

# UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE



DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE DE GEOGRAPHIE

Option : Géographie Physique

Mention: HYDROLOGIE

## LES BAS - FONDS DANS LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU FLEUVE GAMBIE:

(CARTOGRAPHIE, REGIME HYDROLOGIQUE, VALORISATION AGRICOLE ET TYPOLOGIE)

Présenté par

**Lamine KONATE**

devant un Jury composé de:

Mamadou M. SALL	Professeur UCAD Dakar	Président
Jean ALBERGEL	Directeur de Recherches ORSTOM Tunis	Rapporteur
Amadou A. SOW	Maître Assistant UCAD Dakar	Examineur
Michel ESTEVES	Chargé de Recherches ORSTOM Dakar	Examineur
Jean P. LAMAGAT	Directeur de Recherches ORSTOM Montpellier	Examineur

Avec la collaboration de l'



Institut français de recherche scientifique  
pour le développement en coopération

## REMERCIEMENTS

Il nous est agréable aujourd'hui d'exprimer nos vifs remerciements à tous ceux qui nous ont fait bénéficier de leur expérience scientifique et apporté soutiens, encouragements indispensables à l'achèvement de ce travail.

Monsieur Mamadou Moustapha Sall, Doyen de la Faculté des lettres et Sciences Humaines de l'UCAD, qui a bien voulu accepter la direction scientifique de ce travail malgré ses multiples charges. Nous sommes profondément sensibles à l'intérêt qu'il a toujours attaché à nos travaux. Ses conseils, remarques et suggestions ont beaucoup contribué à améliorer le contenu de ce travail. Aussi tenons-nous à lui exprimer toute notre reconnaissance et dire à quel point la confiance qu'il nous a faite a été déterminante dans la conduite de ce cette thèse.

Monsieur Honoré Dacosta Maître-assistant au Département de Géographie dont la contribution dans l'élaboration de ce travail est énorme. Il a suivi avec beaucoup d'intérêt et de patience toutes les étapes de ce travail. A ce titre nous tenons à lui exprimer ici toute notre reconnaissance et nos sincères remerciements pour l'énorme sacrifice qu'il a effectué pour nous lors de la dernière ligne droite et dont nous nous souviendrons longtemps.

Monsieur Amadou Abdoul Sow Maître-assistant au Département de Géographie et Chef du Département de Géographie a guidé nos premiers pas dans la recherche. Il est toujours resté le même professeur pour nous, sensible à tous nos problèmes. Il n'y a jamais eu de barrière étudiant enseignant entre nous. Ce contact facile nous a fait bénéficier auprès de lui des observations, critiques et suggestions pertinentes qui nous ont toujours servi dans la recherche. Très sincèrement il y a là une dette de reconnaissance difficile à acquitter.

Monsieur Jean Albergel Directeur de recherche ancien responsable du Laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM de Dakar – Hann. Il nous a accueilli dans son Laboratoire pour la préparation du stage de D.E.A. à la suite de ce travail, il nous a proposé et encouragé à prendre ce sujet de troisième cycle. Nous tenons ici à lui exprimer toutes notre gratitude, en particulier pour l'énorme effort qu'il a fourni pour lire et corriger très sérieusement ce document malgré ses multiples charges.

Nos sincères remerciements à Monsieur Jean P. Lamagat et au groupement Hydroconsult - International G.I.E. ORSTOM – EDF dont le soutien financier a permis d'une part de faire les missions de terrain et d'autre part la sortie finale de ce document.

Monsieur Michel Estèves Chargé de recherche actuel responsable du Laboratoire d'hydrologie de l'Orstom de Dakar – Hann. Depuis sa prise de fonction, son intérêt pour ce travail a été remarquable, il a suivi de près toutes les étapes. Sa rigueur scientifique nous a permis de corriger et d'éviter beaucoup d'erreurs. Nous lui devons beaucoup non seulement pour la qualité de ce travail mais aussi pour l'expérience acquise dans la recherche.

Monsieur Olivier Planchon Chargé de recherche qui nous a évité de passer de pénibles journées et nuits à raccorder bout à bout de multiples fichiers numérisés pour le calcul des modèles numériques de terrain. Ses programmes qui ont permis de raccorder de façon très précise et rapide, les fichiers numérisés ont eu un impact sur la qualité des cartes produites et sur le délai d'achèvement des travaux. A cet égard, nous tenons à lui témoigner ici toute notre reconnaissance.

Monsieur Jean Marc Lapetite, Technicien de recherche du programma « EMIRE » dont la disponibilité, le dynamisme et la gentillesse nous marquerons toujours.

Monsieur Philippe Vauchel Ingénieur de recherche, il a guidé tous nos travaux de terrain. Nous saisissons ici l'occasion de lui exprimer toute notre reconnaissance pour les multiples explications qu'il n'a cessé de nous donner lors des missions de terrain et au Laboratoire où nous avons appris à nous servir de plusieurs outils et logiciels. Nous tenons à lui exprimer ici toute notre reconnaissance pour la confiance, l'intérêt et l'aide qu'il nous a toujours accordé dans le cadre de ce travail. Par la même occasion nous remercions tous les Techniciens de son Programme « HYDROSEN » Thierry Henri Destureaux et Jean Marc Delfieu avec lesquels nous avons passé d'excellents et sympathiques moments au bureau.

Nos remerciements vont à Mr le Représentant de l'ORSTOM et à l'ensemble de son personnel pour l'aide multiforme et la disponibilité qu'ils nous ont accordé durant tout notre séjour au sein de l'institution. A ce titre nous remercions particulièrement Mrs : Amadou Cissé, Ibrahima Diawara, Augustin Diémé, Filgence Seck et Maurice Ndong qui, en fonction de leur domaine de compétence nous ont aidé en diverses manières lors des différentes étapes de ce travail. Nos sincères remerciements à tout le personnel de la Météorologie Nationale, de la Division des Etudes Hydrologiques ainsi que de l'OMVG.

Nous remercions tout le personnel de la brigade hydrologique de Tambacounda, notamment Mrs Kanouté, Djiby Sokhna, Abdourahmane Gaye et Fodéba. A l'issue de ce travail, nous remercions tous ces lecteurs qui fournissent beaucoup d'effort dans la collecte de données sans lesquelles ce genre de travail reste impossible à réaliser.

A tous nos collègues stagiaires, nous disons merci et surtout nous souhaitons une bonne réussite professionnelle à ceux qui ont fini leur travail comme Adrien Coly, Mohamadane Bassel et beaucoup de courage pour la dernière ligne droite à ceux qui sont en voie de finir notamment Awa Niang et Mame Dagou Diop. Enfin notre esprit va à Halima Laaroubi, Adama Gadiaga et Ismaila Badji qui frappent actuellement aux portes du monde de la recherche. A ces futurs chercheurs nous souhaitons beaucoup de persévérance et surtout beaucoup de patience et d'esprit d'ouverture.

Ce travail a permis de tisser des relations amicales très solides. Nous n'oublierons jamais, les multiples sacrifices effectués par Gaston Liéno, Abotsi Kokou et Xavier Faucher dans le cadre de cette thèse. C'est en partie grâce au soutien moral et matériel de ce groupe que ce travail a pu voir le jour. Cette thèse restera pour nous un symbole de l'unité et de l'amitié. A ce titre Abotsi Kokou Mensah reste un élément déterminant.

Nous ne serions oublier nos amis Jules Diallo, Kèba Bayo, Vieux Ndiaye, Sy Diop, Mame Aly Konté, Pape Ibrahima Diouf, Alioune Badara Ndiaye, Moussa Kaba.

Il va de soi que c'est grâce aux énormes sacrifices consentis par notre famille toute entière que ce travail a pu être entrepris et achevé. A ce propos nous tenons à remercier ici notre ami et cousin Jacquinet dont le soutien moral et matériel a permis de débiter ce travail à un moment extrêmement difficile. Nous disons merci à nos aînés Alphousseyni, Boubacar et Aboubacar Konaté, à mes cadets Ismaila, Aliou, Moussa, Lamine, Fatou Kinè, Adama, Diarra, Ndèye Cissé, Ibrahima cissé Konaté.

A nos Neveux Mohamed, Aïcha et Abdou Konaté, nous disons beaucoup de courage et de persévérance dans le travail.

Nous profitons de cette occasion pour renouveler notre amitié à l'ensemble de la famille Fofana notamment Mamy, Foudia, Bébé, Assane et Ousseynou qui reste désormais pour nous une seconde famille. Nous n'oublierons jamais les marques d'amour, d'amitié, de sympathie et d'admiration qu'elle a toujours témoigné à notre égard.

## INTRODUCTION

## 1. CONTEXTE, INTERET ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

### 1.1. Contexte et Intérêt

Les années sèches qu'a connues l'ensemble de la région depuis le début des années 70 (LAMB, 82 ; HUBERT ET CARBONNEL, 1989) ont causé de profondes modifications dans les stratégies paysannes telles que :

- l'introduction de plantes à cycle court pour qu'elles puissent bénéficier de la quantité d'eau nécessaire à leur cycle végétatif ;
- la recherche de zones plus adaptées aux cultures liées à leurs conditions hydriques favorables.

C'est ainsi que les chercheurs et les décideurs ont créé des structures qui doivent servir de cadre de rencontres, de discussions et d'échanges entre les différents partenaires impliqués dans le problème de développement agricole en Afrique de l'Ouest. C'est le cas du réseau de recherche sur la résistance à la sécheresse au Sahel (R3S) dont la nécessité de mise en place est apparue lors d'un colloque à Dakar en 1984. Siégeant à l'INSAH/CILSS à Bamako, l'objectif général de ce réseau est de minimiser le déficit d'alimentation hydrique des productions agricoles. Il sert aussi de cadre d'échange des résultats des travaux qui sont menés par les chercheurs à trois niveaux différents (parcelle - système de production - bassin versant).

Le R3S a réalisé un programme de recherche financé par la Communauté Economique Européenne (C.E.E.) DG XII et coordonné par le C.I.E.H. (ALBERGEL et *al.*, 1993). Le rapport final Mise en Valeur Agricole des bas-fonds au Sahel : Typologie et Fonctionnement Hydrologique, a abouti à la mise au point d'un outil de diagnostic et d'aide à la décision en matière d'aménagement et de mise en valeur agricole des bas-fonds en Afrique de l'Ouest. Ce document à caractère régional est complété par des actions ponctuelles en cours au Burkina Faso, au Mali et au Sénégal. Celles-ci portent sur plusieurs facettes du paysage dont les principales sont :

- caractérisation morphopédologique des bas-fonds ;
- inventaires des ressources naturelles ;
- étude du fonctionnement hydrologique ;
- étude des conditions techniques et socio-économiques de changement ;
- recherche variétale et mise au point des systèmes de culture ;
- critères d'utilisation des techniques de télédétection pour l'étude de la typologie des bas-fonds.

C'est dans le cadre de ces actions ponctuelles que s'intègre notre thèse, intitulée les bas-fonds dans le réseau hydrographique du fleuve Gambie: cartographie, régime hydrologique, valorisation agricole et typologie.

Le développement et l'intensification des ressources agricoles des bas-fonds représentent une priorité pour l'économie rurale du bassin de la Gambie. Ils constituent des terroirs à une production de sécurité (culture en jardin ou stock de pâturage par la présence des ligneux). Tant par la qualité chimique des sols que par la disponibilité de l'eau, la mise en valeur agricole des bas-fonds devient une alternative intéressante pour les paysans.

La pression démographique enregistrée sur les versants va se traduire par une surexploitation et un épuisement des terres hautes où les sols minces étaient traditionnellement cultivés en mil et sorgho. Il en résulte un déplacement des activités agricoles vers les bas-fonds où les sols (produits des éléments érodés des plateaux) sont relativement riches et peu exploités.

L'intérêt des bas-fonds dans le bassin de la Gambie réside surtout dans la riziculture pratiquée à plus de 90 %. Un chiffre qui illustre bien l'importance des bas-fonds dans l'objectif d'autosuffisance alimentaire des populations qui repose essentiellement sur le riz.

En plus des aléas physiques (climat, hydrologie, dégradation des sols) et de la pression démographique, le coût relativement bas de l'exploitation des bas-fonds explique l'intérêt qu'ils suscitent auprès des populations. « Le développement de la riziculture et des cultures de rente, pratiquées par la population rurale demande relativement peu de financement extérieur et n'est possible que grâce à la promotion des bas-fonds dispersés un peu partout en Afrique de l'Ouest » (BISSA, 1986).

La nécessité de valoriser les bas-fonds n'exclut pas leur protection pour éviter l'épuisement des terres lié à la multiplication des activités agricoles et pastorales. Cette concentration d'activités expose le bas-fond à divers problèmes dont :

- la perte de leur potentialité liée à une surexploitation agricole continue ;
- la dégradation des versants et des plateaux environnants due à la coupe du bois et de l'élevage qui sont plus intensifs que leur capacité de charge.

La perte de la capacité d'infiltration des bassins versants conduit à des crues qui deviennent plus violentes et plus efficaces dans le transport des sédiments grossiers (sables). Ces crues sont d'autant plus dévastatrices qu'elles peuvent en saison des pluies provoquer des inondations de quelques jours, capables d'emporter ou de noyer les cultures.

La maîtrise des crues est l'enjeu technique de la mise en valeur des bas-fonds. Cette mise en valeur qui est souvent vue, uniquement du point de vue de la riziculture, tend à se diversifier. C'est le cas dans le bassin de la Gambie où à côté des aménagements rizicoles se développent des projets maraîchers et fruitiers.

## 1.2. Objectifs de l'étude

La croissance démographique, la sécheresse et le manque d'infrastructure hydraulique sont les principales raisons qui amènent les paysans et les organismes de développement à s'intéresser à l'agriculture de bas-fond dans le bassin de la Gambie. Pour se faire dans de bonnes conditions, l'agriculture doit être sécurisée et développée en tenant compte des problèmes environnementaux que suscitent toujours la mutation rapide d'un type d'activité.

Nous sommes à la recherche d'une méthode de gestion des potentialités naturelles offertes par les bas-fonds. A cette fin nous nous intéresserons aux aspects suivants :

- ◆ la place des bas-fonds dans le paysage et l'économie rurale du bassin de la Gambie ;

- ◆ le fonctionnement physique des bas-fonds Etude morphopédologique, bilan hydrologique ;
- ◆ les types de cultures effectuées dans ces bas-fonds et les techniques culturales utilisées ;
- ◆ les types d'aménagement réalisés ou à réaliser ;
- ◆ le comportement des populations par rapport aux bas-fonds (estimation par des enquêtes).

Les conclusions auxquelles aboutiront cette démarche seront de trois ordres .

- améliorer la connaissance du fonctionnement des bas-fonds dans le bassin de la Gambie ;
- mettre en évidence des critères pertinents pour une classification des bas-fonds du bassin de la Gambie ;
- montrer la pertinence d'un certain nombre d'aménagements.

Enfin de compte, les recherches axées sur les bas-fonds du bassin de la Gambie doivent aboutir à l'élaboration et à la promotion de stratégies de mise en valeur qui tiennent compte des contraintes éco-climatiques, sociologiques et économiques. Elles seront basées sur un certain nombre de résultats et d'expériences existantes.

A l'échelle régionale, l'étude du CIEH intitulée « Mise en valeur des bas-fonds au Sahel », nous servira de référence ;

A l'échelle locale l'« Etude et Implantation des Périmètres Irrigués dans le bassin de la Gambie » de la SO.DE.FI.TEX et le « Projet Bananier au Sénégal Oriental » de l'OFADEC serviront de canevas à notre analyse. Ces deux organismes en collaboration avec les populations riveraines de la Gambie ont effectué des aménagements dans des zones inondables du bassin de la Gambie. Les travaux de l'ORSTOM, de l'OMVG, de l'Université etc. seront utilisés comme référence aux études de caractérisation des milieux.

Les expériences ponctuelles d'aménagement effectuées dans certains bas-fonds par la SO.DE.FI.TEX et l'OFADEC ont été faites sans études ou analyses permettant une extrapolation à l'ensemble du bassin de la Gambie. En plus les différentes études réalisées, bien que très intéressantes sont pour l'instant isolées. Et pourtant, elles mériteraient d'être coordonnées, ce qui devait conduire à l'inventaire des aptitudes agronomiques et hydrologiques des bas-fonds, en vue d'établir une typologie appropriée à leur mise en valeur.

La finalité de la recherche sur le bassin est de procéder à :

- la synthèse des connaissances acquises et l'élaboration d'une typologie générale des bas-fonds de la Gambie. Cette typologie est basée sur des critères physiques (géomorphologie, hydrogéologie, hydrologie, pédologie, végétation) et humains (système agraire, démographie) ;
- la mise à la disposition du développement d'un outil de diagnostic et d'aide à la décision en matière d'aménagement de mise en valeur agricole des bas-fonds.

## 2. ETAT DE LA QUESTION

La région soudano-sahélienne en général et le bassin de la Gambie en particulier connaissent depuis la fin des années 1950 un accroissement des superficies cultivées, lié à plusieurs raisons. Entre autres, on peut citer :

- l'accroissement démographique qui a nécessité la recherche de nouvelles terres souvent aux dépens des jachères et de terroirs délaissés auparavant pour des raisons de salubrité (onchocercose, maladie du sommeil, *etc.*) ou bien de la nature des sols, trop lourds à travailler ou trop souvent inondés ;
- la recherche dans la toposéquence de zones du paysage, plus favorables, d'un point de vue alimentation hydrique des plantes (culture ou fourrage naturel) ;
- la disparition des endémies, la généralisation de la culture attelée auxquelles s'ajoute la péjoration climatique qui rend les cultures et les pâturages sur les versants trop aléatoires ont privilégié l'utilisation des bas-fonds (zones temporairement inondées).

Les problèmes liés à l'aménagement d'un bas-fond sont de deux types : ceux qui existaient avant et ceux qui se présentent pendant ou après l'intervention des projets d'aménagement. La diversité des activités humaines et leur intensité expliquent les problèmes de gestion des terres (modes d'appropriation des terres, problèmes de cohabitation agriculteurs et éleveurs).

Du point de vue techniques, les modes de mises en valeur varient en fonction des ethnies et du contexte socio-économique. Il en est de même pour les rendements et les formes de commercialisation en vigueur. L'exploitation des bas-fonds est donc liée à des contraintes physiques (maîtrise des eaux de ruissellement, écologie, crue) et socio-économiques.

### 2.1. Problématique de l'étude des bas-fonds

Elle s'articule autour de plusieurs points dont les principaux sont : l'absence d'une bonne maîtrise des eaux de ruissellement ; les problèmes écologiques ; les problèmes socio-économiques et la définition des bas-fonds.

#### 2.1.1. Absence d'une bonne maîtrise des eaux de ruissellement

La plus grande contrainte à la mise en valeur des bas-fonds, réside dans la non - maîtrise de l'eau (ALBERGEL *et al.*, 1993 ; RAUNET, 1984).

Les bas-fonds «dits traditionnels» sont plus nombreux dans le bassin de la Gambie. Parfois des problèmes liés à un changement du caractère des crues à cause du défrichement, du déboisement et du surpâturage provoquent une diminution de l'infiltration de l'eau dans le sol « Les crues par conséquent parcourent très vite les bas-fonds, faisant des dégâts et, très vite après leur passage, le bas-fond tombe à sec » (ALBERGEL, 1987).

La difficulté de bien maîtriser l'eau dans les bas-fonds est liée aux aléas climatiques mais aussi à la qualité des aménagements hydro-agricoles. La mauvaise conception ou l'entretien insuffisant des aménagements est la cause principale de bas rendements sur certaines parcelles.

## 2.1.2. Problèmes écologiques

Ils émanent des effets conjugués de la sécheresse prolongée et de la croissance démographique dans la zone soudano-sahélienne. L'appauvrissement des terres des versants longtemps exploitées par les éleveurs et les paysans a poussé ces derniers à descendre dans les bas-fonds où il existait auparavant un certain équilibre dans l'utilisation des terres.

L'objectif premier de l'aménagement des bas-fonds est d'assurer la possibilité de cultures de rente permanentes. Ce qui peut avoir comme conséquences, d'une part le risque d'une négligence des cultures pluviales par les paysans et d'autre part l'interdiction du bas-fond aux pasteurs. Ces derniers vont tout de même s'installer aux alentours ce qui accroît les risques de dégradation des sols et de la végétation.

A cela s'ajoute l'inondation des terres le long des cours d'eau, suite à la construction d'une retenue d'eau. Cette situation peut obliger les habitants à déménager vers les versants car les terres inondées ne seront plus cultivables.

Dans tous les cas VAN KETEL *et al.*, (1987) ont fait un inventaire des effets écologiques des différents projets hydro-agricoles en Afrique de l'Ouest. Ils ont retenu deux types : les effets directs qui sont liés aux aménagements proprement dits comme le changement du régime hydrique et de la qualité des eaux et les effets indirects relatifs à la migration de la population vers la zone d'intervention des projets. Ce déplacement est du reste le fait de l'inondation ou de l'assèchement des cours d'eau.

## 2.1.3. Problèmes socio-économiques

Ce travail spécifique au bassin se fait sur la base d'une enquête de terrain qui s'articule autour des points suivants :

- Régime foncier (statut des propriétaires fonciers, modes d'acquisition : héritage, achat,...)
- Système de production caractérisé par :
  - les moyens techniques utilisés (outils agricoles, intrants, etc...) ;
  - les facteurs de production (terre, main-d'œuvre et capital financier) ;
  - le niveau de production atteint (rendements, revenus financiers)
- Gestion de l'aménagement : formes d'organisation des populations pour gérer et entretenir les ouvrages de retenues d'eau
- Commercialisation : degré d'intégration à l'économie de marché.

La mise en œuvre d'aménagements sommaires pour la maîtrise de l'eau va de pair avec la recherche de variétés et d'espèces suffisamment performantes pour être encore économiquement intéressantes. Le choix d'un aménagement doit tenir compte de la rentabilité liée aux techniques culturales.

La densité de la population détermine la place occupée par les bas-fonds dans le système de production du bassin de la Gambie. A cet égard, les enquêtes ont porté sur

la relation entre l'évolution de la densité de population et l'importance de la place des bas-fonds dans le système de production ;

le degré d'intégration des sociétés paysannes du bassin de la Gambie à l'économie de marché et leur conséquence sur le système de production, les cultures pratiquées dans les bas-fonds, les possibilités d'aménagement et d'intensification des cultures.

#### 2.1.4. Définitions de l'objet d'étude

L'une des difficultés dans l'utilisation du concept bas-fond est lié au fait qu'il a acquis des significations différentes suivant les disciplines qui s'intéressent à son étude (géomorphologie, climatologie, hydrologie, etc...).

En privilégiant les paramètres physiographiques, RAUNET (1985) les définit comme des axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques. Dans le même ordre d'idée, il a défini le concept central du terme bas-fond en région tropicale comme étant « un vallon, une petite vallée à fond plat où une gouttière peu encaissée, de 20 à 500 m de large, sans cours d'eau important ou pérenne. Le bas-fond draine, pendant une partie de l'année les eaux de ruissellement et les eaux de la nappe phréatique d'un bassin versant peu étendu. Les matériaux et sols hydromorphes du bas-fond sont engorgés une partie de l'année par la nappe phréatique peu profonde ou affleurante. Les bas-fonds constituent les parties amonts "head waters" des réseaux de drainage imprimés dans les épaisses altérations kaoliniques aquifères des surfaces d'aplanissement sur socle cristallin (gneiss, schistes, granites, migmatites, etc.) et couvertures subhorizontales grésosableuses, parfois basaltiques et calcaires ».

Les facteurs climatiques vont servir de support à LEGOUPIL, LIDON, SIMPARA, (1987), dans leur recherche des caractéristiques propres à un bas-fond de la zone soudano-guinéenne :

- ils sont peu encaissés ;
- ils ont un régime hydrologique tamponné ;
- ils sont caractérisés par la présence d'une nappe d'altération permanente logée dans un horizon d'altération importante.

BERENT *et al.* (1988) caractérisent le bas-fond par sa situation topographique sur les bassins et par son régime hydrologique. « Les petites vallées sont les parties les plus amont des bassins versants, là où le cours d'eau a son origine. » Toujours en rapport avec l'hydrologie, KILLIAN et TEISSIER (1973) donnent la définition suivante des bas-fonds qui se rapproche à celle de RAUNET : « [...] les fonds des petites vallées, pas très encaissés allongés, inondés régulièrement en saison des pluies par des marigots à écoulement difficile et temporaire... ». Il précise plus loin, « ces marigots sont souvent matérialisés par une suite de mares qui tarissent lentement au cours de la saison sèche et qui ont été formées par un écoulement plus concentré aux endroits étroits ».

Les données morphométriques sont également des indicateurs permettant de caractériser et de localiser les bas-fonds sur de petits bassins versants. Elles ont été utilisées par OOSTERBAAN, GUNNEWEG, HUIZING (1987) pour caractériser les petites vallées comme suit

pente longitudinale > 0.5 % ;  
longueur du cours d'eau < 10 - 25 Km ;  
source d'eau primaire : ruissellement ;  
transport du sol : négatif (érosion) ;  
fertilité : élevée.

BRINKMAN et BLOKHUIS (1986) partent du critère hydrogéologique pour assimiler, les bas-fonds aux Wetlands. Ils écrivent que « les 'Wetlands' sont des terres qui ont une nappe d'eau libre pendant au moins deux mois pendant une saison agricole ».

La définition de BERTON (1988) basée sur celle de RAUNET (1984) sera adoptée dans le cadre de cette étude. Elle a l'avantage de caractériser les bas-fonds dans le contexte général du paysage et par rapport aux unités morphologiques. « Les bas-fonds sont donc les fonds plats des vallons et de petites vallées. Ils constituent les grands axes de drainage des eaux. Les eaux de ruissellement s'y écoulent, les nappes phréatiques s'y concentrent. Les bas-fonds subissent l'influence directe des versants et des sommets essentiellement par le biais des transports solides et liquides ».

En tenant compte de l'interaction entre les différentes composantes du milieu, la définition la plus large et la plus complète ne peut être envisagée que dans le cadre d'une équipe pluridisciplinaire. A ce propos deux équipes pluridisciplinaires ont travaillé sur le thème des bas-fonds avec des méthodes différentes.

La première équipe est coordonnée par un réseau de recherche anglophone (STIBOKA/ILRI/KIT ) HEKSTRA et *al.*(1983). Elle s'est intéressée d'abord à l'ensemble des zones inondables sans restriction appelées « Wetlands » par les auteurs. Ce sont des terres qui regorgent de sols hydromorphes avec des caractéristiques associées à l'humidité qui manifeste une réduction conséquente pendant une certaine période de l'année.

Les « wetlands » comprennent donc les deltas, les plaines d'inondation, les terres sous influence de la mer, les dépressions et les petites vallées. Certaines parties des wetlands s'apparentent dans leur définition et leurs caractéristiques aux bas-fonds de RAUNET; d'autres aux dépressions et aux petites vallées de HEKSTRA et ANDRIESSE (1983) qui expliquent leur évolution par ces termes : « Ces vallées (en français «marigots») ont été formées dans les parties amont des bassins versants sur une longueur d'environ 25 kilomètres. Leur largeur varie de 10 mètres (à l'amont) jusqu'à 250 mètres (vers l'aval). La pente longitudinale est de 2 à 5 %, la superficie du bassin versant est au moins 2 km<sup>2</sup>. » Le régime hydrologique de ces vallées dépend de la pluviométrie, du ruissellement sur le bassin versant et de l'écoulement des nappes. Cette définition sera reprise plus tard par ANDRIESSE (1986) à l'échelle des petites vallées sur des bassins versants dont la superficie est comprise entre 100 et 2000 hectares

La seconde équipe, coordonnée par le C.I.E.H. définit les bas-fonds comme suit « Des fonds plats ou concaves des vallons et des axes d'écoulement déprimés, ne possédant pas de cours d'eau important bien marqués, submergés pendant une période de l'année par une nappe d'eau qui s'écoule. Les sols sont d'origine colluviale. Le bassin versant a une superficie variant de 1 à 200 km<sup>2</sup>. Les parcelles appartiennent au même village ou à quelques villages voisins. Les aménagements de régulation d'eau relèvent d'investissements financiers faibles ou moyens. Ils peuvent être réalisés avec une forte participation paysanne. Leur gestion est compatible avec l'organisation sociale existante » (ALBERGEL *et al.*, 1991).

Cette définition résulte d'un croisement des données physiques (climat, géologie, sol, hydrologie) et sociales (démographie, micro et macro-économie, foncier). Elle intègre tous les paramètres qui entrent dans le fonctionnement d'un bas-fond et permet de le caractériser comme une zone inondable éventuellement aménagée, suivant le contexte local. L'aménagement peut être un ouvrage de protection contre les crues pour les cultures de riz en hivernage, comme il peut être un ouvrage de retenue d'eau qui sert au développement de cultures irriguées de contre saison.

Le bas-fond présente une certaine hiérarchisation qui est liée à celle du réseau hydrographique. Dans le bassin continental de la Gambie, on distingue généralement :

Les drains élémentaires (drain d'ordre 1), selon la méthode HORTON modifiée par STRAHLER in TRICART (1977) correspondent aux vallons qui constituent la partie amont, la "tête" du bas-fond. Elle est large de 50 m sans cours d'eau individualisé mais présentant une pente suffisante pour évacuer les eaux. Les sols présentent des caractères hydromorphes,

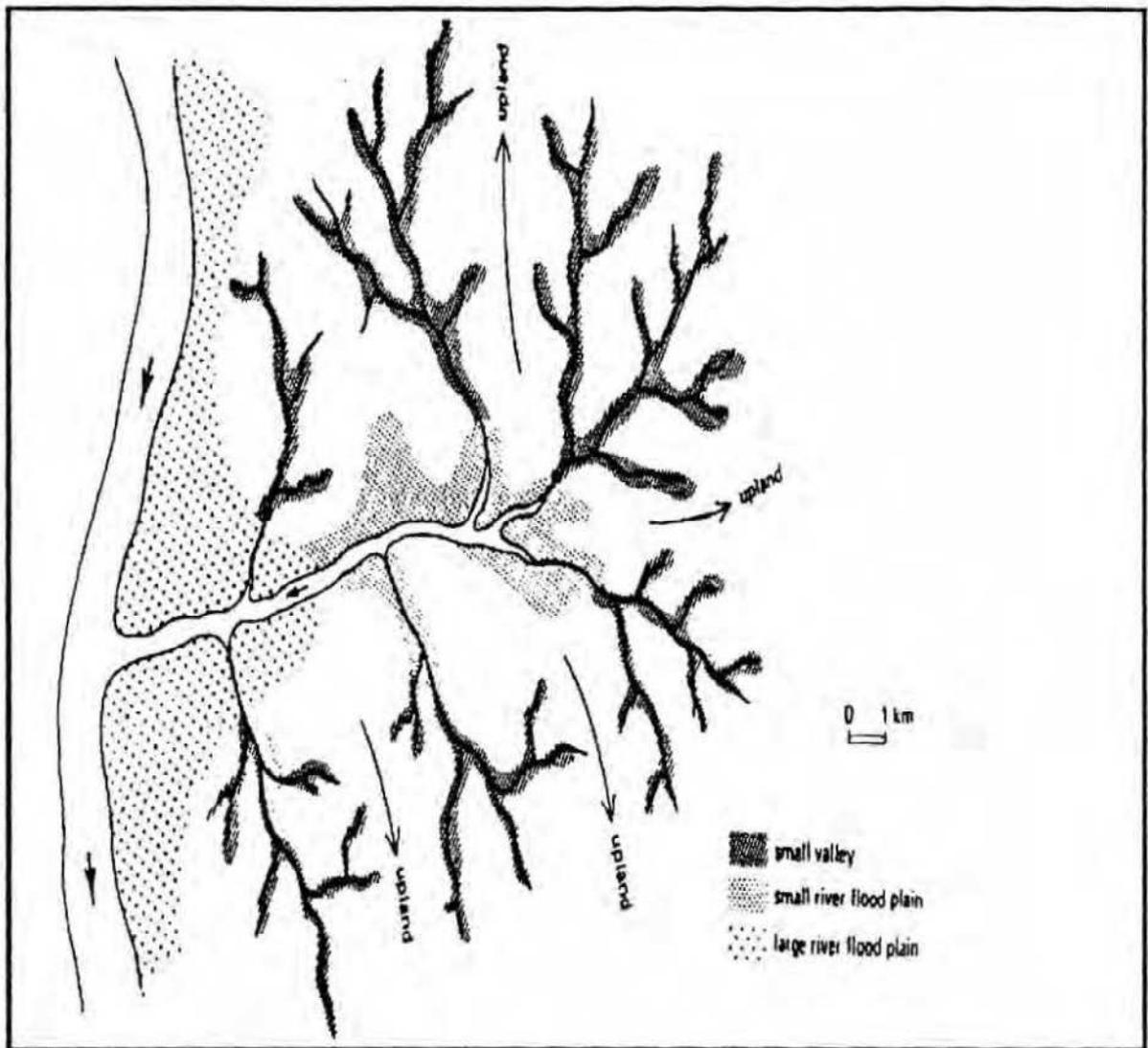
Les drains d'ordre 2, correspondent aux parties moyenne et aval des bas-fonds. C'est la partie la plus large (200 m). Elle draine un cours d'eau bien individualisé. Le matériau alluvial est limono-argileux, parfois sableux, mais possède toujours un caractère hydromorphe;

Les drains d'ordre 3 correspondent aux plaines alluviales qui " s'engraissent " en matériaux alluviaux et passent progressivement, à de larges vallées alluviales (plus de 400 m de large). Nous avons limité notre travail au bas-fond proprement dit donc aux vallées d'ordre 1 et 2. Les plaines alluviales ne sont pas abordées dans ce travail.

Le tableau 1 et la figure 1 illustrent la nette différence entre les « petites vallées » et les « bas-fonds » selon RAUNET (1985)

*Tableau 1 : Différence entre « petites vallées » et « bas-fonds »*

PETITE VALLEE	BAS - FOND
* Régime de débordement de crue par dessus des bourrelets de berge plus ou moins marqué	* Fonctionne par la remontée de la nappe phréatique Pas de transport longitudinal des matériaux
* Dépôts en alluvions stratifiées Transport longitudinal important des matériaux	* Dépôts consistant en apports latéraux des versants voisins
* Modelé du remblaiement varié : terrasse, chenaux de défluence, anciens lits et levées, cuvettes de décantation	



*Figure 1 – Situation des bas-fonds (small valleys) dans un bassin versant (OOSTERBAAN, GUNNEWEG, HUIZING 1987).*

Les recherches effectuées dans les bas-fonds ont pour objectifs de définir les paramètres qui influencent son évolution en vue de procéder à des aménagements susceptibles d'augmenter leur productivité. A cet égard, l'aménagement doit être précédé par une revue de l'ensemble des problèmes concernant le concept « bas - fond » afin de rechercher une méthodologie appropriée à son étude.

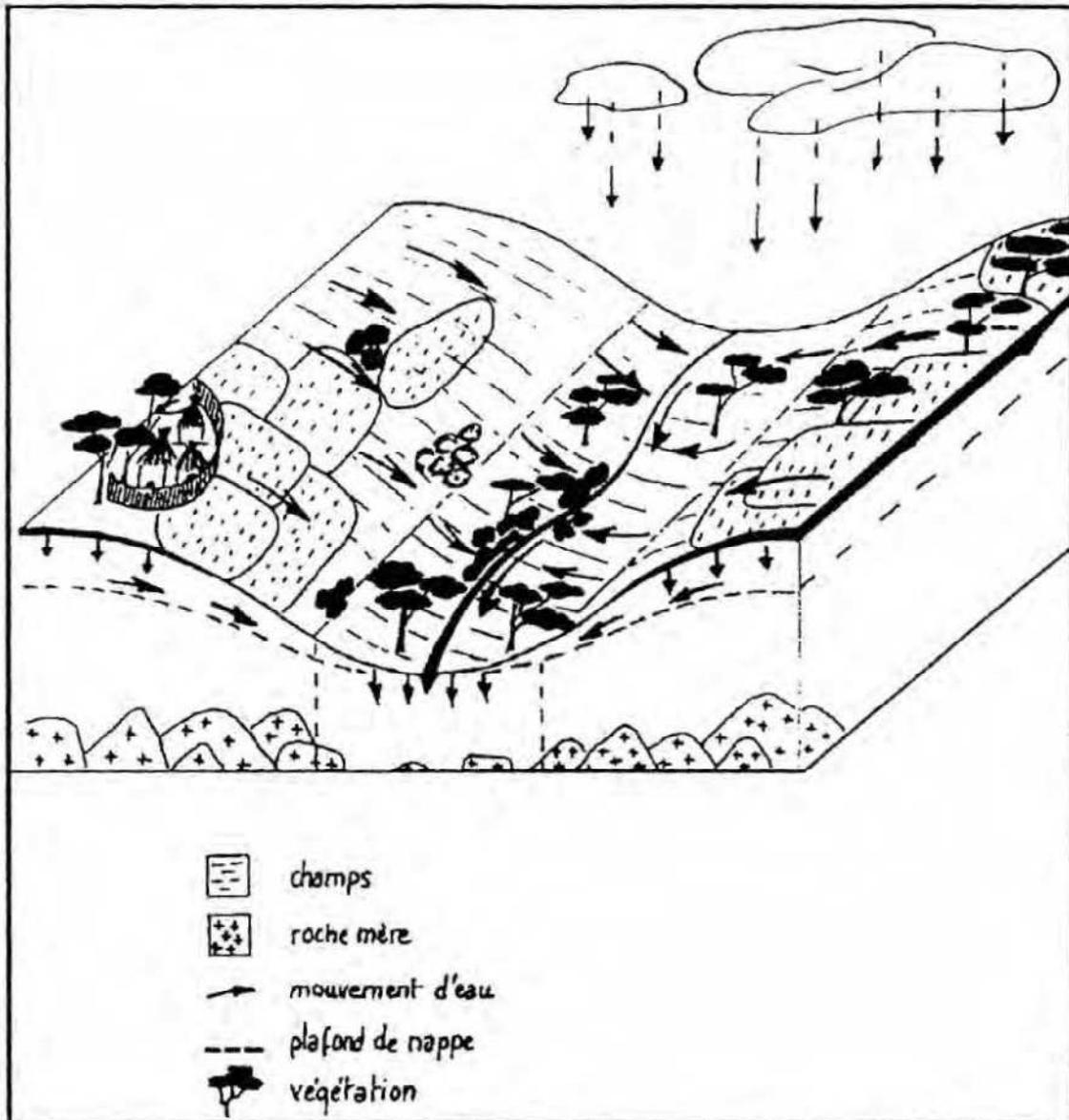


Figure 2- La place du bas-fond dans la toposéquence (ALBERGEL et al., 1993)

## 2.2. Typologie

Trois méthodes : KILIAN et TEISSIER (1973), RAUNET (1982), ALBERGEL et CLAUDE (1988) sont généralement utilisées dans la classification des bas-fonds en Afrique de l'Ouest. La synthèse de ces méthodes (ALBERGEL et al., 1993) sera appliquée aux bas-fonds de la Gambie (Cf. troisième partie).

Dans une première approche on distinguera deux grands types de bas - fonds en fonction de la géologie et du climat. Nous serons amenés à considérer deux sites représentatifs : le Sili au Sud et le Niaoulé au Nord.

### 2.2.1. La classification de KILIAN et TEISSIER (1973).

C'est une classification basée principalement sur des critères morphologiques (pente, largeur du bas-fond, mesure d'encaissement). La démarche à suivre dans ce type de classification repose sur quatre grands axes.

1. donner une description des aspects physiques des bas-fonds

- bassins versants : superficie, forme, pente (transversale, longitudinale)
- zone centrale : largeur, forme, encaissement
- jonction zone centrale - versants
- substratum : affleurements, seuils rocheux, verrous, etc.
- types de sols et texture
- végétation
- micro - relief
- régime hydrologique actuel : inondation, écoulement
- hydrologie : sec, humide, engorgé

2. mettre en évidence certaines corrélations entre certains paramètres décrits.

3. dégager les clés d'interprétation photo - sol, permettant de déceler rapidement le type de bas-fond.

4. dresser un classement des types de bas-fonds.

Cette méthodologie aboutit à la distinction de 5 types de bas-fonds :

- les bas-fonds étroits et peu marqués: ils sont fréquents en zone granitique et se distinguent par des versants rectilignes présentant de faibles pentes, comprises entre 2 % et 4 %. L'encaissement est peu marqué et les sols y sont sableux.

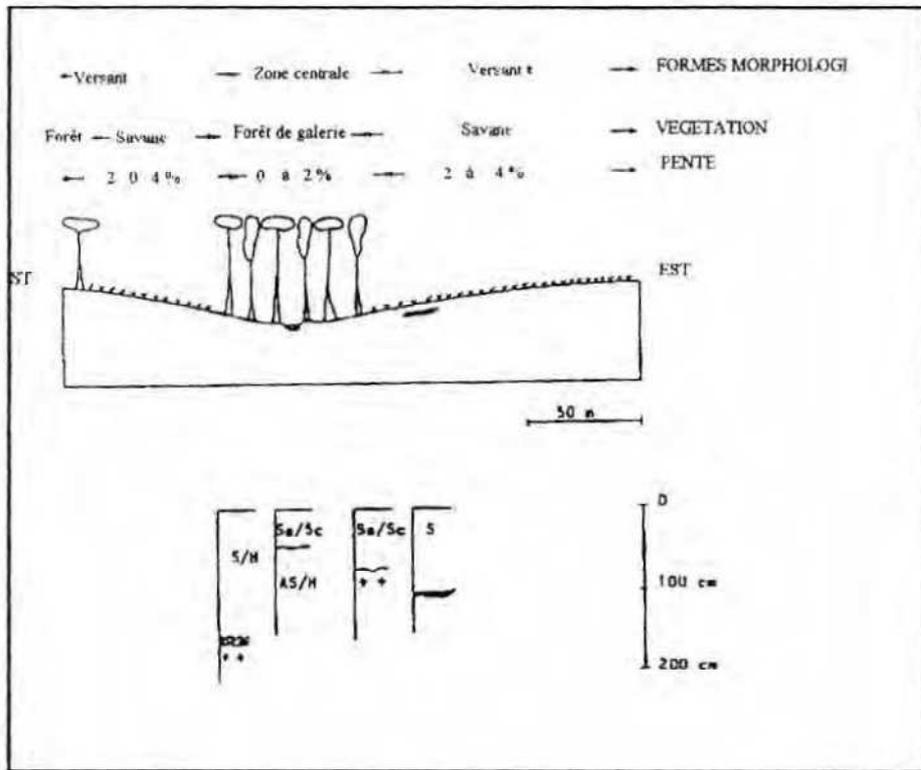


Figure 3- Bas-fonds étroits et peu marqués

□ les bas-fonds étroits et marqués ;

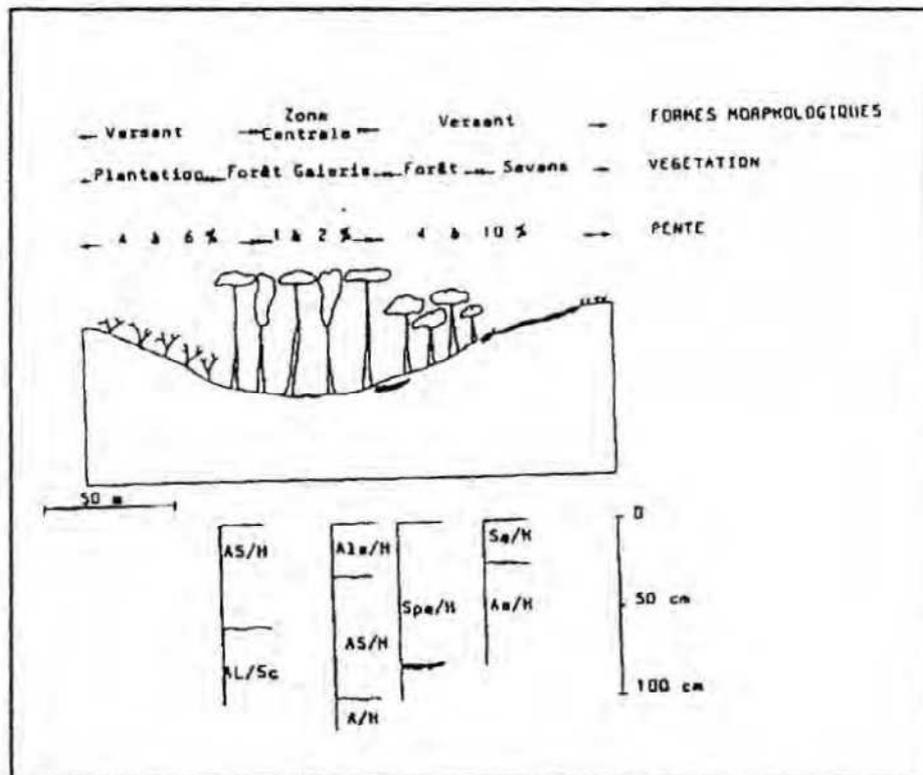


Figure 4- Les bas-fonds étroits et marqués

□ les bas-fonds larges et peu marqués ;

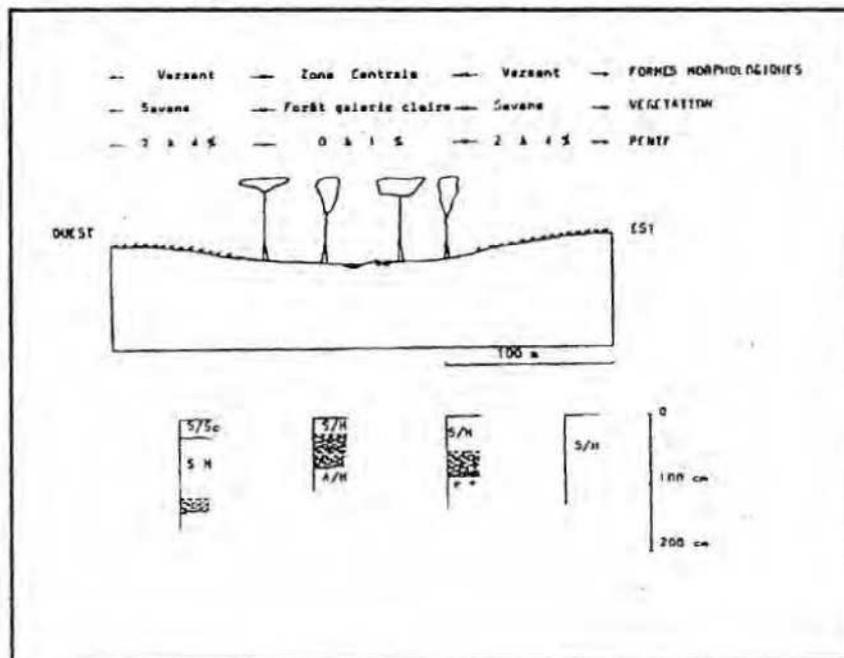


Figure 5- Les bas-fonds larges et peu marqués

□ les bas-fonds larges et marqués;

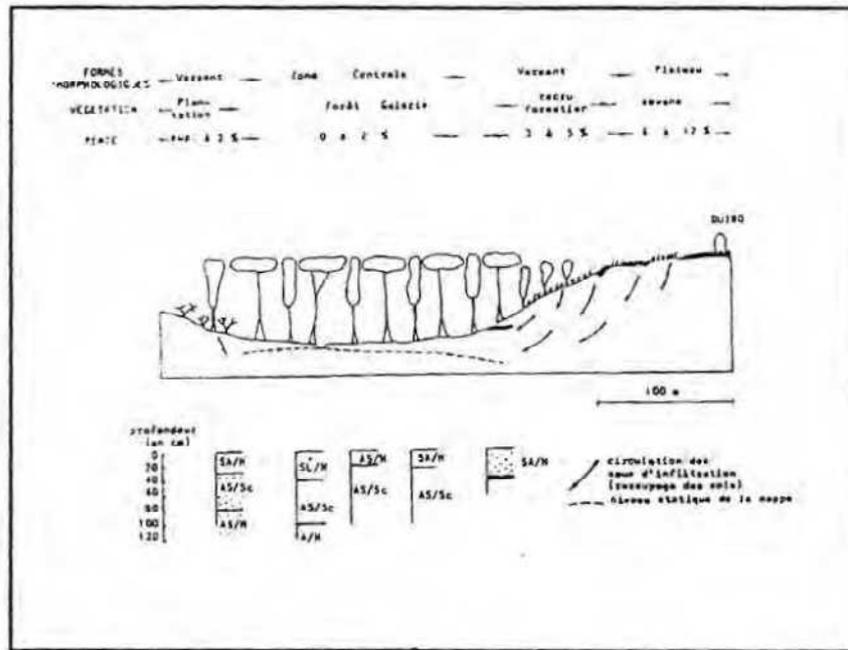


Figure 6— Les bas-fonds larges et marqués

□ les bas-fonds de jonction.

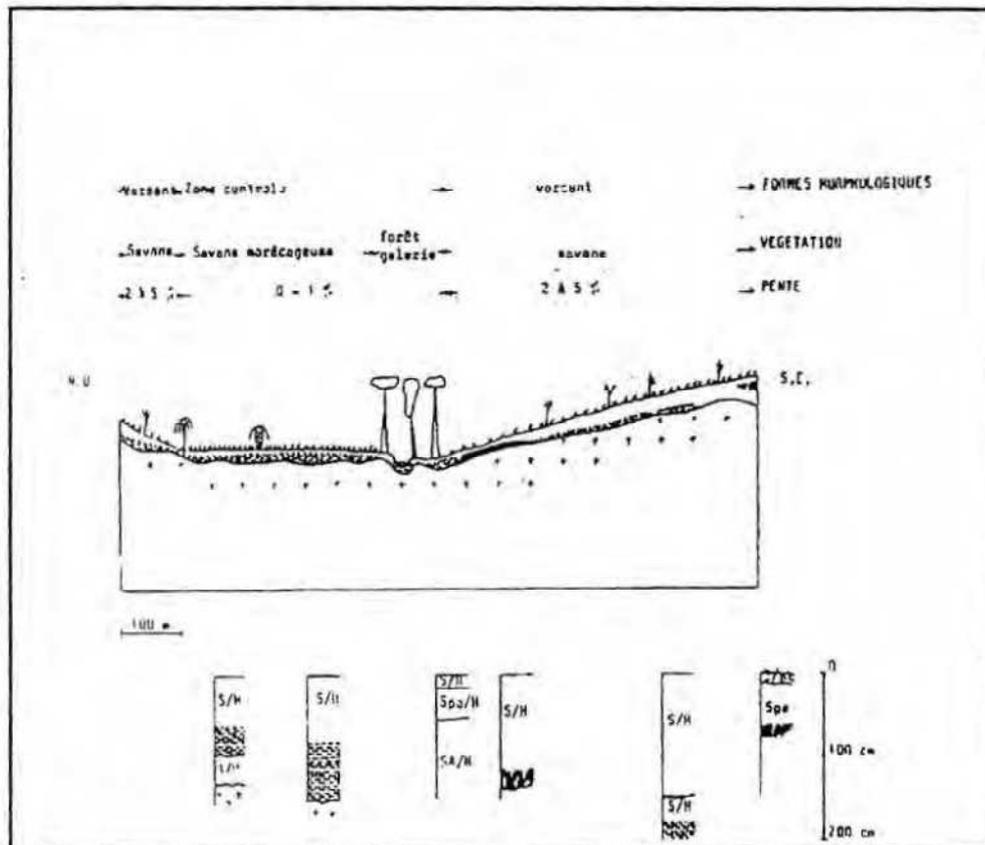


Figure 7— Les bas-fonds de jonction.

## 2 2 2 La classification de RAUNET (1982)

La classification de RAUNET est basée sur des critères morphologiques qui permettent de différencier en Afrique et particulièrement à Madagascar quatre grandes familles de bas-fonds correspondant à la zonalité climatique de l'Afrique intertropicale.

- les bas-fonds du domaine soudano-sahélien
- les bas-fonds du domaine Soudanien et soudano-guinéen
- les bas-fonds de l'Afrique de l'Est à gouttière centrale argileuse, à genèse de montmorillonite ;
- les bas-fonds du domaine de l'Afrique humide

RAUNET associe à chaque type de bas-fonds, une proposition d'aménagement pour lever les contraintes à la mise en valeur.

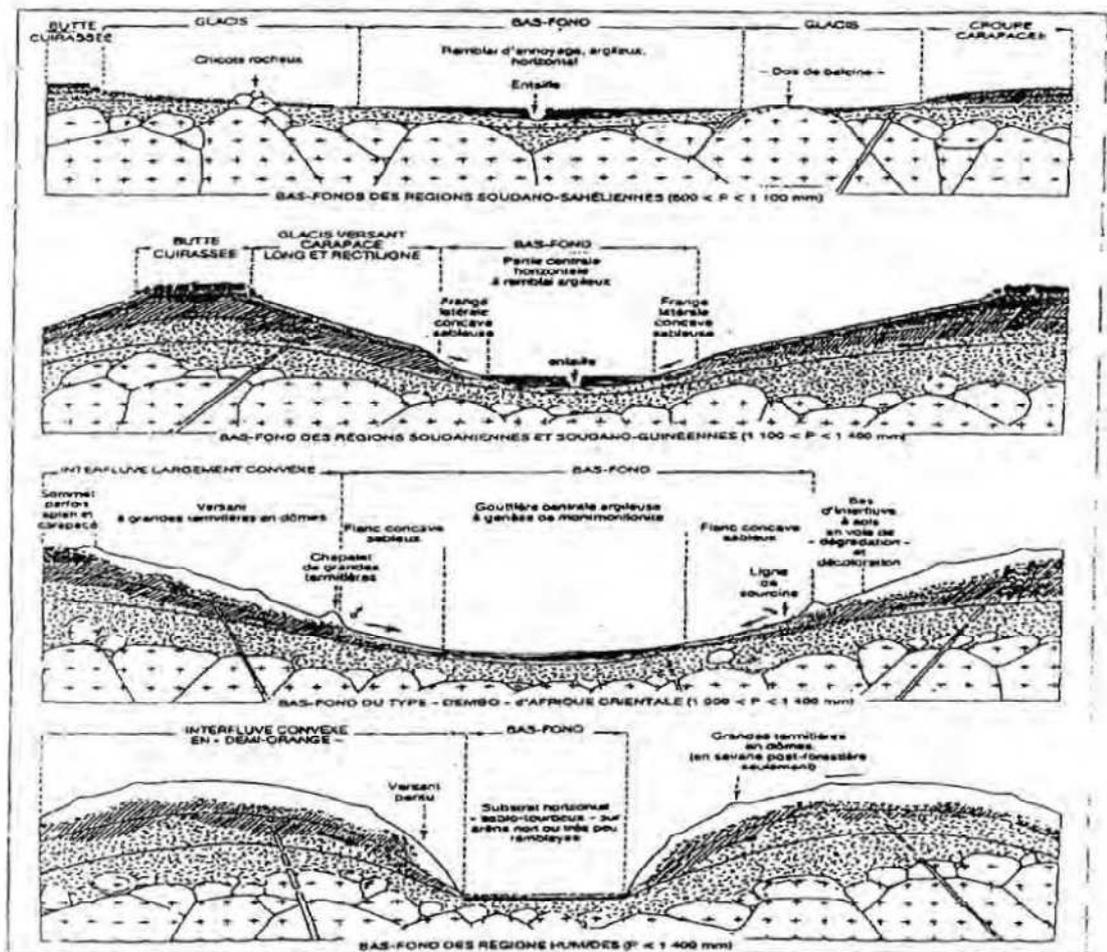


Figure 8 Types fondamentaux de bas-fonds africains ( RAUNET, 1985 )

### 2 2 3 La classification de ALBERGEL et CLAUDE (1988).

A partir des données hydrologiques recueillies par l'ORSTOM sur les bassins versants représentatifs de l'Afrique de l'Ouest (DUBREUIL, 1972), ALBERGEL et CLAUDE (1988) distinguent cinq grandes familles de bas-fonds, dont trois dans la zone du socle ancien

- les bas-fonds sahéliens (pluviométrie annuelle entre 300 et 700 mm) ;
- les bas-fonds des régions soudano-sahéliennes (pluviométrie annuelle entre 700 et 1100 mm) ;
- les bas-fonds de la zone soudano-guinéenne (pluviométrie annuelle entre 1100 et 1400 mm).

Les deux autres sont identifiés dans les zones sédimentaires tertio - quaternaires

- les bas-fonds des formations sédimentaires du continental terminal (pluviométrie annuelle entre 300 et 900 mm dans les parties non désertiques des bassins sénégalomauritanien et Iullemeden) ;
- les bas-fonds des zones fluvio-marines dans les estuaires des fleuves et rivières depuis l'embouchure du fleuve Sénégal (pluviométrie 200 mm) aux rivières de Guinée-Bissau (pluviométrie 1600 mm).

Les différents essais de classification qui ont été élaborés reposent uniquement sur des critères physiques. « Les classifications qui résultent de ces méthodes sont alors peu fines pour être utilisées comme outil décisionnel dans l'optique d'une mise en valeur des zones de bas-fonds. Il est donc évident qu'une classification encore plus fine sera nécessaire pour arriver à une typologie qui permet de déterminer des aménagements types adaptés à chaque classe de bas-fond » (ZEPPENFELDT et VLAAR 1990).

ALBERGEL *et al.* (1993) ont fait la synthèse des différentes classifications. Ils ont intégré dans leur synthèse des critères variables tels que :

- la densité démographique qui détermine la mise en valeur agricole des bas-fonds en zone sèche du domaine cristallin ;
- la taille du bas-fond ou de sa partie cultivable qui définit son utilisation en zone sédimentaire sèche ;
- les formes d'organisation sociale des agriculteurs.

Une telle typologie nécessite l'adoption de la méthodologie suivante :

- 1- Description des aspects physiques des bas-fonds : caractéristiques du bassin versant, pédologie, géologie, morphopédologie, hydrologie, topographie, végétation.
- 2- Mise en évidence d'éventuelles corrélations entre certains de ces paramètres.
- 3- Elaboration de clés d'interprétation photographies aériennes : terrain permettant de déceler rapidement le type de bas-fond.
- 4- classement des types de bas-fonds.

Cette synthèse des classifications sera utilisée sur les bassins de référence pour effectuer une classification assez poussée des bas-fonds.

### **3. METHODOLOGIE DE L'ETUDE**

#### **3.1. Travail bibliographique**

##### **3.1.1. Caractérisation physique des bas-fonds ;**

- Géologie et géomorphologie : détermination des seuils topographiques
- Sols : structure, texture et matières organiques ;
- Végétation naturelle : inventaire des ressources (biomasse végétale, ligneux...).

Ces études vont permettre d'élaborer une carte synthétique qui met en évidence la place des bas-fonds dans le paysage du bassin continental de la Gambie (position géographique et superficie).

##### **3.1.2. Les familles de bas-fonds**

Il s'agit de déterminer les différents critères qui permettent de distinguer les grandes familles de bas-fonds dans le bassin de la Gambie. Après la discrimination par la zonation climatique et géologique interviennent d'autres critères tels que :

- la densité de la population
- la taille du bas-fond
- l'organisation sociale.

#### **3.2. Collecte des données**

Les données climatologiques proviennent de la banque de données de la Météorologie Nationale et hydrométriques des stations gérées par la DGRH. Certaines données ont été homogénéisées au niveaux de quatre stations (Kédougou, Wassadou amont, Wassadou aval et Simenti) pour la période 1970-1992 (KONATE, 1993). Les données relatives, à la démographie et à la croissance des villes proviennent de la Direction de la Prévision et de la Statistique du Ministère de l'économie et des Finances. Les cartes de la végétation et de la morphopédologie (1/500000 e) sont extraites des cartes U S A I D (1984). La carte géologique (1/500000 e) est tirée des travaux de BASSOT (1969).

#### **3.3. Traitement des données hydrologiques**

Il est fait à partir des logiciels suivants :

- PLUVIOM qui permet la gestion de diverses données relatives à la pluviométrie ;
- HYDROM pour l'élaboration des données hydrométriques de base ;
- DIXLOIS qui permet l'ajustement aux lois statistiques et leur sortie graphique ;
- EXCEL (calcul statistique, tableaux et graphiques).

### 3.3.1. Risque hydrique

Pour l'estimation des écoulements annuels et des crues exceptionnelles (fréquences décennales), les méthodes de RODIER - AUVRAY (1965), RODIER - RIBSTEIN (1988) et PUECH - CHABI GONI (1984) seront retenues.

L'utilisation de ces méthodes nécessite au préalable une caractérisation des bassins en déterminant des paramètres tels que : la latitude, le type de végétation, la géologie, la carte des sols et le catalogue des états de surface. En somme, un ensemble de paramètres qui permet de rapprocher un bassin d'étude à un bassin représentatif étudié de l'Afrique de l'Ouest.

Le choix entre les méthodes sur le bassin de la Gambie est fonction des caractéristiques physiques qui varient en fonction des deux régions géographiques (Sud et Nord). La méthode de RODIER - AUVRAY (1965) destinée aux bassins de superficies inférieures à 200 Km<sup>2</sup> peut être utilisée au Sud entre Kédougou et Simenti car le réseau de bas-fonds se trouve dans de bassins de faibles superficies, souvent inférieures à 90 Km<sup>2</sup>. Les abaques utilisés et les conditions de validité de ces méthodes sont exposés en annexes. Elles doivent servir aux dimensionnements des ouvrages hydrauliques pouvant être des réservoirs ou des digues de protection contre les fortes crues. Ce type d'aménagement de petite ou moyenne hydraulique connaît un net succès dans le bassin de la Gambie comme ailleurs en Afrique de l'Ouest (BERTON, GRET 1987).

Les aspects hydrologiques de l'aménagement des bas-fonds dans le bassin de la Gambie ont été abordés dans nos travaux antérieurs (KONATE 1993). Ce rapport comprend trois parties :

- la cartographie du bassin versant de la Gambie jusqu'à Simenti avec la description des facteurs conditionnels de l'écoulement
- l'homogénéisation des données hydrologiques sur une période de référence ;
- l'analyse statistique de l'écoulement et l'étude du tarissement.

Nous reprendrons dans ce travail, les principales conclusions faites sur le régime fluvial du haut bassin de la Gambie et nous les adapterons à la problématique de l'aménagement de la Gambie. La banque de données homogénéisées du laboratoire d'hydrologie sera utilisée à cette occasion pour déterminer certains paramètres tels que le bilan hydrologique.

### 3.3.2. Bilan hydrologique

Le bilan est donné par la formule suivante:

$$P(mm) = Q(mm) + DE(mm) + \Delta R$$

P (mm) représente la lame d'eau reçue par le bassin versant

Q (mm) = lame d'eau moyenne écoulée, c'est à dire la somme des écoulements sortants du bassin versant. Elle est calculée suivant la formule suivante:

$$Q(mm) = \frac{Q \text{ m}^3 \text{ S}^{-1} \cdot t(s)}{S(\text{km}^2) \cdot 10^3}$$

t = nombre de secondes dans l'année ou dans le mois

S (Km<sup>2</sup>) = superficie du bassin versant