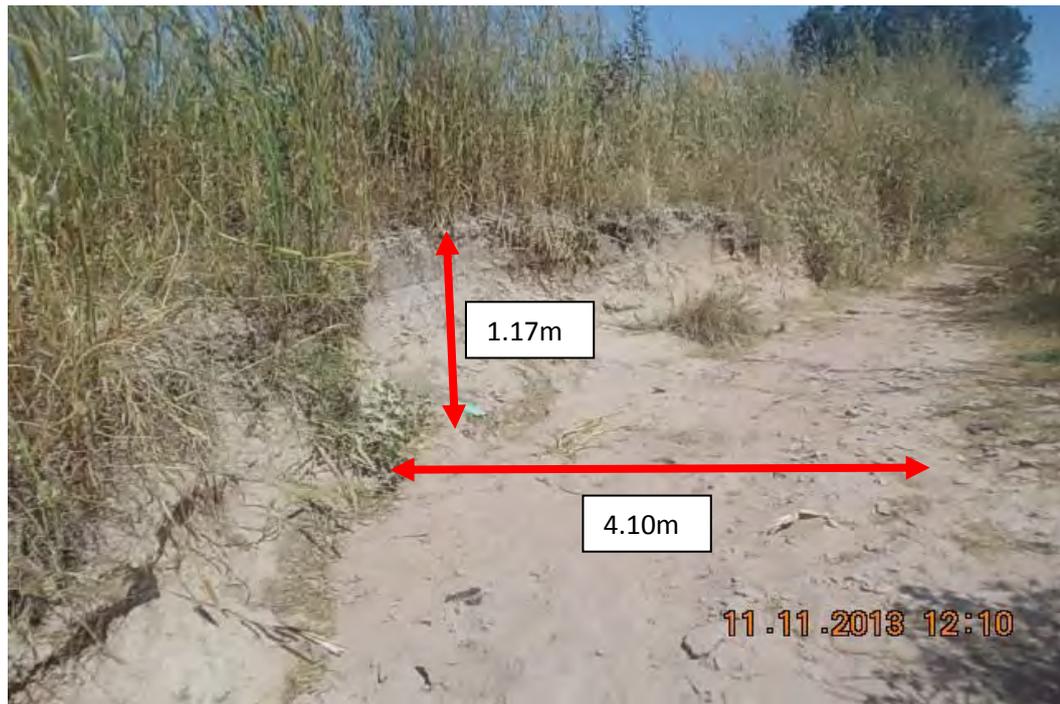


III.1.2.3. Le ruissellement torrentiel ou en ravine

La confluence des eaux des différentes rigoles sur un sol meuble ou sur une pente raide produit un écoulement torrentiel qui peut creuser profondément le sol jusqu'à atteindre la roche mère. Cette capacité d'ablation est acquise lorsque le courant d'eau, du fait de la pente topographique atteint une vitesse seuil au point que l'écoulement devient agité et très turbulent. Ainsi, il transporte une quantité importante de matériaux solides arrachés au niveau des parties avalées et proportionnelle à la vitesse du courant. La charge solide à bord, lui permet, par le roulement et les frottements internes, de creuser et d'élargir son lit.

Par ailleurs, le ruissellement torrentiel est très développé dans les secteurs entre Kaffrine et Kahi avec la grande ravine qui traverse la route Kaffrine-Boulel en passant près de la carrière de sable. Il y'a aussi, celle qui passe à l'Est de Diaglé pour venir se déverser au niveau des « ceanes » à Sorokogne. Au Nord de la vallée il y'a aussi la grande ravine qui passe sur le chemin qui relie Sorokogne à Khendé. La partie centrale qui va de Ndjodj en passant par Wandé ou son hameau Peulga au Nord-Est traversé en son centre par une ravine ; jusqu'à Khounah est aussi affecté.

Photo n° 3 : la ravine qui passe au nord du village de Wandé



Cliché Gning M. Novembre 2013

III.2. Les mécanismes de l'érosion éolienne

Dans la zone soudano-sahélienne, le vent est un agent d'érosion très efficace mais particulièrement dans les champs. La combinaison d'un certain nombre de facteurs comme la faiblesse du couvert végétal qui conditionne la vitesse du vent et la faible stabilité structurale des sols, font que le vent participe bien à la remodelisation du paysage pédologique. De ce fait, le vent joue un rôle à deux niveaux ; le détachement des particules de sols et leur transport. Le mode de déplacement des particules est fonction de la granulométrie et de la vitesse du vent. Rappelons que la rigueur du climat dans la région de Kaffrine : une longue saison non pluvieuse, des températures généralement élevées, les vents continentaux chauds et secs qui soufflent d'avril à juin. C'est durant la saison non pluvieuse que l'action du vent sur les sols est plus visible. Ainsi, les sols les plus touchés sont ceux tropicaux remaniés sur matériaux drainés, finement sableux, c'est à dire « diors ». Ces types de sols qui occupent tout le bassin versant nord de la vallée dans les localités comme Darou Kahi, le Nord de Sorokogne, Khendé. En effet, les fortes températures et les fortes reprises par évaporation, ajoutées aux activités de la population, augmentent l'instabilité structurale des sols ferrugineux tropicaux et par conséquent s'ameublissent davantage. De ce fait, le vent soulève des particules et les déplace pour une certaine distance et les dépose ; en retombant elles exercent un effet abrasif sur la surface du sol

et détachent d'autres particules. Ce déplacement par bonds successifs, concerne les sables moyens et la hauteur de leurs trajectoires ne dépasse guère 1,5m et leurs longueurs 2 mètres.

C'est un mode de transport de fines particules dont le diamètre est inférieur à 0,1mm et qui se déplacent avec le vent à une altitude relativement importante. Leur mobilisation dépend de la vitesse et de l'importance de la saltation. La quantité des particules mises en suspension est aussi fonction pourcentage de particules fines contenues dans le sol.

Les particules d'une certaine taille, que le vent ne parvient pas à soulever sont mises en mouvement par les effets de la saltation. Ce type de mouvement est très visible autour des champs de Darou Mbané, Selly, Ndiobene Samba Lama etc où l'on retrouve des sols à texture grossière. Il s'agit principalement de sable grossiers dont le diamètre est compris entre 0,5mm et 10 mètres au maximum (Coque. R. 1977). Ces particules se déplacent à la surface du sol les uns après les autres et sont stoppés dans leurs déplacements par le moindre obstacle notamment les pieds des *Guiera senegalensis*. Leurs mouvements sont lents et saccadés, et l'augmentation de la reptation dépend de la régularité et de la dénudation de la surface de transport.

Conclusion partielle

L'érosion des sols est le résultat de la combinaison de facteurs naturels et de facteurs anthropiques. Certes, les facteurs naturels sont déterminants dans ce processus d'érosion mais, l'intensité et l'accentuation du phénomène dans les bassins versants et bas-fonds de la vallée sont dus aux facteurs anthropiques. En effet, la croissance démographique exponentielle de la population suivie de l'augmentation considérable des besoins et des activités économiques combinés ont largement ouvert la voie à l'érosion des sols dans ce milieu sensible. Cette sensibilité à pour origine, des conditions morpho-pédologiques, climatiques et anthropiques défavorables qui concourent à l'irréversibilité de l'érosion. De ce fait durant la saison sèche c'est l'érosion éolienne qui sévit et la saison pluvieuse c'est l'érosion hydrique qui le remplace ainsi de suite.

L'érosion éolienne inflige des pertes importantes aux sols, notamment dans le bassin versant nord fortement exploité par l'agriculture. En effet, la faible porosité du sol et la texture plus ou moins fine des bas-fonds, lui protège contre les agressions éoliennes. En dehors des propriétés du sol, la présence d'un dense couvert végétal ralentit la vitesse du vent et fixe les particules de celui-ci qui sont parfois mobilisées par l'érosion hydrique.

L'intensité des précipitations enregistrées dans la région qui s'abattent sur des sols à couverture très faible, a fait qu'aujourd'hui l'érosion hydrique est le premier facteur de dégradation des sols le long de la vallée. Les pertes dues à cette forme d'érosion varient fortement suivant la protection du sol, ses propriétés physicochimiques et morphologiques. C'est pourquoi les sols ferrugineux tropicaux lessivés et pentus de Darou Mbané de Sorokogne sont plus sensibles au ravinement que ceux de Ndioté Seane

TROISIEME PARTIE

IMPACTS DE L'EROSION ET LES STRATEGIES DE LUTTE

Les localités situées le long de la vallée du Saloum deviennent de plus en plus menacées par les phénomènes d'érosion des sols. Cette dégradation des sols affecte tous les secteurs d'activités. Ainsi, dans ce chapitre, seront abordés les impacts environnementaux et socio-économiques de l'érosion des sols

Chapitre I. Les impacts environnementaux

Le secteur environnemental est le premier à subir les effets de l'érosion dont les conséquences sur l'agriculture se manifestent par la disparition des surfaces cultivables, la diminution de la capacité de rétention, le lessivage

I.1.La réduction des surfaces cultivables

La diminution des surfaces cultivables est généralement liée au déblaiement du sol, à l'ensablement des bas fonds et à un ravinement de plus en plus prononcé.

I.1.1.Le ravinement

L'attaque du sol par l'érosion n'est pas uniforme sur toute la surface, certaines parties d'un champ sont décapées soit avec des rigoles ou pas et d'autres sont préservées. Les parties à faible stabilité structurale et meubles sont les premières à être mobilisée au détriment des autres. Ainsi les travaux d'aménagements et de mises en valeur du sol deviennent plus difficiles. C'est pourquoi 27% des chefs de ménage interrogés dans le village de Khounakh affirment avoir perdu entre zéro et 1 ha de terre au niveau du plateau soit près de 5 ha. Contrairement à NDodj où seulement 8% considèrent que leurs champs ont été affecté par le ravinement sur des surfaces variant entre 1 à 2 ha.

La généralisation du ravinement conduit inexorablement au remodelage du relief et du paysage pédologique. Les différentes formes issues de ce remodelage se présentent sous forme de ravins juxtaposés notamment dans les champs où le labour peu profond favorise le transport des sols à texture grossière.

Ces formes sont très fréquentes dans les secteurs de Mbanané, sur les versants de la vallée où l'importance de la pente topographique et le substratum latéritique empêchent l'eau de s'infiltrer. Au niveau du versant de Darou Mbané sur une longueur de plus de 2 km l'érosion se développe par de petites rigoles distantes entre eux de 2 à 3 m rendant pratiquement incultivable le glacié. Il en est de même à Wandé et l'Est et le Sud de Sorokogne.

Le même phénomène se produit dans les secteurs de Kahi où l'exploitation de la carrière de sable est à l'origine d'une érosion régressive qui gagne de plus en plus du terrain au dépend des terres agricoles.

Photo n° 4 : Généralisation du ravinement entre Dianké Souf et Mbabanéme



Cliché Gning M. Novembre 2013

I.1.2.L'ensablement des bas-fonds

Les fines particules et les sables mobilisés par le vent sont déposés dans les parties basses de la vallée ou aux pieds des obstacles sous forme d'accumulation relative ou absolu. Ces matériaux accumulés par le vent ensevelissent la couche superficielle du sol et forment de micro-buttes au niveau des obstacles. Ce phénomène est très visible au niveau des champs d'arachide du glacis sableux de Diaglè, l'Est de Kahi, au Nord-Est de Dianké souf et Selly etc.

Ainsi pendant l'hivernage, ces éléments déposés par le vent vont être remobilisés, ajoutés à ceux arrachés par les eaux de ruissellements sur les plateaux et les glacis, avant d'être accumulés au niveau des bas-fonds où la faiblesse des pentes ne permet plus le transport de ces particules. Ce phénomène est très répandu le long de la vallée et se manifeste particulièrement par le comblement des mares comme *Aniagne*, *Sanou* et *Bantang* dans le secteur de Paffa. Selon Ablaye Diop, notable à Paffa et vice président de la CR de Ndiobene « les superficies occupées par les eaux des mares ont augmenté de 5 à 10m au dépend des profondeurs qui ont diminué de 1 à 2m ces 20 dernières années » (photo5)

De par leurs positions topographiques basses les bas-fonds, constituent les aires de convergence des eaux de ruissellement, qui arrivent avec une charge solide relativement importante. En effet, avec le développement de l'érosion éolienne, ils reçoivent de plus en plus des quantités importantes de sable qui remblaient la surface de ces bas fonds

Ainsi les sables, les éléments minéraux et organiques qui viennent des bas plateaux et du glacis du nord est de Paffa s'accumulent au niveau des « céanes » entre Paffa et Gadiaga. Ce phénomène se développe de plus en plus dans les secteurs de Darou Mbané, Ndioté seane, l'Ouest de Dianké Souf ; le Nord de Wandé le Sud de khendé et à l'Est de Sorokogne

Photo n° 5 : mare « djenwi » au sud du village de Khendé.



Cliché Gning M. Novembre 2013

I.1.3. Le lessivage des sols

Les ressources pédologiques sont les premières à être affectées directement par l'érosion ; de différentes manières : par lessivage horizontal et vertical.

Quand l'eau ruisselle à la surface du sol, sous forme de nappe, elle emporte avec elle les particules fines de l'horizon superficiel du sol dont la taille varie entre 20 et 50 microns (Roose 1981). Il s'agit principalement des argiles et des limons de la matière organique (C et N, surtout les acides fulviques), les bases échangeables ainsi que le phosphore total assimilable, le fer, la silice et l'alumine.

En plus de ce lessivage horizontal, s'ajoute le transfert des éléments nutritifs de la surface vers les horizons profonds par les eaux d'infiltration notamment dans les sols « *dior* » du secteur allant de Khendé en passant par le Nord de Wandé, de Ndodj , Gueoul Saloum et l'Est de Selly jusqu'à Ndiobene Samba Lama.

Le lessivage de la matière organique et des nutriments réduit la cohésion entre les particules de sols, ce qui augmente la vulnérabilité du sol à l'érosion

I.1.4. La diminution de la capacité de rétention du sol

L'érosion entraîne la déstructuration de la texture et structure du sol, ce qui réduit considérablement l'infiltration et la capacité de rétention du sol, par conséquent diminue la disponibilité en eau pour les plantes. Les plantes sont ainsi frappées par un déficit hydrique parfois très sévère et leur cycle végétatif est profondément affecté.

De ce fait la durée de croissance des plantes est ainsi raccourcie. Les cultures qui ont un cycle végétatif relativement long comme le mil « *sanio* » peuvent souffrir de ce déficit. Dans ces conditions, les cultivateurs sont obligés de cultiver des plantes résistantes à la sécheresse, ayant un cycle végétatif court comme le « *souna* »

Les enquêtes effectuées auprès des populations confirment cet état de fait. Ainsi, 94% de l'effectif interrogé ne cultivent plus du « *sanio* » et 86% d'entre eux ne cultivent plus du sorgho sur les sols « *dior* » de plateau et de glacis mais sur des « *deck-dior* » à cause de ses exigences élevées en eau. Cela est à l'origine de la réduction importante de la variété des cultures.

I.1.5. Le développement des herbes sauvages

Le départ des éléments nutritifs entraîne développement des mauvaises herbes qui sont des indicateurs de la baisse de la fertilité des sols, se manifeste par l'apparition des herbes sauvages comme *striga hermontica* et *Cenchrus biflorus*.

Ces espèces végétales connaissent une expansion très rapide dans le milieu notamment dans les sols sableux ou les paysans affirment qu'ils constituent des entraves à la croissance et à la productivité des plantes.

III.2. Les impacts sur les ressources en eaux

Le ruissellement des eaux pluviales constitue une menace sérieuse pour la population. L'eau qui circule à la surface du sol est parfois polluée par certaines substances chimiques.

III.2.1.La pollution des eaux de surface

Les eaux qui se déplacent à la surface du sol sont parfois contaminées par les pesticides et les engrais chimiques. L'intensification de l'agriculture dans le milieu est à l'origine de l'utilisation de plus en plus d'engrais chimique dans les surfaces agricoles. Afin d'augmenter leurs rendements agricoles, 77% de la population interrogée utilisent des engrais chimiques. Mais ces quantités importantes de produits chimiques, qui n'ont pas été assimilés par les plantes se retrouvent dans les eaux courantes après leurs lessivages. Cette pollution des eaux de surface peut être à l'origine de leur eutrophisation à cause des résidus d'engrais phosphatés et azotés.

L'infiltration de ces eaux provoque la pollution des eaux souterraines par une concentration importante de nitrates et de nitrites.

En effet, l'utilisation de ces différentes eaux peut être responsable de certaines maladies chez le bétail ou même humaines par la consommation des légumes. Cela confirme les résultats de nos enquêtes réalisées auprès de 15 éleveurs ou 64% de cet échantillon affirment qu'à partir du mois de décembre, l'abreuvement dans certaines mares est parfois à l'origine des maux de ventre qui affectent le bétail. Cette eau qui ruisselle en direction des bas-fonds, au détriment de l'infiltration est complètement perdue par les plateaux et les glacis

III.2.2.La baisse de la nappe

L'accroissement de plus en plus importante du ruissellement et de l'irrégularité de la pluviométrie dans la région sont à l'origine du déficit du bilan hydrique des aquifères. Au lieu de s'infiltrer les eaux pluviales s'écoulent à la surface du sol, des plateaux aux bas-fonds. De ce fait, les localités situées au niveau des parties hautes voient leurs sources d'alimentation eau s'abaissées de plus en plus.

Ainsi, les enquêtes effectuées auprès des populations confirment cette baisse de la nappe où 77% des personnes interrogées, affirment avoir fait le constat. Ainsi, d'après ces populations la profondeur des puits a augmenté de 3 à 5m, dans les secteurs de Paffa, Khounakh, Wandé, Dianké Souf et de 1 à 3m, au niveau de Khendé, Darou Kahi, Darou Mbané. Cette baisse des ressources hydriques souterraines affecte profondément la végétation du milieu.

III.3. Les impacts sur la végétation

L'érosion des sols a un impact sur le développement de la flore surtout dans les milieux fortement touchés. En effet, les affleurements de la latérite empêchent le bon développement du système racinaire des plantes. Ce qui fait que, les milieux cuirassés surtout entre Paffa et

Gadiaga ne renferment généralement qu'une végétation de type graminée et celle de la famille des Combrétacées. A cause de la proximité de la roche, ces végétaux ont un système racinaire peu développé. Ce qui justifie, la vulnérabilité des grands arbres face aux vents et à la violence du ruissellement. En effet, pour compenser la défaillance de leur appareil racinaire, les végétaux de ces milieux développent à la fois un système racinaire aérien et souterrain. Cette stratégie d'adaptation leur permet de capter l'eau de la rosée et du brouillard avant qu'elle ne soit évaporée.

L'action de l'érosion sur la végétation est aussi mécanique. Les particules de sables transportées par le vent ont un effet abrasif sur les semis. Elles causent des blessures profondes aux plantes notamment au niveau des tiges et des feuilles. Ce phénomène est très connu par les populations qui cultivent sur le glacis sableux de Darou Kahi en passant par Khendé, Diaglé et Selly. En début d'hivernage, certaines pluies sont accompagnées par des vents très forts qui ensevelissent les semis. Quant aux arbres et arbustes ils sont déchaussés et déracinés par les eaux des ravins, comme c'est le cas de la ravine qui passe près de la piste entre Wandé et Ndodj. Mais au niveau des zones d'accumulation des matériaux transportés par les ravins et ravines les plantes sont ensevelies. En plus de ces actions mécaniques, le vent augmente l'évapotranspiration des plantes et participe à l'épuisement des réserves d'eau utiles aux sols.

En effet, le patrimoine génétique végétal le long de la vallée n'est pas épargné des effets de l'érosion des sols. Beaucoup d'espèces végétales tels que *Anogeissus leicarpus* (Guédiane), *Bombax costatum* (garabu lawbé), , *Sclerocarya birroea* (Beer), *Pterocarpus erinaceus* (Ven), *Piliostigma Reticulatum* (Ngiguis), sont en voies de disparition.

III.4. Les impacts sur la faune

Les impacts de l'érosion des sols n'épargnent point la faune. Car, dans certains milieux fortement érodés, les faibles profondeurs de la latérite empêchent les rongeurs (les rats ou *Rattus Norvegicus*, les écureuils ou *Siurus vulgaris*, les lièvres ou *Lepus europeus*) de creuser profondément leurs terriers. Et cette situation les rend vulnérable face aux attaques des prédateurs. En plus, la régression du couvert végétal suite à la pression sur les ressources naturelles, aux péjorations climatiques et à l'action de l'érosion, privent les animaux de la nourriture. En revanche, pour se protéger des prédateurs, mettre à l'abri leurs progénitures et trouver de quoi se nourrir, ces bêtes sont obligées de se déplacer dans les milieux plus aptes à leur survie. De l'avis de Abdoulaye Diop notable à Paffa et vice président de la commune de Ndiobene, les animaux (lièvres ou *Lepus europeus*, perdrix ou *Perdrix perdrix*, les écureuils ou *Siurus vulgaris*, les rats sauvages ou *Rattus Norvegicus*) qui jadis vivaient aux alentours des

concessions (Paffa, Ndiaw) ne sont maintenant rencontrés que dans des endroits très éloignés des concessions.

Il s'y ajoute que cette recrudescence des sols nus et des espaces dégradés a conduit à une importante réduction de la zoomasse édaphique (vers de terre, microbes protozoaires,..) conséquences de la baisse de la phytomasse nourricière de la terre (humus, matières organiques et minérales), elle-même résultant du déficit du bilan hydrique des sols.

Chapitre II. Les impacts socio-économiques

L'une des conséquences économiques de l'érosion des sols, est la baisse des rendements agricoles qui affecte considérablement les revenus des populations. Cette baisse des revenus qui a pour conséquence directe l'insécurité alimentaire affecte profondément le monde rural

II.1. Les impacts économiques

La productivité agricole de la région est sensiblement liée à la qualité des sols et au total pluviométrique. Mais la dégradation des ressources pédologiques est à l'origine de la baisse des rendements agricoles et à la diminution des revenus.

II.1.1. La baisse des rendements agricoles

L'analyse des rendements agricoles pour la période 2004-2012 montre une évolution en dents de scie. Ainsi, les rendements du mil semblent être les plus stables durant cette période, ou à l'exception de l'année 2004 avec 661 kg/ha et 2007 avec 410 kg/ha toutes les autres années ont des rendements agricoles supérieurs à 700 kg/ha ou l'année 2010 a enregistré une productivité record de 913 kg/ha.

Pour l'arachide les rendements varient entre 1314 kg/ha en 2010 et 377 kg/ha en 2007. Ainsi, de 1188kg/ha en 2004, la productivité de l'arachide a chuté jusqu'à 377 kg/ha en 2007 soit une baisse de 31,7% en 3ans. A partir de 2007, elle amorce une nouvelle augmentation qui franchit la barre des 1000 kg/ha de 2008, 2009 jusqu'en 2010 ou se situe le pic des 1314 kg/ha pour en fin baisser jusqu'à 596 kg/ha en 2011.

Quant au sorgho la production annuelle à l'hectare est plus faible en 2011 avec 596 kg/ha tandis que 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 et 2012 ont successivement les rendements suivants 1014 kg/ha, 1142 kg/ha, 1100 kg/ha, 1009 kg/ha, 1087 kg/ha et 1061 kg/ha.

L'évolution dans le temps des rendements agricoles dépend de la convergence de plusieurs facteurs, comme le total pluviométrique, sa répartition dans le temps, la qualité des semences et des sols. Mais la qualité des sols a une part prépondérante dans l'irrégularité de la productivité des sols (Figure 16)

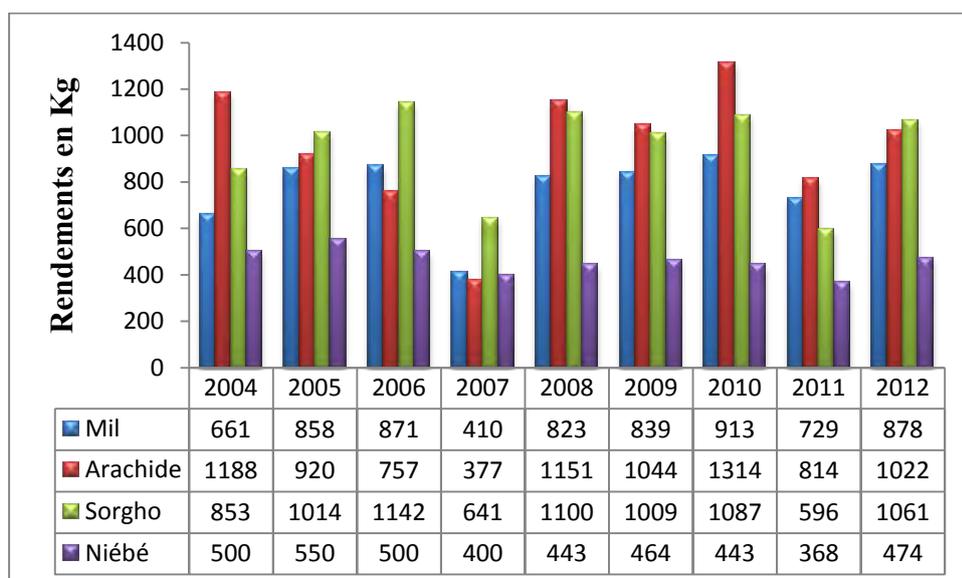


Figure 16 : Evolution des rendements agricoles

II.1.2. Les impacts sur l'élevage

Cette partie du Saloum qui longe vallée fossile est par excellence un milieu agropastoral avec un élevage extensif basé sur des parcours naturels.

Cependant, la dégradation des sols risque de compromettre cette pratique dans la région. En effet, la disponibilité et la qualité du fourrage sont intimement liées à la pluviométrie mais aussi et surtout aux conditions pédologiques. Or nous avons vu qu'il se développe particulièrement sur les plateaux et glacis le long de la vallée, une érosion intense qui se manifeste par le déblaiement de la couche superficielle du sol et l'affleurement des blocs de cuirasse latéritiques, de Gadiaga à Paffa. Dans ces conditions le tapis herbacé discontinu de ces parcours, risque d'être très vite piétiné par les 101487 têtes de bétails recensés dans ce milieu et les milliers de transhumant venus des autres régions, du fait de la surcharge pastorale en saison sèche. Il s'y ajoute que la diminution de la productivité des sols est à l'origine de l'augmentation de la superficie emblavée au dépend des parcours. Ainsi le nombre de bétail augmente et la superficie des pâturages régresse de façon croissante. Il en résulte un déséquilibre important, entre la quantité de fourrages disponible et les besoins du cheptel. C'est pourquoi aujourd'hui, au cœur de la saison sèche les éleveurs se dirigent vers le département de Koumpentoum pour trouver des pâturages.

En conséquence c'est l'avenir même de la pratique de l'élevage dans ce secteur qui est menacé dans le long terme. De ce fait cette situation pourrait avoir de très grave répercussions socio-économiques et écologiques dans la région.

II.1.3. La baisse des revenus

Au début des indépendances, l'agriculture était le poumon principal de l'économie de la région par sa contribution dans le produit intérieur brut (PIB). Mais la crise agricole que traverse ce milieu depuis quelques années dont les causes ne sont rien d'autres les sécheresses cycliques et la surexploitation des ressources pédologiques. Par ailleurs ces différents facteurs ont contribué à la diminution des rendements agricoles et du coup à la baisse sensible des revenus des populations vivant de l'agriculture. Cela se traduit par une chute exponentielle de la part du secteur agricole dans le PIB (figure 17)

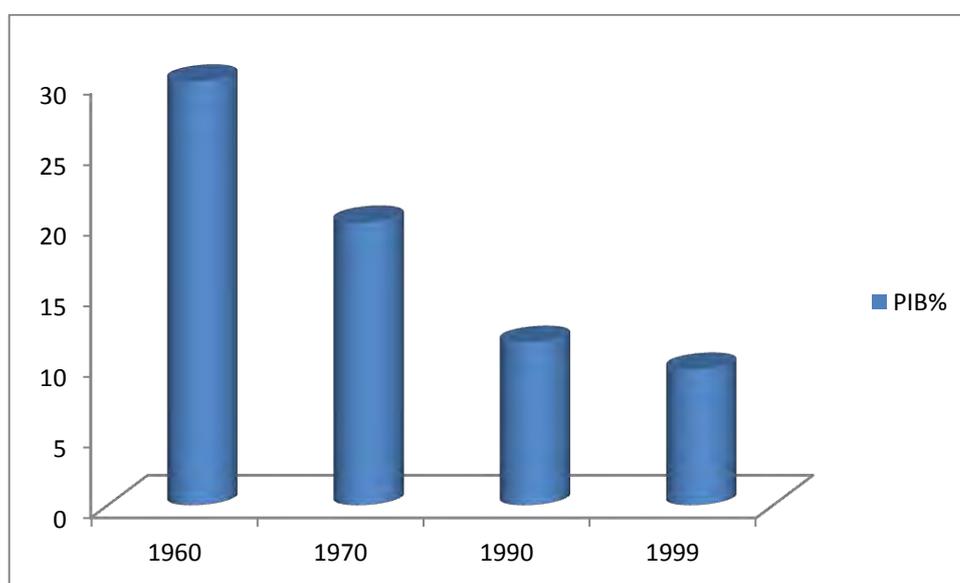


Figure 17; Evolution de la contribution du secteur agricole dans le PIB en (%). Source CSE 2005

La figure 17, montre l'évolution de la contribution du secteur agricole dans le PIB. De 30% au début des années 1960 et de 20% en 1970, il continue sa chute libre jusqu'à 11.5% en 1990 et en fin à seulement 9.6% en 1999.

Les revenus des ruraux connaissent la même situation. En 1992, l'enquête sur les priorités, révéla que le revenu agricole par habitant rural était de 8 992 Francs CFA en moyenne par an. Selon le CSE, en 1997, le revenu moyen des populations du département de Kaffrine était compris entre 75 et 100 000 Francs. Par contre, le revenu agricole moyen est inférieur à 25 000 Francs CFA (CSE, 2005). Ces faibles revenus agricoles sont la conséquence du faible prix au producteurs des céréales qui étaient à : 175 F CFA/kg pour le mil (*Pennisetum glaucum*), 162 F CFA/kg pour le sorgho (*Sorghum bicolor*), 158 F CFA/kg pour le maïs (*Zea may*) en Janvier 2014. De décembre 2013 à janvier 2014, seul le prix du mil a reculé (-6%). Ceux du sorgho et du maïs ont

légèrement augmenté avec des taux respectifs de 3 et 2%. Par rapport à leur niveau de janvier 2013, ils ont faiblement baissé : -1% (mil, sorgho) et - 6% (maïs).

Au cours du même mois, les producteurs ont offert l'*Arachis hypogaea* ou arachide de coque à 165 F CFA/kg, l'arachide décortiquée à 378 F CFA/kg et le niébé à 351 F CFA/kg. L'analyse de l'évolution des prix de ces produits indique une hausse mensuelle du prix du niébé (+4%), une significative baisse du prix de l'arachide coque (-12%) et une baisse modérée de celui de l'arachide décortiquée (-3%). La comparaison annuelle révèle des baisses importantes pour tous les produits avec des taux respectifs de -20% *Vigna sinensis* ou niébé, -26% (arachide coque) et 13% (arachide décortiquée) (CSA, 2014).

Cette situation est aggravée par la détérioration des termes de l'échange qui entraîne une chute des prix des produits agricoles et affecte considérablement les revenus des ménages. Mieux en Février 2012, le producteur devait déboursier 1,5 kg d'arachide pour 1 kg de riz brisé. Il s'y ajoute que la qualité des semences, le manque de fertilité des sols et les coûts élevés des intrants agricoles expliquent aussi la chute des revenus des ménages agricoles.

II.1.4. Les impacts sur les voix de communication

En milieu rural sénégalais, la mobilité inter et/ou intra-villageois est parfois confrontée aux récurrents problèmes de la rupture des voix de communication et des pistes de production. La faiblesse des investissements dans le secteur de la mobilité dans la région de Kaffrine a fait que, les villages situés de part et d'autre de la vallée ne sont reliés entre eux, en majorité que par des pistes. De ce fait, juste après une forte pluie, la communication inter-villageoise est parfois interrompue par des ravines et des rigoles. Par exemple, le village de Wandé est complètement coupé de son hameau Peulga qui se situe à 500m au Nord par une très grande ravine. Mieux, quand l'eau ruisselle ce petit hameau est divisé en deux par un courant d'eau difficilement franchissable. Ces eaux courantes exploitent aussi les pistes en suivant les traces des charrettes et des voitures et finissent par les creusées profondément, comme c'est le cas de la piste Khendé-Sorokogne (voir photo 6).

L'autre impact de l'érosion sur les voies de communication est sans nul doute l'entaillement de la piste de production qui relie Kaffrine à Ndioum Ngainth. Afin de relier le plus possible de villages sur cet axe, la route devient en effet très sinueuse et traverse des parties très basses, chemins d'écoulements des eaux de ruissellement sans aménagement adéquat. C'est ce qui est à l'origine des entailles fréquentes de la route, entre Kaffrine et Sorokogne, de même qu'entre Ndodj à Dianké Souf.

Photo n° 6 : Piste qui relie Sorokogne à Khendé fortement entaillée par le ruissellement



Cliché Gning M. Novembre 2013

II.2. Les impacts sociaux

La baisse des revenus consécutive à la diminution de la production agricole affecte considérablement les populations sur le plan alimentaire. Pour faire face à cette situation ils développent des stratégies alternatives comme l'émigration afin de subvenir à leurs besoins.

II.2.1.L'insécurité alimentaire

« L'insécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains n'ont pas à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active. » (FAO, Rome 2000). Les enquêtes effectuées, auprès des populations vivant le long de la vallée montrent que la disponibilité, l'accessibilité et la stabilité des aliments dépendent de la bonne ou mauvaise production des campagnes agricoles. Cette dépendance aux conditions climatiques a fait que le taux de prévalence de l'insécurité alimentaire dans la région de Kaffrine s'élève à 16,9% (CSA, 2011). Ainsi, en année de bonnes récoltes nous assistons à une offre qui est supérieure à la demande de la région et par conséquent à une exportation vers les autres régions du pays, ce qui augmente les revenus des paysans. De ce fait 87% des ménages interrogés affirment assurer leur besoin alimentaire en mil durant toute l'année. L'insécurité alimentaire est mesurée en fonction de 3 paramètres que sont : la disponibilité des aliments de base, stabilité des approvisionnements et l'accès de tous à ces approvisionnements. Par contre d'autres ajoutent la notion d'alimentation adaptée ou « l'utilisation biologique » des aliments.

✓ La disponibilité de l'alimentation

L'offre alimentaire de la région est assurée par la production régionale, les aides alimentaires et les importations commerciales. La production agricole le long de la vallée, se caractérise par son incapacité à satisfaire les besoins alimentaires de la population. Ceci s'explique par sa trop grande dépendance à une pluviométrie erratique, et à la dégradation des sols, malgré la disponibilité d'importantes ressources hydriques et pédologiques. Les céréales occupent une place importante dans les besoins alimentaires de la région. En effet, elles contribuent à elles seules pour 65% en moyenne des disponibilités énergétiques, avec une part prépondérante du riz. Cependant, le riz cultivé dans la vallée et dans les plateaux ne parvient pas à couvrir les besoins de consommations estimés à plus de 50 000 tonnes par an. Le niveau record atteint par la production régionale du riz de 2009 à 2012 est de 618 tonnes. Cette insuffisance de la production de riz est comblée par des importations. Contrairement à la production céréalière, la culture maraichère est très faible dans ce milieu.

A l'exception de la production du mil et du sorgho, on peut constater que la production alimentaire dans ce milieu est déficitaire, car elle ne couvre pas les besoins alimentaires surtout céréaliers d'où l'importance des importations de riz.

La sécurité alimentaire, analysée à l'échelle des disponibilités alimentaires le long de la vallée est loin d'être assurée. Le recours aux importations commerciales et aux aides alimentaires ne peut donc être évité.

Outre l'aspect disponibilité, la sécurité alimentaire est aussi fonction de l'accessibilité des aliments.

✓ **L'accessibilité de l'alimentation**

L'accès aux approvisionnements qui est profondément lié à la disponibilité financière, aux prix des produits alimentaires de base comme le mil et le riz est sous la menace de la baisse des revenus des populations consécutive à la crise qui secoue le secteur de l'arachide.

Ainsi, au delà de la disponibilité, l'accessibilité est une dimension importante de la sécurité alimentaire. En effet la disponibilité peut être satisfaisante alors que l'accès pose problème.

L'alimentation demeure un poste essentiel du budget des ménages: 53% de la dépense totale (ESAM II). La base alimentaire est dominée par les céréales et le pain (37% du budget alimentaire) ainsi que les légumes (12% du budget alimentaire) d'où un fort déséquilibre sur le plan nutritionnel par rapport aux besoins. La consommation de protéines animales demeure faible: 8,6% pour le poisson et 9% pour la viande. Les besoins nutritionnels des populations ne sont globalement pas satisfaits spécialement à cause du faible pouvoir d'achat

L'accessibilité de l'alimentation dépend, d'une part des capacités monétaires à acquérir des denrées ainsi que des autres produits essentiels pour mener une vie saine. D'autre part il faut l'existence dans le lieu de résidence des aliments essentiels.

Globalement, cette accessibilité dépend des conditions de vie, de l'état de pauvreté et de la stabilité des approvisionnements.

✓ **La stabilité des approvisionnements.**

La production alimentaire de la région est irrégulière quelles que soient les périodes considérées. Cette instabilité de la production et de l'approvisionnement alimentaire est due à une dépendance de l'agriculture à des conditions climatiques se caractérisant par une faiblesse de la pluviométrie et de la maîtrise de l'eau. De même, l'insuffisance d'infrastructure de stockage et de transport est une entrave à la stabilité de l'alimentation. Ce dernier cas de figure se rencontre dans certains villages éloignés de Kaffrine, qui sont difficilement accessibles en saison des pluies cause de l'impraticabilité des pistes de production.

Par contre, l'importance de la production agricole de la région fait que les marchés céréaliers tels que Boulel et Paffa sont bien approvisionnés en céréales locales tels que le mil et le sorgho durant presque toute l'année. Mais l'importance des transferts interrégionaux font que les stocks s'épuisent au fur et à mesure que l'hivernage s'approche ce qui est parfois à l'origine de rupture de stock.

C'est pourquoi dans cette partie du Saloum, la stabilité de l'alimentation pose problème tout autant que la disponibilité et l'accessibilité. Aussi quel que soit l'aspect sous lequel est examinée la sécurité alimentaire, elle pose problème dans ce milieu. Et cela malgré les moyens et les mesures pris pour contrecarrer ce phénomène de précarité alimentaire à travers des programmes et politiques agricoles d'envergure.

II.2.2. L'émigration rurale

Au niveau social, il existe un lien étroit entre la dégradation des terres et l'incidence de la pauvreté en milieu rural. A mesure que la terre se dégrade, elle produit moins et réduit d'autant la capacité des ménages à satisfaire leurs besoins fondamentaux. La baisse des revenus agricoles conjugués aux faibles opportunités d'obtenir un emploi, a fini par transformer ces localités, en une région d'émigration massive vers d'autres centres urbains du pays principalement Dakar, Kaolack, Touba et la zone des « *Niayes* ». L'exode rural touche particulièrement les jeunes filles et les jeunes garçons qui se lancent à la recherche du travail en ville. Cette recherche effrénée du travail est due à la baisse des activités socio-économiques en campagne à la fin de la saison des pluies. Il est également aggravé par l'extrême pauvreté des villages et aux mauvaises politiques gouvernementales. A cause de la dégradation rapide des sols liés au défrichement de vastes superficies de forêts, les activités agricoles ont connu un déclin qui affecte considérablement le développement socio-économique du milieu. Cette faiblesse de la production agricole a poussé les populations à se désintéresser de l'agriculture. Considérant que celle-ci ne peut plus couvrir les besoins, les populations, surtout les jeunes, ont opté pour l'émigration rurale.

C'est pourquoi, 91% des populations interrogées dans les différents villages affirment qu'ils enregistrent au sein de leur famille des départs, mais seulement quelques uns d'entre eux retournent pendant l'hivernage. Ils laissent derrière eux de vastes superficies de terres et vont s'entasser dans des espaces non aménagées et marginales qui se trouvent souvent dans les banlieues. Cet exode massif des bras valides du terroir participe d'une part à la déstructuration du tissu social et d'autre part au manque de main d'œuvre agricole. Cela est à l'origine du nombre important de travailleurs saisonniers appelés « *sourgas* ».

Conclusion partielle

Les conséquences de l'érosion des sols ont des répercussions sur l'agriculture, l'élevage et les ressources en eaux de la région tant en amont qu'en aval des bassins versants de vallée. En amont, sur les plateaux, et les glacis les pertes en terres ainsi que les pertes en matières organiques et en éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore rendent la levée et la croissance des plantes difficiles. Or les changements de texture du sol affectent la capacité de rétention en eau, en les rendant alors plus susceptible aux conditions extrêmes telle que la sécheresse d'où l'utilisation des cultures à cycle végétatif courts comme le « souna ». Ce qui affecte directement les rendements agricoles et la productivité des pâturages, mais aussi la diminution des surfaces cultivables et les variétés de cultures.

La matière organique du sol, les résidus, le fumier ainsi que les engrais répandus sont facilement transportés à l'extérieur du champ par ruissellement. Les pesticides et engrais fréquemment transportés avec les particules de sol peuvent contaminer ou polluer les mares, comme celle de Ndiobene Samba Lama.

L'impact de l'érosion des sols sur les sites plus éloignés se manifeste par des dépôts au niveau des bas-fonds et des obstacles, qui peuvent empêcher ou retarder l'émergence des jeunes pousses. C'est pourquoi, la fertilité baisse affectant considérablement la productivité des sols qui se traduit par diminution des rendements agricoles et du pouvoir d'achat des populations. Face à leur incapacité à faire face au phénomène d'érosion, les paysans développent des stratégies alternatives comme l'émigration surtout chez les jeunes afin de satisfaire leurs besoins. Par contre d'autres essaient de mettre en place des techniques de gestion et d'amélioration de la fertilité des sols et à mettre en place des stratégies de lutte.

Chapitre III : Les stratégies de lutte contre l'érosion et leurs impacts

La problématique de la conservation des sols a toujours été une préoccupation pour la survie de toute civilisation agricole. Ainsi, dans ce chapitre nous allons étudier dans un premier temps les méthodes traditionnelles pour enfin terminer par les méthodes modernes.

III.1. Les méthodes traditionnelles

Soucieux de la rentabilité des sols, les paysans ont toujours adopté des stratégies de préservations et de restitutions de la fertilité des sols. Ainsi, différentes techniques ont été mises en œuvre, afin d'augmenter la productivité et de lutter contre les feux de brousse.

III.1.1. Les techniques biologiques

La plupart des méthodes biologiques utilisées participent au renforcement de la cohésion structurale et de la perméabilité. Alors que la stabilité structurale dit résistance du sol à l'érosion et la perméabilité accroît l'infiltration d'où diminution du ruissellement. Il s'agit de la rotation, de l'association des cultures, de l'agroforesterie, du paillage etc.

III.1.1.1. La rotation des cultures

C'est une méthode très ancienne qui consiste à alterner des cultures dans un champ d'une année à l'autre. Cette méthode est très répandue dans ce milieu et est pratiquée par 51% des populations interrogées. Il s'agit par exemple de cultiver dans un champ de l'arachide et l'année suivante du mil. Cela permet au sol de pouvoir bénéficier des résidus de cultures surtout s'il s'agit d'un champ de mil.

III.1.1.2. L'association des cultures

Il s'agit d'une pratique qui consiste en une combinaison de différentes cultures dans un champ. C'est une association de cultures dans une parcelle dont les dates des semis sont différentes. Elle permet d'avoir une couverture complète de surface du sol, et ralentit la vitesse du vent, démunit l'énergie cinétique des gouttes d'eau. Cette technique est largement répandue dans ce milieu ou 17% de l'effectif interrogé affirment pratiquer l'association des cultures. Ils associent de l'arachide au niébé ou niébé plus mil ou bien sésame-manioc (photo7).

Mais cette pratique ne protège pas totalement les sols des effets de l'érosion hydrique du début d'hivernage et de l'érosion éolienne, car la majorité de ces types de cultures ne subsistent pas après l'hivernage.

Photo n° 7 : Association de Manioc et de sésame à Dianké souf



Sésame

Manioc

Cliché Gning M. 2013

III.1.1.3. Les fertilisants organiques

La fertilisation organique, consiste à laisser dans les champs les troupeaux qui y déposent leur déjection pendant toute la saison non pluvieuse et parfois même pluvieuse. C'est une technique pratiquée par les paysans qui possèdent des bovins. Par contre, d'autres font appel aux transhumants venus des régions du Nord et du centre. Les terres moins fertiles sont parfois amendées par des excréments d'animaux. Ainsi, la fumure permet de reconstituer le sol et d'augmenter leur productivité. Cependant, la contrainte majeure de ce type de pratique est l'insuffisance de déjections animales par rapport à l'étendue des espaces à restaurer. A cause de son utilisation comme combustible les quantités sont de plus en plus insuffisantes. En effet, la dégradation du couvert végétal provoque non seulement la baisse de la fertilité des sols, mais elle entraîne aussi la rareté du bois de chauffe.

III.1.1.4. Le paillage

Le paillage est une technique traditionnelle pratiquée par les paysans consistant à étaler sur le sol les débris de l'herbe ou de laisser tout ou une partie des résidus des cultures (photo 8). Il permet d'amortir l'impact des gouttes de pluie et crée une rugosité de surface, divise et ralentit la lame d'eau ruisselante et accroît l'infiltration. Il protège le sol des effets de l'érosion éolienne, réduit l'évaporation du sol et augmente l'activité de la micro-faune organique. Cette technique

protège la terre contre la radiation solaire en diminuant les amplitudes thermiques à la surface du sol et contribue à une évolution position positive de la matière organique. Le but recherché dans cette pratique est la protection et l'enrichissement du sol en matières organiques. Il a aussi comme avantage par rapport à la couverture vivante de ne pas créer une concurrence racinaire vis de l'eau. Par contre selon Fauck.R (1964), il n'a pas l'action de fixation de l'azote des légumineuses, ni l'action de reconstitution de la structure qu'ont les graminées en plus il y'a les dangers liés au feux.

Photo n° 8 : Paillage avec des tiges de mil dans un champ à Wandé



Cliché Gning, M. Novembre 2013

III.1.1.5. L'agroforesterie

L'agroforesterie est une technique d'introduction d'arbres et d'arbustes dans les systèmes de culture et qui permet la production d'arbres et de cultures de vente ou de bétail sur la même parcelle. Cette technique culturale traditionnelle est largement pratiquée dans les villages qui longent la vallée. Elle connaît un double intérêt chez les agriculteurs. Ainsi, les espèces arborées associées aux cultures sont *Cordyla pinnata*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia Faidherbia*, *Adansonia Digitata*, etc. (photo 9). Parmi ces essences *Cordyla pinnata* et *Acacia albida* semblent avoir un rôle beaucoup plus important aussi bien dans l'agriculture que dans l'alimentation et l'artisanat.

Pour *l'acacia albida* la perte de ses feuilles pendant la saison des pluies permet aux rayons de soleil d'atteindre les cultures plantées au-dessous et autour de l'arbre ; pendant les mois de forte chaleur de la saison sèche, le feuillage dense de l'arbre procure une ombre fraîche, du fourrage pour le bétail et protège le sol contre l'érosion éolienne ; les feuilles jonchant le sol au début de la saison des pluies et le fumier déposé par le bétail qui se met à l'ombre des arbres, enrichissent le sol.

Photo n° 9 : *Cordyla pinnata*, *Adansonia digitata* et autres arbres à Darou Mbane



Cliché Gning M. 2013

III.1.2. Lutte contre les feux de brousse

Pour se prémunir des feux de brousses et protéger certains champs, des animaux en divagation, les populations ont mis en place des techniques connues sous le nom de pare-feux.

III.1.2.1. Les haies vives

Les haies vives sont des plantations d'arbres ou d'arbustes sous forme de rangées, de façon à réduire la vitesse de vent (photo10). Cette technique est très répandue dans le milieu ou l'augmentation de la culture du manioc et sésame, font qu'elle est de plus en plus utilisée pour protéger ces cultures des animaux en divagation durant la saison sèche. Elles ont pour but de protéger le sol des effets de l'érosion éolienne, et jouent aussi un rôle dans l'augmentation des

rendements des cultures en limitant les pertes d'eau par évaporation et conservent l'humidité du sol. Si elles sont bien entretenues, elles créent un sous-climat susceptible d'améliorer les conditions de croissance des plantes.

Photo n° 10 : une haie vive à l'ouest du village de Dianké Souf



Cliché Gning, M. Novembre 2013

III.2. Les méthodes modernes

Les méthodes modernes sont des stratégies développées dans la région par les ONG et adoptées par les populations. Il s'agit des cordons pierreux, des diguettes, le reboisement etc.

III.2.1. Les cordons pierreux

C'est une technique très efficace qui a été vulgarisée par les Organisations Non Gouvernementales (ONG), qui consiste à l'utilisation de pierres empilées sans aucun liant selon les courbes de niveau (photo11). C'est une barrière mécanique de freinage des eaux de ruissellement. Ces pierres sont disposées perpendiculairement à la direction d'écoulement des eaux. Cette technique présente deux avantages à savoir : elle accroît la quantité d'eau qui s'infiltre et empêche le transport des particules de sols vers parties plus basses. Cependant, les cordons pierreux sont faiblement utilisés par (0,5%) de la population, malgré l'importance des pentes dans certains champs comme le Sud de Kahi et l'Est de Darou Mbané. En effet, cette stratégie de lutte est très efficace en matière de conservation des eaux et des sols.

C'est pourquoi, Ousmane Ndiaye chef du village de Dianké Souf affirme qu'avant la mise en place de son cordon pierreux, il avait constaté dans son champ un ruissellement en nappe très intense qui commençait même à prendre l'aspect de griffes, mais, depuis l'implantation de ce cordon le sol se stabilise de plus en plus.

Photo n° 11 : Cordon pierreux à Dianké Souf



Cliché Gning. M ; 2013

III.2.2. La construction de diguettes

Ce sont des constructions artisanales faites par les populations dans le but de préserver les champs ou leurs habitations de l'érosion hydrique. Il s'agit généralement de rangés de sacs de sables empilés pour freiner le ruissellement ou le dévier de sa trajectoire (photo12). Leur efficacité dépend de la force du ruissellement et du temps car il faut les renouvelés chaque année. Cette technique est très pratiquée dans la région à cause de son accessibilité et de la facilité de sa mise en place. Les populations l'utilisent pour protéger leurs habitations ou leurs champs des eaux de ruissellements. Mais il se pose un sérieux problème au niveau des milieux de mobilisation de ces quantités de sables mises en sacs, car il ne fait que déplacer le phénomène.

Photo n° 12 : diguette en sacs de sables



Sacs à moitié enfouis

Cliché Gning Modou, 2013

III.2.3. La construction de dalles

Les dalles antiérosives sont des ouvrages construites à l'aide du ciment, du béton et du fer qui tapissent la surface des ravins ou les parties basses susceptibles d'être des chemins d'écoulement. Elles sont implantées le long de la piste de production qui relie Kaffrine à Ndioum Ngainth. Les eaux de ruissellements arrivées au niveau de ces ouvrages s'écoulent au dessus au lieu de creuser et de couper la route. Elles sont très efficaces, car selon l'ancien président de la CR de Ndioum Ngainth avant la construction de ces ouvrages, en hivernage la piste était impraticable, ce qui rendait difficile la mobilité de la population. Mais leurs efficacité est parfois relative car au lieu de ruisseler sur les dalles les eaux ruisselantes les contournent pour creuser (photo 13), comme ce fut le cas de celle qui se trouve en aval de Darou Mbané, qui en 2012 était profondément coupé de la route.

Photo n°13: dalle détruite par le ravinement à Ndodj



Cliché Gning M. 2013

III.3. Les impacts des stratégies de lutte

Les stratégies de lutte implanté le long de la vallée ont impacté significativement dans les secteurs environnemental et économique. Mais l'absence de données officielles relatives à l'impact de stratégies de lutte nous avons recourus aux enquêtes au près des populations

III.3.1. les impacts sur l'eau

Pendant l'hivernage des quantités d'eau très importantes sont drainés des plateaux aux bas-fonds. Ce ruissellement important représente une perte énorme de ressources en eau disponibles au niveau des plateaux. Ainsi les différentes techniques mises en place par les populations participent pour une part prépondérante à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol. En effet le paillage, la fertilisation organique accroissent la perméabilité du sol avant que les cordons pierreux en tant barrières mécaniques ne freinent les eaux de ruissellement. Ils permettent ainsi un séjour relativement long à l'eau pour s'infiltrer et de participer à la recharge de la nappe phréatique. Cette eau est utilisée par les plante ou repris par évaporation ou alimenter les nappes. C'est pourquoi l'aménagement du cordon pierreux du chef de village de Dianké souf la capacité de rétention du sol en eau car les plantes qui étaient parfois

frappées de déficits hydriques, avant son implantation produisent aujourd'hui des rendements records de 6 à 8 T par hectare de manioc.

III.1.2. Les impacts sur les sols

Malgré la faiblesse des aménagements antiérosifs d'envergure communautaire, les techniques de lutte contre l'érosion et de restitution de la fertilité des sols ont considérablement impactés sur la qualité des sols. Ainsi, les techniques biologiques telles la rotation des cultures, l'association des cultures, le paillage favorisaient l'augmentation de la matière organique, de la fertilité et de l'état physique des sols. En effet, l'amélioration de la qualité physique du sol s'accompagne de l'accroissement de l'infiltration et de la régression du ruissellement et de l'érosion. Ainsi 95% des chefs de ménages interrogés considèrent le paillage, la fertilisation organique et la rotation constituent les éléments vitaux du sol.

Les ouvrages mécaniques aussi ne sont pas sans limites. Généralement, les diguettes et les cordons pierreux perturbent l'écoulement naturel des eaux de surface et même l'écosystème tout entier. Ils présentent souvent un obstacle au cheminement des sédiments et de la matière organique. Ce phénomène bloque les sédiments en amont des diguettes et cordons et provoque par conséquent une érosion des terres qui se trouvent en aval s'ils sont mal disposés.

III.1.3. Les impacts sur la végétation

Le reboisement effectué par les populations et les autorités locales ont pu aider à restaurer le couvert végétal dans certains sites. Les plantations issues des reboisements ont un double rôle économique et climatique. En effet, les plantations permettent d'accroître et de satisfaire la consommation de bois de chauffe dont plus de la moitié de la population reste tributaire. En plus, les espaces boisés ont la capacité d'atténuer les changements climatiques. Dans la mesure où ils absorbent le dioxyde de carbone, qui fait partie des gaz à effet de serre.

Cependant, les haies vives du genre *Eucalyptus* et *euphorbia balsamifera* développent des substances toxiques qui ne tolèrent pas la croissance de certaines espèces végétales à ses alentours mais sont très efficace dans le ralentissement de la vitesse du vent et la diminution de l'érosion éolienne. En effet, les feuilles d'*eucalyptus* et ses racines produisent une substance puissante de destruction de certaines espèces d'herbacées et de bactéries des sols. Or ces bactéries sont indispensables à la décomposition de la matière organique du sol. Il a généralement été constaté une baisse de la biodégradabilité et un appauvrissement notable du sol en azote et calcium en particulier et en minéraux par extension (FAO, 1982).

III.1.4. Les impacts sur le domaine agricole

Au niveau de l'agriculture, les impacts des techniques mis en place ne peuvent être appréciés qu'à travers les rendements agricoles.

Il est évidemment admis par 97% de l'échantillon des ménages que les techniques antiérosives ont des impacts considérables dans l'amélioration des rendements agricoles. Ainsi, selon Ousmane Ndiaye, chef du village de Dianké Souf, la fertilisation organique est par essence la méthode la plus efficace, avec des rendements d'arachide de 1 à 1,5 T à l'hectare et de 800 à 1000 kg pour le mil durant les 2 premières années cultures. Il ajoute même si elle est associée à d'autres techniques comme les haies vives les rendements peuvent aller successivement jusqu'à 1,8 T pour l'arachide et 0,8 T à 1 T pour le mil sur une durée de 5ans. Il en est de même pour Cissé chef de village de Kahi un agro-pasteur qui pratique la rotation et la fertilisation organique affirme que « la fertilisation organique est la technique d'amélioration et de restitution de la fertilité des sols la plus rapide ou les rendements avoisinent 1 T/ha ». En effet le développement des cordons pierreux de plus en plus adoptés par les populations et l'implantation des diguettes, des superficies importantes de terres qui étaient abandonnées au profit de l'élevage sont de plus en plus récupérées.

Cependant, la technique biologique comme le paillage favorise souvent le développement des parasites et des adventices qui sont parfois nuisibles à l'arachide. Ce qui nécessite une forte utilisation d'herbicides et de main d'œuvre. Avec des revenus faibles, les paysans ne parviennent pas à acheter les produits phytosanitaires. Par conséquent, les rendements peuvent en être affectés.

Conclusion générale.

Ce travail d'étude et de recherche a permis de montrer que la dynamique de l'érosion des sols le long de la vallée du Saloum est due à la convergence des facteurs naturels et facteurs anthropiques.

Depuis des décennies, le système agraire traditionnel des localités qui longent la vallée du Saloum traverse une grave crise, liée à la fois au déficit pluviométrique à l'accroissement de la population et à l'érosion des sols. Le milieu naturel le long de la vallée du Saloum de Kaffrine à Paffa connaît aujourd'hui une dynamique érosive de plus en plus prononcée qui affecte l'ensemble du paysage. En effet, l'intensité des pluies reçues dans la région accroît la déstructuration des sols qui deviennent plus fragiles et par conséquent facilement remobilisables par l'eau et le vent. Au niveau de la vallée, le ruissellement concentré agit sur des sols déjà fragiles et qui peuvent être facilement déstructurés. Ce ravinement induit une évolution en badlands sur les terrains cuirassés et latéritiques du Sud-Est vers Gadiaga et Khounakh.

La baisse des précipitations a également un impact sur la sensibilité des terres à l'érosion notamment avec la diminution croissante des ressources végétales qui inhibe toute possibilité de régénération, exposant les sols davantage à l'érosion et à l'appauvrissement. Il s'y ajoute les modes d'utilisation et d'occupation de l'espace avec une démographie galopante entre autres paramètres, a conduit à la suppression de la jachère qui avait un rôle de restauration des sols.

La combinaison de tous ces facteurs aussi bien écologiques que socio-économiques est entrain de porter préjudice de manière sensible au développement agricole par une réduction des superficies cultivables due à l'interaction des conditions drastiques précitées. Cela se traduit concrètement par une baisse de la fertilité des sols, des rendements agricoles et l'extension des terroirs de cultures qui sont étroitement imbriqués.

De ce fait, le schéma classique, basé sur le concept d'itinérance ne fait plus force de loi dans certaines localités qui longent la vallée. Cela est d'autant plus vrai que la mentalité populaire a depuis longtemps vécu et perçu la pauvreté croissante des sols. Ainsi, chez le paysan l'observation de la végétation sur un champ suffit à apprécier la valeur agricole du support pédologique et permet de distinguer la terre riche caractérisée par l'abondance de la couverture herbacée d'un sol pauvre que suggère l'apparition de nduxum (*Striga Sp*), et du Salguf (*Eragrostris tremula*) etc.

Ainsi, l'une des plus importantes conséquences de l'érosion est la migration parfois temporaire, parfois définitive qui intéresse les couches les plus jeunes car il va de soi que la baisse de la production est un motif suffisant de recherche de revenus complémentaires.

Cet exode joue aussi un rôle dans la déstructuration du tissu social, en ce sens que les faits spatiaux et les faits sociaux interagissent les uns sur les autres. La dégradation par érosion et le manque de terre qui sont dans certains villages peuvent être considérés comme une entrave au développement socio-économique des terroirs jouxtant la vallée. Cette situation appelle des solutions appropriées c'est-à-dire définies par les principaux bénéficiaires, les communautés locales. Cette érosion a des répercussions considérables sur la survie des populations. Face à cette dégradation du capital pédologique et phytogéographique les populations sont à la recherche de solutions alternatives.

Pour faire face à cette situation qui menace leur survie, l'intensification agricole par l'amendement des sols semble être la réponse la plus immédiate. De ce fait, l'engrais et la fumure organique associés à la lutte anti-érosive participent pour une grande part importante au maintien de la productivité des sols. C'est pourquoi, l'aménagement des bas-fonds est une nouvelle stratégie définie par les populations locales pour faire face au manque de terre. Jadis, réputées pour leurs sols lourds et difficiles à travailler quand ils sont engorgés, ils n'étaient que rarement exploités. Aujourd'hui, la course à la terre n'épargne pas les bas-fonds qui sont au contraire au centre des préoccupations des paysans, car la diversification des sources de revenus passe essentiellement par les activités maraîchères et fruitières.

Bibliographie

- AHIEKPOR D. (2011)**, Impact de l'occupation des sols sur l'érosion hydrique dans le bassin versant du Lac Togo. Mémoire de Master international. Université de Lomé. 53p
- ANDS (2006)**, « Situation économique et sociale de la région de Kaolack », Dakar, 145 p.
- ANSD, (2004)**, « Rapport de synthèse de la deuxième enquête sénégalaise auprès des ménages », Dakar, 222pages.
- ANSD (2011)**, Situation économique et sociale de la région de Kaffrine 2010 ; 79p
- ARBONNIER M. (1990)**, Etude d'une savane graminéenne et forestière en vue de son aménagement. A partir du cas de Koumpentoum (Sénégal). Thèse de doctorat 3eme cycle, université de Nancy, 216p.
- BERHAUT J. (1967)** Flore du Sénégal. 2ème édition plus complète, avec les forêts humides de la Casamance. Clairafrique, Dakar, Sénégal, 485 pages
- BIGI A.** Guide de référence sur les pratiques de prévention et de lutte contre l'érosion dans le département sud d'Haïti. CESVI ; 75p.
- CISSOKHO R. (2011)** Développement d'un indice de vulnérabilité à l'érosion éolienne à partir d'images satellitales, dans le bassin arachidier du Sénégal : cas de la région de Thiès. *Thèse de doctorat, Département de Géographie, Université Montréal, 275 pages*
- COPANS J. (1980)**, Les marabouts de l'arachide : la confrérie mouride et les paysans du Sénégal, Paris- Le sycomore, 263p
- CSE, (2005)**, Rapport sur l'Etat de l'environnement au Sénégal, 231 p.
- CSE. (2010)** Suivi de la croissance de la végétation. 6 pages.
- CSE (2010)**. Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. 206 pages
- DGPRES (2013)**, Projet de mise en œuvre du plan d'action de la gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin arachidier. Etudes sur la répartition des ouvrages hydrauliques dans les Régions de Kaolack, Kaffrine et Thiès, MHA, 39p.
- CTFT, (1979)**, conservation des sols au sud du Sahara .Collection technique rurales en Afrique, 2^e édition 292p
- DIALLO A. K. (1973)**, Pâturage et alimentation du troupeau de l'unité expérimentale de Koumbidia en saison sèche. IRAT, 29p.
- DIATTA M. et al. (1998)**, Typologie de la végétation ligneuse en zone soudanienne. Bois et foets des tropiques n°257, 14p.
- DUBOIS J. (1971)**, l'émigration des sérères vers la zone arachidière orientale. Contribution à l'étude de la colonisation agricole des terres neuves au Sénégal. ORSTOM, Dakar, 252p.

DIOP E. S., (1978), l'estuaire du Saloum et ses bordures (Sénégal) : étude géomorphologique. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 255 p.

DIOUF G. A, (1984), les royaumes du Sine et du Saloum des origines au XIX^e Siècle. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 289 p.

DUCHAUFOR. P, 2001, Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement, Dunod, Paris, 331 p.

FAUCK. R. (1964) Eléments de conservation des sols et de la lutte contre l'érosion. Ecole Nationale des Cadres Ruraux section Eaux et Forêts, 61 pages.

FLORET CH., PONTANIER R. (2000), la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Volume1. Acte du séminaire international, Dakar, 13-16 Avril 1999, John Libbey Eurotext ,Paris 771p

GUERIN L. et LEBLOND B. (1984), travaux de conservation des sols : l'étude des projets et leur réalisation par des techniques à haute intensité de main d'œuvre, Genèse, 223pages.

IGN (1977), Atlas du Sénégal, paris

IRD (1975), la sécheresse en zone sahélienne : causes, conséquences études des mesures à reprendre, la documentation française, N° 4216-4217, 75 p.

IRD (1997), Atlas national du Sénégal, rue de Grenelle. Paris, N°54, 147p.

IRD, (1988), cartographie et télédétection des ressources de la république du Sénégal : étude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols, CRDO-Dakar N°5873 cote cold STA, 653 p.

Kelly H. W. (1983) Garder la terre en vie l'érosion des sols-ses causes et ses remèdes. FAO Rome.

LAVIGNE P., CAMPHIS N(1998), Aménager les bas fonds dans les pays du Sahel, Paris 527p

LEROUX M., (1970), La dynamique des précipitations en Afrique occidentale, 250 p ;

LOMBARD .Z, (1988), Problèmes Alimentaires et stratégies de survie dans le sahel sénégalais : les paysans sérères, 404p ; **LOZET J. et MATIEU C. (1990)**, « Dictionnaire de la science du sol », Paris, édition tec et doc, 575 p.

MAIGNIEN R. (1965), Carte pédologique du Sénégal au 1/1000 000, notice explicative, ORSTOM/centre de Dakar-Hann, 64 p.

MAIGNIEN R (1968), Les sols ferrugineux tropicaux. Unités pédogénétiques. ORSTOM, 35p.

MBODJ S. (2003), Une meilleure valorisation des ressources des bas-fonds du sine Saloum par le GIRE. Expérience du programme de lutte contre la pauvreté en milieu rural dans le Bassin Arachidier (2000-2007. Programme sénégal-allemand d'appui à la décentralisation et au développement local (PRODEL), 86 p.

- MEPN. (1998)** Programme d'action national de lutte contre la désertification. 152 pages.
- MICHEL P. (1973)** les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Paris ORSTOM, tome 1 ; 810p
- NDONG D. (2001)**, La variabilité pluviométrique 1988 à 2008 et ses impacts sur la dégradation des sols et les activités agricoles dans la région de fatick : cas de la communauté rurale de Tattaguine Mémoire de maitrise, Université Cheikh Anta Diop, Dakar 115 p.
- NDOUR T. (2001)**, La dégradation des sols au Sénégal : l'exemple de deux communautés rurales (Kaymor et Mont Rolland). Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 311 p.
- PARPEBA (2006)**, Rapport du Diagnostic participatif du terroir du site de Kahi. GERAD, 69p.
- PELLISSIER P. (1966)**, Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance, Fabrégue St Yrieux, 939 p.
- PIC (2012)**, Plan D'Investissement Communale de Kaffrine , 98p
- PLD (2003)** de la communauté rurale de Boulele ; 66 p.
- PLD (2012)** de la communauté rurale de Dianké Souf ; 75 p.
- PLD (2003)** de la communauté rurale de Ndioum Ngainth ; 68 p.
- PLD (2003)** de la communauté rurale de Kahi ; 55 p
- RAMADE F. (2008)**, Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité, Dunod, Paris, 726 p.
- RIOU G. (1990)**, L'eau et les sols dans les écosystèmes tropicaux, Masson, Milan, Barcelone, Mexico, 221 p.
- ROBERT M. (1996)**, Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement, Masson, Paris, 244 p.
- ROCHETTE R. M. (1989)**, Le sahel en lutte contre la désertification : leçons d'expériences, 592 p.
- RIOU G. (1990)**, l'eau et les sols dans les écosystèmes tropicaux, Masson, Milan, Barcelone, Mexico, 221 p.
- ROBERT M. (1996)**, Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement, Masson, Paris, 244 p.
- ROCHETTE R. M. (1989)**, Le sahel en lutte contre la désertification : leçons d'expériences, 592 p.
- ROOSE E. (1985)** L'impact du défrichement sur la dégradation des sols tropicaux. ORSTOM, 14 pages

- ROOSE E. (1977)**, Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales, O.R.S.T, Paris, 108 p.
- ROSSE E. (1990)**, Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides, ORSTOM, Montpellier, France, 182 p
- SADIO. S. (1985)**, Séminaire national sur la désertification, Saint-Louis, avril 1985.
- SAGNA P, 2007**, « Le climat ». In : Atlas au Sénégal, les éditions Jeune Afrique, pp. 66-69.
- STANCIOF A. et al. (1984)** Cartographie et télédétection des ressources de la république du Sénégal. Direction de l'Aménagement du Territoire, Agency for International. Development et Remonte Sensing Institute, 674 pages
- SADIO S, (1991)**, Géomorphologie : pédogénèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine Saloum, Sénégal, édition ORSTOM, 269 p.
- SADIO S. (1985)**, Séminaire national sur la désertification, ORSTOM, Saint-Louis, avril 1985, 6 p.
- SAGNA P. (2010)**, « Le climat ». In : Atlas du Sénégal, les éditions Jeune Afrique, pp. 16-19.
- SAGNA P. (1988)** Etude des lignes de grains en Afrique de l'Ouest. *Thèse de doctorat 3e cycle, Géographie*, UCAD, *Tome I* 291 pages *Tome II* 241 pages
- SEGALEN P. (1994)**, Les sols ferrallitiques et leur répartition géographique, ORSTOM, Col. ETUDES ET THESES, Tome I ; 579p
- SECK O. (2001)** Les stratégies de lutte contre l'érosion dans la communauté rurale de Diass (Département de MBour), *mémoire de maîtrise, Département de Géographie, UCAD.*
- SOW K. (1999)**, Caractérisation pédologique du bassin versant de Koutango. Dans le sud du bassin arachidier. Thèse doctorat UCAD, FST, 149p.
- THIAM M.D (1986)** Géomorphologie, évolution et sédimentologie des terrains salés su Sine-Saloum (Sénégal).Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Paris 1,186p
- .USAID, (2007)**, Perspectives sur la sécurité alimentaire
- USAID, (2011)**, Analyse de la filière engrais au Sénégal et de sont évolution sur la période 2000 à 2010, 64 p.
- VIERS G. (1990)**, Eléments de climatologie, 2^e Edition, Nathan, Paris, 223 p.
- VEYRET Y. (2007)**, Dictionnaire de l'environnement, Armand Colin, Paris, 403 p.

WEBOGRAPHIE

www.cse.sn

www.mémoireonline.com

Listes des figures

Figure 1. Schéma général de la dégradation de l'écosystème du Saloum.....	6
Figure 2 : Circulation moyenne des alizés et la trace au sol de l'équateur météorologique.....	27
Figure 3 : Directions dominantes et fréquences des vents à la station de Kaolack en pourcentage	30
Figure 4 : pluviométrie moyenne annuelle à la station de Kaffrine de 1984 à 2013.....	32
Figure 5 : pluviométrie moyenne mensuelle au poste de Kaolack de 1984 à 2013.....	33
Figure 6 : Ecarts à la moyenne interannuelle de 1984 à 2013 à la station de Kaffrine.....	35
Figure 7 : Ecarts à la moyenne de la pluviométrie à la station de Kaolack.....	36
Figure 8 : Evolutions des températures moyenne annuelle, maximales, minimales et moyenne.....	37
Figure 9 : Evolution des moyennes annuelles de l'humidité relative.....	38
Figure 10: Evolution des moyennes annuelles de l'insolation à la station de Kaolack de 2000 à 2013.....	39
Figure 11 : Evolution moyenne annuelle de l'évaporation au niveau de la station de Kaolack.....	40
Figure 12 : Les procédés cultureux le long de la vallée.....	67
Figure 13: Les techniques culturelles adoptées par les populations.....	68
Figure 14 : Stratégies de lutttes contre l'érosion.....	69
Figure 15 : Effet splash des gouttes de pluies.....	74
Figure 26 : Evolution des rendements agricoles.....	89
Figure 17; Evolution de la contribution du secteur agricole dans le PIB en (%).....	90

Liste des photos

Photo n° 1 : Piétinement du bétail autour de la mare Djenwi de Khendé.....	70
Photo n° 2 : Erosion hydrique sous forme de rigole au sud de Khendé.....	76
Photo n° 3 : la ravine qui passe au nord du village de Wandé.....	77
Photo n° 4 : Généralisation du ravinement entre Dianké Souf et Mbabanéme.....	82
Photo n° 5 : mare « djenwi » au sud du village de Khendé.....	83
Photo n° 6 : Piste qui relie Sorokogne à Khendé fortement entaillée par le ruissellement.....	92
Photo n° 7 : Association de Manioc et de sésame à Dianké souf.....	98
Photo n° 8 : Paillage avec des tiges de mil dans un champ à Wandé.....	99
Photo n° 9 : <i>Cordyla pinnata</i> , <i>Adansonia digitata</i> et autres arbre à Darou Mbane.....	100
Photo n° 10 : une haie vive à l'ouest du village de Dianké Souf.....	101
Photo n° 11 : Cordon pierreux à Dianké Souf.....	102
Photo n° 12 : diguette en sacs de sables.....	103
Photo n° 13 : Dalle détruite par le ruissellement à Ndodj.....	104

Listes des cartes

Carte 1 . Localisation de la vallée du Saloum.....	22
Carte 2 : Model Numérique de Terrain de la vallée.....	25
Carte 3 : Réseau hydrographique.....	41
Carte 4 . Carte des sols le long de vallée du Saloum.....	47
Carte 5 : Carte de la végétation le long de la vallée.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1 : villages de l'échantillon.....	19
Tableau 2 : Vitesses et directions des vents à la station de Kaolack 1984-2013.....	28
Tableau 3 :Caractérisation des débuts et fins d'hivernages au niveau des stations de Kaffrine.	34
Tableau 4 : Durée des hivernages et les mois les plus pluvieux à Kaolack et Kaffrine et de Kaolack.....	34
Tableau 5 : les différentes nappes exploitées dans les CR traversée par la vallée.....	43
Tableau 6 : Evolution de la production agricole et de la superficie emblavée dans le département de Kaffrine et de Malem Hodar de 2009 à 2012.....	55
Tableau 7 : Composition et nombre du cheptel dans la zone.....	56
Tableau 8 : L'influence de l'inclinaison de la pente sur l'érosion (Roose 1977).....	60
Tableau 9 : Humidité des sols « dior » et « deck » du bassin arachidier selon Bonfils et Faure 1956.....	65

Annexes

Les modèles d'estimation des pertes en terre dues à l'érosion

1. La technique de Wischmeir

La problématique de l'érosion a toujours été une préoccupation pour les chercheurs comme Wischmeir et Smith qui en 1959 ont mis en place l'équation universelle de perte en terre (Universal Soil Loss Equation ou USLE). D'après de nombreuses expériences effectuées dans des plaines américaines sont parvenus à mettre sur pied, cette équation :

$E = R * K * SL * C * P$. Cette équation évalue les pertes en terres en tonne par hectare.

R : est l'indice d'érosivité des pluies en Rusa ou T/ha. Il est la somme des produits de l'énergie cinétique des pluies unitaires par leurs intensités maximales durant 30mn (en mm/h).

K : permet de mesurer la capacité de résistance d'un sol à l'érosion en Kusa. Cet indice est fonction des propriétés du sol notamment des matières organiques, de la texture, de la perméabilité et de la structure de l'horizon superficiel.

SL : c'est l'indice de la pente qui permet de comparer les conditions topographiques observées. Il associe à la fois S, qui est l'angle d'inclinaison de la pente en % et L, qui est la longueur de la pente.

C : c'est l'indice qui englobe, le couvert végétal, les pratiques culturales de même que le niveau de production.

P : détermine l'importance des méthodes artificielles de lutttes antiérosives (terrasses, cordons pierreux...). Il correspond au rapport entre les pertes en terres d'un champ de culture aménagé et celles d'une parcelle voisine de même culture sans aménagements antiérosifs.

Cette technique de Wischmeir fournit des prévisions en chiffres des risques d'érosions des sols dus à l'agressivité des pluies.

2. Le Revised Wind Erosion Equation (RWEQ)

C'est un model d'estimation des pertes en terres dues à l'érosion éolienne. Il peut être considéré comme une suite du model empirique Wind Erosion Equation (WEQ) d'où son nom RWEQ.

$$Q(x) = Q_{max} \left[1 - e^{-(x/S_P)} \right]$$

$Q(x)$ est la masse (Kg/m) transportée par le vent sur une distance x

$Q_{\max p}$ est donné Kg/m et renseigne sur la capacité maximale de transport du vent ;

S_p est la distance sur laquelle le vent atteint 63,2% de sa capacité de mobilisation ;

Où

$$Q_{\max p} = 109,8(WF.EF.SCF.K'COG)$$

$$S_p = 150,7(WF.EF.SCF.K'COG)^{-0,3711}$$

WF : facteur climatique

K' : rugosité

COG : effet du couvert végétal vivant et mort ;

SCF : l'encroûtement du sol ;

EF : fraction érodable

Pour l'effet des aménagements agricoles, il est estimé de la façon suivante :

$$COG = SLR_f * SLR_s * SLR_c$$

SLR_f : Soil Loss Ratio for flat cover

SLR_s : Soil Loss Ratio for plant silhouette

SLR_c : Soil Loss Ratio for growing canopy

Tables des matières

Avant-propos.....	1
Sommaire	2
Sigles et abréviations.....	3
Introduction	4
Synthèse bibliographique.....	7
Problématique	12
Méthodologie	18
Première partie : Présentation de la vallée du Saloum : de Kaffrine à Paffa	
Chapitre I : Aspects physiques.....	23
I.1.La géologie et le relief.....	23
I.1.1.La géologie	23
I.1.2.Le relief.....	24
I.3. Le climat.....	26
I.3.1.Les mécanismes généraux	26
I.3.2.Les paramètres climatiques	28
I.3.2.1. Les Vents.....	28
I.3.2.1.1.La vitesse et la direction du vent	28
I.3.2.1.2.Les vents d’est.....	28
I.3.2.1.3.Les vents d’ouest.....	29
I.3.2.2.Les précipitations	31
I.3.2.2.1.La pluviométrie au poste de Kaffrine.....	31
I.3.2.2.2.La pluviométrie au poste de Kaolack.....	32
I.3.2.2.3.Caractéristiques des hivernages	33

I.3.2.3. Les températures	36
I.3.2.4. L'humidité relative	37
I.3.2.5. L'insolation.....	38
I.3.2.6. L'évaporation.....	39
I.4.1. Les ressources hydriques	40
I.4.1.1. Les eaux de surface.....	40
I.4.1.2. Les eaux souterraines	41
I.5. Les sols.....	44
I.5.1. Les sols ferrugineux tropicaux	44
I.5.2. Les sols hydromorphes.....	45
I.5.3. Les lithosols.....	46
I.5.4. Les sols rubéfiés polyphasés.....	46
I.6. La végétation	47
I.6.1. La savane arborée	47
I.6.2. La strate arbustive	48
I.6.3. La strate herbacée.....	48
Chapitre II : Cadre humain	50
II.1. Le peuplement.....	50
II.2. Les caractéristiques démographiques.....	50
II.2.1. Répartition par âge et par sexe	51
II.2.2. Appartenance ethnique	51
II.2.3. La mobilité de la population	51
Conclusion partielle	52

Chapitre III : Les activités socio-économiques	53
III.1.L'agriculture.....	53
III.1.1. Le régime Foncier.....	53
III.1.2. Valeur agricole des sols.....	53
III.1.3. Les principaux types de cultures.....	53
III.1.4. Evolution de la production agricole de 2009-2012.....	54
III.2.L'élevage.....	55
Conclusion partielle.....	56

Deuxième partie : Les causes et les manifestations de l'érosion des sols

Chapitre I : Les causes naturelles	58
I.1. Les facteurs physiques conditionnant l'érosion	
I.1.1.Les facteurs morpho-pédologiques.....	59
I.1.1.1.La topographie.....	59
I.1.1.2.La nature du sol.....	60
I.1.1.2.2.La sécheresse.....	62
I.1.2.1. La pluie	62
I.1.2.3.Les vents	63
I.1.2.4.La température, l'insolation et l'évaporation.....	64
I.1.3.La nature et l'état de la végétation.....	65
Chapitre II : Les facteurs anthropiques	66
II.1.La pression démographique.....	66
II.2.Les pratiques agricoles	67
II.2.1.Les procédés culturaux.....	67
II.2.2.Les techniques culturales.....	68

II.2.3. Les pratiques antiérosives adoptées.....	68
II.3. Le pâturage.....	69
II.4. Les feux de brousses	70
II.5. La déforestation.....	71
Chapitre III : Les différents types d'érosion	73
III.1. Les mécanismes de l'érosion hydrique.....	73
III.1.1. Le splash.....	73
III.1.2. Le ruissellement.....	74
III.1.2.1. Le ruissellement en nappe.....	74
III.1.2.2. Le ruissellement concentré.....	75
III.1.2.3. Le ruissellement torrentiel ou en ravine.....	76
III.2. Les mécanismes de l'érosion éolienne.....	77
Conclusion partielle.....	79
Troisième partie : Les conséquences de l'érosion des sols et les stratégies de	
lutte	
Chapitre I : Les impacts écologiques	81
I.1. La réduction des surfaces cultivables.....	81
I.1.1. Le ravinement.....	81
I.1.2. L'ensablement des bas-fonds.....	82
I.1.3. Le lessivage des sols.....	83
I.1.4. La diminution de la capacité de rétention du sol.....	84
I.1.5. Le développement des herbes sauvages.....	84
III.2. Les impacts sur les ressources en eaux.....	85
III.2.1. La pollution des eaux de surface.....	85

III.2.2. La baisse de la nappe.....	85
III.3. Les impacts sur la végétation	86
III.4. Les impacts sur la faune.....	86
Chapitre II : Les impacts socio-économiques	88
II.1. Les impacts économiques.....	88
II.1.1. La baisse des rendements agricoles.....	88
II.1.2. Les impacts sur l'élevage.....	89
II.1.3. La baisse des revenus.....	90
II.1.4. Les impacts sur les voix de communication.....	91
II.2. Les impacts sociaux.....	93
II.2.1. L'insécurité alimentaire	93.
II.2.2. L'émigration rurale.....	95
Chapitre III : Les stratégies de lutte contre l'érosion des sols	97
III.1. Les méthodes traditionnelles	97
III.1.1. Les techniques biologiques.....	97
III.1.1.1. La rotation des cultures.....	97
III.1.1.2. L'association des cultures.....	97
III.1.1.3. Les fertilisants organiques.....	98.
III.1.1.4. Le paillage	98
III.1.1.5. L'agroforesterie.....	99
III.1.2. Lutte contre les feux de brousse.....	100
III.1.2.1. Les haies vives.....	100..
III.2. Les méthodes modernes.....	101
III.2.1. Les cordons pierreux.....	101

III.2.2. La construction de diguettes.....	102
III.2.3. La construction de dalles.....	103
III.3.Les impacts des stratégies de lutte.....	104
III.3.1.Les impacts sur l'eau.....	104
III.3.2.Les impacts sur les sols.....	105
III.3.3. Les impacts sur la végétation.....	105
III.3.4.Les impacts sur le domaine agricole.....	106
Conclusion générale.....	107
Bibliographie	109
Liste des figures	113
Liste des photos	113
Liste des cartes	114
Liste des tableaux	114
ANNEXE	116
Table des matières.....	118

