

UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, DE LA SANTÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

ANNÉE : 2013/2014

NUMÉRO D'ORDRE : 134



THÈSE DE DOCTORAT

Spécialité : SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Présentée par : **Jean Henri Bienvenue SÈNE**

ÉTUDE DU POTENTIEL AGRO-ÉCOLOGIQUE DE LA VALLÉE RIZICOLE DE TAMRA, ÎLE DE MAR, CENTRE-OUEST DU SÉNÉGAL



Soutenue publiquement le 28 février 2015 devant le jury composé de :

Président : **M. Aliou GUISSE** Professeur titulaire

Rapporteurs : **M. Amadou Tahirou DIAW** Professeur titulaire

M. Raymond MALOU Maître de conférences

M. Kandioura NOBA Professeur titulaire

Examinateur : **M. François MATTY** Maître-assistant

Directeur de thèse : **M. Bienvenu SAMBOU** Maître de conférences

In memoriam

François

et Élisabeth SÈNE

brutalement arrachés à notre affection les 17 et 18 octobre 2014

Dédicaces

À mon épouse Charlotte,

À mes enfants Audrey, Jonathan et Samantha

Et à mes neveux Évan et Pierre Stanley

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à sa réalisation.

Tout d'abord, je voudrais exprimer toute ma reconnaissance aux professeurs Aliou GUISSE, Amadou Tahirou DIAW, Raymond MALOU, Kandioura NOBA et François MATTY, membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je remercie le professeur Bienvenu SAMBOU, Directeur de l'ISE, pour sa sollicitude constante et pour avoir dirigé ce travail avec toute la rigueur scientifique requise.

J'exprime ma profonde gratitude à M. François MATTY qui a guidé mes premiers pas dans la recherche en science du sol.

Je remercie vivement le professeur Raphaël SARR du Département de Géologie, pour l'aide apportée dans la documentation géologique et pour tous les conseils et encouragements durant tout mon cursus universitaire.

J'adresse les mêmes remerciements à MM. Malaïny DIATTA (chercheur à l'ISRA) et Mathieu GUEYE (chercheur à l'IFAN) pour leur déterminante contribution dans l'inventaire de la flore et la détermination des échantillons de plantes récoltés ainsi que pour les conseils et encouragements qu'ils n'ont cessé de me prodiguer.

Mes remerciements vont également à M. Fary DIOME, professeur à l'Institut des Sciences de la Terre (IST/UCAD) pour tout l'appui qu'il m'a fourni tout au long de ce travail.

Je remercie beaucoup M. Ibrahima DIÉMÉ de la Direction de l'Agriculture pour avoir accepté de relire le document avec l'esprit critique qu'on lui connaît.

J'adresse mes sincères remerciements à MM. Seydou BÂ (technicien au laboratoire de Pédologie de l'ISRA de Bambey) et Ibou FAYE (technicien au laboratoire de la SAED de Ross Béthio) pour l'aide apportée dans l'analyse des échantillons de sols et d'eaux de nappe phréatique.

Je remercie l'ensemble des personnels enseignants, administratifs et techniques de l'Ecole Doctorale Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement (ED-SEV) et de l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) pour leur contribution à ma formation.

J'ai une pensée spéciale pour les populations de l'île de Mar pour leur hospitalité et pour avoir rendu mes séjours très agréables.

Je remercie également le Directeur et l'ensemble du personnel de la Caritas diocésaine de Kaolack pour l'accueil et leur disponibilité.

Ce travail n'aurait certainement pas été réalisé sans le concours financier de la coopération canadienne à travers le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) qui a financé le projet Partenariat Multi-Acteurs pour l'Adaptation des Populations Vulnérables à la salinisation des sols induite par les Changements Climatiques au Sénégal (PROMASC). C'est pour moi l'occasion de leur dire un grand merci.

Je confonds dans mes remerciements les étudiants de la 24^{ième} promotion de l'ISE (2001/2002), mes promotionnaires de la section Sciences Naturelles et les étudiants et stagiaires du Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (LERG).

A tous les membres de ma famille, j'adresse mes sincères remerciements pour tous leurs conseils et prières.

J'exprime ma profonde gratitude à mon épouse pour sa patience, son soutien et son affection.

Sommaire

<i>In memoriam</i>	i
<i>Dédicaces</i>	ii
<i>Remerciements</i>	iii
<i>Sommaire</i>	iv
<i>Liste des tableaux</i>	ix
<i>Liste des photos</i>	ix
<i>Résumé</i>	x
<i>Abstract</i>	xi
Introduction	1
Chapitre premier : Cadre général de l'étude	4
1. MILIEU PHYSIQUE DU BASSIN VERSANT DU SINE-SALOUM	5
1.1. Situation géographique	5
1.2. Climatologie	5
1.3. Hydrologie	13
1.4. Cadre géologique et évolution du climat durant le quaternaire récent	15
1.5. Géomorphologie	19
1.6. Les sols, processus de pédogenèse	25
2. MILIEU HUMAIN	29
2.1. Population	29
2.2. Activités socio-économiques	29
2.3. Contraintes à la production agricole	32
2.4. Activités de récupération des sols salés et/ou acidifiés	34
Chapitre deuxième : Présentation du site d'étude.....	37
1. PRÉSENTATION DE L'ÎLE DE MAR	38
1.1. Situation géographique et administrative de l'île de Mar	38
1.2. Milieu humain	38
1.3. Activités socio-économiques dans l'île de Mar	39
1.4. Infrastructures	42
1.5. Dynamique organisationnelle et partenariats	42
2. PRÉSENTATION DE LA VALLÉE DE TAMRA	43
Chapitre troisième : Matériel et méthodes	44
1. GÉNÉRALITÉS SUR LE RIZ, PRINCIPALE SPÉCULTATION DANS LA VALLÉE	45

1.1.	La systématique	45
1.2.	L'origine et les caractéristiques morphologiques du riz	45
1.3.	L'écologie du riz	46
2.	MÉTHODES D'ÉTUDE	47
2.1.	Les enquêtes socio-économiques	47
2.2.	L'étude des sols et des eaux de nappe phréatique	49
2.3.	L'étude de la végétation	62
3.	ANALYSES D'ÉCHANTILLONS DE SOL ET D'EAU DE NAPPE PHRÉATIQUE	65
3.1.	La préparation des échantillons	65
3.2.	L'analyse granulométrique	65
3.3.	La mesure du potentiel Hydrogène (pH)	66
3.4.	La mesure de la Conductivité Électrique (CE)	66
3.5.	Le dosage du Carbone (C) organique	67
3.6.	Le dosage de l'Azote (N) total	67
3.7.	Le Phosphore assimilable (P₂O₅)	67
3.8.	Le Complexe adsorbant et la Capacité d'Échange Cationique (CEC)	68
3.9.	Le bilan ionique (extrait aqueux 1/5)	68
3.10.	Les bases échangeables	68
4.	TRAITEMENT DES DONNÉES	69
4.1.	Les données des enquêtes	69
4.2.	Les données de sol et de nappe phréatique	69
4.3.	Les données sur la végétation	75
Chapitre quatrième : Résultats et discussion		76
1.	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	77
1.1.	Résultats des Interviews Semi-Structurées, des focus group et du diagnostic participatif	77
1.1.1.	Contraintes majeures	77
1.1.2.	Opportunités	78
1.2.	Principales unités de sols inventoriées dans la vallée et leurs caractéristiques	78
1.3.	Données sur la nappe phréatique	91
1.4.	Distribution des sols suivant la topovariance	92
1.5.	La carte des sols de la vallée de Tamra	96
1.6.	Diversité floristique de la vallée	98
2.	DISCUSSION	105
2.1.	Les contraintes majeures à la production agricole	105
2.2.	L'aptitude culturale des terres de la vallée de Tamra	117
2.3.	Les aménagements et modes d'utilisation recommandés par classe de terres	125
2.4.	La végétation de la vallée : le potentiel fourrager	129
2.5.	La sauvegarde du potentiel agro-écologique de la vallée de Tamra	131
Conclusion et Perspectives		133
Références bibliographiques		136
ANNEXES		I
ANNEXES I : RÉSULTATS DES ANALYSES DE SOL ET DE NAPPE PHRÉATIQUE		II

<i>ANNEXES II : DESCRIPTION DES PROFILS PÉDOLOGIQUES TYPIQUES LE LONG DE LA VALLÉE...</i>	<i>XI</i>
<i>ANNEXES III : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES PROFILS PAR TYPE DE SOLS.....</i>	<i>XXXI</i>
<i>ANNEXES IV : QUESTIONNAIRE ET GUIDES D'ENTRETIEN.....</i>	<i>XXXIII</i>
<i>ANNEXES V : DONNÉES CLIMATOLOGIQUES</i>	<i>XLIII</i>
Table des matières	XLVIII

Liste des sigles et abréviations

B.P.: Before Present

C: Carbone

CADL : Centre d'Appui au Développement Local

CE : Conductivité Électrique

CEC : Capacité d'Échange Cationique

CNRA : Centre National de Recherches Agricoles

COSMAH : Comité de Suivi et de Maintenance des Aménagements Hydro-agricoles

CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols

C.T. : Continental Terminal

DRPF : Direction de la Recherche sur les Productions Forestières

EDTA : acide Éthylène Diamine Tétra Acétique

FAO: Food and Agriculture Organization

FIT: Front Inter Tropical

FNUAP : Fonds des Nations Unies pour la Population

GPS: Global Positionning System

IFAN : Institut Fondamental d'Afrique Noire

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

ISE : Institut des Sciences de l'Environnement

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

ISS : Interview Semi Structurée

JHP : Jean Henri Profil

MO : Matière Organique

N : Azote

ONG : Organisation Non Gouvernementale

pH : Potentiel Hydrogène

PRECOBA : Projet de Reboisement Communautaire du Bassin Arachidier

S : Notation de la Somme des bases échangeables du complexe adsorbant

T : Notation de la capacité d'échange cationique

TSE : Taux de Sodium Échangeable

U : Coefficient d'Uniformité

US : Unité de Sols

V : Notation du Taux de saturation en bases du complexe adsorbant

Liste des figures

Figure 1 : Carte du bassin versant du Sine-Saloum.....	5
Figure 2: Distribution spatiale de la pluviométrie pour la période 1961-1990 (A)	8
Figure 3 : Distribution spatiale de la pluviométrie pour la période 1971-2007 (B)	9
Figure 4 : Évolution des températures moyennes mensuelles au cours de l'année (station de Fatick).	10
Figure 5 : Évolution des moyennes mensuelles de l'insolation des années 1991, 1994 et 1998.....	11
Figure 6 : Évolution des moyennes mensuelles de l'évaporation Bac de 1994 à 2002.....	12
Figure 7 : Évolution des moyennes mensuelles de l'humidité relative de 1991 à 2002.....	12
Figure 8: L'estuaire du Saloum	15
Figure 9: Localisation des sols affectés par la salinisation au Sénégal	34
Figure 10 : Carte de situation de l'île de Mar.....	38
Figure 11: Localisation de la vallée de Tamra dans l'île de Mar	43
Figure 12: Positions des digues et des 64 profils pédologiques creusés dans la vallée	51
Figure 13 : Positions des piézomètres installés dans la vallée	61
Figure 14: Les différentes unités de la vallée délimitées par les digues.....	64
Figure 15: Composition granulométrique du sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux (US I)	79
Figure 16: Composition granulométrique du sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux (US II)	81
Figure 17: Composition granulométrique du sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux (US III)	83
Figure 18: Composition granulométrique du sol hydromorphe minéral, non salé, limono-sableux (US IV)	85
Figure 19: Composition granulométrique du sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux (US VI).....	86
Figure 20: Distribution des sols au niveau de la basse vallée suivant la topovariance.....	93
Figure 21: Distribution des sols au niveau de la moyenne vallée suivant la topovariance.....	94
Figure 22: Distribution des sols dans la haute vallée suivant la topovariance	95
Figure 23 : La carte des sols de la vallée de Tamra.....	97
Figure 24: Représentativité des différentes familles	101
Figure 25: Courbes granulométriques cumulatives du sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe	106
Figure 26: Courbes granulométriques cumulatives du sol peu évolué d'apport, hydromorphe	107
Figure 27: Courbes granulométriques cumulatives des sols hydromorphes minéraux, salés.....	107
Figure 28: Profil salin du sol au niveau de la moyenne vallée	111
Figure 29: Profil salin du sol au niveau de la haute vallée	112
Figure 30: Détermination sur diagramme de Piper des faciès géochimiques des sols et de la nappe	114
Figure 31: Concentrations en sels des sols et de la nappe phréatique sur diagramme de Schoeller....	115
Figure 32: Carte d'aptitude culturelle des terres de la vallée de Tamra	124

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition des unités de sols dans le domaine des tannes.....	27
Tableau 2: Principales unités de sol rencontrées dans les îles du Saloum.....	28
Tableau 3 : Températures de l'air nécessaires à la culture du riz (Ahmadi <i>et al.</i> , 2014)	46
Tableau 4 : Synthèse des caractéristiques morpho-analytiques des différentes unités de sol	89
Tableau 5 : Conductivité électrique et pH de la nappe au niveau de JHP 8, JHP 9 et JHP 33	91
Tableau 6 : Conductivité électrique et pH des échantillons de nappe prélevés des piézomètres	91
Tableau 7 : Liste des espèces inventorierées dans la vallée et ses bordures.....	98
Tableau 8 : Espèces spécifiques aux trois unités.....	102
Tableau 9 : Espèces communes aux trois unités	103
Tableau 10 : Caractéristiques des unités de sols en fonction des critères diagnostics	118
Tableau 11 : Principales unités de sols avec leurs atouts, contraintes majeures et contraintes mineures	119
Tableau 12 : Aptitudes culturales des différentes unités de sols	120
Tableau 13 : Synthèse sur l'aptitude des terres de la vallée de Tamra	123
Tableau 14: Aptitude actuelle et potentielle des terres de la vallée de Tamra	125
Tableau 15 : Synthèse des aménagements et modes d'utilisation recommandés.....	129

Liste des photos

Photo 1 : Profil du sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux (US I).....	80
Photo 2: Profil du sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux (US II).....	82
Photo 3: Profil du sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux (US III)	84
Photo 4: Profil du sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux (sables fins) (US VI)	87

Résumé

L'étude porte sur l'évaluation des potentialités agro-écologiques de la vallée de Tamra dans l'île de Mar. Elle a été réalisée dans le contexte de la récupération des terres salées et/ou acides. L'objectif est de contribuer à l'amélioration de la compréhension des phénomènes de salinisation et d'acidification pour mieux orienter les actions de restauration et de valorisation des sols par les populations locales. Cette étude a été menée à travers une prospection pédologique et des enquêtes socio-économiques. Un inventaire systématique de la flore a aussi été effectué non seulement pour apprécier la variabilité floristique mais également le potentiel fourrager de la vallée.

Les résultats obtenus au cours de ces activités de recherche font état de l'existence de sept unités de sols dans cette vallée rizicole. La topographie semble jouer un rôle important dans la distribution des unités de sols inventoriées dans cet espace alluvial, de même que dans leur degré de salinisation. La texture d'ensemble des sols est légère avec une nette prédominance des sables fins. L'analyse granulométrique indique également que la vallée serait en cours de comblement. Il a été révélé, à travers cette étude, des contraintes et des atouts en rapport avec l'activité agricole menée dans cette vallée. On note cependant une bonne organisation des populations. Des propositions ont été faites en vue de lever ces contraintes et de permettre une exploitationrationnelle des terres prenant en compte leurs aptitudes culturales. Ainsi, dans cette optique, la carte pédologique et la carte d'aptitude des terres ont été élaborées.

Une bonne vulgarisation de ces données scientifiques auprès des populations locales pourrait contribuer à une exploitation durable des terres de la vallée de Tamra.

Mots clés : vallée de Tamra, sols salés, salinisation, acidification, activité agricole.

Abstract

Title: STUDY OF THE AGRO-ECOLOGICAL POTENTIAL OF THE RICE VALLEY OF TAMRA, ISLAND OF MAR, WEST CENTRAL REGION OF SENEGAL

This study concerns the evaluation of the agro-ecological potentialities of the valley of Tamra on the island of Mar. It was realized in the context of the recovery of the salty and/or acid lands. The aimed objective is to contribute to the improvement of the understanding of the phenomena of salinization and of acidification to direct better the actions of agronomic restoration and valuation of grounds by the local populations. This study was led through a pedological prospecting and socioeconomic inquiries. A systematic inventory of the flora was also made not only to appreciate the floral variability but also the fodder potential of the valley.

The obtained results during these activities of research state the existence of seven units of grounds in this rice valley. The topography seems to play an important role in the distribution of the units of grounds inventoried in this alluvial space, as well as in their degree of salinization. The texture of soils is sandy with a net ascendancy of fine sands. The grading analysis also indicates that the valley would be in the course of filling. It was revealed, through this study, constraints and assets in touch with the agricultural activity led in this valley. We note however a good organization of the populations.

Proposals were made to raise these constraints and allow a rational use of grounds taking into account their cultural capacities. So, from this perspective, the pedological map and the map of capacity of lands were elaborated.

A good popularization of these scientific data within the local populations could contribute to a sustainable exploitation of the lands of the valley of Tamra.

Key words: Valley of Tamra, salt-affected soils, salinization, acidification, agricultural activity.

Introduction

Les ressources hydriques et en sols ainsi que leur utilisation occupent une place centrale dans le combat pour la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pressions démographiques, les changements climatiques et l'accroissement de la compétition pour les terres cultivables et l'eau augmentent la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire, particulièrement en Afrique et en Asie (FAO, 2011).

En effet, la population mondiale ne cesse d'augmenter. Elle a atteint sept milliards de personnes depuis le 31 octobre 2011 (FNUAP, 2011). La croissance démographique s'est ralentie mais certaines projections font état d'une augmentation d'environ deux milliard d'ici 2050, ce qui fera une population de neuf milliards d'individus (Ramade, 2005).

Dans le même temps, le « capital sol », estimé à trois milliards d'hectares (Nahon, 2008 cité par Legros, 2009) est inextensible et menacé par divers phénomènes de dégradation dont la salinisation. La Banque Mondiale estime à 950 millions d'hectares, soit près d'un tiers des terres arables, la superficie couverte par les terres à forte teneur en sels (Banque Mondiale, 1992). Selon la FAO et les estimations les plus récentes, la salinisation des terres affecte déjà au moins 400 millions d'hectares et menace gravement une surface équivalente dans le monde (Legros, 2009). En Afrique, 69,5 millions d'hectares sont affectés (Brady & Weil, 2014). Au Sénégal, les estimations sont très variables mais d'après Sadio (1991) plus d'un million d'hectares sont concernés.

Dans ce contexte global d'accroissement de la population et de dégradation des ressources en eau et en sol par divers phénomènes, les besoins alimentaires sont toujours plus importants. A titre d'illustration, les besoins annuels en céréales sont estimés à un milliard de tonnes (FAO, 2011). Pour réduire l'extrême pauvreté et la faim (premier objectif du millénaire pour le développement), il faut impérativement que le rythme de croissance de la production agricole soit plus important que celui de la population. Cela devrait passer par diverses actions à l'échelle internationale et nationale. A l'échelle locale, l'un des principaux leviers est la ressource en sol.

Il est plus que nécessaire de préserver et de conserver les sols compte tenu de leur dégradation continue. Dans certaines zones très vulnérables comme les îles du Saloum, des stratégies sont mises en œuvre pour récupérer des terres arables abandonnées du fait de la salinisation et/ou de l'acidification. En effet, la salinisation et l'acidification ont beaucoup affecté les sols du

delta du Saloum. Sadio (1991) estime à 230 000 hectares les terres arables perdues dans le bassin versant du Sine-Saloum. Le phénomène est plus aigu dans les îles car leurs superficies sont inextensibles et leurs populations ne cessent de croître.

Le projet de récupération des sols de la vallée de Tamra dans l'île de Mar entre dans ce cadre. En effet, la vallée de Tamra revêt un très grand intérêt pour les populations de l'île. Elles y pratiquaient la riziculture. Suite à l'accentuation de la sécheresse durant les années 1970, les sols de la vallée ont été très affectés par les processus de salinisation et d'acidification au point que leur exploitation a dû être abandonnée. C'est avec l'appui de l'Organisation Non Gouvernementale (ONG) Caritas de Kaolack que les populations ont réussi à mettre en place des ouvrages hydro-agricoles au début des années 2000 dans le but de récupérer les sols. Cependant les résultats obtenus sont mitigés pour diverses raisons dont l'une des principales est l'absence d'implication de la recherche scientifique dans la conception et la mise en œuvre des solutions.

Aujourd'hui, il faut orienter l'exploitation des terres sur la base de leurs aptitudes culturales pour une utilisation économiquement rentable et écologiquement durable. Cette présente étude vient donc concilier la nécessité de fonder les interventions sur un minimum de connaissances scientifiques et celle d'aider les populations à faire face immédiatement aux conditions environnementales défavorables.

C'est pourquoi nous parlons dans ce travail d'étude agro-écologique. Sans entrer dans le débat conceptuel très vif relatif à la notion d'agro-écologie, nous adopterons la définition de Schaller (2013) : « l'agro-écologie peut être définie comme un ensemble cohérent permettant de concevoir des systèmes de production agricole qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes, de réduire les pressions sur l'environnement et de préserver les ressources naturelles ». En termes scientifiques, l'agro-écologie peut s'entendre comme une discipline au carrefour de l'agronomie, de l'écologie et des sciences sociales, et privilégiant les approches systémiques. Altieri (1995) cité par Stassartet al. (2012) considère que « l'agro-écologie est la science de la gestion des ressources naturelles au bénéfice des plus démunis confrontés à un environnement défavorable. Cette science, de nature biophysique au sens large, porte ainsi sur l'accumulation de connaissances sur les fonctionnements des écosystèmes (cultivés). Elle conduit à la conception, à la création et à l'adaptation sous la forme participative de systèmes de culture complexes productifs et par suite attractifs malgré un milieu défavorable et malgré un recours très faible aux intrants... ».

En dépit de la diversité et une évolution importante des définitions de l'agro-écologie depuis les années 1930, un certain nombre de principes communs peuvent être retenus : s'appuyer au

maximum sur les fonctionnalités des écosystèmes, maximiser la biodiversité fonctionnelle et renforcer les régulations biologiques dans les agro-systèmes, afin de concilier plus durablement enjeux socio-économiques et enjeux environnementaux (Schaller, 2013).

Dans le cadre de cette étude très localisée (la vallée de Tamra), l'accent a été mis essentiellement sur les fonctionnalités offertes par l'écosystème, sur la nécessité d'actualiser les connaissances et les méthodes d'analyse et sur la réduction des intrants. Cela passe nécessairement par l'interpénétration des sciences « dures » et des sciences sociales, des savoirs traditionnels et des connaissances modernes, et par une approche holistique (Pérez-Vitoria, 2008). De façon plus pratique, il est question de déterminer les fonctionnalités de l'écosystème à travers la caractérisation des types de sols et de proposer une diversification des utilisations sur la base des potentialités pour optimiser les résultats.

Un partenariat a ainsi été noué entre les populations locales, l'Organisation Non Gouvernementale (ONG) Caritas de Kaolack, l'Université Cheikh Anta DIOP (UCAD) à travers l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) et le Département de Géologie ainsi que l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Il s'agit d'une première dans cette zone et le but visé est de fonder les interventions sur les préoccupations exprimées par les populations locales en mettant ensemble les savoirs locaux et les connaissances scientifiques. L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la compréhension des phénomènes de salinisation et d'acidification pour mieux orienter les actions de restauration et de valorisation des sols. Les objectifs spécifiques sont : (i) la caractérisation des sols et des eaux de nappe phréatique, (ii) la réalisation de la carte des sols et (iii) l'évaluation de l'aptitude des terres pour une utilisation optimale et respectueuse de l'environnement.

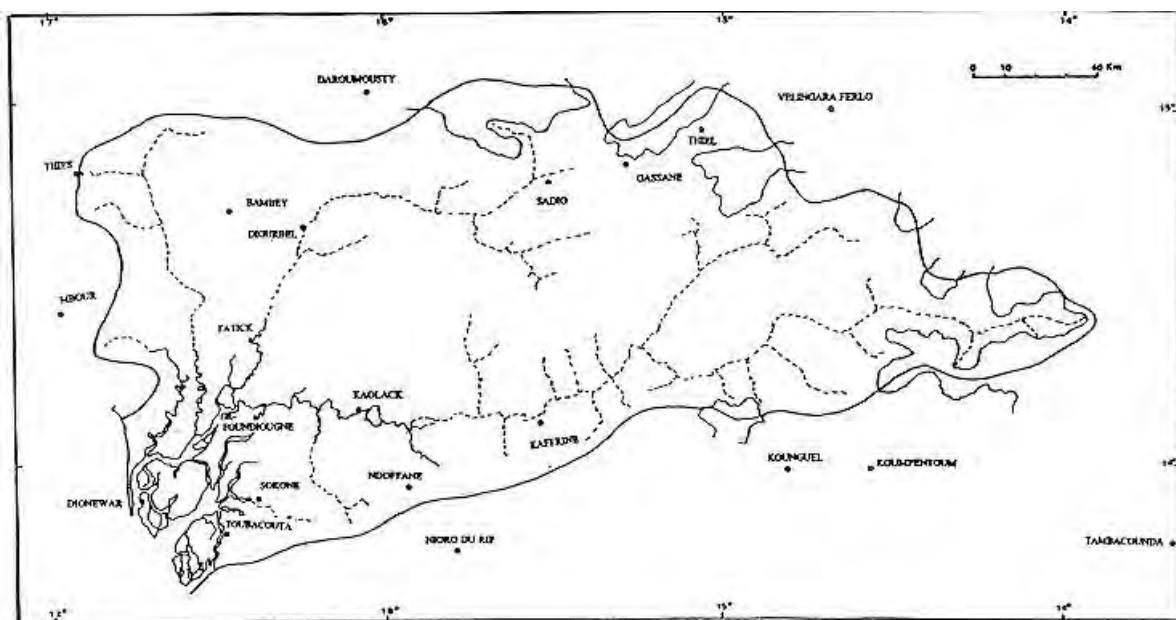
Le présent document est scindé en quatre chapitres. Le premier se propose de réaliser une synthèse bibliographique relative à l'état des connaissances physiques, chimiques, biologiques et socio-économiques sur le bassin versant du Sine-Saloum qui est le cadre général de cette étude. Dans le deuxième, l'île de Mar et la vallée de Tamra sont présentées. Le troisième traite de la méthodologie et des outils utilisés dans le cadre de ce travail. Le dernier est consacré à la présentation des résultats et à leur discussion.

Chapitre premier : Cadre général de l'étude

1. MILIEU PHYSIQUE DU BASSIN VERSANT DU SINE-SALOUM

1.1. Situation géographique

Le cadre général de cette étude est le bassin versant du Sine-Saloum (Fig. 1) qui se situe au centre-ouest du Sénégal. Il est compris entre $13^{\circ} 37'$ et $15^{\circ} 04'$ de latitude Nord et entre $13^{\circ} 54' 30''$ et $16^{\circ} 55'$ de longitude Ouest. Il fait partie intégrante du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien (Michel, 1973) et couvre une superficie de $29\ 720\ Km^2$ dont 2 800 (soit 9 %) sont soumis à une submersion permanente par la marée. Les pentes sont très faibles, ce qui explique les remontées très prononcées de la mer (Dacosta, 1992).



Source : Dacosta, 1992

Figure 1 : Carte du bassin versant du Sine-Saloum

1.2. Climatologie

En Afrique de l'Ouest, la double ceinture de hautes pressions est constituée par l'anticyclone des Açores au Nord, associé pendant l'hiver boréal à la cellule maghrébine et par l'anticyclone de Sainte Hélène au Sud (Leroux, 1980). Les principales variations climatiques sont engendrées par les centres d'action et les masses d'air à travers leurs déplacements et leurs modifications.

Dans l'Océan Atlantique tropical, la circulation des eaux marines obéit à l'impulsion des centres d'action permanents. Les courants principaux présentent donc une disposition symétrique par rapport à l'Équateur.

Dans l'Atlantique Nord, la dérive nord-atlantique liée à la circulation issue de l'anticyclone des Açores, désignée « Courant des Canaries » dans sa partie orientale, s'écoule selon une trajectoire d'abord méridienne jusqu'à la latitude de Dakar, puis s'infléchit vers l'Ouest pour devenir le « courant nord-équatorial » alimentant le Gulf Stream (Leroux, 1983).

Dans l'Atlantique Sud, la dérive sud-atlantique est plus puissante et plus constante que son homologue septentrionale. Elle est liée à la circulation permanente issue de Sainte Hélène, désignée « courant de Benguela » dans sa partie orientale, s'écoule du Sud de l'Afrique en direction de l'Équateur. Dans sa progression vers le Nord, le « courant de Benguela » d'abord parallèle au littoral s'en éloigne graduellement pour s'infléchir vers l'Ouest pour devenir le « courant sud-équatorial ». Une partie du flux traverse l'Équateur poursuivant sa route dans l'Atlantique Nord tandis qu'une autre partie descend vers le Sud le long du littoral où elle forme le « courant du Brésil » (Leroux, 1983).

Entre ces deux courants de dérive (ou courants de vents) s'intercale le contre-courant équatorial qui prend naissance à l'Ouest du méridien 50° W, se dirige vers l'Est et donne naissance au courant de Guinée qui s'écoule le long de la basse côte de l'Afrique occidentale jusqu'à la baie du Biafra. Le courant de Guinée bénéficie par ailleurs en hiver boréal des apports d'une langue méridienne issue du courant des Canaries (Leroux, 1983).

La circulation atlantique se complique par l'intervention, d'une part du phénomène dérivé que constitue l'upwelling et d'autre part par des modifications résultantes de la migration annuelle des centres d'action.

La migration du FIT vers le Tropique du Cancer au Nord durant l'été boréal et vers le Tropique du Capricorne au Sud en hiver boréal, est responsable de l'alternance de la circulation des alizés et de la mousson (Leroux, 1983).

Ces migrations déterminent l'existence d'une seule et longue saison sèche et d'une saison des pluies unique. Pendant la saison sèche, de novembre à mars, les vents dominants sont des alizés maritimes frais de direction Nord à Nord-Ouest provenant de l'anticyclone des Açores. De mars à juin soufflent des alizés continentaux secs (harmattan) de direction Est à Nord-Est poussés par la cellule maghrébine. Pendant la saison des pluies, les vents dominants sont de direction Ouest à Sud-Ouest et sont dirigés par l'anticyclone de Sainte Hélène. En effet, le courant d'alizé issu de l'anticyclone de Sainte Hélène est attiré en été par la dépression thermique saharienne. La force de Coriolis lui imprime, après sa traversée de l'Équateur géographique, une composante ouest. Divergent au départ, le flux devient convergent, l'inversion disparaît et l'instabilité peut alors s'étendre à toute l'épaisseur du courant. Ce flux, devenu chaud et humide après un long parcours océanique et qui n'a plus par conséquent

aucun des caractères originels de l'alizé est appelé *mousson* (Leroux, 1983 ; Le Borgne, 1988).

Le contexte climatique du Sénégal est caractérisé par une grande variabilité du Sud au Nord. On passe d'un climat tropical humide (de type guinéen) au Sud à un climat tropical semi-aride au Nord. Le bassin versant du Sine-Saloum se trouve dans une zone de transition entre ces deux types. Aubréville (1950) et Leroux (1980) (cités par Sadio, 1991) parlent de climat sahélo-sénégalais, une variante du climat soudano-sahélien.

1.2.1. Les précipitations

La répartition et la dynamique des précipitations sont commandées par les différents flux susmentionnés et en particulier par la pénétration de la mousson (de direction SSW) en rapport avec la migration du FIT vers le Nord.

La « Sénégambie » étant à la jonction de la partie continentale et de la partie maritime de l'Équateur Météorologique, la migration de celui-ci et, en même temps, de la mousson à l'intérieur du pays ne se fait pas parallèlement à l'Équateur géographique mais obliquement suivant un axe SW-NE. En juillet et en août, l'ensemble du pays est couvert par la mousson, le FIT s'avancant alors jusqu'à l'intérieur de la Mauritanie (Le Borgne, 1988).

Les précipitations d'hivernage ont une double origine : averses liées aux perturbations mobiles et aux orages isolés d'une part, pluies continues d'autre part.

Les premières se manifestent par un renforcement brutal du vent (d'où le nom de tornades qu'on leur a longtemps donné), un ciel couvert, de l'orage et des averses denses, le tout accompagné d'une baisse rapide des températures.

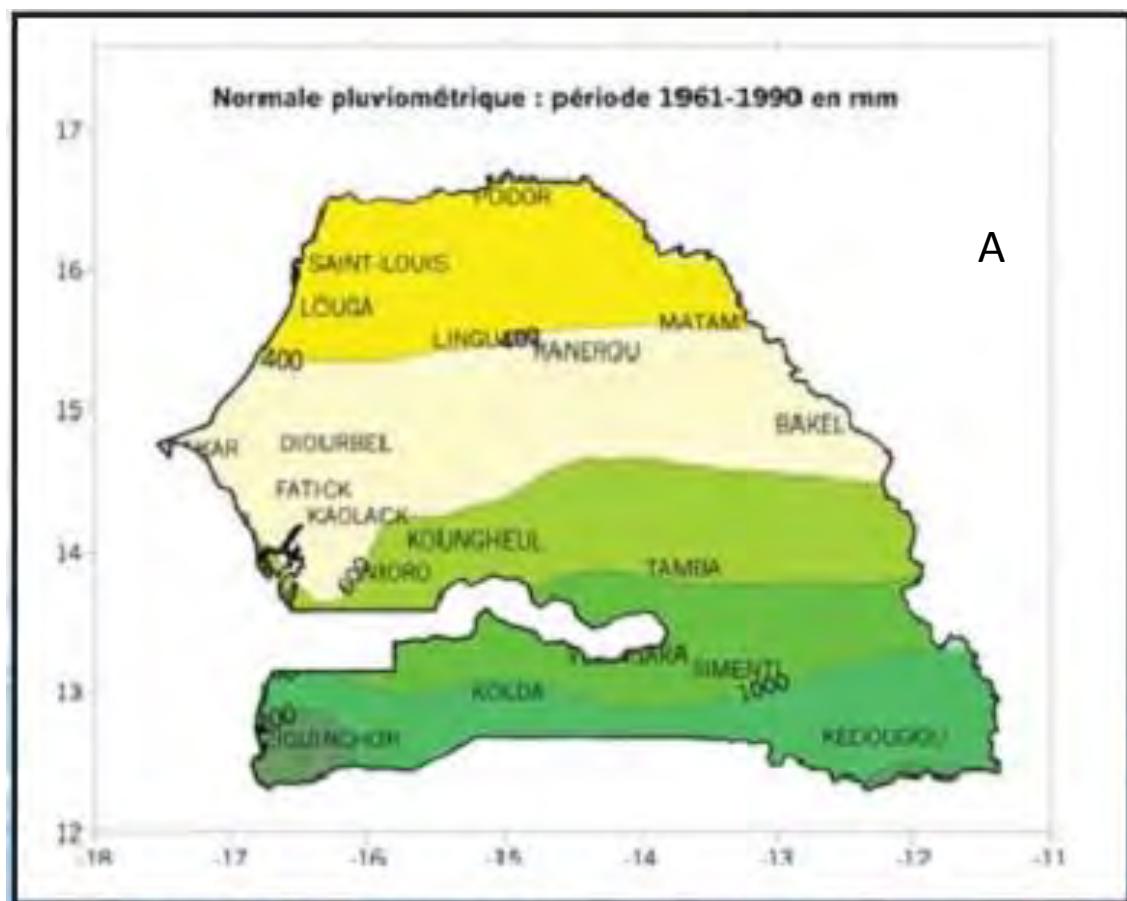
Les secondes ne sont pas orageuses. Ce sont les pluies continues qui ne touchent que le Sud du pays. Le ciel couvert qui les accompagne entraîne une faible insolation et donc une chute des températures perceptible dans les moyennes.

Ces mécanismes permettent de comprendre les traits essentiels de la pluviométrie de la région :

- Le Nord est moins arrosé que le Sud non seulement parce qu'il est moins longtemps baigné par le flux de mousson mais aussi parce qu'il n'est alimenté que par des lignes de grains dont la partie nord donne moins de précipitations que la partie sud par suite d'une moindre épaisseur de mousson ;
- En août, le Sud de la zone côtière est plus arrosé que l'intérieur à cause de la remontée des pluies continues (Ziguinchor reçoit plus de pluies que Kédougou) ;
- Les précipitations sont très variables d'une année à l'autre.

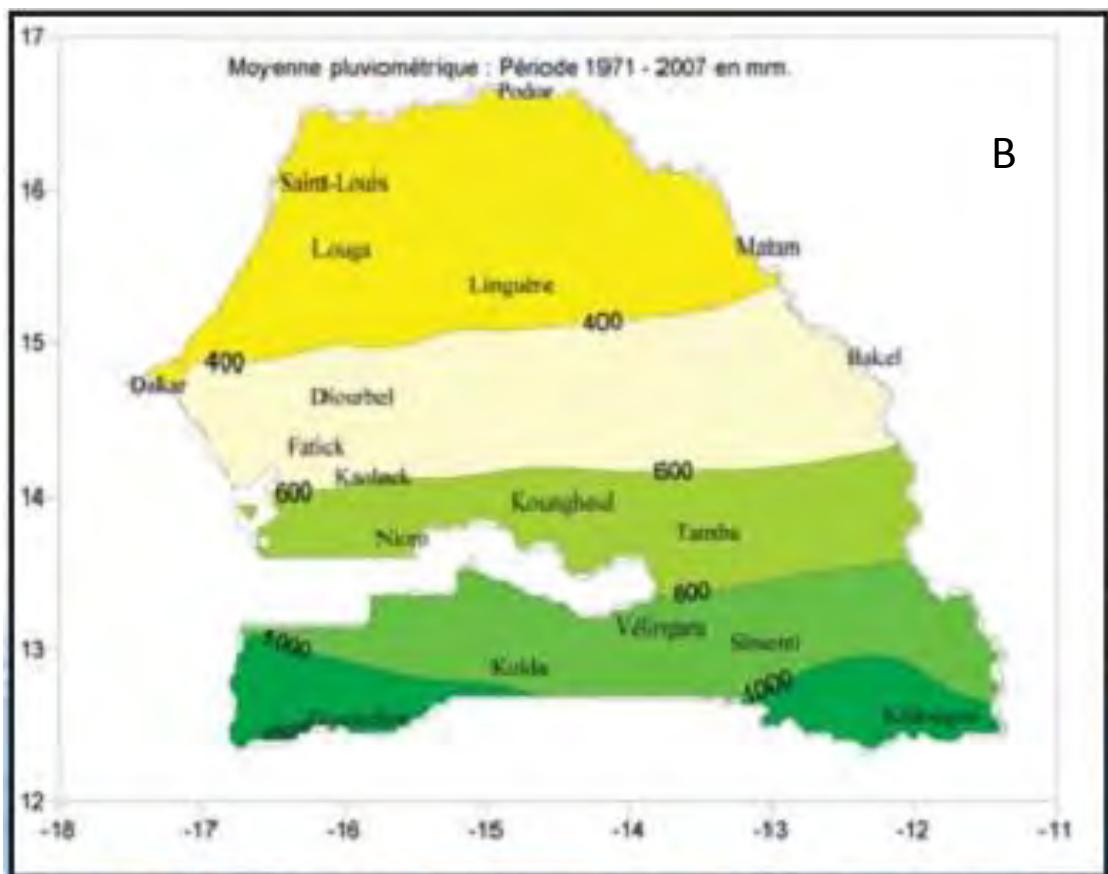
Ces traits essentiels se retrouvent dans le bassin versant du Sine-Saloum qui présente une pluviométrie très irrégulière et connaît depuis quelques décennies un déficit généralisé au même titre que le reste du pays.

En outre, on note une contraction de la durée de la saison des pluies qui passe de 5 mois (juin à octobre) au Sud à 3 mois (juillet à septembre) au Nord. Cette situation de déficit pluviométrique continu se traduit par la translation des isohyètes vers le Sud (Fig. 2 et 3).



Source : CSE, 2010

Figure 2: Distribution spatiale de la pluviométrie pour la période 1961-1990 (A)



Source : CSE, 2010

Figure 3 : Distribution spatiale de la pluviométrie pour la période 1971-2007 (B)

1.2.2. Les températures

Le facteur premier de la dynamique des températures est naturellement d'ordre cosmique. Les processus qui commandent les caractères thermiques s'inscrivent dans le binôme apport-réponse. Le premier élément relève des conditions de la radiation solaire en zone tropicale, le second étant fonction de conditions chorologiques concernant aussi bien le substratum que la tranche d'atmosphère qui le surmonte (Leroux, 1983).

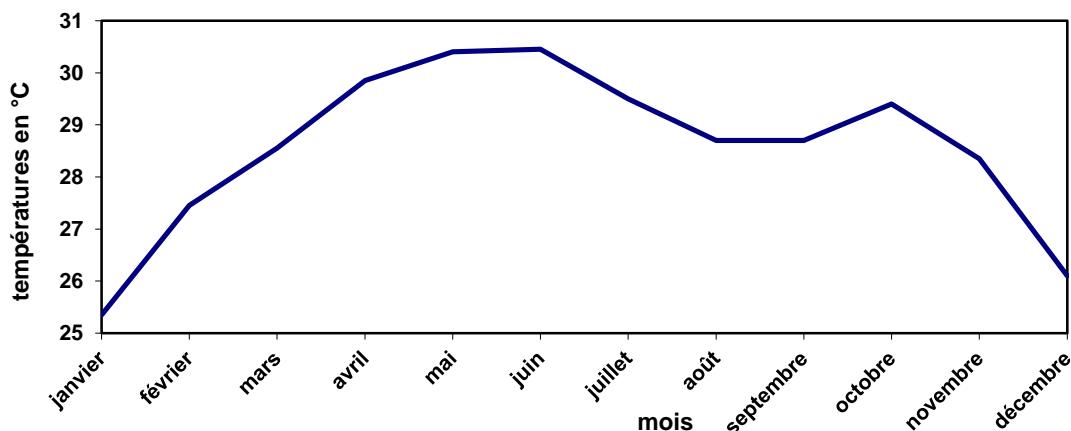
De manière générale, les températures sont élevées. Selon Marius (1977), la température moyenne annuelle est de 28° C et les variations thermiques entre les maxima et les minima annuels sont importantes : 40° C en avril/mai, 15° C en janvier/février.

D'après Sadio (1991) les températures moyennes mensuelles sont comprises entre 26 et 31°C. Dacosta (1992) considère que les conditions thermiques sont très pénibles en saison sèche avec des températures maximales absolues toujours supérieures à 40° C à Kaolack, principale station climatologique du bassin. En plus de la masse océanique (thermorégulateur), l'évolution des températures est influencée par les vents et la pluviométrie.

Les températures moyennes mensuelles augmentent progressivement de janvier à mai. A partir de juin, leur baisse est progressive avec l'arrivée de la saison des pluies. Une faible augmentation survient en octobre, suivie d'une baisse de novembre à janvier (Fig. 4). On constate également qu'elles augmentent du littoral vers le continent et du sud vers le nord.

Les températures et leurs variations ont une incidence directe sur la morphogenèse et la pédogenèse. Certaines unités géomorphologiques comme les tannes et les cuvettes de décantation présentent des polygones de fissuration ou gilgaï résultant de l'alternance de périodes d'humidification (faibles températures) et de craquèlement du fait du retrait de l'eau (températures élevées).

Les périodes sèches ou de forte chaleur sont celles de la dessiccation des horizons de surface des sols et de cristallisation. Elles participent à la formation de la structure poudreuse qui apparaît sur les tannes nus à efflorescences salines, par suite de la forte évaporation. Cette dernière entraîne l'abaissement du niveau des nappes et donc le dessèchement de la végétation d'halophytes et de mangrove (Diop, 1978 et 1986).



Source : Station météo de Fatick

Figure 4: Évolution des températures moyennes mensuelles au cours de l'année (station de Fatick).

1.2.3. L'insolation

Entre les Tropiques, l'incidence varie de 90° à $66^\circ 33'$ (Leroux, 1983). Les apports sont donc importants et permanents. Les durées respectives du jour et de la nuit sont égales à l'Équateur et varient faiblement sous nos latitudes.

L'insolation (Fig. 5) est aussi un facteur climatique déterminant dans l'évolution des sols.

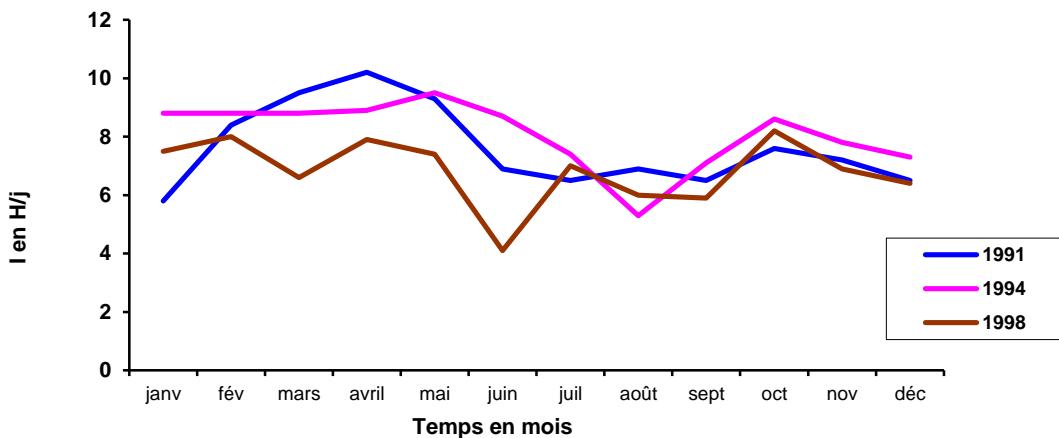


Figure 5 : Évolution des moyennes mensuelles de l'insolation des années 1991, 1994 et 1998

1.2.4. L'évaporation

Du fait des températures élevées, l'évaporation demeure très importante (Fig. 6). Une comparaison entre les totaux moyens annuels de l'évaporation et ceux de la pluviométrie montre un net déficit pluviométrique théorique (Rapport EPEEC, 1982). Les variations de l'évaporation sont liées à celles de la température et inverses des totaux mensuels de pluviométrie (Diop, 1978). Il faut noter l'influence pondératrice de la masse océanique dans le bilan de l'évaporation.

L'évaporation est d'autant plus importante qu'elle détermine la salinisation des sols par remontée capillaire. La faiblesse des apports en eaux douces et l'intensité des phénomènes d'évaporation expliquent l'hyper salinité du Saloum. Elle influence donc la qualité des sols et suit le même schéma d'évolution que la température et l'insolation.

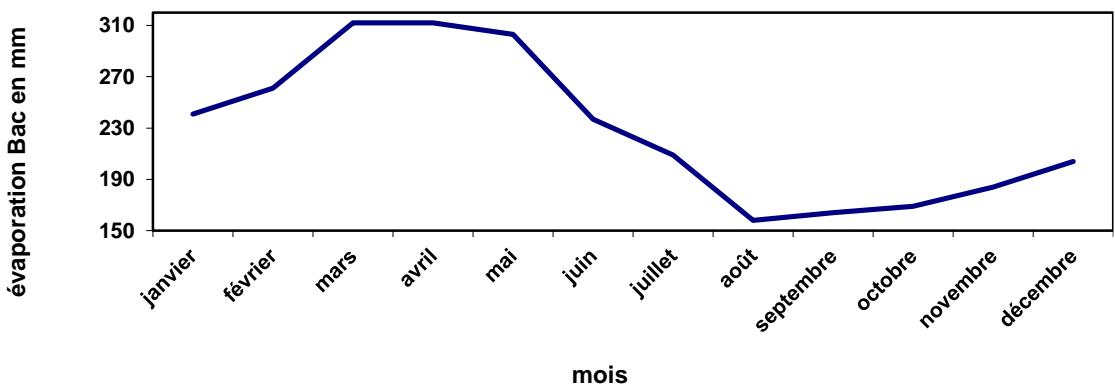
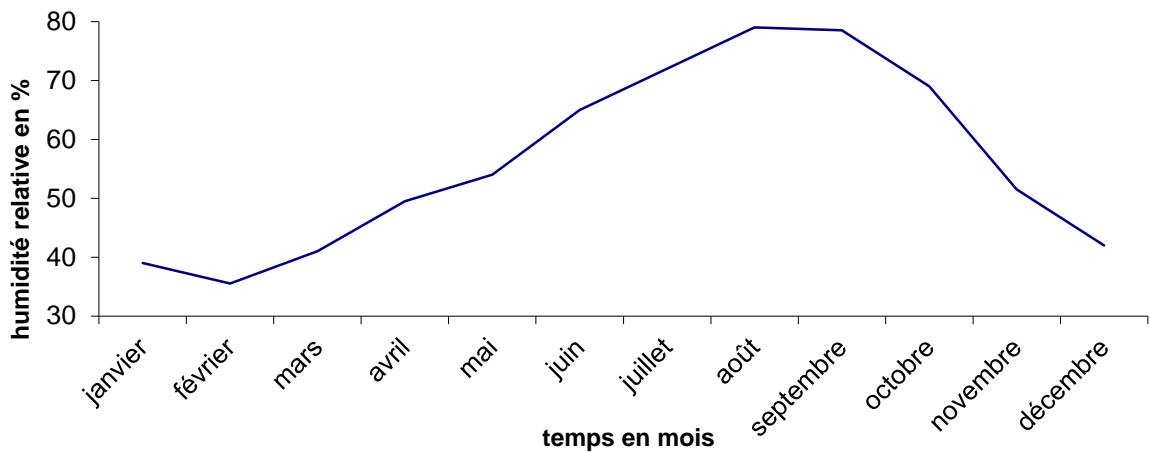


Figure 6 : Évolution des moyennes mensuelles de l'évaporation Bac de 1994 à 2002

1.2.5. L'humidité relative

C'est un facteur tout aussi déterminant dans les phénomènes pédogénétiques que l'insolation, l'évaporation et la pluviométrie. L'humidité relative augmente à partir d'avril/mai jusqu'en août/septembre. A partir du mois d'octobre, elle subit une baisse. Ce régime unimodal (Fig. 7) est dû à l'existence d'une seule saison des pluies au cours de l'année. Le minimum d'humidité relative est obtenu en janvier-février et le maximum est atteint en août-septembre. Elle est toujours élevée au minimum des températures (fin de la nuit) et contribue à atténuer l'effet des périodes de sécheresse (Diop, 1978).



Source : Station météo de Fatick

Figure 7 : Évolution des moyennes mensuelles de l'humidité relative de 1991 à 2002

1.3. Hydrologie

Le bassin versant du Sine-Saloum est parcouru par les trois bras de mer que sont le Bandiala au Sud, le Diomboss au centre et le Saloum au Nord (Fig. 8).

Le réseau est protégé au Nord (Saloum) par la Pointe de Sangomar qui s'est rompu depuis 1987.

Pendant le Quaternaire récent et probablement lors des périodes humides contemporaines, ce réseau hydrographique constitué des trois bras de mer ci-dessus cités et de leurs affluents a fonctionné comme un véritable delta dans son cours inférieur (Diop, 1978).

De nos jours, du fait des influences fluviatiles quasi nulles, il s'est transformé en estuaire inverse et l'eau salée remonte jusqu'à 130 Km de l'embouchure (Marius, 1977). Dans l'ensemble, le Saloum ne fonctionne plus comme un estuaire. On peut le confondre à une ria sillonnée par de larges bolons présentant de nombreuses ramifications. La pente est très faible (0,55 % dans le meilleur des cas) ainsi que la compétence, d'autant plus que les apports de l'amont sont très limités et confinés en saison des pluies. Les phénomènes de marée sont devenus prépondérants (Rapport EPEEC, 1982) malgré la subsidence observée à l'embouchure (Faure *et al.*, 1974).

Selon Marius (1977), la marée envahit toutes les ramifications du réseau hydrographique fossile qui fonctionne ainsi comme un réseau d'irrigation en eau salée voire sursalée. La salinité du Saloum augmente au fur et à mesure qu'on remonte le fleuve et elle varie de 70 g/l environ à l'embouchure à 100 g/l vers Kaolack où elle atteint son maximum (Rapport EPEEC, 1982). Les eaux du Saloum ont un faciès chloruré sodique et magnésien et leur pH varie entre 7,2 et 7,5.

Dans le bassin versant du Sine-Saloum, les nappes sont soumises à une fluctuation saisonnière. Leur profondeur augmente progressivement de décembre à mai où elle atteint la côte la plus basse, pour remonter vers la surface dès le début de l'hivernage. Elle est plus proche de la surface aux mois d'août et de septembre. Leur remontée vers la surface s'accompagne d'une dilution des eaux qui deviennent ainsi moins salées avec des conductivités électriques parfois diminuées de moitié (Carreras, 1973).

Dans l'estuaire du Saloum, la quasi-totalité des nappes superficielles sont salées. Ceci est le fait de la dynamique fluvio-marine et de la présence de formations aquifères au-dessus de la nappe salée.

Dans les îles du Nord (dont l'île de Mar) où la topographie est très basse, il n'existe pratiquement pas d'aquifère d'eau douce car il est raviné à cet endroit (Plaud, 1967 cité par

Diop, 1986). Les rares lentilles d'eau douce se localisent à Bassoul, Falia et Moundé où la topographie des cordons sableux est assez élevée. Ce n'est qu'à Niodior et à Dionewar où les côtes sont proches de +3 m que l'on retrouve des ressources en eau douce assez substantielles. Ce sont des lentilles d'eau douce circonscrites dans les reliefs de sables éolisés et en équilibre instable avec l'eau saumâtre sous-jacente. La vulnérabilité de ces nappes est accentuée par la sécheresse qui limite beaucoup leur alimentation par les pluies (Gaye & Sarr, 1983).

Dans les îles Bétanti plus massives, les ressources en eau douce sont plus importantes (lentilles de 8 à 15 m) mais ne sont pas exploitées (Carreras, 1973).

Les fluctuations des nappes d'eau douce sont intimement liées aux variations saisonnières de la pluviométrie (Diop, 1983).

Sur les bordures de l'estuaire, le problème de la salure se pose avec moins d'acuité malgré l'existence d'un biseau salé surtout dans les nappes profondes.

D'une manière générale, les conditions climatiques de la région sont favorables à une alimentation des nappes par infiltration directe des eaux de pluie. Cette infiltration dépend naturellement des caractères texturaux du substrat mais aussi de la topographie.

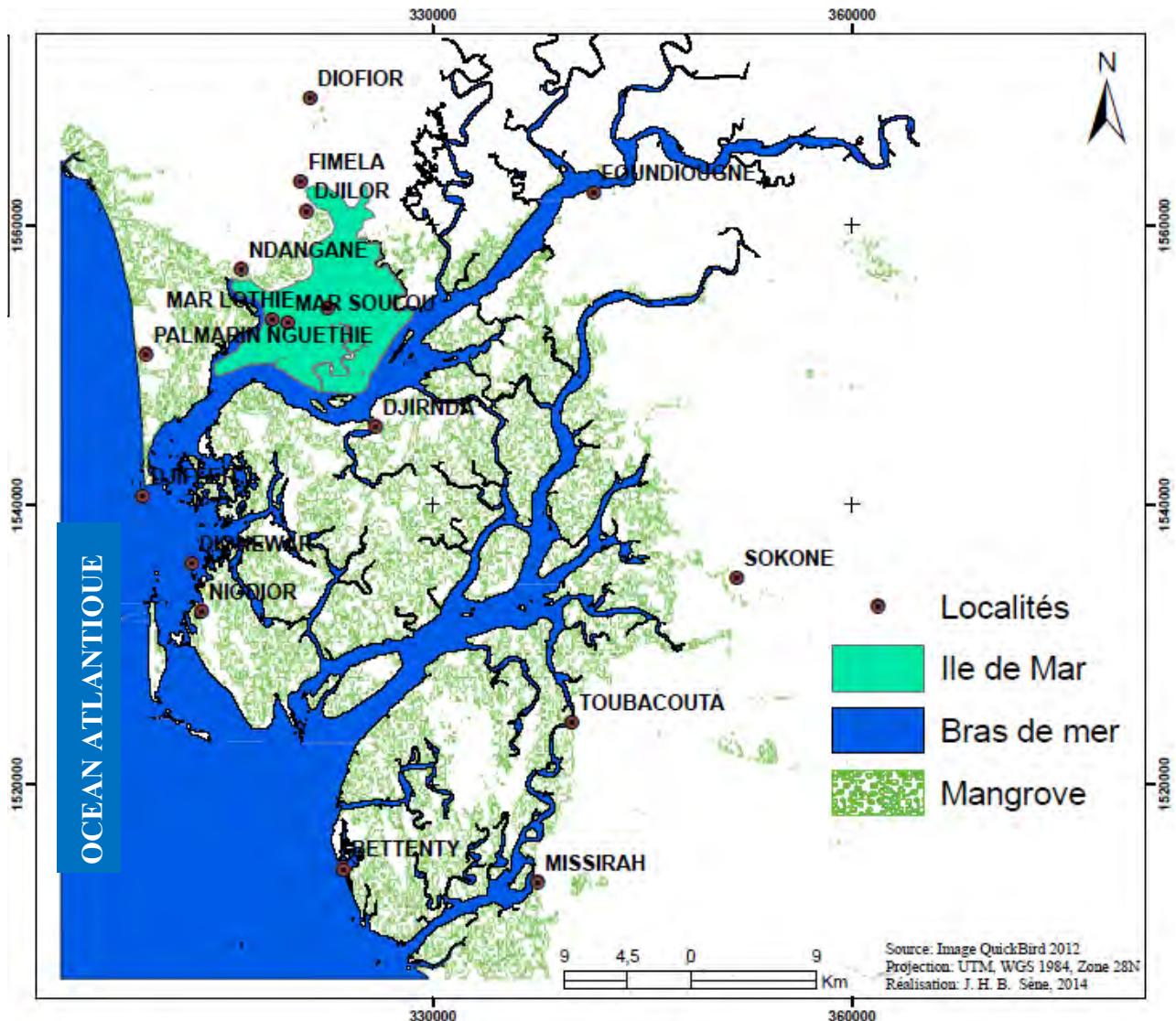


Figure 8: L'estuaire du Saloum

1.4. Cadre géologique et évolution du climat durant le quaternaire récent

La plus grande partie du territoire du Sénégal se trouve dans le bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien à l'exception d'une partie du Sénégal oriental. Les données qui suivent, relatives à la géologie, sont tirées principalement des travaux de Spengler *et al.* (1966), Bellion (1987) et Sarr (1995). Ce bassin revêt l'aspect d'un plateau monoclinal à faibles pendages ouest. Dans la région littorale, il présente plusieurs configurations :

- Tantôt sous forme d'un glacis d'épandage recouvert par un manteau sableux très discontinu, c'est le cas dans la région du Saloum où la morphologie dunaire est très émoussée ;

- Tantôt sous forme de bas plateaux découpés en croupes s'élevant faiblement d'Ouest en Est en moyenne Gambie et en Casamance ainsi que sur les plaines littorales de la Guinée Bissau (Diop, 1986).

Le bassin sénégalo-mauritanien a pris naissance au début du Jurassique à la suite des distensions triasico-liasiques responsables de l'ouverture de l'Océan Atlantique. Il s'est rempli de sédiments essentiellement marins entre le Jurassique supérieur et l'Eocène supérieur avant le retrait de la mer de la plus grande partie du bassin à la fin de cette période. Des incursions marines plus localisées sont connues à l'Eocène supérieur en Casamance et entre Dakar et le plateau de Thiès. A l'Oligocène, le golfe de Casamance persiste ainsi qu'entre Dakar et le plateau de Thiès. Du Miocène inférieur à moyen le golfe de Casamance s'élargit à la Gambie, au Saloum, au Sénégal oriental et à la vallée du fleuve Sénégal en passant par le Ferlo. Les dépôts littoraux à lagunaires voire fluvio-deltaïques altérés recouvrant la Casamance, le Saloum, le Sénégal oriental, le Ferlo et la vallée du fleuve Sénégal sont constitués de grès argileux et sableux. Ces dépôts anciennement appelés « Continental Terminal » constituent maintenant la Formation du Saloum (Roger *et al.*, 2009). La fin du Miocène et le Pliocène correspondent au retrait général de la mer accompagné d'une intense altération en climat tropical humide avec le développement de profils latéritiques qui formeront des cuirasses ferrugineuses au début du Quaternaire.

Au Quaternaire, la sédimentation dans la partie émergée du bassin s'est poursuivie ensuite en régime essentiellement continental, à l'exception de quelques incursions marines limitées à la zone littorale et aux deltas des fleuves Sénégal, Saloum, Gambie et Casamance. Les dépôts sont constitués par des argiles et des sables coquillers dans les régions littorales et estuariennes alors que sur le reste du continent se déposent des sables dunaires. La succession de ces dépôts est liée aux fluctuations eustatiques globales en rapport avec l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires. Les périodes glaciaires correspondent à une baisse du niveau marin et à des périodes d'aridification climatique (invasion du désert), les périodes interglaciaires correspondant à des incursions marines et à des épisodes climatiques plus humides.

Les données relatives au Quaternaire ancien et moyen (Pléistocène inférieur et moyen) sont très rares.

Au Pléistocène récent les épisodes régressifs arides des dernières périodes glaciaires (110 000 ans à 15 000 ans B. P.) sont accompagnés en surface par un vaste épandage de sables dunaires. Ces sables forment les grands ergs de "Dunes Rouges" orientés NNE-SSW dont les niveaux plus récents ont été datés au large de Dakar entre 19 000 et 15 000 ans B. P. C'est une

période de climat désertique associée à un bas niveau marin situé à la cote -120 m. Les dunes sont bien conservées entre le delta du Sénégal et le Sine-Saloum avec une épaisseur maximale de 50 m.

Après la glaciation, la mer commence à remonter vers 15 000 ans B.P. et les réseaux hydrographiques du Sine et du Saloum se mettent en place entre 13 000 et 8 000 ans B.P. (Sall & Diop, 1976). Le Tchadien (11 000 à 7 000 ans B.P.) correspond à une période humide au cours de laquelle se produit la deuxième phase d'entaille des réseaux hydrographiques du Sénégal et de la Gambie (Michel, 1973).

Le niveau de la mer remonte progressivement jusqu'à la cote -5 m vers 7 000 ans B.P. Une courte période sèche s'en suit au cours de laquelle les dunes ogoliennes sont localement remaniées et teintées en rouges par des oxydes de fer.

Le niveau de la mer atteint la cote -0 m vers 6 000 ans B. P. A cette époque dans le delta du Sine-Saloum s'accumulent des vases sableuses et des sables argileux (20 m) moins riches en matières organiques qui forment le soubassement du delta actuel. Ils comportent des niveaux de tourbes peu épais (1 à 3 m).

Au Nouakchottien (6 800 à 4 200 ans B. P.) la mer avance au cours d'une période humide, le niveau atteignant +1 à +2 m au maximum de la transgression vers 5 500 ans B. P. Elle envahit alors les basses vallées du Sine et du Saloum qui formaient un vaste golfe marin se prolongeant en aval de Fatick et de Kaolack (Marius, 1977) dans les vallées, déposant des sables fins et des limons sous forme de terrasses sableuses ou argileuses souvent associées à une faune de mollusques. Il s'agit d'accumulations de coquilles de mollusques dominées par *Anadara senilis* associées aux espèces *Tymanotonus fuscatus*, *Dosinia isocardia*, *Pitaria floreidella*, *Loripes lacteus* et *Dentallum senegalense*. La terrasse de Djirnda dans les îles du Saloum a été datée par les coquillages de $5\ 528 \pm 150$ ans B.P. (Sall & Diop, 1976). En fait, les bouches du Saloum étaient occupées vers 5 000 ans B.P. par un golfe marin remontant jusqu'en amont de Kaolack sur le fleuve principal et de Fatick pour la vallée du Sine (Marius, 1977). Entre 4 800 et 4 200 ans B.P., la mise en place d'un courant de dérive littorale sur les côtes sénégalaises a provoqué la formation de cordons littoraux successifs contribuant à fermer partiellement le golfe marin du Sine-Saloum.

Le Tafolien (4 200 à 2 000 ans B. P.) est un épisode régressif et aride interrompu brièvement vers 3 000 ans B. P. par le Dakarien. Le niveau de la mer se stabilise autour du zéro actuel. Les fluctuations du climat et des apports sédimentaires modifient progressivement le littoral et l'estuaire du Saloum. A partir de 4 800 ans B.P. la mise en place de la dérive littorale régularise les côtes sénégalaises. Des cordons littoraux se forment à l'embouchure du Saloum

derrière lesquels s'accumulent des vases dans les zones abritées. Ces cordons et vases permettront l'édification des îles du Saloum à partir de 4000 ans B. P. Le Saloum évolue ensuite en estuaire inverse et la mer pénètre dans l'estuaire.

Le Saint-Louisien (2 000 à 1 000 ans B.P.) correspond à un climat plus humide. Vers 2 000 ans B. P. la flèche littorale de Sangomar est esquissée sous l'action de la houle et des apports de sable à ilménite. Son allongement vers le Sud dévie le cours du Saloum au Sud. Elle se raccorde ensuite au Nord à la flèche de Djifère pour former la Pointe de Sangomar. A partir de 1 180 ans B.P. des vasières peu épaisse, souvent tourbeuses et renfermant parfois des coquilles d'huîtres et d'arches se mettent en place. Les tannes proviennent de la dégradation de cordons littoraux et d'anciennes vasières.

Toutes ces unités morphologiques sont fortement minéralisées en ilménite, zircon, rutile et autres métaux lourds. Leur formation et leur évolution se poursuivent jusqu'à nos jours (Diop, 1986).

Signalons le décalage du Nord au Sud de la remontée du niveau de la mer et la différence de comportement de la ligne de rivage en fonction de l'environnement, les conditions de sédimentation étant plus favorables au Sud (Faure *et al.*, 1974). Ce décalage se traduit par les phénomènes de comblement.

L'aridification croissante de la partie nord de l'Afrique de l'Ouest tend à figer la morphologie et même à inverser le fonctionnement des systèmes estuariens les plus septentrionaux (dont le Saloum) alors que les conditions de sédimentation se poursuivent de nos jours dans le Sud (Guinée Bissau et surtout Guinée) sous un climat plus humide (Diop, 1986).

Des datations sur des amas coquilliers dans différentes îles permettent de situer l'essentiel de leur édification à partir du Nouakchottien, entre 5 000 ans et 2 000 ans B.P. Les premiers témoins de la présence humaine dans les îles sont datés entre 2 576 et 1 287 ans B.P. et semblent rythmer la phase ultime d'alluvionnement (Sall & Diop, 1976). D'après Marius (1985), la présence d'huîtres dans la zone étant étroitement liée à celle des palétuviers, l'installation de la mangrove pourrait se situer vers cette période.

Il existe dans les îles du Saloum de nombreuses traces de variations des lignes de rivage. Les analyses granulométriques effectuées par Marius (1979) montrent que les sédiments sont essentiellement sableux (fins, rarement grossiers) et argileux. Au plan minéralogique, on trouve surtout le quartz qui proviendrait des sables de la Formation du Saloum sur la rive gauche. Les principaux minéraux argileux présents sont la kaolinite, la montmorillonite et l'illite. Selon Marius (1985), la smectite (montmorillonite) domine dans la zone de l'embouchure alors que la kaolinite est présente dans les zones internes. De son côté l'illite

n'est présente qu'à l'état de traces et le cortège minéralogique est souvent associé à la halite, à la pyrite et à un peu de feldspaths.

1.5. Géomorphologie

Les formations géomorphologiques héritées du quaternaire récent résultent d'une genèse liée à la stabilisation du niveau marin à la fin de la transgression nouakchottienne.

D'après Diop (1986), les variations eustatiques et les changements climatiques ont eu des répercussions sensibles sur le modèle d'ensemble de la région : tous les systèmes estuariens des « rivières du Sud » portent les traces de l'évolution morphogénétique du Nouakchottien.

Les grandes unités géomorphologiques ont été identifiées et localisées par l'analyse de photographies aériennes, d'images satellitaires et d'observations sur le terrain (Diop, 1986 ; Diarra, 1999). Elles ont été observées avec une remarquable constance dans les estuaires des « rivières du Sud ». Cependant, tant du point de vue de leurs caractéristiques que de leur extension spatiale, elles présentent une certaine hétérogénéité morphologique et lithologique.

On peut subdiviser la zone en deux grandes parties : une partie estuarienne qui englobe les îles et couvrant une superficie de plus de 80 000 ha ; une partie continentale sur les bordures de l'estuaire identifiée au bas-plateau (Diop, 1978) de la Formation du Saloum.

La formation du domaine estuarien est récente (post-nouakchottienne). Il comprend trois grands groupes d'îles : les îles du Gandoul au Nord et les îles Bétanti et Fathala au sud. Il est surtout caractérisé par des cotes d'altitude inférieures à 0,5 m, de nombreux chenaux de marée appelés bolons et une végétation de palétuviers.

Le domaine des bordures est plus ancien et correspond à la région du bas de la Formation du Saloum sur la rive gauche du Saloum.

Les principales unités géomorphologiques sont les chenaux, les vasières, les tannes et les cordons sableux.

Les flèches et bancs sableux, les « pseudo-lunettes », les séries de terrasses de bordures et les kjökkemöddings peuvent s'ajouter aux quatre types majeurs (Diop, 1986).

1.5.1. Les chenaux

Il faut distinguer les grands axes de circulation qui sont de véritables bras de mer constitués par le Saloum, le Diomboss et le Bandiala et les interdistributaires qui les réunissent (Diarra, 1999). L'organisation du réseau des chenaux est très hiérarchisée avec les artères principales précitées qui ont aménagé et entretenu des débouchés distincts sur l'Atlantique (Diop, 1986).

La topographie est variable dans les bras de mer. Tantôt le chenal est unique, tantôt il est double, divisé par des bancs de forme ovale ayant une stratification mixte de niveaux de sable et de vase. La profondeur varie aussi fortement.

- Le Saloum, large de 1 à 2 km, est sinueux et parsemé de quelques petites îles. Il se dévie vers le Sud dans sa partie terminale et s'ouvre actuellement en deux endroits vers la mer. Sa profondeur varie entre 10 et 15 m et dépasse 15 m à Foundiougne ;
- Le Diomboss, au centre, est beaucoup plus large (parfois 5 Km) mais est séparé en plusieurs bras par des îles larges de 2 à 3 Km et longues de 7 Km (Poutaké et Gouk). Sa profondeur atteint souvent 10 m, parfois 15 et il existe une fosse de plus de 25 m vers l'île de Poutaké ; le Diomboss, par sa morphologie rectiligne, large et profonde, sépare le delta en deux parties nord et sud ;
- Le Bandiala, au sud, a une faible largeur excepté vers Missirah. Sa profondeur dépasse rarement 10 m.

En l'absence de débit fluvial tout au long de l'année, les biefs de ces grands axes de circulation sont dynamiquement contrôlés par les courants de marée tout comme les nombreux bolons qui se ramifient de part et d'autre des chenaux principaux, se développent en méandres et découpent de nombreuses îles. Ces bolons constituent un trait principal des vasières intertidales (Diarra, 1999).

Selon Diop (1986), l'efficacité morphogénétique des courants et les possibilités de pénétration de la marée jouent un rôle décisif dans la variabilité de la profondeur des chenaux principaux. Il est établi que les unités géomorphologiques adjacentes influencent la répartition et les faciès des sédiments des chenaux.

Les sédiments sont dans l'ensemble assez hétérogènes (Diarra, 1999). Ce sont des vases molles ou compactes, des vases sableuses, des sables fins ou plus grossiers. Les sédiments vaseux contiennent parfois des débris végétaux. Les sables renferment parfois des débris coquillers ou des coquilles entières, rarement des éléments grossiers de cuirasse.

Dans le chenal du Saloum, plus de 75 % du sédiment est représenté par du sable avec, généralement des proportions de sable grossier plus élevées. Le sable fin domine sur les rives. Les argiles et les siltsdépassent exceptionnellement 50 % et sont mieux représentés sur les bordures des bolons. Les teneurs en carbonates de calcium varient entre 0,7 et 16,5 % ; elles sont faibles dans le chenal et augmentent sur les rives où vivent divers mollusques. Les teneurs en matières organiques sont également faibles et plus importantes sur les rives (Diarra, 1999).

Dans les chenaux du Diomboss et du Bandiala, les fractions 250-500 et 500-1000 µm sont très largement dominantes. Comme dans le Saloum, les sédiments des rives sont plus fins que ceux des chenaux.

1.5.2. Les vasières

Leur mise en place semble résulter de la sédimentation subactuelle et actuelle. Diarra (1999) considère que leur morphologie peut être décrite en fonction de différents facteurs comme la marée, la nature du sédiment et la végétation. D'après Diop (1978) et Diarra (1999), elles ourlent les chenaux de marée et s'étendent, à partir de la zone subtidale jamais découverte, sur l'ensemble de la zone intertidale comprise entre marée haute et marée basse quotidiennes. Elles correspondent donc sur le plan morphologique à la partie topographiquement basse des slikkes régulièrement recouverte par les eaux marines.

Au plan sédimentologique, l'étude de la fraction sableuse des vasières à mangrove met en évidence la prédominance des sables fins et très fins (inférieurs à 125 µm). La fraction des inférieurs à 50 µm est parfois très élevée et semble plus marquée dans la partie orientale des îles. Cette étude indique un bon triage et confirme l'homogénéité des sables (Diop, 1978). Leur origine marine est attestée par la nature des grains de quartz dont les caractéristiques font état d'une bonne usure par l'eau ou d'une reprise aquatique postérieure des sédiments provenant soit du continent ou du milieu marin. Le terme ultime de l'évolution traduit le plus souvent un milieu de faible énergie avec une phase d'immobilisation (Diop, 1986).

L'analyse aux rayons X de la fraction des inférieurs à 2 µm d'échantillons de vase a révélé l'existence, dans des proportions variées, de différents types de minéraux argileux : l'illite en faible proportion, la kaolinite (bien ou mal cristallisée) et des minéraux gonflants comme la montmorillonite. La proportion de la kaolinite est toujours largement dominante tant en surface qu'en profondeur et elle est toujours associée à l'illite et aux smectites (Diop, 1986).

En fonction de la végétation, les vasières peuvent être séparées en deux parties : les zones à mangrove dont les palétuviers comprennent des espèces dominantes appartenant aux genres *Avicennia* et *Rhizophora* et les zones nues dépourvues de végétation (Diarra, 1999).

D'après Marius (1985), la végétation présente une zonation caractéristique liée en grande partie à l'adaptation des espèces végétales aux conditions de salinité mais d'une manière générale, la séquence est de type : *Rhizophora racemosa* (ou *mangle*) – *Rhizophoramangle* + *Avicennia africana* – *Avicennia africana*.

Les Combretaceae (*Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus*) sont beaucoup moins représentées et ne sont soumises souvent qu'aux marées de vives eaux.

Les vasières à mangrove sont de basse altitude mais en fonction de la variation du marnage notée entre le Nord et le Sud, l'altitude s'étage entre 0,25 m au-dessus du zéro hydrographique dans la partie septentrionale du delta et 1,25 m dans la partie méridionale. L'altitude culminante est atteinte de part et d'autre du Bandiala, entre l'aval de Missirah et l'amont de l'embouchure (Diarra, 1999).

Des vasières « fossiles » ont été identifiées sous certains cordons dunaires du Sud et des vasières reliques, mises à nu au cours de tempêtes sur des plages en érosion à Djiffère et sur la flèche externe de Niodior, ont été observées (Diarra, 1999).

La pédogenèse dans les vasières à mangrove est orientée par la durée de la submersion (par les marées) et la nature des alluvions (vases noires putrides). Ces vases correspondent à des sols minéraux bruts sur « vases marins » ou à des sols peu évolués, organiques et « potentiellement acides » (Marius, 1977).

Par leur étendue et la spécificité de leur peuplement végétal, les vasières à mangrove constituent l'une des formations les plus caractéristiques de la zone estuarienne du Saloum. Milieu de sédimentation récente, elles n'en demeurent pas moins, par la nature et l'évolution des dépôts, un domaine où les phénomènes géochimiques peuvent se révéler particulièrement accrus (Diop, 1978).

1.5.3. Les tannes

Ce sont de basses terrasses subdivisées en deux : les tannes nus (inondables et à efflorescences) et les tannes herbus ou herbacés. Ils sont assimilés par la plupart des géographes francophones à la haute slikke et au schorre des milieux tempérés (Diaw *et al.*, 1992) et leur zonation en fonction de la topographie est très nette. C'est le tanne inondable qui sépare la vasière à mangrove du tanne nu à efflorescences salines. Il est affecté périodiquement par les marées de mortes eaux (contrairement au tanne vif, inondé partiellement en période de vives eaux). Le tanne herbacé correspond au schorre isolé de toute influence des marées et se raccorde au tanne nu par un petit talus dont la dénivellation est très faible (Diop, 1978). Les tannes sont toujours associés aux vasières à mangrove et constituent tous deux, les formes majeures de l'ensemble des îles du Saloum. En fait, les tannes sont d'anciennes vasières à mangrove qui ne sont plus inondées en permanence comme jadis et qui correspondent aux parties intertidale et supratidale (Sadio, 1991). Sur les bordures de l'estuaire du Saloum, on distingue cette succession d'unités géomorphologiques : les zones devasières

(identiques à celles du domaine estuaire) - les terrasses basses inondables - les terrasses moyennes - les terrasses hautes.

Au Nord de l'estuaire, les tannes occupent de très vastes superficies et leur altitude est faible, jamais au-delà de 0,5 m par rapport au zéro hydrographique. Vers le Sud, la superficie des tannes diminue et leur altitude augmente à telle enseigne que la mangrove est souvent en contact direct avec les cordons dunaires (Diarra, 1999).

1.5.4. Les cordons sableux

Il s'agit des unités géomorphologiques les plus élevées au plan topographique dans les îles du Saloum. On les trouve soit sous forme de cordons littoraux récents, soit le plus souvent sous forme de générations successives de cordons sableux anciens (Diop, 1978 et 1986). Les cordons sableux sont les seules unités avec les lunettes ou « pseudo-lunettes », certains tannes herbacés et les kjökkemöddings à rester émergés en permanence.

L'étude de l'évolution géomorphologique a mis en évidence la mise en place de ces séries de cordons littoraux jalonnant les différentes étapes du retrait de la mer depuis le Nouakchottien. Leur matériel a été déposé par la dérive littorale NNW – SSE (Diop, 1978 et 1986). Ils sont souvent riches en minéraux lourds (ilménite, zircon, rutile, tourmaline...).

Diop (1986) considère que l'origine marine des sables est incontestable (prédominance des coins arrondis et luisants). Ce matériel a été mis en place par les houles, la dérive littorale et d'autres agents hydrodynamiques. La part relativement importante des mats éoliens (20 à 30 %) montre que les sédiments des cordons sont sujets à des remaniements éoliens surtout lorsque le couvert végétal est déficient. Cela se traduit dans le détail par la superposition d'un façonnement éolien du matériel sableux sur façonnement marin non encore oblitéré.

Au Nord du Saloum, des cordons sableux ont été identifiés le long des marigots de Ndangane et de Faoye. Ils sont à une faible altitude, très dégradés et tous entourés de tannes très développés (Diarra, 1999).

Au Sud du Saloum, leur altitude est plus importante. Ce sont les formations topographiques les plus élevées du delta mais généralement plus basses que la Formation du Saloum qui les entoure.

A l'Ouest, on observe la barrière sableuse de Falia en forme de croissant dont la largeur varie entre 1 et 2 Km et la longueur atteint une quinzaine de Km. C'est une barrière fortement anthropisée. Ce remblai sableux semble massif et unique mais les indentations et les dépressions sur sa partie nord et au sud du village de Falia montrent qu'il s'agit d'une

succession de cordons accolés dont les extrémités septentrionales sont orientées SW – NE. Il semble représenter un stade intermédiaire entre les cordons démantelés de l’Est et du Nord et ceux mieux conservés au Sud.

Au Sud-Ouest, s’étendent les cordons « Dionewar-Niodior » constitués de plusieurs parties. Au Nord la barrière de Dionewar s’étire sur une direction Est-Ouest et montre une forme incurvée terminée à l’Est par d’anciens crochets. À partir de Niodior en descendant vers le Sud, les cordons ont une forme rubanée, légèrement incurvée et d’orientation principale NW – SE. Ils s’étendent parallèlement au rivage mais les extrémités nord, en forme de crochet, bifurquent et prennent une direction SW – NE.

Les barrières les plus caractéristiques se situent dans la partie sud entre le Diomboss et le Nord de la Gambie dans les îles Bétanti. Elles sont beaucoup plus imposantes, pouvant atteindre 5 Km de large et plus de 10 Km de long. Ce sont des formations sableuses allongées, accolées, parallèles et régulières, séparées par des dépressions plus ou moins marquées dans lesquelles la mangrove pénètre sur plusieurs kilomètres. Autour de ces barrières, le contact direct avec les vasières est beaucoup plus fréquent et les tannes sont peu développés.

De part et d’autre du Bandiala, le littoral actuel offre de nombreux indices d’une évolution morpho-sédimentaire récente. En effet des cordons littoraux toujours plus minces, de direction SE – NW, sont recoupés par des chenaux secondaires qui se jettent en mer. A l’endroit des ruptures provoquées par les bolons, les extrémités situées sur les rives gauches des distributaires s’allongent grâce à la formation de crochets de direction SW – NE, comparables à ceux observés sur les cordons de Niodior. De nouveaux crochets de direction et de morphologie identiques se sont formés entre 1954 et 1989, allongeant ainsi les barrières de plusieurs centaines de mètres (Diarra, 1999).

1.5.5. Le littoral

Balayé par le vent et la mer, c’est le secteur le plus instable de tout le delta, évoluant au cours du temps suivant les saisons ou les années. C’est une frange étroite, découpée en flèches et en îles, sur laquelle on rencontre en abondance, dans la partie nord, des niveaux de minéraux lourds et de coquilles ou débris coquillers de mollusques. Le rivage sableux est formé de plages simples toujours très étroites, ne dépassant pas 40 m de largeur, avec une pente régulière forte (généralement plus de 7 %). Un bourrelet sableux s’allonge souvent le long du rivage, en haut de plage représentant les bermes de tempête les plus récentes (Diarra, 1999).

Les sédiments sont généralement moyennement bien à très bien classés de Joal à Sangomar ; c'est à l'extrême sud de la pointe qu'ils sont les mieux classés. Cependant environ 25 % des sédiments sont moyennement à mal classés. Ces sédiments proviennent de la zone infralittorale ou pré littorale et contiennent une fraction carbonatée importante. Un enrichissement en éléments grossiers est perceptible pour 72 % des échantillons tandis que 25 % sont enrichis en éléments fins. Ces sédiments enrichis en éléments fins correspondent à des sables bien triés, tous localisés sur l'estran ou la haute plage (Diarra, 1999).

1.5.6. Les kjökkenmöddings

Ce sont des accumulations artificielles de coquilles en forme de buttes isolées peuplées d'*Adansonia digitata*(baobab). D'après Diop (1978), ces amas coquillers se retrouvent sur différentes unités géomorphologiques : terrasses légèrement surélevées comme à Djirnda, Poutaké, Gouk, Oudoulo, Bandiala ; cordons sableux comme à Dionewar, Niodior, Falia, Bossingkang, Bétanti et rarement sur d'anciens bancs sableux émergés comme vraisemblablement à Diorom Boumak.

Les plus importants amas (Diorom Boumak et Bangalère) ont fait l'objet de nombreuses études protohistorique, faunistique, pédologique et paléogéographique (Diop, 1978).

L'espèce dominante est *Anadara senilis* associée à *Crassostera gasar*. Sous forme de lentilles très localisées, on trouve *Tagelus angulatus* et *Conus papilionaceus* (Descamps *et al.* 1974). Elouard *et al.* (1974) ont effectué des datations qui donnent des âges compris entre $1\ 160 \pm 80$ ans B.P. et $1\ 580 \pm 80$ ans B.P. pour Diorom Boumak et entre 720 et 1790 après J.C. pour Bangalère.

Au total, les séries de datations au ^{14}C portant sur les dépôts artificiels et éléments enfouis donnent des âges pour l'ensemble de la zone estuarienne entre 2 576 et 1 287 ans B.P.

D'après Leprun *et al.* (1976), la pédogenèse semble orientée vers le type calcomagnésique. Les sols sont très riches en carbonate de calcium. La couverture végétale est dominée par des herbes (*Andropogon gayanus*, *Eragrostis tremula*, *Ctenium elegans*, *Cassia tora...*), des arbustes (*Acacia ataxacantha*, *A. seyal*, *Maytenus senegalensis*, *Bauhinia reticulata...*) et des arbres (*Adansonia digitata* parfois *Tamarindus indica* et *Anogeissus leocarpus*).

1.6. Les sols, processus de pédogenèse

Le bassin du Sine-Saloum a connu durant le quaternaire récent des fluctuations climatiques (transgression et régression) ayant influencé les dépôts de sédiments en quantité et en qualité notamment dans les anciens golfs marins (Barusseau *et al.*, 1985). Ainsi l'analyse

granulométrique effectuée par Marius (1979) dans différentes îles du Saloum a révélé des sédiments essentiellement sableux (sables fins) et argileux. Au plan minéralogique, on y trouve du quartz qui aurait pour origine les sables de la formation du Saloum. Les principaux minéraux argileux rencontrés sont la kaolinite, la montmorillonite, la smectite et l'illite. Ce cortège minéralogique est souvent associé à la pyrite (FeS_2), roche amorphe responsable de l'apparition, sous certaines conditions, des sols à caractère salé, sulfaté acide. C'est dans ce milieu complexe, riche en sables marins fins, en minéraux argileux diversifiés, comportant de la mangrove reposant sur de la vase que se sont formés les différents types de sols rencontrés dans la vallée de Tamra.

Les sols du domaine fluvio-marin du Sine-Saloum sont plutôt mal connus. Les principales études entreprises concernent le domaine estuaire et portent essentiellement sur la géomorphologie (Sall *et al.*, 1975 ; Diop, 1978, 1986 et 1988 ; Sadio, 1991) et les sols salés sulfatés acides (Marius, 1977 ; 1979, 1985 et 1995). Les principaux travaux réalisés sur les tannes (domaine continental) ont été surtout l'œuvre de Sadio (1985, 1986, 1987 et 1991) et de Sadio et Daffé (1987 et 1988). Ces travaux ont permis de caractériser le domaine des tannes et d'identifier les principaux types de sols qu'on y rencontre (Tableau 1).

Il y a une grande diversité des sols et leurs caractéristiques morphologiques et chimiques semblent être étroitement liées à leur position topographique et à la dynamique du réseau hydrographique (Sadio, 1991). Ainsi, à chaque unité géomorphologique correspond un type de sol et une végétation caractéristiques.

Les sols du domaine estuaire ont été surtout étudiés par Marius, particulièrement ceux des îles du Saloum. Le tableau 2 montre les principales unités de sols rencontrées par Marius (1977), leurs correspondances dans les classifications américaine et de la FAO ainsi que leurs principales caractéristiques.

Tableau 1: Répartition des unités de sols dans le domaine des tannes

Classes	Sous-classes	Groupes	Sous-groupes	Familles	Séries	Limites paysagiques
Sols à sesquioxydes	Ferrugineux tropicaux	Appauvris	A hydromorphie de profondeur	Sur matériau d'ensemble sableux	-	Glacis de raccordement
				Sur matériau d'ensemble fin	-	Dépressions internes ou terrasses dégradées
		Lessivés	A cuirasse peu profonde	Sur matériau à faible recouvrement sableux	-	Glacis de raccordement
Sols hydromorphes	Minéraux ou bruts	A pseudo gley	Acides	Sur matériau d'ensemble sableux	-	
		A gley	A redistribution du calcium	Sur matériau argileux	-	Cuirasse intérieure arbustive et herbacée
				Sur amas coquillers	-	-
Sols halomorphes	A structure non dégradée	Salins sulfatés acides	Salés	Sur matériau d'ensemble sableux	Nappe peu profonde salée	Terrasse haute arbustive et herbacée
					Nappe peu profonde, très salée ou sursalée	Terrasse basse faiblement arbustive et herbacée
					Nappe profonde	Terrasse basse arbustive et herbacée
				Sur matériau d'ensemble fin ou complexe	Nappe peu profonde salée	Terrasse basse arbustive et/ou herbacée
					Nappe peu profonde très salée	Dépression herbacée
			Très salés	Sur matériau d'ensemble fin	Nappe peu profonde sursalée	Dépression semi-fixée
					Nappe profonde	Terrasse basse arbustive et/ou herbacée
			Sursalés	Sur matériau d'ensemble sableux	-	Dépression herbacée
					-	
				Sur matériau fin en profondeur	Nappe peu profonde très salée	Dépression faiblement herbacée
				Nappe peu profonde très salée	Dépression très localement herbacée	

Source : Sadio, 1991

Tableau 2: Principales unités de sol rencontrées dans les îles du Saloum

Sols	Texture	pH	Matières organiques	Salinité		Soufre	Classification américaine	Classification FAO
				Sols	Nappes			
Minéraux bruts	Sables ± grossiers	7	Faible	-	Faible à nulle	-	quartzipsamment	Fluvisol
Peu évolués sur cordons littoraux	Sables fins	4 – 7,5	Faible (0,5 %)	-	-	-	quartzipsamment	Fluvisol
Peu évolués sur terrasses	Sables fins	Acides	Faible (0,5 %)	Faible en profondeur	Parfois faible	-	Fluventic Xerochrept	Fluvisol
Peu évolués hydromorphes	Sables fins, ± argileux en profondeur	3 – 8,5	Faible	Parfois élevée en profondeur	Moyenne	En profondeur	Fluventic Xerochrept	Fluvisol
Peu évolués à sulfures	Sables fins argileux	Frais : 7 Sec : 3,5	Elevée	Forte	Forte	Dans tout le profil	Sulfaquent	Sulfidic Thionic Fluvisol
Halomorphes à efflorescences salines	Sables fins ± argileux en profondeur	3,5	Faible en surface	Excessive	Excessive	Faible	Sulfidic Halaquept	Thionic Fluvisol
Halomorphes à sulfates	Sables fins ± argileux en profondeur	Sec : 3,5	Faible en surface	Excessive	Excessive	Elevée en profondeur	Halic Sulfaquept	Sulfuric Thionic Fluvisol
Hydromorphes salés	Sables fins ± argileux	Variable, souvent acide	Faible	Faible à moyenne	Moyenne	En profondeur	Sulfidic Tropaquept	Thionic Fluvisol
Rendzine	Sables calcaires	7	Forte	-	-	-		

Source : Marius, 1977

2. MILIEU HUMAIN

2.1. Population

Le bassin versant du Sine-Saloum est une zone très peuplée. La population est difficile à estimer vu qu'il est à cheval sur trois régions administratives (Diourbel, Fatick et Kaolack) et que les données disponibles sont régionales. D'après Sadio (1991), la densité moyenne est de 86 habitants/Km² contre 50 pour la moyenne du Sénégal. En 2010 la densité moyenne de la population dans la région de Fatick (qui concentre le plus de population du bassin versant) est de 108 habitants par Km² (ANSD, 2011). La population est principalement composée de Sérères, de Wolofs, de Peuls, de Mandingues, de Bambaras et de Diolas.

Les religions pratiquées sont principalement l'Islam, le Christianisme et les religions traditionnelles.

Au plan administratif, le bassin se situe principalement dans les régions de Fatick et Kaolack, une faible partie étant dans la région de Diourbel. Les populations s'adonnent à différentes activités socio-économiques.

2.2. Activités socio-économiques

Les principales activités économiques sont l'agriculture, la pêche, l'élevage, l'exploitation d'usel et le tourisme.

2.2.1. L'agriculture

C'est la principale activité économique de la zone. La carte d'occupation des sols du bassin du Sine-Saloum (environ 71000 hectares) montre que ce sont les cultures pluviales de céréales et d'arachide qui occupent la majeure partie des surfaces cultivables (Sadio et Daffé, 1988). L'arachide et le mil sont cultivés sur les glacis de raccordement et les plateaux, le sorgho et le riz sur les terrasses argileuses et les dépressions, ces deux cultures étant en net recul à cause de la progression des tannes (Sadio, 1991). D'autres cultures comme le maïs et les haricots verts sont plus faiblement pratiquées (Chauveau et Lalöe, 1982).

Le maraîchage est pratiqué autour des points d'eau douce (forages, puits). Il concerne essentiellement les cucurbitacées (melons, pastèques, courgettes...) et les solanacées (tomate, piment...).

L'évolution de l'agriculture est fortement dépendante des conditions climatiques puisqu'elle est de type pluviale. Ainsi, la dégradation climatique des trois dernières décennies a fortement influencé la production agricole qui a subi une importante baisse dans le bassin versant du Sine-Saloum.

2.2.2. La pêche

Elle était pratiquée dans les nombreux cours d'eau du réseau hydrographique du Sine-Saloum. Actuellement, elle a presque disparu du domaine des bordures à cause du déficit pluviométrique et de la forte évaporation qui ont conduit à une hypersalinité. Cette hypersalinité a eu des effets néfastes sur la mangrove, principale source d'enrichissement trophique de cet écosystème (Diouf, 1987 ; Diouf & Diallo, 1987 ; cités par Diouf *et al.*, 1992). Ce n'est qu'en saison des pluies qu'elle est essentiellement pratiquée dans la zone des bordures. Elle se limite donc aux îles. Il s'agit d'une pêche artisanale menée avec des engins très divers (ligne simple, palangre ou *armandinga*, épervier, filet fixe à crevettes ou *moudiass*, filet maillant dérivant de surface ou *félé-félé*, filet maillant dérivant de fondou *yolal*, senne de plage, filet maillant encerclant ou *saima*, filet traînant à crevette *oukilli*, filet à sole, casier à seiche...).

Les ressources sont tout de même importantes. Diouf *et al.* (1992) ont inventorié 85 espèces de poissons dont les plus importantes au plan économique sont les sardinelles, les ethmaloses et les tilapias. Il s'agit essentiellement d'espèces marines et estuariennes. Le Bandiala est presque deux fois plus riche en espèces que le Saloum et le Diomboss. Les potentiels en crustacés et en mollusques ne sont pas négligeables même s'ils sont moins importants qu'en Casamance.

La pêche de crevettes, le prélèvement des huîtres sur les racines des palétuviers et la cueillette d'autres fruits de mer comme les coquillages constituent d'importantes sources de revenus pour les populations, surtout les femmes (Sadio, 1991). D'autre part, ces dernières s'investissent dans la transformation de ces fruits de mer. Les produits obtenus sont « fermentés-séchés » (*guedji*, *yète* et *touffa*), « salés-séchés » (*tambadiang*), « braisés ou fumés » (*kétiakh*) ou alors cuits à la vapeur (*pagne*, *yokhoss* et *sipakh*).

En 2012 par exemple le parc piroguier de la région de Fatick (région la plus concernée par cette activité) était de 2200 embarcations. Pour la même année, les débarquements sont estimés à 10 500 tonnes pour une valeur commerciale d'environ 4,88 milliards de francs CFA. La répartition par groupe zoologique est la suivante : 4 % de crustacés (essentiellement des crevettes *Penaeus notialis*), 23 % de mollusques (*Cymbium* spp., *Murex* spp., *Crassostera gasar*, *Anadara senilis*, *Octopus* spp.) et 73 % de poissons (Service Régional des Pêches de Fatick, 2012).

La pêche industrielle constitue aussi une activité rentable employant une main-d'œuvre importante de jeunes du bassin du Sine-Saloum recrutés dans les bateaux de pêche industrielle.

2.2.3. L'élevage

C'est l'une des activités les plus importantes dans le domaine des tannes (Sadio, 1991). Il est étroitement lié à l'agriculture. Chez les Sérères, qui constituent les principaux propriétaires du bétail dans la zone, l'agriculture est intimement associée à l'élevage. Il s'agit d'une intégration de l'élevage à l'agriculture car le bétail est un grand pourvoyeur d'engrais organiques. Selon Daffé et Sadio (1988) cités par Sadio(1991), l'élevage concerne essentiellement le gros bétail (bovins) et les petits ruminants (ovins et caprins). Les tannes constituent d'excellents terrains de parcours pour le bétail du fait de leur richesse en espèces pastorales et de leur inaptitude à l'agriculture à cause de la sursalure et de l'hyperacidité.

2.2.4. L'exploitation du sel

Cette activité était initialement destinée à la consommation locale mais avec l'extension de la salinisation, la baisse des revenus fournis par l'agriculture et la demande croissante des villes et des pays de la sous-région, elle s'est intensifiée et une bonne partie de la production est exportée.

2.2.5. Le tourisme

Son importance s'accroît rapidement, ces dernières années, surtout en bordure et dans les îles du Saloum. Le tourisme est devenu un facteur déterminant dans l'économie locale. Avec le décollage progressif de l'écotourisme, la zone pourrait tirer profit de la beauté de ses paysages.

Les secteurs les plus rentables sont la restauration et l'hébergement. Cela se traduit par la présence de nombreux campements touristiques (légaux et clandestins) le long de l'estuaire du Sine-Saloum. A cela s'ajoute la présence du Parc National du Delta du Saloum (PNDS) qui est un très important pôle attractif. Cependant la crise que vit ce secteur au plan national n'épargne pas la zone du delta qui est, en plus, très enclavée.

Parallèlement à cela, les populations du bassin du Sine-Saloum subissent les effets négatifs du tourisme notamment la perversion des mœurs, la prostitution, la drogue et la délinquance juvénile (Rapport Diagnostic, 2009).

2.3. Contraintes à la production agricole

2.3.1. Les contraintes socio-culturelles

Le principal facteur limitant est le caractère extensif de l'agriculture. En effet, la plupart des exploitations agricoles rencontrées, comme presque partout au Sénégal, sont de type traditionnel et familial ; la production céréalière est surtout destinée à la consommation familiale. Les moyens techniques utilisés sont rudimentaires. Le travail est essentiellement manuel en dépit de l'introduction de la culture attelée depuis quelques décennies. Les rendements ne sont donc pas importants. Signalons que la main d'œuvre agricole diminue du fait de « l'exode rural ».

Parmi les contraintes sociales, il y a notamment le mode d'attribution des terres et donc le système foncier en vigueur. La loi sur le Domaine National de 1964 a modernisé un tant soit peu ce mode d'attribution mais les systèmes traditionnels sont toujours en vigueur et sont même prédominants dans certaines localités. Cette situation fait que le patrimoine foncier d'une famille ne varie presque pas et est souvent l'objet de contentieux alors que dans le même temps la population augmente assez rapidement. L'autre problème résultant de ce système foncier est que les nouveaux venus dans un terroir ne peuvent disposer de terres de cultures suffisantes. Tout ceci rend impossible l'intensification de l'agriculture.

L'agriculture traditionnelle par son caractère pluvial est fortement tributaire de la pluviométrie (Piéri, 1989). Avec sa diminution durant les dernières décennies, la production agricole a enregistré une baisse régulière. Précisons que cette tendance semble s'inverser depuis quelques années avec une timide tendance de reprise pluviométrique.

2.3.2. Les contraintes techniques et financières

Le matériel agricole utilisé est rudimentaire et ne peut favoriser une production importante. C'est le résultat de la faiblesse des moyens techniques et financiers des paysans. A cette faiblesse de la mécanisation s'ajoutent le faible taux d'intrants (engrais et pesticides) utilisés. Le *caractère informel* des exploitations rend très difficile l'accès au crédit (défaut de garantie, taux d'intérêt élevés, variabilité climatique...). A cela s'ajoute la méfiance et même la réticence des institutions financières suite aux difficultés de remboursement rencontrées dans la quasi-totalité des programmes de financement initiés par l'Etat dans le passé.

2.3.3. Les contraintes physiques

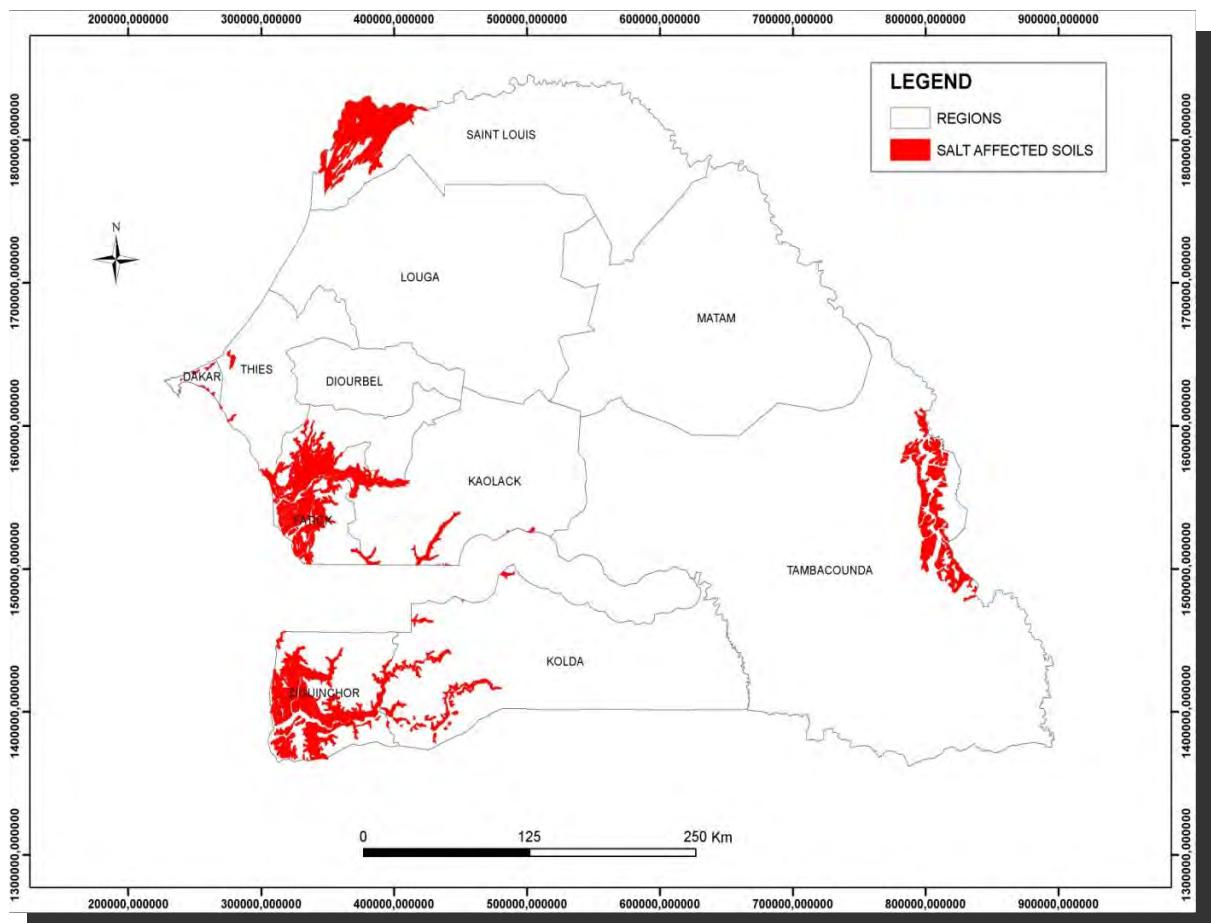
La faiblesse de la production agricole découle également de contraintes physiques. Les sols du bassin du Sine-Saloum sont soumis pour la plupart à l'érosion hydrique et éolienne. La plupart des sols, surtout du domaine des tannes, sont sableux. Cette texture favorise aussi bien l'érosion hydrique que l'érosion éolienne surtout avec l'importante dégradation du couvert végétal. Cela se traduit par une importante baisse de leur fertilité et donc de leur productivité. Les pratiques culturelles sont également en cause dans certains cas, car elles ne respectent pas toujours les conditions d'une utilisation optimale des sols. Certaines cultures participent aussi à l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs. C'est le cas de l'arachide (Piéri, 1989) la principale culture de rente, le bassin versant du Sine-Saloum étant actuellement le centre du « bassin arachidier » du Sénégal bien qu'une translation du centre vers le Sud soit notée.

Une des principales conséquences de la péjoration climatique est l'importante dégradation des sols. Celle-ci se traduit par l'accentuation de la **salinisation** et de l'**acidification** des terres cultivables. Dans tous les bassins versants, particulièrement au Sine-Saloum et en Casamance, la dégradation des sols a été sans précédent et accompagnée d'une disparition quasi totale de la mangrove dans les cours supérieurs des fleuves et de leurs affluents du fait de la sursalure et de l'hyper acidification des sols (Sadio, 1991). Ces deux phénomènes ont provoqué l'extension des tannes au-delà de leur limite habituelle et la dégradation des propriétés physico-chimiques des sols.

La présence des tannes dans la région remonte à très longtemps et a été signalée par Massibot *et al.* (1946), Emerit (1960) et Charreau (1963). Leur dégradation et leur extension n'ont jamais été aussi importantes que de nos jours (Sadio, 1991). La formation de ces sols peut être considérée comme une catastrophe écologique car jamais dans la littérature une dégradation d'une telle ampleur (Fig. 9), du fait d'une salinité excessive et de l'hyperacidité n'a été signalée dans le monde. Ainsi, les schémas classiques de pédogenèse reconnus dans les sols salés et sulfatés acides se trouvent compliqués par la présence simultanée de ces deux paramètres (Sadio, 1991). Dans le bassin du Sine-Saloum, environ 230 000 ha sont affectés dont 140 000 dans le domaine des tannes. La gravité de la dégradation et la complexité des phénomènes qui la sous-tendent ont fait que les premières tentatives de récupération initiées dans les années 1960, de même que les grands projets d'aménagements agricoles des années 1970 et 1980, se sont soldés pour la plupart par des échecs.

La récupération de ces terres s'avère donc plus que nécessaire aujourd'hui. C'est dans ce contexte que plusieurs tentatives sont entreprises pour les viabiliser. Le projet de récupération

des sols de la vallée de Tamra dans l'île de Mar par la Caritas diocésaine de Kaolack s'inscrit dans ce cadre. Ainsi allons-nous passer en revue les différentes tentatives de récupération des terres salées et/ou acides dans le bassin versant du Sine-Saloum.



Source : INP, 2008

Figure 9: Localisation des sols affectés par la salinisation au Sénégal

2.4. Activités de récupération des sols salés et/ou acidifiés

Plusieurs tentatives ont été mises en œuvre pour récupérer les terres salées et acides. Cette présentation se limitera aux méthodes les plus répandues.

2.4.1. Construction de petits barrages

A la suite du déficit pluviométrique des années 1940, l'eau hypersalée des chenaux d'écoulement envahissait les terrasses basses. La première méthode de lutte a donc été la construction de digues anti-sel pour isoler les terres inondables des eaux salées en cas d'inondation et pour piéger (et donc épargner) les eaux douces de pluie (Massibot, 1946). Ces infrastructures étaient surtout destinées au développement de la riziculture. Cependant elles

ont souffert d'un manque d'entretien et de l'absence d'information et de sensibilisation des populations.

Aujourd'hui certaines digues font l'objet de réhabilitation mais avec une plus grande participation des populations, car elles sont mieux informées et plus conscientes de la nécessité de lutter contre ce fléau. De nouvelles digues sont également construites avec l'appui de certaines ONG. C'est le cas des digues construites dans la vallée de Tamra.

2.4.2. Reboisement

Il est reconnu que les plantes jouent un rôle primordial dans la régénération des sols. Les terres salées et/ou acides peuvent être recolonisées par des espèces pionnières tolérantes à la salinité et à l'acidité. Ainsi les organismes spécialisés en foresterie (Service des Eaux, Forêts et Chasses et de Conservation des Sols et la Direction sur les Recherches et Productions Forestières) se sont mis très tôt à la recherche d'espèces végétales pouvant aider à la récupération des terres salées. Ainsi, selon les objectifs visés et les aptitudes des sols concernés, plusieurs espèces ont été testées. Pour le bois de service, les espèces *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Melaleuca leucadendron* et *M. viridiflora* ont été expérimentées. Pour le bois de chauffe, en plus des espèces ci-dessus citées, il y a *Prosopis juliflora*, *P. chilensis*, *Acacia holosericea*, *A. trachycarpa* et *Eucalyptus microtheca*. Ces essais ont été vulgarisés par le Projet Communautaire de Reboisement du Bassin Arachidier (PRECOPA) et aujourd'hui par certaines ONG et associations villageoises.

2.4.3. Amélioration des techniques et pratiques culturelles

La récupération des terres salées ne peut se faire sans une réadaptation des techniques et pratiques culturales. Ainsi des procédés nouveaux ont été mis en œuvre. Parmi ceux-ci, on peut citer :

- L'amélioration de la technique d'amendement des terres par le compostage avec de la paille de mil, de riz, du fumier ;
- L'application du phosphogypse dont l'efficacité a été confirmée par de nombreux essais agronomiques dans le delta du fleuve Sénegal et celui de la Casamance pour lutter contre la salinité et l'acidité des sols ;
- La sensibilisation des paysans à une meilleure intégration de l'arbre à l'agriculture grâce à l'agroforesterie, même s'il faut reconnaître qu'elle existait déjà en milieu rural et surtout sérière ;

- L'introduction du repiquage du riz tel que pratiqué en Casamance.

L'avènement des digues de retenue dans la zone permet actuellement de disposer d'importantes quantités d'eaux douces qui autoriseraient non seulement de pratiquer le repiquage du riz mais aussi du maraîchage pour améliorer les revenus des paysans. La récupération des terres salées est un processus à moyen et long terme. Mais on peut raccourcir les délais par une meilleure implication des populations et par la combinaison rationnelle des méthodes mécaniques et biologiques d'aménagement des terres. La durée de la récupération des sols salés et/ou acides dépend des facteurs suivants :

- le degré de salinité et d'acidité ;
- la nature du sol (texture) ;
- la pluviométrie ;
- les méthodes d'aménagement utilisées ;
- le degré de participation des populations à la gestion des ressources naturelles.

Il faut préciser que les principales tentatives de récupération des sols salés n'ont concerné que le domaine des tannes. Les sols du domaine estuaire du fait de la complexité de leur pédogenèse ont été moins étudiés que ceux des tannes. L'insuffisance des informations sur leur nature et leurs caractéristiques ainsi que sur les possibilités de leur récupération rend ce travail d'autant plus nécessaire. Compte tenu du déficit croissant en terres cultivables dans l'île de Mar, il a été décidé de mener une étude agro-écologique dans le souci d'optimiser l'utilisation des sols.

Dans ce premier chapitre, les traits physico-chimiques, biologiques et socio-économiques du cadre général de l'étude ont été présentés. L'accent a été mis sur les aspects qui jouent un rôle très important dans la morpho-pédogenèse et dans la compréhension du fonctionnement des sols salés et/ou acides de la zone estuarienne du Saloum. L'approche agro-écologique utilisée pour mener cette étude a été précisée dans un contexte de multiplicité des définitions et des conceptions.

Dans le prochain chapitre, sont présentées les caractéristiques intrinsèques du site de l'étude.

Chapitre deuxième :Présentati on du site d'étude

1. PRÉSENTATION DE L'ÎLE DE MAR

1.1. Situation géographique et administrative de l'île de Mar

L'île de Mar (Fig. 10) se trouve au Nord de l'estuaire du Saloum. Ses coordonnées géographiques sont entre $16^{\circ} 35'$ et $16^{\circ} 43'$ de longitude Ouest et entre 14° et $14^{\circ} 10'$ de latitude Nord. Elle fait partie des îles du Gandoul.

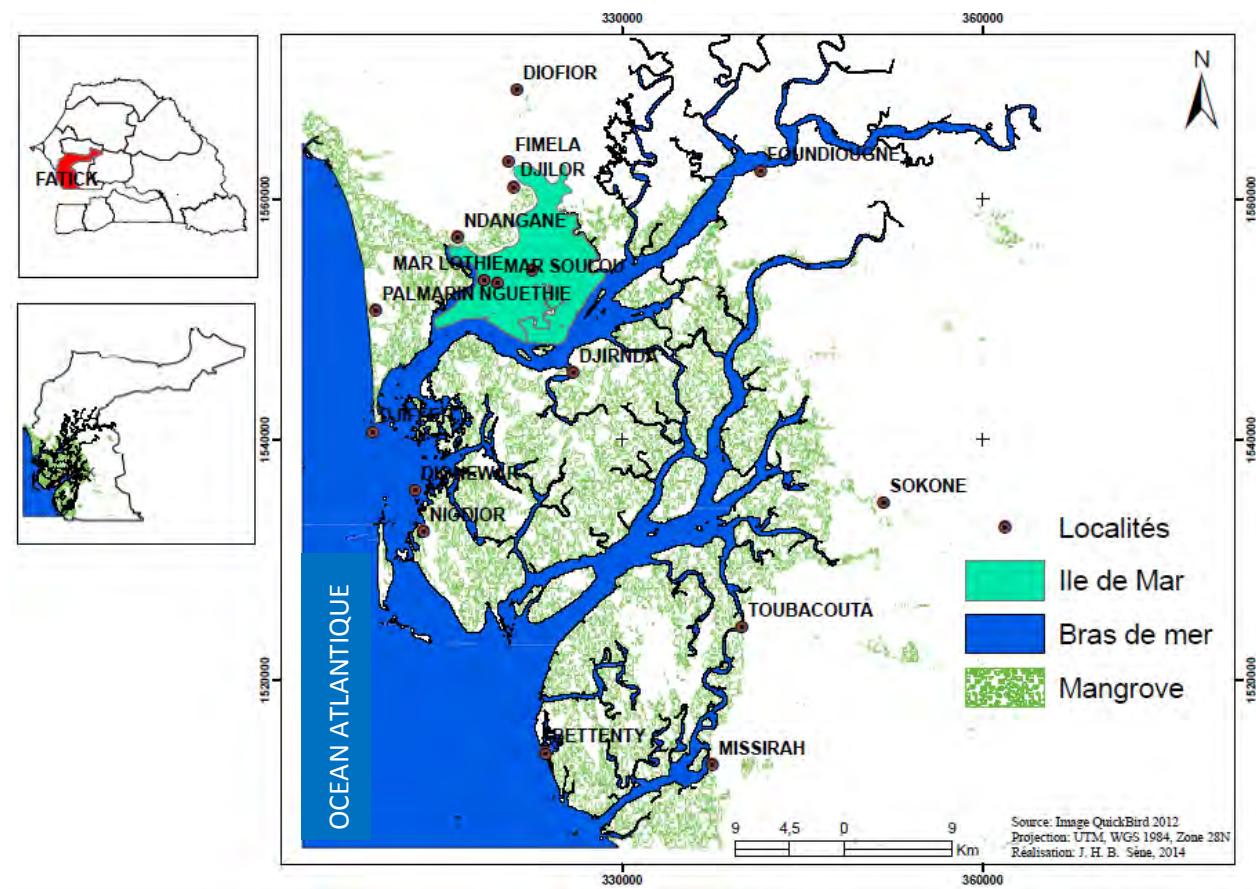


Figure 10 : Carte de situation de l'île de Mar

Au plan administratif, l'île fait partie de la région de Fatick, département de Fatick, arrondissement de Fimela, Communauté Rurale de Fimela.

1.2. Milieu humain

L'île de Mar est habitée et sa population se chiffre à 5 141 habitants répartis dans les trois villages¹ de Mar Lodji (1 769), Mar Fafako (2 887) et Mar Soulou (485). Trois ethnies sont présentes : les sérères qui font plus de 99 %, les diolas et les peuls. On note un constant

¹Il y a quatre villages dans l'île mais celui de Wandjé fait partie de la Communauté Rurale de Djirnda, raison pour laquelle sa population n'est pas comptabilisée.

accroissement démographique lié à un taux de natalité supérieur au taux de mortalité (Rapport Diagnostic Mar, 2009).

L'île reçoit des immigrants saisonniers qui s'activent comme bergers ou charretiers. Des départs (le plus souvent saisonniers) sont également notés. Les destinations les plus fréquentes sont les grandes villes comme Dakar, Mbour, Joal... Certains s'expatrient vers la Gambie ou l'Europe (Espagne, Italie, France...). L'émigration concerne essentiellement la composante jeune de la population.

1.3. Activités socio-économiques dans l'île de Mar

Comme dans les autres parties du bassin versant du Sine-Saloum, les principales activités socio-économiques pratiquées dans l'île de Mar sont l'agriculture, l'élevage et la pêche. Du fait de sa situation géographique, le tourisme et ses activités connexes sont aujourd'hui d'une importance considérable dans le tissu socio-économique. On constate également que l'apiculture y est pratiquée de façon marginale.

1.3.1. L'élevage

L'île est peuplée d'agro-pasteurs et il y a donc une intégration de l'élevage à l'agriculture. On y retrouve un important cheptel bovin. L'élevage d'équidés, de porcins, de caprins et de volaille est aussi relativement développé. Le cheptel assure la fourniture de la fumure organique pour le maintien de la fertilité des terres du terroir. Les équidés assurent la traction du matériel agricole et aussi des charrettes, seul moyen de transport à l'intérieur de l'île. L'élevage de porcins ne se pratique qu'à Mar Lodji (il est essentiellement pratiqué par les catholiques). Les principales contraintes concernant l'élevage sont le manque de pâturages (concurrence de l'agriculture, hypersalinité...), les difficultés d'accès aux aliments de bétail et les conflits liés à la divagation des animaux. Il faut préciser tout de même que les problèmes entre éleveurs et agriculteurs ne sont pas aussi aigus que dans les autres parties du pays car ces deux activités sont intégrées dans l'île.

1.3.2. La pêche et ses activités connexes

La pêche est essentiellement destinée à la consommation locale. Elle n'est pas très développée. L'île a un parc piroguier d'environ trente unités. Les villages de Mar Fafako et de Wandjé sont les plus orientés vers cette activité. Par contre, la cueillette de fruits de mer (huîtres, arches, volutes, murex...) est une activité très importante dans le système

économique de l'île. Cette activité a d'ailleurs contribué pour une part non négligeable à la destruction de la mangrove même si de nos jours l'exploitation est devenue plus rationnelle. Parallèlement, la transformation artisanale des produits halieutiques génère des revenus substantiels et emploie également de plus en plus de femmes.

Les différentes spécialités produites sont :

1. pour les poissons : le *guedj*, le *tambadiang*, le *féré-féré* et le *kétiakh* ;
2. pour les mollusques :
 - lamellibranches : le *pagne* (avec *Anadara senilis*), le *yokhoss* (avec *Crassostera gasar*) ;
 - gastéropodes : le *yète* (avec *Cymbium* sp.), le *touffa* (avec *Murex* sp.) ;
3. pour les crustacés : le *sipakh* (avec *Penaeus notialis*).

Précisons par ailleurs que l'implantation du village de Wandjé a été motivée par la riziculture. Ce village est peuplé d'habitants originaires de Djirnda, île située plus au Sud dont l'activité principale est la pêche. A l'origine elles venaient camper à Wandjé pendant la saison des pluies pour cultiver le riz dans les zones marécageuses environnantes. A la suite des modifications écologiques ayant entraîné l'hypersalinisation des cours d'eau et donc la raréfaction du poisson, elles ont fini par s'y implanter. C'est ce village qui a le plus souffert de la salinisation notamment des puits et des rizières. Les habitants fondent un très grand espoir sur les aménagements hydro-agricoles dans la vallée de Tamra.

1.3.3. Le tourisme

La position de l'île de Mar en fait un endroit idéal pour les activités touristiques. L'île se situe près de Ndangane, d'où les touristes peuvent joindre le Sud de l'estuaire et même la Gambie à l'aide de pirogues. En outre beaucoup de campements touristiques (légaux et clandestins) sont implantés sur ses façades ouest et nord-ouest.

A titre indicatif, douze (12) campements se trouvent près du village de Mar Lodji, sur sa partie occidentale. Ce village est donc le plus exposé aux influences du tourisme. De ce fait, des activités comme la confection et la vente d'objets d'art par les « antiquaires » ont aujourd'hui une importance non négligeable dans l'économie. Elles occupent aussi bien les jeunes que les femmes.

Beaucoup de jeunes, disposant de chevaux et de charrettes, s'investissent aussi dans le transport des touristes et des résidents à l'intérieur de l'île. A cela s'ajoute le système de transport par les pirogues motorisées qui est devenu une activité lucrative puisque le coût de

la location d'une pirogue pour une matinée peut dépasser cinquante mille (50 000) francs FCFA suivant le circuit. En outre, certains jeunes s'improvisent « guides touristiques ».

Le tourisme constitue dans une certaine mesure une aubaine car certains touristes, préoccupés par les conditions de vie difficiles des populations, leur viennent en aide une fois rentrés chez eux. C'est ainsi que Mar Lodji dispose aujourd'hui de deux tracteurs pour la riziculture. Les deux dispensaires de ce village bénéficient aussi de dons de médicaments de la part de touristes.

Signalons qu'il existe des activités subsidiaires comme la récolte de coquillages servant de matériau de construction. On trouve en effet plusieurs « gisements » de coquillages dans l'île. Il s'agit de sites témoins de la vie préhistorique (kjökkenmödding). Il existe aussi un petit commerce tenu par les locaux car l'essentiel des grandes boutiques sont la propriété des maures et des peuls.

1.3.4. L'agriculture

C'est la principale activité des populations. Il s'agit d'une agriculture familiale de type pluvial. Les céréales comme le mil, le riz et le sorgho occupent une place centrale. La principale culture de rente est l'arachide. Les haricots, les pastèques et l'oseille de Guinée prennent une place de plus en plus grande parmi les spéculations vendues. On trouve quelques périmètres maraîchers où sont produits des oignons, des carottes, des choux, du gombo, de l'aubergine... Les contraintes à la production agricole sont nombreuses dans l'île de Mar. Tout d'abord, il est noté le manque de terres cultivables ; les besoins augmentent avec l'accroissement de la population alors que l'île est inextensible. Les sols subissent diverses formes de dégradation : salinisation, acidification, érosion...etc. Certaines familles sont obligées de sortir de l'île pour trouver des terres de culture. Beaucoup de terres jadis cultivées ont dû être abandonnées. C'est le cas de la vallée de Tamra qui fait l'objet de notre étude. La riziculture y était pratiquée jusque vers le milieu des années 1970. Son exploitation a dû être abandonnée à cause de la salinisation. L'insuffisance des ressources en eau douce, la baisse de la fertilité des sols, les difficultés d'accès à des intrants de qualité et en quantité suffisante, le caractère rudimentaire et vétuste du matériel sont autant d'autres contraintes pour une agriculture durable et rentable.

1.4. Infrastructures

L'île de Mar est assez bien fournie en infrastructures comparée aux villages de même envergure situés sur le continent. Les infrastructures scolaires comprennent onze écoles dont deux maternelles, cinq écoles primaires dont une privée catholique, un Collège d'Enseignement Moyen (CEM) et trois en langue arabe. Sur le plan de l'hydraulique il y a un forage dont l'eau est saumâtre. Il existe deux marchés, neuf moulins, trois batteuses, trois décortiqueuses de mil, un magasin de stockage. Au plan sanitaire, il y a trois postes de santé dont un poste privé catholique et une case de santé. Les infrastructures sportives et culturelles comprennent une arène de lutte, trois terrains de sport et deux foyers des jeunes.

Sur le plan religieux il y a dans l'île sept mosquées et une église située à Mar Lodji.

1.5. Dynamique organisationnelle et partenariats

La population de l'île est très dynamique et a une longue expérience en matière d'organisation. La dimension religieuse est prise en compte dans le village de Mar Lodji où cohabitent paisiblement musulmans et catholiques. La dimension genre est également très bien intégrée dans tous les aspects organisationnels. La composante féminine est d'ailleurs le levier le plus important dans la dynamique organisationnelle.

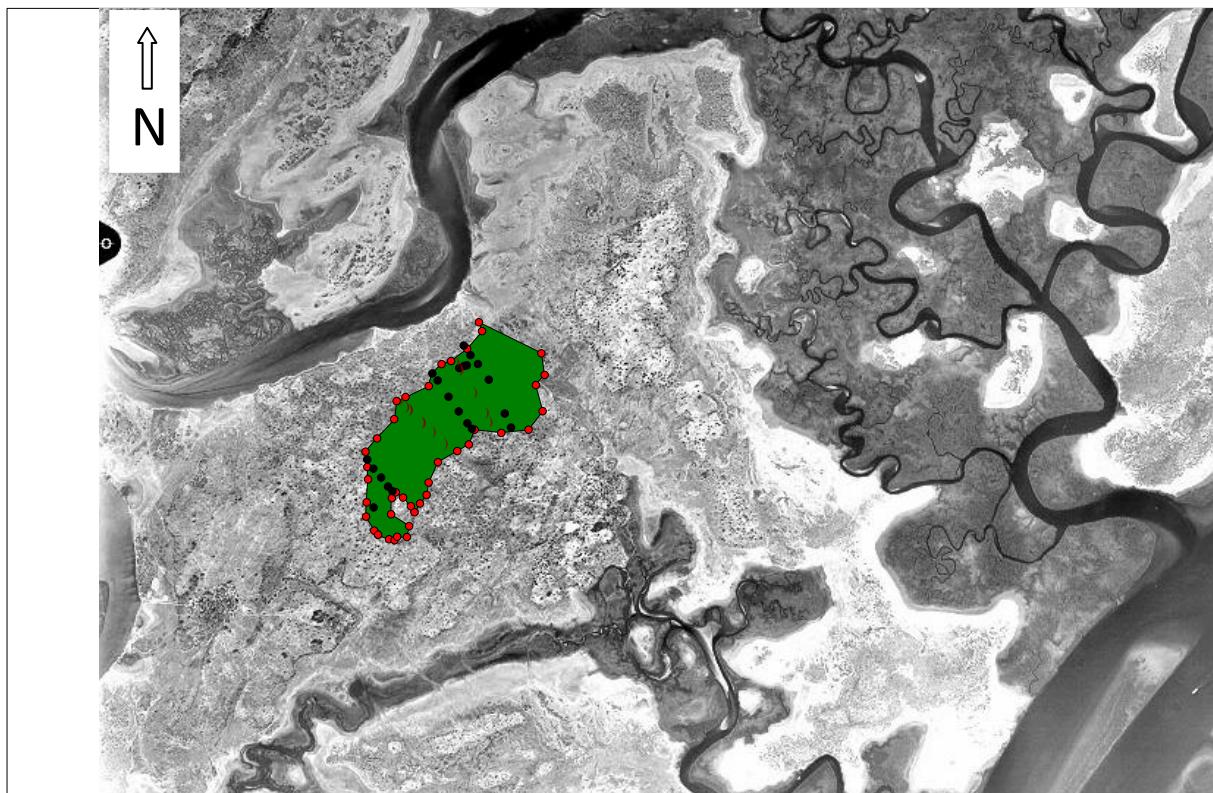
Dans chaque village les différentes catégories d'acteurs sont regroupées dans des structures qui prennent en charge leurs besoins et aspirations dans le respect des valeurs culturelles. Ainsi l'île compte vingt-quatre groupements de promotion féminine (7 à Mar Fafako, 10 à Mar Lodji, 6 à Mar Soulou et 1 à Wandjé). On note la présence de groupements d'intérêts économiques (GIE), d'associations sportives et culturelles (ASC), d'une écurie de lutte... A Mar Lodji existe aussi un groupement d'éleveurs.

Au niveau *supra villageois*, il y a une organisation reconnue et acceptée par les populations comme structure devant piloter le développement de l'île. Il s'agit de la Cellule pour le Développement de l'Île de Mar (CDIM). Au niveau central, la CDIM a un Conseil d'Administration (CA), un Bureau Exécutif (BE) et des Commissions Techniques. Dans chaque village, elle est représentée par une cellule locale qui a aussi un bureau.

La responsabilisation et l'autocontrôle sont mis en avant pour permettre à chaque acteur de suivre ses performances et celles des autres, et au besoin d'apporter les correctifs nécessaires.

2. PRÉSENTATION DE LA VALLÉE DE TAMRA

La vallée de Tamra se situe au Nord-Est de l'île de Mar (Fig. 11). Son axe principal est orienté SW- NE. Elle est longue d'environ 2,7 Km, couvre une superficie de 156 ha et un périmètre de 7,122 Km.



Source : Photo IGN, 1989

Figure 11: Localisation de la vallée de Tamra dans l'île de Mar

La vallée a fait l'objet d'un aménagement (Fig. 12). Ainsi deux digues y ont été construites. La première est une digue anti-sel située dans la partie aval de la vallée, à environ 500 m du marigot de Djilor. Il faut noter que la vallée de Tamra est un affluent du marigot de Djilor. La deuxième est une digue de retenue située à 730 m de la première, presque au milieu de la vallée. Des casiers rizicoles ont été délimités et attribués aux producteurs de l'île.

Ce deuxième chapitre a permis de décrire le site d'étude et ses principales caractéristiques. Le prochain est consacré à la présentation des outils méthodologiques de collecte et de traitement des données.

Chapitre troisième : Matériel et méthodes

1. GÉNÉRALITÉS SUR LE RIZ, PRINCIPALE SPÉCULTATION DANS LA VALLÉE

1.1. La systématique

Le riz est une plante herbacée annuelle de la famille des Poaceae. Il appartient au genre *Oryza* qui comporte vingt-trois(23) espèces (Ahmadi *et al.*, 2014). Deux (2) espèces sont cultivées. Il s'agit d' :

- *Oryza glaberrima* ou « riz ouest-africain » ou encore « riz de Casamance » et ;
- *O. sativa*.

1.2. L'origine et les caractéristiques morphologiques du riz

Les espèces de riz répertoriées se trouvent sur tous les continents. La domestication d'*O.sativa* daterait de plus de 8 000 ans tandis que celle d'*O.glaberrima* remonterait à 2 500 ans(Ahmadi *et al.*, 2014).

- *O. sativa* est d'origine asiatique et est présente sur tous les continents. Cette espèce a été domestiquée en Inde et en Chine à partir d'*O. rufipogon*. Elle présente une grande diversité de formes et celles-ci ont été classées au sein de deux sous-espèces *indica* et *japonica*.La sous-espèce *indica* regroupe des variétés de culture aquatique. Quant à la sous-espèce *japonica*, elle comporte deux types morphologiques : *japonica* tempéré et *japonica* tropical.
- *O. glaberrima* est d'origine africaine et est cantonnée presque uniquement en Afrique de l'Ouest. Elle serait issue de la domestication de l'espèce annuelle *O. breviligulata*, elle-même issue de l'espèce pérenne à rhizome *O. longistaminata*. *O. glaberrima* a une faible productivité mais elle est de plus en plus utilisée comme source de caractères d'intérêt agronomique dans les programmes d'amélioration variétale du riz pour l'Afrique.

Le riz est une plante annuelle glabre, plus ou moins pubescentes, à chaume dressé ou étalé, de hauteur variable allant de moins d'un mètre jusqu'à cinq mètres pour les variétés flottantes. Le système racinaire est très abondant, ramifié et superficiel chez les variétés aquatiques ; pour les variétés pluviales, il est moins ramifié, de plus grand diamètre et plus profond (Ahmadi *et al.*, 2014).

Chaque grain germé donne naissance à une touffe pouvant compter jusqu'à trente talles au stade végétatif. Certaines parmi ces talles produisent des panicules. L'inflorescence est donc une panicule ramifiée de 2à 40 cm pouvant porter plus de 100 fleurs ou épillets. Le fruit est

un caryopse enveloppé dans deux glumelles grandes, coriaces et adhérentes, le tout formant le grain de riz paddy. Le poids de 1 000 grains de paddy varie de 20 à 45 g.

1.3. L'écologie du riz

Le riz est cultivé dans des conditions écologiques très variées en rapport avec la grande diversité morpho-physiologique de ses écotypes.

En latitude, on le retrouve entre 53° Nord et 40 ° Sud mais sa principale zone de culture est l'Asie intertropicale.

En altitude, la plus grande partie des surfaces rizicultivées se trouve au-dessous de 300 m. la plus haute altitude se situe à plus de 3 000 m au Népal.

La latitude et l'altitude influencent les cultures de riz à travers les températures. La latitude agit de plus par l'intermédiaire de la photopériode.

Tableau 3 : Températures de l'air nécessaires à la culture du riz (Ahmadi *et al.*, 2014)

Etape de développement	Températures de l'air (°C)		
	Minimum	Optimum	Maximum
Germination	14 – 16	30 – 35	42
Tallage	16 – 18	28 – 30	40
Floraison	22	27 – 29	40
Maturisation		25	40

La température de l'eau est également importante. Le minimum est 13-14 °C, l'optimum de 30-34 °C et le maximum de 38-40 °C.

L'hygrométrie influence également le développement des cultures de riz notamment la floraison qui est la phase la plus sensible. Pendant celle-ci, il faut une humidité de 70 à 80 %. Un niveau d'humidité plus élevé favorise le développement des maladies (Ahmadi *et al.*, 2014).

Le vent, quand il est léger, a un effet favorable car il accélère la transpiration ; quand il est fort, il peut arracher les jeunes plants ou provoquer la verse et l'échaudage.

La luminosité est aussi un facteur déterminant pour le riz. Les rendements les plus importants sont obtenus sous forte luminosité : 400 cal/jour/cm².

Les besoins en eau sont généralement importants. En culture sèche, il faut de 160 à 300 mm par mois pendant toute la durée du cycle soit 1 000 à 1 800 mm. En culture irriguée, il faut 12 000 à 20 000 m³/ha pour maintenir le sol submergé pendant toute la durée du cycle.

En culture aquatique, les sols les plus adaptées à la culture du riz sont ceux qui ont une texture argilo-limoneuse (70 % d'éléments fins), riches en matière organique et un pH de 6 à 7. Il peut être cultivé sur des sols salés. En effet, le riz peut tolérer jusqu'à un degré de salinité de 4 dS/cm. Il supporte également un pH bas supérieur ou égal à 4.

En culture sèche, il donne mieux sur un sol riche et meuble avec une bonne capacité de rétention en eau.

2. MÉTHODES D'ÉTUDE

Après la revue documentaire, la collecte de données s'est déroulée en trois phases. La première concerne les enquêtes socio-économiques, la deuxième l'étude des sols et des nappes phréatiques et la troisième l'inventaire de la flore et de la végétation.

2.1. Les enquêtes socio-économiques

L'objectif des enquêtes est d'avoir une idée sur la situation sociale et économique prévalant dans l'île pour mieux cerner les actions à mener afin de contribuer à la résolution des problèmes que vivent les populations.

Naturellement, la recherche documentaire a permis d'avoir un ensemble de données socio-économiques et environnementales préliminaires.

Différents outils de collecte de données qualitatives et quantitatives ont été utilisés. Il y a d'abord les Interview Semi-Structurées (ISS). Il s'agit d'un outil adapté à la situation car, sur le plan logistique, il est facile à mettre en œuvre et ne nécessite pas de dépenses ou de moyens particuliers. Ensuite, il admet une certaine flexibilité et peut être appliqué à un public aussi large que varié. Il permet également de focaliser les débats sur des sujets prédéfinis.

La réalisation des interviews semi-structurées a nécessité l'élaboration de guides d'entretien (Annexe III) spécifiques aux différentes catégories de personnes interrogées.

L'élaboration des enquêtes a obéi à quelques règles notamment :

- La sélection des informateurs clés : chefs de village qui ont servi de porte d'entrée, responsables d'organisation, leaders d'opinion, acteurs divers... ;
- La définition des principaux sous-thèmes à aborder lors des entretiens ainsi que la préparation des questions à poser, les sous-thèmes étant classés en allant des plus simples aux plus complexes) ;
- Le choix des moments et des lieux où ont été tenus les entretiens.

Les ISS ont comporté quatre parties :

- (a) L'**approche** qui concerne la façon dont les débats sont entamés notamment la manière de camper les sujets et de présenter les objectifs et les résultats attendus de l'étude ;
- (b) L'**échauffement** qui permet de se mettre en conditions pour mener les débats avec le plus de décontraction possible et le moins d'appréhensions surtout de la part des populations. Le cousinage entre les patronymes Ngom, Sène, Diouf et Faye y a beaucoup contribué ;
- (c) Le **dialogue** proprement dit qui débute par les questions simples, les plus compliquées étant réservées pour la fin ;
- (d) Le **départ** ou fin des entretiens qui donne l'occasion de remercier les personnes qui ont bien voulu répondre à nos questions malgré leurs nombreuses occupations.

Durant les discussions, il est nécessaire de garder un esprit critique par rapport à la qualité des informations fournies. Le plus grand intérêt est de pouvoir identifier assez tôt les principaux biais auxquels on peut être confronté, notamment le biais d'attente.

L'intégration, facilitée par la maîtrise de la langue locale et la familiarité avec les conditions de vie et de travail des populations, a permis d'instaurer un certain climat de confiance.

Les sujets évoqués sont relatifs à la pauvreté (chez les femmes, les hommes et les jeunes), à l'alimentation, au système foncier, aux processus de prise de décisions, aux aspects genre, à la gestion et à l'usage des ressources naturelles, à la gestion et à la résolution des conflits.

Le public cible était très large : personnes du troisième âge, hommes, femmes, jeunes, autorités coutumières et religieuses, fonctionnaires, membres des différentes organisations, divers acteurs sociaux.

Pour un meilleur recouplement des informations, les personnes visiblement marginalisées ont été interviewées. En plus des ISS, des focus group ont été réalisés avec des catégories d'acteurs homogènes. Il s'agit de voir les préoccupations partagées par des métiers ou corporations. L'innovation majeure dans le cadre de cette étude a été que les besoins de recherche ont été exprimés par les populations à la suite d'un diagnostic participatif. Les acteurs locaux ont identifiés les différents problèmes auxquels ils sont confrontés. Ensuite ils les ont hiérarchisés et ont déterminé les objectifs prioritaires. C'est sur la base de ces objectifs que les actions à mener ont été identifiées. Les activités de recherche ont été définies pour mieux orienter les actions de développement. Les populations ont été accompagnées dans la réalisation du diagnostic par une équipe pluri-disciplinaire composée de membres de l'ONG Caritas, des services techniques déconcentrés (Eaux et Forêts, Développement Rural), des structures décentralisées (CADL), et des chercheurs (ISRA/CNRF et UCAD/ISE et Département de Géologie).

C'est après avoir déterminé les solutions à apporter aux problèmes majeurs que les besoins de recherche ont été identifiés pour garantir une meilleure atteinte des résultats.

2.2.L'étude des sols et des eaux de nappe phréatique

Ce volet est fondamental car l'un des problèmes majeurs identifiés par les populations est la dégradation des sols par salinisation et/ou acidification. L'objectif global de l'étude est donc de contribuer à une meilleure compréhension des phénomènes de salinisation et d'acidification pour orienter les actions de restauration des sols affectés.

2.2.1. La prospection pédologique

Ce travail a été réalisé en deux phases. La première avait pour objectif principal de faire un diagnostic de la fertilité des sols de la vallée ; dix-huit (18) profils pédologiques ont été creusés à cet effet. La deuxième phase a été la suite logique de la première. En effet, les résultats de la caractérisation nous ont conduits à mener une étude détaillée des sols en vue d'élaborer la carte des sols et la carte d'aptitude culturale. Pour cela, quarante-six (46) profils pédologiques ont été rajoutés. Des sondages à la tarière ont été également réalisés à certains endroits pour compléments d'informations sur les caractéristiques des sols.

2.2.1.1. L'emplacement des fosses pédologiques

La prospection a permis de définir la manière de procéder pour l'étude des sols. L'emplacement des profils pédologiques a été défini tenant compte des états de surface des sols, de la couverture végétale, de la topographie, de la structure géomorphologique du milieu (terrasse haute, moyenne, basse et lit mineur de la vallée). Cet aspect est très déterminant dans la qualité des résultats car la localisation des différents types de sols est étroitement liée à des facteurs stationnels (Baize & Jabiol, 1995). Compte tenu de la grande variabilité des états de surface et de la complexité du milieu, la représentativité des fosses a été une préoccupation permanente malgré le coût élevé de leur mise en place. Ainsi la mise en place des fosses pédologiques a été menée suivant dix toposéquences transversales représentatives des unités géomorphologiques dont huit dans la partie cultivée de la vallée.

2.2.1.2. Le fonçage

Après le choix de l'emplacement des profils, les fosses ont été creusées avec les dimensions suivantes : une longueur de 150 cm, une largeur de 100 cm et une profondeur de 150 cm

(moinssi la nappe phréatique est atteinte). Ces dimensions se justifient par la nécessité de se mouvoir à l'intérieur des fosses sans gêne même avec des outils mais aussi pour mieux identifier les différents horizons pédologiques le long du profil et les caractériser. L'orientation des profils a également tenu compte du bon éclairage par le soleil des quatre faces de la fosse pour faciliter aussi bien la description que la prise de vue (Maignien, 1969).

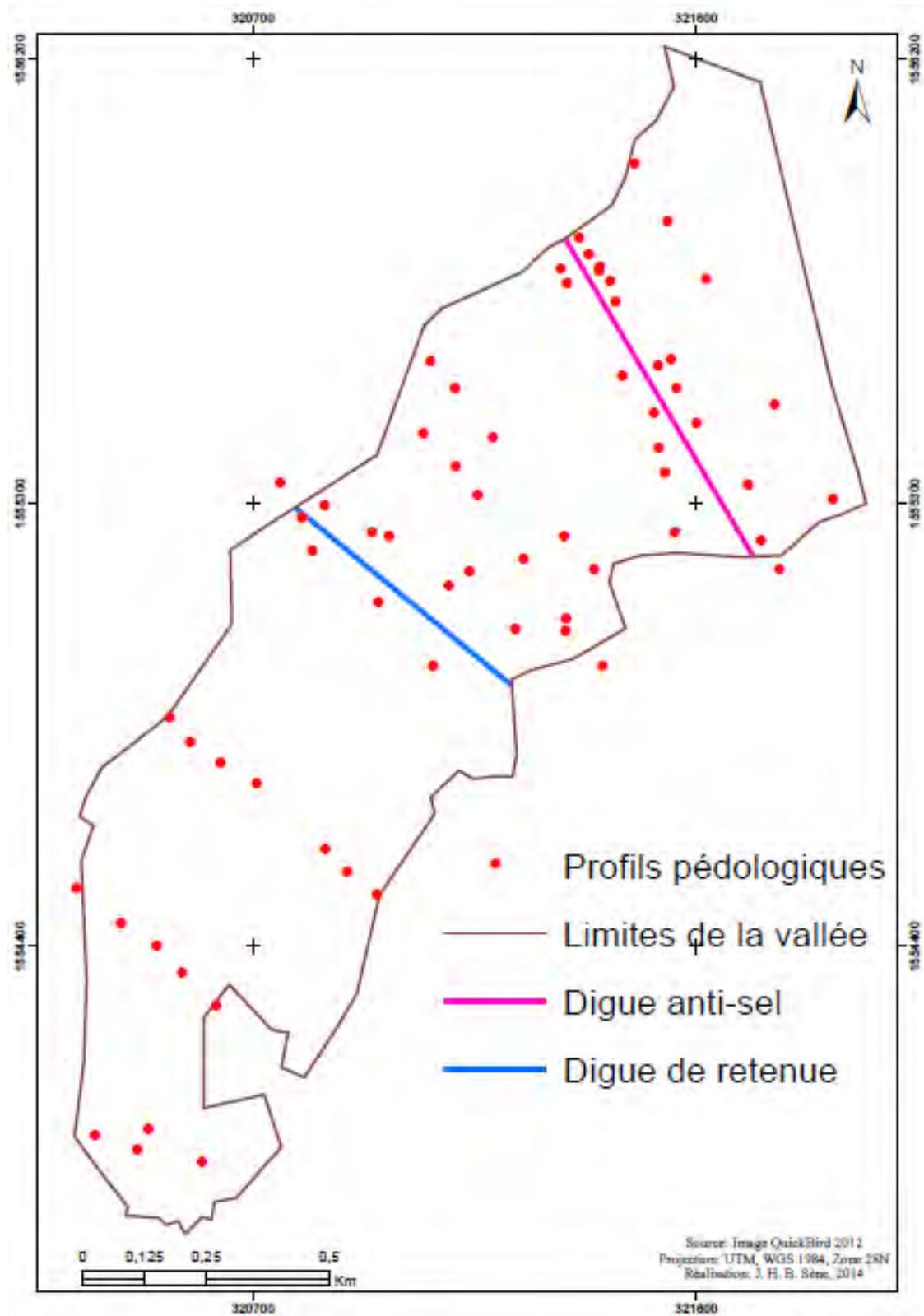


Figure 12: Positions des digues et des 64 profils pédologiques creusés dans la vallée de Tamra

2.2.1.3. *La description des profils pédologiques*

L'étape suivante a été la description des sols. Au préalable les profils ont été numérotés de JHP 1 à JHP 64. JHP signifiant Jean Henri Profil N° X. Leurs coordonnées géographiques ont été relevées à l'aide d'un récepteur GPS (Global Positionning System).

La date a été notée ainsi que la situation climatique afin de pouvoir, en cas de besoin, situer la description dans son contexte météorologique exact (Baize & Jabiol, 1995).

(a) La description de l'environnement

C'est uniquement après cela que la description proprement dite a commencé par celle de l'environnement immédiat du profil notamment ses situations géomorphologique et topographique. Ces paramètres interviennent en effet sur la répartition des formations superficielles et sur les risques actuels d'érosion, ainsi que dans la dynamique de l'eau à la surface ou dans les matériaux. Ils conditionnent également les transports latéraux d'eau et de matières et donc finalement la pédogenèse et la répartition des sols dans les paysages. Les conditions topo-climatiques et pédo-climatiques dépendent d'elles (Duchaufour, 1977 et 1984 ; Baize & Jabiol, 1995). La roche apparente, l'hydrologie, la végétation ont également fait l'objet d'une description.

(b) L'identification des horizons

Après avoir décrit l'environnement du profil, on descend dans la fosse et on commence par rafraîchir les parois à observer à l'aide d'un piochon en faisant dos au soleil pour un meilleur éclairage. Ce rafraîchissement permet d'avoir une meilleure vision des caractères physiques du matériau (couleurs, discontinuités, formes). On passe ensuite à l'identification des différents horizons en se fondant sur des variations de couleurs (la couleur n'est pas trompeuse car chaque modification est significative d'un changement dans les proportions d'un ou de plusieurs constituants ou d'un changement de leur état), de structures, de textures ou de traits pédologiques (nodules, pellicules, tubules, cavités, fissures, fentes...) et à leur appréciation (Baize & Jabiol, 1995). Les épaisseurs des horizons sont mesurées en cm avec un ruban-mètre en partant du haut vers le bas. La nature des limites entre les différents horizons est également décrite car elles diffèrent en netteté (largeur de la transition) et en régularité (forme de la transition).

(c) La description des caractères morpho-pédologiques et biologiques

i. **La couleur**

La description des caractères morphologiques et physiques des horizons commence par l'appréciation de la couleur. Le matériau peut avoir une ou plusieurs couleurs.

La description des taches s'est faite suivant le **contraste** (la plus ou moins grande facilité à distinguer les taches de la couleur de fond), le **nombre** (appréciation grossière du pourcentage de surface verticale couverte de taches), les **dimensions** (diamètre moyen des taches) et les **formes**. Les taches peuvent aider à déceler des processus importants grâce aux divers états du fer mais aussi à des teneurs différentes en fer, argile, matière organique ou calcaire. Certaines taches peuvent également être interprétées comme des signes d'hydromorphie. La détermination de la couleur a été faite à l'aide du code Munsell (« Munsell Soil Color Chart »).

ii. **La matière organique**

La teneur en matière organique est appréciée à partir de son aspect fibreux et de la couleur, le gris laissant penser qu'un horizon est humifère.

iii. **L'humidité**

Il s'agit d'une appréciation subjective portée à l'aide de sensations tactiles (Baize & Jabiol, 1995). Sa principale utilité est de pouvoir restituer un certain nombre de caractères fortement influencés par l'état d'humidité (compacité, plasticité, friabilité, fragilité). En outre la structure s'exprime différemment selon que le matériau est sec ou humide.

iv. **La texture**

Avant de décrire la texture, il est utile de faire une précision d'ordre conceptuelle. En effet, il faut distinguer la texture des pétrographes et celle des pédologues.

En science du sol, la notion de texture est directement liée à celle de composition granulométrique. En fait, il existe une étroite relation entre la composition granulométrique et les propriétés spécifiques vis-à-vis du travail du sol, de l'écoulement de l'eau ou du comportement mécanique des terres. Les agronomes et pédologues distinguent des classes texturales correspondant chacune à des proportions spécifiques des trois principales fractions granulométriques que sont les argiles, les limons et les sables (Baize & Jabiol, 1995).

Aussi il est important de bien distinguer la **composition granulométrique** et la **texture**. La composition granulométrique est déterminée au laboratoire après destruction des ciments et annulation de toutes les forces de cohésion. Elle est exprimée en pourcentage d'argile, de limon et de sable. La texture est un jugement global de propriétés d'un matériau fait grâce à des sensations tactiles (pétrissage entre les doigts) exprimée sous la forme d'une dénomination et pouvant permettre, après étalonnement et en l'absence de toute analyse, une estimation de la composition granulométrique.

En conséquence, des différences notables peuvent apparaître entre la dénomination texturale donnée sur le terrain et le résultat de l'analyse granulométrique. C'est pourquoi il est important de recourir, après prélèvement, à l'analyse granulométrique dans un laboratoire qualifié. Voici les sensations apportées par les principales classes granulométriques lorsqu'elles sont dominantes (Baize & Jabiol, 1995) :

- Beaucoup d'argiles : plasticité (« pâte à modeler ») mais résistance forte au pétrissage (échantillon dur à écraser), le pâton colle un peu aux doigts, devient même très collant s'il est gorgé d'eau ; il est possible d'en faire un boudin assez fin (quelques mm). A l'état sec, l'argile forme des blocs très durs et fortement cohérents qui ne tachent pas les doigts et deviennent très difficile à humecter au-delà de 40% d'argiles ;
- Beaucoup de limons : le pâton est facilement malléable, s'écrasant par une pression faible, mais pas plastique. Le toucher est doux, onctueux, « talqueux », les boudins se cassent vite à un fort diamètre, voire sont difficiles ou impossibles à former. A l'état sec le limon est poussiéreux, se dessèche et tache les doigts, de petits agrégats éclatent et se pulvérissent sous la pression des doigts ;
- Beaucoup de sables : les sables supérieurs à 0,10 mm grattent les doigts et sont donc nettement sensibles au toucher. Si les sables sont nettement dominants, on n'arrive pas à confectionner une boulette ou un boudin, tout s'effrite sous les doigts. En mélange, les sables grossiers ($> 0,2$ mm) apparaissent lorsqu'on écrase l'échantillon humide un moment au creux de la main. Les sables inférieurs à 0,10 mm ne sont pas sensibles au toucher mais restent perceptibles par crissement à l'oreille (un limon humide sans sable ne crisse pas).

v. La structure

Elle se définit comme la façon dont s'arrangent naturellement et durablement les particules élémentaires (sables, limons, argiles, matières organiques) en formant ou non des volumes élémentaires macroscopiques appelés agrégats (ou « peds » ou « éléments structuraux » ou encore « unités structurales ») (Baize & Jabiol, 1995).

C'est la façon dont ils se subdivisent et s'organisent en agrégats. Un agrégat n'est donc pas une particule élémentaire mais un agglomérat de particules dont la cohésion interne est assurée par les argiles, le fer, les matières organiques, l'eau.

L'**agrégat** est le résultat de l'organisation naturelle des constituants, ce en quoi il est fondamentalement différent d'un **fragment** qui résulte de la brisure d'un objet préexistant.

Lors de la description de la structure, la première question qu'on se pose est : y a-t-il des agrégats ou non ? Selon la réponse on distingue trois types principaux de structuration :

- Les structures particulières : le sol est formé par les éléments du squelette textural non associés entre eux et n'ayant pas de cohésion. Ces particules peuvent être minérales ou organiques ;
- Les structures continues : l'horizon forme un bloc unique qui se caractérise par l'impossibilité de séparer les éléments structuraux ;
- Les structures à éléments fragmentaires : c'est la catégorie de structure la plus fréquente. Les particules fragmentaires de la structure sont classées d'après leur forme, puis l'orientation des solides géométriques reconnus. On distingue :

✓ Les *formes anguleuses* qui se caractérisent par la présence de faces planes et d'angles vifs. Les surfaces des polyèdres sont étroitement moulées les unes sur les autres.

Si les angles sont droits, on a :

1. Les structures cubiques sans dimension préférentielle ;
2. Les structures prismatiques à dimension préférentielle verticale ;
3. Les structures lamellaires ou en plaquettes (suivant l'épaisseur) qui correspondent à deux variantes de la structure tétraédrique.

Si les angles sont aigus, on a une structure polyédrique.

✓ Les *formes arrondies* qui sont sphériques ou ellipsoïdales. Elles définissent deux aspects de la structure grenue. Les surfaces ne s'accordent pas ou alors très peu aux surfaces des agrégats voisins. Ces agrégats sont peu poreux.

✓ Les *formes intermédiaires* sont constituées par l'assemblage de formes simples :

- ▶ Assemblage de formes arrondies : structure grumeleuse (les surfaces des agrégats ne s'accordent pas mais ceux-ci sont poreux) ;
- ▶ Assemblage de formes planes et arrondies : structure polyédrique émoussée encore appelée structure subangulaire ou nuciforme.

Il faut préciser qu'il existe des *structures artificielles* résultant du travail de l'homme dont :

- ▀ La structure en mottes ;
- ▀ La structure en rouleaux ;
- ▀ La structure à éclats.

La description de la structure fait appel à trois ensembles de données :

- Le type de structure concerne la forme et l'arrangement des agrégats ;
- La classe de structure se réfère à la dimension des agrégats ;
- Le degré de développement de la structure a trait à une évolution plus ou moins marquée de l'agrégation (Maignien, 1969).

vi. La porosité

C'est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement.

Malheureusement ses composantes (volume, dimensions, organisation des vides) ne sont pas véritablement accessibles à la description macromorphologique sur le terrain. Elle ne peut être approchée et quantifiée sérieusement que par des techniques physiques appropriées (mesures au laboratoire ou *in situ* de la porosité totale par l'intermédiaire de la densité apparente ou du volume massique) ou par des observations et mesures sur lames minces (micromorphologie et analyse d'images) en évitant les artefacts liés au dessèchement des échantillons (Baize & Jabiol, 1995).

Nous distinguerons la porosité vraie, qui est une porosité diffuse et est plutôt une caractéristique d'ordre quantitatif à déterminer au laboratoire, de la description des cavités qui est une caractéristique autant qualitative que quantitative.

Sur le terrain, il s'agit d'apprécier l'abondance de pores visibles à l'œil nu, soit sur une section de la masse de l'horizon dans le cas d'un horizon non structuré, soit sur une section des unités structurales. On fait donc une distinction entre cette porosité à l'intérieur des agrégats et la porosité correspondant aux espaces qui séparent les unités structurales. On pourrait donc parler de micro et de macroporosité en tenant compte pour celle-ci des fentes de retrait qui peuvent avoir une influence considérable sur le drainage du sol (Maignien, 1969).

Concernant la description proprement dite, cinq modalités ont été utilisées : non poreux, peu poreux, poreux, moyennement poreux et très poreux (Baize & Jabiol, 1995).

vii. La consistance

C'est le comportement mécanique du sol à l'égard d'une force. Sur le terrain, on se limite à ce qui peut être apprécié aux doigts, à l'œil et à l'aide du piochon.

La consistance comprend les caractéristiques exprimées par le type et le degré de cohésion, d'adhésion ou par la résistance à la déformation et à la rupture (Maignien, 1969). Selon les cas, les horizons sont compacts, peu compacts, très compacts, fragiles, friables (Baize & Jabiol, 1995). Précisons que la consistance est fortement influencée par l'état d'humidité.

viii. Les traces d'activités biologiques

Il n'est pas question de décrire ici l'activité biologique proprement dite (ce qui demanderait des identifications zoologiques ou mycologiques) mais de prendre en compte les traces laissées par l'activité des organismes vivants.

Rappelons que les formes de vie, quoique peu visibles, sont très nombreuses dans les sols : taupes, vers de terre divers, microarthropodes, acariens, collemboles, champignons, algues, bactéries, etc.

On peut citer parmi les traces d'activités animales : chenaux de terre, galeries de rongeurs, turricules de vers, boulettes fécales, coprolithes, taupinières, fourmilières hypogées, termitières, etc. Il existe des traces d'activité végétale et humaine. Selon les cas, ces traces sont perceptibles ou non.

ix. Les racines

La description de l'enracinement est fondamentale pour estimer la fertilité des sols. Elle peut permettre un diagnostic *à posteriori* de l'efficience des pratiques culturales (Baize & Jabiol, 1995). Cette description est d'autant plus importante qu'il y a d'étroites relations entre la morphologie des sols et le mode de développement du système racinaire.

Notre description se limitera à la taille des racines (grosses, moyennes, fines, chevelues), à la direction de pénétration, à leur abondance, à leur état sanitaire et si possible aux espèces auxquelles elles appartiennent.

x. Les inclusions

Ce sont des éléments dits « secondaires ». Il s'agit d'accumulations et/ou redistributions d'éléments qui sont relativement mobiles dans les couvertures pédologiques (Baize & Jabiol, 1995). Ces inclusions peuvent être classées en trois catégories d'éléments :

- les cristaux, pseudo-mycéliums et efflorescences ;
- les nodules et concrétions ;
- les accumulations continues et massives ou diffuses.

Nous avons pu décrire ainsi des concrétions, des gainages de racines, des carapaces, des *iron pipes* (racines ferruginisées).

xi. La transition entre horizons pédologiques

La transition fait référence au passage d'un horizon à celui sous-jacent. Les limites entre horizons diffèrent en netteté et régularité (Maignien, 1969). Il est donc essentiel de décrire aussi bien la netteté des limites entre horizons que la forme de ces limites (Baize et Jabiol, 1995).

La netteté s'appuie sur la largeur de la transition. Ainsi, cinq modalités peuvent être définies :

- Passage brutal : la transition est inférieure à 2 cm ;
- Passage distinct : la transition va de 2 à 5 cm ;
- Passage graduel : la transition se situe entre 5 et 15 cm ;
- Passage progressif (ou diffus) : la transition est supérieure à 15 cm (Maignien, 1969).

La régularité se rapporte à la forme de la transition. Quatre modalités peuvent être retenues :

- Régulière : la limite est approximativement parallèle à la surface du sol ;
- Ondulée : la limite constitue des poches jointives plus larges que profondes ;
- Irrégulière : la limite constitue des poches jointives plus profondes que larges ;
- Discontinue (ou interrompue) : les parties d'horizons ne sont pas jointives (Maignien, 1969 ; Baize et Jabiol, 1995).

Fitzpatrick (1983) propose les formes de limites suivantes : sub-horizontale, ondulée, lobée, irrégulière et enfin une forme en langues (ou en glosses).

xii. La synthèse sur les caractéristiques morphologiques du sol

Après les descriptions morphologiques et physiques des horizons, nous avons procédé à la synthèse des informations recueillies sur tout le profil. Celle-ci a été complétée par une appréciation du drainage et de l'aptitude du sol décrit.

xiii. La proposition d'appellation du sol

La synthèse permet de faire une proposition relative à la dénomination du sol étudié (donc sa classification). C'est le lien génétique existant entre les horizons qui doit constituer le fondement du diagnostic (Duchaufour, 1977). C'est la classification mise au point par la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (CPCS) de 1967 qui est utilisée dans ce document.

Cette dénomination sera associée à celle qui découlera de l'exploitation des résultats des analyses physico-chimiques pour déterminer la position systématique exacte du sol.

2.2.1.4. *Le prélèvement d'échantillons*

L'étude morphologique des sols est complétée par des analyses portant sur les principaux horizons du profil. On prélève donc des échantillons aussi représentatifs que possible pour les envoyer au laboratoire.

La confrontation des résultats morphologiques et analytiques permettra une exploitation globale des données pour déterminer les caractéristiques exactes des sols.

Mais il se trouve que le prélèvement d'échantillons est une opération très délicate pour quatre raisons essentielles :

- ✚ le souci d'être en accord avec l'objectif de l'étude ;
- ✚ la détermination des profils à prélever ;
- ✚ la détermination des horizons à prélever dans le profil ;
- ✚ la détermination des parties des horizons à prélever.

Etant donné que les analyses de sols sont très onéreuses, il n'était pas efficient d'analyser tous les profils, même si c'est cela l'idéal. Les profils à prélever ont donc été minutieusement choisis.

Il a fallu se baser sur la représentativité des profils en rapport avec les différentes unités de sols et sur les objectifs de l'étude. A partir de toutes ces considérations, les profils JHP 7, JHP 8, JHP 9, JHP 13, JHP 14, JHP 15, JHP 20, JHP 21, JHP 22, JHP 33, JHP 36, JHP 37, JHP 38, JHP 39, JHP 41, JHP 42, JHP 44, JHP 45, JHP 47, JHP 58 ont été prélevés. Il y a également trois échantillons d'eaux de nappe phréatique prélevés au niveau des profils JHP 8, JHP 9 et JHP 33.

Il a été retenu de faire le bilan ionique et donc de déterminer la composition ionique de l'extrait 1/5 des échantillons JHP 11, JHP 33, JHP 58 et des trois échantillons d'eaux de nappe

phréatique. Ce bilan permettra de réaliser le profil salin en haute et en moyenne vallée ainsi que les diagrammes de Piper et Schoeller.

Les horizons à prélever ont été déterminés par rapport aux paramètres à vérifier. Le problème de la détermination des parties des horizons à prélever ne s'est pas posé car nous les avons prélevés sur toute leur épaisseur. Les paramètres demandés sont présentés dans l'annexe I.

Le prélèvement pour la détermination chimique est une opération simple mais qui demande un certain nombre de précautions :

1. Le nettoyement de l'outil avec lequel le prélèvement est effectué (le piochon dans notre cas), avant de prélever sur une face rafraîchie ;
2. Le démarrage des prélèvements à partir du bas pour éviter les contaminations par les déblais qui proviendraient des horizons sus-jacents ;
3. L'identification des échantillons grâce à des marqueurs indélébiles pour écrire les références sur les sachets contenant les échantillons. Pour plus de sécurité les numéros d'identification ont été reproduits sur des papiers qui ont été agrafés sur les sachets. L'identification consiste à noter la date du prélèvement, le numéro du profil et l'horizon prélevé.

Les échantillons ont été recueillis dans des sachets en plastique. Ceux-ci ont été doublés pour réduire les risques de déchirure.

2.2.2. La caractérisation des eaux de nappe phréatique

Pour caractériser les eaux de nappe phréatique, des piézomètres ont été installés dans la vallée de Tamra et ses bordures (Fig. 13). Des problèmes dans la planification des activités de terrain et l'exécution dubudget expliquent que l'installation des piézomètres n'a pas été conduite à son terme et qu'on n'a eu qu'un seul relevé effectué en fin de saison sèche (27 juin 2011). Les paramètres déterminés sont le niveau statique, la conductivité électrique et le pH. Un conductimètre multiparamètre a été utilisé. Des échantillons d'eaux de nappe phréatique ont été aussi prélevés au niveau des profils pédologiques JHP 8, JHP 9 et JHP 33 en rapport avec leur situation sur le lit mineur de la vallée.

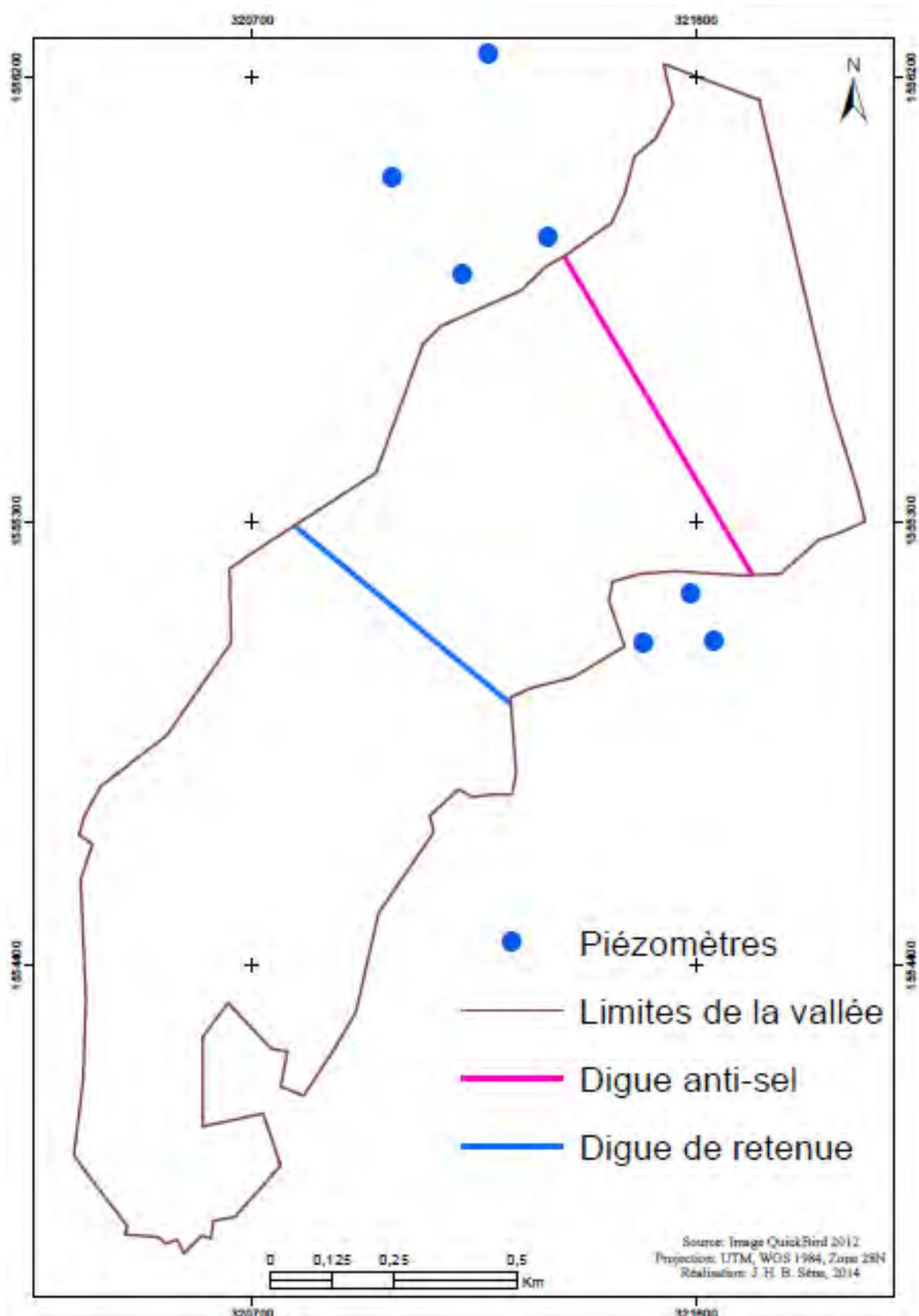


Figure 13 : Positions des piézomètres installés dans la vallée

2.2.3. Le matériel utilisé

L'étude a été réalisée avec un matériel simple pour creuser les fosses, prélever et conserver les échantillons, observer et décrire les profils, déterminer la mesure de paramètres *in situ* et recueillir les coordonnées géographiques.

Pour creuser, on a utilisé des pelles, des pioches, des pics et des tarières. Pour le prélèvement et la conservation des échantillons, nous disposions d'un piochon, d'un couteau, de sachets en plastique et d'attaches élastiques. Pour l'étude et l'observation, nous avions un piochon, un couteau, un double mètre, une loupe, une boussole, un récepteur GPS, un carnet de notes, des crayons noir et de couleur, un appareil photographique et un code Munsell. Les données piézométriques ont été obtenues à l'aide d'un conductimètre multiparamètre. Les échantillons ont été acheminés au Laboratoire de Pédologie du Centre National de Recherches Agricoles (CNRA) de Bambey et au Laboratoire de la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du fleuve Sénégal et des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED).

2.3.L'étude de la végétation

Dans le cadre de cette étude, un inventaire systématique de la flore de la vallée de Tamra a été réalisé.

Pour cela trois unités ont été définies, leur choix s'expliquant par la façon dont les aménagements ont été réalisés (Fig. 14). En effet, il y a deux digues. La première (une digue anti-sel) se situe en aval, à environ 500 m du marigot de Djilor. La deuxième, une digue de retenue, se situe à 730 m de la première, pratiquement au milieu de la vallée.

Pour plus de commodité, la longueur des unités a été prise dans le sens de l'axe principal de la vallée (SW-NE). Ainsi l'unité 1 ou basse vallée, entre le marigot de Djilor et la digue anti-sel, a une longueur minimale de 500 m et une longueur maximale de 930 m. Sa largeur varie de 570 à 840 m.

L'unité 2 ou moyenne vallée, située entre les deux digues, a une longueur variant entre 550 et 750 m et une largeur variant de 510 à 610 m.

L'unité 3 ou haute vallée, située entre la digue de retenue et l'extrémité amont, a une longueur d'environ 1400 m et une largeur de 250 à 610 m. La digue anti-sel est longue de 570 m et la digue de retenue de 510 m.

Pour éviter toute confusion dans les appellations, l'unité 1 correspond à la basse vallée, l'unité 2 à la moyenne vallée et l'unité 3 à la haute vallée.

Il a été très difficile d'identifier des surfaces homogènes. La vallée est caractérisée par une très grande variabilité morpho-pédologique et floristique. L'aire minimale n'a donc pas pu être déterminée en raison de cette hétérogénéité et de la difficulté à définir des unités homogènes.

On a décidé de mettre en place des transects transversaux qui sont répétés sur toute la longueur de la vallée de l'aval à l'amont. Le long des transects, nous avons défini des parcelles de 20 m sur 45 m. Ce choix est arbitraire mais il permet de recouper le maximum de variabilité floristique. La distance entre deux parcelles successives est de 20 m et la distance entre deux transects qui se suivent de 130 m. Le choix de la distance de 130 m, également arbitraire, se justifie par la nécessité de prendre en compte le maximum de variabilité dans chaque unité.

Les premières et dernières parcelles de chaque transect sont à cheval sur le plateau (hors de la vallée) et la terrasse haute (dans la vallée).

La basse vallée comporte 3 transects dont le premier (8 parcelles) est juste à côté du marigot de Djilor et le troisième (8 parcelles) à 20 m de la digue anti-sel. Le deuxième transect (9 parcelles) se situe entre les deux précédents. La moyenne vallée compte également 3 transects. Le premier (8 parcelles) est limité par la digue anti-sel, le deuxième compte 7 parcelles et le troisième avec 6 parcelles se situe à 130 m de la digue de retenue.

La haute vallée comporte 7 transects. Le premier (7 parcelles) est limité par la digue de retenue. Les transects 2 à 7 comptent respectivement 6, 6, 7, 4, 5 et 4 parcelles.

Ensuite l'inventaire systématique de la flore de chaque parcelle a été réalisé. Les parcelles ont été délimitées avec quatre piquets et une corde. Elles ont été parcourues mètre par mètre et les espèces végétales relevées une à une.

Il a été très difficile d'identifier certaines espèces sur le terrain. L'inventaire a dû être complété en octobre et en janvier. Les espèces non identifiées ont été prélevées et conservées dans des feuilles de papier journal sous forme d'herbier. Les échantillons ont été ensuite envoyés à l'Institut Fondamental d'Afrique Noire (IFAN) pour identification.

Sur le terrain, nous avions un document de référence en l'occurrence « La flore du Sénégal » de Berhaut (1967). Les populations locales nous ont aidés à déterminer les noms vernaculaires des espèces récoltées pour faciliter la confrontation avec les déterminations faites de l'IFAN.

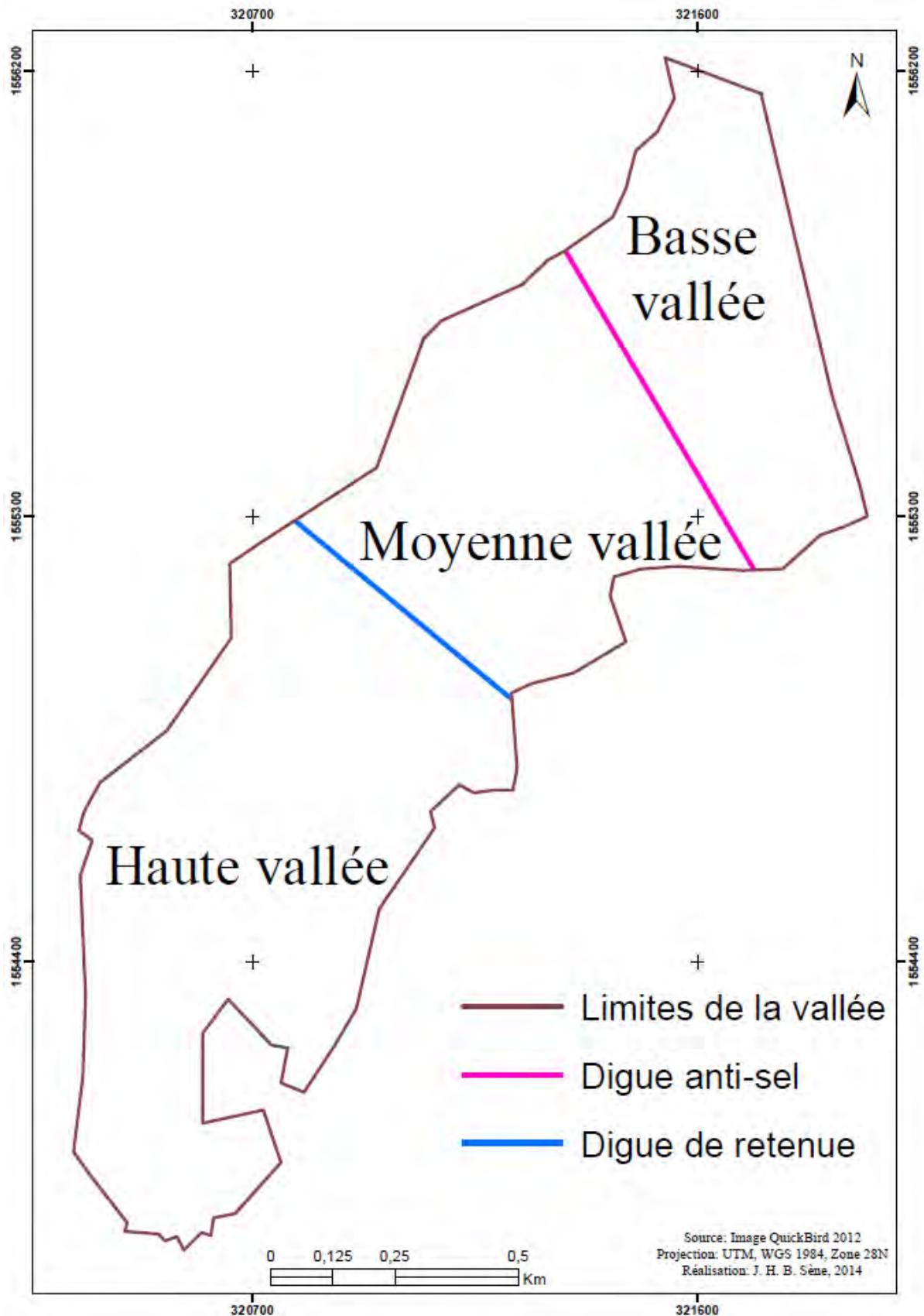


Figure 14: Les grandes unités paysagiques de la vallée délimitées par les digues

3. ANALYSES D'ÉCHANTILLONS DE SOL ET D'EAU DE NAPPE PHRÉATIQUE

Les échantillons de sols prélevés ont été acheminés au Laboratoire Central "Sols, Eaux, Plantes" du Centre National de Recherches Agricoles (CNRA) de Bambeude l'Institut Sénégalaïs de Recherches Agricoles (ISRA) et à celui de la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du fleuve Sénégal et des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED) à Ross Béthio. Ils ont servi à réaliser les analyses physico-chimiques.

3.1.La préparation des échantillons

La première opération consiste au séchage des échantillons. Il a été réalisé à l'air libre, en salle et à l'abri de la poussière. Ensuite on passe à la préparation de la « terre fine » (fraction du sol dont le diamètre des particules solides est inférieur à 2 mm) par tamisage à l'aide d'un tamis (le terme technique exact est passoire) dont le diamètre de la maille est de 2 mm.

La terre fine obtenue est mise dans des sachets en plastique sur lesquels sont reportées les références des échantillons avant le séchage à l'air.

Cette terre fine servira à déterminer les paramètres suivants : potentiel Hydrogène (pH), conductivité électrique (CE), granulométrie, bases échangeables, capacité d'échange cationique (CEC), phosphore assimilable (P_2O_5), bilan ionique de l'extrait aqueux (composition ionique). Pour le dosage du carbone (C) et de l'azote (N), on a utilisé de la terre broyée passée au tamis 0,2 mm.

3.2.L'analyse granulométrique

Elle permet de connaître sous forme pondérale la répartition centésimale des particules minérales < 2 mm selon des classes granulométriques telles que définies dans la classification d'Atterberg. Il s'agit de déterminer la répartition statistique des particules d'un échantillon dans les différentes classes granulométriques.

La terre fine (< 2 mm) a été subdivisée en cinq fractions (laboratoire de la SAED) ou en trois fractions (laboratoire du CNRA) : Argiles (< 2 μm) ; Limons fins (entre 2 et 20 μm) ; Limons grossiers (entre 20 et 50 μm) ; Sables fins (entre 50 et 200 μm) et Sables grossiers (entre 200 et 2000 μm).

Les échantillons ont été siphonnés et lavés à l'eau distillée jusqu'à disparition des ions chlore. Du fait que l'analyse granulométrique ne concerne que les particules minérales (élémentaires), il a fallu détruire la matière organique par l'eau oxygénée (H_2O_2) à chaud et

les agrégats et fragments d'agrégats floculés par dispersion à l'aide de l'hexamétaphosphate de sodium ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$).

La séparation des différentes particules s'effectue par la méthode Robinson. Celle-ci se base sur la loi de Stokes selon laquelle plus une particule est grosse et plus vite elle précipite dans l'eau, et que la température de l'eau influe sur la vitesse de sédimentation.

Les particules subissent donc une séparation mécanique par agitation à l'aide de l'agitateur rotatif Wagner. La sédimentation s'effectue alors suivant la loi de Stokes.

A l'aide de la pipette Robinson, on procède d'abord au prélèvement des particules $< 20 \mu\text{m}$ (Argiles et Limons) après environ 4 minutes et 45 secondes à une profondeur de 10 cm.Puis c'est au tour de la fraction argileuse 8 heures après à 20°C et à la même profondeur 10 cm.Les Sables sont obtenus par siphonage. Après séchage, leur séparation s'effectue avec un tamiseur automatique et des pesées successives avec une balance automatique.

3.3.La mesure du potentiel Hydrogène (pH)

La mesure du pH d'une suspension de sol dans de l'eau distillée rebouillie (pH eau) rend compte de la concentration en ions hydronium (H_3O^+) libres dans la solution du sol. On distingue le pH eau (ou acidité actuelle) et le pH KCl (ou acidité potentielle). C'est la méthode électrométrique (électrode de verre) qui est utilisée sur un extrait aqueux 1/2,5 (20 g de sol dans 50 ml d'eau).

Le pH KCl exprime la quantité d'ions hydronium échangeables présente dans la solution du sol et fixée sur le complexe adsorbant. La mesure du pH KCl se fait sur une solution saline obtenue par addition de 3,75 g de chlorure de potassium (KCl).En principe, le pH eau doit être supérieur au pH KCl, à l'exception de certains sols tropicaux riches en aluminium.

3.4.La mesure de la Conductivité Électrique (CE)

La salinité globale du sol se détermine sur un extrait aqueux 1/5 par la mesure de la conductivité électrique (CE). Celle-ci représente la conductance de cette solution entre deux électrodes d'un (1) cm^2 de surface et distantes d'un (1) cm. C'est en somme la capacité d'une solution à conduire le courant électrique et qui est fonction de la température (25 °C). La conductance s'exprime en Siemens et la conductivité électrique en S/cm. Elle est ici exprimée en mS/cm.La mesure se fait à l'aide d'un conductimètre.

3.5.Le dosage du Carbone (C) organique

Il s'agit du carbone organique, celui des carbonates exclu, exprimé en éléments, en pour cent (g/100 g de sol) ou en pour mille (g/kg). Son dosage par colorimétrie permet de calculer la teneur en matières organiques en multipliant le taux de C par le coefficient 1,72 après l'avoir converti en %.

La méthode utilisée est une modification de celle de Walkley-Black. Le carbone organique est oxydé par du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à froid en présence d'acide sulfurique (H_2SO_4) utilisé comme catalyseur. L'oxydation est suivie d'une réduction de l'excès de bichromate par du fluorure de sodium (NaF). La prise d'essai est de 0,5 ou 1 g de sol selon la teneur présumée en C. Le dosage s'effectue par colorimétrie au spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 600 \mu\text{m}$.

3.6.Le dosage de l'Azote (N) total

La teneur en azote intervient dans l'appréciation de la minéralisation de la matière organique et donc de la fertilité du sol. Elle est exprimée en pour mille (%). La méthode utilisée est celle de Kjeldahl. L'échantillon est attaqué par de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré en présence d'un catalyseur formé d'un mélange de sulfate de sodium (Na_2SO_4), de sulfate de cuivre ($CuSO_4$) et de sélénum (Se). L'attaque se fait d'abord doucement sous hotte puis par ébullition. Elle se poursuit jusqu'à la décoloration complète de la solution (légèrement verdâtre). Ensuite on distille et le résidu est recueilli dans un bêcher contenant du bromocrésol vert et du méthyle rouge en présence d'alcool. Enfin on titre par H_2SO_4 0,1 N.

3.7.Le Phosphore assimilable (P_2O_5)

C'est la quantité de phosphore directement utilisable par les plantes. Elle s'exprime en pour mille (%). La méthode utilisée est celle de Bray 1. Le principe est l'extraction du phosphore par une solution composée de fluorure d'ammonium (NH_4F) 1 N et d'acide chlorhydrique (HCl) 0,5 N. En présence d'acide ascorbique ($C_6H_8O_6$) et du réactif sulfomolybdique, la solution est dosée par spectrocolorimétrie.

3.8.Le Complexe adsorbant et la Capacité d'Échange Cationique (CEC)

Le complexe adsorbant du sol est l'ensemble des minéraux phylliteux et des matières organiques humifiées présentant des propriétés colloïdales et des charges négatives et susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeable.

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale de cations que celui-ci peut retenir sur son complexe adsorbant à un pH donné. Elle s'exprime en milliéquivalents pour 100 g (meq/100 g) de terre fine et est notée par la lettre alphabétique « T » dans certains ouvrages.

Les cations échangeables sont extraits par la méthode au chlorure de cobaltihexamine. Après dilution avec une solution de lanthane, ils sont dosés par absorption atomique pour les cations métalliques (Ca^{2+} et Mg^{2+}) et par photométrie à flamme pour les cations sodi-potassiques (Na^+ et K^+). Le dosage de la capacité d'échange cationique s'effectue par colorimétrie automatique de l'ion ammonium au dichloroisocyanurate de sodium ou NaDDCC ($\text{C}_3\text{Cl}_2\text{N}_3\text{NaO}_3$).

3.9.Le bilan ionique (extrait aqueux 1/5)

On le détermine pour les sols salés et il permet de connaître l'origine de la salinité et sa composition ionique.

On utilise l'extrait aqueux 1/5. Ce dernier une fois obtenu, on détermine les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- et SO_4^{2-} . Les résultats sont exprimés en milliéquivalents par litre (meq/l). Le sodium et le potassium sont déterminés au spectrophotomètre à flamme par comparaison avec les courbes d'étalonnage établies au préalable. Le calcium et le magnésium sont dosés par titrimétrie à l'acide éthylène diamine tétra-acétique ou EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$). Les carbonates et les bicarbonates sont dosés par titrimétrie à l'acide sulfurique (H_2SO_4) 0,05 N en présence de réactifs spécifiques à chaque élément. Les chlorures sont déterminés par titrimétrie au nitrate d'argent (AgNO_3). Les sulfates sont déterminés par gravimétrie au chlorure de baryum (BaCl_2).

3.10. Les bases échangeables

Il s'agit des ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+ . Leur somme est notée S. Elles sont déplacées par percolation avec une solution normale d'acétate d'ammonium ($\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$) à pH 7. Les dosages et calculs par titrimétrie des bases échangeables sont identiques à ceux du bilan ionique. Les résultats sont exprimés en milliéquivalents pour 100 g de sol (meq/100 g).

4. TRAITEMENT DES DONNÉES

La dernière étape du travail est faite au bureau. Il s'est agi de traiter les données fournies par les enquêtes, l'étude des sols et des nappes et celle de la végétation.

4.1.Les données des enquêtes

Les résultats obtenus ont été dépouillés. Une triangulation a été faite pour déterminer les informations fiables. Les données de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) ont beaucoup aidé dans ce travail. Les informations recueillies sont nombreuses et diverses. Elles permettront de mieux comprendre les réalités socio-économiques vécues par les populations, de dégager les atouts et les contraintes à l'exploitation de la vallée. La particularité de l'étude réside dans le fait qu'un diagnostic participatif a été réalisé, ce qui a permis d'actualiser un nombre très important d'informations. L'accent a été mis sur les préoccupations majeures des populations locales. Dans ce contexte, la recherche intervient à la demande des populations pour améliorer et optimiser leurs actions pour de meilleures conditions d'existence.

4.2.Les données de sol et de nappe phréatique

Dans un premier temps, les résultats des analyses de laboratoire ont été confrontés aux descriptions morphologiques des profils pédologiques. Cela a permis de définir les différentes unités de sols de la vallée. Ensuite les valeurs des paramètres physico-chimiques ont été interprétées à partir des normes d'interprétation prévues pour les types de sols rencontrés.

Le reste du travail a été fait à l'ordinateur pour la détermination des faciès géochimiques des sols et des nappes. Ces faciès ont été déterminés par les diagrammes de Piper et Schoeller. Les profils salins ont été réalisés pour connaître la distribution des sels suivant la profondeur.

4.2.1. La carte des sols de la vallée de Tamra

La carte des sols de la vallée a été réalisée à l'aide des logiciels Excel, Surfer 8, ArcGIS 10. Les données de base sont constituées par les coordonnées géographiques des contours de la vallée, des 64 profils pédologiques creusés et des deux digues. Les coordonnées ont été fournies par un récepteur GPS (Global Positionning System) et un géodimètre. À la suite de l'identification des unités de sol dans la vallée, leur distribution spatiale a été déterminée, ce qui a conduit à l'élaboration de la carte des sols.

4.2.2. La carte d'aptitude culturelle des sols de la vallée de Tamra

Les décisions en matière d'utilisation des terres obéissent, entre autres, à la logique de planification de l'aménagement du territoire. Le plus souvent, elle s'impose en raison de l'évolution des besoins et des pressions entraînant l'utilisation concurrentielle d'une même terre. Cette planification a pour objet de guider les décisions concernant l'utilisation des terres pour permettre de tirer le maximum d'avantages des ressources de l'environnement tout en veillant à leur conservation pour l'avenir. Ceci suppose l'intelligence, non seulement de l'environnement naturel, mais aussi des utilisations des terres envisagées. Il ne manque pas d'exemples de dégâts causés aux ressources naturelles et d'échecs essuyés dans l'utilisation des terres pour n'avoir pas tenu compte des relations existant entre la terre et son utilisation. L'une des fonctions de l'évaluation des terres est précisément de faire comprendre ces relations et de permettre aux planificateurs de comparer les modes d'utilisation les plus prometteurs(FAO, 1976).

L'évaluation des terres vise à juger le comportement de la terre utilisée à certaines fins. Elle suppose l'exécution et l'interprétation d'études de base sur le climat, les sols, la végétation,etc., en fonction des exigences de diverses utilisations. Pour les besoins de planification, il faut se borner à considérer les seuls usages compatibles avec les caractéristiques physiques, économiques et sociales de la zone étudiée, en tenant compte aussi des facteurs économiques.

Les principes fondamentaux utilisés dans cette étude sont les suivants :

- L'aptitude des terres est évaluée et classée en fonction d'un mode d'utilisation précis ;
- L'évaluation demande la comparaison des avantages obtenus par rapport aux « apports » exigés par les différents types de terres ;
- L'évaluation doit tenir compte des caractéristiques physiques, économiques et sociales de la zone d'étude ;
- L'aptitude est déterminée sur la base d'une utilisation continue ;
- L'évaluation des terres exige la comparaison de plusieurs modes d'utilisation.

L'évaluation de l'aptitude des terres se fait sur la base d'un système de classification. La FAO distingue quatre catégories principales de classification d'aptitude. Il s'agit de :

a. La classification d'aptitude qualitative :

Dans une classification qualitative, les résultats s'expriment uniquement en termes qualitatifs, sans que soient faites des estimations précises de la production (rendements agricoles), des intrants, des coûts ou des profits. Les limites séparant les classes d'aptitude sont définies d'un point de vue uniquement qualitatif.

b. La classification d'aptitude quantitative :

Dans une classification quantitative, les résultats s'expriment numériquement, ce qui permet de comparer les aptitudes pour différents modes d'utilisation. En principe, les classifications quantitatives sont largement fondées sur des critères économiques (coûts et prix par exemple) qui s'appliquent aussi bien aux intrants qu'à la production.

c. La classification d'aptitude actuelle :

La classification d'aptitude actuelle exprime l'aptitude qu'a une terre dans son état actuel, à un mode d'utilisation donné, sans améliorations foncières majeures. La classification d'aptitude actuelle des terres concerne, soit le mode d'utilisation actuel avec des méthodes d'aménagement existantes ou améliorées, soit un autre mode d'utilisation.

d. La classification d'aptitude potentielle :

Elle exprime l'aptitude d'unités de terres à une utilisation donnée, après apport, s'il y a lieu, de certaines améliorations majeures. On trouve des exemples courants de classifications d'aptitude potentielle des terres dans les études de projets d'irrigation. Cette classification n'exige pas l'apport d'améliorations à toutes les parties de la zone; la nécessité de faire appel à des améliorations majeures peut varier d'une unité de terre à l'autre, et certaines unités peuvent n'en exiger aucune (FAO, 1976 et 1988).

Dans le cadre de ce travail, il a été retenu d'utiliser la **classification qualitative**. Comme toutes les autres, elle se structure (par ordre décroissant) en :

i. Ordres d'aptitude :

L'Ordre d'aptitude indique les types d'aptitudes. Il s'agit d'un groupement de terres selon qu'elles sont aptes ou inaptes à un mode d'utilisation donné. Il existe deux ordres représentés sur les cartes, tableaux, etc., par les symboles S (aptes) et N (inaptes).

ii. Classes d'aptitude :

Elles expriment le degré d'aptitude à l'intérieur de chaque ordre. Elles sont numérotées consécutivement en chiffres arabes pour indiquer le degré décroissant d'aptitude. Le nombre de classes à l'intérieur de l'ordre S est indéterminé mais il est souvent recommandé de se limiter à 3 classes S1, S2 et S3.

- Classe S1 : il s'agit de terres n'ayant pas de contraintes sérieuses ou alors avec des contraintes mineures qui ne peuvent pas réduire sensiblement la productivité ou les avantages et ne demandent pas l'accroissement des intrants au-delà d'un niveau acceptable ;
- Classe S2 : ce sont des terres qui présentent un ensemble de contraintes moyennement sérieuses à un certain mode d'utilisation. Ces contraintes réduiraient la productivité ou les profits et augmenteraient les intrants nécessaires, de sorte que les avantages globaux (bien qu'intéressants) seraient sensiblement inférieurs à ceux de la Classe S1 ;
- Classe S3 : ce sont des terres qui présentent des contraintes sérieuses à un mode d'utilisation donné. Ces contraintes réduiraient la productivité ou les profits de telle sorte que la dépense ne se justifierait plus que marginalement.

L'ordre N comprend normalement les deux Classes N1 (inaptitude actuelle) et N2 (inaptitude permanente). En principe ces Classes ne demandent pas d'évaluation quantitative car les terres qu'elles renferment sont inaptes au plan économique à une utilisation donnée. La limite supérieure de la Classe N1 est automatiquement définie par la limite inférieure de la Classe la plus faible de l'Ordre S. La limite de la Classe N2 est normalement de nature physique et durable. Par contre, la limite entre l'Ordre S et l'Ordre N variera vraisemblablement au cours du temps en fonction de l'évolution du contexte socio-économique.

iii. Sous-classes d'aptitude :

Elles indiquent les types de contraintes comme le manque d'eau ou les risques d'érosion par exemple. Les Sous-classes sont désignées par des lettres minuscules (on peut s'en rappeler facilement comme S2m, S2e, S3me).

La classe S1 ne se subdivise pas en Sous-classes. Le nombre de Sous-classes et de contraintes en fonction desquelles elles sont établies varient d'une classification à l'autre, selon les objectifs visés. Deux principes fondamentaux gouvernent l'établissement des Sous-classes :

- établir un nombre minimum de Sous-classes permettant de distinguer les terres ayant un même degré d'aptitude mais présentant des différences sensibles dans l'aménagement ou l'amélioration qu'elles requièrent du fait que les contraintes déterminant leur Classe d'aptitude sont différentes ;
- établir un nombre aussi restreint que possible de symboles c'est-à-dire de contraintes pour chaque Sous-classe ; une ou deux lettres suffisent. On n'utilisera que le symbole dominant (celui qui détermine la Classe). Dans le cas où deux contraintes ont le même degré de sévérité, on peut mettre les deux symboles.

Il n'est pas indispensable de subdiviser l'Ordre N en Sous-classes.

iv. Unités d'aptitude :

Ces Unités sont des subdivisions d'une Sous-classe. Toutes les Unités à l'intérieur d'une Sous-classe ont le même degré d'aptitude au niveau de la Classe et les mêmes types de contraintes dans la Sous-classe. Elles se distinguent dans leurs caractéristiques de production ou les aspects mineurs de l'aménagement qu'elles requièrent (souvent définissables comme différences de degré dans leurs contraintes). Elles permettent une interprétation détaillée au niveau de la planification agricole. Elles sont indiquées au moyen d'un tiret suivi d'un chiffre arabe, comme par exemple S2e-1, S2e-2. On peut subdiviser une Sous-classe en un nombre illimité d'Unités.

A la suite de ces considérations d'ordre conceptuel et méthodologique, l'aptitude des terres de la vallée de Tamra a été évaluée par rapport à la riziculture puisque c'est la principale activité qui y est pratiquée. Pour cela, les critères diagnostics ci-dessous ont été choisis :

- **La texture :**

Du fait de la péjoration des conditions pédoclimatiques depuis quelques décennies, les sols lourds (riches en argile) sont mieux adaptés à la riziculture eu égard à leur capacité de rétention en eau (Durand, 1983) ;

- **La profondeur utile :**

Ce critère est important car la présence d'une barrière physique ou chimique ne permet pas de bonnes conditions de croissance des plantes (Baize & Jabiol, 1995) ;

- **La disponibilité en eau :**

L'eau est le plus grand facteur climatique limitant les rendements et la production de biomasse (Piéri, 1989). La plupart des variétés de riz cultivées dans les vallées ont besoin de séjourner dans l'eau pendant une période assez longue pour pouvoir boucler correctement leur cycle ;

- **La situation topographique :**

Les sols situés en hauteur sont exceptionnellement inondés et sont plus assujettis à l'érosion ;

- **La stabilité du sol :**

La stabilité est importante car elle peut permettre la mécanisation et la mise en place d'un réseau de drainage ;

- **La salinité :**

La forte accumulation de certains sels comme le chlorure de sodium et le sulfate de magnésium augmente la pression osmotique du sol et peut entraver ainsi l'alimentation en eau des plantes ; c'est la sécheresse hydrique (Sadio, 1991) ;

- **L'acidité :**

En plus du blocage de certains éléments nutritifs qui deviennent inaccessibles pour les plantes, l'acidité induit une toxicité aluminique du sol pour les cultures (Boyer, 1982 ; Sadio, 1991) ;

- **La disponibilité en éléments nutritifs :**

L'importance des réserves mobilisables et de leur passage sous forme assimilable détermine la capacité d'un sol à se maintenir chimiquement fertile ou au contraire à s'épuiser rapidement (Piéri, 1989) ;

- **Le coût des aménagements :**

Atteindre ou approcher le potentiel de production suppose que l'agriculteur soit prêt à supporter le coût de réalisation des combinaisons techniques adéquates. Il a été établi que dans les conditions prévalant au Sénégal, les agriculteurs préfèrent réaliser les combinaisons les moins coûteuses (Piéri, 1989).

4.3. Les données sur la végétation

La liste des espèces végétales rencontrées dans la vallée a été établie et leurs familles ont été déterminées. Nous avons ensuite défini les espèces communes aux trois unités et celles qui les caractérisent. Les principaux résultats obtenus seront présentés et discutés au prochain chapitre.

Chapitre quatrième : Résultats et discussion

1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

1.1. Résultats des Interviews Semi-Structurées, des focus group et du diagnostic participatif

Le travail sur le milieu biophysique a été précédé par des enquêtes socio-économiques. Il s'est agi de réaliser des interviews semi-structurées, des focus group et un diagnostic participatif. Cette dernière activité a été mise en œuvre par une équipe pluri-disciplinaire contrairement aux deux premières pendant lesquelles nous étions seuls.

Seuls les traits saillants notamment les contraintes majeures et les opportunités dans le domaine de l'agriculture (cultures vivrières et de rente, maraîchage, élevage) seront présentés.

1.1.1. Contraintes majeures

Concernant les cultures vivrières, il y a le riz d'une part, le mil et le sorgho d'autre part. Les contraintes spécifiques à la riziculture sont l'importante perte de surface cultivable par la salinisation et l'acidification, l'insuffisance du matériel agricole notamment pour le travail du sol et de semences adaptées et de qualité. À propos du mil et du sorgho, on a noté la baisse de fertilité des terres, une très grande pression foncière et le caractère aléatoire de la pluviométrie.

Les contraintes relatives à la culture de l'arachide (principale culture de rente) sont : les difficultés d'accès au matériel agricole (les populations ont évoqué une procédure contraignante), l'insuffisance des semences, le retard dans leur mise à disposition, leur prix d'acquisition élevé. En effet, les semences sont achetées à un prix deux fois plus cher que celui auquel les récoltes sont vendues selon certains acteurs.

Les cultures maraîchères sont l'oignon, le chou, le gombo, la laitue, la carotte, l'aubergine, l'oseille, la tomate... Les principales contraintes sont l'insuffisance de l'eau douce, la salinisation par remontée capillaire, la divagation des animaux, les difficultés d'accès aux intrants, les difficultés d'accès au crédit pour l'équipement...

L'élevage est soumis à la réduction des zones de pâturage (par la salinisation et l'acidification des terres mais aussi par la compétition avec l'agriculture), à la mortalité précoce, au manque d'aliments de bétail, aux conflits sociaux découlant de la divagation...

1.1.2. Opportunités

Les populations considèrent que l'île présente d'importantes opportunités et regorgent de beaucoup de potentialités. Les surfaces rizicultivables sont jugées très importantes. La qualité des sols du plateau est meilleure que dans le continent notamment grâce à un important parc arboré avec une très grande présence de *Faidherbia albida* et à un apport régulier de fumure organique fournie par le cheptel (bovins, ovins, caprins...). Les populations considèrent que l'organisation et la dynamique villageoises sont très développées dans l'île. Pour tirer un meilleur profit des opportunités, elles pensent qu'il faut renforcer les aménagements hydro-agricoles existants, en réaliser d'autres, faire une caractérisation des sols pour une utilisation optimale et respectueuse de l'environnement.

Le travail sur le milieu biophysique est donc basé sur les préoccupations exprimées par les populations de l'île de Mar.

1.2. Principales unités de sols inventoriées dans la vallée et leurs caractéristiques

La prospection pédologique menée dans la vallée de Tamra a permis d'identifier sept (7) unités de sol (US).

1.2.1. Sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux ou US I

Ce type de sol est situé sur le plateau, en bordure de la vallée de Tamra. Le mil, l'arachide et le sorgho y sont cultivés. L'environnement dans lequel il s'est formé est caractérisé par une microtopographie mamelonnée et une roche apparente en surface sableuse. Il supporte une végétation ligneuse constituée essentiellement de :*Acacia ataxacantha*, *Borassus aethiopium*, *Azadirachta indica*, *Dialium guineense*, *Zizyphus mauritiana*, *Maytenus senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Elaeis guineensis*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Anacardium occidentale*, *Detarium senegalense*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Adansonia digitata*... On note un tapis herbacé (*Andropogon gayanus*, *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus*...), dont la densité dépend de la qualité du labour.

Le sol est profond avec un horizon humifère très épais (60 cm). La texture d'ensemble est sablo-limoneuse avec une nette prédominance de sables fins. La proportion de limons grossiers est relativement importante et les argiles augmentent de la surface vers la profondeur (Fig. 15). On note la présence de concrétions ferrugineuses denses en profondeur.

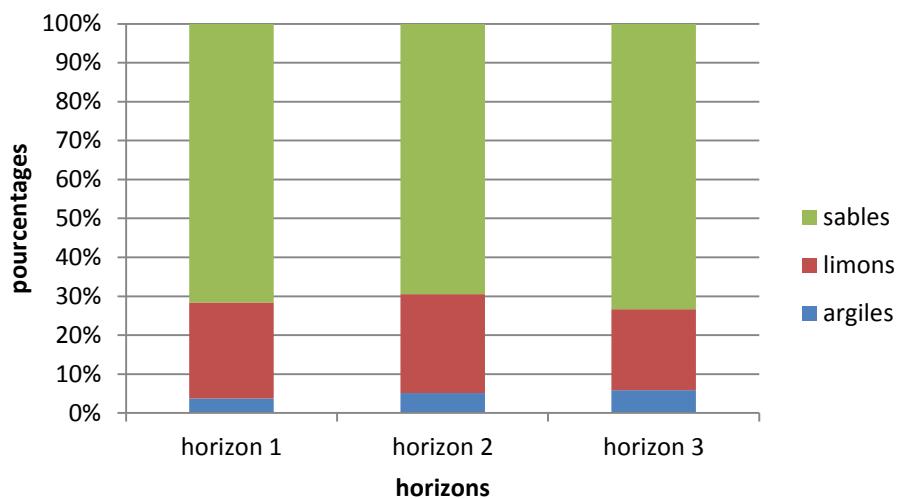


Figure 15: Composition granulométrique du sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux (US I)

La couleur de fond du matériau est brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) en surface et jaune brunâtre (10 YR 6/8) en semi-profondeur et en profondeur (Photo 1). Ce sol n'est pas salé (sa conductivité électrique CE est partout inférieure à 0,032 mS/cm) mais il est acide en surface et hyper acide en semi-profondeur et en profondeur. Il présente un bon drainage latéral et vertical. Il est cependant pauvre en matières organiques (0,56 %) dont la minéralisation est lente ($C/N = 18,33 \%$). Il est pauvre en azote et en phosphore assimilable (0,026 ‰).



Photo 1 : Profil du sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux (US I)

1.2.2. Sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux ou US II

Cette unité de sol est présente sur la terrasse haute (au niveau des berges de la vallée) et par endroit sur la terrasse moyenne en haute vallée. Au plan hydrologique, elle se trouve dans des zones exceptionnellement inondables. La végétation ligneuse qui la recouvre est presque identique à celle de l'unité de sol I. Il s'agit de :*Acacia ataxacantha*, *Borassus aethiopium*, *Dialium guineense*, *Zizyphus mauritiana*, *Maytenus senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Parkia biglobosa*, *Anacardium occidentale*, *Detarium senegalense*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*. Au niveau de la haute vallée, ce type de sol est recouvert d'un dense tapis de *Spermacoce verticillata*. C'est un sol très profond avec un épais horizon humifère. Il est surtout caractérisé par la présence d'un horizon rouge violet avec de nombreuses taches ocre jaune verdâtre dans la première moitié de son profil. Ceci représente un signe d'hydromorphie

en rapport avec les fluctuations de la nappe phréatique. Des concrétions ferrugineuses ont été parfois rencontrées au sein de cet horizon diagnostic rouge violet. La texture d'ensemble est sableuse avec une nette prédominance des sables fins (Fig. 16).

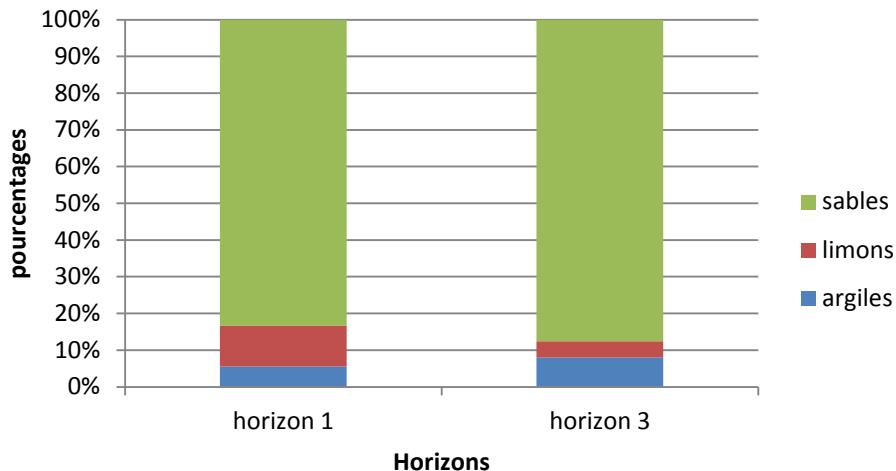


Figure 16: Composition granulométrique du sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux (US II)

Cette unité de sol (Photo 2) a un taux de matière organique très faible (0,44 %). C'est un sol moyennement pourvu en azote (0,2 %) et qui présente un rapport C/N = 13 ; ce qui témoigne d'une minéralisation de la matière organique relativement lente. Ses teneurs en phosphore disponible sont faibles (3 ppm). Il y a un assez bon équilibre entre les teneurs en K, Mg et Ca, ce qui éloigne les risques d'antagonisme entre ces éléments. Ce sol est moyennement saturé (méso-saturé selon Baize, 1988) en bases avec un taux de saturation (V) égal à 65 %. Sa capacité d'échange cationique (CEC) est très faible (0,6 meq/100 g). Il est très acide (pH = 4,45) pouvant passer à hyper acide (pH = 3,64) en profondeur au niveau de la haute vallée. Il est classé non salé.



Photo 2: Profil du sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux (US II)

1.2.3. Sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux ou US III

Cette unité de sol se rencontre principalement sur la terrasse moyenne et parfois sur la terrasse basse (en haute vallée). Elle est cultivée en riz ou recouvert d'un dense tapis de *Spermacoce verticillata* et *Ipomaea asarifolia*. C'est un sol à matériau complexe avec un horizon humifère relativement épais (35/40 cm) et bien structuré (la structure est polyédrique moyenne à fine), reposant sur un matériau non structuré (particulaire). Le profil du sol est bariolé ocre jaunâtre en surface et rouge vif dans la deuxième moitié. Ainsi le sol présente de nombreux signes d'hydromorphie dont la bande rouge vif à rouge violet jusqu'au niveau des horizons de

surface. Ceci témoigne d'une forte fluctuation de la nappe phréatique. Le matériau d'ensemble est limono-sableux(Fig. 17).

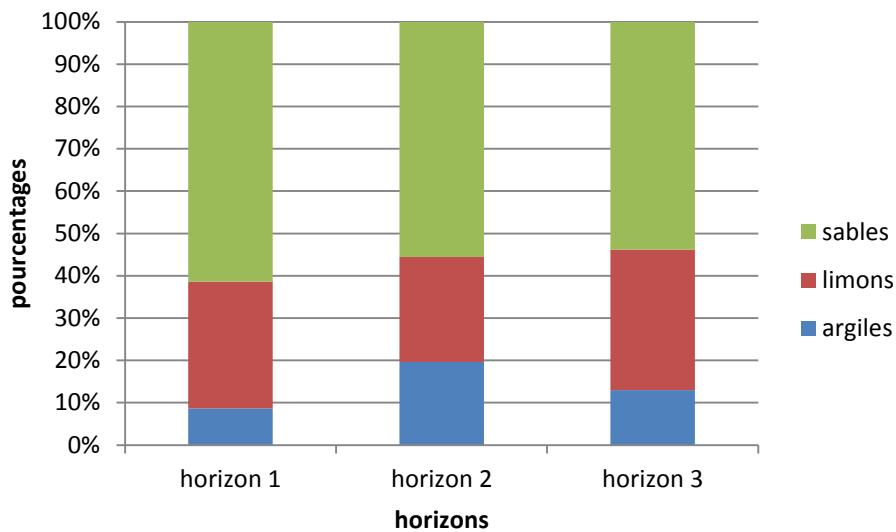


Figure 17: Composition granulométrique du sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux (US III)

Les teneurs en matière organique sont faibles dans la moyenne vallée (0,89 %) et relativement bonne (1,38 %) dans la haute vallée. Ce sol (Photo 3) est bien pourvu en azote (0,53 ‰) et pourtant la matière organique se minéralise lentement. Il est faiblement pourvu en phosphore disponible (4 ppm) et en potassium (0,045 meq/100 g).

La somme des bases échangeables (S) est très variable. De 8,52 meq/100 g de sol dans la moyenne vallée, elle passe à 0,64 dans la haute vallée. Il n'y a pas d'équilibre entre les teneurs en K et en Mg. Les teneurs en Mg sont en excès, ce qui peut engendrer une carence en K. Par contre, la nutrition minérale n'est pas déficiente en Ca. La capacité d'échange cationique (CEC) est jugée faible dans ce sol même s'il enregistre la plus forte CEC déterminée dans la vallée (7,4 meq/100 g de sol au niveau de la moyenne vallée). Ce qui n'est pas étonnant car la texture est légère (limono-sableuse). C'est un sol moyennement saturé en bases dans la haute vallée ($V = 60,5 \%$). Le taux de sodium échangeable (TSE) est respectivement de 44,05 et 18,49 % dans la moyenne vallée et dans la haute vallée. Il est très acide devenant hyper acide en profondeur. Il est non salé mais présente des traces de sels dans les horizons de profondeur en moyenne vallée. Ce sol est ainsi menacé par le processus de salinisation.



Photo 3: Profil du sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux (US III)

1.2.4. Sol hydromorphe minéral, non salé, limono-sableux ou US IV

Cette unité de sol se rencontre sur la terrasse basse et exceptionnellement sur la terrasse moyenne à microtopographie plane. Le drainage externe est faible et est orienté E-W. La roche apparente est de l'argile. La végétation sur ce sol est constituée essentiellement d'espèces herbacées telles que *Spermacoce verticillata*, *Cyperus* spp., *Eragrostis tremula* et *Hygrophila auriculata*. Le sol est caractérisé par un horizon humifère gris assez épais et un horizon sableux en semi-profondeur, ce qui traduit un bon drainage latéral hypodermique de ce sol. Il est bariolé rouge et jaune ocre au milieu du profil. La texture d'ensemble est limono-sableuse mais elle est limono-argileuse dans les 30 à 40 premiers cm (Fig. 18).

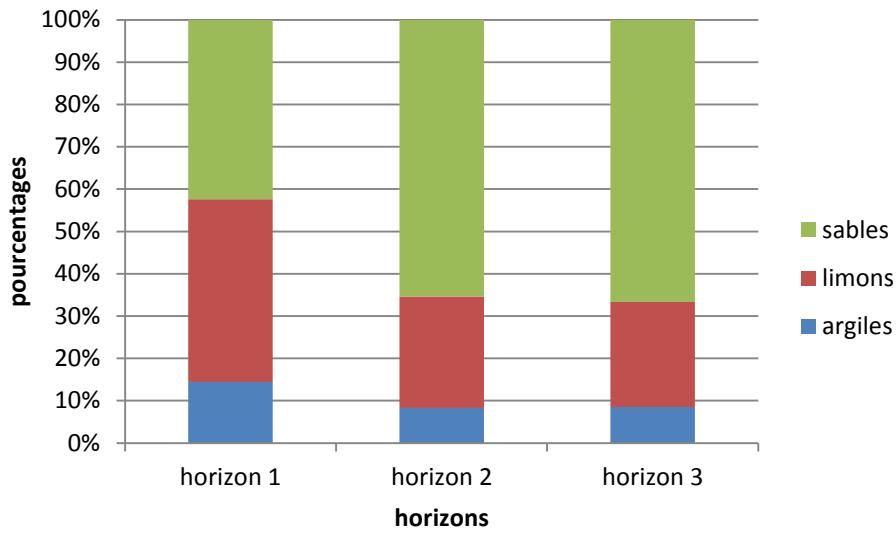


Figure 18: Composition granulométrique du sol hydromorphe minéral, non salé, limono-sableux (US IV)

Il est bien pourvu en matière organique (3,19 %) mais très pauvre en azote (0,056 %). Le rapport C/N est élevé et traduit une lente minéralisation de la matière organique. On est dans un milieu asphyxiant. Ce sol n'est pas salé. Il est très acide ($\text{pH} = 4,05$) en surface devenant hyper acide ($\text{pH} = 3,48$) en profondeur.

1.2.5. Sol hydromorphe minéral, salé, limono-sableux ou US V

On rencontre ce sol sur la terrasse moyenne et sur la terrasse basse, non loin du lit mineur donc en zone inondable. La microtopographie de la terrasse est plane et le drainage vertical est globalement mauvais. Par endroit, on note un bon drainage latéral. La roche apparente est de l'argile. Dans la basse vallée, ce sol est sous un tanne nu avec des efflorescences salines ou couvert de *Cyperus* spp., *Zornia glochidiata*, *Blutaparon vermicularis*, *Sesuvium portulacastrum*. En moyenne vallée, il est recouvert d'un tapis herbacé dominé par *Spermacoce verticillata*, *Hygrophila auriculata* et *Ipomoea asarifolia*. On note la présence de quelques pieds d'*Acacia seyal* et d'un *Acacia nilotica* au centre de la moyenne vallée. Il s'agit d'un sol profond, caractérisé par un épais horizon rougeâtre dans la première moitié de son profil, surmonté d'un horizon humifère relativement épais et reposant sur un matériau de profondeur vaseux, de couleur noire et instable (boulant). Par endroit, on remarque en son milieu un passage blanchâtre, sableux et filtrant, qui témoigne de l'existence d'un bon drainage hypodermique orienté SW-NE, dans le même sens que l'axe principal de la vallée. Ce type de sol est très salé en surface (3,320 mS/cm) et très acide (pH de 3,52 à 4,26). La texture d'ensemble est limono-sableuse mais elle est limono-argileuse en surface.

1.2.6. Sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux ou US VI

Cette unité de sol n'a été rencontrée qu'en basse et en moyenne vallée, le long du lit mineur et de la zone d'épandage des eaux. Il s'agit donc d'un sol qui subit une saturation en eau quasi-permanente (soit par les eaux de pluies, soit par les eaux salées du marigot de Djilor). La topographie est plane et la microtopographie est caractérisée par la présence de nombreuses buttes sableuses. La roche apparente est de l'argile recouverte par des efflorescences salines formant une « moquette ». Il est pratiquement dénudé (tanne nu). Les buttes sableuses sont recouvertes par *Cyperus* spp., *Sesuvium portulacastrum*, *Paspalum vaginatum* et quelques pieds de *Spermacoce verticillata* et de *Tamarix senegalensis*. Le matériau d'ensemble est limono-sableux et vaseux en profondeur (Fig. 19). La vase est noire et sableuse (sables fins) d'où son caractère instable (boulant).

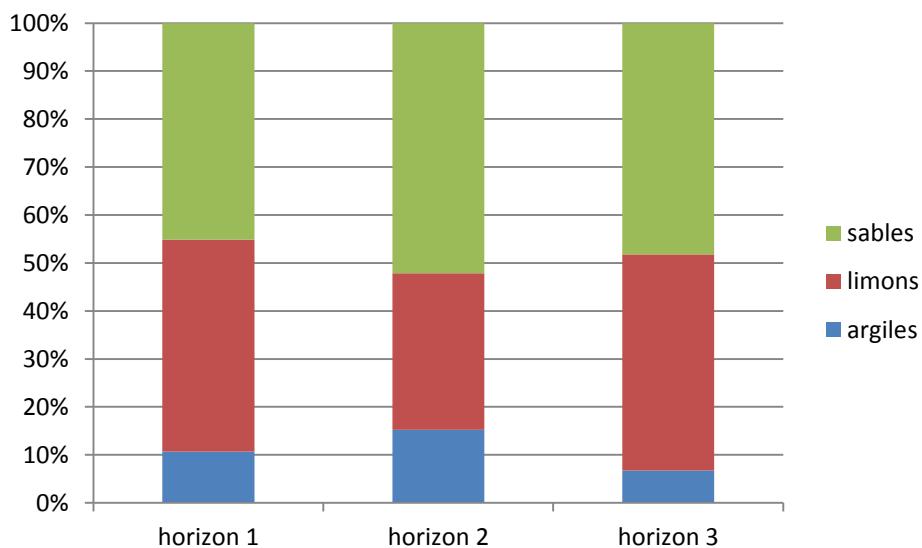


Figure 19: Composition granulométrique du sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux (US VI)

On remarque une forte fréquence de taches ocre jaune verdâtre et ocre jaune en semi-profondeur et en profondeur alors que le matériau est bariolé ocre rougeâtre et jaunâtre à 90 % dans les horizons superficiels (Photo 4). Il présente un bon drainage latéral hypodermique mais le drainage vertical est jugé mauvais. La présence de quelques concrétions ferrugineuses friables et de racines ferruginisées « iron pipes » en surface et assez nombreuses en semi-profondeur a été constatée. Des racines pourries (probablement de *Tamarix senegalensis*) ont aussi été identifiées en profondeur.

Dans la basse vallée, ce type de sol est extrêmement salé en surface ($CE = 11,900 \text{ mS/cm}$) et en profondeur ($CE = 20,300 \text{ mS/cm}$). Il est très acide en surface ($pH = 4,36$) et devient hyper acide ($pH = 2,4$) en profondeur. Mais dans la moyenne vallée, il devient peu salé en surface et

très salé en profondeur. Son acidité diminue dans les horizons de surface mais il reste hyper acide dans la seconde moitié du profil.

Il a une très faible teneur en matière organique dans la basse vallée et une bonne teneur (1,9 %) dans la moyenne vallée. Il est bien pourvu en azote (0,89 ‰). Le rapport C/N est égal à 8 dans la basse vallée et à 12 dans la moyenne vallée. C'est donc dans cette dernière partie qu'il traduit une bonne minéralisation de la matière organique. On note un déséquilibre entre les teneurs en K et en Mg. Le rapport K/Mg est de 1/8. La nutrition minérale en K comme en Ca est ainsi menacée par l'excès relatif du Mg dans le sol. Le taux de sodium échangeable (TSE) est partout supérieur à 15 %, signe que le sol est affecté par le sel. Il présente ainsi une faible teneur voire une carence en P et en K. La capacité d'échange cationique de cette unité de sol est très faible ; elle n'excède pas 1,6 meq/100 g de sol. Le taux de saturation en bases échangeables est supérieur à 100 % notamment en Na^+ .



Photo 4: Profil du sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux (sables fins) (US vi)

1.2.7. Sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide, limono-argileux(US VII)

Cette unité de sol est surtout présente dans la basse vallée. Elle est faiblement représentée en moyenne vallée. On la retrouve sur la terrasse moyenne et sur la terrasse basse donc en zone inondable. La topographie et la microtopographie sont planes. C'est un type de sol parfois présent dans des dépressions. Il est soit sous tanne nu soit couvert par des herbacées telles que *Eragrostis tremula*, *Eragrostis squamata*, *Spermacoce verticillata*, *Cyperus* spp., *Hygrophila auriculata*.

Le sol est profond avec un épais horizon humifère suivi d'une couche limono-argileuse également très épaisse de couleur rougeâtre tendant à former une carapace ferrugineuse (caractère d'hydromorphie). Le tout repose sur de la vase argilo-sableuse à argileuse très boulant et bariolé de taches jaune citron et jaune ocre à orientation verticale (jarosite $[KFe_3(SO_4)_2(OH)_6]$). La texture d'ensemble est limono-argileuse. C'est un sol extrêmement salé ($CE = 10,9 \text{ mS/cm}$) en surface quand on est proche du chenal principal d'écoulement. Il est très acide à hyper acide partout où il a été identifié ; le pH varie entre 4,55 et 2,96.

Après avoir fourni des données détaillées sur les caractéristiques morphologiques et analytiques des principales unités de sols rencontrées dans la vallée de Tamra, nous avons tenu à faire une synthèse sous forme de tableau par souci d'une meilleure et rapide compréhension de la nature de ces sols, de leur distribution dans l'espace et de leur utilisation actuelle par les populations de l'île.

Tableau 4: Synthèse des caractéristiques morpho-analytiques des différentes unités de sol

Caractères		Unités de sol						
		US I	US II	US III	US IV	US V	US VI	US VII
Humidité	Surface	Sec	Sec	Sec	Frais	Frais	Sec	Sec
	Profondeur	Frais	Humide à engorgé	Engorgé	Engorgé	Engorgé	Très humide à engorgé	Engorgé
Couleur	Surface	Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4)	Beige jaunâtre	Brun grisâtre sombre (10 YR 4/2)	Gris noirâtre	Brun sombre (10 YR 3/3)	Gris brunâtre clair (10 YR 6/2)	Gris brunâtre clair (10 YR 6/2)
	Profondeur	Jaune brunâtre (10 YR 6/8)	Gris blanchâtre	Gris clair (10 YR 7/2)	Brun clair	Noir (7,5 YR 2/0)	Gris brunâtre clair (10 YR 6/2)	Gris rosâtre (7,5 YR 6/2)
Taches	Surface	Non perceptibles	Quelques grossières taches rougeâtres	Quelques petites taches brun foncé (7,5 YR 5/8)	Non perceptibles	Quelques petites taches brun jaunâtre (10 YR 5/8)	Quelques taches jaune brunâtre (10 YR 6/8)	Quelques petites taches brun jaunâtre (10 YR 5/8)
	Profondeur	Non perceptibles	Bariolé ocre jaunâtre à 60 %	Quelques plages jaune rougeâtre (7,5 YR 6/8) à orientation verticale	Nombreuses taches jaune ocre	Quelques passées sableuses brun très pâle (10 YR 7/3)	Bariolé à 50 % de jaune à orientation horizontale (10 YR 7/8)	Bariolé à 40 % de jaune olive (2,5 Y 6/8) et quelques taches jaune (2,5 Y 8/6)
Texture	Surface	Sable limoneux	Sableux	Limon sableux	Limon argileux	Limon argileux	Limon sableux	Limon argileux
	Profondeur	Sable limoneux	Sableux	Limon sableux	Limon sableux	Limon sableux	Limon sableux	Argile sableuse
Structure	Surface	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique fine	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique moyenne à grossière	Polyédrique moyenne à fine
	Profondeur	Continue	Continue	Continue	Continue	Continue	Continue	Continue
Porosité	Surface	Poreux	Poreux	Peu poreux	Peu poreux	Peu poreux	Peu poreux	Poreux
	Profondeur	Peu poreux	Peu poreux	Poreux	Peu poreux	Peu poreux	Peu poreux	Poreux

Caractères		Unités de sol						
		US I	US II	US III	US IV	US V	US VI	US VII
Consistance	Surface	Peu compact	Compact	Peu compact	Compact	Peu compact	Peu compact	Fragile
	Profondeur	Friable	Compact	Molle	Compact	Molle	Peu compact	Peu compact
Inclusions	Profondeur	Nombreuses concréctions (iron pipes)	Néant	Néant	Non perceptibles	Non perceptibles	Néant	Des iron pipes ocre brun
C (%)		0,33	0,259	0,52	-	-	0,63	-
Nt (%)		0,018	0,02	0,032	-	-	0,037	-
C/N		18,33	12,95	16,25	-	-	17,02	-
Matière organique (%)		0,576 (très faible)	0,445 (très faible)	0,89 (faible)	-	-	1,08 (bon)	-
pH eau	Surface	5,04 (acide)	4,45 (très acide)	3,88 (très acide)	4,05 (très acide)	3,95 (très acide)	3,66 (très acide)	4,55 (très acide)
	Profondeur	4,86 (très acide)	3,91 (très acide)	4,04 (très acide)	3,3 (hyperacide)	3,56 (très acide)	2,63(hyperacide)	3,99 (très acide)
CE (mS/cm)	Surface	0,022 (non salé)	0,044 (non salé)	0,265 (non salé)	0,165 (non salé)	1,8 (salé)	3,11 (très salé)	0,35 (non salé)
	Profondeur	0,032 (non salé)	0,26 (non salé)	0,364 (non salé)	1,090 (peu salé)	1,28 (salé)	2,898 (très salé)	0,78 (peu salé)
TSE (%)	Horizon 1	-	6	-	-	-	-	-
	Horizon 2	-	-	-	-	-	-	-
CEC (meq/ 100 g)		-	0,60	-	-	-	-	-
V (%)		-	65	-	-	-	-	-

NB : Surface = dans les premiers cm du profil à partir de la surface.

Profondeur = en dessous des 50 premiers cm du profil à partir de la surface.

1.3. Données sur la nappe phréatique

Trois (3) échantillons d'eaux de nappe phréatique ont été prélevés au niveau des profils pédologiques JHP 8, JHP 9 et JHP 33. Les paramètres mesurés sont la salinité à travers la conductivité électrique et le pH. Les résultats des analyses sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 5 : Conductivité électrique et pH de la nappe au niveau de JHP 8, JHP 9 et JHP 33

Echantillons	Coordonnées géographiques		Conductivité électrique	pH eau
	X	Y		
JHP 8	321404	1555780	130,4 mS/cm	2,36
JHP 9	321401,750000	1555772,920000	26 mS/cm	2,4
JHP 33	321156,740000	1555317,400000	120 mS/cm	2,63

Pour un meilleur suivi des caractères physico-chimiques de la nappe phréatique, sept (7) piézomètres ont été installés sur les bordures de la vallée, de part et d'autre de la digue anti-sel, sur deux lignes (Fig. 12). Les résultats des seules mesures effectuées au niveau des piézomètres sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 6 : Conductivité électrique et pH des échantillons de nappe prélevés des piézomètres

Piézomètres	Coordonnées géographiques		Conductivité électrique	pH eau
	X	Y		
L1P1	321178,04	1556245,74	27,6 mS/cm	5,27
L1P2	321298,996	1555875,45	20,6 mS/cm	4,46
L2P1	320982,721	1555994,45	14,23 mS/cm	4,35
L2P2	321125,113	1555799,16	-	-
L1P3	321587,986	1555154,06	29,1 mS/cm	4,51
L1P4	321635,017	1555054,53	19,81 mS/cm	4,77
L2P4	321492,007	1555053,07	15,30 mS/cm	5,29

Les données obtenues indiquent que les eaux de nappe phréatique ont une salinité excessive et sont, de surcroît, très acides. Les gradients de salinité et d'acidité de la nappe sont croissants du plateau vers le lit mineur de la vallée.

1.4. Distribution des sols suivant la topovariance

La topographie et la géomorphologie ont été prises en compte dans la mise en place du dispositif de cette étude. Afin d'avoir une bonne représentativité eu égard à la très grande variabilité des sols, dix toposéquences ont été étudiées le long de la vallée. Chacune d'entre elles traverse transversalement les différentes unités géomorphologiques. Deux (2) toposéquences ont été étudiées dans la basse vallée, quatre (4) dans la moyenne vallée et quatre (4) en haute vallée. Le premier constat est la distribution quasi concentrique des unités de sol suivant la topovariance (Fig. 20, 21 et 22) autour de la vallée. En effet, on retrouve les unités de sol I et II sur les bordures (plateau et terrasse haute), ensuite l'US III et suivant la dynamique de la nappe phréatique et sa géochimie, se succèdent les différents sols hydromorphes minéraux (US IV, V, VI et VII).

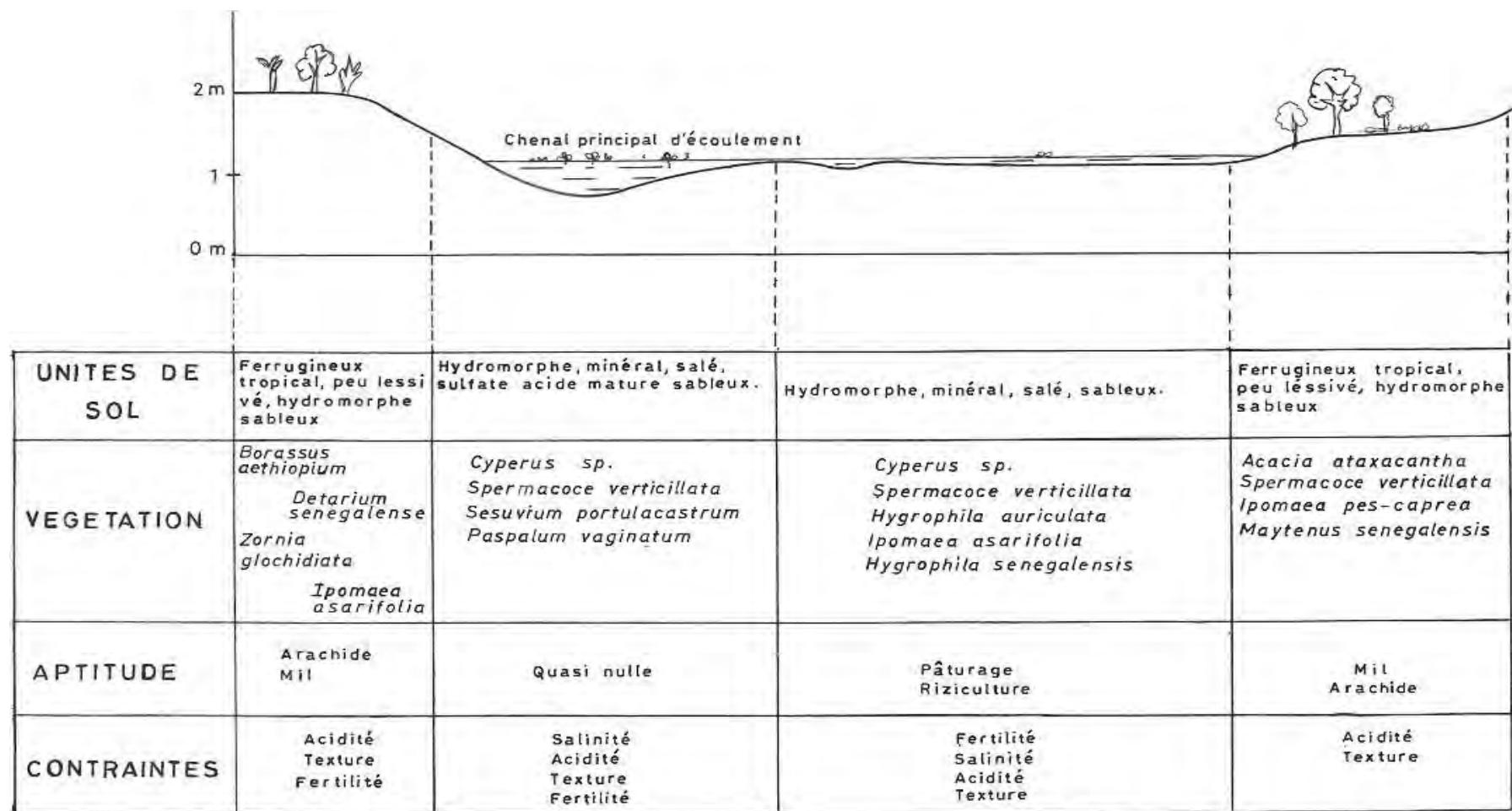
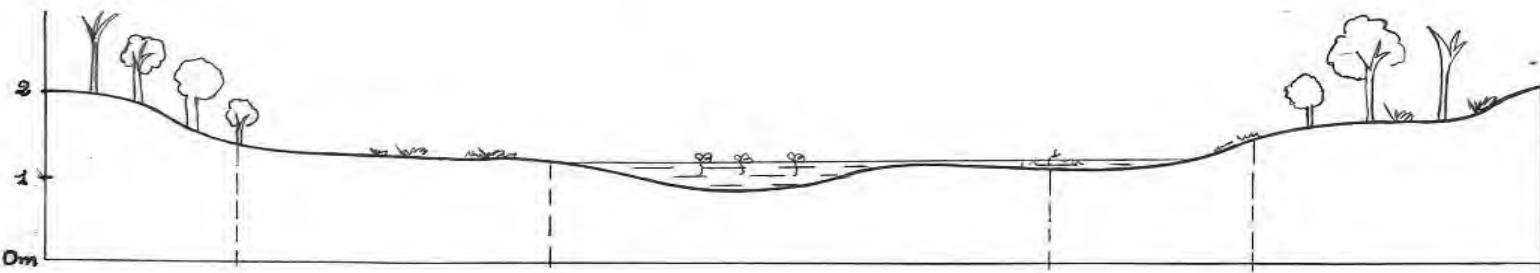
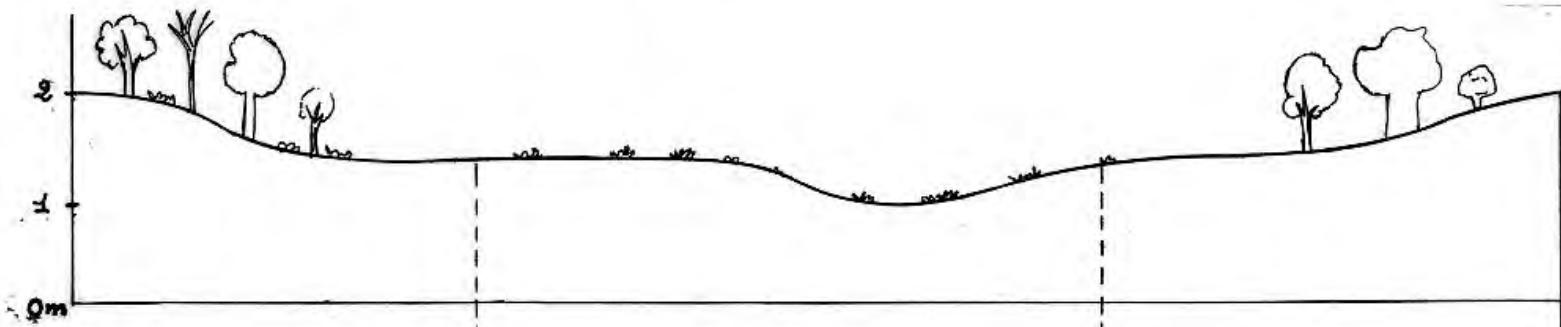


Figure 20: Distribution des sols au niveau de la basse vallée suivant la topovariance



UNITES DE SOL	Ferrugineux tropical peu lessivé, hydro - morphé, sableux	Peu évolué d'apport, hydromorphe, sableux	Hydromorphe, minéral, saté, sableux.	Peu évolué d'apport hydro-morphe, sableux.	Ferrugineux tropical peu lessivé hydromorphe sableux.
VEGETATION	<i>Detarium senegalensis</i> <i>Acacia ataxacantha</i> <i>Borassus flabellifer</i> <i>Gombretium glutinosum</i> <i>Maytenus spermacoce</i> <i>Ipomoea pes-caprae</i>	<i>Spermacoce verticillata</i>	<i>Spermacoce verticillata</i> <i>Hygrophila auriculata</i> <i>Acacia nilotica</i> <i>Acacia seyal</i> <i>Ipomoea pes-caprae</i>	<i>Spermacoce verticillata</i>	<i>Acacia ataxacantha</i> <i>Maytenus senegalensis</i> <i>Borassus flabellifer</i> <i>Spermacoce verticillata</i>
APTITUDE	Arachide Mil Reboisement	Riziculture Maraîchage	Riziculture	Riziculture Maraîchage	Arachide Mil Reboisement
CONTRAINTE S	Acidité Texture	Acidité Fertilité Texture	Fertilité Texture Acidité	Acidité Fertilité Texture	Acidité Texture

Figure 21: Distribution des sols au niveau de la moyenne vallée suivant la topovariance



UNITES DE SOL	Ferrugineux tropical, peu lessivé hydromorphe, sableux.	Peu évolué d'apport hydromorphe, sableux.	Ferrugineux tropical, peu lessivé, hydromorphe sableux.
VEGETATION	<i>Acacia ataxacantha</i> <i>Spermacoce verticillata</i> <i>Sclerocarria birrea</i> <i>Borassus flabellifer</i>	<i>Spermacoce verticillata</i> <i>Ipomaea pes-caprae</i>	<i>Spermacoce verticillata</i> <i>Acacia ataxacantha</i> <i>Adansonia digitata</i>
APTITUDE	Mil arachide reboisement	Riziculture Maraîchage	Mil arachide reboisement
CONTRAINTEES	Acidité fertilité Texture déficit hydrique	Acidité fertilité Texture déficit hydrique Phénomène comblement accentué	Acidité fertilité Texture déficit hydrique

Figure 22: Distribution des sols dans la haute vallée suivant la topovariance

1.5. La carte des sols de la vallée de Tamra

Après la caractérisation de la couverture pédologique, la carte des sols de la vallée a été réalisée (Fig. 23). On constate aisément la grande hétérogénéité de ce milieu en matière de sols. Les facteurs de pédogenèse les plus influents ont été la topographie et la présence de sels solubles. Les fluctuations de la nappe phréatique et le cycle bio-géo-chimique du soufre ont joué un rôle prépondérant dans la différenciation des différents types de sols dans la vallée. Cette carte illustre mieux encore la distribution quasi concentrique des sols inventoriés.

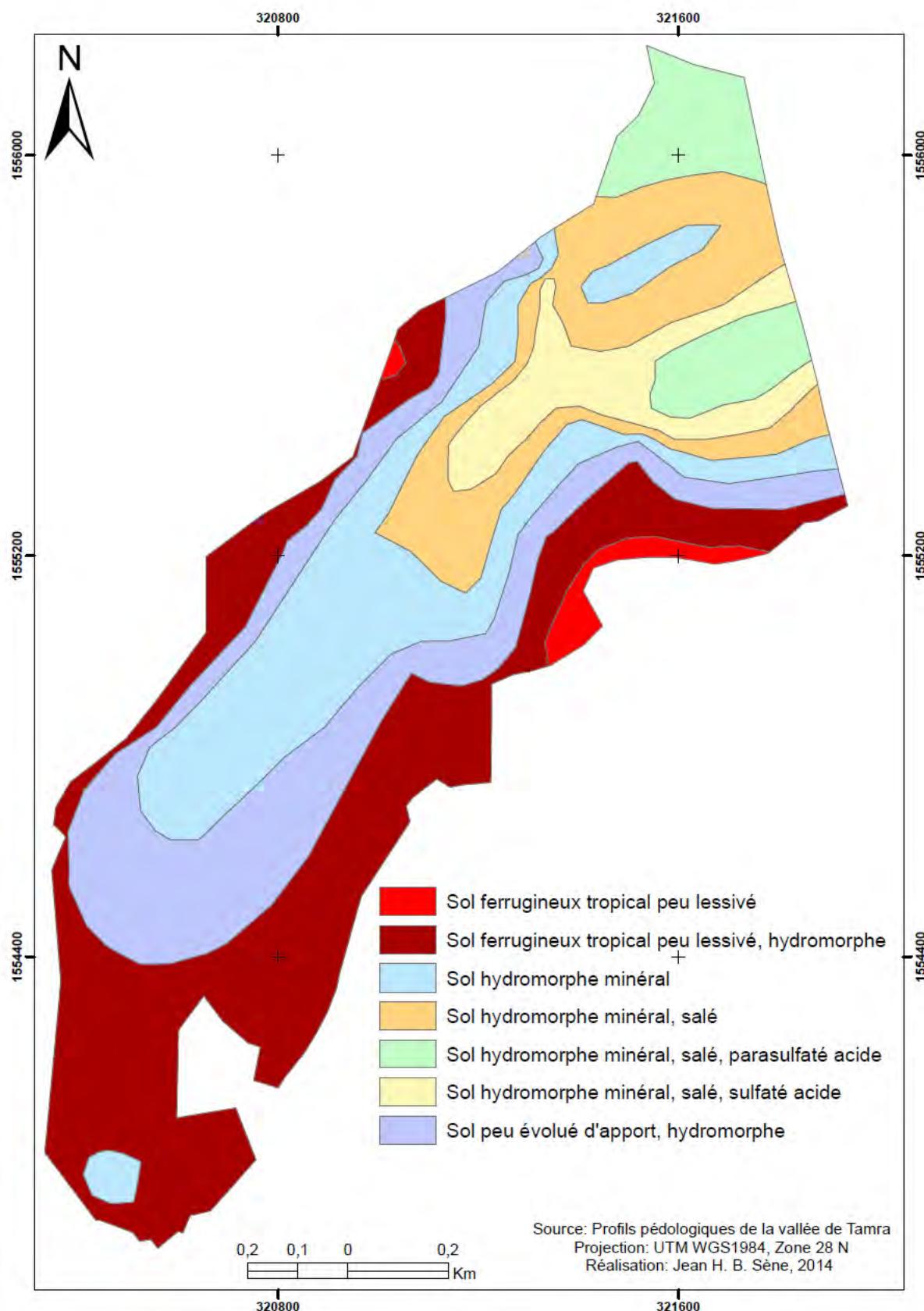


Figure 23 : La carte des sols de la vallée de Tamra

1.6. Diversité floristique de la vallée

1.6.1. Composition floristique de la vallée

Les principaux facteurs édaphiques, en dehors de la constitution physique du sol, sont la présence plus ou moins prolongée d'eau douce, saumâtre ou salée en saison des pluies et la plus ou moins forte concentration saline en saison sèche (Adam, 1958).

Pour rappel, l'inventaire floristique a été réalisé suivant la même subdivision de la vallée qui a prévalu pour l'étude des sols c'est-à-dire la basse vallée (entre le marigot et la digue anti-sel), la moyenne vallée (entre la digue anti-sel et la digue de retenue) et la haute vallée (de la digue de retenue à l'extrémité amont de la vallée). Dans le tableau 6ci-dessous sont présentées les espèces recensées dans la vallée et ses bordures. Les familles et leur représentativité (en pourcentage) ainsi que la strate correspondante sont également indiquées.

Tableau 7: Liste des espèces inventoriées dans la vallée et ses bordures

Familles	Genres	Espèces	Strates
Acanthaceae (2,29 %)	<i>Hygrophila</i>	<i>senegalensis</i>	Herbacée
		<i>auriculata</i>	H
Aizoaceae (1,14 %)	<i>Sesuvium</i>	<i>portulacastrum</i>	H
Amaranthaceae (2,29 %)	<i>Alternanthera</i>	<i>maritima</i>	H
	<i>Blutaparon (Phloxerus)</i>	<i>vermicularis</i>	H
Anacardiaceae (2,29 %)	<i>Sclerocarya</i>	<i>birrea</i> subsp. <i>birrea</i>	Ligneuse
	<i>Anacardium</i>	<i>occidentale</i>	L
Apocynaceae (1,14 %)	<i>Strophantus</i>	<i>petersianus</i> var. <i>grandiflorus</i>	H
Asclepiadaceae (2,29 %)	<i>Calotropis</i>	<i>procera</i>	L
	<i>Leptadenia</i>	<i>hastata</i>	L
Asparagaceae (2,29 %)	<i>Asparagus</i>	<i>africanus</i>	H
		<i>pauli-guilielmi</i>	H
Asteraceae (2,29 %)	<i>Acanthospermum</i>	<i>hispidum</i>	H
	<i>Emilia</i>	<i>sonchifolia</i>	H
Balanitaceae (1,14 %)	<i>Balanites</i>	<i>aegyptiaca</i>	L
Bombacaceae (1,14 %)	<i>Adansonia</i>	<i>digitata</i>	L
Caesalpiniaceae (8,04 %)	<i>Dichrostachys</i>	<i>cinerea (glomerata)</i>	L
	<i>Cassia</i>	<i>tora</i>	H
		<i>occidentalis</i>	H
	<i>Dialium</i>	<i>guineense</i>	L
	<i>Detarium</i>	<i>senegalense</i>	L
		<i>microcarpum</i>	L
	<i>Tamarindus</i>	<i>indica</i>	L
Celastraceae (1,14 %)	<i>Maytenus</i>	<i>senegalensis</i>	L
Chenopodiaceae (1,14 %)	<i>Arthrocnemum</i>	<i>macrostachyum (A.</i>	H

		<i>glaucum)</i>	
Chrysobalanaceae (1,14 %)	<i>Neocarya</i>	<i>macrophylla</i>	Ligneuse
Combretaceae (4,59 %)	<i>Combretum</i>	<i>glutinosum</i>	L
		<i>aculeatum</i>	L
		<i>Terminalia</i>	L
	<i>Guiera</i>	<i>macroptera</i>	L
Convolvulaceae (3,44 %)	<i>Ipomaea</i>	<i>senegalensis</i>	L
		<i>pes-caprea</i>	Herbacée
	<i>Cressa</i>	<i>coptica</i> var. <i>coptica</i>	H
Cyperaceae (8,04 %)	<i>Cyperus</i>	<i>cretica</i>	H
		<i>crassipes (maritimus)</i>	H
		<i>pustulatus</i>	H
		<i>esculentus</i>	H
	<i>sp.</i>	<i>sp.</i>	H
	<i>[Scirpus]</i>	<i>sp.</i>	H
	<i>Fuirena</i>	<i>umbellata</i>	H
	<i>Bolbochoenus</i>	<i>nobilis</i>	H
	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	L
		<i>tirucalli</i>	L
		<i>Chrozophora</i>	H
Fabaceae (6,89 %)	<i>Indigofera</i>	<i>nummulariifolia</i>	H
	<i>Sesbania</i>	<i>sericea (pubescens)</i>	H
		<i>pachycarpa</i> subsp. <i>pachycarpa</i>	H
	<i>Aeschynomene</i>	<i>uniflora</i> var. <i>uniflora</i>	H
	<i>Alysicarpus</i>	<i>ovalifolius</i>	H
	<i>Zornia</i>	<i>glochidiata</i>	H
Hippocrateaceae (1,14 %)	<i>Loeseneriella</i>	<i>africana</i>	L
Malvaceae (2,29 %)	<i>Hibiscus</i>	<i>asper</i>	H
	<i>Sida</i>	<i>rhombifolia</i>	H
Meliaceae (1,14 %)	<i>Azadirachta</i>	<i>indica</i>	L
Menispermaceae (1, 14 %)	<i>Tinospora</i>	<i>bakis</i>	H
Mimosaceae (6,89 %)	<i>Acacia</i>	<i>seyal</i>	L
		<i>ataxacantha</i>	L
		<i>holosericea</i>	L
		<i>nilotica</i>	L
	<i>Prosopis</i>	<i>africana</i>	L
	<i>Parkia</i>	<i>biglobosa</i>	L
Moraceae (1,14 %)	<i>Ficus</i>	<i>thonningii</i>	L
Myrtaceae (2,29 %)	<i>Eucalyptus</i>	<i>alba</i>	L
		<i>camaldulensis</i>	L
Nymphaeaceae (1,14 %)	<i>Nymphaea</i>	<i>lotus</i>	H
Palmae (2,29 %)	<i>Borassus</i>	<i>akeassii</i>	L
	<i>Elaeis</i>	<i>guineensis</i>	L
Poaceae (18,39 %)	<i>Enteropogon</i>	<i>prieurii</i>	H
	<i>Eragrostis</i>	<i>squamata (halophila)</i>	H
		<i>perbella</i>	H
		<i>gangetica</i>	H
		<i>tremula</i>	H

	<i>Dactyloctenium</i>	<i>aegyptium</i>	H
	<i>Paspalum</i>	<i>vaginatum</i>	Herbacée
	<i>Sporobolus</i>	<i>spicatus</i>	H
	<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>	H
	<i>Andropogon</i>	<i>gayanus</i> var. <i>gayanus</i>	H
	<i>Schoenfeldia</i>	<i>gracilis</i>	H
	<i>Cenchrus</i>	<i>biflorus</i>	H
	<i>Pennisetum</i>	<i>pedicellatum</i>	H
		<i>violaceum</i>	H
	<i>Oryza</i>	<i>barthii</i>	H
	<i>Chloris</i>	<i>pilosa</i> var. <i>pilosa</i>	H
Rhamnaceae (1,14 %)	<i>Zizyphus</i>	<i>mauritiana</i>	Ligneuse
Rubiaceae (1,14 %)	<i>Spermacoce</i>	<i>verticillata</i>	H
Scrophulariaceae (1,14 %)	<i>Scoparia</i>	<i>dulcis</i>	H
Tamaricaceae (1,14 %)	<i>Tamarix</i>	<i>senegalensis</i>	L

L'examen du tableau 6 révèle la richesse floristique de la vallée avec 86 espèces réparties dans 33 familles. Parmi ces espèces, 60 % appartiennent à la strate herbacée soit 52 espèces contre 34 ligneuses.

Il apparaît aussi que la basse et la moyenne vallée renferment le plus grand nombre d'espèces avec respectivement 62 et 63. La haute vallée, qui représente presque la moitié de la superficie de la vallée, comporte 55 espèces.

Il a été noté la présence d'espèces caractéristiques des milieux salés (halotolérantes), en l'occurrence *Tamarix senegalensis*, *Sesuvium portulacastrum*, *Blutaparon vermicularis*, *Cyperus crassipes*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus pustulatus*, *Cyperus sp.*, *Paspalum vaginatum*, *Alternanthera maritima*, *Eragrostis squamata* et *Sporobolus spicatus*. Les espèces halotolérantes sont essentiellement des herbacées. En effet, *Tamarix senegalensis* est la seule ligneuse de ce sous-groupe.

En termes de représentativité, c'est la super-famille des légumineuses qui vient en tête avec 21,82 %, suivie respectivement des Poaceae (18,39 %) et des Cyperaceae (8,04 %). Puis, il y a les Euphorbiaceae et les Convolvulaceae avec 3,44 %. Toutes les familles avec moins de 2% sont regroupées dans « autres » (Fig. 24).

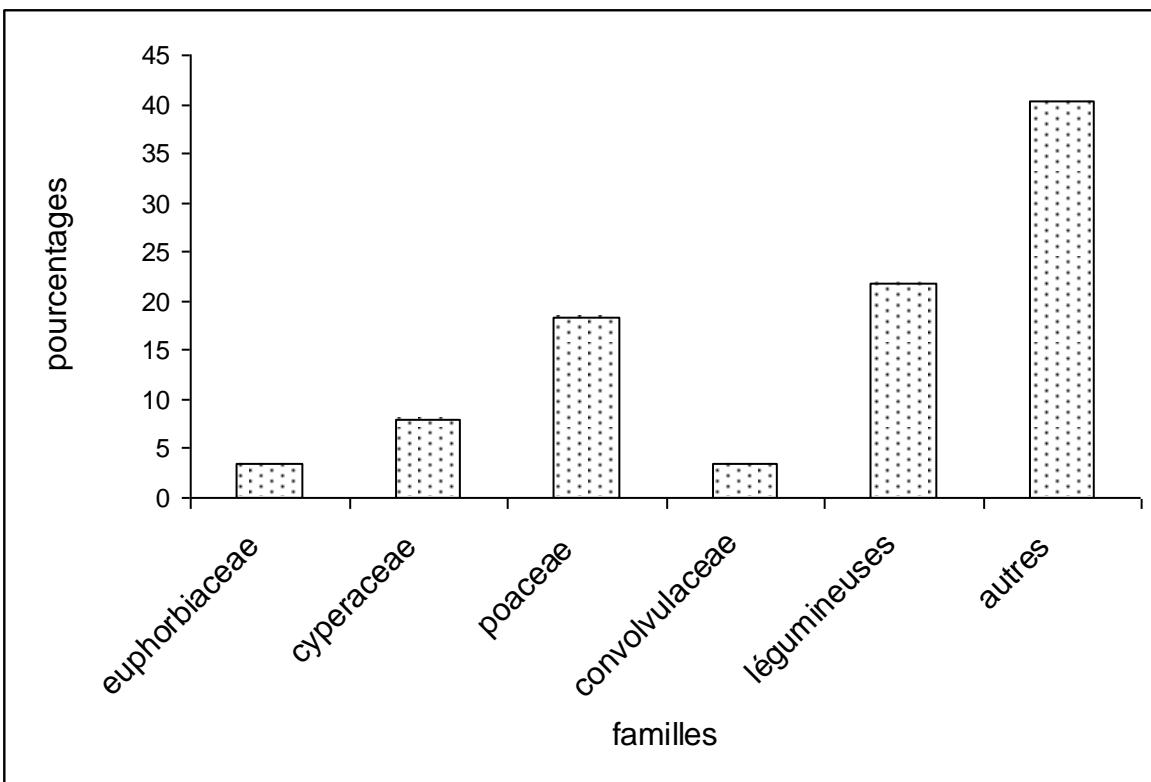


Figure 24: Représentativité des différentes familles

1.6.2. Richesse spécifique des trois unités

Dans le tableau 7 ci-dessous sont consignées les espèces spécifiques à chaque unité. On remarque que 15 espèces sont exclusivement présentes dans la basse vallée contre 6 pour la moyenne et la haute vallée. La basse vallée comporte le plus grand nombre d'espèces du fait de sa faible anthropisation.

Tableau 8 : Espèces spécifiques aux trois unités

Basse vallée	Moyenne vallée	Haute vallée
<i>Alternanthera maritima</i>	<i>Fuirena umbellata</i>	<i>Tamarindus indica</i>
<i>Sesbania sericea</i>	<i>Pennisetum pedicellatum</i>	<i>Anacardium occidentale</i>
<i>Eucalyptus alba</i>	<i>Chrozophora plicata</i>	<i>Detarium microcarpum</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Ficus thonningii</i>	<i>Sesbania pachycarpa</i> subsp. <i>pachycarpa</i>
<i>Azadirachta indica</i>	<i>Elaeis guineensis</i>	<i>Cassia occidentalis</i>
<i>Asparagus pauli-gulielmi</i>	<i>Chloris pilosa</i> var. <i>pilosa</i>	<i>Adansonia digitata</i>
<i>Dialium guineense</i>		
<i>Cyperus pustulatus</i>		
<i>Cyperus sp.</i>		
<i>Zizyphus mauritiana</i>		
<i>Tinospora bakis</i>		
<i>Euphorbia tirucalli</i>		
<i>Acacia holosericea</i>		
<i>Euphorbia hirta</i>		
<i>Tamarix senegalensis</i>		

NB : les espèces introduites sont en gras.

On note dans la basse vallée la présence d'espèces introduites. Il s'agit de *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia holosericea*, *Euphorbia tirucalli*, *Euphorbia hirta* et *Azadirachta indica*. Les 3 premières sont connues pour leur capacité d'adaptation à des conditions de salinité et d'acidité difficiles. *Euphorbia tirucalli* et *Euphorbia hirta* sont souvent utilisées comme haie de protection et pour délimiter les champs. Ici, elles servent à délimiter la zone reboisée. La présence d'*Azadirachta indica* serait due à la zoothorie, essentiellement par les oiseaux.

Zizyphus mauritiana et *Dialium guineense* sont des reliques du parc agro-forestier. Les autres espèces de la basse vallée, essentiellement des herbacées, sont caractéristiques des milieux salés.

Parmi les espèces caractéristiques de la moyenne vallée, il y a deux ligneuses : *Ficus thonningii* qui appartient au parc arboré et *Elaeis guineensis* qui est une espèce relique car elle

est caractéristique des milieux humides (climat tropical humide). Les autres sont des herbacées.

La haute vallée est composée essentiellement de ligneuses appartenant au parc agro-forestier, seules *Sesbania pachycarpa* subsp. *pachycarpa* et *Cassia occidentalis* sont des herbacées.

On remarque que le nombre d'espèces spécifiques aux différentes unités est plutôt faible excepté dans la basse vallée. En outre les espèces ligneuses non introduites ne sont importantes qu'au niveau de la haute vallée, la basse et la moyenne vallée étant essentiellement recouvertes par des herbacées.

1.6.3. Espèces communes aux trois unités

Les espèces communes aux trois unités ont été répertoriées. Elles sont confinées dans le tableau 9.

Tableau 9: Espèces communes aux trois unités

N°	Espèces	Basse vallée	Moyenne	Haute
1-	<i>Enteropogon prieurii</i>	+	+	+
2-	<i>Spermacoce verticillata</i>	+	+	+
3-	<i>Cyperus crassipes</i> (<i>C. maritimus</i>)	+	+	+
4-	<i>Eragrostis squamata</i>	+	+	+
5-	<i>Zornia glochidiata</i>	+	+	+
6-	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	+	+	+
7-	<i>Paspalum vaginatum</i>	+	+	+
8-	<i>Ipomaea pes-caprea</i>	+	+	+
9-	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> (<i>A. glaucum</i>)	+	+	+
10-	<i>Dichrostachys cinerea</i> (<i>D. glomerata</i>)	+	+	+
11-	<i>Hygrophila senegalensis</i>	+	+	+
12-	<i>Ipomaea coptica</i> var. <i>coptica</i>	+	+	+
13-	<i>Indigofera nummulariifolia</i>	+	+	+
14-	<i>Blutaparon vermicularis</i>	+	+	+

15-	<i>Cynodon dactylon</i>	+	+	+
16-	<i>Hibiscus asper</i>	+	+	+
17-	<i>Eragrostis gangetica</i>	+	+	+
18-	<i>Andropogon gayanus</i> var. <i>gayanus</i>	+	+	+
19-	<i>Scoparia dulcis</i>	+	+	+
20-	<i>Acacia seyal</i>	+	+	+
21-	<i>Leptadenia hastata</i>	+	+	+
22-	<i>Balanites aegyptiaca</i>	+	+	+
23-	<i>Maytenus senegalensis</i>	+	+	+
24-	<i>Acacia ataxacantha</i>	+	+	+
25-	<i>Hygrophila auriculata</i>	+	+	+
26-	<i>Nymphaea lotus</i>	+	+	+
27-	<i>Borassus akeassii</i>	+	+	+
28-	<i>Cassia tora</i>	+	+	+
29-	<i>Schoenfeldia gracilis</i>	+	+	+
30-	<i>Acanthospermum hispidum</i>	+	+	+
31-	[<i>Scirpus</i>] sp.	+	+	+
32-	<i>Aeschynomene uniflora</i> var. <i>uniflora</i>	+	+	+
33-	<i>Emilia sonchifolia</i>	+	+	+
34-	<i>Sida rhombifolia</i>	+	+	+
35-	<i>Combretum aculeatum</i>	+	+	+

Les espèces communes aux trois unités sont au nombre de 35 soit 40,22 % du total. Le premier constat qui se dégage de l'analyse de ce tableau est que certaines espèces caractéristiques des milieux salés (*Blutaparon vermicularis*, *Eragrostis squamata*, *Cyperus crassipes*, *Paspalum vaginatum*) sont présentes dans les trois unités. Ce qui indique que celles-ci sont encore affectées par la salinité même si c'est à des degrés différents. En effet, la salinité diminue de la basse vallée vers la haute vallée.

Comparativement à la distribution des sols, nous avons constaté que les espèces ligneuses sont réparties sur les bordures de la vallée alors que le centre est surtout recouvert par les herbacées. Cette distribution confirme les observations faites par Sadio (1991). En effet, lors de l'étude qu'il a menée sur l'adaptation de la végétation à la salinité et à l'acidité, Sadio a constaté que ce sont les zones de glacis de raccordement et des terrasses hautes qui présentent la végétation la plus dense composée d'espèces forestières et herbacées. Quant aux terrasses moyennes et basses, elles sont occupées par une végétation herbacée parfois localement arbustive.

2. DISCUSSION

Dans cette partie, les caractéristiques des différentes unités de sol rencontrées dans la vallée de Tamra sont appréciées dans la perspective de leur mise en valeur rationnelle par les populations locales. Nous allons d'abord présenter les contraintes majeures de ces sols à la production agricole. Les atouts pour l'exploitation agro-écologique de la vallée seront mis en exergue sur la base des aptitudes des différentes unités de sol.

2.1. Les contraintes majeures à la production agricole

2.1.1. La texture légère

Les résultats des analyses granulométriques ont montré que la texture d'ensemble des sols identifiés dans la vallée de Tamra est sableuse à sablo-argileuse. Et pour la quasi-totalité des unités de sols, c'est la fraction sables fins (grains dont le diamètre varie entre 50 et 200 microns) qui domine nettement les autres. Etant donné que seule la riziculture est pratiquée pour le moment dans la vallée, cette texture n'est pas idéale car le riz se développe beaucoup mieux sur des sols lourds que sur des sols légers (Durand, 1983). En outre, elle ne favorise ni la nutrition hydrique (faible capacité de rétention en eau) des plantes ni leur nutrition minérale. En effet, une texture sableuse entraîne l'infiltration et la percolation rapide des eaux de pluies mais aussi la lixiviation des éléments minéraux nutritifs nécessaires au développement des végétaux (Duchaufour, 1984). Or « la gestion durable des écosystèmes exploités en agriculture, élevage ou foresterie requiert une utilisation optimale des ressources en nutriments, en vue [...]de réduire les pertes de nutriments par érosion et lixiviation » (Hinsinger *et al.*, 2005). Ces sols ont, dans l'ensemble, une capacité d'échange cationique faible ; ceci serait dû en partie à la nature légère de la texture et aussi au faible taux de matière organique. Cependant, l'analyse granulométrique des sols inventoriés dans la vallée ayant

montré une nette dominance de la fraction des sables fins, une bonne fertilisation organique pourrait contribuer à l'amélioration de la rétention en eau. Les sables fins peuvent, n'ayant moins, contribuer à la réduction des pertes d'eau par infiltration rapide vers la nappe phréatique. En effet, les sables fins, aidés par leur taille, ont la capacité de pénétrer entre les agrégats et les fissures du sol et ainsi diminuer la porosité de ce dernier. Ce mécanisme par lequel les sables fins peuvent occuper les ouvertures du sol contribue à la rétention de l'eau.

2.1.2. L'érosion des sols

Pour connaître les caractéristiques des dépôts, leur coefficient d'uniformité a été déterminé à partir des courbes granulométriques cumulatives (Fig. 25, 26 et 27). Ce coefficient est noté **U** et est égal au rapport du diamètre correspondant à l'ordonnée 60 % (D_{60}) et du diamètre correspondant à l'ordonnée 10 % (D_{10}).

$$U = D_{60} / D_{10}$$

D_{60} : taille en mm des grains correspondant à 60 % du poids cumulé ;

D_{10} : taille en mm des grains correspondant à 10 % du poids cumulé.

Si U est inférieur à 2, la granulométrie est uniforme ou monométrique et s'il est supérieur à 2, elle est variée ou hétérométrique.

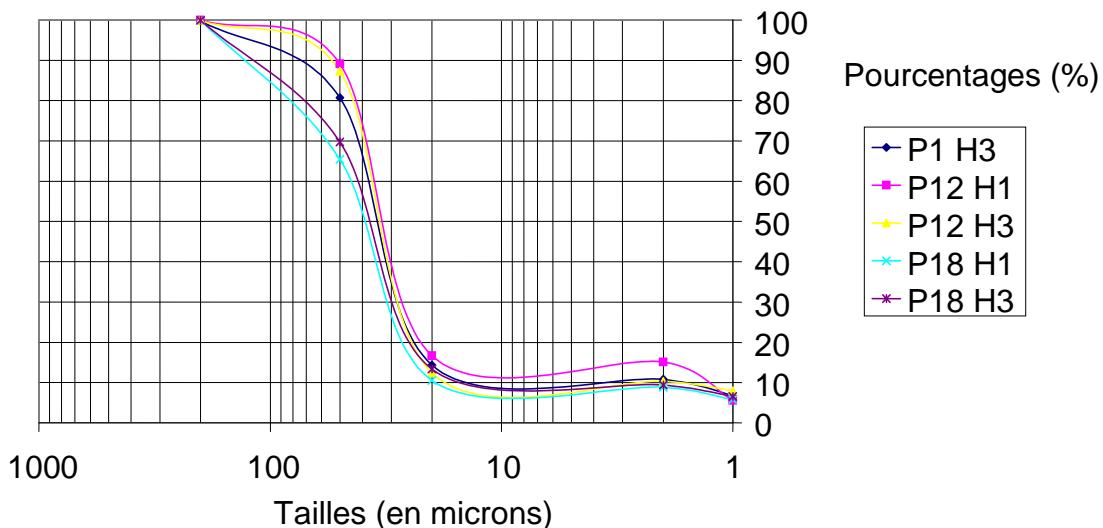


Figure 25: Courbes granulométriques cumulatives du sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe

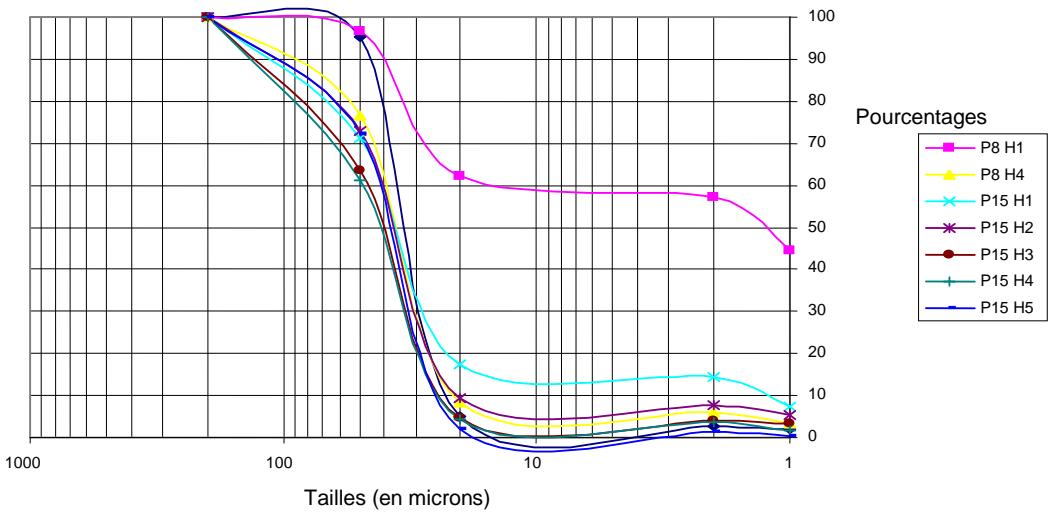


Figure 26: Courbes granulométriques cumulatives du sol peu évolué d'apport, hydromorphe

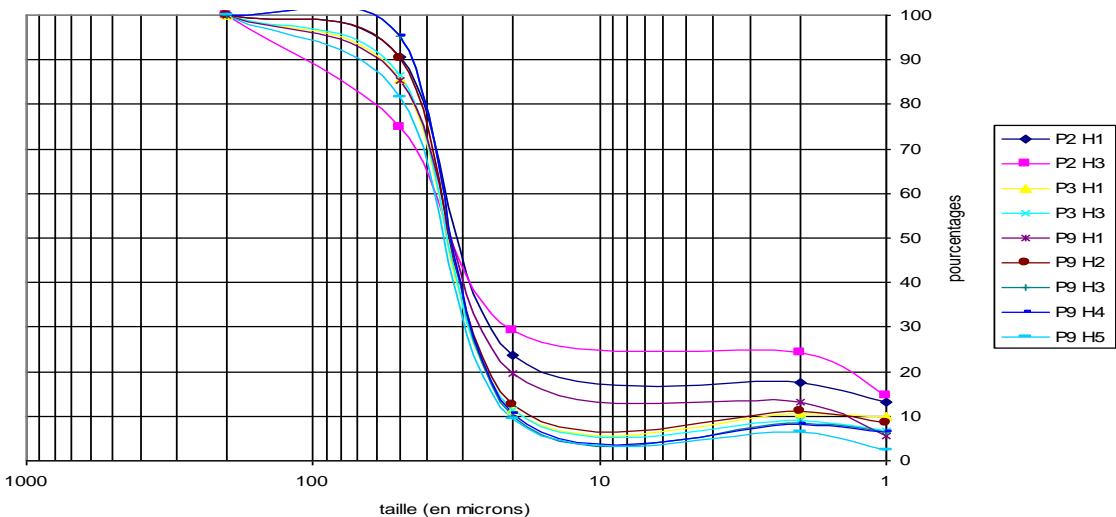


Figure 27: Courbes granulométriques cumulatives des sols hydromorphes minéraux, salés

À partir des figures 24, 25 et 26, les coefficients d'uniformité U des unités de sols II (sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe), III (sol peu évolué d'apport, hydromorphe), V (sol hydromorphe minéral, salé), et VII (sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide) ont été calculés. La granulométrie est hétérométrique dans les horizons de surface et monométrique dans les horizons de profondeur sauf pour l'unité de sols VI (sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide) pour laquelle U est indéterminé car D_{10} n'est pas défini.

Cette situation laisse penser que les dépôts de surface et ceux de profondeur n'ont pas la même origine. Il y a donc vraisemblablement un apport de matériaux par les eaux de pluies et par les vents. Etant donné qu'avant la réalisation des digues, l'eau du marigot de Djilor remontait la vallée, on peut penser qu'une partie de ces dépôts est constituée d'alluvions charriées par ledit marigot.

Ces apports sont responsables de l'ensablement observé de la vallée. On assisterait à un phénomène de comblement. Si cette tendance se poursuit, la vallée risque de disparaître. D'où la nécessité absolue de lutter contre ce comblement par la mise en place d'un dispositif anti-érosion notamment à travers la réalisation de haies vives tout autour de la vallée.

2.1.3. L'acidification des sols

L'acidification des sols est un processus naturel qui résulte pour l'essentiel du fonctionnement des cycles biogéochimiques des éléments C, N, S, P et H₂O (Julienet *al.*, 2005). De façon globale, les différentes unités de sols identifiées dans la vallée de Tamra sont très acides et passent parfois à hyper acide en profondeur. Rappelons que le matériau dans le domaine fluvio-marin du Saloum est d'origine marine et renferme donc des sulfures de fer dont la pyrite (FeS₂). Cette hyper acidité s'expliquerait par l'oxydation de ces sulfures de fer (Vieillefon, 1971 ; 1973 et 1974 ; Marius, 1979 et 1985 ; Sadio, 1991) qui conduit à une importante production d'acide sulfurique H₂SO₄ (Van Breemen, 1987 et 1988a ; Brady & Weil, 2014). La texture sableuse des sols contribuerait à la lixiviation des cations basiques Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ ou Na⁺ (Julien *et al.*, 2005). L'acidité affecte la vallée sur toute son étendue. Ainsi, le pH de la solution du sol est un facteur environnemental critique pour la croissance de tous les organismes vivants dans le sol (plantes, animaux, microbes...). L'acidité des sols de la vallée est donc une contrainte majeure car le riz, qui y est cultivé pour le moment, se comporte mieux si le pH est compris entre 5 et 6,5 (Boyer, 1982 ; Brady & Weil, 2014). Or la quasi-totalité des valeurs de pH mesurées sont inférieures à 5 ; elles varient essentiellement entre 2,5 et 4,5. L'action néfaste de l'acidité se traduit par la forte mobilité dans la solution du sol d'éléments nocifs tels que SO₄²⁻, Al³⁺, Fe³⁺ et H⁺. Ces éléments sont très toxiques pour les plantes surtout quand ils sont en excès (c'est le cas dans nos conditions de pH) et perturbent leur nutrition minérale en Ca²⁺, Mg²⁺ et K⁺, indispensables à la constitution des tissus végétaux (Baule et Fricker, 1969 ; cités par Sadio, 1991). En effet, de façon générale des pH très bas ont pour conséquence une toxicité aluminique. On peut noter également une toxicité due au manganèse (Mn), à l'hydrogène (H) et au fer (Fe) notamment réduit Fe (II). D'après

Brady & Weil (2014), dans les sols très acides la disponibilité en macronutriments (Ca, Mg, K, P, N, et S) et des deux micronutriments Mo et B est très réduite. Au contraire, la disponibilité des cations micronutriments (Fe, Mn, Zn, Cu et Co) est très importante. En outre, la forte acidité des sols constitue un facteur limitant pour la minéralisation de la matière organique car elle inhibe l'activité des bactéries spécifiques de cette minéralisation. Enfin le niveau d'acidité est lié à la capacité d'échange cationique et au type d'argile. Toutes choses étant égales par ailleurs, plus la capacité d'échange cationique (CEC) est grande, plus le pouvoir tampon du sol est important (Brady & Weil, 2014). Il faut un suivi permanent du pH en rapport avec l'acidification qui peut découler de la fertilisation azotée par l'apport d'engrais minéraux ou de fumure organique. En effet, les engrains minéraux à base d'ammonium comme le sulfate d'ammonium $[(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4]$ et l'urée $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ accélère l'acidification des sols à travers leur oxydation par des bactéries qui produit des acides inorganiques forts (HNO_3 et H_2SO_4). Le même phénomène est observé avec l'amendement organique à travers deux mécanismes : l'oxydation de l'ammonium et la production d'acides organiques et inorganiques pendant la décomposition (Brady & Weil, 2014). Cette acidification additionnelle peut être combattue par le chaulage pour maintenir le pH à un niveau tolérable par les plantes.

2.1.4. La salinisation des sols

Les sols salés sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents (Szabolcs, 1989 ; Brady & Weil, 2014). Ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (éaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eau marine) (Montoroi, 2005). Leur étude comporte des aspects dynamiques (dans le temps et l'espace), qualitatifs (chimie, minéralogie) et quantitatifs (bilan pondéral). L'importance de la salinité dépend des apports hydriques et du bilan évaporatoire (différence entre l'évaporation et les précipitations) imposé par le climat (Bouteyre & Loyer, 1992). Dans l'estuaire du Sine-Saloum, les eaux superficielles sont caractérisées par de très fortes salinités (Marius, 1977, 1979 et 1985). En effet, la salinisation des terres dans le bassin fluvio-marin du Sine-Saloum est d'origine marine. La séquence géochimique qui conduit des sulfures de fer aux sulfates est associée à un processus de sulfato-réduction microbienne qui dépend fortement des conditions hydrologiques locales (Vieillefon, 1971 ; Van Breemen, 1988a ; Bresler, 1981 ; Marius, 1977, 1979, 1985 ; Bouteyre & Loyer, 1992 ; Montoroi, 2005 ; Brady & Weil, 2014) et qui est exacerbé par la sécheresse. Les périodes réductrices sont caractérisées par la précipitation de sulfures de fer et de matériau sulfidique ou thionique alors que les périodes oxydantes sont

caractérisées par l'acidification qui a pour origine la libération de sulfates et la précipitation de la jarosite $[KFe_3(SO_4)_2(OH)_6]$ dont la dissociation produit de l'acide sulfurique (H_2SO_4) dans ce milieu fluvio-marin.

La salinité des sols de la vallée de Tamra a été appréciée à l'aide des mesures de la conductivité électrique (CE) de l'extrait aqueux 1/5. Ainsi elle affecte les unités de sol V, VI et VII donc les sols hydromorphes minéraux que l'on retrouve essentiellement sur les terrasses moyenne et basse. Les unités de sol I, II, III et IV ne sont pas salées. Mais l'US III (sol peu évolué d'apport, hydromorphe) est menacée en moyenne vallée car des traces de sels y ont été identifiées en profondeur. Il a été constaté l'existence d'un gradient de salinité décroissant d'aval en amont suivant l'axe principal de la vallée et un gradient croissant le long du profil du sol, de la surface vers la profondeur. Cette distribution spatiale confirme les observations de Montoroi (1996) en Casamance (Montoroi, 2005). Ainsi, sur le plan longitudinal, les sols sont plus salés en basse vallée et ne sont que salés à non salés en moyenne et en haute vallée. Sur le plan transversal, les sols les plus salés sont situés le long du lit mineur et ils deviennent de moins en moins salés en terrasse moyenne et haute.

Cette situation traduit une relation étroite entre la topographie et la salinité des sols. Le relief semble influencer la dynamique des sels le long du profil des sols en présence et sur toute la longueur de la vallée. Nous nous sommes alors intéressés à l'étude du profil salin en moyenne et en haute vallée. Le repérage du niveau de forte accumulation des sels dans le profil du sol est d'une grande importance en agriculture. En effet le niveau de la zone d'accumulation des sels est un critère important dans le choix des spéculations à développer dans un milieu menacé par la salinisation (Alexandrova & Naïdionova, 1976). Pour l'agriculteur, il est souhaitable que la couche salée soit aussi profonde que possible car elle constituerait une barrière chimique à la croissance et au développement des cultures. D'où l'intérêt de connaître son niveau de profondeur dans un sol cultivé.

Ainsi, pour avoir une idée plus précise de la distribution des sels suivant la profondeur, les profils salins du sol hydromorphe minéral, salé (US V) en moyenne vallée et du sol peu évolué d'apport hydromorphe (US III) en haute vallée ont été réalisés. Dans le premier (Fig. 28), on observe une forte accumulation de sels entre 100 et 150 cm, des concentrations moyennes dans les 50 premiers cm et des concentrations faibles au milieu du profil (entre 50 et 100cm). Cette allure du profil salin laisse penser que les sels subissent une lixiviation des horizons de surface vers la profondeur. Ceci est d'autant plus probable que ce sol est inondé pendant une bonne partie de l'année (juillet à décembre), donc les sels ont tout le temps pour diffuser le long du profil. Les faibles concentrations au milieu du profil s'expliquent par le

drainage hypodermique latéral du sol, très actif et relaté lors des descriptions morphopédologiques. Ce drainage emporterait les sels latéralement à ce niveau de profondeur du sol. En d'autres termes, il a été noté au cours de la prospection la présence d'un horizon pédologique à texture très légère (limono-sableux à sableux) et à structure particulière au milieu des profils de sols de terrasses basses et moyennes des berges de la vallée de Tamra. Les caractéristiques physiques de cette couche ainsi déclinées laissent sous-entendre l'existence en semi-profondeur de ces sols d'une nappe perchée saisonnière qui s'écoulerait latéralement d'amont vers l'aval de la vallée. Cet écoulement hypodermique latéral empêcherait une relative et forte accumulation des sels solubles au milieu du profil du sol. Cet état de fait est bien perceptible au niveau de la tranche de sol entre 50 et 100 cm de profondeur telle qu'indiquée dans les figures 28 et 29.

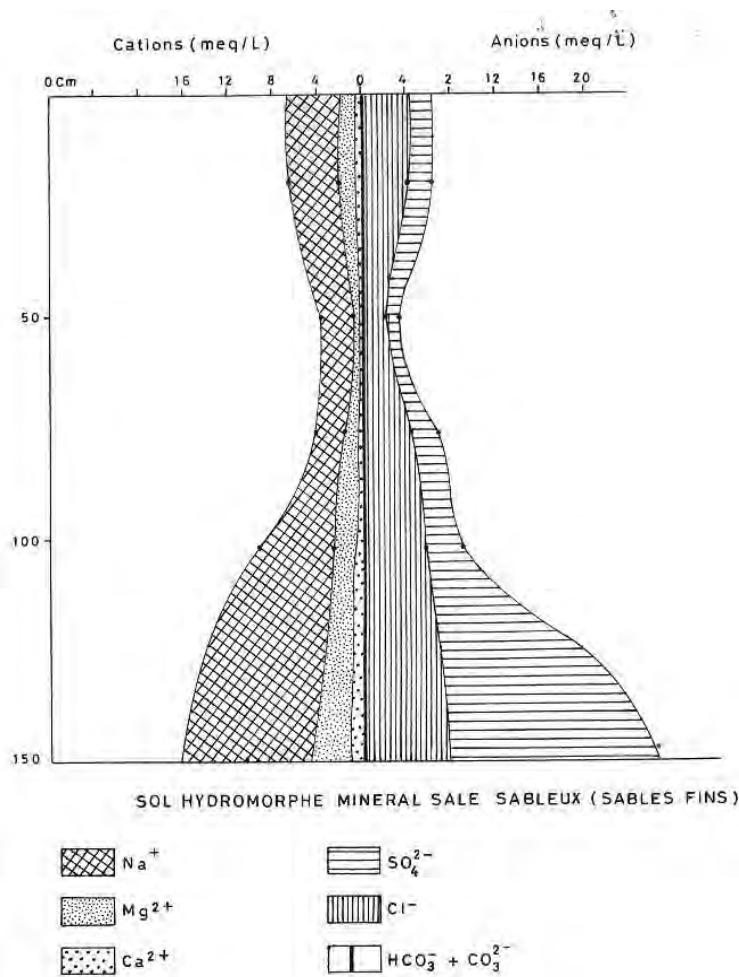


Figure 28: Profil salin du sol au niveau de la moyenne vallée

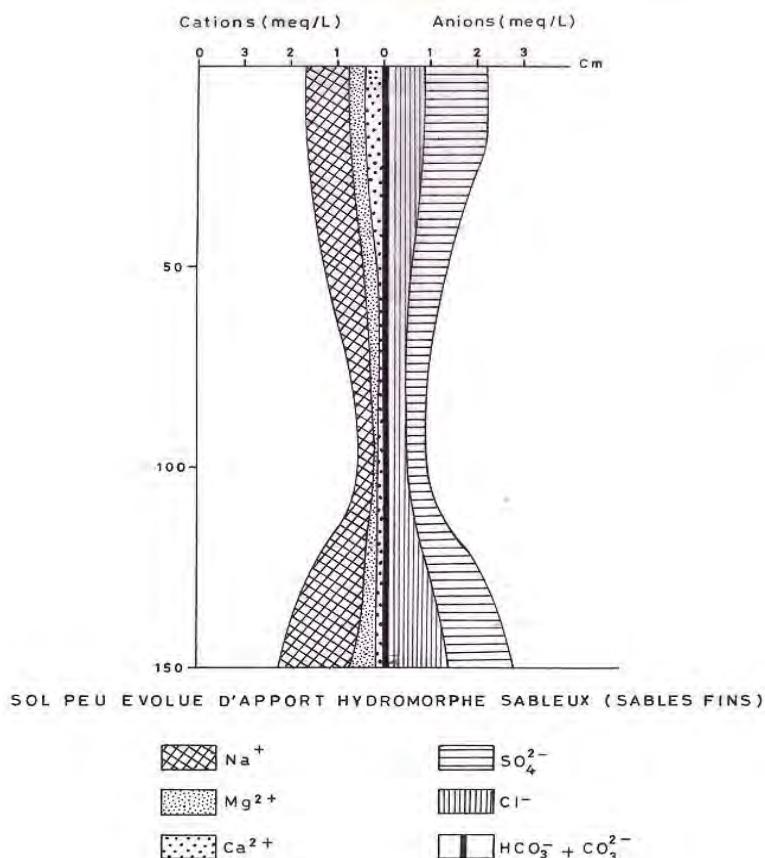


Figure 29: Profil salin du sol au niveau de la haute vallée

Dans le second profil salin (sol peu évolué d'apport hydromorphe) situé en haute vallée, on remarque que les concentrations en sels du sol sont moindres par rapport à la basse et la moyenne vallée ; mais en même temps une accumulation relativement importante en surface et en profondeur est notée. En semi-profondeur, les concentrations sont faibles (Fig. 29). Cette distribution des sels s'explique par le fait que leur dynamique est essentiellement influencée par les fluctuations de la nappe phréatique peu profonde. Ainsi les « fortes » concentrations en surface sont dues au phénomène de remontée capillaire et les faibles concentrations en semi-profondeur à l'existence d'un bon drainage hypodermique qui permet le lessivage latéral des sels.

En plus du profil salin, les diagrammes de Piper et Schoeller ont été tracés pour déterminer les faciès chimiques de la solution du sol, en d'autres termes les éléments dominants dans cette solution. Ainsi au niveau de la nappe phréatique le faciès est hyper chloruré-sodique, très proche de celui de l'eau de mer (Fig. 30 et 31). Le diagramme de Schoeller permet de mettre

en évidence également le gradient de salinité suivant la profondeur. Précisons que les teneurs en sulfates deviennent importantes suivant la profondeur le long du profil du sol.

De ce qui précède, nous pouvons dire que la contrainte que représente la salinité est moindre par rapport à ce qu'on aurait pu penser au début de l'étude. En effet, les 40 premiers cm du sol ont une salinité tolérée par le riz. On constate que la valeur de conductivité électrique la plus élevée pour les unités de sols IV et V est de 3,320 mS/cm et elle a été enregistrée d'ailleurs sur le chenal principal d'écoulement. Montoroi (1996) considère que le degré de salinité des sols dépend de leur position par rapport à l'ancien lit du marigot ; ils sont très salés à proximité de celui-ci et moins vers les bordures. Pour les unités de sols III, VI et VII, les valeurs de CE supérieures à 4 mS/cm ont été mesurées uniquement dans la basse vallée (avant la digue anti-sel), une zone non encore soumise à la culture du riz. Rappelons que Brady et Weil (2014) estiment la tolérance du riz à une conductivité électrique de 4 mS/cm. La difficulté réside plutôt dans le fait que cette salinité est due à la nappe phréatique qui est salée voire sursalée au niveau de la basse et de la moyenne vallée (son faciès chimique est également hyper chloruré-sodique). En ce sens, elle est très difficile à combattre car seule une **reprise pluviométrique** pourrait la dessaler. Or tant que les conditions climatiques resteront les mêmes, les sols seront exposés à cette salinité par remontée capillaire.

Piper Diagram .. Demo of the GWW Software

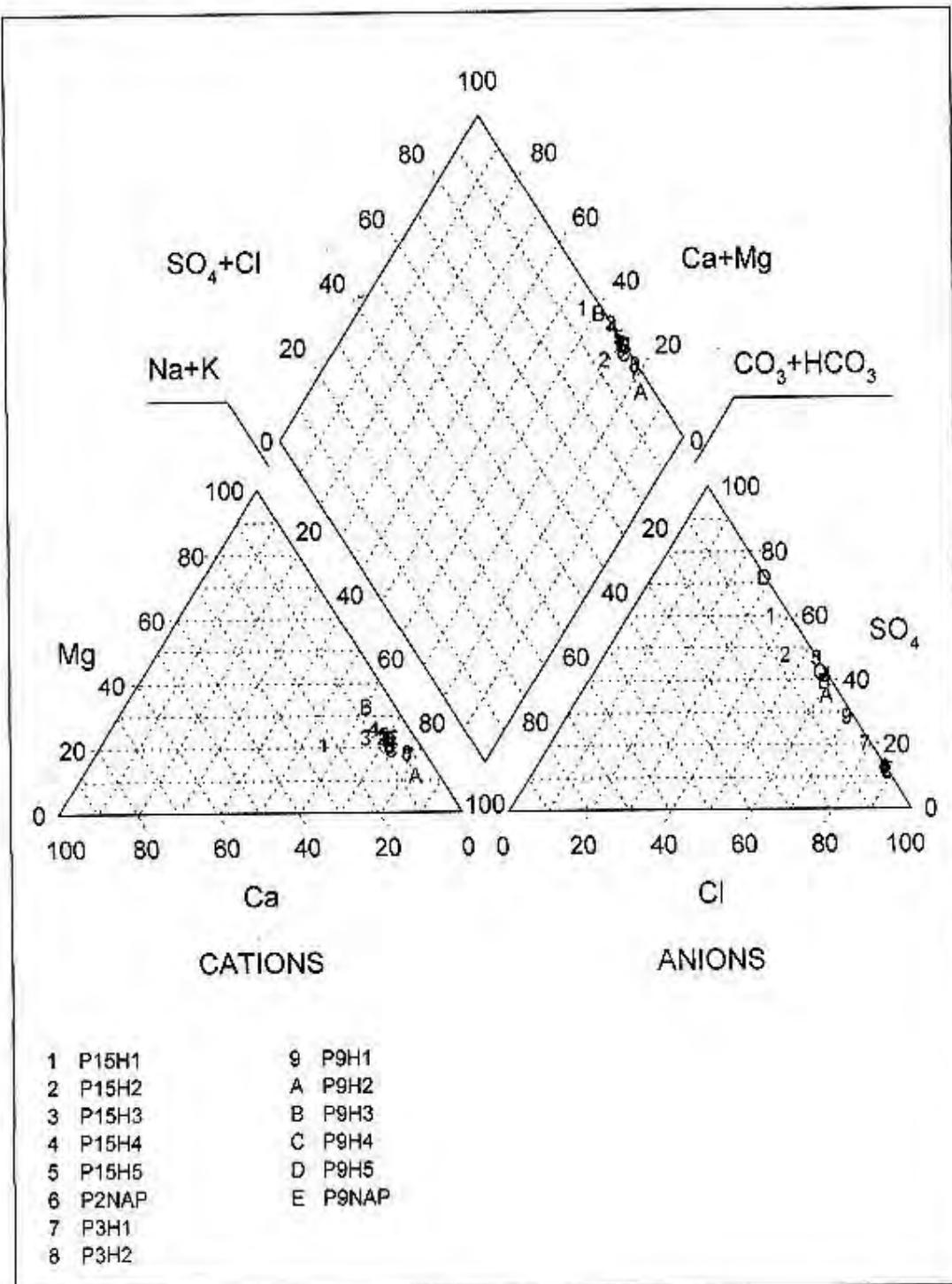


Figure 30: Détermination sur diagramme de Piper des faciès géochimiques des sols et de la nappe

Schoeller Diagram .. Demo of the GWW Software

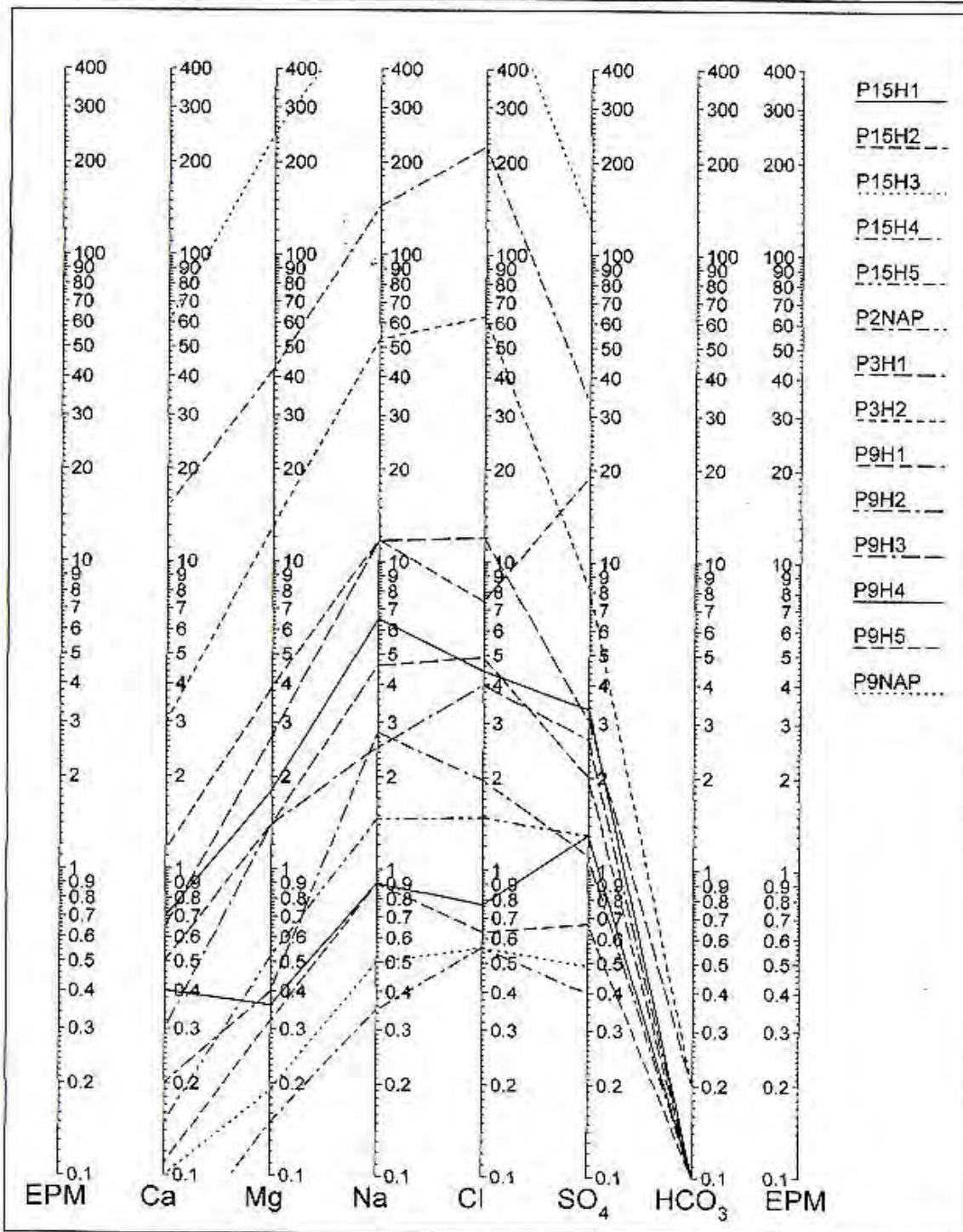


Figure 31: Concentrations en sels des sols et de la nappe phréatique sur diagramme de Schoeller

2.1.5. La faible disponibilité en eau douce

L'alimentation en eau douce est au centre de la problématique de la récupération des sols de la vallée de Tamra. En effet, les plus grands problèmes à résoudre sont la salinité et l'acidité mais il est établi que ces phénomènes sont dus à un drainage climatique nettement déficitaire pendant la plus grande partie de l'année. Ainsi, leur importance dépend donc des apports hydriques et du bilan évaporatoire (le plus souvent positif dans ce milieu estuaire quasi dénudé) déterminés par le climat. Le problème fondamental est donc de fournir aux plantes la quantité d'eau douce dont elles ont besoin pour leur développement. Etant donné que les apports sont faibles (542,34 mm en moyenne) et confinés en saison des pluies, il faut d'abord empêcher leur contact avec les eaux sursalées du Sine-Saloum (c'est l'objectif de la digue anti-sel) et ensuite les piéger pour qu'ils soient disponibles pour les plantes le plus longtemps possible (c'est l'objectif de la digue de retenue). Cependant, malgré ces infrastructures, l'alimentation en eau constitue toujours une contrainte majeure car les apports d'eaux douces ne suffisent pas pour faire reculer le front salé et donc dessaler les sols de la vallée.

2.1.6. Le faible taux de matière organique des sols

Les taux de matière organique des différentes unités de sols sont globalement faibles. Pourtant les rapports C/N sont presque tous supérieurs à 14 ; ce qui traduit théoriquement une lente minéralisation de la matière organique, donc son accumulation. Il y a par conséquent une contradiction entre les taux de matière organique et les rapports C/N calculés.

Cette situation pourrait avoir plusieurs explications. Nous avons signalé le caractère hydromorphe de la quasi-totalité des sols de la vallée. Cette hydromorphie rend faible l'activité biologique dans le sol notamment du fait des conditions d'anaérobiose (asphyxie) et de forte acidité qui y règnent. Ces conditions sont aggravées par l'inondation de la vallée durant la saison des pluies et les mois qui la suivent. Ce qui fait que la matière organique n'est effectivement pas minéralisée de façon rapide ; c'est donc ce qui explique les rapports C/N élevés. Cette lente minéralisation, en rapport avec la faible activité biologique, devrait se traduire logiquement par une forte accumulation de la matière organique. La texture relativement légère des sols interviendrait en favorisant le lessivage de cette dernière. En effet, la texture sableuse des sols ne tend pas à faciliter la rétention de la matière organique car chimiquement le sable est peu actif. D'autre part, la matière organique étant une substance colloïdale, elle subit une dispersion par les sels solubles présents dans ce milieu salé (Brady & Weil, 2014).

Paradoxalement, les sols sont bien pourvus, de façon générale, en azote. Il se pose donc la question de l'origine de cet azote puisque la minéralisation de la matière organique (humus du sol) est lente. Au niveau de certaines parcelles, on a noté l'épandage de fumure organique. On peut estimer que ces apports éventuellement associés à des engrains minéraux, auraient fortement contribué à relever le niveau de fertilité de ces sols en azote. En effet, les bouses de vache, de chevaux ainsi que les fientes de la volaille sont facilement biodégradables.

On note enfin des variations concernant les équilibres entre le Ca, le Mg et le K. Il apparaît dans les résultats analytiques obtenus que le Mg est en excès par rapport au K. Cet excès du Mg pourrait accentuer la carence en K dans ces sols salés de la vallée de Tamra.

2.2. L'aptitude culturale des terres de la vallée de Tamra

Dans cette partie, il s'agit d'apprécier les utilisations les plus optimales pour les différentes unités de sols afin d'en tirer le meilleur profit tout en garantissant la durabilité de l'écosystème.

Pour rappel, les critères diagnostics retenus dans le cadre de cette évaluation des terres de la vallée de Tamra sont : la texture des sols, la profondeur utile, la disponibilité en eau douce, la situation topographique, la stabilité du sol, la salinité, l'acidité, la disponibilité en éléments nutritifs et le coût des aménagements.

Tout d'abord, les caractéristiques des différentes unités de sols ont été appréciées en fonction de ces critères diagnostics (Tableau 9). Ensuite, les atouts, les contraintes majeures et les contraintes mineures à l'exploitation des unités de sols ont été consignés dans le tableau 10. En se référant aux limitations ou contraintes présentées dans le tableau 10, les unités pédologiques rencontrées ont été regroupées en classes d'aptitude (Tableau 11). La carte d'aptitude culturelle a été élaborée à partir de ce regroupement (Fig. 32).

Pour rappel :

US I : Sol ferrugineux tropical, peu lessivé, sablo-limoneux ;

US II : Sol ferrugineux tropical, peu lessivé, hydromorphe, sableux ;

US III : Sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux ;

US IV: Sol hydromorphe minéral, non salé, limono-sableux ;

US V: Sol hydromorphe minéral, salé, limono-sableux ;

US VI: Sol hydromorphe minéral, sale, sulfaté acide, limono-sableux ;

US VII: Sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide, limono-argileux.

Tableau 10: Caractéristiques des unités de sols en fonction des critères diagnostiques

CRITERES	US I	US II	US III	US IV	US V	US VI	US VII
Texture	Sableuse	Sableuse	Limono-sableuse	Limono-argileuse	Limono-argileuse	Sablo-limoneuse	Limono-argileuse
Profondeur utile	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Disponibilité en eau	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne à bonne
Situation topographique	Plateau	Terrasse haute	Terrasse moyenne	Terrasse basse	Terrasse basse	Terrasse basse	Terrasses moyenne et basse
Stabilité du sol	Bonne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne à mauvaise
Salinité	Non salé	Non salé	Non salé	Non salé	Salé	Très salé à extrêmement salé	Variant de peu salé à extrêmement salé
Acidité	Acide	Très acide	Très acide	Très acide	Très acide	Très acide à hyper acide	Très acide
Disponibilité des éléments nutritifs	Faible	Faible à très faible	Faible	Moyenne	-	Mauvaise	-
Coût d'aménagement	Très élevé	Très élevé	Elevé	Faible	Faible	Moyen	Elevé

Tableau 11 : Principales unités de sols avec leurs atouts, contraintes majeures et contraintes mineures

Unités de sol	Atouts	Contraintes majeures	Contraintes mineures
US I	Profondeur utile Stabilité Non salé	Texture Manque d'eau Situation topographique Disponibilité en éléments nutritifs Coût des aménagements	Acidité
US II	Profondeur utile Stabilité Non salé	Texture Manque d'eau Situation topographique Disponibilité en éléments nutritifs Acidité Coût des aménagements	
US III	Profondeur utile Non salé	Texture Manque d'eau Stabilité du sol	Situation topographique Acidité Disponibilité en éléments nutritifs
US IV	Texture Profondeur utile Disponibilité en eau Situation topographique Stabilité Non salé Disponibilité en éléments nutritifs Coût des aménagements		Acidité
US V	Texture Profondeur utile Disponibilité en eau Situation topographique Stabilité Coût des aménagements		Salinité Acidité
US VI	Profondeur utile Disponibilité en eau Situation topographique Stabilité	Salinité Acidité	Texture Disponibilité en éléments nutritifs Coût des aménagements
US VII	Texture Profondeur utile Disponibilité en eau Situation topographique		Stabilité Salinité Acidité Barrière physique (carapace ferrugineuse) Coût des aménagements

Tableau 12: Aptitudes culturelles des différentes unités de sols

UNITES DE SOL	CLASSES D'APTITUDE CULTURALE			
	S1	S2	S3	N1
US I				+
US II				+
US III			S3e	
US IV	+			
US V	+			
US VI		S2as		
US VII			S3sa	

Ordre S : Apte à la riziculture ;

Ordre N : inapte à la riziculture ;

Classe S1 : apte à la riziculture avec presque pas de contraintes ;

Classe S2 : apte à la riziculture mais avec des contraintes mineures ;

Classe S3 : apte à la riziculture mais avec des contraintes majeures comme :

- a : acidité ;
- e : manque d'eau ;
- s : salinité ;
- st : stabilité.

2.2.1. Les terres de l'ordre N : inaptitude actuelle

L'Ordre N renferme les unités de sols I (sol ferrugineux tropical peu lessivé) et II (sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe) que l'on retrouve respectivement sur le plateau et sur la terrasse haute. Il s'agit donc de sols jamais ou alors exceptionnellement inondés du fait de leur position topographique. En outre, elles ont toutes les deux une texture d'ensemble sableuse qui implique une mauvaise disponibilité en eau. Toutes ces conditions font que ces sols ne sont pas aptes à la riziculture pluviale de submersion telle que pratiquée par les populations locales.

2.2.2. Les terres de l'ordre S

L'Ordre S renferme les unités de sols III, IV, V, VI et VII avec des aptitudes différentes.

2.2.2.1. La classe S1 : aptitude élevée

Cette classe renferme les terres qui ont une aptitude potentielle élevée quant à la production de riz. On y retrouve les unités de sols IV (sol hydromorphe minéral, non salé) et V (sol hydromorphe minéral, salé) avec une texture d'ensemble limono-argileuse. La profondeur utile, la disponibilité en eau et la situation topographique sont bonnes. Seule l'acidité pose un problème comme partout dans la vallée.

2.2.2.2. La classe S2 : aptitude moyenne

Les terres de la classe S2 sont aptes à la riziculture mais présentent un ensemble de contraintes moyennement sérieuses que sont l'acidité et la salinité. Ces contraintes font que les avantages globaux sont sensiblement inférieurs à ceux des terres de la classe S1. La classe S2 est seulement représentée par l'unité de sol VI (sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide).

2.2.2.3. La classe S3 : aptitude marginale

Les terres de cette classe présentent des contraintes sérieuses pouvant réduire la productivité de telle sorte que les dépenses pour les lever seraient prohibitives et ne se justifieraient pratiquement pas. On y retrouve les unités de sols III (sol peu évolué d'apport, hydromorphe) et VII (sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide). L'US III a pour contraintes majeures le manque d'eau lié à sa situation topographique et à sa texture, la disponibilité en éléments nutritifs et le coût élevé des aménagements nécessaires pour améliorer son aptitude.

L'US VII quant à elle présente essentiellement des contraintes mineures mais suffisamment nombreuses et déterminantes pour rendre élevé le coût des aménagements nécessaires.

2.2.3. La carte d'aptitude culturelle

Dans le tableau 12 sont récapitulées les différentes classes d'aptitude des terres de la vallée Tamra. La carte d'aptitude culturelle (Fig. 32) a été élaborée sur la base de ce tableau de synthèse.

2.2.4. Récapitulation sur l'aptitude actuelle et potentielle des terres

L'aptitude potentielle des différentes classes a été appréciée en fonction des possibilités d'aménagement ne nécessitant pas de gros moyens qui seraient inaccessibles dans le contexte socio-économique et technologique actuel (Tableau 13).

Tableau 13: Synthèse sur l'aptitude des terres de la vallée de Tamra

CRITERES	S1 (US IV + US V)	S2 (US VI)	S3 (US III + US VII)	N1 (US 1 + US 2)
Texture	Limono-argileuse	Sablo-limoneuse	Limono-sableuse à Argileuse	Sableuse
Profondeur utile	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Disponibilité en eau	Bonne	Bonne	Moyenne à mauvaise	Mauvaise
Situation topographique	Terrasse basse	Terrasse basse	Terrasses moyenne et basse	Plateau et terrasse haute
Stabilité du sol	Bonne	Bonne	Moyenne à mauvaise	Bonne
Salinité	Non salé à salé	Très salé à extrêmement salé	Variant de non salé à extrêmement salé	Non salé
Acidité	Très acide	Très acide à hyper acide	Très acide	Acide à très acide
Disponibilité des éléments nutritifs	Moyenne	Mauvaise	Faible	Faible à très faible
Coût d'aménagement	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé

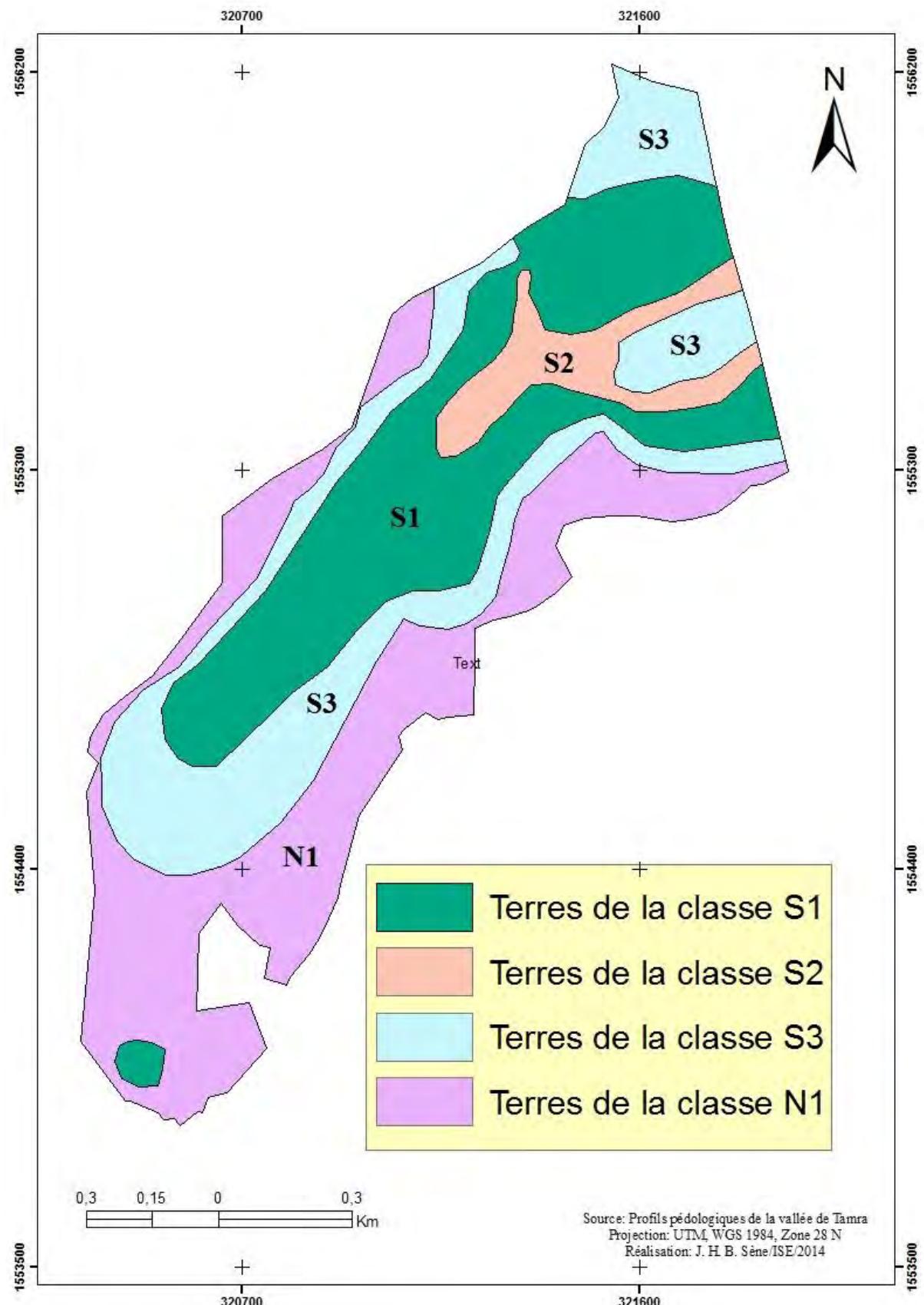


Figure 32: Carte d'aptitude culturale des terres de la vallée de Tamra

Tableau 14: Aptitude actuelle et potentielle des terres de la vallée de Tamra

Classes	Aptitude actuelle	Aptitude potentielle	Superficie (ha)
S1	Bonne	Bonne	46,67
S2	Assez bonne	Bonne	9,83
S3	Marginale	Moyenne	38,79
N	Nulle	Marginale à moyenne	47,78

2.3. Les aménagements et modes d'utilisation recommandés par classe de terres

2.3.1. Les terres de la classe S1

- Pour mieux exploiter le potentiel élevé des terres de la classe S1, il est nécessaire d'avoir une **bonne maîtrise de l'eau**. Il s'agit de sols soumis à une inondation dont le niveau et la durée, s'ils ne sont pas maîtrisés, pourraient compromettre le développement correct des cultures. Il faut donc pouvoir évacuer l'eau à temps en cas d'excès pour éviter les risques d'asphyxie qui découleraient d'une inondation non contrôlée.
- Dans le but de relever le statut organique de cette classe de terres, il est utile de réaliser un **amendement organique**. On peut se limiter à un épandage de fumier mais compte tenu de la faiblesse des taux de matière organique dans tous les sols cultivés de l'île, la quantité de fumier disponible serait insuffisante. Le compostage et l'apport d'engrais minéraux pourraient être envisagés par les populations. Mais il faudra tenir compte de l'acidification induite par l'oxydation de l'ammonium et la production d'acides organiques et inorganiques lors de la décomposition de la matière organique.
- Un **amendement calcique** (chaulage) peut permettre de relever le niveau de pH. En plus de la correction du pH, le chaulage améliore la stabilité structurale du sol (Duchaufour, 1984 ; Julien *et al.*, 2005) à travers la régulation de la mobilité des métaux (chéluviation) notamment le fer impliqué dans les liaisons électrostatiques organo-minérales. Le relèvement du pH consécutif au chaulage stimule la minéralisation de la matière organique par l'augmentation de l'activité biologique.
- Cet effet peut être renforcé par le **phosphatage (phosphate calcique ou phosphogypse)**. D'après Ndène (2013), le gain de rendement en riz avec le chaulage seul est de 1,2 fois par ha et par an, tandis que la combinaison chaulage + phosphatage accroît le rendement de 1,5 fois par ha et par an. Il faut néanmoins faire attention aux métaux lourds (Pb, Cd et

Cr) présents dans le phosphogypse et qui peuvent être toxiques pour les plantes et même pour l'homme (bioaccumulation).

- Pour réduire les effets de l'érosion éolienne et hydrique, il est souhaitable de pratiquer le **paillage (mulching)** avec les résidus de récolte. Cette pratique aura également comme avantage d'améliorer le statut organique des sols et de limiter l'impact de l'évaporation et donc la remontée capillaire des sels entraînée par celle de la nappe salée à sursalée. En outre, elle facilite l'infiltration des eaux de pluies qui contribue à repousser le biseau salé.
- **Le billonnage**, technique déjà utilisée dans la vallée, doit être systématique surtout dans ces sols situés dans la partie centrale. Les billons doivent être orientés dans le sens de l'axe de la vallée (longitudinal) pour une meilleure gestion du niveau et de la durée d'inondation adéquats pour les cultures.

Les effets de ces différents aménagements seront renforcés avec la sélection de variétés de riz plus résistantes à la salinité et à l'acidité et avec des cycles végétatifs courts.

2.3.2. Les terres de la classe S2

Les contraintes majeures des terres de la classe S2 sont la salinité et l'acidité alors que la texture, la disponibilité en éléments nutritifs et le coût des aménagements sont des contraintes mineures. Les aménagements et modes d'utilisation recommandés sont différents selon qu'on est en moyenne vallée ou en basse vallée.

En **moyenne vallée**, il est possible de pratiquer la riziculture après correction des principales limitations.

- La **maîtrise de l'eau** permet de lutter contre la salinité. En effet, le lessivage des sels peut être obtenu par l'ouverture des digues en début d'hivernage. Il faut également veiller à un niveau et une durée d'inondation adéquats pour les cultures.
- Le **billonnage** permet d'accroître le lessivage des sels et l'évacuation de l'excès d'eau.
- Comme pour les terres de la classe S1, un **amendement organique** est recommandé pour améliorer la capacité de rétention en eau qui est faible du fait de la texture sablo-limoneuse. Cet amendement permettra aussi d'augmenter le pouvoir tampon des sols et la fertilité chimique.
- Le pH pourra être relevé par le **chaulage** qui, en plus, permet d'améliorer la nutrition minérale des cultures grâce aux effets positifs de l'ion bivalent Ca^{2+} .
- Il est nécessaire de procéder au **phosphatage** pour renforcer l'effet du chaulage dans la réduction de l'acidité.

- Le **mulching** doit être systématique dans la vallée surtout dans les parties rizicoles.

En basse vallée, cette classe de terres est apte pour le reboisement avec des espèces halotolérantes et acidophiles surtout au niveau des dépressions. Ces terres peuvent également servir de zones de pâturage pour le bétail.

2.3.3. Les terres de la classe S3

Cette classe renferme l'US III (sol peu évolué d'apport, hydromorphe) et l'US VII (sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide). L'US III a comme contraintes majeures la texture (limono-sableuse), la disponibilité en eau et la stabilité. Il s'agit de contraintes extrêmement difficiles à lever pour pouvoir pratiquer la riziculture. Il est plus pertinent de donner une autre vocation à ces terres. Après l'analyse des atouts et des contraintes, l'**US III** est plus apte pour le maraîchage. Les aménagements recommandés sont :

- Des travaux pour la rétention des eaux de pluie au niveau de la haute vallée ;
- Un amendement organique pour améliorer le statut organique, la capacité de rétention en eau et le pouvoir tampon ;
- Un amendement calcique pour relever le pH et contribuer à la stabilisation de la structure grâce aux effets du cation bivalent Ca^{2+} ;
- Et le paillage pour améliorer le taux de matière organique et l'infiltration des eaux de pluie, réduire l'évaporation et donc la remontée capillaire des sels ;

L'oseille, la patate douce, la pomme de terre, la tomate, le manioc, le gombo, l'aubergine, le piment... conviennent à ce type de sol.

En plus du maraîchage, ce type de sol, compte tenu de son niveau topographique élevé, pourrait accueillir des variétés de riz de montagne telle que le *nérica*, actuellement utilisé au Sénégal. Cette variété exige peu d'eau pour sa croissance et son développement.

Quant à l'**US VII**, elle a des contraintes mineures comme la salinité, l'acidité et la stabilité. En plus elle se trouve presqu'entièrement avant la digue anti-sel donc subit l'influence des marées. Ainsi malgré les quelques atouts qu'elle présente pour la riziculture, cette unité de sol est plus apte pour servir de pâturage et de zone de reboisement avec des espèces halotolérantes et acidophiles.

2.3.4. Les terres de la classe N1

Cette classe renferme l'US I (sol ferrugineux tropical peu lessivé) et l'US II (sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe). Elles présentent pratiquement les mêmes contraintes.

Seule l'acidité les différencie. Ces contraintes font que ces terres ne sont pas aptes à la riziculture pluviale de submersion qui est pratiquée dans la vallée de Tamra. Elles sont plutôt aptes, pour l'US I à la culture des céréales (sorgho, mil) et de l'arachide et pour l'US II au maraîchage en cas d'apport d'eau douce en qualité et en quantité. En vue de protéger la vallée de l'érosion éolienne et surtout hydrique, l'US II peut supporter la mise en place d'une haie vive. Dans ce contexte, le reboisement avec *Acacia ataxacantha*, une espèce locale, peut être une bonne solution. En plus, cela permettra de réduire la pression du bétail sur la moyenne et la haute vallée. Le parc arboré présent sur cette classe de terres doit être densifié. Il s'agit d'un renforcement car il y a un important parc agroforestier avec, entre autres, *Borassus aethiopum*, *Azadirachta indica*, *Dialium guineense*, *Zizyphus mauritiana*, *Maytenus senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Elaeis guineensis*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Anacardium occidentale*, *Detarium senegalense*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Adansonia digitata*, etc. En plus des avantages écologiques d'un tel renforcement, les revenus des populations locales seront accrus avec la commercialisation des fruits de certaines de ces espèces.

2.3.5. Récapitulation sur les aménagements et les modes d'utilisation

Tableau 15: Synthèse des aménagements et modes d'utilisation recommandés

Classe	Mode d'utilisation	Type d'aménagement	Aptitude potentielle
S1	Riziculture pluviale de submersion	Travaux de maîtrise de l'eau Billonnage Amendement organique Amendement calcique Phosphatage Mulching	Elevée
S2	Riziculture pluviale de submersion (en moyenne vallée)	Travaux de maîtrise de l'eau Billonnage Amendement organique Amendement calcique Phosphatage Mulching	Elevée
	Reboisement (en basse vallée)	Amendement organique Amendement calcique Phosphatage Mulching	Moyenne
S3	US III Maraîchage (oseille, pomme de terre,	Travaux pour la retenue des eaux de pluie Amendement organique Amendement calcique Mulching	Elevée
	US VII Reboisement (espèces halotolérantes et acidophiles)		Moyenne
N	Reboisement (renforcement du parc arboré existant) Haie vive Céréaliculture Arachide	Agroforesterie Amendement organique Mulching	Elevée

2.4. La végétation de la vallée : le potentiel fourrager

L'inventaire de la végétation présente dans la vallée de Tamra a montré la grande variabilité floristique qui la caractérise. Cette variabilité est illustrée par le nombre important de familles (33) et d'espèces (86) répertoriées. La végétation est largement dominée par les espèces herbacées. Les espèces ligneuses sont généralement présentes sur les bordures de la vallée. On constate aussi que certaines espèces caractéristiques des milieux salés telles que *Blutaparon vermicularis*, *Eragrostis squamata*, *Cyperus crassipes* et *Paspalum vaginatum* sont présentes

dans les trois unités géomorphologiques à savoir la basse, la moyenne et la haute vallée. La présence de ces espèces indicatrices de salinité de la basse à la haute vallée montre que toute la vallée est affectée par le phénomène de salinisation. Notons cependant que le processus de salinisation diminue en intensité au fur et à mesure qu'on remonte la vallée. La pratique de la riziculture dans la moyenne et la haute vallée a fait que nous n'avons pas pu déterminer le recouvrement de ces espèces. Ce qui nous aurait permis de faire des comparaisons concernant leur distribution dans l'espace.

La présence de *Elaeis guineensis* dans la moyenne vallée et celle de *Neocarya macrophylla* dans la haute vallée laissent penser que le milieu n'a pas toujours été salé car ces espèces sont caractéristiques de milieux d'eaux douces, surtout la première. Ce fait confirme les propos des personnes âgées que nous avons « interviewées » lors de nos enquêtes. En effet celles-ci ont unanimement affirmé que le phénomène de la salinisation de la vallée remonte au début des années 1970.

Les résultats obtenus ne mettent pas en évidence de façon absolue l'effet des aménagements sur la composition floristique. En effet il est difficile de lier systématiquement la faible présence des espèces halotolérantes en moyenne et haute vallée à la présence de ces aménagements.

Cependant la reprise de la riziculture après plus de trois décennies d'interruption n'aurait certainement pas eu lieu sans les digues mises en place.

Nous pouvons donc supposer qu'il y a eu un dessalement (aussi faible soit-il) de la moyenne et de la haute vallée. Mais étant donné que ces deux unités sont cultivées, leur composition floristique est considérablement modifiée. Le fait qu'il y ait moins d'espèces (en termes de recouvrement) dans ces deux unités que dans la basse vallée ne peut être considéré à coup sûr comme le résultat d'un dessalement même si cela est très probable. L'interprétation des résultats a été rendue très difficile par l'absence de situation de référence concernant la composition floristique.

Nous avons également essayé de mettre en relation la distribution des espèces végétales avec celle des unités de sols. Ainsi nous avons remarqué que les espèces ligneuses ont pratiquement épousé le contour quasi concentrique des unités de sol I (sol ferrugineux tropical peu lessivé) et II (sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe).

Nous pensons que la répartition des espèces végétales est, d'une part, le résultat de l'anthropisation en moyenne et haute vallée et, d'autre part, de la nature des sols (degré de salinité et humidité). En effet, rappelons que la salinité augmente des bordures de la vallée vers le centre et de l'amont vers l'aval. L'humidité également augmente des bordures vers le centre et de l'amont vers l'aval. Ces deux paramètres influencent de façon notable la distribution des végétaux dans la vallée.

Quant à la nature légère de la texture des sols notamment en amont, elle est illustrée par la présence d'un pied de *Neocarya macrophylla* qui est le plus souvent un indicateur de texture sableuse des sols. Signalons qu'*Acacia ataxacantha* constitue la limite virtuelle des contours de la vallée.

On note par ailleurs une forte représentation des Cyperaceae et des Poaceae. Globalement, les espèces herbacées recensées dans la vallée de Tamra sont les mêmes que celles que Sadio (1991) a trouvé dans le domaine des tannes, sur le continent. Il s'agit d'espèces adaptées à la salinité et à la sécheresse. Le parc arboré est aussi semblable à celui qu'on retrouve sur le continent même s'il semble plus riche que celui décrit par Sadio. Ceci peut s'expliquer par le fait que les agriculteurs sérères ont tendance à épargner les espèces utiles telles que *Borassus aethiopium*, *Dialium guineense*, *Zizyphus mauritiana*, *Sclerocarya birrea*, *Terminalia macroptera*, *Prosopis africana*, *Acacia nilotica*, *Ficus thonningii*, *Parkia biglobosa*, *Detarium senegalense*, *Tamarindus indica* et *Adansonia digitata*. L'utilité de ces espèces est surtout relative à leur rôle nutritif aussi bien pour l'homme que pour le bétail et le sol.

Signalons également qu'au niveau de la basse vallée certaines herbacées sont très appétées par le bétail. Il s'agit de la quasi-totalité des Poaceae inventoriées dans la vallée. Au niveau de la moyenne et de la haute vallée, la composition floristique est très modifiée. Mais la paille de riz peut constituer une source nutritive pour le bétail. Cependant il y a une précaution à prendre ; certaines femmes se sont plaintes de la destruction de leurs cultures par les troupeaux que les bergers laissaient entrer dans la vallée pendant l'hivernage. Il faut par conséquent contrôler (surveiller) cette entrée et la situer dans le temps.

2.5. La sauvegarde du potentiel agro-écologique de la vallée de Tamra

2.5.1. L'entretien des ouvrages hydro-agricoles

En plus des recommandations formulées concernant les aménagements et les modes d'utilisation des différentes classes de terre, il faut ajouter l'entretien des digues et des

ouvrages de crue. La végétalisation permet de les stabiliser mais elles restent exposées à l'érosion. La dynamique organisationnelle des populations constatée dans l'île de Mar est un atout majeur pouvant faciliter cet entretien. En effet, on note une réelle appropriation par les populations des actions de récupération et de valorisation des sols salés.

Les ouvrages hydro-agricoles ont un impact réel dans la récupération des sols de la vallée de Tamra. Les variations des propriétés physico-chimiques des unités de sols présentes en basse vallée et en moyenne vallée l'illustrent parfaitement. Dans ces conditions, il est impératif de garantir un entretien régulier de ces ouvrages qui subissent une dégradation par le vent, l'eau, le bétail et l'homme.

2.5.2. La lutte contre l'érosion

L'analyse granulométrique des sols de la vallée a permis de constater un phénomène de comblement consécutif aux dépôts provenant du plateau et de la terrasse haute. L'érosion hydrique et l'érosion éolienne sont responsables de la situation qui pourrait conduire, dans le moyen à long terme, à la disparition de la vallée. Pour lutter contre cette érosion, il est impératif :

- De renforcer le parc arboré au niveau du plateau et de la terrasse haute en moyenne et haute vallée avec des espèces appartenant au parc agro-forestier, donc déjà présentes ;
- De reboiser en basse vallée le plateau et la terrasse haute avec des espèces halotolérantes et acidophiles ;
- De renforcer la ligne locale d'*Acacia ataxacantha* présente tout autour de la vallée.

Conclusion et Perspectives

L'île de Mar dans laquelle se trouve la vallée de Tamra est habitée par une population constituée essentiellement d'agro-pasteurs. On compte quatre villages dans l'île et il se pose actuellement avec acuité un déficit de terres cultivables, étant donné le niveau et le rythme de dégradation des sols mais aussi l'augmentation de la population. La vallée de Tamra est la plus importante de l'île, par sa taille et son caractère inondable en hivernage, capable d'accueillir un grand nombre de ses habitants pour la pratique de la riziculture. Le riz joue un rôle important dans l'alimentation des sénégalais. Ainsi nous avons apprécié la qualité de ces terres distribuées aux populations par les associations villageoises pour la culture du riz.

La prospection pédologique menée dans la vallée de Tamra nous a permis de constater le caractère complexe de la couverture pédologique. Sept unités de sol (US) ont été identifiées :

- US I : Sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux ;
- US II : Sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux ;
- US III : Sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux ;
- US IV : Sol hydromorphe minéral, non salé, limono-sableux ;
- US V : Sol hydromorphe minéral, salé, limono-sableux ;
- US VI : Sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux ;
- US VII : Sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide, limono-argileux.

La disposition de ces types de sols dans la vallée est remarquable. En effet ils sont disposés d'une manière quasi-concentrique suivant la topovariance autour de la vallée. Ceci illustre le rôle prépondérant de la topographie et de la fluctuation de la nappe phréatique, très minéralisée, dans la pédogenèse au niveau de cette vallée.

À partir de leurs caractéristiques physico-chimiques, nous avons déterminé les contraintes à leur exploitation rizicole. Celles-ci se déclinent en termes de : texture légère, ensablement causé par l'érosion hydrique et éolienne, forte acidité et salinité des sols, faibles taux de matière organique et insuffisance de l'eau douce pour la riziculture.

La texture légère induit une faible capacité de rétention du sol en eau. Cependant, la prédominance de la fraction fine (sables fins et limons) atténue les effets néfastes de cette faible capacité de rétention.

Les risques de comblement de la vallée de Tamra ont été mis en évidence par l'analyse des courbes granulométriques cumulatives. En effet, la granulométrie est hétérométrique dans les horizons de surface et monométrique dans les horizons de profondeur. Cette situation laisse penser qu'il y a des apports de matériaux par les vents et par les eaux de pluie et celles du marigot de Djilor. Cette tendance, si elle se poursuit, pourrait conduire au comblement de la vallée. D'où la nécessité de réaliser un reboisement conséquent pour renforcer la haie vive naturelle autour de la vallée tout en privilégiant l'utilisation des espèces locales.

La salinité s'explique par la remontée du cours de la vallée par la langue salée en provenance du marigot de Djilor contaminant la nappe phréatique peu profonde et dont la fluctuation influence les sols notamment ceux situés en terrasse moyenne et basse. Le maintien et le renforcement des digues déjà mises en place pourrait contribuer à repousser le biseau salé.

L'acidité des sols dans ce site est essentiellement d'origine géologique car le matériau vaseux de ce domaine fluvio-marin est riche en pyrite (sulfure de fer). L'acidification des sols pourrait être combattue par des amendements (chaulage) et apports substantiels de matière organique.

Les sols identifiés présentent tous de faibles taux de matière organique, un élément fondamental dans le maintien de la fertilité des terres.

En outre, un inventaire de la flore de la vallée a été réalisé et a révélé une biodiversité végétale appréciable. La vallée est riche en espèces végétales appétées par les bovins et caprins. Une bonne organisation des populations de l'île peut permettre d'exploiter, après la récolte du riz, ce pâturage naturel frais puisqu'elles sont des agro-pasteurs. La présence des troupeaux d'animaux domestiques dans la vallée constitue un moyen non négligeable pour augmenter les restitutions organiques aux sols et ainsi améliorer leur statut organique.

Cette caractérisation a aussi permis de dégager les atouts que présentent ces sols. Ils sont bien drainés et ne présentent pas de difficultés majeures d'aménagement en vue de leur exploitation.

Pour une exploitation rentable et respectueuse de l'environnement des terres de la vallée, la carte d'aptitude culturale a été réalisée sur la base de la carte des sols établie au préalable et des fonctionnalités offertes par cet agro-système. Ainsi la possibilité d'une diversification des cultures a été établie. Une affectation est proposée pour les terres actuellement jugées inaptes à la riziculture. Les cultures maraîchères sont préconisées pour les terres de la classe S3. Au

niveau de la basse vallée, elles peuvent faire l'objet d'un reboisement avec des espèces halotolérantes et en même temps servir de pâturages. L'agroforesterie peut être pratiquée sur les terres de la classe N1 en plus de la culture de céréales et de l'arachide.

C'est donc la pratique d'une agriculture intégrée (système agro-sylvo-pastoral) fondée sur les fonctionnalités de l'écosystème qui est préconisée.

Nous pensons que cette vallée a un potentiel agricole et écologique appréciable. Cependant, une bonne compréhension de son fonctionnement et une organisation appropriée des populations sont indispensables pour l'exploitation durable de cet écosystème humide.

Il convient principalement de renforcer sa protection vis-à-vis des apports de particules solides pour lutter contre son ensablement. Il est également important d'améliorer le statut organique des sols par un amendement conséquent.

Le contrôle de la salinité est un préliminaire à toute utilisation rationnelle de ces sols car elle est essentiellement due à une forte fluctuation de la nappe phréatique, peu profonde et très minéralisée. Un dispositif de suivi de la qualité des sols et des eaux doit être mis en place.

Afin de rendre effectifs les modes d'utilisation proposés, la carte de sols et la carte d'aptitude culturale doivent être vulgarisées auprès des populations locales.

Références bibliographiques

1. **Adam J. G. (1958).** Floristique des pâturages salés (halophytes et subhalophytes) et végétation des rizières du Sine-Saloum. Journal d'Agronomie Tropicale et de Botanique Appliquée, Dakar, (8-9) : 505-664.
2. **Ahmadi N., Chantereau J., Hekimian Lethève C., Marchand J. L. et Ouendeba B. (2014).** Les céréales. In Mémento de l'agronome, éditions Quae, Mayenne : 777-829.
3. **Alexandrova L. N. & Naïdionova O. A. (1976).** Interprétation des résultats d'analyse de l'extrait 1/5 du sol. In Manuel pratique de pédologie, 3^{ième} édition "Kolos", Léningrad : 176-184.
4. **ANSD (2011).** Situation économique et sociale régionale. Service régionale de la statistique et de la démographie de Fatick : 121 p.
5. **Aubrun A. & Marius C. (1980).** Programme de développement de la vallée de Baïla en Casamance. Etude pédologique, organisation et environnement. Paris : 116 p.
6. **Bâ M., Diop E. S., Diouf B., Soumaré A., Chevillote H., Barusseau J. P. & Descamps C. (1992).** Evolution de l'embouchure du Saloum de 1958 à 1992. In Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal, Dakar : 121-131.
7. **Baize D. (1988).** Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris : 172 p.
8. **Baize D. & Jabiol B. (1995).** Guide pour la description des sols. INRA, Paris : 357 p.
9. **Banque Mondiale (1992).** Rapport sur le développement dans le monde 1992 : le développement et l'environnement. Oxford University Press pour la Banque Mondiale, Washington : 298 p.
10. **Barusseau J. P., Diop E. S. & Saos J. L. (1985).** Evidence of dynamics reversal in tropical estuaries, geomorphological and sedimentological consequences (Salum and Casamance Rivers, Senegal). Sedimentology, 32 : 543-552.
11. **Barusseau J. P., Diop E. S., Giresse P., Monteillet J. & Saos J. L. (1986).** Conséquences sédimentologiques de l'évolution climatique fini-holocène ($10^2 - 10^3$ ans) dans le delta du Saloum (Sénégal). Journal d'Océanographie tropicale, 21 (1) : 89-98.
12. **Bellion Y. (1987).** Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, Iullemeden, Tchad). Thèse université d'Avignon : 292 p.
13. **Berhaut J. (1967).** Flore du Sénégal. 2^{ième} édition, Clairafrique, Dakar : 485 p.

14. **Beye G. (1973a).** Une méthode simple de dessalement des sols de tanne de Casamance : le paillage. Journal d'Agronomie Tropicale, Dakar, (28): 537-548.
15. **Biot P. (1956).** Evolution des théories de la circulation générale. Annales de géographie, Paris, 65 (348) : 81-97.
16. **Bouteyre G. & Loyer J. Y. (1992).** Sols salés, eaux saumâtres, des régions arides tropicales et méditerranéennes: principaux faciès, conséquences pour l'agriculture. *In* L'aridité une contrainte au développement : caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés. Orstom éditions, Paris : 69 - 80.
17. **Boyer J. (1982).** Les sols ferrallitiques : facteurs de fertilité et utilisation des sols. Collection Initiations-Documentations Techniques de l'Orstom, Tome X, Paris : 384 p.
18. **Brady N. C. & Weil R. R. (1996).** The nature and properties of soils. Prentice-Hall International Inc., eleventh edition, New York:741 p.
19. **Brady N. C. & Weil R. R. (2014).** The nature and properties of soils. Dorling Kindersley (India) Pvt. Ltd., fourteenth edition, New Delhi: 1046 p.
20. **Bresler E. (1981).** Transport of salts in soils and subsoils. *In* Holms *et al. (eds)*:Land and stream salinity, Elsevier, Amsterdam: 35-62.
21. **Bresler E., Dagan G., Wagenet R. J. & Laufer A. (1984).** Statistical analysis of salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity. Soil science American Journal, 48, (1): 16-25.
22. **Carreras F. (1973).** Aide-mémoire sur les ressources hydriques du Sénégal : aperçu climatologique, condensé géologique, nappes aquifères. Rapp. IRAT/CNRA Bambe : 25 p.
23. **Chaboud C. & Laloë F. (1983).** Eléments sur la pêche et l'agriculture dans les îles du Saloum. Rapport Epeec, Unesco : division des sciences de la mer, Dakar : 166-170.
24. **Charreau C. (1963).** Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal. Agronomie Tropicale, (19) : 63-120.
25. **Chauveau J. P. & Laloë F. (1982).** La pêche maritime artisanale dans les îles du Saloum : bilan provisoire. *In* L'estuaire et la mangrove du Sine-Saloum. Rapports de l'Unesco sur les sciences de la mer, Dakar, (32) : 10 p.
26. **CIRAD, GRET & MAE (2014).** Mémento de l'agronome. Editions Quae, Mayenne : 1691 p.
27. **CPCS (1967).** Classification des sols. Ecole Nationale de Sciences Agronomiques, Paris : 96 p.
28. **CSE (2010).** Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Dakar : 266 p.

29. **Dacosta H. (1992).** Variabilité des précipitations sur le bassin versant du Saloum. In Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal, Dakar : 87-103.
30. **Daffé M. & Sadio S. (1988).** Régénération des sols salins du bassin du Sine-Saloum. Notice de la carte d'occupation des sols et du zonage. Convention N° C-87067, PNUD/ISRA/DRPF, Dakar: 122 p.
31. **Dent D. (1986).** Acid sulfate soils: a baseline for research and development. ILRI publications, (39) : 204 p.
32. **Deschamps C., Thilmans G. & Thommeret Y. (1974).** Données sur l'édification de l'amas coquillier de Diorom Boumak (Sénégal). Bulletin de liaison Asequa, Dakar, (41) : 67-84.
33. **Diatta M. (1994).** Mise en défens et techniques agroforestières au Sine-Saloum (Sénégal). Effets sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse de doctorat Université scientifique L. Pasteur (Strasbourg 1) : 202 p + annexes.
34. **Diarra M. (1999).** Formation et évolution fini holocènes et dynamique actuelle du delta Saloum-Gambie (Sénégal-Afrique de l'Ouest) : géomorphologie, stratigraphie, sédimentologie et dynamique sédimentaire. Thèse de doctorat université de Perpignan, Perpignan (FRA) : 159 p.
35. **Diaw A. T., Bâ A., Bouland P., Diouf P. S., Lake L-A., Mbow M-A., Ndiaye P. & Thiam M. D. (1992).** Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal. Actes de l'atelier de Gorée, 27-29 juillet 1992, UICN, ISRA, IFAN, Dakar : 487 p.
36. **Diaw A. T., Le Rhun J., Verger F. & Thiam M. D. (1992).** Géographie des terrains salés et nus de mangrove : la problématique des tannes. In Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal, Dakar : 43-61.
37. **Diop E. S. (1978).** L'estuaire du Saloum et ses bordures (Sénégal), étude géomorphologique. Thèse de doctorat de 3^{ième} cycle, Université de Strasbourg : 274 p., 4 pl, h. t.
38. **Diop E. S. (1986).** Estuaires holocènes tropicaux. Etude de géographie physique comparée des « rivières du sud » : du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (République de Guinée). Thèse de doctorat d'Etat, Université de Strasbourg : 565 p.
39. **Diop E. S. & Barusseau J. P. (1994).** Synthèse sur les facteurs climatiques, hydrologiques et hydrodynamiques ; conséquences sur les phénomènes de sédimentation. InDynamiques et usages de la mangrove dans les pays des rivières du sud (du Sénégal à

- la Sierra Leone).* Orstom, colloques et séminaires, atelier de travail du 08 au 15 mai 1994, Dakar : 33-40.
40. **Diouf P. S., Bousso T., Diadhiou H. D. & Kébé M.** (1992). La pêche dans les estuaires du Sénégal. In Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal, Dakar : 311-322.
41. **Duchaufour P. (1977)**. Pédologie : pédogenèse et classifications. Editions Masson, Paris : 477 p.
42. **Duchaufour P. (1984)**. Abrégé de pédologie. Editions Masson, Paris : 220 p.
43. **Durand J. H. (1983)**. Les sols irrigables. Agence de coopération Culturelle et Technique-Conseil International de la langue française. Paris: 339 p.
44. **Elouard P., Evin J., Martin V. & Becker C. (1974)**. Kjökkemödding de Bangalère. Région du Saloum (Sénégal). Bulletin de liaison Asequa, Dakar, (41) : 85-87.
45. **Emerit M. (1960)**. Etude granulométrique de la mangrove de Joal (Sénégal). Ann. Fac. Sciences. Université de Dakar, t. v., Dakar : 107-108.
46. **Fall R. D. & Diagne P. N. (2010)**. Les ressources en terres pour l'agriculture au Sénégal. Editions de l'Institut national de Pédologie, Dakar-Hann : 62 p.
47. **FAO (1976)**. Cadre pour l'évaluation des terres. Bulletin pédologique de la FAO N° 32, Rome: 64 p.
48. **FAO (1988)**. Directives : Evaluation des terres pour l'agriculture pluviale. Bulletin pédologique de la FAO N° 52, Rome: 54 p.
49. **FAO (2011)**. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London: 285 p.
50. **Faure H., Vieillefon J. & Diop C. A. (1974)**. Evolution de la ligne de rivage holocène en Casamance (Sud du Sénégal). Bulletin de liaison Asequa, Dakar, (42-43) : 91-99.
51. **Fitzpatrick E. A. (1983)**. Soils: their formation, classification and distribution. New edition, Longman Higher Education. London : 384 p.
52. **FNUAP (2011)**. Rapport sur l'état de la population mondiale 2011. 7 milliards de personnes : leur monde, leurs possibilités. UNFPA New York : 132 p.
53. **Foucault A. & Raoult J. F. (1999)**. Dictionnaire de géologie. 4^{ième} édition, Masson, Paris : 352 p.
54. **Gaye C. B. & Sarr R. (1983)**. Hydrogéologie des îles du Saloum (données liminaires sur les eaux souterraines des îles de Dionewar et Niodior). Rapport technique Epeec, Unesco, division des sciences de la mer, Dakar : 82-86.

55. **Hinsinger P., Schneider A., Dufey J. E. (2005).** Le sol: ressource en nutriments et biodisponibilité. In *Sols et environnement: cours, exercices et études de cas*. Dunod éd., Paris : 285-304.
56. **Julien J. L., Charlet L., Dambrine E., Delvaux B., Dufey J. E., Fardeau J. C., Le Cadre E. et Tessier D. (2005).** L'acidification des sols. In *Sols et environnement: cours, exercices et études de cas*. Dunod éd., Paris : 516-537.
57. **Lasnier-Lachaise L. (1973).** Agronomie nouvelle. Editions Flammarion, Loire : 347 p.
58. **Le Borgne J. (1988).** La pluviométrie au Sénégal et en Gambie. UCAD, Dakar: 95 p.
59. **Lebrun J. P. & Stork A. L. (1991).** Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol. I. Généralités et Annonaceae à Pandaceae. Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève : 249 p.
60. **Lebrun J. P. & Stork A. L. (1992).** Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol. II. Chrysobalanaceae à Apiaceae. Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève : 257 p.
61. **Lebrun J. P. & Stork A. L. (1995).** Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol. III. Monocotylédones : Limnocharitaceae à Poaceae. Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève : 341 p.
62. **Lebrun J. P. & Stork A. L. (1997).** Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol. IV. Gamopétales : Clethraceae à Lamiaceae. Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève : 712 p.
63. **Le Floc'h E., Grouzis M., Cornet A & Bille J. C. (1992).** L'aridité : une contrainte au développement ; caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés. Editions de l'Orstom, Paris : 597 p.
64. **Legros J. P. (2009).** La salinisation des terres dans le monde. Conférences de l'Académie des Sciences et des Lettres de Montpellier ; séance du lundi 22/06/2009, N° 4069, Bulletin N° 40, PP. 257-259. <http://academie.biu-montpellier.fr/>
65. **Leprun J. C., Marius C. & Perraud E. (1976).** Caractérisation de la pédogenèse durant le dernier millénaire sur les amas coquilliers des îles du Saloum (Sénégal). Bulletin de liaison Asequa, Dakar, (49) : 13-25.
66. **Leroux M. (1980).** Le climat. In *Les atlas du Sénégal*. Edition Jeune Afrique : 12-17.
67. **Leroux M. (1983).** Le climat de l'Afrique tropicale. Ed. H. Champion, Paris : 633 p.
68. **Lozet J. & Mathieu C. (1997).** Dictionnaire de science du sol. Technique et Documentation Lavoisier, 3^{ième} édition, Paris : 488p.

69. **Maignien R. (1969).** Manuel de prospection pédologique. Orstom Paris: 139 p.
70. **Marius C. (1977).** Proposition pour une classification et cartographie des sols de mangroves tropicales. Orstom Dakar, 28 p.
71. **Marius C. (1977).** Notice explicative de la carte pédologique au 1/50000 du Saloum. Orstom Dakar : 76 p.
72. **Marius C. (1979).** Effets de la sécheresse sur l'évolution phytogéographique et pédologique de la mangrove en basse Casamance. Bulletin de l'IFAN. Série A : Sciences naturelles (SEN), Dakar, 41 (4) : 669-691.
73. **Marius C. (1985).** Mangrove du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement. Thèse sciences naturelles, université Louis Pasteur, Strasbourg : 335 p.
74. **Marius C., Lucas J. & Kalck Y. (1986).** Evolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent et changements de la végétation et des sols de mangroves liés à la sécheresse actuelle. Symposium « changements globaux en Afrique », Orstom Dakar: 5 p.
75. **Marius C. (1995).** Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie. Sécheresse (FRA), Orstom Dakar, 6 (1): 123-125.
76. **Marius C. & Lucas J. (1991).** Holocene mangrove swamps of west Africa sedimentology and soils. Journal of African Earth Sciences, (Printed in Thailand), 12 (1/2): 41-54.
77. **Massibot J. A. & Carles I. (1946).** Mise en valeur des « tannes » rizicultivables du Sine (Sénégal). Agronomie tropicale, 1(9-10) : 451-466.
78. **Mathieu C. & Pieltain F. (1998).** Analyse physique des sols : méthodes choisies. Technique et Documentation –Lavoisier, Paris : 275 p.
79. **Matty F. (1987).** Connaissance des sols du Sénégal et méthodes d'études. Rapport de stage, DRPF/ISRA, Dakar : 13 p.
80. **Michel P. (1973).** Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique. Mémoires Orstom, Tome I, Paris, 63 : 365 p. + Photographies.
81. **Michel P. (1973).** Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique. Mémoires Orstom, Tome II, Paris, 63 : 368 p. + Photographies.
82. **Montoroi J. P. (1996).** Gestion durable des sols de la mangrove au Sénégal en période de sécheresse : dynamique de l'eau et géochimie des sels d'un bassin versant aménagé. Collection Etudes et Thèses, Orstom éditions, Paris : 263 p.
83. **Montoroi J. P. (2005).** Sols salés et environnement. *In Sols et environnement: cours, exercices et études de cas*. Dunod éd., Paris : 608-626.

84. **Mutsaars M. & Van Der Velden J. (1973).** Le dessalement des terres du delta du fleuve Sénégal. Bilan de trois années d'expérimentation et perspectives. PNUD/FAO/OMVS, Saint Louis : 73 p.
85. **Ndène M. S. (2013).** Capitalisation de l'expérience de l'ANCAR dans l'appui conseil à la lutte contre la salinisation des rizières du département d'Oussouye (Région de Ziguinchor, Sénégal). Agridape, Dakar, 29 (3) : 10 p.
86. **Niang A. I. (1985).** Etude des reboisements sur les terres salées du Sine Saloum (Sénégal). Bilan et perspectives de 12 années de recherches. Mémoire de fin d'études, 2^{ème} année ESAT, Montpellier : 126 p.
87. **Pereira-Barreto S. (1985).** Salinisation et désertification des sols et des eaux. Rapport Comides II, /TCP/SEN/4503, Dakar : 30 p.
88. **Perez-Vitoria S. & Sevilla Guzman E. (2008).** Petit précis d'agroécologie. Nourriture, autonomie, paysannerie. Consulté le 02 janvier 2009 sur :
http://postconflict.unep.ch/humanitarianaction/documents/fr-057-02_01-02_09.pdf.
89. **Piéri C. (1989).** Fertilité des terres de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la coopération et CIRAD-IRAT, Paris : 444 p.
90. **Ramade F. (2005).** Eléments d'écologie, Ecologie Appliquée. 6^{ème} édition, Dunod, Paris : 864 p.
91. **Rapport final EPEEC (1982).** Atelier d'étude des mangroves et de l'estuaire du Saloum (Sénégal). Unesco : Division des sciences de la mer, Dakar : 175 p.
92. **Rapport technique EPEEC (1983).** Atelier d'étude des mangroves au Sud de l'estuaire du Saloum : Diomboss-Bandiala (Sénégal). Unesco, Division des sciences de la mer, Dakar : 170 p.
93. **Roger J., Noël B. J., Barusseau J. P., Serrano O., Nehlig P., Duvail C. (2009a) –** Notice explicative de la carte géologique du Sénégal à 1/500 000, feuilles nord-ouest, nord-est et sud-ouest. Ministère des Mines, de l'Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar : 61 p.
94. **Sadio S. (1986).** Etude pédologique des facteurs de mortalité des essences forestières introduites en milieux salés au Sénégal. Reboisement des Niayes et du Sine-Saloum. Orstom Dakar : 7 p.
95. **Sadio S. (1991).** Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine-Saloum (Sénégal). Thèse d'état, Orstom éditions, Dakar : 269 p.

96. **Sadio S. & Daffé M. (1988).** Régénération des sols salins du bassin du Sine-Saloum. Etude pédologique. Convention N° C-87067, PNUD/ISRA/DRPF, Dakar : 79 p.
97. **Sall M. & Diop E. S. (1975).** Le Gandoul et les îles Bétanti. Etude géomorphologique. Bulletin de liaison Asequa, (44-45), Dakar : 47-55.
98. **Sall M. & Diop E. S. (1976).** Géomorphologie et évolution des lignes de rivage holocène dans les îles du Saloum. Bulletin de liaison Asequa, Dakar, (58) : 51-58.
99. **Sarr R. (1995).** Etude biostratigraphique et paléoenvironnementale des séries d'âge Crétacé terminal à Eocène moyen du Sénégal occidental. Systématique et migration des ostracodes. Thèse d'état, Université Cheikh Anta Diop de Dakar : 335 p.
100. **Schaller N. (2013).** L'agro-écologie : des définitions variées, des principes communs. In Analyse, Paris, 59 : 4 p.
101. **Senagrosol-Consult (1994).** Etude cartographique des sols de la vallée de Birkama-Goudomp. Rapport final, Dakar : 32 p + Annexes.
102. **Spengler (de) A., Castelain J., Cauvin J. & Leroy M. (1966).** Le bassin secondaire-tertiaire du Sénégal. In : « bassins sédimentaires du littoral africain, 1^{ère} partie ». D. Reyre (édit.) Association des services géologiques africains, Paris : 80-94.
103. **Stassart P. M., Baret P., Grégoire J. C., Hance T., Mormont M., Reheul D., Stilmant D., Vanloqueren G., Visser M. (2012).** L'agroécologie : trajectoire et potentiel pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. Consulté sur <http://www.agroecology.be> le 13-05-2012
104. **Szabolcs I. (1989).** Salt-affected soils. CRC Press LLC, Boca Raton Florida: 274 p.
105. **Thiam M. D. (1986).** Géomorphologie, évolution et sédimentologie des terrains salés du Sine-Saloum (Sénégal). Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Université Paris I : 186 p.
106. **Van Breemen N. (1987).** Effects of redox processes on soil acidity. Netherlands Journal of Agricultural Sciences, Wageningen, (35): 271-279.
107. **Van Breemen N. (1988a).** Redox processes of iron and sulfur involved in the formation of acid sulfate soils. In *J. W. Stucki et al. (eds.): Iron in soils and Clay minerals*, D. Reidel Publishing Company, Wageningen: 825-841.
108. **Vieillefon J. (1970).** Le problème des repères stratigraphiques quaternaires en Casamance (Sénégal). Bulletin de liaison Asequa, Dakar, (26) : 11 p.
109. **Vieillefon J. (1971).** Contribution à l'étude du cycle du soufre dans les sols des mangroves. Ses rapports avec l'acidification naturelle ou provoquée. Cahiers Orstom, série Pédologie, Dakar, 9 (3) : 241-270.

110. **Vieillefon J. (1973).** Compte-rendu du symposium sur les sols acides à sulfates (Pays-Bas). Cahiers Orstom, série Pédologie, Wageningen, 11 (2) : 193-198.
111. **Vieillefon J. (1974).** Quelques conséquences des transformations du soufre sur la pédogenèse dans une séquence de sols du domaine fluvio-marin tropical. Cahiers Orstom, série Pédologie, Dakar, 12 (1) : 47-60.
112. **Veyret Y. et al. (2007).** Dictionnaire de l'environnement. Armand Colin, Paris : 404 p.
113. **Vizier J. F. (1963).** Etude d'une toposéquence au sud de la Kayanga (haute Casamance). Orstom Dakar, Centre de recherches pédologiques de Hann : 66 p.
114. **Wauthy B. (1983).** Introduction à la climatologie du golfe de Guinée. Océanographie tropicale, Papeete, Polynésie française, 18 (2) : 103-138.

ANNEXES

ANNEXES I : RÉSULTATS DES ANALYSES DE SOL ET DE NAPPE PHRÉATIQUE

Profils	Horizons	Profondeur (cm)	PH eau 1/2,5 à 25 °c	PH KCL 1/2,5 à 25°C	CE 1/5 µS/ cm
JHP 1	H1	0-45	4,36	4,09	11 900
	H2	45-80	4,20	4,05	18 600
	H3	80-97	3,29	3,11	9 800
	H4	97-120	2,70	2,56	20 300
JHP 2	H1	0-28/34	4,43	4,13	5 300
	H2	28/34-74	4,52	4,25	10 600
	H3	74-110	5,04	4,70	11 500
	H4	110-140	2,36	2,25	31 590
JHP 3	H1	0-20	4,33	3,74	1 500
	H2	20-88	4,09	3,94	2 300
	H3	88-120	2,81	2,72	4 300
JHP 4	H1	0-7	4,09	3,84	10 900
	H3	75-117	4,24	3,96	2 600
	H4	117-130	2,96	2,87	3 600
JHP 5	H1	0-40	3,95	3,77	90
	H3	98-150	4,20	4,02	1 400
JHP 6	H1	0-8	4,55	4,03	350
	H2	août-48	3,94	3,64	1 600
	H3	48-100	4,27	4,16	510
	H4	100-120	3,99	3,87	780
JHP 7	H1	0-47	4,05	3,97	380
	H3	60-90	3,78	3,62	380
	H4	90-150	3,83	3,71	780

Profils	Horizons	Profondeur (cm)	PH eau 1/2,5 à 25 °c	PH KCL 1/2,5 à 25°c	CE 1/5 µS/ cm
JHP 8	H1	0-27	4,64	4,34	110
	H2	27-95	4,09	4,01	240
	H3	95-130	4,27	4,14	690
JHP 9	H1	0-10	4,19	4,09	1 120
	H3	35-65	4,39	4,30	1 050
JHP 10	H1	0-11	4,37	4,22	1 860
	H2	nov-47	4,47	4,32	460
	H3	47-79	4,29	4,12	1 500
	H4	79-120	2,94	2,81	2 600
JHP 11	H1	0-18	4,85	4,42	150
	H2	18-37	4,76	3,96	340
	H3	37-55	4,11	3,85	370
	H4	55-85	4,22	4,14	710
	H 5	85-130	2,47	2,24	4 900
JHP 12	H1	0-43	4,47	4,05	420
	H2	43-55	4,17	4,02	1 090
	H4	65-120	3,52	3,37	1 340
JHP 13	H1	0-20	4,23	4,10	540
	H2	20-46/49	3,93	3,77	220
	H3	46/49-150	4,24	4,09	670

Profils	Horizons	Profondeur (cm)	PH eau 1/2,5 à 25 °c	PH KCL 1/2,5 à 25°c	CE 1/5 µS/ cm
JHP 14	H1	0-14	4,81	4,15	23
	H2	14-68	4,75	4,09	27
	H3	68-93	4,62	4,00	1 190
	H4	93-108	4,46	4,50	104
	H 5	108-150	4,01	3,89	225
JHP 15	H1	0-10	4,17	4,00	620
	H2	10_60	4,00	3,89	150
	H3	60-135	3,69	3,52	504
	H4	135-150	3,85	3,70	690
JHP 16	H1	0-10	4,23	4,07	3 320
	H2	10_47	4,15	3,98	500
	H3	47-120	4,26	4,08	1 720
JHP 17	H1	0-17	3,95	3,68	1 800
	H2	17-34	3,82	3,73	850
	H3	34-65	3,66	3,52	370
	H4	65-106	3,68	3,56	1 280
JHP 18	H1	0-20	3,85	3,71	1 000
	H3	117-150	3,64	3,51	760
JHP 19	H1	0-8	3,66	3,54	3 110

Profils	Horizons	Profondeur (cm)	PH eau 1/2,5 à 25 °c	PH KCL 1/2,5 à 25°c	CE 1/5 µS/ cm
JHP 20	H1	0-18	4,16	3,98	830
	H2	18,58	3,85	3,64	189
	H3	58-88	3,58	3,46	480
	H4	88-130	3,86	3,70	570
JHP 21	H1	0-5	4,49	4,28	40
	H2	5_45	3,96	3,87	96
	H3	45-95	3,64	3,51	227
	H4	95-130	3,94	3,79	699
JHP 22	H1	0-24	3,88	3,78	265
	H2	24-45	3,94	3,74	180
	H4	84-120	4,04	3,91	364
JHP 23	H1	0-14	4,06	3,83	713
	H3	55-106	3,96	3,77	1 020
JHP 24	H1	0-30	4,05	3,84	165
	H2	30-76	3,85	3,72	194
	H3	76-104	3,75	3,57	400
	H4	104-115	3,48	3,30	1 090
JHP 25	H1	0-24	3,83	3,71	590
	H2	108-150	3,95	3,83	540
JHP 26	H1	0-13	5,04	4,26	22
	H2	13-130	4,27	4,13	34
	H3	130-150	4,86	4,30	32

RÉSULTATS DES ANALYSES COMPLÉMENTAIRES DE SOLS ET DE NAPPE PHRÉATIQUE

N° Profil	P (cm)	Granulométrie %					Bases échangeables meq/100 grs				CEC meq/100 g	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)
		Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺				
JHP 7	0-45	10,50	2,50	40,79	44,04	0,17	x	x	x	x	x	3,81	0,072	x
JHP 7	45-80	15,00	6,00	26,24	50,93	0,48	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 7	80-97	6,75	1,00	43,85	47,39	0,7	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 37	0-10	4,25	2,50	18,92	75,21	0,2	x	x	x	x	x	0,61	0,039	x
JHP 37	10-60	6,50	1,75	19,12	72,35	0,17	x	x	x	x	x	0,56	0,034	x
JHP 37	60-135	8,75	0,50	18,87	70,84	0,11	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 41	0-8	3,00	3,75	18,26	75,11	0,16	x	x	x	x	x	0,63	0,037	x
JHP 45	0-24	8,75	7,25	22,87	61,6	0,18	x	x	x	x	x	0,52	0,032	x
JHP 45	24-45	19,75	6,25	18,70	55,7	0,1	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 45	84-120	12,75	2,00	30,07	52,89	0,09	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 47	0-30	14,50	11,50	31,83	42,38	0,16	x	x	x	x	x	1,86	0,056	x
JHP 47	30-76	8,25	1,75	24,59	65,2	0,2	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 47	76-104	8,75	2,25	23,32	68,55	0,23	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 44	0-13	3,75	1,00	23,73	71,63	0,26	x	x	x	x	x	0,33	0,018	0,026
JHP 44	13-130	5,00	1,00	23,76	67,46	0,25	x	x	x	x	x	x	x	x
JHP 44	130-150	5,75	0,50	20,11	71,91	0,41	x	x	x	x	x	x	x	x

Bilan ionique : Eau nappe phréatique JHP8

PH	CE $\mu\text{s}/\text{cm}$	Cations meq/l				Anions meq/l		
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
2,94	130 400	84	272	548,9	2,51	806	102,5	1,1

N° profil	JHP 11	JHP 11	JHP 33	JHP 58	JHP 9	JHP 33								
Horizons (cm)	0-20	80-140	0-20	20-50	50-76	76-102	102-150	0-20	20-50	50-76	76-102	102-150	Nappe	Nappe
CE (mS/cm)	1,745	7,689	0,852	0,313	0,591	1,183	2,898	0,227	0,225	0,134	0,101	0,304	26	120
Anions (meq/L)	CO ₃ ²⁻	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
	HCO ₃ ⁻	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	Traces	0,10	0,10	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
	Cl ⁻	63,10	4,93	1,97	4,01	4,44	7,44	0,77	0,63	0,56	0,56	1,48	225,5	943,7
	SO ₄ ²⁻	8,19	2,02	1,12	2,67	3,33	19,00	1,30	0,67	0,49	0,40	1,30	33,2	128,6
	Somme	71,29	7,05	3,19	6,78	7,87	26,44	2,17	1,40	1,05	0,96	2,78	258,7	1072
Cations (meq/L)	Ca ²⁺	3,00	0,50	0,20	0,30	0,70	1,15	0,40	0,11	0,10	0,05	0,15	15,0	60,0
	Mg ²⁺	13,00	1,40	0,40	1,40	1,80	3,90	0,36	0,32	0,19	0,15	0,52	42,6	248,0
	Na ⁺	53,20	4,60	2,80	2,50	6,50	11,80	0,90	0,90	0,50	0,35	1,46	144,5	752,0
	K ⁺	1,13	0,15	0,08	0,08	0,20	0,48	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	4,0	20,0
	Somme	70,33	6,65	3,48	4,28	9,20	17,33	1,70	1,38	0,82	0,58	2,16	206,1	1080

N° échantillon		G6008	G6009	G6015	G6016	G6017	G6018	G6019	G6020	G6021	G6022	G6023	G6024	G6025	G6026
N° profil		JHP 9	JHP 9	JHP 33	JHP 36	JHP 36	JHP 58								
Horizons (cm)		0-37	78-140	0-20	20-50	50-76	76-102	102-150	0-47/50	91-150	0-20	20-50	50-76	76-102	102-150
CE (mS/cm)		10,529	12,421	0,852	0,313	0,591	1,183	2,898	0,044	0,26	0,227	0,225	0,134	0,101	0,304
pH eau		3,52	2,4	4,32	3,90	3,56	3,46	2,63	4,45	3,91	3,89	3,59	3,6	3,83	4,68
pH KCl		3,41	2,3	3,94	3,58	3,44	3,38	2,5	3,94	3,64	3,78	3,55	3,54	3,8	3,74
Granulométrie (%)	Argiles	13	13,3	5,8	8,5	6,3	6,3	2,3	5,5	8	7,5	5,5	3,5	1,8	0,5
	Limons	10,5	13,6	14,3	4,1	3,7	4,1	7,2	11	4,4	10,1	4,2	1,1	2,5	1,4
	Sables	75,8	65	82	87	89,4	88,6	90,3	82,6	87,4	82,7	92,3	95,5	95,9	97,9
Carbone (‰)				11,14	1,59				2,59		8,05	1,91			
Azote total (‰)				0,89	0,17				0,20		0,53	0,14			
C/N				12	9				13		15	14			
P ₂ O ₅ assimila. (ppm)				18	3				3		4	2			
Complexe adsorbant (meq/ 100 g)	Ca			0,92	0,28				0,2		0,23	0,11			
	Mg			1,12	0,43				0,1		0,16	0,11			
	Na			2,17	0,75				0,036		0,205	0,199			
	K			0,127	0,087				0,052		0,045	0,044			
	S			4,34	1,55				0,39		0,64	0,68			
	T			1,6	1,4				0,6		1,20	1			
	V			-	-				65		53	68			

ANNEXES II : DESCRIPTION DES PROFILS PÉDOLOGIQUES TYPIQUES LE LONG DE LA VALLÉE

JHP 44 (US I)

I- Description de l'environnement :

Ce profil se situe sur le plateau, plus exactement sur une pente à quelques 4 m d'une butte. Il est dans une parcelle de mil récoltée. La microtopographie est mamelonnée. La roche apparente est du sable. La végétation herbacée est dense et composée essentiellement d'*Eragrostis spp.*; *Andropogon spp.*. Les arbustes sont représentés par *Acacia ataxacantha*....

II- Description du Profil

JHP 44	0 – 13 cm	13 – 130	130 – 150
Humidité	Sec	Sec à Frais	Frais
Couleur	10 YR 6/4 : brun jaunâtre clair	10 YR 6/8 : jaune brunâtre	10 YR 6/8 : jaune brunâtre
Matières O	Humifère	Peu Humifère	Non perceptible
Taches	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Texture	Sable	Sable fin	Sable-argile
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique fine voire particulaire	Continue
Porosité	Poreux	Poreux	Peu Poreux
Consistance	Peu Compacte	Friable	Friable
Activités biologiques	Quelques trous de rongeurs et de fourmis	Quelques trous de rongeurs et de fourmis	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires et quelques racines moyennes	Quelques chevelus racinaires et racines fines à grossière	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	NOMBREUSES concrétiōns (iron-pipe)
Transition	Progressive de H1 à H2	Abrupte de H2 à H3	

III- Synthèse

Sol sur le plateau caractérisé par un horizon humifère très profond (130 cm) et une texture d'ensemble sableuse avec la présence d'un horizon sablo-argileux avec des concrétiōns denses (iron-pipes).

C'est un sol apte pour la culture de l'arachide, du mil, du sorgho et pour l'arboriculture.

Tous les horizons ont été prélevés.

IV- Proposition d'appellation

SOL FERRUGINEUX TROPICAL PEU LESSIVÉ, SABLEUX.

JHP 36 (US II)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur la terrasse haute. La topographie est plane, la microtopographie mamelonnée (billons). La roche apparente est un sable fin. La zone est exceptionnellement inondée. La végétation y est composée d'*Acacia ataxacantha*, *Maytenus senegalensis*, *Borassus aethiopum*, *Ipomoea pes-caprae*, *Spermacoce verticillata*.

II- Description du profil

JHP 36	0 - 47/50 cm	47/50-91	91-150
Humidité	Sec	Frais	Humide à engorgé
Couleur	Beige jaunâtre	Beige blanchâtre	Gris blanchâtre
Matière organique	Humifère	Peu humifère	Non perceptible
Taches	Quelques grossières taches rougeâtres	Bariolé rouge violet à 95 %	Bariolé ocre jaunâtre à 60 %
Texture	Sable fin	Sable fin	Sable-argile
Structure	Polyédrique fine	Fine à particulaire	Continue
Porosité	Poreux	Poreux (textural)	Peu poreux
Consistance	Compact	Peu compact	Compact
Activité biologique	Quelques trous de fourmis	Non perceptible	Non perceptible
Racines	Nombreux chevelus racinaires et quelques racines fines	Rares chevelus racinaires	Rares racines fines à moyennes
Inclusions	Non perceptible	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Transition	Ondulée et abrupte de H1 à H2	Progressive de H2 à H3	

III- Synthèse

Sol sur matériau d'ensemble sableux à sablo-argileux en profondeur avec un très épais horizon humifère et présentant un caractère hydromorphe (horizon rouge violet au milieu). C'est un sol remanié et très profond. Le drainage est bon. Il est apte à la culture du mil et de l'arachide.

IV- Proposition d'appellation

SOL FERRUGINEUX TROPICAL PEU LESSIVÉ, HYDROMORPHE, SABLEUX (sable fin).

JHP 37 (US II)

I- Description de l'environnement :

Le profil se situe sur la terrasse haute. On note une pente moyenne orientée Ouest-Est. La microtopographie est plane. Le drainage latéral est excessif suivant la pente. La roche apparente est du sable. La végétation est dense et composée essentiellement d'*Eragrostis spp.*, *Cyperus spp.*, *Andropogon spp.*, *Hygrophila auriculata*, *Spermacoce verticillata*, *Acacia ataxacantha*. On note également la présence d'un *Ficus* et de deux pieds de *Borassus flabellifer* à 10 m du profil.

II- Description du Profil

JHP 37	0 – 10 cm	10 – 60	60 – 135	135 – 150
Humidité	Sec	Sec à Frais	Humide	Engorgé
Couleur	10 YR 6/6 : jaune brunâtre	10 YR 6/8 : jaune brunâtre	2.5 YR 4/8 : rouge	7.5 YR 6/2 : gris pinkish
Matières O	Humifère	humifère	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Néant	Néant	Quelques passées sableuses de 10 YR 7/8 (jaune)	NOMBREUSES plages de 10 R 4/4 (rouge weak) et quelques de 10 YR 7/8 (jaune)
Texture	Sable-Argile	Sable-argile	Argile- Sable	Argile-sable
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique fine	Polyédrique moyenne à fine	Massive
Porosité	Poreux	Poreux	Peu Poreux	Peu Poreux
Consistance	Meuble	Friable	Peu Compacte	Peu compacte
Activités biologiques	Quelques trous d'insectes et dépôts de toiles organiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires et racines fines	Quelques chevelus racinaires et racines grossières à orientation horizontale	Racines pourries	Racines pourries
Inclusions	Néant	Néant	Quelques concrétions ferrugineuses grossières à moyennes	Néant
Transition	progressive de H1 à H2	Graduelle de H2 à H3	progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Le profil est sur la terrasse haute, caractérisé par un épais horizon humifère (60 cm) reposant sur un horizon rougeâtre avec des concrétions ferrugineuses. En profondeur se dégage un horizon argilo-sableux gris tacheté ocre jaune (signe probable d'acidité).

Il est apte au maraîchage et au reboisement.

La nappe phréatique affleure à 150 cm.

IV- Proposition d'appellation

SOL FERRUGINEUX TROPICAL PEU LESSIVÉ, HYDROMORPHE

JHP 45 (US III)

I- Description de l'environnement :

Le profil se situe sur la terrasse moyenne, en amont de la digue de retenue, plus précisément à 45 m du 1^{er} exutoire. La microtopographie est plane. Le drainage latéral est moyen et orienté d'Ouest en Est. La roche apparente est de l'argile. La végétation est dense et dominée par *Spermacoce verticillata*.

II- Description du Profil

JHP 45	0 – 24 cm	24 – 45	45 – 84	84 – 120
Humidité	Sec	Sec à frais	Humide	Engorgé
Couleur	10 YR 4/2 : brun grisâtre sombre	10 YR 5/2 : brun grisâtre	10 YR 6/3 : brun pâle	10 YR 7/2 : gris clair
Matières O	Humifère	Humifère	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Quelques petites taches de 7.5 YR 5/8 (brun foncé)	Bariolé à 10 % de 2.5 YR 5/8 (rouge)	Bariolé à 50 % de 5 YR 5/8 (rouge jaunâtre) et à 40 % de 7.5 YR 5/8 (brun foncé)	Quelques plages à orientation verticale de 7.5 YR 6/8 (jaune rougeâtre)
Texture	Argile	Argile	Sable-Argile	Sable-Argile
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique grossière anguleuse	Continue	Continue
Porosité	Peu Poreux	Peu Poreux	Poreux	Poreux
Consistance	Peu Compacte	Très Compacte	Peu Compacte	Molle
Activités biologiques	Quelques trous d'insectes	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires et racines fines	Rares chevelus racinaires	Rares racines fines	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Néant
Transition	progressive de H1 à H2	abrupte de H2 à H3	progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol sur terrasse moyenne caractérisé dans la 1^{ère} moitié du profil par un horizon humifère très compact dans sa partie inférieure ; le tout reposant sur un matériau sablo-argileux boulant en profondeur. La texture d'ensemble du profil est argilo-sableuse. Le drainage latéral est bon tandis que le drainage vertical est mauvais. L'horizon rougeâtre bien présent au début de la 2^{ième} moitié du profil illustre une fluctuation de la nappe phréatique. C'est un sol présentant un horizon gris en profondeur tacheté ocre jaune citron (certainement un signe d'acidité).

C'est un sol apte à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL PEU EVOLUÉ D'APPORT, HYDROMORPHE.

JHP 58 (US III)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe sur la terrasse basse. La topographie est plane, la microtopographie mamelonnée (billons). La roche apparente est un sable fin. La zone est inondable. Comme espèces végétales, on identifie *Spermacoce verticillata*, *Ipomaea pes-caprea*.

II- Description du profil

JHP 58	0 - 35/40cm	35/40 – 59	59 – 120	120 – 150
Humidité	Sec	Frais	Humide	Humide à engorgé
Couleur	Gris foncé	Beige blanchâtre	Beige	Gris blanchâtre
Matière organique	Humifère	Peu humifère	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Bariolé ocre jaunâtre à 40 %	Bariolé ocre jaunâtre à 30 %	Bariolé rouge vif à 50 % et ocre jaunâtre à 50 %	Quelques plages ocre brune
Texture	Argile-sable	Sable	Sable grossier	Sable grossier
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Particulaire	Continue	Continue
Porosité	Peu poreux	Poreux	Poreux	Poreux
Consistance	Compact	Friable	Friable	Compact
Activité biologique	Quelques fourmis	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Racines	Dense chevelus racinaires	Rares chevelus racinaires et quelques racines moyennes horizontales	Néant	Néant
Inclusions	Non perceptible	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Transition	Ondulée et abrupte de H1 à H2	Progressive de H2 à H3	Nette et progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol profond sur matériau d'ensemble sablo-argileux à hydromorphie de profondeur. L'orientation horizontale des racines laisse supposer l'existence d'une barrière chimique. Il y a une bonne filtration de la nappe. Sol apte à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL PEU EVOLUÉ D'APPORT, HYDROMORPHE, SABLEUX (sable fin).

JHP 42 (US IV)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur la terrasse moyenne, dans une dépression. La microtopographie est plane. Le drainage latéral est mauvais. La roche apparente est de l'argile-limon. Le profil se trouve à 40 m de la digue de retenue, dans une parcelle de riz récoltée.

II- Description du Profil

JHP 42	0 – 18 cm	18 – 58	58 – 88	88 – 130
Humidité	Sec	Sec	Frais	Très humide à Engorgé
Couleur	10 YR 5/2 : brun grisâtre	7.5 YR 7/2 : gris rosâtre	7.5 YR 6/2 : gris rosâtre	7.5 YR 6/2 : gris rosâtre
Matières Organiques	Humifère	Humifère	Humifère	Non perceptible
Taches	Quelques taches moyennes de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Bariolé à 50 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Bariolé à 10 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques plages de 10 YR 6/8 et quelques plages de 10 YR 3/3 (brun sombre)
Texture	Argile	Argile-Sable	Argile	Argile-sable
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique grossière anguleuse	Polyédrique grossière anguleuse	Massive
Porosité	Peu Poreux	Peu Poreux	Peu Poreux	Peu Poreux
Consistance	Peu Compacte	Compacte	Compacte	Molle
Activités biologiques	1 grande termitière grisâtre à 10 m	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Quelques chevelus racinaires	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Néant
Transition	progressive de H1 à H2	abrupte de H2 à H3	progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol sur terrasse moyenne, dans une faible dépression, caractérisé par un épais horizon humifère (58 cm) présentant cependant une compacité dans sa partie inférieure. Il présente également un horizon gris tacheté ocre jaune en profondeur (peut-être de la jarosite).

Il a une bonne aptitude à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL.

JHP 47 (US IV)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur le lit mineur, à 25 m du 2^{ième} exutoire de la digue de retenue. La microtopographie est plane. Le drainage latéral est mauvais. La roche apparente est de l'argile. Le profil se trouve sur une parcelle rizicole. La végétation est dominée par *Eragrostis* spp., *Cyperus* spp. et *Spermacoce verticillata*.

II- Description du Profil

JHP 47	0 – 30 cm	30 – 76	76 – 104	104 – 115
Humidité	Sec à frais	Frais	Très Humide à engorgé	Engorgé
Couleur	10 YR 5/1 : gris	10 YR 6/3 : brun pâle	10 YR 7/2 : gris clair	10 YR 4/2 : brun grisâtre sombre
Matières O	Humifère	Peu Humifère	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Quelques rares petites taches de 10 YR 6/6 (jaune brunâtre)	Bariolé à 50 % de 10 R 4/8 (rouge) et à 43 % de 7.5 YR 6/8 (jaune rougeâtre)	Bariolé à 45 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques plages de 10 YR 3/3 (brun sombre)
Texture	Argile	Argile-Sable	Sable-argile	Argile
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique fine à particulaire	Continue	Continue
Porosité	Peu Poreux	Poreux	Peu Poreux	Peu Poreux
Consistance	Compacte	Friable	Molle	Molle
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Assez nombreux chevelus racinaires et racines moyennes à orientation horizontale	Rares racines fines	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Néant
Transition	Abrupte et nette de H1 à H2	Abrupte et nette de H2 à H3	Abrupte et nette de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol sur le lit mineur caractérisé par un épais horizon réellement humifère (30 cm) reposant sur un horizon sableux à forte coloration rougeâtre. Dans la 2^{ième} moitié du profil, on note la présence d'une couche grisâtre tachetée ocre jaune citron à orientation verticale (certainement un signe d'acidité) reposant sur un horizon gris noir habituellement rencontré au fond du profil.
C'est un sol très apte à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL.

JHP 63 (US IV)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe sur la terrasse basse au niveau de la haute vallée (partie extrême amont de la vallée : calotte). La microtopographie est plane. On note une pente faible. Le drainage externe est faible et est orienté E-W. La roche apparente est de l'argile. La végétation est caractérisée par un dense tapis herbacé composé d'*Ipomea asarifolia*, *Spermacoce verticillata*, *Andropogon pseudapricus*, *Zornia glochidiata*, *Cyperus* spp., *Eragrostis tremula*, *Eragrostis squamata*.

II- Description du Profil

JHP 63	0 – 38 cm	38 – 89	89 - 129
Humidité	Frais	Humide	Gorgé
Couleur	Gris noirâtre	Brun clair	Brun clair
Matières Organiques	Très humifère	Peu humifère	Non perceptible
Taches	Non perceptibles	Bariolé ocre brun à 30 % et rouge à 10 %	NOMBREUSES plages jaune ocre
Texture	Argile	Sable-Argile	Argile-Sable
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Continue	Continue
Consistance	Compact	Friable	Compact
Activités biologiques	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Racines	NOMBREUSES racines moyennes à fines à orientation verticale	Assez nombreuses racines fines	Non perceptibles
Inclusions	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Transition	Nette et progressive de H1 à H2	Nette et abrupte de H2 à H3	

III- Synthèse

Sol profond caractérisé par un épais horizon humifère gris reposant sur un horizon sablo-argileux bariolé rouge et jaune ocre. La texture d'ensemble est sablo-argileuse.

C'est un sol apte à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SABLO-ARGILEUX.

JHP 21 (US V)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur le lit mineur de la vallée. La microtopographie est plane. Le drainage est mauvais. La roche apparente est de l'argile. La végétation est dense et caractérisée par des cypéracées.

II- Description du Profil

JHP 21	0 – 11 cm	11 – 47	47 – 79	79 – 120
Humidité	Frais à humide	Frais à humide	Engorgé	Engorgé
Couleur	10 YR 4/2 : brun grisâtre sombre	10 YR 7/4 : brun très pâle	10 YR 6/3 : brun pâle	10 YR 5/2 : brun grisâtre
Matières O	Humifère	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Quelques taches de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Quelques plages de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Bariolé à 40 % de 10 YR 5/4 (rouge faible (<i>weak</i>)) et à 30 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques traces de 10 YR 2/1 (noire)
Texture	Argile	Sable	Sable-Argile	Argile-sable
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Continue à Particulaire	Continue	Continue
Porosité	Peu Poreux	Poreux (textural)	Poreux	Peu Poreux
Consistance	Assez Compacte	Friable	Peu Compacte	Peu compacte
Activités biologiques	Présence de fourmis	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires	Quelques chevelus racinaires	Néant	Racines pourries
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Néant
Transition	Abrupte et nette de H1 à H2	Progressive de H2 à H3	abrupte et nette de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol sur le lit mineur du chenal d'écoulement caractérisé par un horizon humifère peu épais (11 cm) reposant sur un matériau de profondeur sableux très boulant. C'est un sol asphyxiant en profondeur. Le drainage latéral hypodermique est bon.

Ce sol a une faible aptitude à la riziculture mais cette aptitude peut être améliorée grâce à la faible profondeur de la nappe phréatique.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SUR MATÉRIAUX SABLO-ARGILEUX ALLUVIONNAIRE.

JHP 38 (US V)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe sur la terrasse basse en face de l'exutoire de la digue de retenue. Le drainage latéral est médiocre. La roche apparente est de l'argile avec des efflorescences salines (moquettes de Marius). La végétation est dense et composée d'*Eragrostis tremula*. On observe un *Borassus flabellifer* à 10 m du profil.

II- Description du Profil

JHP 38	0 – 10 cm	10 – 47	47 – 120
Humidité	Sec	Sec à Frais	Humide à Engorgé
Couleur	10 YR 6/4 : brun jaunâtre clair	7.5 YR 7/2 : gris rosâtre	7.5 YR 6/2 : gris rosâtre
Matières O	Humifère	Peu humifère	Non perceptible
Taches	Quelques taches moyennes de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Bariolé à 40 % de 2.5 YR 4/8 (rouge) et quelques plages à orientation verticale de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques taches à orientation verticale de 10 YR 7/8 (jaune)
Texture	Argile-limon	Limon-argile	Argile-Sable
Structure	Polyédrique grossière à moyenne	Polyédrique grossière anguleuse	Continue
Porosité	Peu Poreux	Peu Poreux	Poreux
Consistance	Peu Compacte	Très compact	Peu compacte
Activités biologiques	Quelques trous de rongeurs	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires et racines fines	Non perceptibles	Racines moyennes pourries
Inclusions	Néant	Quelques fines concrétions ferrugineuses friables	Iron-pipe
Transition	Abrupte et nette de H1 à H2	graduelle de H2 à H3	

III- Synthèse

Sol sur terrasse basse à horizon humifère épais (47 cm) présentant une compacité due à l'accumulation du fer (carapace ferrugineuse), ce qui constitue une barrière physique. Seuls les 10 premiers cm sont facilement exploitables par le système racinaire. C'est un sol caractérisé par un matériau gris en profondeur tacheté ocre jaune (jarosite). C'est un sol moyennement apte à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SUR MATÉRIAUX ALLUVIO-COLLUVIAL.

JHP 39 (US V)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur le lit mineur, proche du 1^{er} exutoire (40 m). Le drainage latéral est mauvais (petite dépression). La roche apparente est de l'argile. La végétation est dense et composée essentiellement d'espèces herbacées.

II- Description du Profil

JHP 39	0 – 17 cm	17 – 34	34 – 65	65 – 106	106 – 130
Humidité	Frais	Frais	Humide	Très Humide à engorgé	Engorgé
Couleur	10 YR 3/3 : brun sombre	10 YR 7/3 : brun très pâle	5 YR 5/8 : rouge jaunâtre	7.5 YR 7/2 : gris rosâtre	7.5 YR 2/0 : noire
Matières O	Très Humifère	Peu Humifère	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Quelques petites taches de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Bariolé à 90 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Bariolé à 10 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques larges plages de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques passées sableuses de 10 YR 7/3 (brun très pâle)
Texture	Argile	Sable-Argile	Argile-Sable	Argile	Argile
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Continue	Continue	Continue	Continue
Porosité	Peu Poreux	Poreux (textural)	Peu Poreux	Peu Poreux	Peu Poreux
Consistance	Peu Compacte	Friable	Peu compacte	Molle	Molle
Activités biologiques	Quelques foyers de fourmis	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires	Quelques chevelus racinaires	Quelques chevelus racinaires	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Transition	Abrupte et nette de H1 à H2	Abrupte, nette et ondulée H2 à H3	Abrupte, nette et ondulée de H3 à H4	Abrupte de H4 à H5	

III- Synthèse

Sol sur petite dépression du lit mineur du chenal d'écoulement caractérisé par une épaisse couche de surface humifère noirâtre. Il présente une couche d'accumulation rougeâtre avec tendance à former une carapace. Sol bien drainé latéralement dans la première moitié du profil. Le drainage vertical est mauvais dans l'ensemble. Ce sol est apte à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, (hydromorphie de profondeur).

JHP 7 (US VI)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe sur la terrasse basse, à environ 20 m de l'exutoire de la digue anti-sel. La microtopographie est plane. C'est une zone inondable où l'on retrouve quelques touffes de *Cyperus sp.*

II- Description du Profil

JHP 7	0 – 45 cm	45 – 80	80 – 97	97 – 120
Humidité	Humide	Gorgé d'eau	Très gorgé d'eau	Très gorgé d'eau
Couleur	10 YR 4/4 : brun jaunâtre sombre	10 YR 3/3 : brun sombre	10 YR 3/2 : brun gris très sombre	2.5 Y 2/0 : noir
Matières O	Peu humifère	Peu humifère	Peu humifère	Humifère
Taches	Bariolé ocre jaune	NOMBREUSES taches jaunâtres limon à orientation verticale	Non perceptibles	Non perceptible
Texture	Sable limon	Argile	Argile	Argile
Structure	Massive	Massive	Massive	Massive
Porosité	Poreux	Peu poreux	Peu poreux	Peu poreux
Consistance	Peu compact, friable	Molle	Molle	Molle
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Rares chevelus racinaires	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Quelques iron-pipes
Transition	Abrupte et ondulée de H1 à H2	Progressive de H2 à H3	Abrupte de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol profond caractérisé par un matériau sableux en surface, bariolé ocre jaune, reposant sur un matériau argileux avec de nombreuses taches ocre jaunâtre citron (jarosite) à gley de profondeur.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SULFATÉ ACIDE.

JHP 8 (US VI)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe dans le chenal d'écoulement de la vallée, sur tanne nu. On note la présence de quelques espèces végétales sur les rebords du chenal (*Cyperus sp.*, *Tamarix senegalensis*, *Spermacoce verticillata*).

II- Description du Profil

JHP 8	0 – 28/34 cm	28/34 – 74	74 – 110	110 – 140
Humidité	Humide	Humide à engorgé	Engorgé	Engorgé
Couleur	10 YR 4/3 : brun sombre	7.5 YR 6/8 : jaune rougeâtre	2.5 YR 2/0 : noir	2.5 Y 2/0 : noir
Matières O	Humifère	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Bariolé jaune rougeâtre (10 YR 6/8)	Passées horizontales argileuses brun gris très sombre (10 YR 3/2)	Bariolé à 70 % de taches brun grisâtre sombre (2.5 YR 4/2)	Non perceptible
Texture	Argile-limon	Sable-limon	Argile	Argile
Structure	Massive	Massive à particulaire	Massive	Massive
Porosité	Peu Poreux	Poreux	Peu poreux	Peu poreux
Consistance	Peu compact	Friable	Molle	Molle
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Quelques taches indurées ferrugineuses voire concrétions	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Transition	Abrupte nette et ondulée de H1 à H2	Progressive de H2 à H3	Progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol à matériau d'ensemble argileux avec un horizon sableux à 30 cm de profondeur, ce qui dénote un bon drainage latéral hypodermique. Sol à gley de profondeur.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SULFATÉ ACIDE, À GLEY.

JHP 9 (US VI)

I- Description de l'environnement du profil

Ce profil se situe sur la terrasse moyenne, non loin du chenal d'écoulement. La topographie est plane et la microtopographie caractérisée par la présence de nombreuses buttes sableuses sur lesquelles on identifie *Spermacoce verticillata*, *Sesuvium portulacastrum*, *Paspalum vaginatum*, etc. La roche apparente est un sable fin sous forme de moquette saline.

II- Description du profil

JBP 9	0 – 37 cm	37 – 78 cm	78 – 140 cm
Humidité	Humide	Humide à engorgé	Engorgé
Couleur	Gris clair	Gris foncé	Noir
Matière organique	Non perceptible	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Taches	Bariolé ocre rougeâtre à 90 %	NOMBREUSES plages ocre jaune verdâtre	Quelques taches ocres jaunâtres
Texture	Sable-argile	Argile-sable	Argile (vase)
Structure	Continue	Massive	Massive
Porosité	Peu poreux	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Consistance	Peu compact	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Activité biologique	Non perceptible	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Racines	Non perceptibles	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Inclusion	Quelques concrétions ferrugineuses friables	Assez nombreux iron-pipes de 5 cm de diamètre	Charbon (racines pourries sous forme de iron-pipes jaunâtres)
Transition	Abrupte de H1 à H2	Graduelle de H2 à H3	

III- Synthèse

C'est un sol caractérisé par un matériau d'ensemble sableux et vaseux (noir) en profondeur avec une forte fréquence de taches ocre jaune verdâtre sur tout le profil. Il est profond et le matériau est instable en profondeur (boulant). Le drainage latéral est assez bon mais le drainage vertical est mauvais.

IV- Proposition

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SULFATÉ ACIDE, SABLEUX (sables fins).

JHP 33 (US VI)

I- Description de l'environnement

Il se trouve sur la terrasse moyenne, dans une parcelle rizicole. La topographie est plane et faiblement inclinée E-W (environ 1 %). La microtopographie est mamelonnée (billons). La roche apparente est un limon. La zone est inondable. On y trouve *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Spermacoce verticillata*, *Hygrophila auriculata*...

II- Description du profil

JHP 33	0-20/25 cm	20/25 – 79cm	79 – 101 cm	101 – 150 cm
Humidité	Sec	Humide	Humide à engorgé	Engorgé
Couleur	Gris clair	Jaune ocre	Gris beige	Noir
Matière organique	Humifère	Humifère	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Nombreuses petites taches ocre (racinaires)	Bariolé rouge à 80 % et ocre jaune à 15 %	Quelques plages noirâtres et ocre	Quelques plages noires foncées
Texture	Limon	Sable-limon	Argile-sable	Argile-sable
Structure	Polyédrique fine	Continue	Continue	Continue
Porosité	Poreux	Poreux	Poreux	Poreux
Consistance	Fragile	Friable	Friable	Peu compact
Activité biologique	Non perceptible	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Racines	Quelques chevelus racinaires	Rares chevelus racinaires	Néant	Néant
Inclusions	Non perceptible	Néant	Quelques iron-pipes	Néant
Transition	Nette et abrupte de H1 à H2	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	

III- Synthèse

Sol sur matériau d'ensemble sablo-limoneux à sablo-argileux en profondeur. Il est très profond et caractérisé par un horizon rougeâtre épais dans la première moitié du profil, un horizon humifère relativement épais, le tout reposant sur un matériau vaseux sablo-argileux. Le matériau est boulant au milieu du profil. Le drainage est bon. Ce sol est apte à la riziculture.

IV- Proposition

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SULFATÉ ACIDE.

JHP 41 (US VI)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe sur le lit mineur de la vallée, près du 2^{ième} exutoire de la digue de retenue. Le drainage latéral est bon. La microtopographie est plane avec une pente faible. La roche apparente est de l'argile couverte d'inflorescences salines (tanne nue à herbacée). La végétation est dense et composée essentiellement d'espèces herbacées.

II- Description du Profil

JHP 41	0 – 8 cm	8 – 45	45 – 120
Humidité	Sec	Frais à humide	Très Humide à Engorgé
Couleur	10 YR 6/2 : gris brunâtre clair	10 YR 7/3 : brun très pâle	10 YR 6/2 : gris brunâtre clair
Matières O	Humifère	Peu Humifère	Non perceptible
Taches	Quelques taches de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Bariolé à 90 % de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Bariolé à 50 % horizontalement de 10 YR 7/8 (jaune)
Texture	Argile	Sable-argile	Sable-argile
Structure	Polyédrique moyenne à grossière, anguleux	Polyédrique moyenne	Continue
Porosité	Peu Poreux	Poreux	Peu Poreux
Consistance	Peu Compacte	Friable	Peu compacte
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Assez nombreux chevelus racinaires	Quelques chevelus racinaires	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant
Transition	Abrupte et nette de H1 à H2	Abrupte et nette de H2 à H3	

III- Synthèse

Sol sur le lit mineur du chenal d'écoulement secondaire caractérisé par un matériau d'ensemble sableux bariolé ocre jaune en profondeur.

C'est un sol avec une faible aptitude à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SULFATÉ ACIDE.

JHP 13 (US VII)

I- Description de l'environnement

Ce profil se situe dans une zone faiblement dépressionnaire. Le drainage est faible. La roche apparente est du sable limoneux. La zone est un tanne faiblement enherbé avec essentiellement des poacées. A environ 100 m on trouve quelques pieds de *Acacia nilotica*.

II- Description du Profil

JHP 13	0 – 7 cm	7 - 75	75 - 117	117 - 130
Humidité	Sec à frais	Frais à humide	Humide	Engorgé
Couleur	10 YR 4/3 : brun sombre	7.5 YR 8/2 : rose blanchâtre	7.5 YR 7/2 : gris rosâtre	7.5 YR 5/0 : gris
Matières O	Humifère	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Nombreuses petites taches jaune brunâtres (10 YR 6/8)	Bariolé à 50 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre) et bariolé à 50 % de plages de 2.5 YR 4/8 (rouge)	Plages horizontales de 10 YR 7/8 (jaune) et vastes plages de 2.5 YR 4/8 (rouge)	Quelques taches noires, horizontales (racines pourries) de 2.5 Y 2/0
Texture	Sable-limon	Sable fin	Sable grossier	Argile-sable
Structure	Polyédrique fine à moyenne	Continue à particulaire	Continue	Massive
Porosité	Peu poreux	Poreux (textural)	Poreux	Peu poreux
Consistance	Peu compact	Friable	Peu compact	Assez compact
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Quelques racines fines	Quelques racines moyennes à orientation horizontale	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	Quelques iron-pipes
Transition	Abrupte de H1 à H2	graduelle de H2 à H3	progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol dans l'ensemble sableux (sables fins) à sablo-argileux avec matériau boulant caractérisé par une bonne fluctuation de la nappe jusqu'à 10 cm de la surface et par des plages jaunâtres citron vers la profondeur.

Aptitude : faible aptitude pour la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, PARASULFATÉ ACIDE.

JHP 15 (US VII)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur la terrasse moyenne, dans une zone dépressionnaire. La microtopographie est plane. Le drainage latéral est mauvais. La roche apparente est de l'argile-limon. On note une végétation dense composée essentiellement de *Spermacoce verticillata* et d'une importante litière. On trouve un pied d'*Acacia nilotica* à 5 m du profil.

II- Description du Profil

JHP 15	0 – 8 cm	8 – 48	48 – 100	100 – 120
Humidité	Sec	Sec à Frais	Engorgé	Engorgé
Couleur	10 YR 6/2 : gris brunâtre clair	10 YR 4/4 : brun jaunâtre sombre	7.5 YR 6/2 : gris rosâtre	7.5 YR 6/2 : gris rosâtre
Matières O	Humifère	Humifère	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Quelques petites taches de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Quelques taches moyennes de 10 YR 7/8 (jaune)	Assez nombreuses taches verticales de 2.5 Y 7/8 (jaune) et quelques taches de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Bariolé à 40 % de 2.5 Y 6/8 (jaune olive) et quelques taches de 2.5 Y 8/6 (jaune)
Texture	Argile-limon	Argile	Sable	Argile-sable
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique grossière	Continue	Continue
Porosité	Bonne	Peu Poreux	Poreux	Poreux
Consistance	Fragile	Très compacte	Molle	Peu compacte
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires	Quelques racines fines à orientation horizontale	Quelques racines fines à orientation horizontale	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Néant	Néant	iron-pipes ocre brun
Transition	Abrupte de H1 à H2	Abrupte de H2 à H3	progressive de H3 à H4	

III- Synthèse

Sol caractérisé par un horizon épais argileux en surface (48 cm) reposant sur un matériau léger (sablon-argileux). Le matériau de profondeur est bariolé jaune citron et jaune ocre.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, PARASULFATÉ ACIDE.

JHP 20 (US VII)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur la terrasse basse. On note un bon drainage latéral. La microtopographie est plane. La roche apparente est de l'argile. Le profil se trouve sur une parcelle de riz récoltée. La végétation est composée essentiellement de *Cyperus spp.*

II- Description du Profil

JHP 20	0 – 10 cm	10 – 35	35 – 65	65 – 95	95 – 120
Humidité	Sec à frais	Frais	Humide	Engorgé	Engorgé
Couleur	10 YR 6/3 : brun pâle	5 YR 7/6 : jaune rougeâtre	10 YR 6/4 : brun très pâle	10 YR 6/2 : gris brunâtre clair	2.5 Y 5/0 : gris
Matières O	Humifère	Peu humifère	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Taches	Bariolé à 10 % de 10 YR 5/8 (brun jaunâtre)	Bariolé à 90 % de 2.5 YR 4/8 (rouge)	Néant	Bariolé à 60 % de 10 YR 6/8 (jaune brunâtre)	Quelques taches de 10 YR 2/1 (noire)
Texture	Argile-limon	Sable fin	Sable grossier	Sable- Argile	Argile-sable
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Continue et Particulaire	Continue	Continue	Massive
Porosité	Peu Poreux	Poreux	Poreux	Peu Poreux	Peu Poreux
Consistance	Compacte	Peu compacte	Peu compacte	Molle	Molle
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	Nombreux chevelus racinaires et racines fines	Quelques chevelus racinaires	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Inclusions	Néant	Quelques concrétions ferrugineuses friables	Néant	Néant	
Transition	Abrupte de H1 à H2	Progressive de H2 à H3	Progressive de H3 à H4	Progressive de H4 à H5	

III- Synthèse

Sol de terrasse basse caractérisé par une couche humifère peu épaisse (10 cm) reposant sur une couche sous-jacente rougeâtre ayant tendance à former une carapace ferrugineuse. En profondeur on note la présence d'un matériau d'ensemble sablo-argileux très boulant et bariolé de taches horizontales ocre jaune indiquant le caractère acide du sol. Ce sol a une faible aptitude à la riziculture.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, PARASULFATÉ ACIDE, sur matériau sablo-argileux colluvio-alluvionnaire

JHP 22 (US VII)

I- Description de l'environnement

Le profil se situe sur la terrasse basse. La microtopographie est plane. Le drainage latéral est faible. La roche apparente est de l'argile. Le profil se trouve sur une parcelle de riz récolté. La végétation est herbacée dense et composée essentiellement d'*Eragrostis spp.* Et de *Cyperus spp.*

II- Description du Profil

JHP 22	0 – 18 cm	18 – 37	37 – 55	55 – 85	85 – 130
Humidité	Sec	Sec à frais	Frais à Humide	Humide	Engorgé
Couleur	10 YR 5/2 : brun grisâtre	10 YR 5/2 : brun grisâtre	2.5 YR 4/8 : rouge	10 YR 7/3 : brun très pâle	10 YR 2/1 : noire
Matières O	Humifère	Humifère	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible
Taches	NOMBREUSES PETITES TACHES DE 10 YR 5/8 (BRUN JAUNÂTRE)	BARIOLÉ À 90 % DE 10 YR 5/8 (BRUN JAUNÂTRE)	PASSÉES SABLEUSES DE 10 YR 6/4 (JAUNE BRUNÂTRE)	NON PERCEPTE	NON PERCEPTE
Texture	Argile-limon	Argile	Argile-sable	Sable	Argile-limon
Structure	Polyédrique moyenne à fine	Polyédrique grossière anguleux	Continue	Continue	Continue
Porosité	Peu Poreux	Très peu Poreux	Peu Poreux	Poreux (textural)	Peu Poreux
Consistance	Peu Compacte	Très compacte	Peu compacte	Friable	Peu compacte
Activités biologiques	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles	Non perceptibles
Racines	NOMBREUX CHEVELUS RACINAIRES À ORIENTATION HORIZONTAL	NON PERCEPTE	NON PERCEPTE	NON PERCEPTE	NON PERCEPTE
Inclusions	Néant	Néant	QUELQUES PETITES CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES FRIABLES	Néant	Néant
Transition	Abrupte de H1 à H2	Abrupte de H2 à H3	Abrupte de H3 à H4	Abrupte de H4 à H5	

III- Synthèse

Sol à horizon humifère relativement épais (37 cm) reposant sur une couche rougeâtre ayant tendance à former une carapace. En profondeur, on note une couche sableuse épaisse (35 cm) facilitant un drainage hypodermique. C'est un sol compact dans la première moitié du profil.

C'est un sol qui a une bonne aptitude à la riziculture. C'est un sol pouvant retenir beaucoup d'eau et bien drainé latéralement en profondeur.

IV- Proposition d'appellation

SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, PARASULFATÉ ACIDE sur matériau sablo-argileux, colluvio-alluvionnaire.

ANNEXES III : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES PROFILS PAR TYPE DE SOLS

Unités de sol	Nom du profil	Coordonnées du profil	
		x	y
US I	JHP 44	320755	1555342
	JHP 6	321361,670000	1555836,870000
	JHP 17	321731	1555224
	JHP 18	321768,100000	1555166,510000
	JHP 25	321556	1555240
	JHP 26	321061	1555587
	JHP 30	321393	1555167
	JHP 31	321045,240000	1555441,450000
	JHP 36	321409,830000	1554971,370000
	JHP 37	320845	1555297
US II	JHP 43	321334	1555042
	JHP 49	320531	1554866
	JHP 55	320951	1554508
	JHP 56	320341,730000	1554519,330000
	JHP 59	320555,650000	1554345,580000
	JHP 60	320625,480000	1554281,790000
	JHP 61	320487,700000	1554029,320000
	JHP 62	320380	1554019
	JHP 64	320596	1553962
	JHP 5	321877	1555306
	JHP 10	321425	1555750
	JHP 16	321704,950000	1555338,940000
	JHP 19	321325	1555774
US III	JHP 23	321524	1555410
	JHP 24	321537	1555361
	JHP 27	321110	1555532
	JHP 29	321332	1555233
	JHP 32	321111,370000	1555373,510000
	JHP 35	321335,750000	1555066,260000
	JHP 40	321098	1555131
	JHP 45	320800	1555270
	JHP 46	320821	1555205
	JHP 48	321065	1554969
	JHP 53	320847	1554600
	JHP 54	320892	1554554
	JHP 57	320431,880000	1554446,560000
	JHP 58	320504,380000	1554400,520000
US IV	JHP 42	321232	1555046
	JHP 47	320955	1555097
	JHP 52	320707	1554732

	JHP 63	320465	1553988
US V	JHP 2	321541	1555871
	JHP 3	321619	1555756
	JHP 11	321436,290000	1555707,900000
	JHP 12	321521,650000	1555578,640000
	JHP 21	321449	1555559
	JHP 34	321249,090000	1555184,390000
	JHP 38	320942	1555240
	JHP 39	320976	1555233
	JHP 50	320573	1554817
	JHP 51	320634	1554773
US VI	JHP 7	321382	1555806
	JHP 8	321404	1555780
	JHP 9	321401,750000	1555772,920000
	JHP 33	321156,740000	1555317,400000
	JHP 41	321140	1555161
US VII	JHP 1	321475	1555990
	JHP 4	321759	1555501
	JHP 13	321548	1555592
	JHP 14	321560	1555534
	JHP 15	321600	1555462
	JHP 20	321337	1555746
	JHP 22	321514	1555482
	JHP 28	321187	1555433

US I: SOL FERRUGINEUX TROPICAL, PEU LESSIVÉ

US II: SOL FERRUGINEUX TROPICAL, PEU LESSIVÉ, HYDROMORPHE

US III: SOL PEU ÉVOLUÉ D'APPORT, HYDROMORPHE

US IV: SOL HYDROMORPHE MINÉRAL

US V: SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ

US VI: SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, SULFATÉ ACIDE

US VII: SOL HYDROMORPHE MINÉRAL, SALÉ, PARASULFATÉ ACIDE

ANNEXES IV : QUESTIONNAIRE ET GUIDES D'ENTRETIEN

Enquête / Diagnostic village

Nom du Village :

Communauté rurale :

Arrondissement :

Département :

Région :

STATISTIQUES GÉNÉRALES SUR LE VILLAGE

1. Nombre de carrés administratifs :

2. Nombres de concessions :

3. Nombre d'exploitations agricoles :

4. Nombre total de ménages :

5. Population totale du village

Dont **6. Imposables hommes :** /...../

7. Imposables femmes : /...../

8. Enfants moins de 15 ans : /...../

9. Exemptés : /...../

10. Population scolarisée en français : /...../

11. Population scolarisée en arabe : /...../

12. Population alphabétisée en langues nationales : /...../

13. Ethnies (%)

Wolof : /...../ Sérère /...../

Toucouleur : /...../ Peul : /...../

Autres /...../ autres /...../

14. Religions

Musulmans	/...../
Chrétiens	/...../
Animistes	/...../

15. Evolution de la population (principales causes de changement) :

16. Mouvements et axes migratoires :

16.1. Origine des immigrants (provenance, motifs) :

16.2. Destination des émigrants (date, lieux, motifs) :

17. Infrastructures

Type	Nombre	Localisation (indiquer distance si hors village)	Fonctionnalité
Puits			
Forage			
Ecole			
Marché			
Point de collecte			
Moulin			
Batteuse			
Décortiqueuse (mil)			
Magasin de stockage			
Case de santé			
Poste de santé			
Mosquée			
Eglise			
Foyers jeunes			
Terrain de sport			
Arène de lutte			

18. Partenaires au développement

<i>Nom Partenaire</i>	<i>Domaines d'activité</i>	<i>Activités</i>	<i>Période</i>	<i>Résultats/impacts</i>

19. Organisations communautaires de base

OCB/Groupement	Composition (H, F, J)	Activités en cours	Activités de type communautaire	Difficultés/Résultats/Impacts	Relations avec les autres organisations

CONTRAINTES, OPPORTUNITÉS ET PERSPECTIVES LIÉES À LA PRODUCTION

20. Cultures vivrières

<i>Cultures</i>	<i>Contraintes</i>	<i>Opportunités</i>	<i>Orientations et souhaits</i>
Riz			
Autres céréales (mil, sorgho...)			

21. Cultures de rente

<i>Cultures</i>	<i>Contraintes</i>	<i>Opportunités</i>	<i>Orientations et souhaits</i>
Arachide			
Niébé, Pastèque, oseille			

22. Cultures maraîchères

<i>Spéculations</i>	<i>Contraintes</i>	<i>Opportunités</i>	<i>Orientations et souhaits</i>
Oignon, choux, gombo, laitue, carotte, aubergine, oseille, tomate			

23. Élevage (bovins, ovins/caprins, équins, asins, volaille, porcins)

Type	Contraintes	Opportunités	Orientations et souhaits
Bovins, ovins, caprins			
Volaille			
Équins, asins			
Porcins			

24. Autres activités

Activités	Contraintes	Opportunités	Orientations et souhaits
Apiculture			

PROFIL HISTORIQUE DE LA SALINISATION DES TERRES

25. Dates / causes

26. Perceptions de la salinité selon les différentes catégories sociales

27. Terres affectées

28. Effets / Impacts sur les ressources

29. Actions de restauration du milieu

30. Profil d'activités des genres

	CAS GENERAL		CAS DU VILLAGE		Temps	Lieu
	Femmes/ Filles	Hommes/Garçons	Femmes/ Filles	Hommes/Garçons		
Travail reproductif						
Suivi des enfants						
Préparation repas						
Collecte d'eau						
Achats courants						
Recherche combustibles						
Travaux ménagers						
Travail Productif						
Production de biens et service						
Travail Communautaire						
Organisation collective de services sociaux						
Évènements collectifs						
Activités pour l'amélioration de la collectivité						
Participation à des groupements, organisations						
Engagement politique						
Cérémonie familiale						

31. Profil d'accès/contrôle des ressources (mettre l'accent sur les terres restaurées)

	CAS GÉNÉRAL				CAS VILLAGE			
	ACCÈS		CONTRÔLE		ACCÈS		CONTRÔLE	
	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes
Ressources								
Bénéfices								

Guides d'entretien

Entretien avec les infirmiers

Les questions sont relatives à :

- La date d'implantation du dispensaire ou poste de santé ;
- La situation sanitaire du village concerné et de l'île ;
- Au comportement des populations par rapport à la médecine moderne ;
- Aux principaux motifs de consultation et aux périodes de rush ;
- Aux couches de la population les plus vulnérables ;
- A l'impact de la pauvreté sur la santé ;
- Aux rapports entre la médecine moderne et la pharmacopée traditionnelle ;
- Aux rapports entre les dispensaires publics et le dispensaire privé des sœurs ;
- À la situation de la santé reproductive et du paludisme (ce sont les principaux problèmes rencontrés en milieu rural) ;
- Aux sources d'approvisionnements en matériel médical et médicaments ;
- Aux principales contraintes dans l'exercice de leur fonction.

Entretien avec les chefs de villages en compagnie de personnes âgées

Ces entretiens ont tourné autour :

- De l'histoire du village en question (date de fondation, fondateur, signification du nom du village, éventuels déplacements et relocalisations, principaux évènements ayant marqué les esprits...) ;
- Des principales modifications sociales, économiques et surtout écologiques ;
- Des principales activités notamment l'agriculture, l'élevage, la pêche, le commerce... ;
- Du type d'organisation sociale, du système foncier en vigueur, du mode d'occupation de l'espace, du mode de gestion des ressources naturelles, des pratiques culturelles, des mécanismes de règlements des conflits ;
- De la part du facteur anthropique dans la dégradation des conditions écologiques ;
- De l'impact du tourisme dans la société ;
- De la nature des relations entre les autorités coutumières et les autorités administratives ;

- De la comparaison de la situation qui prévalait avant et de la situation actuelle et des solutions proposées pour l'amélioration des conditions écologiques.

Entretiens avec quelques membres du Cosmah (Comité de Suivi et de Maintenance des Aménagements Hydro agricoles)

Ce guide renferme des questions qui concernent :

- La date de création du Cosmah, les objectifs du Cosmah, les conditions d'adhésion des membres ;
- Le rôle et les sources de revenus du comité ;
- Le mode gestion des aménagements ;
- Le mode d'attribution des parcelles rizicoles et des conditions d'exploitation ;
- Les modifications occasionnées par les aménagements de la vallée dans l'organisation sociale, les processus de décision et les pratiques culturelles et surtout par rapport à l'approche genre ;
- Les rapports entre le Cosmah et les autres organisations présentes dans les différents villages ;
- Les potentialités dont dispose l'île de Mar et les principales contraintes au développement ;
- La nature des problèmes rencontrés et leur mode de gestion ;
- Les solutions préconisées par le comité pour l'amélioration des conditions d'exploitation de la vallée.

Entretiens avec les groupes de femmes

Ces entretiens ont tourné autour :

- De l'organisation des femmes ;
- De leurs travaux notamment leur calendrier annuel de travail ;
- Des problèmes en rapport avec ces travaux ;
- De leurs droits notamment le droit à la terre ;
- De leur rôle dans le tissu économique et social ;

- Des principales contraintes qu'elles rencontrent et des solutions qu'elles préconisent ;
- De leur accès au micro-crédit et de leur formation ;
- De l'approche genre dans les processus de décision.

Entretien avec quelques membres de la Cellule de Réflexion pour le Développement de l'île de Mar

Les questions sont relatives à :

- L'historique de la cellule (date et lieu de création, membres, objectifs) ;
- L'ensemble des facteurs limitants ou empêchant le développement de l'île de Mar ;
- L'ensemble des causes de ces différents facteurs et aux solutions préconisées par la cellule pour enrayer ces problèmes ;
- L'ensemble des potentialités dont dispose l'île ; la nature des relations entre la cellule et les autres organisations présentes dans l'île ;
- L'origine des moyens de fonctionnements de la cellule ;
- La question du foncier ;
- L'impact du tourisme dans la société ;
- L'approche genre.

Entretien avec les jeunes

Cet entretien a traité les questions concernant :

- Les différentes activités dans lesquels s'investissent les jeunes ;
- Les difficultés rencontrées dans ces activités ;
- Les relations entre les femmes et les jeunes d'une part et entre les jeunes et les personnes du troisième âge notamment par rapport au tourisme ;
- Leurs principales sources de revenus ;
- Leur éducation scolaire et leur formation ;
- Leurs rêves et ambitions.

ANNEXES V : DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Pluviométrie de la station de Fatick de 1961 à 1987

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	JUIL.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1961	0	0	0	0	0	52,1	208,1	193,3	199,7	12	3	0	668,2
1962	0,6	0,7	0	0	0	45,8	40,5	281,8	62	50,7	0	0	482,1
1963	0	0	0	0	0	32,1	120,5	211,9	184,5	191,1	0	0	740,1
1964	2,9	0	0	0	0	45,3	197,1	344,3	237,5	23,5	0	0	850,6
1965	0	0	0	0	0	46,8	120,3	341,9	103,5	30	0	0	642,5
1966	0	0	0	0	0	90,6	10,8	249,8	351,5	100,5	0	1,9	805,1
1967	0	0	0	0	0	23,6	136,8	439,4	252,5	124,3	0	0	976,6
1968	0	6,7	0	0	5,1	32,4	85,1	48,2	132	22,9	0	2,9	335,3
1969	0	0	0	0	0	6,2	311,7	305,2	241,5	85,4	0	0	950
1970	0	0	0	0	0	21,2	109,5	250,1	76,3	33,1	0	0	490,2
1971	0	0	0	0	0	9,4	192	236,8	347,9	16,6	0	0	802,7
1972	4,1	0	0	0	0	67,3	32,8	119,7	41,1	33,1	0	0	298,1
1973	0	0	0	0	0	32	90,8	221,4	48,4	1,8	0	0	394,4
1974	0	0	0	0	0	12	123,8	188,4	88,1	0	0	0	412,3
1975	0	0	0	0	2,6	0	221,7	181,8	228,5	31,2	0	0	665,8
1976	0	0	0	0	0,5	8,1	139,8	232	223,1	66,4	0	2,7	672,6
1977	0	0	0	0	0	15,1	45,6	122,1	185	5,4	0	0	373,2
1978	0	0	0	0	0	3,3	84,6	197,9	127	74,9	31,6	3,5	522,8
1979	14,5	0	0	0	4,5	118,8	88,5	120,5	167,1	16,3	0	2	532,2
1980	0	0	0	0	0	0	42,1	127,1	177,9	2,3	0	0	349,4
1981	0	0	0	0	0	36,8	112,7	262,5	86,4	15,8	0	0	514,2
1982	0	0	0	0	0	2	156	321,7	85,2	13,9	0	0,4	579,2
1983	0	0	0	0	0	46,3	13,7	125,2	87,3	0	0	0	272,5
1984	0	0	0	0	0	122,9	200,6	47,1	125,6	38,6	0	0	534,8
1985	0	0	0	0	0	44,6	194,8	238,9	130,8	17,1	0	6,3	632,5
1986	0	0	0	0	0	27,2	54,8	112,6	211,3	45,9	0	0	451,8
1987	0	0	0	0	0	12,9	137,7	179,4	205,5	39,3	0	0	574,8

Pluviométrie de la station de Fatick de 1987 à 2013

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	JUIL.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1988	0	0	0	0	0,1	27	44,6	297,7	234,2	11,8	0	0	615,4
1989	0	0	0	0	0	78,5	197,4	211,6	93,5	17,9	0	0	598,9
1990	0	0	0	0	0	5	47,6	102,5	111,2	48,4	0	0	314,7
1991	0	0	0	0	0	0,3	52,8	147,6	187,5	40,5	0	0	428,7
1992	0	28,1	0	0	5,3	20	117,7	170,4	100,5	24,7	0	0	466,7
1993	2	1	0	0	0	0	87,6	304,7	147,5	1,1	0	0	543,9
1994	0	0	0	0	0	18,6	52,3	345,7	122,6	9,6	0	0	548,8
1995	0	0	0	0	0,2	38,4	90,7	345,1	200,4	39,9	0	33,2	747,9
1996	0	0	0,3	0	0	8,8	150,3	155,5	91,1	33	0	0	439
1997	0,3	0	0	0	0	51,2	37,8	203,9	94	9,6	0	0	396,8
1998	0	0	0	0	0	0	17,4	183,7	219,7	51,8	0	0	472,6
1999	0	0	0	0	0	29,7	151,2	275,8	157,4	58,6	0	0	672,7
2000	0	0	0	0	0	4,4	133,2	351,6	122,6	168,1	0	0	779,9
2001	0	0	0	0	0	3,8	221,2	147,3	135,4	43,8	4,4	0	555,9
2002	57,9	0	0	0	0	38,2	11,5	241,5	78,9	34,7	0	0	462,7
2003	0	0	0	0	0	10,5	148	140,4	176,2	84,6	0,8	0	560,5
2004	0	0	0	0	0	38,3	146,9	237,3	84	4,2	0	0	510,7
2005	0	1,7	0	0	0,8	23	126,5	184,1	258,2	74,5	0	0	668,8
2006	0	1,6	0	0	0	54,8	125,4	275	113,3	38,2	0	0	608,3
2007	0	0	0	0	0	0	32,3	116,1	172,6	15,6	0	0	336,6
2008	0	0	0	0	0	94	94,8	398,7	178,9	74,6	0		841
2009					0	20	189,4	349,1	326,7	10,5	2,3		898
2010					0	91,9	140,5	259,1	306,7	38,5	0		836,7
2011					6,8	10,4	79,8	203,2	169,7	36,5	0		506,4
2012					1,2	5,2	132,8	371,4	359,2	43,3	0		913,1
2013					0	58,7	108,6	395,6	133,2	65	1,5	0	762,6

Températures maximales de la station de Fatick (moyennes mensuelles en °C) de 1991 à 2002

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1991	33	34,7	36,8	39	37,3	36,7	33,7	33,4	33	35,2	36,6	34,4
1992	34,1	33,6	36,7	38,1	37,2	35,9	33,4	33,8	33,1	36,7	35,9	34,5
1993	32,8	35,4	37,6	38,8	39,1	36,2	34,4	33,1	32,9	35,8	35,5	33,9
1994	31,9	36,3	37,8	39,6	38,3	35,1	34,2	31,4	32,1	34,4	37,1	34,6
1995	33,6	37	36	37,5	38,4	37,2	34,5	32,5	37,5	38,5	37,2	32,3
1996	35,7	37,3	36,7	38,9	39,9	37,2	34,8	32,6	33,6	35,4	37	35
1997	34,5	38,6	36,7	38,1	38,9	35,4	35,2	34	33,5	37	38,3	35
1998	33,6	38,9	37,7	39,9	39,9	37	34,3	32,7	32,8	35,6	37,1	34,3
1999	32,3	35	37,9	38,6	38	36,2	33,4	31,6	32,2	34,2	36,2	34,9
2000	34,8	35,8	39,7	40,8	38,2	36,2	33,9	32,4	33,1	33,6	35,6	34,5
2001	37,7	41,5	43,5	45,2	45,7	40,6	36,5	35,4	35	39,4	40,5	40,5
2002	38,5	40,8	44	43,8	44,7	44,6	39,5	36,1	37,8	40	39,2	40,6
moy	34,4	37	38,4	40	39,6	37,3	34,8	33,2	33,9	36,3	37,2	35,4

Températures minimales de la station de Fatick (en °C) de 1991 à 2002

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1991	18,4	18,5	18,3	19	20,2	23,2	24,5	24,7	24,4	23,1	19,9	19,8
1992	17,5	19,3	20,4	20,4	22,4	24,5	24,3	24,8	24	22,8	20,7	17,8
1993	18,2	19	19,3	21	22,8	24,1	24,7	24,6	24,2	23,2	20,1	16,9
1994	14,9	17,4	19,6	20,7	21,1	23,6	24,5	24,2	24,2	22,8	20,2	17,9
1995	15,7	18,7	18,6	18,9	21	23,3	25,5	24,5	18,5	16,8	19,2	18,9
1996	16	18	19	19,2	22	23,6	24,8	24,7	24,2	23,2	19,5	16,9
1997	18,3	19,2	20,4	19,6	23	24,7	25,1	24,8	24,7	24,1	20,9	16,9
1998	17,3	20,6	20,6	22,1	23,2	23,8	23,7	24,9	24,8	23,8	19,5	18,3
1999	16,2	17	19,4	19,8	21,5	24,5	24,7	24,6	24,3	23,7	20,3	16,5
2000	18,6	19,6	19,3	21,3	20,4	23,4	24,8	24,4	24,9	23,5	18,9	13
2001	10,5	11,9	14,4	18,2	19	23	21,9	22	21,5	21	18	15,5
2002	14,6	15,2	14,8	16,8	17,9	22,1	22,6	22,5	22,2	21,8	16,9	13,5
moy	16,3	17,9	18,7	19,7	21,2	23,6	24,2	24,2	23,5	22,5	19,5	16,8

Humidités Relatives maximales de la station de Fatick (en %) de 1991 à 2002

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1991	61	59	63	76	84	84	87	92	96	94	77	59
1992	68	90	60	71	84	88	97	92	95	89	69	69
1993	57	61	75	79	71	90	90	98	99	99	75	57
1994	55	47	60	70	83	88	90	97	97	96	82	51
1995	39	55	74	78	89	93	94	96	94	93	91	77
1996	74	67	79	87	82	89	96	95	95	95	73	58
1997	59	40	48	79	79	91	89	91	95	93	84	59
1998	65	59	58	76	78	90	89	95	98	98	77	62
1999	56	46	64	81	88	89	91	96	97	95	87	61
2000	56	41	68	77	85	91	91	96	98	97	84	84
2001	65	49	75	91	90	97	97	97	96	97	88	77
2002	69	63	73	76	89	94	94	98	99	96	91	73
Moy	60	56	66	78	83	90	92	95	96	95	81	65

Humidités Relatives minimales de la station de Fatick (en %) de 1991 à 2002

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1991	24	14	15	16	27	24	52	60	59	41	18	20
1992	26	45	16	23	32	46	60	55	59	33	22	21
1993	21	16	18	20	25	42	52	64	65	50	29	18
1994	17	10	11	16	24	44	53	69	65	48	23	15
1995	12	11	17	15	23	32	49	60	39	29	18	29
1996	17	14	24	22	22	35	55	62	57	45	14	12
1997	16	06	11	20	15	44	46	55	57	33	16	11
1998	23	16	18	20	25	37	44	63	65	46	16	17
1999	17	11	16	19	27	43	53	68	64	51	26	16
2000	17	10	09	19	21	37	50	63	63	50	26	26
2001	13	17	21	35	30	47	60	63	61	47	27	18
2002	20	16	17	24	28	46	50	72	78	47	29	29
Moy	18	15	16	21	25	40	52	63	61	43	22	19

Évaporation BAC de la station de Fatick (en mm) de 1991 à 2002

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1991	179	236	295	306	289	206	201	207	196	237	217	201
1992	233	218	245	256	199	222	231	249	216	xx	xx	xx
1993	xx	xx	xx	265	xx	xx	xx	240	226	258	259	244
1994	272	247	274	266	295	260	228	165	213	258	234	227
1995	300	307	328	345	297	258	207	146	158	164	170	164
1996	222	264	305	308	325	255	226	159	148	164	218	240
1997	257	279	337	320	302	201	222	180	307	191	208	227
1998	242	274	330	348	357	255	235	177	141	169	189	228
1999	241	282	365	310	286	227	185	140	130	132	172	210
2000	256	263	312	322	292	233	193	144	122	139	137	166
2001	198	215	272	283	286	225	160	147	119	142	147	176
2002	185	222	290	307	287	218	228	162	139	163	187	203
Moy 94-02	241	261	312	312	303	237	209	158	164	169	184	204

Insolation de la station de Fatick (en H/j) des années 1991, 1994 et 1998

Année	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1991	5,8	8,4	9,5	10,2	9,3	6,9	6,5	6,9	6,5	7,6	7,2	6,5
1994	8,8	8,8	8,8	8,9	9,5	8,7	7,4	5,3	7,1	8,6	7,8	7,3
1998	7,5	8,0	6,6	7,9	7,4	4,1	7,0	6,0	5,9	8,2	6,9	6,4
moy	7,3	8,4	8,3	9	8,7	6,5	6,9	6,0	6,5	8,1	7,3	6,7

Table des matières

<i>In memoriam</i>	i
<i>Dédicaces</i>	ii
<i>Remerciements</i>	iii
<i>Sommaire</i>	iv
<i>Liste des tableaux</i>	ix
<i>Liste des photos</i>	ix
<i>Résumé</i>	x
<i>Abstract</i>	xi
Introduction	1
Chapitre premier : Cadre général de l'étude	4
1. MILIEU PHYSIQUE DU BASSIN VERSANT DU SINE-SALOUM	5
1.1. Situation géographique	5
1.2. Climatologie	5
1.2.1. Les précipitations	7
1.2.2. Les températures	9
1.2.3. L'insolation	11
1.2.4. L'évaporation	11
1.2.5. L'humidité relative	12
1.3. Hydrologie	13
1.4. Cadre géologique et évolution du climat durant le quaternaire récent	15
1.5. Géomorphologie	19
1.5.1. Les chenaux	19
1.5.2. Les vasières	21
1.5.3. Les tannes	22
1.5.4. Les cordons sableux	23
1.5.5. Le littoral	24
1.5.6. Les kjökkenmöddings	25
1.6. Les sols, processus de pédogenèse	25
2. MILIEU HUMAIN	29
2.1. Population	29
2.2. Activités socio-économiques	29
2.2.1. L'agriculture	29
2.2.2. La pêche	30
2.2.3. L'élevage	31
2.2.4. L'exploitation du sel	31
2.2.5. Le tourisme	31

2.3.	Contraintes à la production agricole	32
2.3.1.	Les contraintes socio-culturelles.....	32
2.3.2.	Les contraintes techniques et financières	32
2.3.3.	Les contraintes physiques	33
2.4.	Activités de récupération des sols salés et/ou acidifiés	34
2.4.1.	Construction de petits barrages	34
2.4.2.	Reboisement.....	35
2.4.3.	Amélioration des techniques et pratiques culturelles.....	35
Chapitre deuxième : Présentation du site d'étude.....		37
1.	<i>PRÉSENTATION DE L'ÎLE DE MAR</i>	38
1.1.	Situation géographique et administrative de l'île de Mar	38
1.2.	Milieu humain.....	38
1.3.	Activités socio-économiques dans l'île de Mar.....	39
1.3.1.	L'élevage.....	39
1.3.2.	La pêche et ses activités connexes.....	39
1.3.3.	Le tourisme	40
1.3.4.	L'agriculture	41
1.4.	Infrastructures.....	42
1.5.	Dynamique organisationnelle et partenariats	42
2.	<i>PRÉSENTATION DE LA VALLÉE DE TAMRA.....</i>	43
Chapitre troisième : Matériel et méthodes		44
1.	<i>GÉNÉRALITÉS SUR LE RIZ, PRINCIPALE SPÉCULTATION DANS LA VALLÉE</i>	45
1.1.	La systématique	45
1.2.	L'origine et les caractéristiques morphologiques du riz	45
1.3.	L'écologie du riz	46
2.	<i>MÉTHODES D'ÉTUDE</i>	47
2.1.	Les enquêtes socio-économiques	47
2.2.	L'étude des sols et des eaux de nappe phréatique	49
2.2.1.	La prospection pédologique	49
2.2.1.1.	<i>L'emplacement des fosses pédologiques</i>	49
2.2.1.2.	<i>Le fonçage</i>	49
2.2.1.3.	<i>La description des profils pédologiques</i>	52
(a)	La description de l'environnement.....	52
(b)	L'identification des horizons.....	52
(c)	La description des caractères morpho-pédologiques et biologiques	53
i.	La couleur	53
ii.	La matière organique.....	53
iii.	L'humidité	53
iv.	La texture	53
v.	La structure	55
vi.	La porosité	56
vii.	La consistance	57
viii.	Les traces d'activités biologiques	57
ix.	Les racines	57
x.	Les inclusions	58

xi.	La transition entre horizons pédologiques	58
xii.	La synthèse sur les caractéristiques morphologiques du sol.....	58
xiii.	La proposition d'appellation du sol.....	59
2.2.1.4.	<i>Le prélèvement d'échantillons</i>	59
2.2.2.	La caractérisation des eaux de nappe phréatique.....	60
2.2.3.	Le matériel utilisé	62
2.3.	L'étude de la végétation	62
3.	<i>ANALYSES D'ÉCHANTILLONS DE SOL ET D'EAU DE NAPPE PHRÉATIQUE.....</i>	65
3.1.	La préparation des échantillons	65
3.2.	L'analyse granulométrique	65
3.3.	La mesure du potentiel Hydrogène (pH)	66
3.4.	La mesure de la Conductivité Électrique (CE)	66
3.5.	Le dosage du Carbone (C) organique	67
3.6.	Le dosage de l'Azote (N) total	67
3.7.	Le Phosphore assimilable (P₂O₅).....	67
3.8.	Le Complexe adsorbant et la Capacité d'Échange Cationique (CEC)	68
3.9.	Le bilan ionique (extrait aqueux 1/5).....	68
3.10.	Les bases échangeables	68
4.	<i>TRAITEMENT DES DONNÉES.....</i>	69
4.1.	Les données des enquêtes.....	69
4.2.	Les données de sol et de nappe phréatique	69
4.2.1.	La carte des sols de la vallée de Tamra	69
4.2.2.	La carte d'aptitude culturelle des sols de la vallée de Tamra	70
a.	La classification d'aptitude qualitative :	71
b.	La classification d'aptitude quantitative :	71
c.	La classification d'aptitude actuelle :	71
d.	La classification d'aptitude potentielle :	71
i.	Ordres d'aptitude :	71
ii.	Classes d'aptitude :	72
iii.	Sous-classes d'aptitude :	72
iv.	Unités d'aptitude :	73
4.3.	Les données sur la végétation	75
	Chapitre quatrième : Résultats et discussion	76
1.	<i>PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....</i>	77
1.1.	Résultats des Interviews Semi-Structurées, des focus group et du diagnostic participatif.....	77
1.1.1.	Contraintes majeures	77
1.1.2.	Opportunités	78
1.2.	Principales unités de sols inventoriées dans la vallée et leurs caractéristiques.....	78
1.2.1.	Sol ferrugineux tropical peu lessivé, sablo-limoneux ou US I.....	78
1.2.2.	Sol ferrugineux tropical peu lessivé, hydromorphe, sableux ou US II	80
1.2.3.	Sol peu évolué d'apport, hydromorphe, limono-sableux ou US III.....	82
1.2.4.	Sol hydromorphe minéral, non salé, limono-sableux ou US IV	84
1.2.5.	Sol hydromorphe minéral, salé, limono-sableux ou US V	85
1.2.6.	Sol hydromorphe minéral, salé, sulfaté acide, limono-sableux ou US VI	86
1.2.7.	Sol hydromorphe minéral, salé, parasulfaté acide, limono-argileux (US VII)	88
1.3.	Données sur la nappe phréatique	91
1.4.	Distribution des sols suivant la topovariance	92

1.5.	La carte des sols de la vallée de Tamra	96
1.6.	Diversité floristique de la vallée	98
1.6.1.	Composition floristique de la vallée	98
1.6.2.	Richesse spécifique des trois unités	101
1.6.3.	Espèces communes aux trois unités	103
2.	<i>DISCUSSION</i>	105
2.1.	Les contraintes majeures à la production agricole	105
2.1.1.	La texture légère	105
2.1.2.	L'érosion des sols	106
2.1.3.	L'acidification des sols	108
2.1.4.	La salinisation des sols	109
2.1.5.	La faible disponibilité en eau douce	116
2.1.6.	Le faible taux de matière organique des sols	116
2.2.	L'aptitude culturale des terres de la vallée de Tamra	117
2.2.1.	Les terres de l'ordre N : inaptitude actuelle	121
2.2.2.	Les terres de l'ordre S	121
2.2.2.1.	La classe S1 : aptitude élevée	121
2.2.2.2.	La classe S2 : aptitude moyenne	121
2.2.2.3.	La classe S3 : aptitude marginale	121
2.2.3.	La carte d'aptitude culturale	122
2.2.4.	Récapitulation sur l'aptitude actuelle et potentielle des terres	122
2.3.	Les aménagements et modes d'utilisation recommandés par classe de terres	125
2.3.1.	Les terres de la classe S1	125
2.3.2.	Les terres de la classe S2	126
2.3.3.	Les terres de la classe S3	127
2.3.4.	Les terres de la classe N1	127
2.3.5.	Récapitulation sur les aménagements et les modes d'utilisation	128
2.4.	La végétation de la vallée : le potentiel fourrager	129
2.5.	La sauvegarde du potentiel agro-écologique de la vallée de Tamra	131
2.5.1.	L'entretien des ouvrages hydro-agricoles	131
2.5.2.	La lutte contre l'érosion	132
Conclusion et Perspectives	133	
Références bibliographiques	136	
ANNEXES	I	
ANNEXES I : RÉSULTATS DES ANALYSES DE SOL ET DE NAPPE PHRÉATIQUE	II	
ANNEXES II : DESCRIPTION DES PROFILS PÉDOLOGIQUES TYPHIQUES LE LONG DE LA VALLÉE ...	XI	
ANNEXES III : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES PROFILS PAR TYPE DE SOLS	XXXI	
ANNEXES IV : QUESTIONNAIRE ET GUIDES D'ENTRETIEN	XXXIII	
ANNEXES V : DONNÉES CLIMATOLOGIQUES	XLIII	
Table des matières	XLVIII	