

Université de Montréal

**PRISE EN COMPTE DU RISQUE
ENVIRONNEMENTAL DANS LES SYSTEMES
IRRIGUÉS SAHÉLIENS**
ETUDE DE CAS AU SENEGAL

par

Jean-Pierre SENGHOR

Faculté de l'Aménagement

Thèse présentée à la Faculté des Études Supérieures
En vue de l'obtention du grade de
Philosophiae Doctor (Ph.D.) en Aménagement

Mai, 2004

© Jean-Pierre SENGHOR, 2004



NA
9000
UB4
2004
V.004

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal

Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués
sahéliens : étude de cas au Sénégal

présentée par

Jean-Pierre SENGHOR

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Michel GARIEPY
président -rapporteur

Robert KASISI
membre du jury

Peter JACOBS
directeur de recherche

Gérald DOMON
codirecteur de recherche

Jean-Philippe WAAUB
examineur externe

.....
représentant du doyen de la FES

Résumé

« Sustainable development means ensuring that actions taken today to promote development and reduce poverty do not result in environmental degradation or social exclusion tomorrow ». (Banque Mondiale, 2000).

Du fait des grandes sécheresses qui caractérisent le climat sahélien, les systèmes irrigués se sont imposés dans cette région, comme seule alternative au développement d'une agriculture soutenue. En effet, face à des besoins de consommation de plus en plus importants et variés, la mise en place d'infrastructures hydro-agricoles au Sahel reste, certainement, une réponse stratégique pertinente des pouvoirs publics. Aussi ont-ils souvent encouragé le développement, par des privés, des activités d'irrigation tendant à accroître la production agricole. Or, paradoxalement, c'est le foisonnement incontrôlé des périmètres irrigués qui constitue, aujourd'hui, une menace sérieuse à la viabilité de cette même agriculture irriguée.

Notre expérience de terrain nous a permis de prendre conscience, entre autres, du risque de dégradation saline encouru par les Périmètres Irrigués Villageois (PIV) de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Comment prendre en compte ce phénomène pernicieux afin de garantir la viabilité de l'activité agricole, elle-même ? Telle était, au départ, notre question de recherche. L'hypothèse de base qui sous-tend cette question stipule que : *c'est l'absence ou l'insuffisance d'intégration des connaissances sur les systèmes irrigués sahéliens (dans toutes leurs composantes socioculturelles, économiques et environnementales) qui constitue une des limites majeures à la viabilité de ces systèmes irrigués.*

Après avoir fait le point sur la problématique et les enjeux majeurs de la gestion durable des aménagements hydro-agricoles en zone sahélienne, nous avons montré en quoi les approches classiques ne permettaient pas cette nécessaire prise en compte du risque de dégradation physique et chimique des périmètres irrigués.

Un premier diagnostic du site du *secteur Ngalenka amont* (en moyenne vallée du fleuve Sénégal), nous a permis de jeter un regard critique sur les approches sectorielles ayant cours .

De notre expérience du NKalenka nous en avons tiré le postulat que *si les périmètres irrigués se dégradent dans cette région, c'est, dans une large mesure, du fait de la non prise en compte du risque environnemental, aussi bien dans leur conception, que dans leur mise en œuvre.* Or, ce risque ne peut être appréhendé, à notre avis, sans un effort d'intégration des différentes composantes du milieu (social et biophysique). Sur la base de notre expérience propre, mais en nous inspirant également d'expériences similaires ailleurs dans le monde, nous avons proposé une méthode intitulée : *Approche Par Critères d'Analyse (APCA)*. Fruit de nos travaux et de notre expérience professionnelle, l'*APCA* se veut procéder par combinaison de connaissances sur les systèmes irrigués. Elle permet de générer un **Tableau de Bord (TDB)** au titre d'*instrument de planification* et un **cahier des charges** pouvant servir d'*outil de suivi et de gestion durable des systèmes irrigués*. La discussion qui a entouré l'élaboration des deux grilles d'analyse a, toutefois, mis en exergue les limites objectives de la démarche, notamment dans *i) la multiplicité des paramètres à prendre en compte et ii) la difficulté de pondérer ou hiérarchiser les facteurs de risque.*

De plus, les grilles d'analyse restent fortement tributaires de la disponibilité d'informations souvent difficile à obtenir. Un des enseignements majeurs de ce travail tient au fait qu'en définitive, la prise en compte du risque environnemental dans un système irrigué procède de la stratégie *de gestion de connaissances croisées entre le milieu physique et le contexte socio-économique*. La finalité de l'approche est, principalement, d'aboutir à l'élaboration d'une méthode ou approche de planification et de gestion durable des ressources en sols et en eaux.

Partant d'un cas concret de terrain, nous avons procédé à un test de cohérence (faisabilité technique) de l'approche *APCA* ; ce qui nous a permis de découvrir qu'il s'agit d'une méthode offrant une alternative nouvelle et une contribution aux travaux de recherches portant sur les systèmes irrigués.

L'*APCA* pose, par ailleurs, des bases fort intéressantes pour la modélisation de systèmes complexes (à composantes multiples) avec des applications potentielles multiples.

Mots clés : risque environnemental, systèmes irrigués, Sahel. *APCA*.

Table des matières

RESUME-----	i
TABLES DES MATIERES-----	iv
LISTE DES FIGURES-----	viii
LISTES DES TABLEAUX-----	x
SIGLES ET ABREVIATIONS-----	xi
DEDICACE-----	xii
AVANT PROPOS-----	1
Introduction-----	4

Première partie

I. De la description des processus à l'intégration des connaissances-----	16
1.1 Mise en contexte générale : la gestion du risque en situation d'incertitude -----	17
<i>1.1.1 Le risque en agriculture irriguée-----</i>	<i>18</i>
<i>1.1.2 Déséquilibre alimentaire entre le Sud et le Nord -----</i>	<i>20</i>
<i>1.1.3 Pour une approche écologique du développement agricole -----</i>	<i>21</i>
<i>1.1.4 L'agriculture de subsistance et ses limites -----</i>	<i>22</i>
<i>1.1.5 Planification du développement agricole -----</i>	<i>25</i>
<i>1.1.6 Influence de la monétarisation-----</i>	<i>27</i>
<i>1.1.7 Le rôle de l'administration-----</i>	<i>30</i>
1.2 Politique des grands projets agricoles au Sénégal-----	32
<i>1.2.1 Les structures agricoles à la veille de l'indépendance-----</i>	<i>32</i>
<i>1.2.2 Politique de restructuration de l'économie rurale-----</i>	<i>35</i>
<i>1.2.3 Les appareils de la restructuration-----</i>	<i>36</i>

1.3 Systèmes irrigués et développement au Sahel -----	40
1.3.1 <i>Pouvoir et développement en Afrique Sahélienne</i> -----	41
1.3.2 <i>Logiques de plans et logiques paysannes</i> -----	44
1.3.3 <i>Les plans projets</i> -----	46
1.4 Problématique de l'irrigation dans le monde -----	53
1.4.1 <i>Du mirage des grands ouvrages hydroagricoles</i> -----	53
1.4.2 <i>Aux Périmètres Irrigués Villageois</i> -----	58
1.4.3 <i>Aménagement et opération hydroagricoles</i> -----	64
1.4.4 <i>Point de vue de la recherche</i> -----	73
1.4.5 <i>Les problèmes de dégradation saline que posent les PIV</i> -----	77
1.4.6 <i>Suivi de la salinité</i> -----	81
1.5 Elément de théorie -----	82
1.5.1 <i>Que se passe-t-il lorsqu'on irrigue ?</i> -----	83
1.5.2 <i>D'où vient tout ce sel</i> -----	85
1.5.3 <i>Quels problèmes majeurs pose la salinisation</i> -----	87
1.5.4 <i>En quoi les recherches sur la salinisation sont elles importantes</i> -----	89
1.6 Disponibilité et usages de l'eau dans le monde -----	90
1.6.1 <i>L'eau douce accessible</i> -----	90
1.6.2 <i>Gestion des aquifères</i> -----	92
<i>Conclusion de la première partie</i> -----	97

Deuxième partie

II. Le projet Ngalenka amont, un modèle ? -----	98
2.1 Le milieu physique -----	100
2.1.1 <i>Le climat</i> -----	100
2.1.2 <i>Les sols de la cuvette</i> -----	103

2.1.3 Les sols du Ngalenka-----	104
2.1.4 Situation actuelle des sols du Ngalenka-----	108
2.1.5 Les ressources hydriques du Ngalenka-----	110
2.2 Contexte social et économique du projet Ngalenka amont-----	116
2.2.1 Rappel historique-----	117
2.2.2 Villages et populations du Ngalenka-----	119
2.2.3 Principales communautés vivant au Ngalenka amont-----	120
2.2.4 L'économie de la région-----	122
Conclusion de la deuxième partie-----	143

Troisième partie

III. L'Approche Par Critères d'Analyse (APCA) -----	144
3.1 Fondements pratiques et théoriques-----	147
3.2 Caractérisation du risque-----	149
3.2.1 Les dimensions du risque environnemental-----	154
3.2.2 Quel environnement ?-----	158
3.3 Principes de base de l'approche-----	160
3.3.1 Cadre d'application de l'APCA-----	161
3.3.2 Echantillonnage des Unités de Mise en Valeur (UMV) -----	162
3.4 Élaboration des critères-----	164
3.4.1 Techniques d'investigation-----	166
3.4.2 Structure des résultats obtenus-----	167
3.4.3 La grille physique-----	168
3.4.4 La grille socio-économique-----	172
3.4.5 Bilan de l'analyse des grilles-----	178
3.5 La maîtrise de l'eau, un enjeu majeur -----	186
3.5.1 Pour de meilleurs usages de l'eau d'irrigation-----	186
3.5.2 La qualité intrinsèque de l'exploitant-----	188
Conclusion de la troisième partie-----	190

Quatrième partie

IV Essai d'application au projet Ngalenka amont -----	192
4.1 L'APCA : de la théorie à la pratique -----	192
4.2 Sélection des UMV -----	196
4.3 Application de la grille physique -----	198
<i>4.3.1 Présentation sommaire des PIV et GIE concernés</i> -----	198
<i>4.3.2 Application de la grille physique</i> -----	199
4.4 Application de la grille socio-économique -----	220
4.5 Discussion des résultats -----	229
<i>4.5.1 Bilan de l'analyse des grilles</i> -----	231
<i>4.5.2 Lecture du tableau de bord</i> -----	232
<i>4.5.3 Que nous suggère l'APCA</i> -----	233
<i>4.5.4 Le cahier des charges comme outil de suivi et de gestion</i> -----	235
<i>Conclusion de la quatrième partie</i> -----	240
Conclusion générale -----	242
Bibliographie -----	249
Annexes -----	255

Liste des figures

Figure 1 :	Position géographique du site de Podor-----	11
Figure 2 :	Évolution de la production de riz paddy-----	57
Figure 3 :	Évolution des rendements de riz-----	57
Figure 4 :	Structure fonctionnelle du système irrigué-----	59
Figure 5 :	Schéma type d'un PIV-----	63
Figure 6 :	Force de travail disponible par village-----	69
Figure 7 :	Transect NE-SO du secteur Ngalenka-----	79
Figure 8 :	Répartition mondiale de l'eau douce disponible-----	90
Figure 9 :	La vallée du fleuve Sénégal-----	99
Figure 10 :	La cuvette de Nianga et le secteur Ngalenka-----	99
Figure 11 :	Températures maximales mensuelles à Podor-----	102
Figure 12 :	Températures moyennes mensuelles à Podor-----	102
Figure 13 :	Précipitations moyennes mensuelles à Podor-----	102
Figure 14 :	Chronique des pluies à Podor-----	103
Figure 15 :	Humidité relative à Podor-----	103
Figure 16 :	Réseau hydrographique de la cuvette de Nianga-----	113
Figure 17 :	Répartition des différentes communautés vivant au Ngalenka----	121
Figure 18 :	Réparation du cheptel-----	124
Figure 19 :	Limites des anciens couloirs de transhumance-----	132
Figure 20 :	Superficies occupées par les trois régimes fonciers-----	134
Figure 21 :	Répartition des terres agricoles-----	136
Figure 22 :	Grille de maillage-----	164
Figure 23 :	Pondération des facteurs de risque selon les agriculteurs-----	181
Figure 24 :	Pondération des facteurs de risque selon les experts-----	183
Figure 25 :	Pondération des facteurs de risque selon les techniciens-----	184
Figure 26 :	Protocole de sélection des périmètres à analyser-----	196

Figure 27 :	Position des PIV 11c et 11d-----	197
Figure 28 :	Carte pédomorphologique de la cuvette de Nianga-----	200
Figure 29 :	Répartition des cations dans les horizons du sol-----	201
Figure 30 :	Réseau hydrographique du Ngalenka-----	204
Figure 31 :	Carte hypsométrique sur le réseau hydrographique-----	208
Figure 32 :	Évolution de la salinité dans le Doué-----	214
Figure 33 :	Perception du risque chez les exploitants -----	227
Figure 34 :	Le tableau de bord-----	231

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	: <i>Zones agro-écologiques en Afrique Occidentale</i> -----	92
Tableau II	: <i>Paramètres climatiques enregistrés à Podor...</i> -----	101
Tableau III	: <i>Typologie des sols du secteur Ngalenka</i> -----	107
Tableau IV	: <i>Assolements et aptitudes culturales des sols</i> -----	107
Tableau V	: <i>Villages et populations du projet Ngalenka amont</i> -----	119
Tableau VI	: <i>Productions agricoles par village</i> -----	127
Tableau VII	: <i>Revenus des familles du Ngalenka</i> -----	130
Tableau VIII	: <i>Superficies aménagées / exploitées</i> -----	138
Tableau IX	: <i>Pondération des facteurs de risque</i> -----	166
Tableau X	: <i>Point d'observation des unités géomorphologiques</i> -----	202
Tableau XI	: <i>Types de sols rencontrés au Ngalenka amont</i> -----	203
Tableau XII	: <i>S scénario de pompage à partir du Doué</i> -----	211
Tableau XIII	: <i>Écoulement gravitaire à partir du Doué</i> -----	212
Tableau XIV	: <i>Marges brutes dégagées par quelques spéculations</i> -----	228

SIGLES ET ABREVIATIONS

ABN	Autorité du Bassin du Nil
AID	Agriculture Irriguée Durable
APCA	Approche Par Critère d'Analyse
CARI	Colloque Africain sur le Recherche en Informatique
CBLT	Comité du Bas Lac Tchad
CER	Centre d'Expansion Rurale
CDC	Cahier Des Charges
CFA	Communauté Francophone d'Afrique
CILSS	Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CIRAD	Centre International de Recherche Appliquée pour le Développement
CNCAS	Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal
CSE	Cellule de Suivi Écologique
FAO	Food and Agricultural Organization
FIDA	Fond International Pour le Développement Agricole
GIE	Groupement d'intérêt Économique
GMP	Groupe MotoPompe
IGN	Institut Géographique National
INRIA	Institut National de Recherche en Informatique Appliquée
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
JJ/WBGSP	Joint Japan /World Bank Graduate Scholarship Program
KU LEUVEN	Katholic Universitaat Leuven
MAS	Mission d'Aménagement du Sénégal
NPA	Nouvelle Politique Agricole
OAD	Organisation Autonome du Delta
OAV	Organisation Autonome de la Vallée
OCA	Office de Commercialisation Agricole
OCB	Organisation Communautaire de Base
ONAHA	Office National des Aménagements Hydro agricoles
ONG	Organisation Non Gouvernementale
OMVG	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Gambie
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
OP	Organisation de Producteurs ou Paysanne
ORSTOM	Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer
PIP	Périmètre Irrigué Privé
PIV	Périmètre Irrigué Villageois
PROGES	Projet de Gestion de l'eau zone Sud
SAED	Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta
SDRS	Société de Développement Rizicole du Sénégal
SODERIZ	Société de Développement du Riz
TDB	Tableau De Bord
UMV	Unité de Mise en Valeur
USAID	Unated States Agency for International Development
ZIC	Zone Intertropicale de Convergence

Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de mon frère cadet
JOE SENGHOR

AVANT-PROPOS

« Le développement du monde rural est une question majeure en Afrique, je suis heureux de constater ton engagement (académique et professionnel) pour la promotion des communautés rurales au Sénégal, je t'y encourage vivement. Toutefois, s'investir dans ce domaine relève du véritable sacerdoce; il faut le prendre comme tel. Les motifs de découragement ne manqueront pas, tellement tu te sentiras souvent impuissant face au caractère immuable de certaines habitudes et comportements que tu aurais souhaité contribuer à faire évoluer. Mais les bien plus importantes satisfactions qui t'attendent dans tes rapports de tous les jours avec ces communautés et dans le constat des efforts consentis par les uns et les autres, te feront vite minimiser ces quelques désagréments... tu verras, tu ne seras pas déçu ...» .

Ces propos extraits d'une conversation que j'ai, en Juin 1988, eu le privilège d'avoir avec feu le Président Léopold Sédar SENGHOR, m'ont toujours servi de référence tout au long de mon expérience professionnelle, mais aussi de mon parcours académique. Ces mêmes propos m'ont guidé dans le choix de ce sujet de thèse et influencé mon approche heuristique. Au moment de rédiger ce document, ce sont ces mêmes propos qui me reviennent .

Depuis son accession à la souveraineté internationale, le Sénégal a formé et fait former plus d'un demi millier d'ingénieurs agronomes et techniciens supérieurs en agriculture et disciplines connexes. Plus de la moitié de ces cadres supérieurs ont, depuis bientôt quatre décennies, apporté et apportent encore leurs connaissances et leur savoir faire au service du pays.

Au regard des résultats enregistrés en termes d'amélioration des conditions et volume de la production, on est en droit de s'interroger, non pas sur la qualité de ces techniciens et ingénieurs¹, mais plutôt sur l'efficacité et le caractère prospectif des méthodes d'intervention adoptées .

Lorsqu'au sortir de mon examen de synthèse je décidai de quitter le confort des couloirs de l'Université de Montréal pour repartir au pays en vue de la finalisation de mes travaux de recherche, ma préoccupation première était d'être en phase avec les réalités du terrain, eu égard à la nature de mon sujet de recherche. J'étais cependant loin de me douter de l'extraordinaire complexité des questions qui m'attendaient. La rupture avec le cadre de l'Université me rapprochait du terrain et de ses réalités, certes, mais le retour dans un environnement connu avec ses contraintes sociales quotidiennes, ne s'est pas passé comme je l'avais imaginé. Au point qu'il a fallu aller encore puiser ma motivation et mes forces dans les propos que j'ai cités au début de ce texte. A vrai dire, cela n'aurait sans doute pas été suffisant, si je n'avais pas pu compter sur toutes ces personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu et encouragé au cours de ce long processus.

Tout naturellement, je commencerais par exprimer toute ma gratitude à la Banque Mondiale qui, à travers son programme de bourses JJ/WBGSP², m'a donné cette occasion unique d'entamer ce doctorat à l'Université de Montréal . Je voudrais ici, remercier toute l'équipe dirigée, aujourd'hui, par Monsieur Abdul-Monem Al-Mashat et, avant lui, Monsieur Frank Farmer, avec une mention spéciale à Mesdames Maribel de Liedekerke et Marie-Des Neiges Grossas .

¹ Dont la majorité sont diplômés des grandes écoles occidentales.

² Joint Japan / World Bank Graduate Scholarship Program (JJ/WBGSP).

A Messieurs **Peter Jacobs** et **Gérald Domon**, je suis profondément reconnaissant d'avoir cru en mes capacités et de m'avoir toujours fait confiance au cours de ces années interminables, parsemées d'incertitudes. Sans leur soutien moral et scientifique, leur compréhension, cette thèse n'aurait jamais été finalisée. Je confesse avoir abusé de leur patience et salue, ici, leur professionnalisme, leur sérénité. Leurs précieux conseils m'ont éclairé tout au long de mon cheminement... solitaire. Je n'oublierai pas Mirlande pour le stress que j'ai dû lui transmettre à travers mes interminables messages électroniques.

A Monsieur Pascal Boivin, je dis un grand merci d'avoir accepté de m'accueillir au laboratoire «Agriculture Irrigué Durable» de l'IRD. Il m'a ouvert les portes de l'IRD (de Dakar à Bondy), du CIRAD de Montpellier, de l'INRIA (avec le CARI'96) et de bien d'autres organismes de recherche. Ses solides connaissances en pédologie et sa vaste culture scientifique n'ont pas inhibé la bonté qui caractérise sa personne .

Je remercie également toute l'équipe du laboratoire «Agriculture Irriguée Durable», en l'occurrence M. Xavier Le Roy, chef du labo, Claude Hammecker, Laurent Barbiero, Jean-Luc Maeght, Demba Faye, Augustin Diémé, Mamadou Badiane, pour l'ambiance chaleureuse qu'ils ont su entretenir au sein du labo. Un grand merci à M. Samuel PATRIS pour sa disponibilité, la qualité du travail abattu et surtout pour les belles cartes du Ngalenka; Landing Mané, Bamba Diaw et Rokhaya Samba Diène pour avoir partagé mes angoisses .

Je remercie, enfin, Marc Lescarbeau pour son aide ô combien précieuse lors du dépôt de cette thèse.

Introduction

Le Sahel¹ est une région semi-aride qui couvre une bande étroite allant, d'Ouest en Est, de l'Atlantique aux rivages de la mer rouge et de l'océan Indien (Giry, 1987). Cette région de l'Afrique sub-saharienne concerne 9 pays (le Sénégal, la Gambie, le Cap Vert, la Guinée Bissau, le Mali, le Niger, le Burkina, le Tchad et la Mauritanie); elle s'étend sur environ 5.292.000 km² et comprend une population qui, d'après Vernet (1994), peut être estimée aujourd'hui à près de 47,5 millions d'habitants. Le climat sahélien est caractérisé par une insuffisance chronique et une irrégularité des pluies. C'est le lieu de sécheresses répétées, aussi rudes les unes que les autres, les plus récentes étant celles des années 72-73 et de 83-84.

Située entre 14° et 18° de latitude Nord, et entre les isohyètes 600 et 200 mm, le Sahel compte sur la présence de grands bassins fluviaux (Sénégal, Niger) pour développer une agriculture qui se veut moderne. En effet, du fait de l'austérité d'un climat qui, au cours de ce dernier quart de siècle, se caractérise par une sécheresse quasi endémique, le développement de l'agriculture dans cette région passe forcément par la mise en place et l'exploitation d'aménagements hydro-agricoles.

Le Sahel actuel s'est installé, par à coups progressifs, au cours du troisième millénaire avant Jésus Christ (Giry, 1985). Conséquence de cette aridification progressive combinée à une forte croissance démographique, les écosystèmes sahéliens subissent une dégradation continue de leurs ressources dites naturelles (couvert végétal, faune, eau et sols) ; ce qui se traduit par des dysfonctionnements dans les relations entre l'humain et son milieu.

¹ Le mot Sahel vient de l'Arabe. il signifie « rivage »

La prise de conscience que ce phénomène représente une menace pour les populations de cette région, a été à l'origine de la création en 1973 du Comité permanent Inter-état de Lutte Contre la Sécheresse au Sahel (CILSS).

Le CILSS qui regroupe les 9 pays du Sahel a pour mission principale d'harmoniser, à l'échelle de la région, les politiques nationales de lutte contre la sécheresse. Mais, comme on peut s'en douter, des actions d'une telle envergure, si elles se veulent efficaces, ont un coût que les pays membres ne sont pas toujours prompts à supporter. Pour des raisons de politiques économiques internes évidentes, les États de cette région misent davantage sur la lutte contre la sous-production, pour l'autosuffisance alimentaire, ne serait-ce que locale, plutôt que contre une sécheresse qui, dans ses acceptions culturelles et religieuses manifestes, apparaît assez souvent comme une fatalité. De ce point de vue, elle trouvera forcément sa solution, non pas dans une quelconque action ou réaction humaine, mais plutôt dans l'œuvre divine.

En plus des conditions climatiques caractérisées par un climat austère (longue saison sèche de 9 à 10 mois suivie d'une courte saison pluvieuse), la faiblesse des ressources disponibles au Sahel et l'absence, à court ou moyen terme, de perspectives économiques pour une certaine frange de la population autochtone, expliquent largement les migrations incessantes et la forte émigration que connaît cette région du monde. Une proportion importante des populations noires africaines immigrées en Europe (en France, notamment), vient, en effet, de cette région. Quant aux migrations internes, elles concernent le mouvement pendulaire des plateaux sablo-limoneux (en périodes pluvieuses) vers les bas-fonds de vallée (en périodes sèches).

La crise que connaît, aujourd'hui, le Sahel est donc à la fois une crise économique, démographique, mais aussi et surtout écologique.

Afin de rompre ce cercle de l'incertitude caractérisée par une « errance agricole et pastorale », les pouvoirs publics se sont tournés vers ce qui, aujourd'hui, représente pour cette région, le seul gage de la sécurité alimentaire, en l'occurrence, la mise en oeuvre d'aménagements hydro-agricoles. En effet, l'espoir pour tous ces pays ne réside ni dans les cultures sous pluie, ni dans l'élevage, mais plutôt dans la mobilisation des eaux des grands cours d'eau venus du sud. Ceci permettra la mise en valeur des immenses étendues de terres qui bordent ces cours d'eau que sont les fleuves Sénégal (Mauritanie, Sénégal), Niger (Mali, Niger) et Logone (Tchad).

Ces fleuves vont jusqu'aux limites du désert et apportent d'importantes quantités d'eaux et d'alluvions dans de vastes régions planes ; ce qui, en plus de la disponibilité de l'eau, participe de la fertilisation continue des sols. Ainsi, les régions de la vallée du Sénégal, du Delta intérieur du Niger, des plaines du Logone–Chari du lac Tchad peuvent, grâce à l'irrigation, espérer venir à bout de la crise climatique qu'elles connaissent. à moins que le Fouta Jalon (source du fleuve Sénégal) ne connaisse de graves problèmes d'aménagement ; ce qui pourrait réduire de façon significative, les quantités d'eau apportées en aval. En tout état de cause, on estime aujourd'hui à 115 milliards de m³ la quantité d'eau totale qu'apportent ces cours d'eau à l'ensemble des trois pays que sont le Mali, le Sénégal et le Tchad (Hydroplan, 1995).

Les superficies irrigables sont estimées à 750 000 ha pour le Delta intérieur du Niger, 350 000 ha pour la vallée du fleuve Sénégal et 185 000 ha pour les plaines du Logone–Chari (Seck, 1991). L'utilisation judicieuse de ces ressources exceptionnelles à des fins agricoles contribuerait à atténuer considérablement le poids de la pauvreté au Sahel. En effet, les pays tels que le Burkina Faso, la Mauritanie, le Mali, etc., n'ayant pas de cours d'eau pérennes, profiteraient ainsi du développement de l'irrigation dans ceux qui en possèdent.

L'engouement des agriculteurs de la région pour les périmètres irrigués, un indicateur de succès des aménagements hydro-agricoles ?

L'avènement des barrages de Diama et Manantali a suscité un intérêt certain des agriculteurs de la vallée du fleuve Sénégal pour l'irrigation ; ce qui a permis le développement rapide des périmètres irrigués dans cette région. Est-ce, pour autant, un indicateur pertinent d'appréciation de la réussite économique et/ou sociale des barrages ? Il y a lieu, dans ces cas là, de mesurer la rentabilité des périmètres irrigués et d'évaluer les connaissances acquises par les exploitants agricoles au terme d'un encadrement technique plus ou moins soutenu, ou encore de comptabiliser l'accroissement de la production agricole. Et même là encore, on ne sera pas forcément renseigné sur la réussite ou non des aménagements. Un des critères possibles pour apprécier cette réussite, c'est la manière dont les populations bénéficiaires s'approprient ces périmètres et adoptent un mode de gestion cohérent, ce qui participe de leur durabilité. Autrement dit, un des indicateurs fiables, est surtout la régularité des performances réalisées en termes de production, certes, mais aussi en termes de maîtrise dans la gestion des infrastructures hydro-agricoles. L'hypothèse qui constitue le fondement de notre recherche stipule que s'il est incontestable que les aménagements hydro-agricoles permettent un accroissement du volume des productions agricoles, il n'en demeure pas moins qu'il ne s'agit là que d'une réponse ponctuelle. Pour en assurer la durabilité, il est important que les bénéficiaires principaux de ces aménagements (populations locales) se dotent de moyens (organisationnels, techniques, financiers...) leur permettant de s'approprier cet outil de production que sont les périmètres irrigués, faute de quoi, ces présumés succès ne peuvent être qu'éphémères. Pire encore, ces «exploits techniques» peuvent cacher des problèmes autrement plus sérieux qui risquent, à terme, d'hypothéquer l'activité agricole elle même : il s'agit du risque de dégradation des terres, induit par une irrigation non appropriée et mal maîtrisée.

L'irrigation, une solution nouvelle ?

On se doute que les populations riveraines des cours d'eau pérennes comme celles de la vallée du fleuve Sénégal, n'ont pas attendu l'avènement des barrages, ni même celui des périmètres irrigués actuels pour s'adonner à l'irrigation; elles ont, depuis toujours, essayé de tirer profit des ressources en eau que leur offraient les fleuves, marigots et lacs de la région. L'administration coloniale a, elle aussi, contribué à l'expansion de l'irrigation au Sahel. Dès le début des années 1920, en effet, la France s'était intéressée à la mise en valeur agricole du Delta central du Niger; en 1921, Béline (cité par Funel et Laucoin, 1980) avançait l'idée d'une exploitation nationale de cette région et démontrait l'intérêt que représentait un tel projet, tant pour les « indigènes » que pour la métropole .

Les premiers aménagements au Mali ont vu le jour en 1947 avec la construction du barrage de Markala (près de Bamako) et la mise en eau des défluent fossiles du fleuve Niger. Mais, comme nous le signalions plus haut, l'irrigation n'a pas attendu la mise en service du Barrage de Markala pour commencer : dès 1924, les populations de la région pratiquaient l'agriculture irriguée dans les bordures de vallée. Quelques années plus tard, en 1934, commencent les aménagements hydro-agricoles de la vallée du fleuve Sénégal (Seck, 1991). Les premières parcelles irriguées furent installées à Guédé (Podor) en moyenne vallée du Sénégal : puis dans le Delta du Sénégal, en aval de la ville de Richard Toll². Comme dans le cas du delta intérieur du Niger, les populations des régions avoisinantes ont été mobilisées à partir de 1957 pour coloniser ces terres neuves. C'est seulement trente ans après que les fameux grands barrages de Diama (1985) et Manantali (1986) seront construits pour servir de tremplin à cette région dans sa quête effrénée, inlassable de l'autosuffisance alimentaire.

² Du nom de son fondateur le **Baron de Richard**, qui fut l'instigateur de l'irrigation dans ses formes modernes au Sénégal (dès le 19^{ème} siècle) . Le nom Richard Toll signifie littéralement « Jardin de Richard » en Wolof (une des langues nationales du Sénégal) .

C'est justement à ce champ d'investigation que nous nous intéressons, en essayant d'y apporter une contribution d'ordre méthodologique, pour une meilleure prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués en milieu sahélien.

En effet, la mise en valeur hydro-agricole des terres dans cette région se heurte assez souvent à des obstacles d'ordre économique et socioculturel parfois incontournables ; d'où l'intérêt de les prendre en compte dès le départ. La nécessité d'une gestion collégiale des équipements et de la ressource en eau, l'exigence d'accroître la productivité dans les périmètres irrigués, la prise en compte de la multiplicité des acteurs, etc., représentent quelques unes de ces contraintes. Le statut des terres cultivées est une des questions récurrentes à laquelle bien des administrations n'ont su apporter que des réponses partielles. Appréhender ces questions majeures permet, tout au moins, d'anticiper les difficultés rencontrées dans bien des cas, ce qui participe du succès des aménagements et opérations hydro-agricoles (nous reviendrons sur ces deux notions au chapitre I) et contribue à leur viabilité. En effet, si du fait qu'elle permet de pallier l'irrégularité et l'insuffisance des pluies, l'irrigation se présente, a priori, comme une solution appropriée au problème agricole de la région, les projets (souvent de grande envergure) mis en œuvre, n'ont pas toujours su répondre aux immenses espoirs et attentes qu'ils ont suscités à leur démarrage. De plus, cette intensification agricole, parce que souvent pas suffisamment bien conduite, soulève aujourd'hui, des questions d'ordre environnemental qui méritent d'être examinées de plus près, si bien entendu, la pérennisation de ces aménagements et, par conséquent, la viabilité des activités qui s'y rapportent, reste l'objectif visé. Ces questions qui sont rarement prises en compte, tant dans l'élaboration des projets que dans leur mise en œuvre, ont trait, entre autres, aux conséquences - *sur les sols, les nappes et la structuration de l'espace agricole*-des apports importants d'eau d'origine continentale sur des terres alluvionnaires contenant des dépôts de diverse nature (exemple des sels fossiles dans la moyenne vallée du fleuve) .

Elles concernent également les incidences économiques et sociales de la mise en œuvre des Périmètres Irrigués Villageois (PIV), en l'occurrence dans les nouveaux rapports qu'entretiennent les exploitants avec leur milieu physique, d'une part, et entre agriculteurs regroupés au sein d'entités économiques tels que les Groupements d'Intérêt Economique (GIE), d'autre part.

En moyenne vallée du Sénégal, le risque de dégradation saline des terres irriguées est réel (Boivin et al, 1994). Cette détérioration des sols pourrait, à terme, compromettre la viabilité de l'activité agricole, elle-même : or, dans le même temps, les projections de la croissance démographique mondiale pour les trente prochaines années exigent, si l'on veut maintenir le niveau actuel de consommation en produits alimentaires, un accroissement substantiel de la production agricole équivalent à 20% dans les pays industrialisés et 60% dans les pays en développement (FAO, 1995). D'où la nécessité de veiller à une bonne préservation de ces ressources que sont les sols et l'eau. La mise en évidence du risque de dégradation des sols induit par les périmètres irrigués, de même que la prise de conscience du dysfonctionnement des structures sociales (nouveaux droits fonciers dans l'utilisation des terres exploitées de façon communautaire) qui accompagne ces réalisations, est un premier pas vers cette prise en compte du risque environnemental (dégradation des conditions de production) dans les systèmes irrigués.

C'est donc dans ce contexte des travaux portant sur l'étude de l'impact environnemental des systèmes irrigués en zone semi-aride que se situe notre champ d'investigation. Il porte, principalement sur la problématique de la *dégradation saline des Périmètres Irrigués Villageois (PIV) en zone sahélienne*. L'objectif visé ici, est de proposer une approche opérationnelle et pratique pour *prendre en compte le risque environnemental dans les PIV*. Nous traiterons du cas spécifique du projet *Ngalenka Amont*, en moyenne vallée du fleuve, au sud de la ville de Podor (voir carte 1.0).

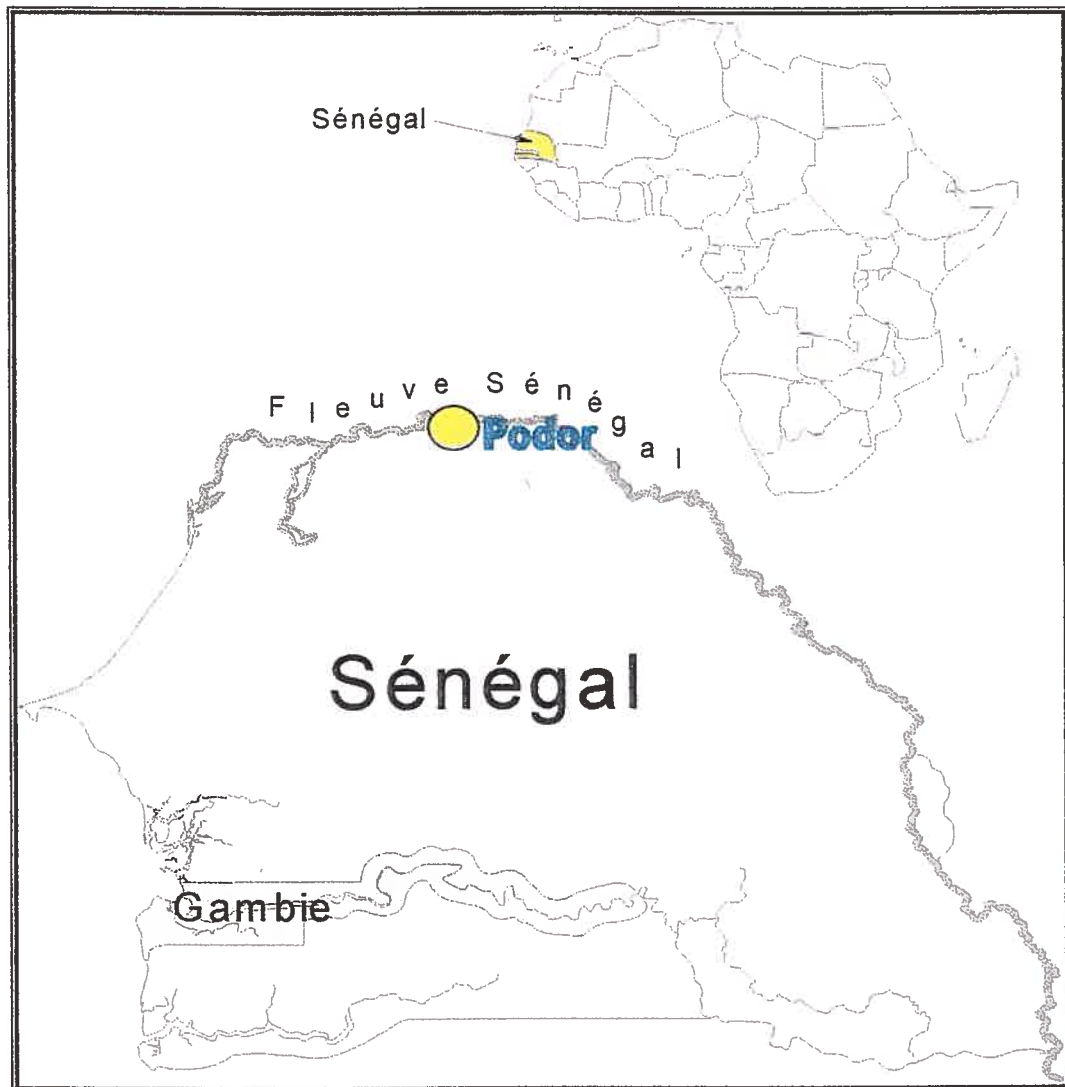


Figure 1: Position géographique de Podor

Ce travail s'articule autour de quatre parties essentielles qui ponctuent les différentes étapes de notre cheminement heuristique :

La première partie traite de la problématique de l'irrigation dans le monde, au Sahel et dans la vallée du fleuve Sénégal, en la situant dans le contexte général du développement, pris dans ses acceptions économiques et sociales les plus larges.

Cette première partie fait également le point des approches classiques ayant cours en analyse des systèmes irrigués ; elle met en évidence leur caractère statique et non prospectif (ces études se limitent, en effet, à dresser une matrice de constats détaillés). La première partie soulève, par ailleurs, les questions essentielles que pose le développement des périmètres irrigués au Sahel.

La seconde partie présente le site du Ngalenka amont, dans ses détails physiques, économiques et sociaux.

La troisième partie, quant à elle, définit les principes de la méthode proposée et en décrit le protocole. Il s'agit d'une approche opérationnelle permettant de prendre en compte le risque environnemental induit par les systèmes irrigués. Elle procède par « critères d'analyse » d'où son nom : *Approche Par Critères d'Analyse (APCA)*.

La quatrième et dernière partie tente d'appliquer à l'exemple concret du projet Ngalenka amont, la méthode mise au point et traitée dans la troisième partie. La tâche consiste d'abord à identifier, à partir d'un zonage spécifique, les périmètres dits à risque. Étant donné que nous tentons d'établir un lien de cause à effet entre le mode de gestion des terres irriguées et leur processus de dégradation saline, les paramètres de *fragilité* que nous considérerons sont ceux liés à la qualité intrinsèque des sols et au mode de gestion du périmètre. On parle, ici, de fragilité au sens environnemental du terme; c'est donc pour des raisons de simplification que, seulement, deux paramètres majeurs (la conductivité électrique du sol et le mode de gestion du périmètre) ont été pris en compte dans la détermination de ces zones dites fragiles.

Jusque là, la plupart des travaux dans ce domaine, se sont plutôt employés soit à expliquer les grands principes de fonctionnement des systèmes irrigués, soit à démontrer, a posteriori, les effets physico-chimiques des modes d'exploitation de ces PIV.

C'est le cas, notamment des études réalisées ces 15 dernières années dans la moyenne vallée du Sénégal, au Maroc, comme au Pakistan, par diverses équipes de chercheurs (pédologues, hydrologues, agronomes, géologues, etc.), de l'ORSTOM (actuel IRD) notamment.

Loyer (1989), Le Brusq (1987, 1989), Boivin (1993, 1994), Lamagat (1989) et Albergel (1989 et 1994), entre autres, ont largement traité les aspects physiques et chimiques de la question, notamment en moyenne vallée du fleuve Sénégal. Cupper et Strosser (1994) se sont davantage appesantis sur les aspects économiques relatifs à la mise en œuvre des PIV (au Pakistan, plus particulièrement) ; alors que Lericollais (1989), Santoir (1993), Seck (1991), ont traité la problématique du développement des PIV sous l'angle sociologique. Pendant que les uns ont dressé des bilans physiques et explicité des dynamiques chimiques limitées dans le temps, les autres ont plutôt dressé des situations socio-économiques de références de ces systèmes irrigués.

Aucune tentative de mise en évidence des interrelations entre les éventuelles causes socio-économiques et les effets physiques et chimiques visibles n'est connue à date. C'est à cet exercice original et opportun, en termes d'apports de connaissances nouvelles, que nous invitons ici tous les acteurs (chercheurs, comme décideurs) impliqués dans l'étude et la gestion durable des systèmes irrigués au Sahel. Nous avons montré dans nos travaux i) que cette combinaison est bien possible et ii) qu'elle permet d'appréhender, a priori, le risque environnemental induit par les Périmètres Irrigués Villageois (PIV).

En effet, les approches antérieures, parce que trop sectorielles, ne donnent, au mieux, que des indications sur l'évolution possible de cet environnement physico-chimique ; mais ne permettent pas de prendre des dispositions prospectives pour, sinon éviter, du moins réduire ces effets néfastes.

Or, il est important, dans le cadre de la gestion durable des ressources en eaux et en sols de nos pays, de développer des outils opérationnels qui i) anticipent lesdits effets et ii) préviennent le risque environnemental induit par l'irrigation. Nous proposons, à cet effet, une approche nouvelle (*l'Approche Par Critères d'Analyse – APCA*) qui contribue à la prise en compte effective de cette préoccupation.

Nous avons, à ce titre, utilisé un support *Système d'Information Géographique (SIG)* construit en vue de permettre la spatialisation des différentes entités physiques qui constituent le système irrigué. Pour identifier les facteurs de risque, la méthode consiste à soumettre les PIV sélectionnés à deux *grilles d'analyse*: une grille dite *grille physique* (grille de critères F) et une autre *grille socio-économiques* (*grille OP* ou *grille des critères s*).

Ce travail ouvre, en définitive, une voie nouvelle dans la recherche sur les systèmes irrigués en zone semi-aride et aride. La pertinence de l'Approche Par Critères d'Analyse tient principalement au fait qu'elle favorise une véritable intégration de connaissances biophysiques et socio-économiques au travers de l'analyse des informations fournies par les deux grilles. Le traitement approprié et la gestion de ces connaissances croisées constituent le maillon essentiel de la prise en compte du risque environnemental dans le système irrigué ; la toute première étape du processus consiste en la maîtrise de l'information sur les milieux physique et humain en question.

L'APCA, offre aux décideurs et aux exploitants un outil efficace de prise de décision en matière de gestion environnementale des Périmètres Irrigués Villageois (PIV). Elle se déroule en trois étapes que nous présenteront aux chapitres III; mais ce qu'il est important de noter d'ores et déjà, c'est que les grilles d'analyse qui, en réalité, ne sont qu'une étape dans le traitement de l'information, conduisent à un tableau de bord puis à un cahier des charges pour chaque PIV.

C'est ce cahier des charges à l'usage des exploitants et gestionnaires locaux qui constitue en soi, une porte d'entrée ou de sortie vers d'autres types d'application et d'autres domaines. En d'autres termes, l'APCA pose les fondations d'un édifice qui se veut multifonctionnel et multidimensionnel, à l'image de ce qu'est la pratique de l'aménagement.

C'est, sans doute en cela qu'elle constitue, pour nous, et pour les praticiens de l'aménagement et du développement, un défi à relever aujourd'hui et demain.

I. De la description des processus à l'intégration des connaissances.

Dans ce chapitre, nous discutons, d'abord de la notion de risque en agriculture irriguée en nous plaçant dans une perspective plus large des paradigmes du *développement* et de la *planification*. Ces concepts alimentent la réflexion portant sur la gestion efficace des ressources dont dispose une communauté donnée. La problématique de la gestion durable des aménagements hydro-agricoles en zone sahélienne en demeure un des propos majeurs. Il s'agit de montrer en quoi, dans les études des systèmes irrigués¹, les approches procédant de la description des processus physiques ne permettent pas de renseigner sur la dynamique du milieu, encore moins d'avoir une vision prospective du système. A ce titre, nous procédons à une rétrospective des approches classiques rencontrées en analyse du fonctionnement des systèmes irrigués, avant d'identifier, analyser et discuter des problèmes essentiels que soulève la pratique de l'irrigation au Sahel et dans le monde. Le but de la démarche est de montrer les limites objectives des approches développées à ce sujet; d'où la pertinence et la justification d'une approche nouvelle qui se veut plus en phase avec les préoccupations de gestion durable des systèmes irrigués au Sahel

¹ Par Système Irrigué il faut entendre le complexe opérationnel composé i) d'ouvrages et d'équipements hydro-agricoles. ii) d'une ou plusieurs entités hydriques (source d'eau) et iii) d'un ensemble d'exploitants agricoles chargés de la mise en valeurs des aménagements.

1.1 Mise en contexte: *la gestion du risque environnemental en en agriculture.*

La difficulté dans les études traitant du milieu rural sahélien est, sans aucun doute, la nécessité de situer les unités de peuplement et les systèmes de production dans leur environnement. C'est, en effet, l'espace et le temps écologiques qui ont infléchi et marqué l'implantation humaine (Le Ricollais, 1989). Au Sahel, par exemple, du fait de l'austérité des conditions climatiques, ce sont les contraintes dites naturelles qui influencent fortement les modes d'exploitation. Les techniques d'exploitation, même les plus simples, traduisent une connaissance précise des caractéristiques du milieu (Boutillier, 1967). En effet, la flexibilité des agencements agro-pastoraux jadis présents dans la vallée du fleuve Sénégal, note Santoir (1993), était une réponse à l'instabilité des conditions écologiques: irrégularité des pluies, des crues, attaques inopinées de prédateurs, etc. Toutefois, quelles que soient les contraintes qu'exercent les facteurs écologiques sur l'activité agricole, une approche centrée exclusivement sur les conditions biophysiques et leurs influences sur les systèmes agropastoraux pourrait entraîner des visions tronquées et lier des faits qui, sans être contingents, sont soumis à d'autres déterminants. Mais en considérant la question en sens inverse, à savoir en quoi l'activité agricole prise dans son ensemble peut être facteur de dégradation des conditions biophysiques, les bases de l'analyse sont totalement différentes; celle-ci porte dès lors sur les causes des facteurs écologiques et non seulement sur leurs conséquences. A ce titre, nous nous intéressons au concept de risque en agriculture irriguée, mais également à la question du déséquilibre alimentaire dans le monde, comme à l'approche écologique du développement agricole.

1.1.1 le risque en agriculture irriguée

L'agriculture pluviale, demeure, sans conteste, à haut risque (par ce que entièrement dépendante des aléas climatiques); un risque aggravé par la dégradation des conditions physiques de l'espace agricole. En agriculture irriguée, les risques proviennent souvent de facteurs écologiques non contrôlés ou d'une inadéquation des techniques de production. L'existence de ces risques justifie le souci de prévention nécessaire à la sécurisation des aménagements hydro-agricoles.

La notion de risque en agriculture peut donc recouvrir toute cause imprévue ou exceptionnelle de déficit grave des ressources d'origine agricole (Duffumier, 1994); ce risque va donc bien au delà des seules perturbations que les aléas écologiques portent au déroulement de l'exploitation, et des préjudices que subissent les seuls agriculteurs. Le risque met en jeu et en cause tous les acteurs du milieu: les exploitants, mais aussi les techniciens, les bailleurs, les commerçants, l'État, etc.

Chacune de ces instances perçoit le risque à sa manière et dispose d'une marge de manœuvre spécifique pour en contrer les effets et réduire les méfaits en fonction de ses objectifs. Les effets du risque se comptabilisent au niveau des économies locales, régionales ou nationales, mais le risque lui même se manifeste et se gère d'abord au niveau local .

André Le Ricollais (1989) définit le risque, dans ce contexte, en termes de : *péril*, *danger* plus ou moins prévisible, *dommage* éventuel. La mise en évidence de tels risques passe alors par la prise en compte des pratiques en vigueur en se référant aux économies locales et au savoir faire traditionnel.

Au Sahel, l'avènement et le développement des cultures irriguées a fait naître l'espoir d'une agriculture « sécurisée »; on remarque toutefois, d'après les études plus ou moins récentes (Poljakof, 1978; Le Brusq, 1987; Loyer, 1987; Boivin 1993,...) que « l'éventail des risques s'ouvre » plutôt avec la mise en évidence de risques nouveaux. Ces risques qui sont surtout d'ordres anthropique et technique (accès difficile au crédit, inadaptation des outils de gestion, variation inopinée du prix des intrants et du cours des produits), s'opposent à la réalisation de certains objectifs de production. Dans des systèmes de culture comprenant désormais des charges élevées et destinant une partie importante de la production à la vente, la chaîne des incertitudes s'est allongée; mais comme s'interroge Belloncle (1989), la diversification des facteurs de risque signifie-t-elle, pour autant, aggravation du risque ? L'ampleur des perturbations est perçue assez vite par les agriculteurs, ces derniers réagissent avec les techniques et les moyens dont ils disposent. Une des questions qui se posent est de savoir si avec les innovations apportées aux systèmes d'exploitation anciens et l'avènement des aménagements hydro-agricoles, la production est mieux soutenue dans le temps. Il reste entendu que tous les modes d'exploitations agricoles comportent des pratiques contre-aléatoires, afin d'atteindre les objectifs de production fixées, quelles que soient les circonstances.

Les changements de nature des risques agricoles, et la perception qu'en ont les populations, sont le résultat de faits nouveaux : délaissement relatif des terroirs traditionnels, élargissement des réseaux familiaux par l'émigration, et depuis peu, extension des cultures irriguées.

1.1.2 Déséquilibre alimentaire entre le sud et le nord

A sa création en 1945, l'Organisation pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO) s'est assignée la mission de promouvoir et d'encourager l'accroissement de la production agricole mondiale, au moyen d'un large recours aux techniques modernes. Depuis lors, de grands progrès ont été réalisés dans ce domaine grâce, entre autres, aux efforts des organisations internationales, multilatérales, bilatérales et nationales (FAO,1987). Cependant, malgré tout ce qui a été fait, l'essentiel du problème reste aujourd'hui encore non résolu, à savoir, comme le note Flacon (1990), que l'écart du progrès technique entre pays développés et pays en développement s'élargit au lieu de se rétrécir. La production agricole par habitant dans ces pays n'a que très peu varié depuis trente ans ; le plus grave est que nous assistons, dans beaucoup de ces pays, à une fragilisation progressive des conditions de production du fait, en partie, du déséquilibre patent entre les besoins exprimés et les ressources disponibles .

Le développement de l'agriculture dans de tels contextes doit, par conséquent, reposer sur la connaissance approfondie des conditions de production (climatiques, biotiques, édaphiques, anthropiques) et de leurs répercussions sur les performances de l'activité agricole elle-même. Il suppose, par ailleurs, la capacité d'anticiper la manifestation des phénomènes biophysiques majeurs telle que la dégradation des sols et des ressources en eau. Avant toute intervention dans un système irrigué susceptible d'entraîner des modifications quelconques dans le processus de production, il convient, selon Chauvin (1992), de répondre au préalable à un certain nombre de questions :

- Quelles cultures mettre en place en tenant compte des besoins exprimés ?
- Pourquoi pratique t-on une culture donnée et non une autre ?
- Pourquoi n'emploie t-on pas de semences améliorées, d'engrais, de pesticides ?
- Quelles en auraient été les conséquences sur les conditions de production ?

Ce sont là quelques unes des questions que tout gestionnaire, dans ce domaine, se doit d'examiner et de bien comprendre; car, comme le souligne Arrignon (1987), de nombreux plans de développement ont échoué faute de compréhension suffisante des facteurs clés en jeu, notamment ceux des milieux physique et social. Dans le domaine de la production agricole, cette connaissance du milieu permet, non seulement de choisir les cultures et les variétés capables de donner les meilleurs résultats dans un milieu donné, mais aussi de mettre au point des pratiques agricoles les mieux adaptées au contexte en question.

Une étude de l'écologie agricole d'un pays, ne doit donc pas considérer les seuls faits climatiques et autres éléments du milieu physique (sols et eau); elle doit aussi s'intéresser aux pratiques agricoles, aux assolements, au système de culture, en somme, au modèle agricole en vigueur. Ledit modèle agricole dépend, par ailleurs, d'éléments extérieurs tels la pression démographique, la structuration de l'espace de production, l'environnement économique, etc. Autrement dit, l'étude doit porter sur tous les aspects de l'agriculture; elle est essentielle pour toute planification ou action de développement agricole.

1.1.3 Approche écologique du développement agricole

On a souvent attribué la faible production et productivité du secteur agricole des pays en développement au fait que les paysans ne sont ni désireux ni prêts à appliquer des méthodes scientifiques. Cette hypothèse soutient que la production agricole pourrait au moins doubler si les agriculteurs appliquaient toutes les recommandations techniques d'exploitation (Duffumier, 1994).

Toutefois, au plan écologique, la réalité est toute autre, c'est souvent le contexte physique et économique qui, définit, en général, le type de cultures à pratiquer, par conséquent, les techniques mises en œuvre. Si les agriculteurs sont donc sourds aux conseils techniques de mise en culture, il ne suffit pas d'invoquer leur résistance au progrès, mais d'en rechercher les causes. Les recommandations des techniciens sont-elles toujours bonnes et praticables ? N'y aurait-il pas souvent des raisons spécifiques qui les rendent non applicables ? Dans de telles situations, il convient de chercher à éliminer les obstacles, ou de les réajuster en les adaptant en conséquence au contexte économique et socioculturel. Selon Falcon (1988), il faut partir du principe que les paysans sont nombreux, ils possèdent des caractères différents et ne réagissent pas toujours de la même manière. Par conséquent, il arrive toujours qu'on tombe sur un qui suive les recommandations; et si l'application de ces recommandations rapporte des gains substantiels, les autres suivront assez rapidement son exemple. En d'autres termes, les méthodes nouvelles sont donc applicables, à condition qu'elles apportent une amélioration notable et qu'elles soient adaptées au contexte.

1.1.4 L'agriculture de subsistance et ses limites

Dans bien des régions de l'Afrique de l'ouest, l'agriculteur ne produit que ce dont il a besoin pour sa propre consommation. La proportion commercialisable ou commercialisée de sa production reste donc insignifiante de même que ses achats. D'ailleurs, note Falcon (1988), même s'il avait un excédent de production, il ne pourrait le vendre à prix raisonnable. Dans de telles conditions, aucun progrès n'est possible si, a priori, rien ne pousse l'agriculteur à rechercher un accroissement substantiel de sa production.

De toute manière, améliorer sa production suppose, en réalité, qu'il possède les moyens financiers nécessaires à l'achat des intrants agricoles que sont semences, engrais, pesticides et fongicides, ce qui n'est jamais la préoccupation dans une agriculture de pure subsistance. Selon Falcon (1990), il faut avant toute chose étudier les perspectives qui permettent d'offrir des débouchés intéressants à l'excédent de production des agriculteurs. Toutefois, la solution de ce problème n'est pas automatique car, si le volume des excédents n'atteint pas un certain niveau, il n'attire pas les commerçants; et tant que ces derniers ne les achètent pas, les agriculteurs n'ont aucune raison de produire des excédents. C'est à ce niveau que, dans les économies en développement, l'intervention de l'État est nécessaire pour rompre ce cercle vicieux. Mais ce rôle de régulateur que devrait jouer l'État dans ce cas précis n'est pas toujours assuré ni bien compris par les populations rurales en l'occurrence. Or, le passage d'une économie de subsistance à une économie de marché conditionne, bien entendu, le développement économique général. Pour pouvoir mettre en place une industrie de transformation des produits agricoles et dérivés il faudrait que la production fournisse des proportions qui le justifient; il faudrait, par ailleurs, un minimum de garantie de débouchés. Cependant, pour l'heure, ces populations sont peu, voire pas du tout consommatrice. Comme le souligne Diouf (1994), dans une économie de subsistance, le cultivateur se retrouve isolé du reste de la nation, tant du point de vue économique que du point de vue culturel. Toutes les théories du développement stipulent que c'est à partir des progrès dans l'agriculture que les cultivateurs produiront suffisamment pour le marché national et achèteront à leur tour des biens qui contribueront à rehausser leur niveau de vie. Ce qui fait dire à Chauvin (1992) que le stade de développement agricole d'un pays est inversement proportionnel au pourcentage de la population agricole par rapport à la population totale.

Il est, en effet, connu que le développement agricole est à la base de l'émergence des secteurs secondaire et tertiaire dynamiques capables de soutenir une agriculture compétitive et performante. On trouve au Sahel des exemples éloquents illustrant la différence entre agriculture de subsistance et agriculture monétaire. Si l'on en croit Duffumier (1990), dans toutes les régions où l'on pratique des cultures commerciales, (cacaoyer, noix de palme, arachide, etc.), on trouve souvent des villages et des villes foisonnantes d'activités économiques. Les gens sont, en effet, attirés par les régions de cultures industrielles et les valeurs véhiculées par l'argent (Duffumier, 1990) .

Par contre, partout où le secteur de subsistance prédomine, la situation socio-économique reste pratiquement inchangée depuis plusieurs décennies. Toutefois, ces régions dites de cultures industrielles ont, dans leur grande majorité connu des succès éphémères du fait, essentiellement, que les structures chargées de la promotion de l'agriculture ont été calquées sur des modèles qui ne tenaient presque jamais compte des réalités socioculturelles et de la dynamique biophysique des régions considérées.

De plus, bien des exemples nous révèlent que l'agriculture monétaire que Boutillier (1967) qualifie de porteuse d'un «développement culturel évident » a plutôt contribué, d'une part, à créer et à accentuer la dépendance du monde rural à la ville et, d'autre part, à l'émergence de nouveaux besoins, souvent matériels, source de conflits entre agriculteurs. C'est d'ailleurs, une des causes principales de l'éclatement de la cellule familiale rurale qui, faut-il le noter, constitue une des grandes forces des sociétés africaines. On peut donc, à juste raison, se demander en quoi la monétarisation de l'agriculture est source de développement culturel pour ces populations dont le souci principal est de pouvoir assurer la pérennité des conditions de production tout en préservant l'harmonie au sein de l'entité sociale de base qu'est la famille.

En Afrique sahélienne, par exemple, la presque totalité des productions commerciales (arachide, coton, huile de palme, noix de coco, cacao, etc.) proviennent de petites exploitations familiales.

• Sans nier les limites économiques de ce type d'exploitation, l'agriculture paysanne présente, cependant, de nombreux avantages : au plan social, elle permet une meilleure répartition des revenus, au plan économique, les ressources monétaires circulent plus vite entre les acteurs (pas besoin de passer par des structures sophistiquées telles que les banques).

Aussi, en temps de crise et de chute de prix, les plantations de grande envergure sont contraintes d'arrêter leur production, ce qui n'est pas le cas des exploitations familiales. En effet, les petites exploitations manifestent une grande compétitivité; elles augmentent les superficies cultivées quand les prix sont favorables mais ne s'arrêtent pas pour autant quand les prix tombent .

1.1.5 Planification du développement agricole

Lorsque Diarrassouba (1968) affirme que « le développement agricole n'est autre chose qu'une adaptation à de nouvelles conditions », il souligne surtout le fait que le progrès dans ce domaine est conditionné par le contexte physique et économique. C'est dire qu'en réalité, on ne peut pas toujours planifier le développement agricole que l'on désire et que le rôle des décideurs, des praticiens et des chercheurs est de tenter de créer les conditions de réalisation de ce progrès et d'en rendre le coût plus abordable.

La planification doit, par conséquent, reposer sur une connaissance approfondie de l'écologie des cultures, c'est elle qui permet de prendre les décisions en matière de production : quelles cultures produire et comment y parvenir ? Quel en sera le coût en argent, en temps et en efforts humains, mais aussi quel en sera l'effet sur le sol et sur la production d'autres biens? Quelle serait l'infrastructure nécessaire? Chauvin (1992) affirme que les échecs enregistrés dans la planification tiennent souvent au fait que ces plans ne reposent pas sur une connaissance profonde de l'écologie des cultures.

Par exemple, le plan prévoit des cultures qui ne sont pas adaptées aux conditions climatiques et sociologiques de la région; le plan prévoit le remplacement des cultures nomades par des cultures mécanisées sur des sols légers et soumis au risque d'érosion. Dans bien des cas, les politiques agricoles de nos pays reposent sur l'hypothèse que les méthodes culturales traditionnelles des paysans sont mauvaises et qu'il suffirait d'appliquer les recommandations des techniciens pour doubler les productions. C'est le cas lorsque, au début des années 60, la Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) demandait de faire table rase des cultures de décrue pour mettre en place des digues de protection et de préparer des parcelles d'irrigation qui devaient relever de 70 à 90% les rendements des cultures (Seck, 1991). Or, les méthodes culturales traditionnelles, bien que techniquement moins rentables, procèdent, le plus souvent, de la minimisation des risques par diversification des cultures et des zones de production. En réalité, on s'aperçoit très souvent que les recommandations techniques sont irréalisables et les résultats du plan insignifiants (Amin, 1989). C'est ainsi qu'on recommande, par exemple, l'utilisation de variétés améliorées sans que la production des semences ne soit organisée et sans avoir mis en place un circuit de commercialisation de la production. Le cas du soja en moyenne Casamance (Sénégal) en est une parfaite illustration.

Au Sahel, c'est avant tout de la petite exploitation familiale qu'il faut attendre un accroissement de la production agricole (Arrignon, 1989). Dans certains pays (Grèce, Syrie), grâce à des choix politiques judicieux, on est, en une décennie, arrivé à doubler la production nationale en augmentant la production des petits exploitants. Pour réussir à aller plus loin dans la caractérisation et l'analyse des rapports entre populations rurales et l'État, il convient de faire le point (en termes de rétrospective) sur l'évolution des structures agricoles, nous considérerons le cas du Sénégal. Mais auparavant examinons quelques facteurs majeurs qui ont influencé ces changements et ces mutations.

1.1.6 Influence de la monétarisation

L'organisation sociale est primordiale dans les structures agricoles traditionnelles du Sénégal (Diarassouba, 1968). Du point de vue de la cohésion des unités économiques traditionnelles (famille, village, fraternité), les effets de la monnaie semblent avoir eu des conséquences contradictoires; celles-ci ne peuvent être appréhendées qu'à travers une étude approfondie du rôle de l'argent en économie, au delà du triptyque bien connu : la monnaie intermédiaire dans les échanges, étalon des valeurs et instrument d'épargne . Certes, les analyses contemporaines de la monnaie ont démontré les insuffisances des théories traditionnelles qui supposaient une « neutralité » du facteur monétaire vis à vis de l'ensemble économique considéré. Mais les auteurs de ces études contemporaines , même lorsqu'ils ne supposent pas la neutralité de la monnaie en économie, se montrent, en général peu soucieux d'en noter les conséquences sociales et philosophiques. Or l'argent, a-t-on dit, c'est « la liberté frappée » : la possibilité est offerte à son détenteur de choisir entre différents biens, ou entre l'acquisition différée du bien et son achat immédiat.

Mais en outre, en tant que possibilité offerte à son détenteur de participer au produit social, la monnaie « libère » l'individu des servitudes de l'organisation clanique (Diarassouba, 1968) alors que dans le système traditionnel, chaque membre du clan obtenait sa subsistance du résultat de l'effort collectif du groupe. Il devient désormais possible de monnayer cet effort collectif. De surcroît, rajoute Cuppens et Strosser (1994), la monnaie peut même « libérer » de la possibilité de travailler. L'influence dissolvante qu'exerce l'argent sur l'organisation agricole traditionnelle s'applique aussi bien aux êtres qu'aux choses : par exemple, de l'ambivalence de la *terre* dans les structures pré-coloniales, l'accent était mis plus sur l'aspect « espace social » du sol que sur l'aspect « facteur de production » (Diarassouba, 1968).

L'échange monétaire tend à inverser cette relation parce que la terre se « désacralise ». Cette tendance à la désagrégation des unités économiques traditionnelles se traduit par le divorce de l'économique d'avec le social et le processus de production doit être interprété de moins en moins en termes « d'obligation sociale ».

Contre toute attente, le renforcement de l'unité de production traditionnelle est l'une des conséquences de l'échange monétaire. En effet, le critère de séniorité préside à la détermination du détenteur éventuel de la monnaie au sein du cercle familial ; en pays peulh et mandingue par exemple, c'est ce critère qui est à la base de la hiérarchie sociale dans l'organisation clanique. Dès lors, seule la catégorie des aînés aura la possibilité de s'enrichir ; il en résulte ainsi un renforcement de la cohésion de l'unité traditionnelle grâce à l'accroissement de l'autorité du chef qui ajoute « l'avoir » à son savoir empirique. Les plus jeunes restant sous la dépendance économique des aînés, le cercle familial reste ainsi maintenu. Mais le fait, pour les membres d'une famille, de travailler dans le cadre de l'économie traditionnelle et de vendre dans celui de l'échange monétaire entraîne des tensions sociales entre aînés et cadets.

Il apparaît évident que ces effets structurels sont l'expression du pouvoir de déstructuration que possède la monnaie sur le mode ancien de production, lequel impliquait des rapports sociaux à caractère personnel et immédiat .

Avec l'échange monétaire, en effet, les relations économiques se dépersonnalisent de façon progressive, les sujets s'effacent devant les objets, « le possédant se veut seul possesseur » (Duffumier, 1990). La commercialisation partielle de l'agriculture traditionnelle a ainsi une double conséquence .

- Au niveau des structures de production, un dualisme sectoriel est apparu : le secteur de production commerciale ou d'économie monétaire est en relation avec l'extérieur qui, à travers sa demande en produits et son offre de marchandises, lui transmet ses secousses. Le secteur de subsistance reste périphérique vis à vis du précédent avec lequel il a certaines relations. Il existe alors un secteur intermédiaire « non isotrope » dans lequel les deux systèmes sont imbriqués.
- Au plan de l'organisation sociale traditionnelle. l'effet le plus notoire de la commercialisation des produits agricoles, se manifeste par les différentes pressions auxquelles sont soumises les structures traditionnelles. Mais le fait que le cultivateur soit désormais inséré dans un système économique dont il comprend difficilement les mécanismes, est aussi fondamental.

En effet, l'inconvénient des modifications introduites au sein des sociétés traditionnelles ne tient pas uniquement à la nouveauté elle même, mais essentiellement au fait que ces innovations soient dénuées de toute signification sociale pour les populations concernées . Au Sénégal, selon Diarassouba (1968), Dumont (1962), c'est le processus de commercialisation de l'agriculture traditionnelle qui a contribué à la destruction de ses propres assises.

Ces constats restent encore d'actualité, en témoigne les conclusions de Bertrand (1989) sur ses travaux portant sur l'évolution des exploitations agricoles de Bakel (région du Sénégal oriental). En effet, sous le poids de l'économie de traite, le sol du Sénégal est devenu « une terre qui se meurt » (Diarassouba, 1968). De plus, du fait de la faiblesse des techniques de production, la force physique des agriculteurs est rudement mise à contribution. Or, l'usage de celle-ci connaît des limites certaines, aussi l'administration coloniale a-t-elle cherché à accroître la productivité de l'agriculture sénégalaise.

1.1.7 Le rôle de l'administration

Le rôle de l'administration coloniale dans l'évolution des structures agricoles traditionnelles est multiforme :

- au plan économique, l'arachide, principale culture de rente du Sénégal, est une culture pratiquée de préférence le long des voies ferrées et des routes ;
- du point de vue social, les méfaits du travail forcé et la déstructuration de la cellule familiale ne peuvent être niés (Diouf, 1994).

En revanche, les efforts sanitaires, de scolarisation, de suppression de certains privilèges sociaux (sociétés de castes), de formation de fonctionnaires et les politiques d'assimilation ont, selon Diarassouba (1968) eu une influence certaine sur l'organisation et les structures de l'agriculture traditionnelle. Enfin, certaines dispositions particulières ont également contribué à cette déstructuration de la tenure foncière traditionnelle.

C'est le cas, par exemple du décret du 3 décembre 1931 qui institue les tribunaux civils et coutumiers et introduit au Sénégal la prescription décennale, d'une part et la destitution des anciennes familles princières et la création des chefferies de canton, de l'autre.

En somme, comme le soulignent Boutillier (1967) et Diarassouba (1968), l'État métropolitain a eu, pour le développement de l'agriculture, moins une politique qu'une doctrine: la question du choix des techniques agricoles adéquates ou des voies et moyens de l'obtention de la croissance du produit agricole, ne semble pas avoir été envisagée.

De façon délibérée. outre la publication d'une certaine législation foncière. on recherche l'accroissement de la production agricole par des moyens directs (programmes de grands aménagements agricoles) et des voies indirectes (encadrement des producteurs et vulgarisation agricole).

1.2 Politique des grands projets agricoles au Sénégal

Les difficultés d'approvisionnement du Sénégal en riz d'Indochine pendant la dernière guerre et la pénurie des corps gras en France dans l'après guerre sont à l'origine de la création au Sénégal de trois grands ensembles économiques: le premier, pour la riziculture et les deux autres pour la production arachidière. C'est à partir de ces ensembles de production que va se bâtir l'histoire agricole de la vallée du fleuve et celle du bassin arachidier. C'est de ces structures et de cette approche de développement agricole que les structures post-coloniales ont hérité au lendemain des indépendances.

1.2.1 Les structures agricoles à la veille de l'indépendance

Les structures agricoles pré-coloniales sont, comme on l'a vu, des unités économiques indépendantes les unes des autres, organisées suivant un mode de vie communautaire, soit semi-féodal. Elles ont pour base, la famille, le village et transforment, à l'aide de techniques, de facteurs tels la terre et le travail en biens de consommation directe. Les divers agents de désorganisation de cette économie pré-coloniale, ont pour trait caractéristique, le fait qu'ils entraînent l'involution des structures agricoles traditionnelles. Ces facteurs transforment les structures agricoles pré-coloniales en organisation de caractère hybride, mi-capitaliste, mi-traditionnel c'est-à-dire communautaire, ou semi-féodal. A la veille des années soixante, c'est cette situation qui prévalait dans l'agriculture traditionnelle.

Mais ce type d'agriculture, bien que prépondérant, n'est pas le seul que connaisse le Sénégal des années 59-60. Autour des villes, notamment Dakar, se développe une agriculture de type nouveau : le maraîchage urbain.

Les structures de la production maraîchère ont aujourd'hui un poids spécifique assez élevé dans l'agriculture sénégalaise, même si sa production ne dépasse pas 2,7% de la production agricole nationale (Ministère Agriculture, 1994).

En définitive on peut conclure sur cet aspect en rappelant que le legs du passé colonial au niveau des structures agricoles sénégalaises, se caractérise par la rupture de la logique de l'économie de subsistance par le jeu de deux forces majeures mais d'inégale importance .

1. L'irruption du capitalisme sous sa forme d'économie de traite dans l'agriculture traditionnelle a provoqué sa déstructuration : un « dualisme structurel » (Boutillier, 1967) est apparu avec la production marchande en zone arachidière et l'agriculture d'auto-consommation dans les zones périphériques. Mais cette intégration de l'agriculture traditionnelle au commerce international, grâce à l'économie de traite, se traduit pour le Sénégal par la quasi-impossibilité d'une accumulation capitaliste interne au secteur agricole.
2. La notoriété des chefs religieux (les mourides¹, par exemple) et la pression démographique contribuent à accentuer les déséquilibres créés par l'économie de traite: apparition d'un excédent de main d'œuvre rurale et introduction à la campagne de nouveaux rapports de production.

Certes, l'inertie sociale, la nature de l'économie de traite et le facteur de cohésion sociale que sont l'islam et l'endogamie des castes, favorise la survivance du modèle traditionnel qui se caractérise par le regroupement en petites unités indépendantes.

¹La confrérie Mouride, un des 2 groupes religieux (Islam) les plus importants du pays, se caractérise par le charisme de ses chefs et leur pouvoir illimité de mobiliser leurs fidèles aussi bien pour des activités religieuses que pour des travaux d'intérêt publique.

Ainsi au début des années soixante, la population rurale connaît encore un certain émiettement: près des $\frac{3}{4}$ des effectifs démographiques du pays vivent dans 13000 villages dont la taille moyenne n'atteint pas 200 habitants (Ministère Agriculture, 1990). Cependant, l'harmonie de l'organisation traditionnelle est rompue; il en résulte une structure hybride dégradée au sein de laquelle coexistent des formes d'organisation différentes: une pré-capitaliste et l'autre capitaliste.

En effet l'agriculture d'auto-subsistance et le principe d'appropriation collective des terres sont en contradiction avec la production en vue de la commercialisation. Cette dichotomie et la crise qu'elle manifeste peut être appréhendée à deux niveaux.

- Au niveau des centres de décisions économiques en milieu rural, la montée d'une certaine aristocratie foncière, née de la collusion de l'islam avec l'économie de la traite ne compense que difficilement l'effondrement de la hiérarchie sociale traditionnelle: cette aristocratie qui bénéficie de la relative concentration des terres reste relativement faible (2 à 3% de la population rurale). Ses activités vont se tourner surtout vers le commerce et la spéculation foncière en milieu urbain. Dès lors, l'image de la société rurale du début des années 60 est moins celle du type colonial que celle d'un pays traditionnel avec ses chefferies, ses marabouts, ses traitants et ses cultivateurs (Diarrassouba, 1968).
- Au niveau des masses paysannes dont les forces vives migrent vers les villes, on constate une certaine apathie qui tient, entre autres, au vide structurel créé par le passage d'une économie de subsistance à une économie de traite.

Les possibilités internes de rénovation de l'agriculture traditionnelle, grâce aux facteurs qui ont entraîné sa dislocation partielle, sont donc réduites sinon inexistantes. Une véritable politique agricole devenait ainsi nécessaire; l'indépendance politique acquise en 1960 est une occasion pour la promouvoir.

1.2.2 Politique de restructuration de l'économie rurale

Les politiques de développement agricole du Sénégal se définissent ici dans les stratégies générales de construction d'une économie rurale «tombée en ruine ». Le principal instrument de la restructuration de l'économie rurale sénégalaise, comme de la quasi-totalité des pays sahélien, est le *plan*.

Le premier plan quadriennal du Sénégal indépendant qui couvrait la période 1960-1964 définissait ainsi les objectifs de l'État en matière de développement agricole, en l'occurrence (Nouvelle Politique Agricole, 1984) :

- i) renforcer et coordonner tous les moyens de développement ;
- ii) structurer l'économie et donner la priorité aux actions les plus productives.

Cependant, face à la relative rigidité des structures économiques du pays, la seule action du plan ne suffit pas à réaliser cette transformation attendue des structures de l'économie de traite. Aussi, le plan n'est-il qu'un organe de coordination des activités de divers appareils. Ceux-ci nouvellement créés en milieu rural, doivent permettre au pays de « sortir du cycle infernal de l'économie de traite et de l'état de domination sans rémission » (Ministère de l'Agriculture, 1990). Ce sont ces appareils qui constituent l'essentiel de la politique de réforme structurelle à la campagne, laquelle s'accompagne forcément d'une réforme foncière.

1.2.3 Les appareils de la restructuration

Les réformes de structures réalisées à la campagne sénégalaise au lendemain de l'indépendance du pays sont nombreuses et diverses. Du point de vue administratif, par exemple, l'appareil d'État a été remodelé, rénové avec la création de circonscriptions régionales. Ces dernières sont divisées en départements dont les délimitations correspondent, en général, aux anciens « cercles » de l'administration coloniale. Le département est lui-même divisé en arrondissements, lesquels sont composés en circonscriptions villageoises (unité de base de l'administration locale). C'est dans ces structures - cadres que s'insèrent les organes de décision; il s'agit en l'occurrence des comités de développement qui interviennent au niveau de la région et du département. Les organismes à caractère économique et technique qui ont été créés dans la foulée des réformes économiques ont pour mission de rompre le cycle de l'économie de traite. Ce sont principalement, des appareils de commercialisation du produit agricole et de diffusion des moyens de production. Cependant, ces organismes n'auraient pas pu avoir leur pleine efficacité sans le concours de deux appareils complémentaires. l'un pédagogique (l'animation rurale) et l'autre technique (les Centres d'Expansion Rurale ou C.E.R.).

- *Les structures de promotion et d'encadrement*

Elles se veulent différentes de la politique employée par le pouvoir colonial, mais on constate très vite que même si les structures ont changé de dénomination et que de nouvelles ont été créées, le mouvement descendant et centralisateur de l'encadrement administratif qui diffuse un certain «savoir-faire » reste de mise. Or, il semble qu'il aurait été plus novateur et plus approprié de susciter un mouvement parallèle ascendant porteur d'un «vouloir-faire » qui aurait facilité la diffusion des techniques et la restructuration de l'économie rurale (SAED.1994).

Ces structures auraient eu bien plus de sens et d'efficacité si elles utilisaient comme base d'action, certains cadres de la vie communautaire pour le développement, par exemple les champs collectifs. Il est à noter que Podor (notre région d'étude) a été un des 4 départements pilotes de l'animation rurale au Sénégal. Toutefois, les C.E.R., en outre, ont révélé un double défaut :

- i) ils se sont consacrés exclusivement à l'action de vulgarisation des techniques agricoles, occultant d'emblée des aspects fondamentaux telle la question de l'adéquation de certaines techniques modernes aux modes d'exploitation en place (ceci a contribué, pour une large part, à l'échec du modèle);
- ii) les efforts ont été concentrés sur un petit groupe de villages dits « villages pilotes² » sans qu'aucune dynamique de diffusion ne soit suscitée en vue de toucher les autres villages; ce qui limite considérablement la portée de l'action de vulgarisation.

- *Structures d'approvisionnement, de commercialisation et de crédit*

L'économie de traite faisant obstacle au développement de l'agriculture (Diarassouba, 1968), la politique agricole des années 60 se voulait édifier de nouveaux appareils pour la commercialisation des productions et l'approvisionnement du monde rural en biens divers. Le mouvement coopératif, institué en 1960, est la pierre angulaire de cette politique de refonte des circuits commerciaux. Cependant, cette organisation professionnelle s'est très tôt révélée incapable de promouvoir, toute seule, la production paysanne et d'assainir le réseau de commercialisation des produits agricoles.

² Qui, comme par hasard, rappellent les « cantons pilotes » de l'époque coloniale.

C'est alors que le gouvernement sénégalais a cherché à i) organiser les marchés des produits agricoles et autres, nécessaires au milieu rural et ii) créer un instrument qui permettrait à l'État d'intervenir dans la commercialisation pour soutenir et orienter l'action des coopératives. La création de l'Office de Commercialisation Agricole (OCA) répond à ce besoin.

L'OCA a connu, ensuite des difficultés (dus à une mauvaise gestion), ce qui a mené l'agriculture, notamment le commerce de l'arachide, dans une impasse structurelle et économique (Diarrassouba, 19968) .

- *Les organismes de production de la vallée du fleuve Sénégal*

Les crues annuelles et, surtout, les possibilités d'une extension de l'irrigation pérenne constituent un atout majeur pour le développement agricole de cette région. Aussi, des organismes ont été créés pour entreprendre l'aménagement des terres de la vallée permettant d'augmenter les superficies cultivées en riz, en vue d'en accroître la production. Au lendemain des indépendances, le Sénégal a parié sur la région de la vallée pour parvenir à la réduction des importations de riz du pays. Dans cette optique, trois organisations ont été installées dans la vallée :

- la Société de Développement Rizicole du Sénégal (SDRS) n'est que l'ancien casier rizicole de Richard-Toll qui a été reconverti ;
- l'Organisation Autonome du Delta (O.A.D) se consacre à la riziculture dans le delta. L'OAD, après de multiples ratés a été remplacée, en Janvier 1965 par la SAED (Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta) ;
- l'Organisation Autonome de la Vallée (OAV) quant à elle se veut couvrir l'ensemble de la vallée du fleuve (non compris le delta).

La SDRS, entreprise d'État a échoué dans sa mission (production de 6000 tonnes de paddy par campagne), du fait, en partie, d'une mauvaise politique de gestion de la société (Diarassouba, 1968).

Malgré des résultats jugés peu spectaculaires l'OAD a été à la base d'un mouvement de migration de populations dont l'importance progressive a fini par convaincre l'État de mettre en place une structure plus à même de contenir cette migration ; c'est ainsi qu'est née la Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta. Quant à l'Organisation Autonome de la Vallée, ses activités recouvrent la moyenne vallée du fleuve Sénégal (Seck, 1991) soit les départements de Podor et Matam. Elle contribue à créer les conditions d'une amélioration des conditions de vie dans la vallée. Cependant, le problème des coûts exorbitants de la production rizicole reste entier : la nécessité d'aménager de grandes surfaces pour des superficies cultivables restreintes, et le choix de techniques souvent inadaptées, accroissent le coût des opérations culturales.

Cet aperçu général montre bien en quoi l'intégration structurelle du processus de planification de l'économie sahélienne présente des limites, du fait, entre autres, des contradictions entre les impératifs structurels et ceux de la productivité. Il révèle, par ailleurs, que la gestion du risque environnemental dans les systèmes irrigués ne peut se faire sans considérer les structures socioculturelles, économiques et politiques en jeu. Ce qui nous amène forcément à situer d'abord notre propos dans le champ plus large du développement en général .

1.3 Systèmes irrigués et développement au Sahel

Le développement en soi ne correspond à rien (Colin, 1985); il s'agit de la « forme et du contenu selon lesquels une société donnée, dans une étape de son histoire, passe d'un stade *1* à un stade *2*, cette dernière situation correspondant à une meilleure utilisation des ressources accessibles à cette société afin de satisfaire les besoins des individus et des différents groupes qui la composent ». Cette définition reste cependant élémentaire et conserve malgré tout une part d'ambiguïté. On peut, en effet, poser deux ordres de questions par delà cette formulation initiale :

- Comment définir les besoins des individus et des groupes ?
 - S'agit-il d'une définition individuelle ou collective ?
 - Qui définit les besoins ?
 - Peuvent-ils et/ou doivent-ils être définis de l'intérieur ou de l'extérieur ?
- Comment établir l'arbitrage, les ajustements et la régulation, entre les moyens maîtrisés face aux besoins exprimés, compte tenu du fait que cette allocation des ressources affronte toujours dans ces pays une inégalité ou disparité des situations et des aspirations ?

Ce dont on se rend compte de plus en plus, c'est que la question des structures sociales et politiques deviennent déterminantes. Diarrassouba (1968) analyse, dès lors, le sous-développement en le considérant comme une conséquence du processus de « déstructuration des sociétés traditionnelles ». Boutillier (1967) ajoute que le sous-développement n'est pas un point de départ mais le reflet de la désarticulation économique, politique et culturelle engendrée par l'intrusion du modèle occidental dominant dans les sociétés traditionnelles.

Cette désarticulation empêche, dès lors, toute possibilité, pour ces sociétés, de se reproduire sur la base de leurs propres systèmes de valeurs. Il s'agit, par conséquent, de tenir compte du fait qu'en Afrique, comme le remarque Perroux (1960), le sous-développement économique coexiste avec de brillantes réalisations dans d'autres domaines de la vie : famille, musique, religion.

La définition que propose Perroux (1960) rejoint, dans ce sens, celle de Chauvin (1992) : « Le développement est surtout l'ensemble des processus par lesquels une société acquiert, retrouve, gère la régulation des moyens de production de tous ordres en fonction des besoins des individus et des groupes qui la composent, selon les règles qu'elle s'est fixées ». Le développement apparaît ainsi comme une réponse à un projet politique, et là nous sortons du champ de la science pour évoquer celui du pouvoir.

1.3.1 Pouvoir et développement en Afrique sahélienne

Une des constantes de la pratique du développement au Sahel tient au fait que l'État a toujours joué un rôle de premier plan, même pour les pays qui déclarent adhérer à l'idéologie libérale. Toutes les actions de développement y sont décidées, « planifiées » et exécutées par l'État qui, en réalité, détient à lui seul, le vrai pouvoir en la matière.

Comme nous l'avons vu plus haut, depuis les indépendances (années 60), les états africains ont fondé leur idéal de développement sur des modèles hérités de la colonisation. Ceci expliquerait que les rapports entre le pouvoir et les populations soient restés, encore de nos jours, des rapports d'administrateurs (qui décident de tout) à administrés (qui n'ont qu'à entériner les décisions prises, peu importe qu'elles soient comprises, acceptées ou non).

C'est ce type d'approche du développement dit *descendant*, caractérisée par le centralisme, qui a prévalu et prévaut encore dans un bon nombre de pays de la région. Colin (1985) note, cependant, que cette centralisation des pouvoirs et des moyens était par le passé plus forte dans les anciennes colonies françaises que dans les ex-territoires britanniques (Ghana, Nigéria, Gambie, Sierra Léone). Dans un tel contexte, on ne saurait discuter de modèles de développement sans évoquer le jeu du pouvoir et les blocages (en termes de développement) qu'il peut engendrer. Pour comprendre ce jeu de pouvoir, il faudrait aussi saisir le type de rapports qui existe entre l'appareil politique (parti) et l'appareil d'État.

Le découpage des responsabilités entre ces deux instances a souvent été une source de conflits entre les dirigeants, entraînant des situations de blocage dans la conduite des actions de développement. Dans la plupart des cas, la primauté de l'État est posée comme principe fondamental, mais ses modalités d'application ne sont pas simples pour autant. La crise Sénégalaise de 1962 dans les conflits qui opposait le Président Senghor à Mamadou Dia, chef du gouvernement, l'a bien montré. Le second se réclamait de la primauté du parti, alors que le premier mettait en avant la « prééminence absolue de la légalité constitutionnelle ».

Au Niger comme au Burkina Faso, les instances politiques nationales (parti, comités nationaux, etc.) orientent les instances nationales (ministères, sociétés nationales) de l'État, mais au niveau régional, les instances politiques locales n'ont aucun pouvoir sur les instances administratives régionales. Dans d'autres pays comme le Mali sous Modibo Keita, la Guinée Bissau et la République de Guinée, l'appareil du parti a une fonction d'orientation et de pouvoir exécutif à tous les niveaux (Colin, 1985) ce qui met sous leur dépendance l'appareil administratif.

Cette centralisation du pouvoir est une des causes fondamentales des lenteurs et lourdeurs enregistrées dans la conduite des opérations de développement, entre les prises de décision et leur exécution sur le terrain. Comme nous le soulignons, malgré les distinctions théoriques pouvant exister entre les régimes qui se réclament du libéralisme économique (Côte d'Ivoire, Nigéria) et ceux qui, comme le Sénégal, le Mali, se réclament du socialisme, les structures administratives et politiques qui gèrent le développement de ces pays restent identiques dans leur fonctionnement (capitalisme d'État, centralisation des pouvoirs). Il est donc indispensable de ne pas s'en tenir au seul discours politique pour en déduire le système économique et social effectivement pratiqué.

Des contradictions notoires persistent et sont révélatrices d'une certaine confusion dans le placage des modèles : on voit, en effet, la plupart des pays ouest africains qui se réclament du socialisme se comporter de façon autoritaire et centralisatrice, pendant que des pays orientés vers le libéralisme économique parlent de développement communautaire. La remarque qui s'impose d'ores et déjà est que les théories libérales et socialistes n'ont pas fait recette en Afrique. Le mirage annoncé par le modèle libéral, de franchir les étapes de la croissance économique (définis par Rostow en 1960) pour rejoindre assez vite le stade de société de consommation de masse à l'occidentale, est loin d'être atteint. On pourrait même se demander avec Falcon (1990) si les conditions de vie de la majorité de la population ne se sont pas détériorées ces dernières décennies du fait, entre autres, que les aspects sociaux et culturels, «âme de la vie rurale» en particulier, sont tout bonnement occultés du processus de développement et, avec eux, tout ce qui n'a pas de valeur marchande (protection de l'environnement, par exemple). Le seul critère qui compte est le taux de croissance économique, sacralisé et souvent considéré comme un objectif en soi.

Pour les pays du Sahel, de quelque bord qu'il soit, le développement est d'abord une question de croissance économique, d'accroissement du revenu national brut par accumulation du capital.

De ce point de vue, il n'y a pas de différence de fond entre la très libérale Côte d'Ivoire de Houphouët Boigny et la très socialiste Guinée de Sékou Touré, même si le premier a surtout exploité ses ressources agricoles et que le second a négligé l'agriculture au profit d'un idéal nationaliste jamais accompli. Entre ces deux modèles, il y a plus qu'une analogie. C'est le mythe de la suppression de la pauvreté économique par la science et la technologie qui s'est trouvé mis à mal par les échecs enregistrés dans les deux cas. Mais pour y voir plus clair, nous allons discuter les logiques qui s'affrontent dans la pratique du développement au Sahel.

1.3.2 Logiques de plans et logiques paysannes

En milieu rural sahélien, dans une agriculture mise en œuvre par des unités familiales indépendantes, réussir une planification signifie convaincre des millions de personnes du bien-fondé économique et social des décisions prises. Or, l'articulation entre les pouvoirs publics et les populations rurales n'est pas évidente du fait que, dans ce domaine, les référentiels des uns et des autres diffèrent souvent. Ceci est d'autant plus vrai dans la mise en œuvre des aménagements hydro-agricoles qu'il s'agit, dans ces cas là, d'exploitations communes dont il faut planifier les différentes activités.

La planification procède de termes économiques exprimés à l'échelle nationale, alors que le paysan considère son exploitation inséparable des rapports sociaux qui l'unissent à la communauté.

La logique des ruraux, qui se situe à la confluence de la logique d'autosubsistance et de la logique marchande, n'a rien à voir avec l'approche du planificateur.

Dans la réalité, l'agriculture reste le fait des agriculteurs et le planificateur ne peut prétendre fixer des objectifs à chacun. Selon que les orientations du plan conviennent ou non à leurs intérêts, les agriculteurs y réagiront positivement ou négativement (Manka, 1994). Il ne saurait, d'ailleurs, en être autrement; les modèles trop centralisateurs (telle que la conception et vulgarisation, dans la vallée, des techniques d'irrigation excluant toute possibilité de diversification) l'ont montré.

Les problèmes rencontrés dans les opérations hydro-agricoles au Sahel par des structures para-publiques telles la Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta (S.A.E.D, au Sénégal), l'Office Nationale des Aménagements Hydro-Agricoles (O.N.A.H.A au Niger), l'Office du Niger, au Mali, de même qu'en revanche, les bons résultats économiques enregistrés pour le coton Burkinabé et Sénégalais (DIOUF, 1994), illustrent cette variabilité des réponses du monde rural .

Les conditions de base pour l'obtention d'un consensus social propice au développement reste, selon Labonne (1988), la capacité de motiver un maximum d'opérateurs autour d'objectifs économiques et sociaux. La majorité des pays de l'Afrique occidentale a eu cette ambition au début de la planification dans l'ardeur qu'il y avait à parfaire, au plan économique, le processus de construction nationale commencée avec l'indépendance politique. Partout alors, la volonté politique se traduit par un objectif : le taux de croissance à atteindre. Celui-ci étant défini à priori, on organise autour de lui des moyens pour le réaliser. Le rôle répartiteur des mécanismes du marché sera remplacé par la recherche administrée de l'avantage économique collectif.

Comme le souligne George (1962), étant donné l'histoire de ces pays (colonisation, notamment), le passage de certains seuils de croissance provoquera inéluctablement des ruptures structurelles qui marquent le changement post-colonial.

La croissance résultera alors d'un choix de déséquilibres moteurs et non d'une croissance en équilibre d'inspiration néoclassique (Chauvin, 1992). Cependant, on a surtout assisté à une progression trop rapide des dépenses des organes d'encadrement dans l'agriculture et à une sous-estimation des coûts de production et des dépenses anarchiques dans les ministères chargés du monde rural . Ce qui a précipité la réduction des investissements nationaux (déjà insuffisants) et l'appel des étrangers. Il a donc fallu se conformer aux exigences des bailleurs de fonds qui , dans la plupart des cas, préconisent le modèle libéral et une approche de développement basée sur les projets .

1.3.3 Les plans projets

Parmi les nombreuses définitions du concept de projet, on peut citer celle de Chadenet et King (1990): *un projet est un ensemble optimal d'actions à caractère d'investissement, fondé sur une planification sectorielle, globale et cohérente qui engendre un développement économique et social d'une valeur déterminée.*

L'intervention des bailleurs de fonds étrangers pour une proportion importante des investissements agricoles a cassé, en partie, le modèle idéal du plan ordonnateur d'une économie administrée, longtemps en vigueur en Afrique sahélienne. Désormais, un centre de décision extérieur s'introduit dans le processus national de décisions.

Le bailleur choisira les projets qu'il décide de financer et délaissera les autres. La conséquence directe de ce fait est que les relations intersectorielles et le processus de structuration de l'économie nationale ne sont plus suivis. De plus en plus, le plan est réduit à un catalogue de projets souvent très mal articulés entre eux; mais qui, en revanche présentent une bonne probabilité de financement. Le calcul du taux de croissance du secteur considéré se fait alors à partir des agrégats des performances prévues des projets.

Le processus de la planification se trouve alors complètement inversé et son rôle n'a plus d'autre signification effective que de permettre la discussion avec les institutions d'aide telles que la Banque Mondiale et le FMI. L'un des principes « sacro-saints » des bailleurs consiste à ne pas financer des budgets de fonctionnement notamment des administrations; les investissements extérieurs exigent alors la création de structures para-étatiques comme support d'exécution de leurs financements (Bergez & Bergez, 1988). Les bailleurs veulent ainsi s'assurer de la garantie de l'État pour leurs remboursements (SAED, 1994). Cette situation de fait a largement contribué à l'hypertrophie du secteur para-public et au gigantisme hégémonique de certains organismes (ONAHA au Niger, SAED, au Sénégal, etc.) qui finissent par prendre pour objectif, non le développement rural, mais leur propre croissance (Bergez et Bergez, 1988).

La réalité fut un fiasco total et au milieu des années 70, la montée des questions alimentaires fait que les bailleurs de fonds préconisent à nouveau un retour à la planification classique. La position de Robert Mc. Namara de la Banque Mondiale, par exemple, recommande, dans un premier temps, un développement fondé sur les agriculteurs les plus modestes. Les politiques de la FAO et de la CEE encouragent plus que par le passé, la recherche d'une certaine sécurité alimentaire (FAO, 1987).

Le souci d'efficacité, tant du point de vue de la recherche de financements que des applications sur le terrain, a donné au projet un statut privilégié en tant qu'instrument du développement. Pendant que la planification était taxée de lourdeur et de non efficacité, «le projet a la particularité de permettre une action ciblée rapide et utile » (Labonne, 1988). Aussi, la mise en œuvre d'un plan se résume, de nos jours, à l'exécution d'une série de projets. On a souvent affirmé, avec raison sans doute, que la planification avait échoué parce qu'elle n'avait pas su générer de «bons projets » (FAO, 1995). Le pas est alors vite franchi pour rechercher et mettre en œuvre de «bons projets » capables d'attirer l'intérêt des bailleurs de fonds. Mais la question qui n'a jamais été tranchée et qui se pose encore avec insistance est de savoir ce qu'est un « bon projet ». Qui est habilité à le définir comme tel ? Qui juge de la réussite ou non d'un projet ?

L'expérience a montré que, trop souvent, les seuls critères qui ont guidé l'évaluation ex-ante et ex-post de la majorité des projets agricoles sont essentiellement d'ordre économique voire financier. Le projet «réussi » sera alors celui qui aura atteint les objectifs (de production) fixés au départ et qui aura plus ou moins rencontré l'adhésion des populations concernées. Qu'en est-il dans ce cas, de l'effet d'entraînement du projet, son impact social ? Cette dernière question est restée longtemps absente des préoccupations de la plupart des bailleurs.

Ce qui explique qu'en Afrique occidentale, 8 projets sur 10 s'arrêtent net avec la fin de leur financement (Funel et Laucoin, 1980), sans qu'ils ne puissent se reproduire et générer des activités à long terme. Le fait que l'ensemble du processus social qui accompagne la mise en œuvre de ces projets ait été souvent négligé, serait la cause principale de ce fait (Lericollais, 1989). Les bénéficiaires du projet doivent s'être approprié ledit projet, faute de quoi, sa mise en œuvre devient laborieuse et sa pérennisation plus problématique.

En effet, un ouvrage (tel qu'un barrage) dont la réalisation a vu la participation effective (physique et financière) des populations a des chances d'être mieux entretenu et donc plus pérenne qu'un autre dont la réalisation n'a pas suivi ce cheminement participatif. En témoignent les barrages (retenues) de Djiguioum et de Guidel (en Casamance), réalisés, tous les deux, dans les années 80 par l'USAID. Le premier a été conçu et réalisé avec la participation directe des villageois ; toutes les couches de la population bénéficiaire du projet ont contribué, à tous les niveaux, à sa réalisation et à sa mise en œuvre. Le résultat est que l'ouvrage est resté intact et fonctionnel, encore aujourd'hui car ce sont ces mêmes populations qui assurent son entretien ; le comité de suivi du barrage, mis en place par les villageois eux-même, est très stricte quant à l'application rigoureuse des mesures de bonne gestion de l'ouvrage. Dans le second cas de figure, l'ouvrage a été entièrement mis en place par le projet ; des ouvriers ont été recrutés à partir de Ziguinchor (la capitale régionale), ce sont eux qui ont réalisé la totalité des travaux. Le barrage a donc été livré *clé en mains* aux populations. Dans la caractérisation même du projet par les villageois, il a été baptisé *barrage des américains*. Aucun villageois ne s'est senti responsable de quoi que ce soit dans la mise en œuvre et l'entretien de l'ouvrage qui pourtant, est du même type que celui de Djiguioum se trouvant dans le même environnement géographique, le même contexte, socio-culturel et économique. Le résultat ici est à l'opposé du premier exemple : on trouve aujourd'hui à Guidel un ouvrage non fonctionnel depuis plus de 10 ans. « Le barrage des américains est gâté, parce qu'ils ne l'ont pas entretenus et les villageois ne *savaient pas* comment faire ». Ce témoignage de Mamadou Sonko, chef du village de Guidel, qu'on retrouve sur le rapport d'évaluation finale du projet (PROGES, 1996) en dit long sur l'état d'esprit qui animait les villageois.

Une autre limite de l'approche par projet demeure le caractère sectoriel et isolé des opérations sans coordination véritable avec le reste du tissu économique de la zone d'intervention de ce projet. C'est ainsi qu'il n'est pas rare d'assister à la prolifération de plusieurs dizaines de projets dans une même région, avec les mêmes populations cibles, sans que les actions des uns et des autres ne soient jamais coordonnées. C'est le cas, dans la vallée du fleuve Sénégal où intervenaient, en 1998, pas moins de 21 bailleurs de fonds dans 84 projets répertoriés. Chacun de ces projets adopte une démarche propre à la logique de son bailleur. On assiste souvent là à une sorte de cacophonie dont les seules victimes sont les populations

Impact social des projets

La succession de projets ponctuels ayant des approches différentes, parfois même divergentes, selon qu'ils sont financés par la Banque Mondiale, le FED, ou l'USAID, crée une confusion auprès des populations, au vu de la multitude des recettes proposées par les uns et les autres à propos d'un même problème. Exemple : là où, pour un projet de production de riz irrigué, les Japonais ont proposé des ouvrages quasiment télécommandés avec des rendements proches du potentiel biologique de la culture et de la variété considérées, l'USAID et le FED repassent successivement, à quelques années d'intervalle pour préconiser respectivement l'utilisation de « techniques simples facilement maîtrisables par les populations », que les bénéficiaires « se prennent en charge » (Seck, 1991; Lericollais, 1989).

Dans la plupart des cas, l'approche par projet crée cette attitude attentiste des populations; ce qui explique qu'à la fin d'un financement, on en attend toujours un autre, qui parfois n'arrive jamais. Cet immobilisme des populations accentue leur dépendance vis à vis de l'aide extérieure et prolonge indéfiniment leur statut d'assistés.

L'exemple des populations du département de Sédhiou (moyenne Casamance), est patent : depuis le début des indépendances, plusieurs projets agricoles, aussi gigantesques les uns que les autres, se sont succédés à Séfa (site bien connu des Sénégalais) . A la fin de la durée légale d'un projet, on en attend un autre, puis le suivant, etc. Ceci a eu, comme conséquence, de façonner une population non entreprenante, attendant que les projets arrivent de l'extérieur. Une telle situation, on le comprend aisément, ne saurait déclencher des « comportements de développement ». De plus, à la fin de ce type de projets, on remarque qu'il se crée toujours plus de nouveaux besoins qu'il n'y a eu de résolutions concrètes de problèmes.

Impact économique

Sans vouloir nier systématiquement l'intérêt économique que peuvent présenter les projets, ainsi que les sources de revenus qu'ils peuvent générer pour les populations locales, les projets de développement sont réputés être des gouffres financiers. Alors que, comme nous l'avons mentionné, le principe fondamental de l'aide internationale est de ne pas financer des dépenses de fonctionnement des administrations locales (ce qui, du reste, est compréhensible). on remarque dans la majorité des projets de développement rural que des sommes importantes sont englouties dans des traitements de salaires (faramineux!) à l'assistance technique du projet et à un nombre important d'experts émargeant tous sur l'enveloppe globale du projet. Or, la majorité des projets étant réalisés à titre de prêts, cette pratique contribue à alourdir la dette de ces pays. D'où les politiques d'ajustements qui s'en suivent avec toute leur kyrielle de conséquences sociales : liquidation de sociétés, restrictions budgétaires, pertes d'emplois, etc.

Impact écologique

Les projets intégrant les préoccupations écologiques sont rares (Chauvin, 1992) car c'est le souci d'efficacité immédiate qui influence fortement l'élaboration et la conduite de ces projets. La tendance en Afrique sahélienne, au cours de ces dernières décennies marquées par des vagues successives de sécheresse, a été de considérer les études d'impacts comme trop coûteuses en temps et en argent alors qu'elles sont, ici, politiquement inutiles (Labonne, 1988). Surtout quand ces études écologiques pourraient conclure à la non faisabilité de la plupart de ces projets d'aménagement hydro-agricoles sous leurs conceptions actuelles, dans des conditions de rentabilité acceptables.

On s'est ainsi souvent acheminé vers des études de faisabilité légères qui passent sous silence des problèmes écologiques importants, tels que la destruction des habitats fauniques, la dégradation des conditions de production. La problématique de la salinisation des terres irriguées au Sénégal, au Niger, au Mali comme au Burkina et au Tchad, entre dans ce chapitre des incidences écologiques des projets de développement. C'est à cette question spécifique que nous nous intéressons, notamment dans sa dimension spécifique de l'impact environnemental induit par la mise en œuvre des périmètres irrigués en zone sahélienne. Nous proposons ici une méthode basée sur une approche ascendante procédant par critères d'analyse. On ne saurait, toutefois, traiter des aménagements hydro-agricoles sans mettre un accent particulier sur la problématique de l'eau en termes de mobilisation, de préservation de sa qualité, en somme, de sa gestion.

1.4 Problématique de l'irrigation dans le monde.

Le secteur agricole constitue, dans la plupart des pays en développement, un domaine d'importance prioritaire qui, au Sahel notamment, se heurte à l'obstacle principal des aléas climatiques. Sur l'ensemble des terres cultivées à l'échelle mondiale (270 millions d'hectares), seulement 17% sont irriguées; elles n'en fournissent pas moins de 30 à 40% de la production alimentaire mondiale (FAO, 1988). En milieu sahélien, toutefois, l'irrigation ne contribue que pour 14% à la production céréalière totale (Bergez et Bergez, 1988).

Dans les pays à climat méditerranéen, ou tropical à longue saison sèche et ceux à climat semi-aride et aride, les facteurs limitant majeurs de la production agricole sont l'insuffisance et l'irrégularité des pluies. Dès lors, le développement agricole de ces pays repose essentiellement sur l'irrigation; ce qui a conduit à l'aménagement de nombreux périmètres irrigués. Ces derniers sont caractérisés par des objectifs et des dimensions fort variés. En effet, en fonction de leur taille et de leur degré de sophistication, on peut, de façon schématique, distinguer trois grands types de périmètres : *les grands périmètres*, *les périmètres intermédiaires* et *les petits périmètres*.

1.4.1 Du mirage des grands ouvrages hydro-agricoles ...

L'avènement de l'irrigation, comme stratégie pour pallier les incertitudes climatiques au regard des productions agricoles, a vu le développement de grands chantiers hydro-agricoles à travers les zones arides et semi-arides. En témoigne au Pakistan, le bassin de l'Indus avec le barrage de Tarbela, en Egypte celui sur le Nil avec l'énorme retenue d'Assouan (157 milliards de m³), en Syrie celui de l'Euphrate avec le Tabqa, au Mexique le bassin versant du Rio Grande et bien d'autres ouvrages bien connus (Gange, Mékong, Tigre, Yangtsé,...).

Ces ouvrages comptent parmi les aménagements les plus gigantesques et dont la réussite escomptée reste néanmoins mitigée. L'Afrique sub-saharienne n'est pas en reste dans cette course à la maîtrise de l'eau. Nous citerons les exemples : du bassin de la Medjerdah en Tunisie dont le cours est déjà maîtrisé par de nombreux ouvrages dont le canal Medjerdah-cap Bon ; il draine, sur 120 km, quelques 1390 000 m³ d'eau par jour, dont 400 000 m³ sont destinés à l'irrigation. En Afrique sub-saharienne, d'énormes potentialités sont offertes par les fleuves sahéliens issus des châteaux d'eau guinéens :

- la vallée du Sénégal avec Diama et Manantalali qui constituent ensemble une réserve d'environ 13 milliards de m³ et qui permettront d'irriguer environ 350 000 ha¹ au Sénégal, au Mali et en Mauritanie ;
- il est également prévu de mettre en eau des dépressions souvent endoréiques telles que le lac Rkiz en Mauritanie, les vallées fossiles dans le Ferlo et le Canal du Cayor (coté sénégalais) ; ce dernier pourrait faire transiter 1 500 000 m³ d'eau par jour depuis le fleuve jusqu'à Dakar ;
- sur le fleuve Gambie, après construction d'un barrage anti-sel du type de Diama, 150 000 ha dont une partie de terres de mangroves, devront être mis en culture ;
- sur le fleuve Niger, le Mali envisage de porter son programme à 200 000 ha en submersion contrôlée grâce à la réalisation d'un barrage sur le Bani ;
- Au Burkina-Faso, l'aménagement des vallées des Volta devrait permettre de passer de 10 000 à 150 000 hectares irrigués dans un intervalle de 4 ans .

¹ Dont 240.000 sur la rive gauche sénégalaise

Les grands périmètres sont caractérisés par des infrastructures nécessitant, le plus souvent, des investissements élevés; le coût de ces aménagements varie aujourd'hui entre 4 et 7 millions de Fcfa /ha . La mobilisation de telles ressources nécessite souvent le recours à un financement extérieur qui, généralement se met en place lorsque la rentabilité de l'opération est démontrée par le requérant. Ce dernier devra de plus prouver que le financement sera géré de manière rigoureuse suivant des canevas préétablis. C'est pourquoi, dès sa création, un projet d'aménagement hydro-agricole de grande envergure exige la mise en place de structures et d'infrastructures importantes et donc onéreuses. C'est le cas des périmètres irrigués du delta du Sénégal, pour l'aménagement et la mise en œuvre desquels la SAED a été créée en janvier 1965. Circonscrite dans le Delta au départ, l'intervention de la SAED s'est, par la suite étendue à toute la vallée du Sénégal (la rive gauche). A ses débuts, la SAED avait pour mission de i) réaliser les études préalables à l'aménagement des périmètres, ii) mais également la conduite des travaux (en régie), les essais agronomiques, l'encadrement des exploitants, le crédit au producteurs et la commercialisation du riz .

Il est donc évident qu'une telle structure ne peut être mise en place que sur un périmètre ou un ensemble de périmètres représentant une superficie importante. Au lac Alaotra à Madagascar, la SOMALAC a aménagé, dès 1974, près de 25 000ha de rizières lotis entre plus de 5000 agriculteurs (Falcon, 1990) : en Côte d'Ivoire, la Société de Développement du RIZ (SODERIZ) assure le développement et gère les périmètres irrigués de l'ensemble du pays. C'est également le cas de l'Office Nationale des Aménagements Hydro-Agricoles (ONAHA) au Niger et de l'Office du Niger, au Mali.

Ces grands périmètres sont tous caractérisés par des coûts d'investissement très élevés, la mobilisation de moyens techniques et humains importants, la mise en place d'un système de gestion qui nécessite des structures complexes et financièrement lourdes. Le fait social marquant de ces grands aménagements, est surtout la faible participation, voire la non implication des populations dans le processus de leur mise en œuvre. La forte mécanisation (allant du labour à la récolte) qui, le plus souvent, caractérise ces aménagements, réduit, par ailleurs, le degré d'intervention des agriculteurs.

Du fait aussi des coûts d'investissements élevés, les sociétés de développement chargées de mettre en œuvre ces programmes d'aménagements sont naturellement souvent plus préoccupées par la rentabilité économique immédiate des opérations que par le souci d'impliquer les agriculteurs. Il s'en suit une intensité d'occupation des sols supérieure à 1.5 (150%), du fait surtout des doubles cultures : double riziculture, par exemple. Dans ces cas là, il n'est pas rare qu'il soit demandé aux populations de payer une redevance au projet au titre de leur participation financière à l'entretien des ouvrages et équipements. Toutefois, en Afrique, comme ailleurs (en Asie et aux Amériques, etc.), la constante reste le fait que la presque totalité de tous ces grands aménagements ont été loin d'avoir répondu aux espérances qui étaient placées en eux au moment de leur réalisation (Arrignon, 1989).

Pour ce qui concerne la vallée du fleuve Sénégal, par exemple, après plus de trente années de pratique officielle de l'irrigation et plus d'une décennie de mise en place des barrages de Diama et Manantali, les réalisations concrètes en termes de superficies aménagées n'en sont à peine qu'à environ 10% du potentiel irrigable. De plus, ces réalisations ont connu une progression très irrégulière.

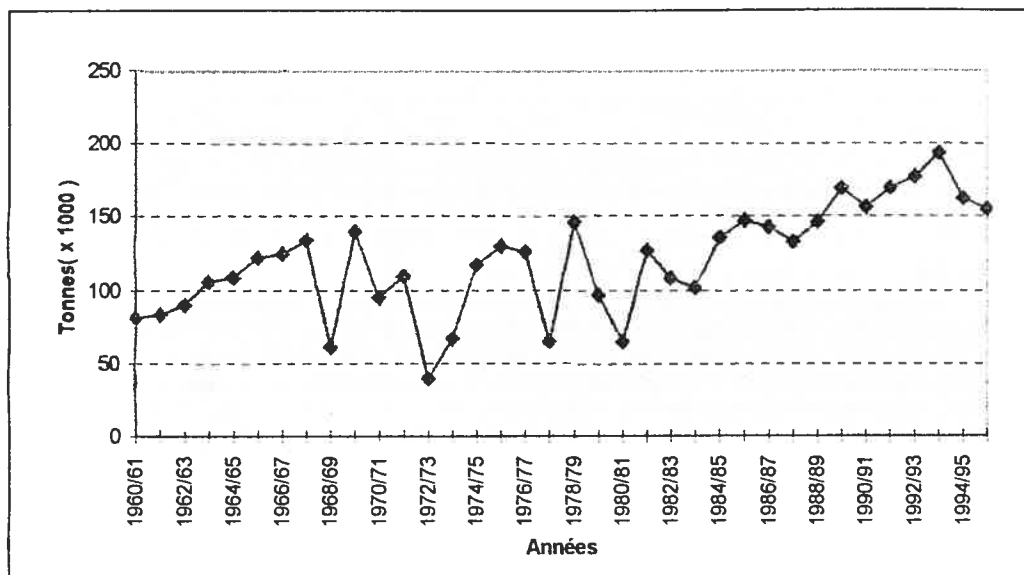


Figure 2 : Évolution de la production de riz paddy dans la vallée du Sénégal
(Source : G. Duruflé, 1994)

Quant aux rendements enregistrés, leur progression reste très lente; ceux du riz, par exemple, stagnent ces dernières années autour de 4 à 4,5 Tonnes/ ha .

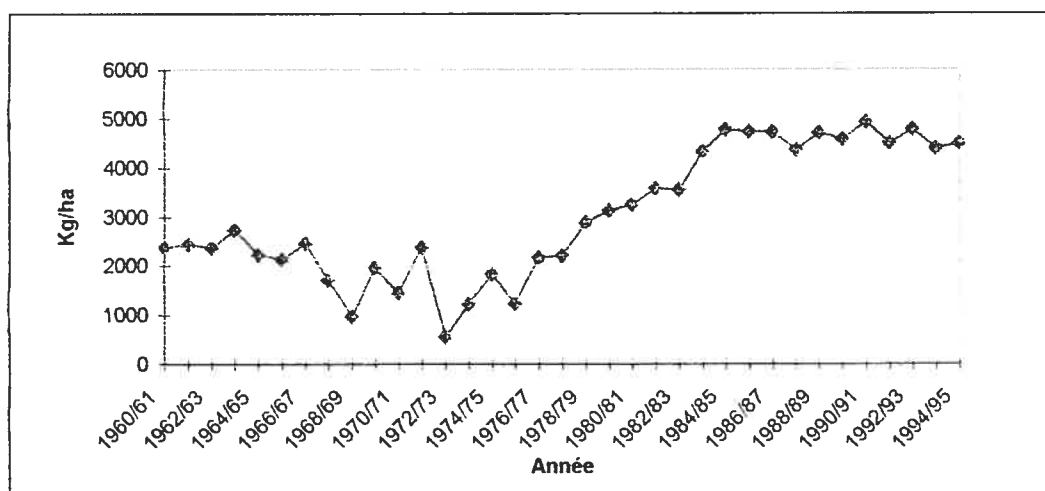


Figure 3 : Évolution des rendements de riz de 1961 à 1995 (Source : G. Duruflé, 1994)

Pire, la mise en valeur des grands périmètres irrigués dont la gestion est le plus souvent problématique, a engendré, dans la plupart des cas, des problèmes d'ordre économique, social, mais surtout d'ordre écologique (ou environnemental).

Le risque de dégradation des terres irriguées que nous évoquions en introduction existe bien pour tous ces programmes d'aménagement.

Ce risque est d'autant plus difficile à appréhender que le système irrigué mis en place est complexe et son fonctionnement non maîtrisé par les populations. Dès le début des années 80, des voix autorisées (parmi lesquelles figurent en bonne place celles de Dumont, Bourguignon, Giry et Arrignon) se sont élevées pour dénoncer ce que d'aucuns n'ont pas hésité à qualifier de «mirage des grands aménagements». Le reproche principal fait aux ouvrages de grande envergure est le fait i) qu'ils nécessitent la mise en œuvre de techniques et de méthodes de gestion difficilement maîtrisables par leurs utilisateurs directs et ii) que leurs impacts environnemental, économique et social sont largement sous-estimés, voire parfois occultés.

1.4.2 ... aux Périmètres Irrigués Villageois (P.I.V.)

Comme réponse aux critiques formulées à l'endroit des grands aménagements, le concept du Périmètre Irrigué Villageois (PIV) va émerger et se développer ces dernières années d'abord, dans l'imaginaire des bailleurs¹ avant d'être mis en œuvre, presque simultanément au Pakistan, en Afrique du Nord et dans les pays du Sahel.

Le PIV marque, en effet, une rupture avec les conceptions «gigantistes» des années 60 et 70; désormais, on se préoccupe davantage de la maîtrise, par les bénéficiaires directs, des techniques de mises en œuvre des aménagements hydro-agricoles, de même que leur capacité à gérer les ouvrages et les équipements. Il s'agit, par rapport au type précédent, d'un changement d'échelle tant au plan physique qu'au plan conceptuel.

¹ Et non celui des chercheurs comme le dit Brusberg.

Le PIV classique se situe à l'échelon du village ; il est doté d'infrastructures moins lourdes et pose, de ce fait, moins de problèmes de mise en œuvre et de gestion. Dans la vallée du fleuve Sénégal, les coûts d'investissement dans un PIV classique varient entre 500 000 et 800 000 FCFA / ha (SAED, 1994). La taille de ces petits périmètres varie en fonction des pays et des contextes: les petits périmètres de Madagascar ont des superficies allant de 200 à 500 ha alors que ceux de Kamenkole, au Mali, ont entre 20 et 25 ha, ceux de Bakel et Podor au Sénégal, entre 5 et 30 ha (SAED, 1994). Ces PIV sont alimentés par des microaménagements villageois simples. présentant les particularités suivantes :

- ils permettent aux agriculteurs de prendre part à leur réalisation et à leur mise en œuvre ;
- ils sont faciles à mettre en œuvre et les coûts à l'hectare sont réduits ;
- ces faibles coûts autorisent des modifications possibles dans le cadre d'aménagement ultérieurs, quels qu'ils soient ;
- le PIV est géré par une organisation sociale calquée sur le modèle de la famille.

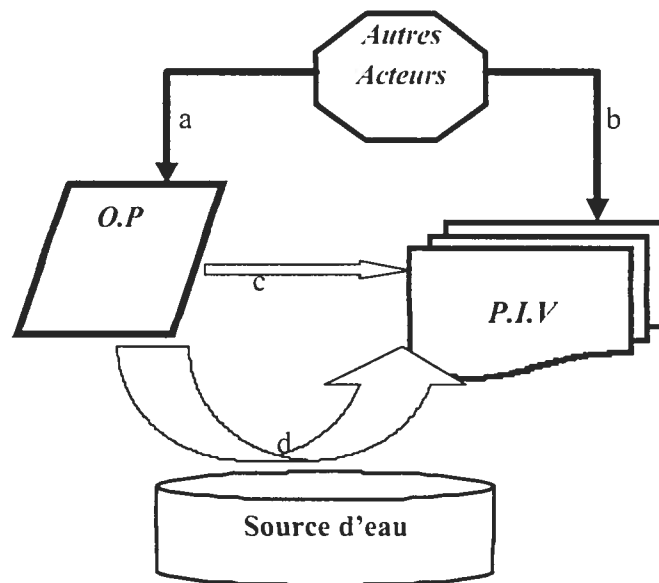


Figure 4 : Structure fonctionnelle du système irrigué

- a) les acteurs tels que les agents techniques chargés de l'encadrement, prodiguent des conseils aux agriculteurs regroupés au sein d'Organisations Paysannes (O.P.) ;
- b) les acteurs, maîtres d'œuvre (Etat ou organisme parapublic), aménagent les PIV et les mettent à la disposition des OP ;
- c) les OP assurent la mise en valeur directe des PIV et leur gestion quotidienne ;
- d) cette mise en valeur suppose une source d'eau à partir de laquelle le PIV est irrigué par le truchement de l'OP.

- *Fonctionnement des PIV*

La mise en place et la gestion des PIV sont assurées par des structures plus légères qui s'appuient sur des organisations collectives traditionnelles souvent préexistantes aux aménagements: associations villageoises, groupements de producteurs, groupement de promotion féminine .

Quant aux Groupements d'Intérêt Economique (GIE) dont l'apparition au Sénégal est relativement récente (années 90), ils concernent une nouvelle forme d'organisation à caractère économique. Son rôle est de servir de cadre juridique et d'interlocuteurs aux institutions financières notamment. Mais quelle que soit la simplicité qui caractérise ces PIV, l'expérience a plutôt montré qu'il est toujours difficile d'assurer une bonne gestion de l'ensemble des activités aussi bien au plan technique et humain qu'au plan financier. En moyenne vallée du Fleuve Sénégal, on distingue trois formes de petite irrigation.

- Les PIV (Périmètres Irrigués Villageois) : de taille comprise, en moyenne, entre 5 et 30 ha², ils sont généralement aménagés par l'Etat avec une participation essentiellement physique des agriculteurs.

² Cette moyenne concerne surtout les PIV de la vallée du Sénégal

La gestion du PIV est assurée par un groupement de producteurs qui prend de plus en plus des formes (GIE en l'occurrence) assumant toutes les charges inhérentes.

On estime qu'en moyenne les coûts d'aménagement et de réhabilitation sont respectivement de 5 000 et 3 000 \$ US à l'hectare. On pratique, dans les PIV principalement, de la riziculture d'hivernage avec des rendements moyens de 4 tonnes/ha (SAED, 1995) .

- Les *PIP* : les Périmètres Irrigués Privés sont de conception très sommaire et comme l'indique leur nom, sont aménagés par des promoteurs privés et mis en valeur par ces derniers ou leurs employés. Les coûts de ces PIP dépassent rarement 300\$ US à l'hectare ; leur taille varie entre 1 et 20 ha en moyenne . 80% des PIP se trouvent dans la zone du delta, les rendements obtenus sont souvent inférieurs à ceux enregistrés dans les PIV. Ces rendements sont en baisse constante du fait de la dégradation saline des sols sous irrigation, ce qui conduit à leur abandon progressif.
- La troisième forme d'irrigation se fait à une échelle encore plus petite (superficies inférieures à 2 ha) ; elle concerne le maraîchage de bas-fonds et des bordures de lacs.

Dans la quasi-totalité des cas, il est nécessaire de créer des structures de gestion dont le rôle et les caractéristiques dépendent de la nature et des activités du périmètre. D'où le lien qui existe entre l'aménagement (structure physique) et l'organisation sociale (OP) chargée de sa mise en valeur.

Dans le dimensionnement des aménagements, on prône ici la mise en place d'Unités de Mise en Valeur (UMV) plus petites, relativement faciles à gérer, à la dimension des villages et des agriculteurs de la région. Ce choix est basé sur le principe que la gestion des micro-aménagements (conduite de l'irrigation et entretien des ouvrages et équipements), est davantage maîtrisable par les bénéficiaires.

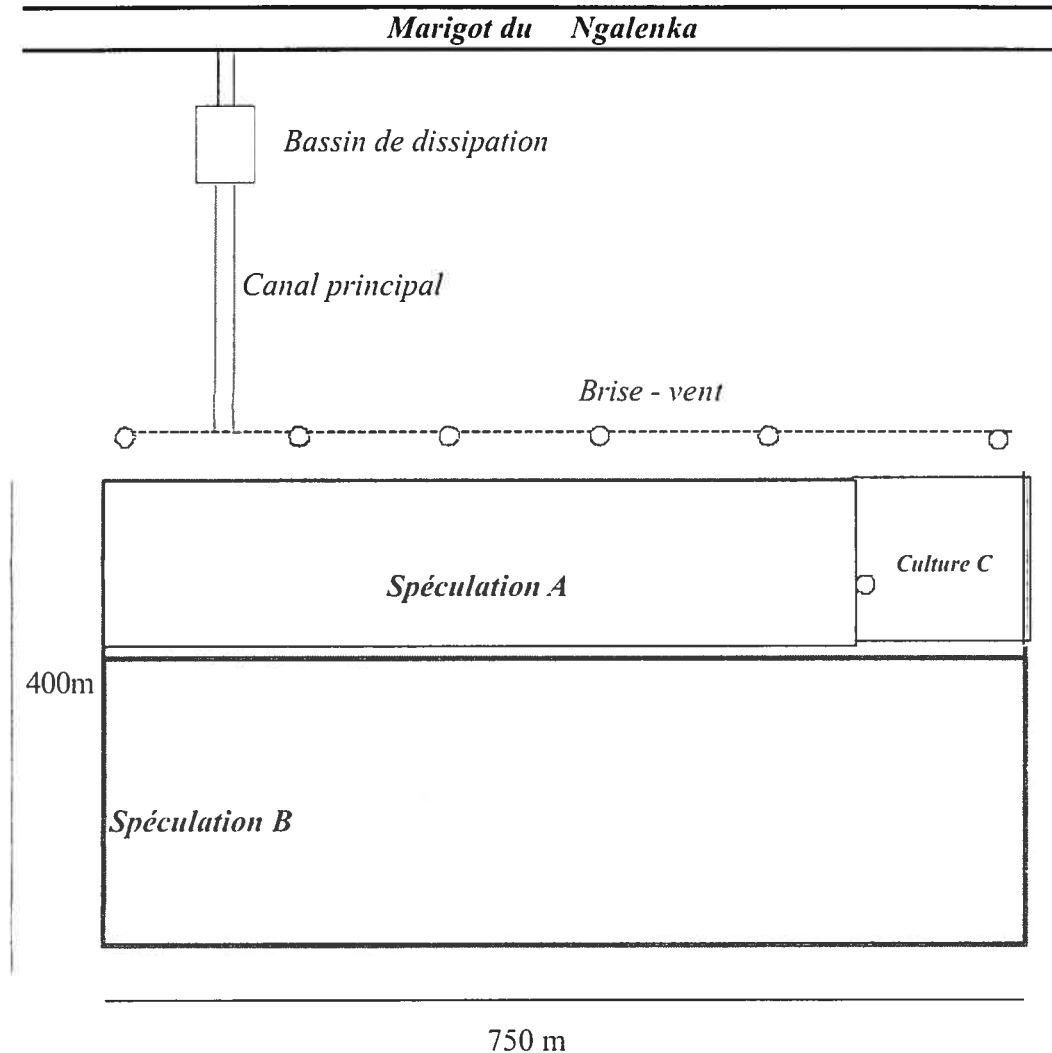


Figure 5 : schéma type d'un PIV de 30 ha (superficie nette cultivable) dans le secteur *Ngalenka amont (Podor)*

Mais l'histoire des PIV au Sahel et, en particulier, ceux de la vallée du fleuve Sénégal nous enseigne que cette maîtrise recherchée n'est pas toujours assurée ; ceci, souvent moins du fait de la non assimilation des techniques et des méthodes de gestion de ces structures que de la non prise en compte systématique des facteurs importants tels que ceux qui se rapportent aux incidences, sur les sols et l'eau de surface, des modes de gestion des PIV.

Au travers des études (hydro-pédologie) entreprises ces dernières années dans la vallée du fleuve Sénégal³, on constate qu'un pourcentage fort élevé des Périmètres Irrigués Villageois de ces régions courent le risque de se retrouver, dans un avenir proche, impropres à la culture du fait de leur salinisation progressive (Zante, 1989). Cette dégradation saline des PIV, notamment celle notée en moyenne vallée du Sénégal, est pour nous, la conséquence de la non prise en compte du risque environnemental dans la mise en place des aménagements et dans la conduite des opérations hydro-agricoles. Qu'entend-on par aménagement, opération hydro-agricole et impact environnemental ? Comment ces concepts sont-ils traduits dans les faits ?

1.4.3 . Aménagement et opération hydro-agricoles

Il convient, en effet, de distinguer le concept d'*opération* hydro-agricole de celui d'*aménagement* hydro-agricole. L'opération hydro-agricole est définie comme un ensemble d'objectifs qui nécessitent la mise en œuvre de moyens cohérents liés à l'exploitation d'un espace irrigué (Funel et Laucoin, 1980). Quant à l'aménagement hydro-agricole, c'est le support physique dans lequel s'exerce l'opération ; dans ce cas d'espèce, l'aménagement est le périmètre irrigué avec ses ouvrages sommaires et ses équipements de base. Nous allons, ici, montrer i) l'extrême complexité de ces deux composantes des systèmes irrigués et ii) en quoi le formalisme des approches classiques ne renseigne pas de cette complexité des systèmes irrigués.

³ En particulier par l'ORSTOM (actuel IRD)

Opérations hydro-agricoles

Dans nos pays, trois types d'objectifs traduisent généralement ces opérations; ils sont souvent définis dans les plans (quinquennaux) au titre de buts à atteindre :

- augmenter la production paysanne et la garantir contre le risque climatique; il s'agit généralement de petites opérations d'intérêt local ;
- accroître sensiblement les productions agricoles nationales; cet objectif conduit à des opérations de grande envergure ;
- atteindre l'autosuffisance alimentaire : opérations de grande envergure .

Les choix qui sont opérés par les états entre les deux premiers objectifs dépendent généralement de l'analyse qu'ils font de leur degré de vulnérabilité par rapport aux risques climatiques. C'est là les raisons qui peuvent expliquer des politiques sensiblement différentes d'un pays à l'autre. Mais, dans tous les cas, ces stratégies et ces politiques impliquent un type d'opérations pouvant se définir par :

- un aménagement foncier et technique par rapport auquel doit être maximisée la production du système eau-sol-plante ;
- l'utilisation de ressources financières importantes (capital investi) pour la mise en œuvre des moyens nécessaires ;
- la nécessité d'assurer la reproduction économique et physique du système.

La FAO (1986) définit les finalités de l'opération hydro-agricole en termes de « création d'un ensemble technico-économique, permettant l'utilisation optimale de l'eau disponible à des fins d'intensification de la production agricole, avec une contrainte de rentabilité⁴ financière et économique de l'aménagement, assurant, entre autres, sa reproductibilité ».

⁴ Celle-ci ne comptabilise pas les coûts d'investissement de l'aménagement

En somme, l'aménagement hydro-agricole est une entité physique servant de support à l'activité d'irrigation. Mais on notera qu'en situation de sécheresse, la préoccupation de reproductibilité est souvent très vite reléguée au second plan. Selon Funel (1980), les stratégies mises en avant dans toute opération hydro-agricole concernent trois sous-systèmes : le foncier, les techniques de production et le sous-système économique et financier.

Le sous-système foncier

Le sous-système foncier vise deux buts : i) le contrôle de l'espace nécessaire à la conduite de l'opération et ii) la maîtrise de la production (Billiaz et Diawara, 1981). L'occupation de l'espace nécessaire implique que soient choisies les terres les plus adéquates.

Pour ce faire, on a recours à des études techniques (agronomiques, pédologiques) et économiques approfondies. Cette occupation de l'espace implique également que les terres soient purgées des droits fonciers traditionnels et qu'on leur affecte de nouvelles fonctions plus appropriées. Pour qu'une telle entreprise puisse avoir des chances de se réaliser sans difficultés majeures, des investigations auprès des populations sont nécessaires. Or, comme le notent Funel et Laucoin (1980), l'État se sert très souvent d'arguments socio-économiques (autosuffisance alimentaire, par exemple) pour justifier sa politique foncière en milieu rural. Ce qui est souvent, une source de conflits entre agriculteurs (étant donné que dans la plupart des pays, il est difficile, voire impossible de poursuivre l'autorité de l'État en cas de protestations).

La maîtrise et la maximisation de la production des terres irriguées exige l'identification des techniques d'irrigation les plus opportunes et les cultures les plus adaptées (FAO, 1987), en termes de coûts/efficacité.

C'est alors à partir des recherches et des expérimentations agronomiques que l'on arrive à se fixer sur les choix des cultures et de la technologie à adopter : submersion contrôlée, contrôle total de l'eau avec pompage, réseau d'irrigation et de drainage séparé, etc. Cependant, s'il est possible d'obtenir une bonne réglementation foncière compatible avec les techniques retenues, les contraintes engendrées par ces systèmes d'irrigation (dans l'organisation du travail) sont bien plus difficiles à prévenir et à juguler. Par exemple: l'utilisation commune de certains ouvrages (station de pompage, silos de stockage des récoltes, etc.), exige un minimum de discipline et de solidarité entre les attributaires. Dans ces cas là, organiser les équipes d'entretien et les attributions en fonction des affinités ne garantit pas toujours des résultats probants. Un autre aspect du sous-système foncier concerne le contrôle de la mise en oeuvre des techniques d'exploitation. Il sous-tend aussi la définition des règles de faire-valoir qui permettent l'apurement des droits coutumiers jugés incompatibles avec les objectifs de maximisation de la production. La politique nationale de mise en valeur des aménagements hydro-agricoles définit le statut des terres aménagées, les règles et les modalités de leurs gestion.

Mais on remarque que ces conditions définies dans les documents officiels sont rarement respectées par les agriculteurs, du fait notamment de leur non implication au processus de prise de décision (Lericollais, 1989). En réalité, l'agriculteur se trouve intégré de fait dans des combinaisons productives qu'il ne maîtrise pas . Seule une formation qui lui donnerait accès à l'information, à la connaissance pratique et théorique de ces systèmes permettrait d'obtenir de leur part une meilleure adhésion .

Sous-système de production

Il comprend trois conditions principales :

- i) l'utilisation rigoureuse de l'eau au moindre coût, cela implique le respect strict des normes de mise en culture, et comme nous l'avons vu, ce n'est pas toujours le cas ;
- ii) le développement des cultures jugées plus rentables (au plan financier), le choix de ces cultures se fait dans le cadre de la politique nationale ou régionale en fonction de leur aptitude à rentabiliser les coûts de fonctionnement des aménagements (FAO, 1987). Dès lors, il ne peut s'agir que de spéculations susceptibles de valoriser fortement l'eau qui leur est apportée et enfin.
- iii) l'utilisation maximale de la force de travail disponible.

Cette force de travail est, selon Barreteau (1994), un des principaux éléments qui entrent dans la détermination des superficies à attribuer. Ce qui voudrait dire qu'il y a une relation entre les superficies aménagées, la spéculation, le système technique mis en place et la capacité de travail disponible sur l'aménagement. Or, c'est rarement le cas; dans la région du fleuve Sénégal, par exemple, la force de travail disponible est surestimée du fait du fort taux d'immigration que connaît la région (Santoir, 1983). Au Niger, en revanche, elle est sous-estimée dans les projets de Maradi et Birni Koni (FAO, 1987). Dans ces localités, en effet, les enquêtes révèlent que les critères de définition des actifs sont erronés du fait que tous les jeunes enfants (entre 10 et 15 ans) travaillant dans les périmètres irrigués ne sont pas comptabilisés dans les études.

Toutefois, d'après les résultats, 13 % de la force de travail totale y est constituée par des enfants appartenant à cette tranche d'âge qui participent pleinement aux divers travaux (conduite des attelages mécanisés, surveillance des tours d'eaux, repiquage, etc.).

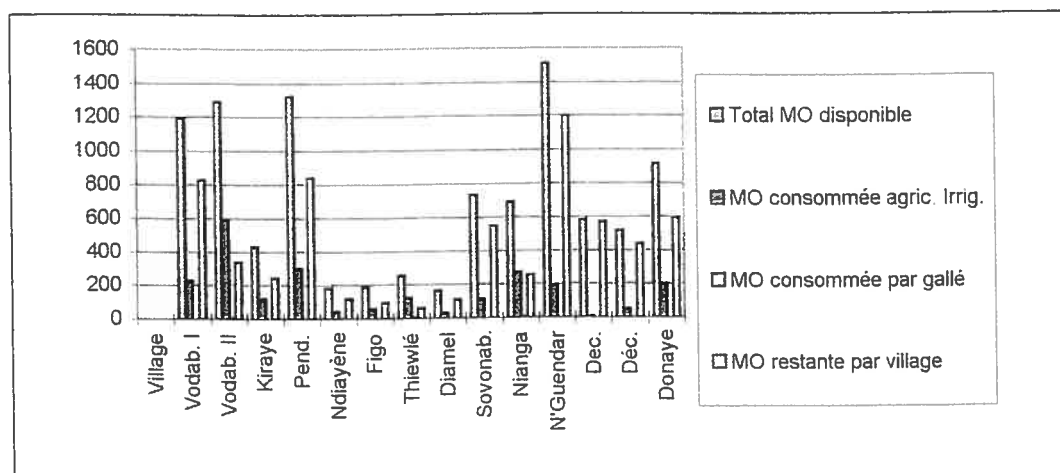


Figure 6 : Force de travail disponible par village dans la région du Ngalenka (source : KFW, 1995).

Sous-système économique et financier

Il concerne essentiellement la gestion économique et financière de l'opération en vue de la reproduction de l'aménagement. Par reproduction, il faut entendre aussi bien la maintenance et le fonctionnement de l'aménagement que la reproduction financière visant au remboursement des capitaux investis. La gestion financière est fortement conditionnée par le système de culture qui devra permettre de dégager un maximum de surplus en limitant la valeur des intrants (rapport coût/avantage).

Les aménagements de la haute vallée du fleuve Sénégal, par exemple, sont caractérisés par des pertes considérables en eau du fait de la mauvaise conception du réseau d'irrigation. Ces pertes atteignent dans certains cas 45%, ce qui, selon Santoir (1983) gonfle d'au moins 25% les charges d'exploitation de ces périmètres.

Pendant longtemps, dans les pays du Sahel, l'État s'est chargé de la gestion et de l'entretien des périmètres. Ces dernières années, par contre, les politiques de désengagement de l'État, préconisées par la Banque Mondiale et le FMI dans le cadre des ajustements structurels, font que les populations rurales héritent de ces ouvrages et des technologies pour la gestion desquels elles n'ont pas été préparées (ou pas assez). On peut affirmer que dans beaucoup de zones arides telle le Sahel, l'irrigation dans sa forme actuelle, a été introduite avec une certaine précipitation et une omniprésence de l'État. Le désengagement devrait donc se faire de façon progressive, sans rupture brutale pour éviter une situation de chaos (Seck, 1991).

L'aménagement hydro-agricole

"L'aménagement hydro-agricole est le lieu d'interrogation sur les paradoxes qui apparaissent dans la mise en œuvre des politiques agricoles" (Funel et Laucoin, 1980). Les aménagements que des économistes et agronomes considèrent réussis (bons rendements) peuvent faire l'objet de fortes critiques de la part de sociologues et/ou d'écologistes (développement de maladies endémiques, destruction des structures agraires traditionnelles,).

Bertrand (1989) quant à lui affirme que les pratiques qui caractérisent les systèmes de production de l'aménagement hydro-agricole sont totalement conditionnées par l'appareil institutionnel.

L'agriculteur n'existe alors qu'en tant que travailleur devant être intégré à un processus dont la maîtrise lui échappe totalement. Comme nous l'avons vu, l'aménagement est à la fois un cadre et un moyen pour la mise en œuvre des opérations hydro-agricoles.

Les politiques foncières relatives aux terres aménagées manifestent des points communs d'un pays à l'autre. Elles se caractérisent, en zone aride, par trois principes essentiels :

- l'apurement des droits fonciers coutumiers ;
- l'appropriation, par l'État, des terres aménagées ;
- la concession des droits d'exploitation à titre précaire.

L'apurement des droits fonciers est, dans la majorité de ces pays, rarement fondé sur une enquête administrative. De plus, la nationalisation des terres n'est pas assortie d'indemnisations, les seules compensations accordées aux tenants de la propriété coutumière consistent à les recaser en priorité dans les aménagements. En revanche, les règles d'exploitation dans le périmètre sont strictes et assorties de sanctions pouvant aller jusqu'à l'exclusion de l'exploitant. La nationalisation des terres qui, en théorie, permet à l'État le contrôle foncier et financier, est en réalité une caution pour ce dernier lorsqu'il investit dans l'agriculture (Labonne, 1988).

Le système foncier étant le fondement des politiques d'aménagement, le contrôle du capital investi passe forcément par la maîtrise des procédures d'attribution et d'exploitation des terres. Celui qui investit sur une terre a toujours droit de regard; dans le contexte du Sénégal, ce droit de regard se transforme, dans certains cas, en droit d'appropriation.

Mais peut-il en être autrement quand la valeur de cette terre passe formellement de quelques milliers de francs CFA à plusieurs millions/hectare ? Lorsque cette valeur passe d'une signification sociale à une signification marchande ?

On peut s'interroger sur la nécessité et les effets d'une telle transformation radicale qui touche aux bases de l'organisation sociale. L'exploitation traditionnelle est caractérisée par une grande diversité de spéculations; celle-ci n'est valable que dans le cadre de sa coexistence avec le champ collectif; elle disparaîtrait si l'exploitation individuelle était la seule forme admise.

L'individualité très forte sur le plan économique des membres d'une même famille s'accommode-t-elle d'une exploitation collective ? Ce qui est certain, c'est que l'aménagement propose une logique de production bien différente qui, à bien des égards, présente des avantages non négligeables. Cette logique est d'abord fondée sur la valorisation du capital productif qui se traduit par une stabilisation des terroirs (Colin, 1985). Les problèmes rencontrés dans la mise en œuvre des périmètres irrigués sont souvent liés au degré d'appropriation et d'exploitation des terres aménagées. Lorsque l'exploitant est propriétaire de la terre qu'il exploite, il se sent plus en sécurité et peut plus facilement concevoir des investissements tendant à garantir une durabilité de son exploitation.

Dans les opérations dites de peuplement, les aménagements fonciers sont, en pratique, plus faciles à réaliser du fait qu'ils portent sur des terres généralement à faible degré d'appropriation. C'est le cas des grands périmètres de la SAED au Sénégal, ce fut également le cas de la majorité des aménagements de l'Office du Niger au Mali.

La question se pose différemment lorsque l'aménagement hydro-agricole est établi sur des terres anciennement cultivées par les populations locales. Dans ces cas, les cultures hors aménagement subsistent, du fait que les agriculteurs cherchent ainsi à minimiser les risques d'exploitation dans les périmètres. Ce qui montre que l'irrigation ne démantèle pas toujours l'exploitation traditionnelle.

Mais nous avons également vu les limites que présente la cohabitation entre ces deux systèmes d'exploitation obéissant à des logiques économiques et sociales différentes. Si, comme le préconisent certains bailleurs de fonds (Banque Mondiale), l'État doit se désengager du secteur de l'irrigation au profit des agriculteurs, c'est toute la politique d'aménagement agricole dans ces régions qu'il faudra reconsidérer, repenser; dans ce cas là, les questions se posent en termes de stratégies de développement.

1.4.4 Le point de vue de la recherche

La Nouvelle Politique Agricole (NPA), mise en oeuvre par le Sénégal à partir de 1985, a consacré la fin des Grands Périmètres de conception sophistiquée, au profit des Périmètres Irrigués Villageois et Privés. Cette forme d'aménagement favorisant l'agriculture familiale et l'organisation villageoise possèdent ses avantages (il est peu coûteux en investissements et moyens de production), certes, mais aussi des inconvénients non négligeables (faible qualité technique des ouvrages et équipements dont le caractère sommaire rend la maîtrise de l'eau beaucoup plus difficile)⁵ (Seck, 1991).

⁵ Hecq et Dugauquier (1990) soulignent que, contrairement à ce que l'on croit, les PIV sont, à terme, plus coûteux que les Grands Périmètres du fait des pertes cumulées en eaux et en force de travail; surtout lorsque des problèmes environnementaux (salinisation) peuvent en résulter (Zante, 1994, Salvignol, 1993).

On sait, par ailleurs, que la principale caractéristique des aménagements hydro-agricoles de la vallée du Sénégal est le surpompage des sources d'eau (fleuve et marigots). Dans de telles conditions, les pertes directes sont, au moins, égales aux besoins en eau des cultures pour les périmètres les mieux gérés (SAED, 1994; Salvignol, 1993; Séguis et Boivin, 1993); c'est là une des causes de la dégradation saline des sols.

En effet, les études hydrologiques et pédologiques effectuées sur le site de Nianga établissent, entre autres, que l'infiltration est très faible (SAED, 1995) voire nulle au niveau des parcelles cultivées étant donné le fort pourcentage en argile de ces sols (Salvignol, 1993).

A l'échelle du paysage, les eaux usées sont rarement rejetées dans le fleuve (Boivin, 1993). Ces eaux se concentrent sur place dans le cas des PIV; alors que pour les périmètres munis de drains comme celui de Nianga, elles migrent vers d'autres cuvettes de décantation en empruntant d'anciens chenaux naturels, puis se concentrent sur place.

Ces eaux usées étant souvent chargées (Loyer, 1989; Boivin et al., 1993), on considère que la cuvette de Nianga fait migrer ainsi environ 2000 tonnes de sels par cycle cultural (Boivin et Brunet, 1994). Ce qui tend à consolider l'hypothèse selon laquelle les aménagements hydro-agricoles (dans leur conception et leur mise en valeur au Sahel) sont la source principale de la salinisation des sols. Dans le cas d'un Périmètre Irrigué Villageois (PIV), l'aménagement concerne :

- le point d'alimentation en eau du système (cours d'eau, puits, mare etc.) ;
- les ouvrages et équipements du système ;
- les structures mises en place dans le cadre de la gestion de l'aménagement (organisation paysanne, organismes technique et financier, etc.).

Chacun de ces trois points pourrait faire l'objet d'un développement détaillé, mais celui-ci ne renseignerait que sur des situations statiques et non sur des processus, encore moins sur la dynamique de l'entité aménagement. Sous ce rapport, nous nous limiterons davantage à l'observation des bases sociales de l'aménagement, autrement dit sa structure de fonctionnement.

Rôle de l'organisation sociale

L'exploitation traditionnelle est caractérisée par une grande diversité de spéculations; celle-ci n'est valable que dans le cadre de sa coexistence avec le champ collectif; elle disparaîtrait si l'exploitation individuelle était la seule forme admise. L'individualité très forte, sur le plan économique, des membres d'une même famille s'accommode-t-elle d'une exploitation collective ? Ce qui est certain, c'est que l'aménagement propose une logique de production bien différente qui, à bien des égards, présente des avantages non négligeables.

En vallée du fleuve Sénégal, l'équilibre traditionnel de la rive gauche repose en grande partie sur la crue (Ministère de l'Agriculture, 1994), or la sécheresse endémique ayant imposé l'irrigation, il a fallu contrôler ces crues par régulation du fleuve à partir de Diama et Manantali.

Cet équilibre rompu, il s'agit, par ailleurs, à travers le concept du PIV de rechercher un compromis entre trois logiques qui se chevauchent: une logique sociale, une logique économique et une logique écologique ; chacune exprimant une finalité ou une ambition.

Au delà d'une accumulation de connaissances qui ne renseignent pas toujours sur les éléments de dynamique du milieu, quelles leçons peut-on tirer de cette caractérisation des systèmes irrigués ? La présente analyse confirme, en tout cas, que tous les détails apportés bien qu'ils contribuent à une meilleure connaissance du système, n'éclairent nullement sur le devenir des espaces irrigués. Même les travaux de recherche les plus pointus en la matière (en l'occurrence ceux de Loyer, Le Brusq, Boivin, etc.) se contentent très souvent de livrer un tas d'informations, certes très pertinentes, mais dont l'utilité, en termes d'application reste à démontrer ; en témoigne les approches utilisées dans la vallée du fleuve Sénégal, par l'IRD (anciennement ORSTOM).

Dans l'exemple que nous allons voir ci-dessous, la caractérisation des zones salinisées du secteur Ngalenka amont, mais surtout l'analyse de la répartition spatiale de ces sels ne se limite qu'aux constats d'une réalité déjà largement documentée.

1.4.5 Les problèmes de dégradation saline que posent les PIV en vallée du fleuve Sénégal

Les travaux de l'équipe du programme Agriculture Irriguée Durable (AID) de l'IRD ont capitalisé des résultats intéressants ces dernières années. Mais comme nous l'avons noté, ces résultats alimentent davantage les nombreuses connaissances déjà acquises dans les processus physico-chimiques de la salinisation des terres irrigués, qu'ils n'apportent des éléments de solution au problème que pose le phénomène de dégradation saline. Ce que l'on constate dans le comportement des agriculteurs de la région, c'est leur tendance à désertter les périmètres, dès que des efflorescences salines apparaissent localement en abondance et que les rendement des cultures commencent à baisser (Le Ricolais, 1989; Santoir, 1993).

L'absence d'études d'impact préalable à l'aménagement des PIV en est, à notre avis, la principale cause. La connaissance, au préalable, de la répartition de la salinité est une condition nécessaire au maintien d'une agriculture irriguée durable dans cet environnement. Ces études permettraient de dégager une cartographie de la répartition du sel et de noter à quel facteur il est corrélé (à la répartition des sols, aux unités géomorphologiques actuelles, ou à la topographie). Le but sera de comprendre la logique de répartition de la salinité dans cet environnement, pour en faciliter la cartographie à l'échelle régionale. Ce qui pourrait, sans doute, aider dans le choix des zones à aménager. Pour comprendre le phénomène *dans sa complexité*, il est important de retracer la démarche utilisée pour mettre en évidence ces sels dans les profils de sol.

- *Démarche de mise ne évidence du phénomène*

La démarche adoptée est une démarche ascendante. Une zone saline (70 ha) a été délimitée et géoréférencée avec précision. La morphologie des zones salées a été relevée en détail par des mesures EM suivant une grille régulière de 25 m. Perpendiculairement aux contours de la zone saline, quelques transects en mode vertical et horizontal sont réalisés avec des mesures rapprochées à 2 m. Une carte détaillée de la répartition du sel sur la zone est confectionnée après optimisation du krigeage par GEOSTAT PC, (Boivin, 1993). Elle est comparée aux structures géomorphologiques identifiables sur les photographies aériennes. Onze (11) transects de mesure de conductivité électromagnétique sont ensuite réalisés sur l'ensemble du secteur N`Galenka (32 km). Ces transects sont disposés à l'aide de la photographie aérienne de manière à recouper les structures soupçonnées d'être salées.

Résultats obtenus

La spatialisation des données confirme une forte hétérogénéité en terme de salinité sur la zone. La partie salée se présente sous la forme d'une bande de direction NE-SO d'une largeur d'environ 100 m et d'une longueur dépassant la zone prospectée.

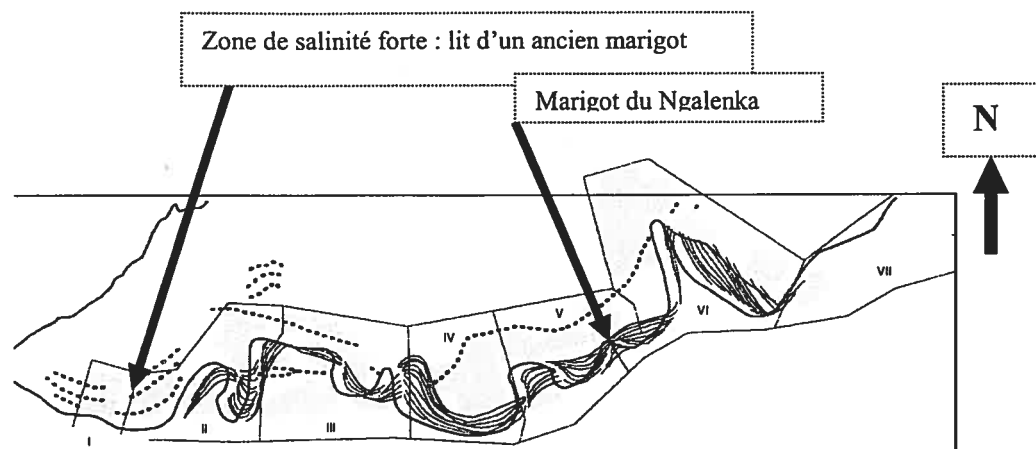


Figure 7: *Transect NE-SO du secteur Ngalenka (Source : Barbiero, 1997)*

Dans le détail, cette bande est en réalité composée de deux bandes parallèles espacées d'une trentaine de mètres, où la salinité est plus forte. La bande située au sud est d'une salinité plus forte que la bande située au nord. Le contour Nord de la zone salée est abrupt, alors que le contour sud est plus diffus. De surcroît, on peut déceler que la bande nord est topographiquement en légère dépression (-5 à -10 cm) alors que la bande sud est positionnée sur une légère hauteur (environ +10 cm).

Une nette asymétrie est donc relevée dans la répartition de la salinité au sein même de la zone salée. Toutes ces caractéristiques, identifiées sur cette zone, ont été observées sur d'autres sites et apparaissent représentatives de la morphologie de nombreuses zones salées dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal (Boivin et Brunet, 1994). Elles devront être prises en considération dans tout modèle visant à expliquer l'origine de la répartition de la salinité dans la vallée. Le cours actuel du N'Galenka recoupe la zone salée. La répartition du sel trouve donc son origine dans des processus anciens et ne correspond pas à une mobilisation récente ou actuelle des sels marins déposés dans les sédiments.

Parmi les deux bandes parallèles composant la zone salée, la bande Nord correspond au lit d'un ancien marigot, alors que la bande sud est située sur sa rive sud. De manière globale, une forme peut être décelée sur la photographie aérienne en relation avec la salinité de la zone, alors que les indices sont très peu visibles sur le terrain. La répartition de la salinité semble liée à une géomorphologie ancienne et non à la géomorphologie actuelle. Les images aériennes peuvent servir de support pour une cartographie de l'ensemble du secteur qui sera prochainement aménagé. La zone salée identifiée sur la prospection détaillée du secteur VI est continue au nord de l'actuel N'Galenka sur les secteurs V et IV. Elle est recoupée par les dépôts récents du marigot entre les secteurs III et IV, tout comme on l'observe sur la grande boucle du secteur VI; ces dépôts récents ne sont pas salés. De l'autre côté du méandre, la zone salée se prolonge vers l'aval. A ce niveau, l'ensemble est recoupé par d'autres dépôts venant du nord, au sein desquels on décèle également des zones salées très allongées. L'agriculture traditionnelle de la vallée du fleuve Sénégal a été réorientée vers une agriculture irriguée dans les anciennes plaines d'inondation. De nombreux périmètres sont en cours d'aménagement mais, la présence très localisée des sels est un obstacle majeur à l'implantation des PIV. La répartition de ce sel semble complexe et n'est pas décelable d'emblée, sur le terrain.

L'étude de la répartition de la salinité par une prospection électromagnétique permet de définir les caractéristiques géométriques de la salinité et l'arrangement spatial de son intensité sur une zone test d'environ 70 ha.

Les deux bandes de sel correspondent au lit et à la rive sud d'un ancien marigot. Des transects positionnés de manière à recouper l'ancienne géomorphologie du site permet une cartographie régionale rapide (8000 ha). Comme on peut le noter encore, cette étude bien qu'elle permette de dresser un état initial des lieux (ce qui fait généralement défaut dans ce type d'aménagement), ne dit rien de la dynamique évolutive du milieu, pas plus qu'elle ne donne des indications sur les mesures possibles à prendre en vue de prévenir le risque de salinisation secondaire ; ce qui aurait pu aider pour l'implantation du suivi de la salinité.

1.4.6. Suivre la salinité pour prévenir la dégradation des sols

Suivre la salinité des sols n'est pas une fin en soi, elle devrait s'inscrire dans un programme global de gestion environnementale des systèmes irrigués dans le but de préserver l'harmonie de ces milieux fragilisés. Dans les zones alluviales du Sahel (comme celle de la moyenne vallée du Sénégal), les modes d'exploitation avant l'avènement des aménagements hydro-agricoles tiraient parti (au rythme des crues et décrues du fleuve) des terres et des eaux de la vallée alluviale (*Walo* en langue vernaculaire peuhl), ainsi que de l'espace sahélien situé en bordure de vallée (*falo* en langue vernaculaire peuhl). Les contraintes écologiques étaient dues essentiellement à la fluctuation des conditions climatiques qui rendaient l'agriculture totalement tributaire des pluies, et par conséquent, l'exposaient au risque climatique. Comme nous l'avons souligné auparavant, la connaissance du milieu est indispensable à la mise en place d'un bon système de suivi environnemental, mais la seule connaissance de la structure du milieu ne suffit pas pour appréhender sa dynamique dans le temps et dans l'espace. Elle aide tout au plus, à comprendre son fonctionnement.

Or, si l'on se soucie, un tant soit peu de la viabilité d'un système irrigué, il est indispensable de pouvoir gérer le risque environnemental qu'il occasionne, mais lorsqu'on dispose d'outils (même méthodologique, du type modèle d'aide à la décision) qui permettent de prévenir ce risque, c'est encore mieux. Notre propos, ici, se place dans une logique de gestion durable des PIV, il se veut insister, encore une fois, sur la nécessité d'inventer une approche fonctionnelle de prévention du risque de salinisation des terres irriguées.

Nous avons noté un vide, à ce niveau, dans les travaux portant sur les périmètres irrigués, notamment, dans l'explication de leur mode de fonctionnement, du processus de leur mise en œuvre et de leur dynamique évolutive. C'est justement de l'approche prospective vis à vis du risque environnemental que nous traitons dans ce travail.

1.5 Éléments de théorie

Nous l'avons vu, l'irrigation supposée sécuriser la production agricole ouvre, en réalité, davantage le spectre des risques. Les agriculteurs, en fonctions de critères précis : lignage, statut social, âge, c'est-à-dire de leur situation foncière, de la disponibilité en force de travail, apparaissent plus ou moins exposés à ces risques. Quelles sont les destinations et les fonctions prévues pour les productions ? C'est en considérant cette question qu'il est possible d'apprécier les dommages (Bertrand et Reeser, 1989). Dans tous les cas, quelles que soient les circonstances, tous les modes d'exploitation agricole comportent des pratiques contre aléatoires en vue d'atteindre les objectifs de production. A quel point ces pratiques sont elles efficaces ?

S'il est vrai, en effet, que l'agriculture irriguée présente des avantages certains en termes d'accroissement de la productivité et la minimisation de la dépendance des cultures vis à vis des précipitations, elle n'en soulève pas moins des interrogations de plusieurs ordres notamment social, économique et environnemental. La dégradation des sols irrigués, la salinisation, en l'occurrence, reste une des limites sérieuses à la pérennisation des aménagements hydro-agricoles en zone sahélienne ; d'où l'intérêt de comprendre ce phénomène, ses origines, sa dynamique spatiale et temporelle.

1.5.1 Que se passe-t-il lorsqu'on irrigue ?

A l'échelle mondiale, on estime que sur environ 50% des terres irriguées, l'activité agricole connaît des limites, pour cause de salinisation (Loyer, 1989). Lorsqu'on passe d'une agriculture pluviale à une agriculture irriguée, la composition de l'eau qui arrive sur le sol change en même temps.

- *La salinisation*

Dans ses acceptions chimiques et physiques, la salinisation est un phénomène bien diagnostiqué par la communauté des chercheurs. En effet, si l'eau de pluie peut être considérée comme pure, ce n'est pas le cas de l'eau d'irrigation d'origine continentale. Celle-ci est chargée de substances diverses qui interagissent avec les éléments minéraux du sol. En plus du volume important des apports en régime irrigué, il faut s'attendre à une modification des conditions hydrodynamiques. D'où une transformation plus ou moins rapide du sol irrigué avec l'atteinte d'un nouvel état d'équilibre (Charollais et Weber, 1994). Dans bien des pays, l'agriculture irriguée a causé des perturbations écologiques non négligeables (engorgement des terres, pollution des eaux d'apport, dégradation saline et alcaline).

Aux USA, la chute des rendements du fait de la salinisation des sols se manifeste dans environ 30% de l'ensemble des terres irriguées (Boivin et al., 1993).

Dans la vallée du fleuve Sénégal, après moins de trente ans d'irrigation, la salinisation touche 20% des terres exploitées (Boivin et al., 1993). Salvignol (1993) et Zante (1994) notent que la conductivité moyenne des Périmètres Irrigués Villageois de la région de Nianga, mis en culture depuis moins de 10 ans, est 10 à 12 fois plus élevée que celle des sols immédiatement avoisinants et appartenant à la même unité géomorphologique (moyenne effectuée sur plus d'un millier de mesures, réparties sur tous les périmètres de la région). Cette salinité moyenne se situe au niveau des seuils de tolérance des cultures de tomate et d'oignon (Boivin, 1993; Zante, 1994).

Ce phénomène largement décrit par les spécialistes (Michel, 1973 ; Loyer 1989, le Brusq, 1982, Boivin et al., 1993, 1994), résulte de la remontée des sels (sature chloruré-sodique) dans les profils de sol. Il est la conséquence de la recharge générale des nappes peu profondes sous l'effet des apports importants de l'eau d'irrigation, surtout en l'absence de drainage (Michel, 1973 ; le Brusq, 1982, Loyer 1989 ; Boivin, 1993).

- *L'alcalinisation*

Ce phénomène corollaire de la salinisation est moins facile à mettre en évidence analytiquement en présence de quantités importantes de sels solubles (Loyer, 1989). L'alcalinisation, dans les périmètres irrigués, résulte de l'accumulation sur place de l'eau d'irrigation (du fait, entre autres, de l'absence d'un drainage conséquent).

Selon Boivin et al. (1994), l'alcalinisation provoque deux types de conséquences sur les sols: i) une augmentation du pH (alcalinisation), entraînant de graves carences pour les cultures et ii) une augmentation du sodium échangeable au niveau des argiles (au détriment du calcium), soit une sodisation. L'alcalinisation provoque, à terme l'effondrement de la structure du sol et une dispersion des argiles (Le brusq et Loyer 1982).

Les sols fortement alcalisés et sodisés deviennent impropres à toute culture et sont très difficilement récupérables. Ceci justifie le concept de risque évoqué par Michel (1973) et Lericollais (1989); surtout quand on sait, à la lumière des travaux de Boivin (1993), Zante (1994), Charollais et Weber (1994) que les sols sodisés de la région de Nianga représentent entre 20 et 30% des échantillons analysés.

1.5.2. D'où vient tout ce sel ?

Provient - il des nappes ou plutôt d'un drainage de surface ? La salinisation d'un sol irrigué résulte d'une accumulation de sels solubles dans le profil du sol (Boivin, Maeght, Poussin et Serres, 1994) . Dans la vallée du Sénégal, beaucoup de sols se sont formés sur des dépôts marins, lesquels ont ainsi piégé des sels d'origine marine dans les couches de sols. 75% de ces terres irrigables sont occupés par des sols argileux (Salvignol, 1993) et malgré la faible infiltration que connaît ce type de sols, les apports d'eau soutenus provoquent une remontée de la nappe phréatique. Cette dernière, dans son mouvement d'ascension, transporte vers la surface les sels solubles qui se sont accumulés dans les couches sus-jacentes. La forte évaporation qui caractérise la région fait que ces sels se retrouvent assez rapidement en surface dans les parcelles mises en culture.

Par ailleurs, l'eau d'irrigation apporte un surplus de sels (de chlorures, calcium, magnésium, sulfate et de sodium) dissous dans le matériel géologique avec lequel il aura été en contact.

A défaut d'un drainage conséquent, cette eau s'évapore sur place et abandonne sur les parcelles entre 500 et 600 KG de sels par hectare et par cycle (Charollais et Weber, 1994). C'est donc la combinaison de ces deux facteurs qui pose le problème de la dégradation saline des sols. Il concerne toutes les unités géomorphologiques dès qu'il y a irrigation sans drainage.

La riziculture irriguée dans la région de Podor apporte, ici, entre 15 000 et 18 000 m³ d'eau par hectare et par campagne (Charollais et Weber, 1994). Cette eau considérée, a priori, comme pure, se révèle contenir une charge calcite (alcalinité résiduelle positive); c'est-à-dire qu'elle contient un excès de carbonates par rapport au calcium.

- *L'alcalinité résiduelle*

En se concentrant sur place, cette eau s'évapore et lorsque la concentration de la solution atteint la saturation avec la calcite (premier minéral à précipiter dans les eaux naturelles), cette dernière précipite suivant la réaction :



Lorsque l'alcalinité de la solution (i.e. la concentration en espèces carbonatés) est supérieure aux équivalents de calcium, il y a augmentation de l'alcalinité pendant que la concentration en calcium décroît (Charollais et Weber, 1994). On parle alors de voie carbonatée.

Alcalinité résiduelle calcite = Alcalinité - 2Ca en [meq./l] (Valles et al., 1989)

Dans le cas d'une alcalinité résiduelle positive, le complexe adsorbant agit sur l'augmentation du SAR (Sodium Adsorption Ratio). En libérant du calcium, le complexe adsorbant tend à baisser l'alcalinité résiduelle qu'il peut limiter, voire inverser selon sa charge en calcium.

Cependant, les réserves en calcium des sols de la vallée étant limitées, cette résistance n'est que temporaire. A terme, la solution du sol s'enrichira quand même en sodium et la SAR augmentera. Il existe, par ailleurs, une relation d'équilibre entre la charge en sodium de la solution et la fixation du sodium sur les argiles.

$$ESP = f(SAR)$$

où *ESP = Exchangeable Sodium Percentage* (pourcentage de sodium sur le complexe d'argile). Au fur et à mesure que la SAR augmente, les argiles finissent par se saturer en sodium (on parle de sodisation); ce qui confère aux sols des propriétés défavorables à la culture. Dans ces conditions, en effet, l'eau d'irrigation impose au sol une évolution vers la voie alcaline : le pH augmente sous l'influence des carbonates qui s'accumulent pour atteindre des valeurs supérieures à 8. La double influence du sodium échangeable et du pH alcalin entraîne, dès le début de l'humectation des sols, une dispersion des argiles, ce qui rend impossible la fixation des engrais, entre autres.

1.5.3 Quels problèmes majeurs pose la salinisation ?

L'histoire nous enseigne que des civilisations puissantes ont décliné du fait de n'avoir pas su maintenir les conditions d'une production agricole viable. Les pertes de sols arables pour cause de salinisation et/ou d'engorgement sont estimées à 10 millions d'hectares par an dans le monde (FAO, 1987).

La plupart de ces problèmes sont liés à une utilisation excessive de l'eau d'irrigation faute d'un système d'irrigation efficace et d'une gestion appropriée des eaux de drainage. L'excès de sels dans un sol entraîne une baisse des taux de levée et de croissance et réduit ainsi sa productivité (baisse de rendement).

Par ailleurs, un excès de sodium dans des conditions de faible salinité et de pH élevé a des conséquences pouvant être désastreuses pour les sols: dislocation des agrégats, effondrement et dispersion des argiles. Cet effondrement de la structure du sol lui enlève toute aptitude culturale (capacités nulles pour ce qui concerne la rétention de l'eau et la pénétration des racines). Certains constituants présents sous forme de traces tel le Bore, ont une toxicité directe pour les plantes.

Lorsque les sels accumulés sont neutres, la conséquence sera principalement un stress hydrique pour les plantes du fait de l'augmentation de la pression osmotique. Quand il s'agit de sels non neutres, les risques de dégradation sont plus importants. Les mesures hydrologiques périodiquement effectuées sur les sols de levée alluviale nouvellement mis en culture montrent qu'après 2 à 3 années de riziculture submergée on perçoit des changements dans le comportement physique du sol (Le brusq et Loyer, 1982). Loyer (1989) note que dès la première année, on peut enregistrer une baisse sensible de la perméabilité (mesurée par le dispositif de Günz).

Celle-ci se manifeste par une diminution de la macroporosité du sol (Zante, 1994) et l'élimination du sodium en excès sur le complexe en cas de sodisation paraît alors difficile. Toutefois, ce type d'analyse qui a souvent cours, ne permet pour autant pas de savoir *quelles* mesures prendre.

1.5.4 En quoi les recherches sur l'impact de la salinisation est-elle encore si importante ?

Comme nous l'avons vu, de nombreuses études ont souligné les risques de dégradation de l'environnement naturel associées à des pratiques d'irrigation intensive.

C'est ainsi que la salinisation progressive des sols de la vallée du fleuve Sénégal pourrait rendre de la terre entière inapte à toute culture, sauf s'il est techniquement, financièrement et humainement possible d'empêcher ces effets à long terme dans les politiques et stratégies de mise en valeur hydro-agricole. Les besoins alimentaires continueront, dans le futur, de s'accroître alors que, dans le même temps, les ressources en sols et en eaux seront de plus en plus limitées, tant des points de vue quantitatif que qualitatif. La nécessité de protéger ces ressources s'affirmera davantage sachant que l'activité agricole devra à la fois élargir son espace de production et accroître sa productivité (pour ce qui concerne les terres actuellement exploitées).

Dans les périmètres irrigués, il est important de mettre en place des systèmes de gestion appropriés, capables d'aider au contrôle de la dégradation des sols.

Toutefois, les outils développés jusque là ne permettent que des analyses plus ou moins pointues des processus physiques et éventuellement de leur évolution dans le temps: mais la logique de la réflexion engagée n'est pas orientée dans le sens de la prise en compte, a priori, de ces questions. Or, étant donné que l'essentiel de nos économies repose sur l'agriculture, il est important de pouvoir appréhender les dynamiques évolutives des ressources en eau et en sol qui sous-tendent cette activité pour pouvoir les prévenir.

De plus, on mesure à leur juste valeur les fonctions essentielles du sol (support de l'irrigation) et le rôle central de l'eau (input indispensable) dans le dispositif du système irrigué. C'est pourquoi plusieurs travaux, se sont consacrés à l'évaluation de sa disponibilité.

1.6 Disponibilité et usages de l'eau dans le monde

En zone sèche sahélienne, l'eau est la principale ressource limitante, et toutes les stratégies de mise en valeur agricole consistent en sa mobilisation et sa maîtrise. Dès lors, discuter de ces stratégies revient à mettre la problématique de l'irrigation et des aménagements hydro-agricoles au centre dudit débat. Dans ces milieux, l'objectif de maîtrise de l'eau est le même, quelle que soit la communauté ou l'espace géographique concerné. Ce qui diffère d'une région à l'autre, ce sont les modalités de mise en oeuvre de ces aménagements, autrement dit, les modes de gestion des aménagements.

1.6.1 Eau douce accessible

Compte tenu de la rareté de l'eau au Sahel, la problématique de la gestion conservatoire de cette ressource s'est posée avec acuité à partir des années 70, suite à la succession des vagues de sécheresse qu'a connue la région.

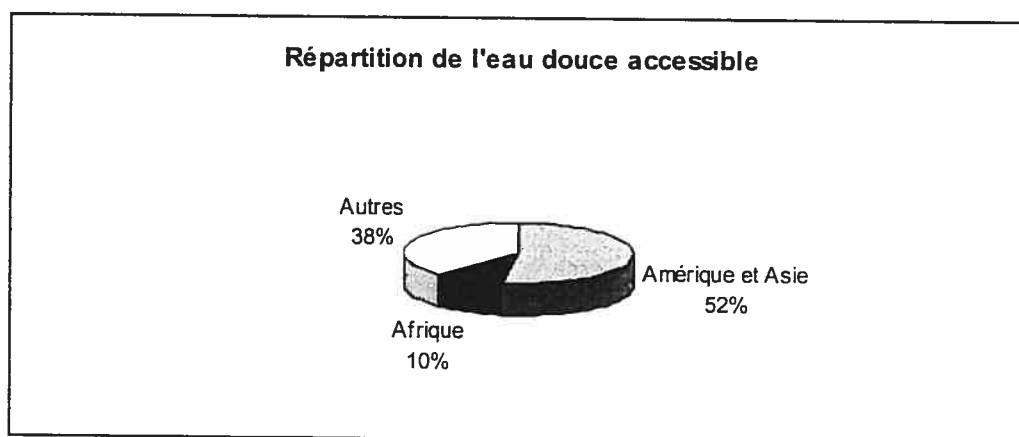


Figure 8 : Répartition mondiale de l'eau douce accessible (source : IPRI, 90)

L'eau disponible sur la planète est répartie comme suit : 97,5% d'eau salée (les océans), 2,24% d'eau douce composée de calottes polaires (Antarctiques, Groenland), de glaciers et des eaux souterraines profondes, 0,26% d'eau douce accessible composée par les lacs, réservoirs, cours d'eau et eaux souterraines non profondes (Arrignon, 1987).

La quantité d'eau totale accessible est évaluée, à l'échelle mondiale, à 43750 km³/an (Arrignon, 1987). Toutefois, il existe une grande disparité dans la répartition géographique des 0,26% d'eau douce accessibles. Les continents américain et asiatique sont les mieux lotis, avec un peu plus de 50% de la ressource en eau disponible. Le continent africain, quant à lui ne dispose que de 10% de l'eau douce accessible sur la planète, soit 4 375 km³ par an.

A l'intérieur de l'Afrique, on note une autre disparité dans la répartition des ressources en eau, avec les pays situés sur la bande équatoriale qui disposent de plus de ressources en eau que les pays situés en bordure du Sahara.

Les ressources en eau douce des pays sahéliens sont évaluées à environ 20 km³/an : elles sont composées de quelques grands cours d'eau permanents (les fleuves Niger, Sénégal, Gambie, Chari, Logone, etc.) des cours d'eau non permanents, actifs seulement pendant la saison des pluies, (juin à septembre), de certains plans d'eau (lac Tchad, lac de Guiers au Sénégal, etc.) et des eaux souterraines. Au Sahel, les eaux de surface sont mieux connues que les eaux souterraines; en effet, les réseaux piézométriques permettant les mesures du niveau des nappes sont très peu nombreux.

Le fleuve Sénégal long de 1790 km est constitué principalement par la jonction du Bafing (750 km), du Bakoye (560 km) et de la Falémé (650 km). Dans la vallée, de nombreux défluent tels le Doué et le Ngalenka alimentent des lacs intérieurs comme celui du Guiers au Sénégal et celui de R'Kiz en Mauritanie.

Le fleuve et ses affluents/défluent occupent un bassin versant de 290 000 km² réparti entre la Guinée, le Sénégal, le Mali et la Mauritanie. A l'intérieur de cet ensemble, la pluviométrie enregistrée détermine 3 types de climats tropicaux : un climat humide à sub-humide à sec, un climat semi-aride.

Zone agro-écologique	Indice climatique (ETR/ETP)x 100	Durée du Déficit hydrique (mois)
<i>Aride</i>	< 5	12
<i>Semi-aride</i>	5 à 20	12
<i>Sec à Sub-humide</i>	20 à 40	11 à 8
<i>Sub-humide à humide</i>	40 à 60	8 à 6
<i>Humide</i>	60 à 80	6 à 4
<i>Hyper-humide</i>	80 à 100	3 à 0

Tableau I : Zones agro-écologiques en Afrique Occidentale
(Source: Arrignon, 1987).

1.6.2 Gestion des aquifères

L'approche intégrée de gestion des ressources en eau se pose de plus en plus avec la diminution progressive des écoulements des cours d'eau de l'Afrique de l'Ouest, suite à la baisse continue des précipitations entamée au début des années 70. La diminution des écoulements est estimée à environ 60% depuis la fin des années humides d'avant 1970.

Dans le même temps, la baisse des précipitations est de l'ordre de 15 à 20% (Lamagat, 1989). Le décalage entre les deux niveaux de diminution tient au fait que la transformation de la pluie en débit, est en général non linéaire, mais il y a surtout la baisse du niveau des nappes qui, elles, alimentent les cours d'eau à leur source. Cette baisse des nappes provient de l'effet cumulatif de la diminution progressive des pluies observée ces trois dernières décennies au Sahel (Salvignol, 1993).

Les travaux de l'ORSTOM (actuel IRD) montrent, par ailleurs que dans certaines régions comme celle de Niamey, par exemple, on assiste à un phénomène inverse, c'est-à-dire un rehaussement du niveau de la nappe phréatique.

En effet, contrairement aux nappes perchées comme celle du Fouta Djalon, alimentant les cours d'eau (Niger, Sénégal, etc.), lesquels sont soutenus directement par les pluies, l'infiltration de l'eau dans les nappes se fait à travers les mares temporaires durant la saison de pluies. La sécheresse a réduit considérablement le couvert végétal et augmenté le coefficient de ruissellement des sols. Ce qui explique en partie, le fait que les mares sont davantage approvisionnées en eau (par ruissellement). Cette situation montre que la gestion intégrée des ressources en eaux au Sahel doit se faire, non seulement à partir des bassins versants, mais en tenant compte aussi des interactions existant entre les nappes et les écoulements d'eau superficiels.

Cette baisse des écoulements superficiels a des conséquences directes sur le remplissage des réservoirs de la plupart des barrages construits dans la région, au début des années 70 ou avant, sur la base des données hydrologiques correspondant aux saisons humides d'avant barrage.

Les eaux drainées par les grands fleuves des pays sahéliens sont partagées entre plusieurs riverains. Le fleuve Niger concerne en effet, neuf pays alors que celui du Sénégal est partagé par trois états (Sénégal, Mali, Mauritanie).

Pour bien gérer la ressource en eau, c'est le bassin hydrographique dans son ensemble qu'il faut prendre en compte. C'est dans cette optique que des organisations gérant les bassins ont vu le jour en Afrique de l'Ouest. Il s'agit de :

- l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) qui regroupe le Niger, le Nigéria, le Mali, la Guinée, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Bénin, le Cameroun et le Tchad. Créée 1964, l'ABN n'a été opérationnelle que 15 ans plus tard avec le projet Hydroniger;
- l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal) qui regroupe le Sénégal, le Mali et la Mauritanie a été créée en 1972;
- l'OMVG (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Gambie) qui regroupe le Sénégal, la Gambie et les deux Guinée, a été créée en 1975 ;
- à la même époque, se créait la Commission du Bas Lac Tchad (CBLT), elle est composée des états riverains du lac Tchad (le Niger, le Nigéria, le Tchad , le Cameroun et depuis 1994, la République Centrafricaine).

La gestion des ressources en eau d'un bassin hydrographique nécessite de la part des états concernés, une *politique commune* qui soit harmonieuse. Ce qui est loin d'être, malheureusement le cas pour la majorité des bassins malgré l'existence de ces institutions. Au Sahel, l'OMVS est la seule structure à avoir mobilisé des ressources pour l'aménagement du bassin du fleuve Sénégal en construisant les barrages de Diama et Manantali.

Manantali a pour mission la mobilisation de *11 à 13 milliards de m³* d'eau à des fins de mise en valeur agricole des rives gauches et droites du fleuve Sénégal, mais il doit aussi permettre la production d'électricité, maintenir un niveau d'eau régulier et suffisamment important pendant la période des basses eaux pour favoriser la navigation.

Quant à Diama, il s'agit d'un barrage anti-sel dont l'objectif est d'empêcher les remontées d'eaux salées dans le fleuve et vers les terres arables de la vallée . Les aménagements hydro-agricoles, en réduisant l'incertitude liée à la mobilisation des eaux de pluie, contribuent à accroître la production agricole.

On sait que c'est par la maîtrise de l'eau, qu'autrefois, de puissantes sociétés agraires ont pu se constituer dans certaines régions d'Asie, ce qui a rendu possible des densités de population des plus élevées au monde. Aujourd'hui encore, ce sont les régions où l'irrigation connaît un développement important qui offrent le plus de possibilités pour l'essor de «la révolution verte » : Pendjab indien ou Pakistanais, plateau anatolien, périmètres irrigués du Nord-Est mexicain.

Il reste évident, cependant, que les aménagements hydro-agricoles n'offrent leur pleine capacité que dans les cas où la distribution de l'eau et l'entretien des périmètres font l'objet d'une organisation rigoureuse. Il est important que le droit d'accès à l'eau soit unanimement établi et reconnu par chacun des intervenants afin d'éviter des controverses qui sont souvent source de gaspillage énorme.

Nombreux sont les exemples où, faute d'accord réels entre les ayants droits, la distribution de l'eau est assurée par une administration plus ou moins autoritaire . La conséquence d'une telle situation est l'incertitude généralisée: des brèches creusées dans les canaux, des digues sectionnées, etc.

Tout le monde s'accorde aujourd'hui pour dire qu'une gestion efficace des aménagements hydro-agricoles ne saurait se passer de l'implication des exploitants. Mais une telle approche n'est envisageable que si les aménagements sont conçus et administrés au départ avec la participation des exploitants (Barreteau, 1994).

L'entretien des périmètres (curage des canaux, réfection des diguettes, etc.) constitue aussi une autre source de problèmes et cela lorsque surtout la propriété foncière ne paraît pas acquise aux exploitants.

Lorsque l'agriculteur n'est pas certain de pouvoir bénéficier, pendant les années qui suivront, de la terre ou de la parcelle qu'il exploite, il ne se souciera pas outre mesure de l'entretien, donc du devenir de cet outils de production.

Le problème ne saurait, toutefois, être résolu en confiant l'entretien à un organisme étranger, il rencontrerait des difficultés énormes dans le recouvrement des redevances dues par les exploitants tant et aussi longtemps que leurs droits sur le foncier ne seraient pas définitivement reconnus.

Autant de questions qui restent sans réponses et auxquelles cette étude n'a pas pour ambition de répondre. En mettant en évidence le dysfonctionnement du système, le propos est d'apporter une contribution méthodologique à la prise en compte du risque majeur que courent les systèmes irrigués sahéliens : le risque environnemental (dégradation saline des PIV).

Conclusion de la première partie

Cette première partie nous a donné l'occasion de faire le point sur, non seulement la problématique de la gestion durable des aménagements hydro-agricoles en zone sahélienne, mais aussi sur les enjeux majeurs (environnementaux surtout, mais aussi économiques et sociaux) de la mise en œuvre des PIV en moyenne vallée du fleuve Sénégal. Nous avons vu en quoi les approches classiques (analyses biophysiques) traitant des périmètres irrigués, ne permettaient pas d'établir une quelconque relation entre les effets environnementaux de l'exploitation des PIV et les conditions sociales, culturelles et économiques de leur mise en valeur.

Nous avons analysé et discuté les questions essentielles que soulève la pratique de l'irrigation au Sahel et dans le monde dans le but de montrer les lacunes qui entourent ces approches antérieures en termes de perspectives. La question qui nous préoccupe ici est de savoir comment, dans ces conditions, prendre en compte le risque de dégradation saline des PIV. C'est à cette question que nous tenterons, dans la troisième partie de ce travail, d'apporter des éléments (méthodologiques) de réponses concrètes. Mais auparavant, nous présentons, dans la partie II, le site qui fait l'objet de cette recherche.

II. Le projet *Ngalenka amont*, un modèle réussi ?

Le souci majeur ayant présidé à la mise en place du projet Ngalenka amont était de contribuer à accroître les capacités et les moyens de production des agriculteurs de cette région, face aux contre-performances des aménagements hydro-agricoles dans la vallée du fleuve Sénégal. Il s'agissait, par ailleurs, de participer à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un modèle efficace d'exploitation durable des PIV.

Le site du Projet Ngalenka amont a été choisi pour développer notre approche. Ce choix trouve sa justification dans le fait que, tant dans sa configuration que dans les modes de mise en œuvre envisagés, le Ngalenka amont se présente comme un site idéal (choix non encore définitif des zones d'implantation des PIV, connaissance des Organisations de Producteurs qui mettront en valeur les PIV, la ressource en eau existe, mais il faut trouver le moyen le plus efficace de la mobiliser, etc.); il s'y ajoute que nous avons déjà, dans le cadre d'une expérience professionnelle antérieure, accumulé une série de données intéressantes sur la cuvette de Nianga .

Située dans le département de Podor (voir figures 9 & 10 ci-dessous) à la latitude 16°30' Nord et à la longitude de 15° Ouest, la cuvette de Nianga qui comprend le secteur Ngalenka (sud de la cuvette), couvre environ 20.000 hectares endigués et isolés des crues (Boivin, 1994). La cuvette (voir figure 10) se présente sous la forme d'une ellipse dont le grand axe de direction Nord-Est Sud-ouest mesure 23 km et le petit axe 11 km (Séguis, 1992). Sa partie sud est délimitée par la route St-Louis-Bakel en bordure des zones anciennement inondables. La route rejoignant Podor tient lieu de digue contre les crues du Doué. Au village de Guia, la digue se poursuit en entourant le périmètre de Nianga et s'incurve ensuite vers le sud pour atteindre la route S-t-Louis-Bakel à hauteur de Ndiayène. A l'intérieur de cette ceinture, une digue Est-Ouest isole et protège la partie Sud du périmètre irrigué .

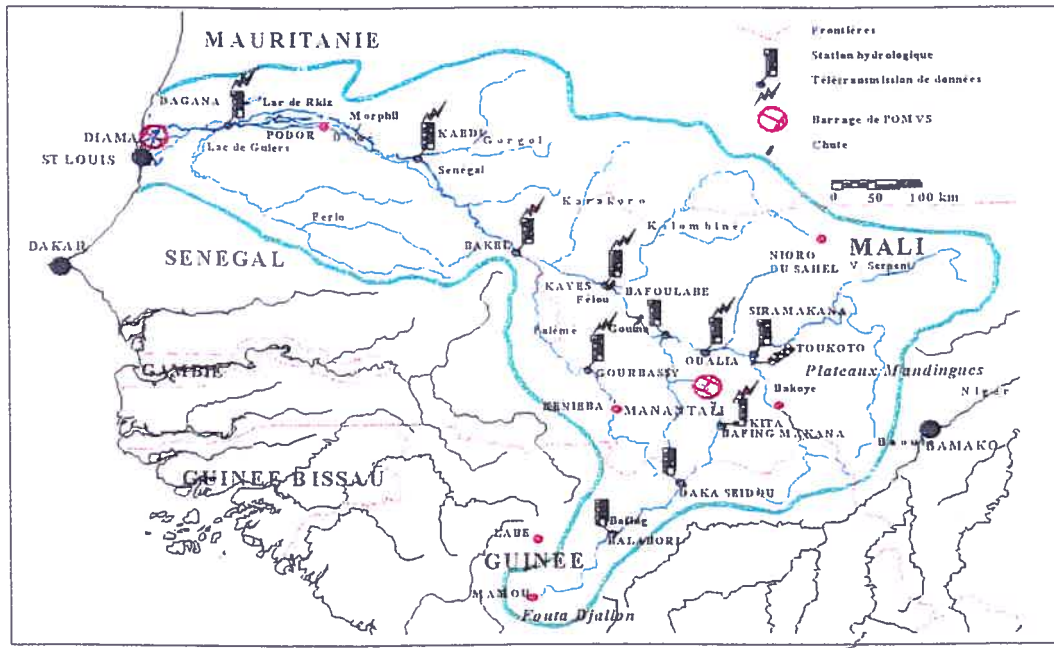


Figure 9 La vallée du fleuve Sénégal (la zone d'intervention de l'OMVS est entourée en vert)
 Source : ORSTOM / OMVS, 1995

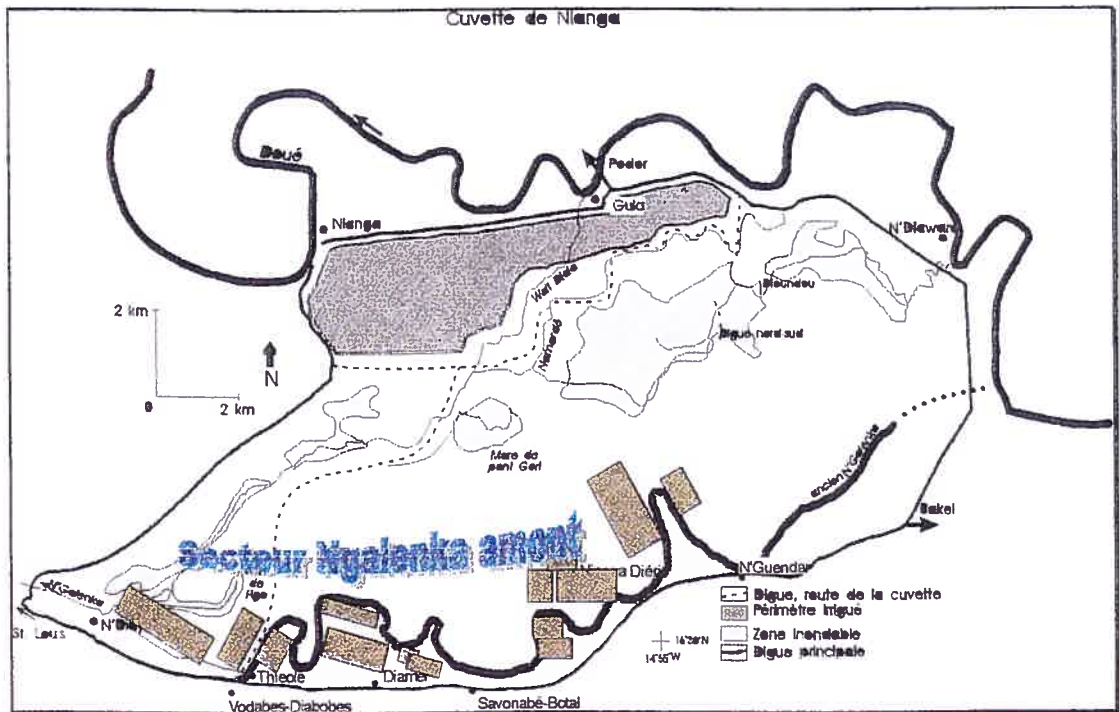


Figure 10: Cuvette de Nianga et les PIV du secteur Ngalenka (source : IRD, 1997)

2.1 Le Milieu physique

2.1.1 Le climat

La zone du Ngalenka connaît un climat de type tropical sec avec une légère influence atlantique en ce qui concerne les températures (Hydroplan, 1995). De Décembre à Février, l'équateur météorologique migre vers le sud sous l'influence de l'anticyclone des Açores et de la cellule maghrébine (Hydroplan, 1995). On assiste alors à la circulation de deux courants éoliens influencés par ces anticyclones qui déterminent deux types de temps dans la région :

- *l'alizé maritime*, issu de l'anticyclone des Açores, est de direction nord-ouest. Il se caractérise par son humidité, sa fraîcheur relative et la faible amplitude diurne des températures. Cet alizé est cependant inapte à engendrer des précipitations significatives ;
- *l'harmattan*, de direction Est dominante, est un *alizé continental* dit saharien; il est caractérisé par sa grande sécheresse, des amplitudes thermiques très accusées (frais la nuit et très chaud le jour) et la présence de brumes sèches .

Entre Avril et Octobre, le réchauffement de l'hémisphère nord entraîne la mise en place d'une dépression thermique très creuse au Sahara. Le Front Intertropical migre alors vers sa position extrême (20°N) en août. Puis, l'installation progressive du flux de mousson (direction Sud-Ouest), son épaisseur et les perturbations qu'elle subit déterminent les types de précipitations que connaît la région (Séguis, 1992). Le temps est alors chaud et humide avec de faibles amplitudes diurnes. Les précipitations sous cette latitude sont principalement de deux types :

- des orages isolés en amont de la zone intertropicale de convergence (ZIC) ;
- des orages organisés, appelés lignes de grain. Ces lignes de grain sont liées au déplacement de la ZIC et représentent 75% des précipitations ;
- le passage d'une ligne de grain se manifeste par une accélération de la vitesse du vent (soulèvement de poussière de sable) suivi de fortes pluies.

La région de Nianga connaît deux saisons bien marquées : une saison des pluies allant de Juin à Septembre et une saison sèche le reste de l'année. La période fraîche va de Novembre à Mars et il fait chaud voire très chaud d'Avril à Octobre. Les évaporations "Piche " et Bac A montrent le même maximum au mois de Mai (350 mm), mais ils affichent des minima différents pendant les mois les plus pluvieux (août et septembre) : 150 mm pour l'évaporation Piche et 250 mm pour l'évaporation Bac A. Les vitesses moyennes mensuelles du vent sont comprises entre 2.9 et 3.8m/s, avec deux maxima équivalents ; le premier correspond aux vents d'harmattan au mois de Mai et le second aux vents qui accompagnent les lignes de grain. Quand à l'humidité relative de l'air, elle connaît, à Podor, un premier pic en Février avec les vents d'alizés maritimes (35%) et un autre plus important (65%) avec la pénétration de la mousson. Août et Septembre sont les mois les plus pluvieux avec des totaux mensuels dépassant rarement 100mm (Voir figures ci-dessous).

	T° Min °C	T° Moy °C	T° Max °C	Humidité Relative %	Vent ms ⁻¹	EP Piche (mm)	Précipitations (mm)	Nbre jours	Insola tion tot (h).
Jan	16.3	23.6	30.9	30.1	3.4	260.4	0.5	0.3	202.2
Fév.	18.5	25.8	33	32.3	3.1	256.5	4.3	1.0	205.9
Mars	20	28.0	35.9	28.4	3.3	337.9	0.0	0.0	238.7
Avr.	22	30.6	39.1	28.4	3.0	344.3	0.1	0.1	247.0
Mai	24.1	32.4	41	35.1	3.8	367.1	0.6	0.3	224.4
Juin	25.6	33.1	40.6	43.2	3.6	312.0	2.7	1.3	201.2
Juil	24.9	31.3	37.6	57.0	3.8	230.2	41.9	4.1	228.9
Août	25.1	30.8	36.5	61.7	3.1	180.3	72.2	7.4	243.4
Sept.	25.4	31.8	39	45.9	2.9	157.8	87.2	8.1	220.7
Oct	24.5	31.8	39	45.9	2.8	245.8	10.8	1.4	249.6
Nov	20.8	27.9	35.1	36.2	2.9	252.2	0.8	0.4	217.7
Déc.	17.6	25.1	32.6	32.4	3.1	260.2	0.8	0.7	220.7

Tableau II: Paramètres climatiques enregistrés à Podor de 1986 à 1996 (Source : station météorologique de Podor, 1997.)

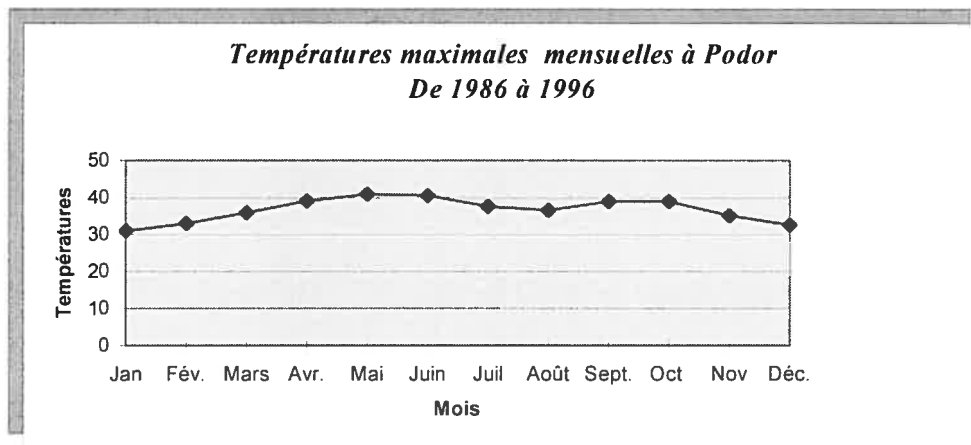


Figure 11 : *Températures maximales mensuelles à Podor (source : station météorologique de Podor, 1997)*

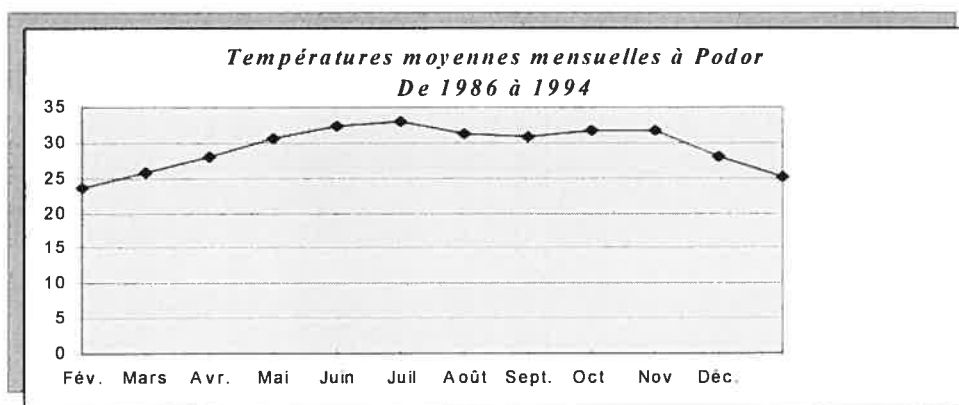


Figure 12 : *Températures moyennes mensuelles à Podor (source : station météorologique de Podor, 1997)*

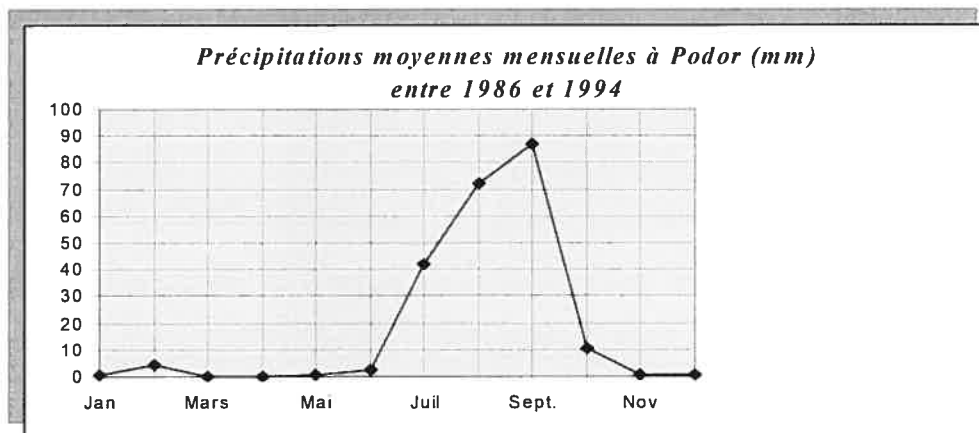


Figure 13: *Précipitations moyennes mensuelles à Podor (source : ibidem)*

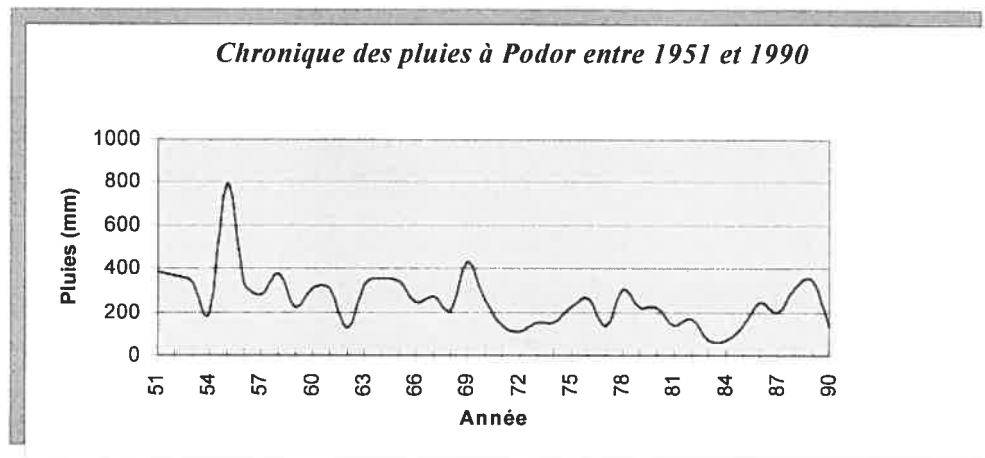


Figure 14 : Chronique des pluies à Podor entre 1951 et 1990
(source : station météorologique de Podor, 1997).

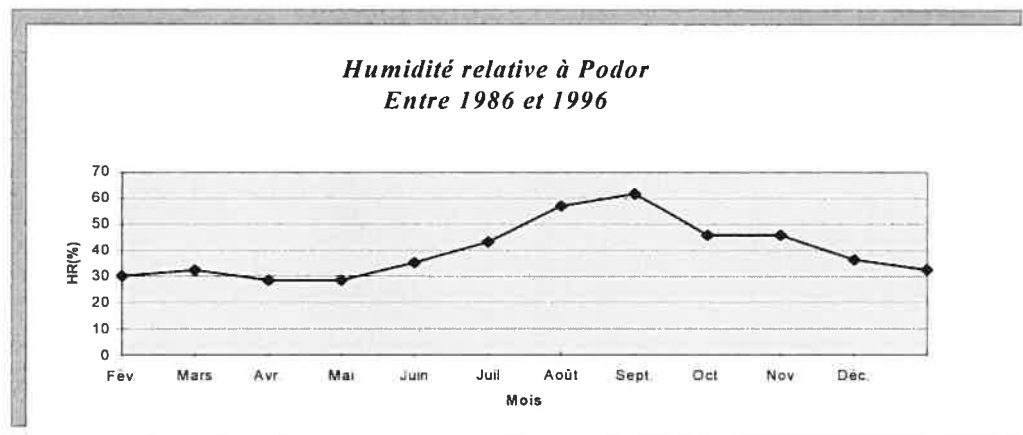


Figure 15 : Humidité relative à Podor (source : station météorologique de Podor, 1997).

2.1.2 Les sols de la cuvette

Les études pédologiques menées dans la vallée du fleuve ces dernières années montrent que les sols argileux sont les plus représentés : environ 75% de la surface est couverte par des sols dont la teneur en argile dépasse 45% (Boivin, 1994). Ces argiles sont principalement (à 60%) des argiles gonflantes « de types smectique et interstratifié » (De Luca, 1996).

Les sols de la vallée, présentent, selon ces études, une instabilité structurale plus ou moins forte; le complexe d'échange est essentiellement saturé en calcium et en sodium, avec un pH acide, leur conférant une importante réserve d'acidité d'échange (De Luca, 1996). Ces sols sont dans l'ensemble pauvres en azote et bien pourvus en bases échangeables à l'exception des sols très sableux des bourrelets et des zones de transition des terres hautes. D'après les travaux de De Luca (1996), les formations alluviales de la vallée sont hétérogènes, elles sont composées, en général de sables argileux, et d'argiles. Elles se présentent en structure lenticulaire et leur teneur en argile diminue avec la profondeur. Elles reposent sur un substratum (éocène ou maastrichtien) souvent faillé (Michel, 1973).

2.1.3 Les sols du secteur Ngalenka

Ce travail de description et d'analyse des caractéristiques pédologiques du Ngalenka vise à mettre en évidence les aptitudes ou non des sols à l'irrigation, mais aussi leurs limites quant à garantir une production agricole suffisante et durable. Il existe une multitude d'études pédologiques qui traitent de la distribution des sols de la cuvette de Nianga et de leur aptitude culturale. L'examen rétrospectif des sols que fait Michel (1973), donne un aperçu assez net de la genèse des sols dans la vallée du Sénégal.

- *Aperçu historique*

La basse vallée est une zone de transition entre le delta, en aval de Dagana et la moyenne vallée, en amont de Bogué (Michel,1973). Les matériaux sont de nature fluvio-deltaïque et datent de la dernière transgression marine qui atteignait alors Bogué à une cinquantaine de kilomètres de Podor (Loyer,1989). Cette transgression dite nouakchotienne (qui date de 5500 ans avant notre ère) a progressivement transformé la basse vallée en une énorme ria (partie aval de la vallée envahie par la mer), y laissant dépôts de sable, sables lagunaires et sels incorporés aux dépôts.

Selon toujours cette étude, quatre types de matériau ont été mis en place et correspondent au même nombre d'oscillations du niveau marin :

- 1) *les dépôts lagunaires*: ils se sont formés au maximum de la transgression marine. La ria qui s'étendait alors dans la basse vallée jusqu'à Bogué a subi à la hauteur de Dagana, un étranglement au passage des dunes éoliennes. Il s'est alors établi un régime lagunaire laissant un dépôt vaseux peu épais (Michel, 1973) ;
- 2) *le sable nouakchottien* : par la suite, l'étranglement a diminué du fait du sapement des dunes par la mer et un golf allongé s'est ouvert sur la mer. Le sable bordant la vallée du fleuve a donc ainsi été déplacé au fond du golf. Ce sont ces sables blancs fins que l'on retrouve aujourd'hui à partir de 10cm sous les argiles de décantation sédimentées lors des crues . Ils contiennent la nappe phréatique pendant l'étiage :
- 3) *les vestiges d'anciennes mangroves* : lors du retrait de la mer, le golf s'est peu à peu refermé reprenant une forme lagunaire. Une vase grise riche en montmorillonite s'est déposée par endroits au dessus du sable nouakchottien. Des palétuviers ont alors poussé au bord de la lagune laissant, au contact des sables nouakchottiens et d'une argile noire prismatique à nodule de soufre, des tubulures de racine (iron-pipe) caractéristiques des mangroves (Bado, 1975) ;
- 4) *les dépôts post-nouakchotiens* : la lagune s'est ensuite transformée rapidement en un grand delta qui s'étire en longueur depuis Bogué; le fleuve s'est alors divisé en plusieurs bras dont le Doué, possédant eux-mêmes de nombreux défluent. De hauts bourrelets de berges se sont formés flanqués d'une multitude de deltas de rupture (Michel, 1973). Ces sols appelés hautes levées sont actuellement hors de la zone d'inondation moyenne. Un matériau fluvio-deltaïque s'est déposé sur le sable nouakchottien, formant des petites levées ne dépassant pas la cote 5m dans la région de Podor.

Cet aperçu historique sur la genèse des grandes formations pédologiques et géomorphologiques de la vallée nous renseigne sur les prédispositions des sols; il explique, dans le même temps, leur répartition spatiale.

Catégorisation et dynamique des sols

Dans les cuvettes, on retrouve généralement deux classes principales de sols (voir tableau III et IV ci-dessous) : la classe des vertisols et celle des sols hydromorphes (Loyer, 1989).

- Les *vertisols* sont des formations composées d'argiles gonflantes que l'on retrouve dans les parties basses des cuvettes, dépourvues d'exutoires naturels, sans drainage (ni de surface ni de profondeur). Ils se caractérisent par un drainage nul ou faible ainsi qu'une salinité/alcalinité de surface souvent difficile à déceler au simple examen du profil (Zante, 1994). A l'état sec, ces sols présentent de larges fentes de retrait et une structure polyédrique grossière dont la cohérence et la consistance sont très fortes (Loyer, 1989). Ces sols forment les zones actuelles de riziculture mais présentent des limites importantes pour la polyculture.
- La classe des *sols hydromorphes* présente, ici, une alcalinité en profondeur. Les horizons superficiels de ces sols sont généralement de texture fine (limon argileux-sableux), avec une perméabilité moyenne. Ces sols sont, en théorie, aptes à la polyculture (et peu recommandés pour la riziculture).

Au plan géomorphologique, les sols de la cuvette de Nianga sont répartis dans des régions distinctes correspondant, comme indiqué plus haut, à des dépôts alluviaux plus ou moins récents, assez riches en sels sodiques d'origine fossile (Loyer, 1989).

On peut distinguer les principales unités caractéristiques suivantes :

- i) les *sols de Fondé* : ils sont constitués de *sable fin* (70%), de limon et d'argile en proportions égales. On les retrouve sur les hautes levées, c'est à dire sur les bourrelets de berges édifiés sur les dépôts post-nouakchottiens.

Ce sont des sols d'aptitude culturale moyenne qui peuvent être exploités en polyculture (maraîchage, maïs, mil, etc.);

ii) les sols *Hollaldé* : ce sont les sols des cuvettes de décantation, à forte proportion d'argile gonflantes (*vertisols topomorphes*). Il s'agit là de sols rizicultivables. Mais pour en tirer des rendements intéressants et de façon durable, ces sols nécessitent un drainage régulier. Entre ces deux types de sols, on rencontre sur les petites levées, des sols qui n'ont pas de définition pédologiques tranchée :

iii) les *Faux-Hollaldé* : ils peuvent correspondre à des sols vertiques (plus de 50% d'argile), comme à des sols de texture mélangée (Boivin , 1993). Les Faux-Hollaldé sont des sols de polyculture. Dans la région étudiée, les sols de Fondé occupent environ 26% des terres et les sols Hollaldé en occupent 21% (SAED, 1994) .

Unité géomorphologique	Type de sols	Terminologie vernaculaire	Texture actuelle	Classe d'aptitude
<i>Cuvette</i>	Vertisols modal hydromorphes	<i>Hollaldé</i>	Très fine (argile et sable limoneux): 40-70% d'argile	<i>R</i>
<i>Bordure de cuvette</i>	Vertisols vertiques hydromorphes alcalisé salins	<i>Hollaldé, Faux Hollaldé</i>	Fine à très fine (limons sableux) : 35% d'argile	<i>R (A)</i>
<i>Petites levées</i>	Levées halomorphes alcalisés en profondeur	<i>Faux hollaldé</i>	Fine, limon sableux, sablo-argileux	<i>A</i>
<i>Delta de rupture</i>	Delta de rupture hydromorphes minéraux à pseudogley modal	<i>Faux hollaldé et Fondé</i>	Moyenne, fine en profondeur	<i>A (B)</i>
<i>Bourrelet de berge</i>	Bourrelet d'apport alluvial, hydromorphe à pseudogley	<i>Fondé</i>	Moyenne, à grossière 40-20% d'argile, 70% de sable	<i>B</i>
<i>Zone haute dunaire</i>	Zone haute iso-humique brun sub-aride	<i>Diéri</i>	Très grossière Sable : 80 – 90 % <10% d'argile	<i>N</i>

Tableau III : Typologie des sols du secteur Ngalenka amont (source : IRD, 1994)

Symboles	Cultures recommandées sous PIV	Affectation traditionnelle
R	Riz - Tomate – Fourrage	Sorgho ou Maïs en décrue
A	Riz - Maraîchage - maïs – Sorgho	cultures de décrue
B	Polyculture - pomme de terre	Cultures pluviales
N	Terres non irrigables	Cultures pluviales

Tableau IV : assolements et aptitudes culturales des sols (source :SAED , 1994)

2.1.4 Situation actuelle des sols du Ngalenka

Les récentes études pédologiques sur la région de Podor révèlent une dynamique progressive de dégradation saline et alcaline des sols (Boivin et al., 1993; Zante, 1994). Les causes principales de cette dégradation sont connues, elles sont à la fois d'ordres physique, historique et humain.

- *Facteurs d'ordre physique*

Le contexte climatique dans lequel se place la culture irriguée en climat aride et semi-aride conditionne, en partie, l'évolution du sol. Le déficit hydrique qui le caractérise provoque généralement une concentration rapide de l'eau d'apport avec, comme conséquence, la modification de ses paramètres physico-chimiques (Zante, 1994).

Soumis à la double action d'une grande quantité d'eau d'origine continentale et d'un bilan hydrique déficitaire, le sol va évoluer selon deux voies, la voie saline neutre et la voie saline carbonatée (Loyer, 1989). Cette dynamique est, pour une large part, conditionnée par les paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation. On parle alors de salinité neutre et d'alcalinité (Charollais & Weber, 1994). Un autre facteur de restriction pour l'agriculture irriguée dans la vallée du fleuve est la topographie et le macro-relief irrégulier. Seules les zones avec des pentes de moins de 0.5%, avec un relief régulier (moins de 1m de différence de hauteur sur une distance de 1km) se prêtent à l'agriculture irriguée (Bado, 1975).

C'est là un propos qui se démarque des cartes d'aptitude culturale de la FAO/SEDAGRI élaborées en 1973: celles-ci classaient, en effet, les reliefs très irréguliers et les sols très érosifs comme convenant à l'irrigation gravitaire. L'inondation annuelle, la présence de sédiments à des niveaux différents, l'érosion par les marigots, causent des reliefs irréguliers, souvent contraignants pour l'aptitude du sol à l'irrigation.

Dans les conditions naturelles, les terres de la vallée sont caractérisées par une croûte de surface qui provoque des pertes importantes des eaux de ruissellement pendant l'hivernage. La valeur de ces terres pour le pâturage pourrait être améliorée par la construction de sillons parallèles aux courbes de niveau (Bader et Albergel, 1994). La réduction substantielle du ruissellement en surface permettrait de développer des aires de pâturages (dans une zone où le bétail manque très souvent de source de nourriture). Par ailleurs, comme le souligne Bourguignon (1989), la plantation de graminées suivant les courbes de niveau améliorerait l'infiltration des eaux de pluie. Les sols de Fondé et les sols marins pourraient être ainsi aménagés pour servir de pâturage. D'autre part, il a été démontré (Charollais et Weber, 1994) que la submersion des sols vertiques de la basse et moyenne vallée du Sénégal provoquait des changements au niveau de la structure, changements qui se traduisent par une diminution de la stabilité structurale mesurée par les tests de Hénin (Loyer, 1989).

▪ *Facteurs d'ordres humain et technique*

Dans le contexte de la mise en valeur agricole de la moyenne vallée du Sénégal, le compactage lors du travail mécanisé ainsi que la teneur en ions sodium et calcium du complexe d'échange, semblent être des éléments importants d'évolution de la structure du sol (Zante, 1994). Le passage de l'agriculture pluviale à la culture irriguée implique, en réalité, un changement net de la composition de l'eau arrivant sur le sol (Charollais et Weber, 1994).

Si l'on peut considérer l'eau de pluie comme pure, il n'en est pas de même pour l'eau d'irrigation qui, elle, est chargée de substances diverses qui interagissent avec les paramètres du sol. Le volume des apports s'est également considérablement accru avec, pour effet, une modification des conditions hydrodynamiques (Zante, 1994). Les transformations peuvent, dans ces cas, être plus ou moins rapides et conduisent éventuellement à un nouvel état.

Comme nous l'avons déjà souligné, plusieurs travaux de recherche démontrent que la pratique de l'irrigation en milieu aride et semi-aride comporte, pour les sols, un risque de dégradation saline (accumulation de sels solubles, notamment de sodium) et alcaline (fixation d'ions sodium sur les argiles et hausse du pH) du fait de la combinaison des facteurs climatiques et humains.

Les facteurs pouvant modifier le comportement du sol, sous l'effet de la mise en culture sont alors nombreux et leurs interactions sont encore peu étudiées (Zante, 1994). Parmi ces facteurs, *la structure, l'humidité, le type de travail effectué, l'état structural initial*, sont des facteurs déterminants pour l'état final (Loyer, 1989). D'où l'intérêt de décrire et de mesurer ces facteurs. Aujourd'hui, divers travaux en pédologie et en hydrologie réalisés dans le cadre du suivi du milieu physique, mènent à la conclusion que les sols de la vallée et ceux de Nianga en particulier, se dégradent progressivement et que, dans le même temps, la qualité des eaux de surface et celles des nappes connaissent des changements qualitatifs importants (Charollais & Weber, 1994) sous l'influence des facteurs énoncés ci-haut. C'est, cependant, dans un tel contexte biophysique que les projets d'aménagement du secteur Ngalenka et de la vallée du Sénégal, se mettent en place.

2.1.5 Les ressources hydriques du Ngalenka

La plupart des données hydrologiques sont tirées des travaux de Séguis et Albergel (1980 et 1994) mais aussi des rapports de Hydroplan (1995). Le développement des Périmètres Irrigués Villageois (PIV), rendu possible par les barrages de Diama et Manantali, rencontre des limites techniques, notamment deux contraintes certaines. D'une part, seules les zones situées à proximité immédiate d'une voie d'eau naturelle sont susceptibles d'être irriguées par un Groupe MotoPompe (GMP).

D'autre part, la possibilité de pomper dans une voie d'eau dépend de son régime hydrique; il faut suffisamment d'eau dans le cours d'eau pour que le GMP puisse fonctionner.

De ce constat simple, il ressort que les superficies réellement aménageables en PIV, à court terme, sont nettement inférieures au potentiel irrigable annoncé dans les différents rapports. De ce fait, il apparaît que de nombreux villages du secteur ne disposent pas de source d'eau nécessaire à l'implantation de leur PIV. Pour pallier ce fait, le projet envisage la création de canaux ou le recreusement de voies d'eau naturelles (marigots fossiles) en vue d'approvisionner, en eau d'irrigation, les principaux villages.

- *Fonctionnement hydrique du Ngalenka*

Le régime du fleuve Sénégal est actuellement conditionné par la gestion des barrages de Diama et Manantali. Par la présence de nombreux seuils, le Ngalenka amont (intérieur de la cuvette de Nianga) est à sec. Sa mise en eau est, cependant, rendue possible à partir de sa terminaison orientale proche du Doué (Hydroplan, 1995). Une capture du Diossorol est également envisageable. Le Ngalenka amont est enfin relié au système de drainage (Wali Diala) du périmètre de Nianga. Il convient donc, dans la gestion du Ngalenka amont de prendre en compte les colatures du périmètre tant du point de vue quantitatif que qualitatif (salinité).

- *Le Diossorol* (voir figure 17) et la cuvette de Diondou ont une influence sur le régime hydrique du Ngalenka. Le Diossorol, défluent du Doué à proximité du village de Ndiawara, permet l'inondation de la cuvette de Diondou (voir chapitre IV). Il franchit la digue de la route de Podor à travers deux buses de 1m de diamètre qui peuvent être obturées par deux vannes à crémaillère. La pente du Diossorol vers la cuvette de Diondou est très faible d'où l'influence du débit par le plan d'eau dans la cuvette.

L'eau du fleuve Sénégal possède une alcalinité résiduelle positive¹ vis à vis de la calcite (CaCO_3). En d'autres termes, il y a dans l'eau, un excédent d'ions carbonates (CO_3^{2-}) par rapport au calcium (Ca^{++}).

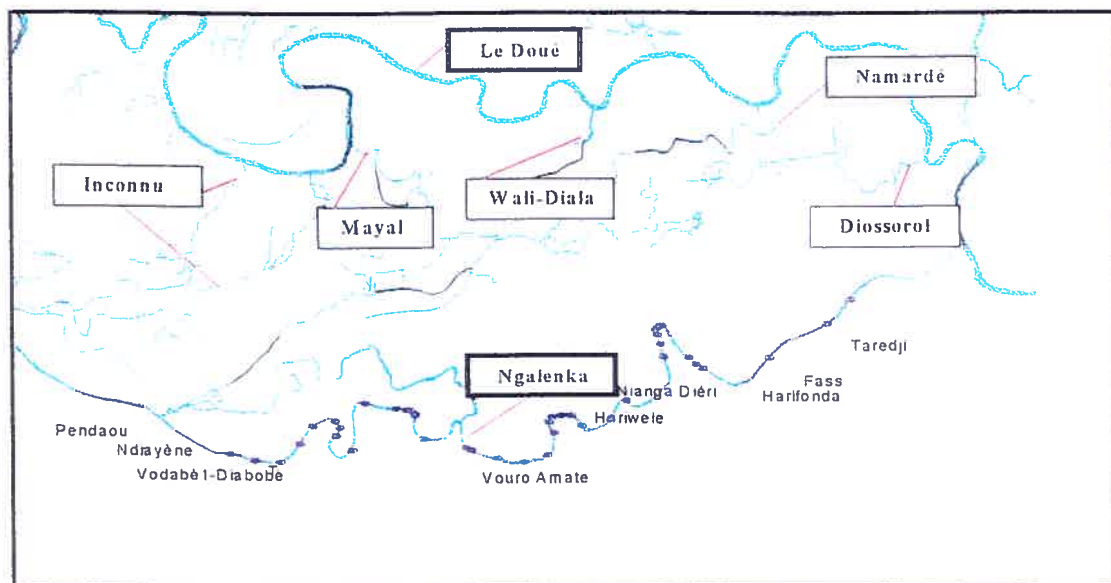


Figure 16 : Réseau hydrographique de la cuvette de NLANGA (source : S.Patris, 1997)

Dans ces conditions, il est démontré que lorsqu'une telle eau se concentre, si douce soit-elle, sa teneur en éléments solubles augmente; il arrive donc un moment où certains minéraux atteignent leur produit de solubilité et précipitent. Ce qui signifie qu'une eau d'irrigation jugée douce peut, en s'accumulant sur les parcelles, devenir très salée. Les images satellitaires SPOT couvrant la région au moment de la crue, permettent d'identifier les zones inondées et de retracer le réseau hydrographique actuel.

La faible importance voire l'absence d'un couvert végétal fait que le gradient radiométrique entre les surfaces exondées et les eaux est d'autant plus marqué; de ce fait, la délimitation des zones inondées est donc plus précise. Trois raisons principales sont invoquées :

¹ Il s'agit du résidu de bases faibles que l'on peut retrouver dans l'eau lorsque le minéral (en l'occurrence la calcite) précipite (Boivin, 1994).

L'étude menée par Hydroplan en 1995 a révélé, contrairement au scénario envisagé a priori, que le Diossorol ne pourrait constituer une alternative à une éventuelle mise en eau du Ngalenka à partir du Doué (voir figure 17).

- Le *Wali Diala* est un drain naturel pour le grand périmètre de Nianga; il débouche dans le Doué à un endroit où l'eau peut s'écouler par un système de chambres et de vannes soit vers le Doué, soit vers le marigot.

Dans le sud du périmètre, le Wali Diala franchit la digue intérieure vers la cuvette de Nianga et entre dans le marigot Namardé.

Au cas où le Wali Diala ne pourrait être drainé de façon gravitaire ni vers la grande cuvette ni dans le Doué, le refoulement des eaux de drainage vers le Doué sera effectué au moyen de pompes.

- *Le périmètre de Nianga* possède un ouvrage de vidange au passage de la digue intérieure du périmètre sur le Wali Diala. Il comprend un dalot en béton muni d'une buse obturée par une vanne à crémaillère. La buse est équipée d'un clapet pour éviter tout retour d'eau dans le périmètre.

- ***Réseau hydrographique de la Cuvette de Nianga***

Avant même de faire le point sur le réseaux hydrographique et la situation hydrologique de la région, il convient de souligner, à propos des risques d'alcalinisation, que "le danger le plus sérieux provient de la qualité de l'eau du fleuve " (Boivin et al., 1993).

En effet, malgré une eau d'apparence pure, les travaux récents (Charollais et Weber, 1994), Albergel (1990) et Séguis (1992), confirment les réserves émises, à ce propos, par l'étude FAO-SEDAGRI (Michel, 1973).

1. le seuil d'entrée du Doué vers le *Diossorol* est trop élevé pour amener une quantité d'eau suffisante dans le *Ngalenka* ;
2. la berge Nord du cours supérieur du *Ngalenka* est située jusqu'à 3 m au dessus de la berge du *Diossorol*;
3. la distance entre le *Diossorol* et le *Ngalenka* (2,5 Km) est trop grande pour le raccordement éventuel.

Le *Ngalenka*, quant à lui est un effluent du *Sénégal*; il alimente la cuvette dans sa partie sud-ouest. La station de pompage du périmètre se trouve à l'effluence du *Wali-Diala* qui, avec le *Namardé* (plus à l'est) forme le réseau de drainage primaire du périmètre irrigué. A leur contact avec la partie non encore aménagée de la cuvette (le *Ngalenka*), le *Diossorol* et le *Wali Diala* sont arrêtés par des ouvrages vannés. Sur chacun de ces sites, exception faite du *Wali Diala*, sont implantées des stations hydrométriques (limnigraphes, échelles). Une dernière station hydrométrique est installée à la digue nord-sud afin de contrôler les lâchures de la digue amont. Selon Séguis (1992), l'axe *Wali Diala-Ngalenka*, situé dans la partie occidentale de la cuvette est un système hydrographique bien plus complexe que celui du *Diossorol*.

En effet, les entrées d'eau y sont doubles; une vanne à clapet sur la digue sud du périmètre obture le *Wali Diala* et permet la vidange du périmètre hors de la zone de culture actuelle. Au sud de la cuvette, la rivière du *Ngalenka* est barrée par le pont-vanne de Ndiayène.

- ***Circulation de l'eau dans la cuvette***

Pour y voir plus clair, nous partons d'un schéma de circulation élaboré par Séguis (1992). On s'assure d'abord que les niveaux d'eau entre le *Ngalenka* à Ndiayène et le *Wali Diala* à Pont Gari sont égaux pour des hauteurs supérieures à 2,40m.

Entre 2,45 et 1,80 m, lorsque le niveau d'eau du *Wali Diala* à Pont Gari est supérieur à celui du Ngalenka à Ndiayène Est, le Ngalenka est alimenté par les collatures du périmètre. Ce soutien du Ngalenka a été observé sur des périodes déterminées:

- Entre le 15 octobre et le 20 Novembre 1992, le niveau de l'eau du Ngalenka à Ndiayène Ouest (extérieure de la cuvette) est inférieur au niveau à Ndiayène est (intérieure de la cuvette). A chaque ouverture des vannes du pont barrage de Ndiayène le niveau de l'eau à Ndiayène Est enregistre une baisse brutale. Dès que les vannes sont refermées, le niveau de l'eau remonte à Ndiayène Est et tend à rejoindre celui de l'ouest à Pont Gari.
- Du 15 Avril au 4 Juin 1993, les vannes sont fermées et on observe aucune baisse de niveau à Ndiayène Est malgré une évaporation de plus de 10mm/jour. Ce qui suppose qu'il y a un apport d'eau provenant probablement du périmètre de Nianga. L'écoulement se fait alors dans le sens Pont Gari-Ndiayène.
- A partir du 8 Août 1993, les vannes sont toujours fermées et le niveau du Ngalenka à Ndiayène Est monte jusqu'à la fin des observations, le 31 Août. Il a été également vérifié (que la mare de Figo est directement alimentée par le Ngalenka à Ndiayène. Les eaux de drainage circulant dans le *Wali Diala* sont bien plus salées que celles du Ngalenka. Cette salinité pourrait être «utilisée comme traceur pour suivre les transferts d'eau».

Chaque fois que le périmètre de Nianga est mis sous culture, le transfert des eaux de collatures vers Ndiayène est décelable dans les conductivités si les vannes sur le Ngalenka sont fermées. On observe une augmentation de la conductivité en même temps que la montée des eaux. Quand le périmètre ne fonctionne pas, les stocks d'eau piégés par les seuils diminuent par évaporation ce qui augmente la conductivité par concentration.

En 1992, il n'y a pas eu de cultures de contre-saison sèche; c'est donc l'évaporation qui détermine alors la diminution de la cote à Pont Gari jusqu'en Juillet. La conductivité a alors atteint 4mS/cm. Pendant l'arrêt du périmètre du 23 Novembre au 04 Mars 93, la salinité a augmenté aux stations de Pont Gari et celle du Seuil (Ndiayène) jusqu'à dépasser 1mS/cm au Seuil. Les jours qui ont suivi, la mise en eau du périmètre a entraîné une dilution; la conductivité mesurée au Seuil le 18 Mars 1993 est tombé à 0,36 mS/cm. Lorsque la mare de Figo a été coupée du Ngalenka pendant quelques mois, la conductivité de la mare a atteint pratiquement 2 à 3 mS/cm.

On arrive ainsi à situer les règles et les seuils des mouvements d'eau dans le secteur du Ngalenka. Ce qui permet de quantifier la masse de sels exportée du périmètre à une période donnée.

Bien que relativement fouillée, l'étude du fonctionnement physique du site Ngalenka permet tout au plus d'appréhender la configuration des différentes composantes biophysiques du milieu. Cette analyse restant plutôt descriptive, elle ne donne pas suffisamment d'indications quant à la dynamique de ce milieu, encore moins sur les causes profondes de cette dynamique. Pour pouvoir le faire, il convient de rechercher les causes de la plupart des effets biophysiques dans le *contexte socio-économique*.

2.2 Contexte socio-économique du projet Ngalenka amont

Le projet Ngalenka amont se met en œuvre dans un contexte social et économique caractérisé par i) une relative grande diversité communautaire et ii) un lourd héritage de la tradition féodale (système foncier notamment).

2.2.1 Rappel historique

Avant l'endiguement de la cuvette, le Ngalenka amont était alimenté en eau par la rivière du même nom qui traversait le secteur d'Est en Ouest. L'endiguement de Nianga intervenu dans les années 70, avec la création du périmètre irrigué de Nianga, a coupé la rivière de sa source d'alimentation, empêchant ainsi les crues qui, jadis, permettaient l'exploitation agricole des terres bordant les rives du Ngalenka. La population riveraine a donc ainsi été privée de sa principale source de subsistance. C'est dans ce contexte que le projet de Nianga (ayant fait l'objet de plusieurs contestations) a proposé une compensation aux riverains en octroyant à chaque famille touchée, une parcelle dans le grand périmètre de Nianga (SAED, 1994). Malgré cette mesure, bon nombre de paysans du Ngalenka sont restés insatisfaits de la perte de leurs anciennes terres (Manka, 1994).

Ce mécontentement est dû au fait que, d'une part, les parcelles qui leur ont été attribuées dans le périmètre sont jugées insuffisantes. D'autre part, s'ils veulent exploiter correctement ces parcelles, ils doivent quitter leur village respectif, au moins le temps d'une campagne, pour se rapprocher du périmètre (situé à plusieurs kilomètres, parfois des dizaines de kilomètres au nord).

De plus, les techniques d'exploitation préconisées dans le périmètre irrigué changent totalement de celles qu'ils ont toujours pratiquées en culture de décrue; sans compter que la rentabilisation des parcelles irriguées exige un certain investissement en intrants (application d'engrais, de pesticides, suivi de la mise en eau, etc.). Toutes ces contraintes obligent aujourd'hui la SAED à se donner comme objectif la remise en eau de la rivière du Ngalenka entre Tarédji et Ndiayène (Voir figure 10, page 98).

Un projet d'aménagement des rives du Ngalenka amont est, à cet effet, en cours d'exécution dans lequel il est envisagé la création de 46 PIV pour une superficie totale aménagée de 1190 ha; ce qui permettrait aux populations riveraines, de pratiquer la culture irriguée sur leurs propres terres.

L'histoire de vie des habitants du Ngalenka amont a été forgée principalement par l'appartenance à un groupe ethnique et un à système d'exploitation économique basé sur la symbiose entre la culture de décrue et l'élevage transhumant (Hydroplan, 1995). Malgré les changements structurels, entre autres, apportés par l'avènement de l'irrigation, on peut constater (Le ricolais, 1989; SAED, 1995) que les attitudes et comportements des populations du Ngalenka amont, en matière d'irrigation, restent fortement marqués par cette configuration du passé (Hydroplan, 1995). Autrement dit, les populations riveraines ne se sont pas totalement départies de leurs habitudes anciennes et ont tendance à transplanter les modes d'exploitation traditionnels dans les périmètres irrigués (Bertrand, 1989); ce qui n'est pas sans conséquences sur le milieu physique, en l'occurrence la dynamique des sols et l'évolution de la qualité des eaux.

Dans le système traditionnel, l'accession à la terre était basée sur le principe du défrichage initial de l'occupant, mais aussi sur des donations (Diarassouba, 1968). Ce système traditionnel des droits fonciers fut remanié pendant la période coloniale par les autorités françaises qui créent de grands domaines avec immatriculations cadastrées. En 1964, une loi dite loi sur le Domaine National est adoptée par le nouvel état indépendant (depuis 1960); elle déclare propriété publique toutes les terres non immatriculées.

Ces mutations successives des régimes judiciaires et fonciers opposent souvent les systèmes coutumiers et modernes. Elles sont à la base de frictions entre l'innovation et le comportement conservateur; nous y reviendrons.

La prise en compte des erreurs commises lors de la création des premiers périmètres irrigués justifie, dans le souci d'harmoniser à l'avenir, les interventions techniques avec le mode de vie d'une population rurale toujours influencée, dans leurs pratiques quotidiennes, par des conceptions traditionnelles.

2.2.2 Villages et populations du Ngalenka amont

Les données que nous présentons ici sont une synthèse des éléments de bibliographie tirés des dernières enquêtes de terrain réalisées à Nianga, en 1995, par la SAED et corroborées par nos propres données recueillies auprès des différentes sous-préfectures et conseils ruraux. Nous avons ensuite comparé ces données avec celles recueillies auprès du bureau d'étude allemand, Hydroplan .

Le projet Ngalenka amont concerne 14 villages¹ situés sur les rives du Ngalenka et dont les terres ont été rendues impossibles à l'exploitation agricole de décrue du fait de l'endiguement de la cuvette. Les populations de ces villages réclament, naturellement, un droit foncier coutumier sur ces terres jadis inondées par le marigot du Ngalenka amont (SAED, 1995).

Villages	Hommes	Femmes	Total
<i>Vodabé 1</i>	1698	1725	3423
<i>Vodabé 2</i>	2000	1861	3712
<i>Kiaye</i>	612	622	1234
<i>Pendaou</i>	1961	1844	3805
<i>Niayène</i>	265	277	542
<i>Figo</i>	292	291	583
<i>Thiewlé</i>	380	382	762
<i>Djamel</i>	273	205	478
<i>Soyonabé</i>	1009	1075	2084
<i>Nianga D.</i>	980	1008	1988
<i>N'Guendar</i>	2157	2191	4348
<i>Mafré</i>	807	854	1661
<i>Décollé</i>	742	760	1502
<i>Donaye</i>	1266	1366	2632
Totaux	14442	14461	28754

Tableau V: Villages et populations du projet Ngalenka amont (source : SAED, 1995)

¹ On parle, parfois, dans la littérature, de 13 villages . En fait Décollé et Mafré sont souvent considérés comme un seul village. Nous les séparons ici, car pour nous, il s'agit de deux entités d'habitation bien distinctes .

La population totale actuelle du Ngalenka est estimée à 28.754 habitants (SAED, 1994); elle se caractérise par la prépondérance des jeunes de moins de 21 ans (55,6% de la population totale).

Le taux de croissance démographique des 5 dernières années fluctue autour de 3,5 % par an (SAED, 1995). La pyramide des âges révèle une répartition normale (Hydroplan,1995) entre les différentes classes d'âges et la distribution des sexes. Le nombre de nouveaux nés qui atteignent leur premier anniversaire est de 39,8 pour 1000. Dans les catégories d'âge de 2 ans et moins, on constate la répartition suivante: 52% de garçons et 48% de filles. Entre 5 et 10 ans exclus, la configuration est inversée: 47,9% de garçons et 52,1% de filles. Ce qui, selon Manka (1994) n'est pas une situation anormale puisqu'il est démontré que les filles ont, par nature, une santé plus solide que les garçons et sont, de ce fait, moins touchées par la mortalité infantile. Cette légère supériorité numérique des femmes continue dans les autres classes d'âge de plus de 10 ans.

Etant donné que la pérennisation du projet sera assurée par les jeunes, il convient d'en tenir compte dans la mise en place des futurs périmètres irrigués, tout en prenant en considération le rôle de leadership que jouent les chefs de cercles de familles (chefs de Gallé) dont l'âge moyen est 55 ans (Hydroplan,1995). Le nombre total de Gallé (famille élargie) est de 144 (Hydroplan, 1995) pour une moyenne de 18,4 personnes par Gallé (Ministère du plan,1991).

2.2.3 Principales communautés vivant au Ngalenka amont

La population du Ngalenka amont est composée à 77% de Peulh (SAED, 1994) comme le montre la figure 17 ci-dessous. Dans cette communauté, l'élevage ambulancier est traditionnellement l'activité économique dominante.

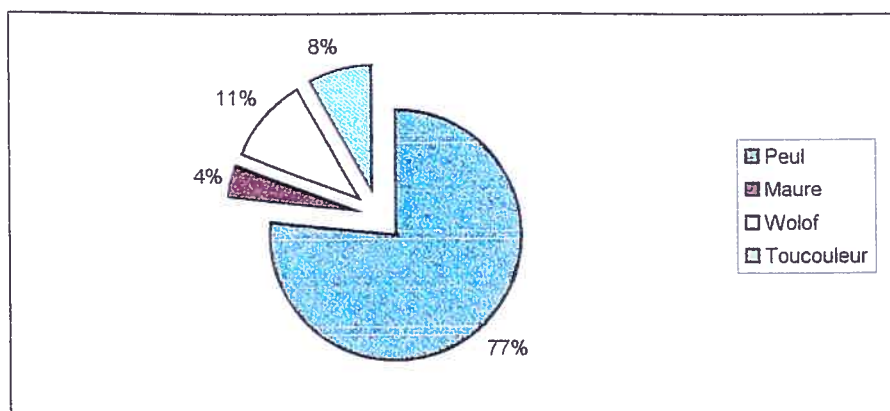


Figure 17 : Répartition des différentes communautés vivant au Ngalenka amont
(source : SAED, 1995)

On note, toutefois, qu'un long processus de sédentarisation s'est amorcé depuis longtemps, soit bien avant même le début de la sécheresse des années 70 (Lericollais, 1989). Mais, avec l'endiguement de la cuvette, une partie importante de la population peulh a perdu confiance en l'agriculture sédentaire et a repris son ancien mode de vie pastoral sur les hautes terres dites de "Dieri" (SAED, 1995). Toutefois, les peulh restés le long des berges du Ngalenka reconnaissent ceux qui ont migré vers les hautes terres comme des ayant-droits des terres laissées en jachère sur les rives.

D'ailleurs la majorité d'entre eux ont manifesté l'intérêt qu'ils portent au projet Ngalenka amont et déclarent revenir si l'aménagement des rives venait à être effectif (SAED, 1995). 19,3% de la population du Ngalenka est constituée des communautés Wolof et Toucouleur, tous deux agriculteurs de tradition. Les Toucouleur ont un long passé dans la zone alors que les Wolof s'y sont installés il y a à peine 3 ou 4 siècles. Ils habitent surtout les villages de Pendaou et Ndiayène dont ils forment la majorité de la population. Les Wolof, que les Peulh refusent encore de reconnaître comme des habitants de la région de plein droit habitaient, à l'origine, les villages de Nianga Dieri.

Ils avaient, dans le même temps, des droits fonciers sur le territoire de Nguendar (Hydroplan, 1995). A la suite de la construction de la digue ceinture, la majorité de la population de Nianga Dieri s'est installée à Niandane (près du grand périmètre de Nianga) (SAED, 1995). Pourtant tout le monde à Niandane se considère comme ayant-droit du Ngalenka amont.

Une autre composante sociale dont il convient de tenir compte est la hiérarchie sociale, en l'occurrence les castes. L'organisation sociale du Ngalenka amont est caractérisée par une *inégalité* institutionnalisée (Manka, 1994): le système des castes. De nos jours encore, les rapports sociaux sont dominés par les structures hiérarchiques qui s'imposent à toutes les couches sociales du village. Dans la communauté Peulh, par exemple, au sommet de la structure, se trouvent les *Torobé*, classe des nobles (descendants de roi, de princes, etc.): et au bas de l'échelle sociale se trouvent les *Galunké* qui eux, sont les disciples et serviteurs de la noblesse. Entre ces deux formations se trouvent les "*Gens-libres*". Ce dernier groupe qui représente la majorité, comprend tous ceux qui ne sont ni descendants de rois ni de serviteurs (griots, forgerons, etc.).

Ces anciens rapports de castes se reproduisent encore dans les relations économiques et foncières entre les couches sociales (Lericolaï, 1989).

2.2.4 L'économie de la région¹

- *L'élevage*

Comme nous l'avons vu, les peulh² constituent la communauté majoritaire dans la zone du Ngalenka amont, il n'est donc pas étonnant que l'élevage apparaisse comme une des activités économiques dominantes de la zone (SAED, 1995).

¹ Les éléments de l'économie régionale que nous analysons ici concernent, bien entendu, le projet Ngalenka amont.

² Connus pour leur attachement à l'élevage.

Les statistiques concernant le bétail sont difficiles à produire car, pour des raisons culturelles, les éleveurs refusent de révéler les chiffres exacts de leur cheptel. Aussi, les données recueillies auprès des populations sont généralement très peu fiables. C'est pourquoi les enquêtes menées dans ce cadre ont consisté plutôt en des estimations faites sur la base d'un comptage effectué par les agents du service vétérinaire de Podor (SAED, 1994).

En moyenne, 95% des familles possèdent un troupeau de bovins dont la taille moyenne est de 20 têtes. Quatre villages (Tarédji, Diamel, Nguendar et Mafré) représentant 31 % de la population de la zone comptent, à eux seuls, 70% du cheptel de la région du Ngalenka, avec une moyenne de 46 têtes par troupeau (Hydroplan,1995). L'importance du cheptel dans un village laisse augurer une interaction étroite entre l'activité d'irrigation et celle d'élevage. Ces rapports ne sont pas toujours des meilleurs surtout lorsque les parcours du bétail sont remis en cause du fait des périmètres irrigués. Il convient donc d'en tenir compte dans le cadre de la gestion stratégique du système Ngalenka .

La presque totalité des familles (98%) possèdent un troupeau de petits ruminants (ovins et caprins) dont la taille moyenne est estimée à 48 têtes par troupeau (SAED, 1995). En 1996 l'enquête menée par le BSE¹ de Podor dénombre, pour l'ensemble du Ngalenka amont, plus de 95.000 têtes de bétail réparties selon les proportions indiquées ci-dessous. L'élevage génère des revenus relativement importants qui, comparés à ceux de l'agriculture, permettent de comprendre, en partie, les motivations des populations dans la pérennisation des activités .

¹ Bureau Suivi-Evaluation.

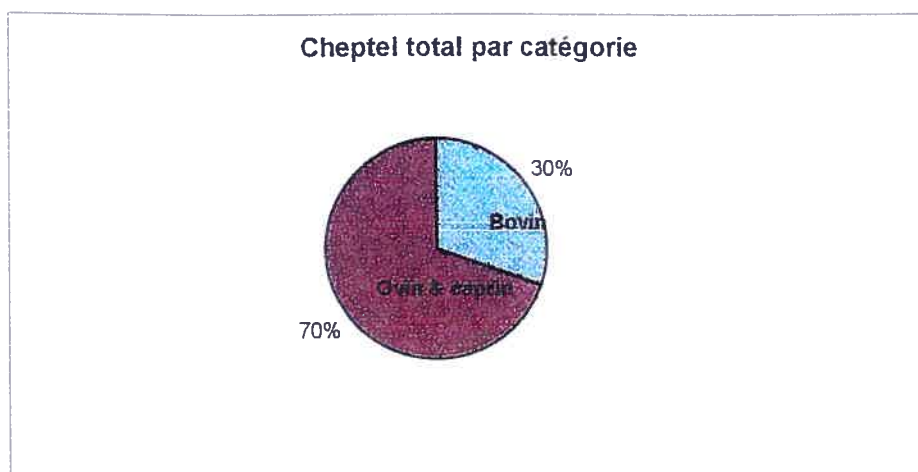


Figure 18: Répartition du Cheptel par catégorie (Source : SAED, 1994)

- *L'agriculture irriguée*

Avant l'avènement de l'irrigation, l'agriculture dans la région était pratiquée en contre-saison sur les rives des cours d'eau (falo) et sur les terres de décrue (walo); en saison des pluies, sur les terres hautes du diéri. Ces cultures concernent principalement le maraîchage, mais aussi des céréales comme le sorgho et le maïs.

Comme nous l'avons vu, la rareté et l'irrégularité des pluies rendent aléatoires ces cultures hors périmètres irrigués; c'est pourquoi, l'essentiel de l'activité agricole, dans la région, se résume de nos jours, aux cultures pratiquées dans les PIV (sauf en année pluvieuse, comme ce fut le cas en 1999).

Après l'élevage, l'agriculture irriguée occupe la deuxième place sur l'échiquier de l'économie régionale. La culture dominante (aujourd'hui, la riziculture) est pratiquée dans le grand périmètre de Nianga et dans les autres PIV de la cuvette. Jusqu'en 1995, le prix de vente du riz (aliment de base des populations) est garanti par l'état; ce qui en fait, tout naturellement, un élément de sécurité économique pour les exploitants.

En 1993, on estimait à 4,7tonnes/ha (SAED, 1994) les rendements moyens de riz obtenus dans les PIV de la région de Podor, avec une production moyenne, par famille, de 2,8 tonnes. On notera, toutefois, que 20% de la population de la région ne pratique pas la culture irriguée (Hydroplan, 1995).

Le village de Vodabes II, par exemple, bien que comptant 14% de la population totale du Ngalenka, n'a pas accès au grand périmètre de Nianga, le projet Ngalenka lui attribue deux PIV dont les superficies cumulées représentent 4% des terres à aménager pour l'ensemble du projet. Comme nous l'avons indiqué plus haut, la taille des superficies attribuées à un village donné est fonction i) de la taille de la population résidente et ii) des superficies que possède éventuellement le village dans d'autres PIV.

L'enquête sociologique conduite en 1995 dans le cadre du projet a été réactualisée en 1997 par le BSE (Bureau Suivi-Evaluation) de Podor. Elle nous enseigne, entre autres, qu'une partie des villageois bénéficient déjà de parcelles irriguées dans des PIV existants (Nianga et les anciens PIV de l'OFADDEC); ce qui leur donne une certaine expérience des systèmes irrigués. Les cultures irriguées pratiquées sont : le riz, en simple ou double riziculture (hivernage et contre-saison chaude), la tomate et l'oignon en simple culture (contre-saison froide).

▪ *Les femmes et l'agriculture irriguée*

Traditionnellement, le rôle de la femme dans l'agriculture en milieu peulh est limité à une assistance aux travaux de l'homme (Manka, 1995). A l'exception de la récolte de Niébé (*Vigna unguiculata*, une céréale locale), aucune activité agricole n'est exécutée exclusivement par les femmes. Dans la culture irriguée, son rôle est essentiellement limité à une assistance à la récolte. Ces restrictions, d'ordre culturel, respectent le principe selon lequel les activités de la femme doivent autant que possible être restreintes aux environs immédiat du lieu d'habitation (Manka, 1994).

Il n'est donc pas exact d'affirmer que la charge des femmes, dans cette zone, est excessive. Par ailleurs, selon Lericollais (1989), les femmes s'organisent plus facilement que les hommes, ce qui explique, chez elles, l'intensité de la vie associative. Chaque village compte, au moins, un groupement féminin, formalisé ou non, avec une gamme variée d'activités allant des cultures maraîchères à la couture. Il est, également, démontré (Manka, 1994) qu'à disponibilité égale d'eau et de moyens de production, les femmes affichent des rendements supérieurs à ceux réalisés par les hommes.

Les productions traditionnelles

Les cultures céréalières traditionnelles concernent principalement le sorgho, le maïs et le mil. Elles sont pratiquées sur les terres de décrue mais aussi sur les dunes comme culture pluviale. On notera que le village de Vodabes II, qui n'a aucun accès aux périmètres irrigués produit la plus grande quantité de sorgho par Gallé. Par contre le village de Niandane qui, comme le montre le tableau précédant, présente la production de riz par Gallé la plus importante affiche ici, la plus faible production de sorgho par Gallé. Il semble assez évident, d'après les résultats de l'enquête SAED (1995), que les agriculteurs préfèrent la culture du riz à celle du Sorgho.

Bien entendu, ceux qui n'ont pas la possibilité de cultiver suffisamment de riz se rabattent sur le sorgho. Du coup, on note une sorte de compétition entre ces deux systèmes de cultures (négativement corrélés).

Villages	Superficies cultivées (ha)	RIZ		Total RIZ	Coton	Tomate	Oignon
		HIV	CSC				
1. Voabe I	156	351	351	702	156	585	585
2. Vodabe II	169	380	380	761	169	634	634
3. Kiaye	56	126	126	252	56	210	210
4. Pendao	174	392	392	783	174	653	653
5. N'Diayenne	24	54	54	108	24	90	90
6. Figo	27	61	61	122	27	101	101
7. Thiewlé	34	77	77	153	34	128	128
8. Diamel	22	50	50	99	22	83	83
9. Savonabé	95	214	214	428	95	356	356
10. Niandane	91	205	205	410	91	341	341
11. N'Guendar	198	446	446	891	198	743	743
12. Déc. Maf	75	169	169	338	75	281	281
13. Déc. Taredji	69	155	155	311	69	259	259
TOTAL	1190	2678	2678	5355	1190	4463	4463

Tableau VI: Productions agricoles par village (Source : SAED, 1994)

- *Les besoins en céréales*

La connaissance des besoins en céréales autorise une comparaison avec les productions effectives pour dégager le taux de couverture alimentaire de la région du Ngalenka. Ces indicateurs permettent d'expliquer les tendances d'évolution de l'économie rurale.

On estime à 350g/pers./jour (SAED, 1995; HYDROPLAN, 1995), les besoins en céréales des populations de la région. Ce qui correspond à 547 grammes de céréales brutes (SAED, 1995). Pour un Gallé¹ de 18,4 personnes (moyenne locale), ce besoin se chiffre à **3672 KG** par an. On remarquera, encore, que les villages qui, comme Vodabes II, n'ont pas accès aux périmètres irrigués présentent un déficit considérable en céréales. Celui-ci est généralement comblé par des achats sur le marché local.

La production de céréales peut aussi être exprimée en Francs CFA. Comme mentionné plus haut, l'état sénégalais garanti au producteur un prix d'achat de son riz à 90 francs Cfa /KG.

¹ On appelle gallé le cercle familial élargi aux parents et grands parents. Un gallé comprend, dans la région, en moyenne 18,4 personnes.

Mais étant donné ses lenteurs administratives en matière de paiement, beaucoup d'agriculteurs préfèrent écouler leurs productions sur le marché local à environ 40F/KG. Cette tendance a été renforcée avec l'avènement de la libéralisation intervenue en 1994. On estime à 60% la quantité de la production commercialisée de cette façon sur le marché local (Hydroplan,1995). En tenant compte de tous ces paramètres, il est possible de calculer la valeur économique de la production locale du Ngalenka amont. On notera à nouveau que les villages qui pratiquent peu ou pas la culture irriguée (Diamel, VodabesII, ...) ont des recettes, de loin inférieures aux autres. On enregistre les recettes les plus importantes à Nianga Diéri /Niandane¹.

Le revenu des familles (Gallé)

Le calcul du revenu des familles a été fait en considérant quatre rubriques : **élevage**, **céréaliculture**, **émigration** et une rubrique **autres recettes**. Les recettes de l'élevage et des céréales étant déjà connues, il reste à calculer les autres recettes. Pour ce qui est des recettes de l'émigration, les agents de la Poste de Podor ont fourni des chiffres détaillés de tous les mandats postaux reçus² au cours de l'année 1993 (Hydroplan,1995) ; nous les avons réactualisés en 1997.

Ensuite, des entrevues réalisées auprès des populations de la zone ont révélé que les mandats postaux ne représentaient que les 2/3 des envois totaux. Sur cette base, nous avons estimé les recettes totales provenant de l'émigration à 92.860 FCFA/an/Gallé (Hydroplan,1995) et 75.300 FCA, respectivement en 1993 et 1997. La catégorie "autres revenus" a été calculée à partir des résultats des interviews menées par le projet SAED auprès de plusieurs ménages.

¹ 354.398 FCFA par an et par Gallé.

² Au cours de 1993 les mandats reçus à Podor se chiffraient à 40.248 000 FCFA: en 1997 ce chiffre est tombé à 32.530.000 Fcfa soit une baisse de 19,1%.

Ces revenus concernent les produits financiers de l'agriculture qui ne proviennent pas de la céréaliculture. A cela s'ajoutent les gains des travaux artisanaux et de la vente du charbon de bois. Cela donne pour cette rubrique, une moyenne générale annuelle de 68.925 FCFA¹ /Gallé (SAED, 1995). Mais ce chiffre est à considérer avec prudence puisque, contrairement aux autres rubriques, il ne repose que sur des affirmations non étayées par des documents.

L'analyse des données ainsi élaborées révèle, contre toute attente, que ce sont les villages dont la majorité de la population se trouve en dehors de la cuvette (sur les hautes terres) qui affichent les revenus les plus intéressants. Il s'agit, par exemple, des villages de Nguendar, Décollé et Mafré, où c'est l'élevage qui fait la différence avec les importants revenus que génère cette activité. Cette situation soulève la question de savoir si ces éleveurs accepteront de perdre (à court terme) ces avantages financiers pour la cause, non encore acquise, de l'agriculture irriguée.

Dans tous les cas, rien ne garantit qu'ils s'adonneront à l'agriculture irriguée avec la même ardeur que les populations résidant actuellement sur les rives du Ngalenka. Ce facteur devra être pris en compte dans la mise en œuvre des scénarios économiques.

¹ 1 dollar US = -- 600 FCFA (en 2003)

Villages	Élevage (en FCFA)	%	Céréales (en FCFA)	%	Autres et émigration (en FCFA)	%	Total (en FCFA)
<i>Vodab. I</i>	372864	48.7	234756	30.7	157596	20.6	765216
<i>Vodab. II</i>	294301	55.2	92304	17.3	146676	27.5	533280
<i>Kiraye</i>	361447	43.3	317432	38.0	156009	18.7	834887
<i>Pend.</i>	91988	20.1	247078	54.0	118554	25.9	457620
<i>Ndiayène</i>	276677	51.2	119054	22.1	144226	26.7	539957
<i>Figo</i>	143565	28.6	232433	46.3	125723	25.1	501721
<i>Thiewlé</i>	161975	28.3	281559	49.2	128282	22.5	571816
<i>Djamel</i>	397506	64.9	54087	8.8	161021	26.3	612615
<i>Savonab.</i>	320828	49.9	172095	26.8	150363	23.3	643286
<i>Nianga</i>	131748	21.6	354398	58.1	124081	20.3	610227
<i>N'Guendar</i>	691046	62.2	217922	19.6	201823	18.7	1110791
<i>Dec. Mafré</i>	847062	70.9	124663	10.4	223509	18.7	1195234
<i>Dec. Tareji</i>	709211	63.2	208515	18.6	204348	18.2	112074
<i>Moyenne</i>	403004	52.1	208625	27.0	161785	20.9	773414

Tableau VII: Revenus des familles du Ngalenka (Sources : enquêtes SAED . 1997)

- *La demande en cultures irriguées*

Toutes les données déjà rassemblées permettent de faire une approximation des besoins en cultures irriguées. Les revenus, ainsi que la valeur de la production agricole des familles sont connus; les interviews réalisées révèlent qu'en moyenne 957.000 FCFA¹ étaient nécessaires à une famille pour couvrir les besoins annuels minimaux en alimentation, vêtements, fournitures scolaires, transport etc. La différence entre recettes et besoins peut être exprimée en Kilogrammes de riz nécessaires pour couvrir tous les besoins des familles et des villages (SAED,1995). En somme, l'analyse socio-économique montre de façon nette que, dans la zone du Ngalenka, l'élevage représente une activité d'une grande importance économique dont il faudra nécessairement tenir compte dans la mise en œuvre et la gestion durable du système irrigué.

¹ Soit un revenu annuel inférieur à US \$:100 / ht

Une proportion importante de la population (77%) tire, en effet, des revenus substantiels de leurs troupeaux de bétail. Ainsi, des villages comme Nguendar et Décolle semblent être capables de subvenir à leurs besoins à partir de leur seule activité de l'élevage. D'où la question pertinente (déjà soulevée) de savoir s'il est économiquement justifié de leur demander de rejoindre les Périmètres irrigués du Ngalenka. Les plus grands déficits en productions céréalières sont notés dans les villages de Ndiayène, Pendaou, Figo, et Tiewlé, villages qui, pourtant ont une faible vocation d'élevage. Ce déficit céréalier a été également noté dans le village de Vodabes2 dont la population n'a pas accès aux périmètres irrigués. Ces villages devront donc certainement tirer un grand profit de leur participation au PIV du Ngalenka. Toutefois, la riziculture reste malgré tout, une activité qui assure la plus grande sécurité alimentaire ; pour cette raison, les populations semblent la préférer aux autres activités de l'économie rurale. C'est donc une préoccupation dont il conviendra de tenir compte. Quand aux femmes, bien que plus entreprenantes que les hommes et apparemment plus efficaces, elles jouent encore un rôle de second plan dans les périmètres rizicoles (Lericollais, 1989).

Cet aperçu fournit un tableau plus ou moins représentatif de la situation économique et sociale de la région, il s'agit à présent d'examiner les facteurs de sa dynamique dans le souci d'en dégager des tendances d'évolution du secteur Ngalenka vu comme un ensemble social, économique et physique. Toutefois, le régime foncier constitue un autre facteur important d'involution de l'économie régionale, il est donc important de comprendre sa structuration.

La place de la terre dans l'économie

Comme nous l'avons noté plus haut, les communautés du Ngalenka entretiennent avec leurs terres des rapports dont les fondements sont à rechercher dans la structuration de la société peuhl, en l'occurrence. La terre connaît ici plusieurs types de distributions dont les principales sont :

Le régime foncier selon le droit coutumier

Le régime foncier traditionnel tient compte de deux modes principaux d'utilisation des terres :

- i) l'utilisation des terres en tant que zone de pâturage. De vastes terroirs en forme de bandes (voir schéma ci-dessous) allant des terres hautes (diéri) aux rives des grands cours d'eau (Sénégal, Doué, ...) constituent des zones de parcours du bétail ;

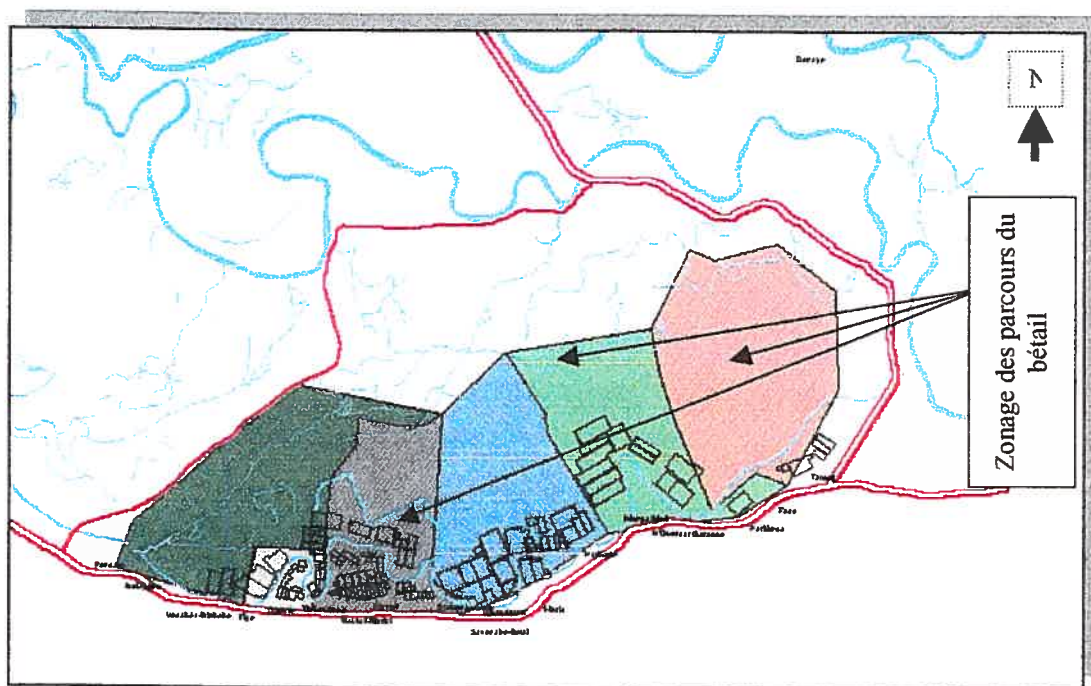


Figure 19 : *Limites des anciens couloirs de transhumance (Source : Samuel Patris, 1997)*

- ii) ces cordons de territoires sont considérés comme des espaces collectifs reconnus par les communautés riveraines. Chaque couloir détermine une zone et appartient à un groupe de villages donnés, un clan, ou une famille ;
- iii) l'agriculture de subsistance; elle concerne des terres inondables; la cellule familiale de base y exploite des cultures de décrue (maïs, sorgho, etc.). Ces terres dont les superficies exploitées dépendent de l'étendue des crues, sont considérées propriétés privées. Elles couvrent deux catégories de territoire :

- **les terres de falo** qui couvrent 20 à 30 m à partir du lit du cours d'eau permettent l'exploitation agricole des berges (situées sur les deux rives).
Sur les rives du Ngalenka, les propriétaires des terres de falo sont connus, de même que la délimitation exacte de leurs parcelles,
- **les terres de walo**, concernent les cultures de décrues à proprement parler. Le walo étant, en réalité, souvent une extension des terres de falo, les propriétaires restent généralement les mêmes. Toutefois, leurs délimitations demeurent moins précises que celles du falo.

D'après les enquêtes menées en 1995 dans le cadre de l'étude de faisabilité du projet¹, on estime, à environ, 4500 ha, les superficies totales couvertes par le régime foncier coutumier du Ngalenka-amont (voir couloirs de terroirs, schéma ci-dessus). Ces terres dont les ayant-droits ont été identifiés étaient, jadis, couvertes par les crues et régulièrement exploitées à près de 34% en walo et falo. Avec le blocage des crues naturelles pour les besoins de l'irrigation, seules 8% de ces terres sont aujourd'hui exploitées. Une des particularités à faire remarquer est le fait que 48 % des terres inondables est considéré (et reconnu comme tel par les populations) comme patrimoine des Vodabé; il s'agit, en réalité, d'un domaine pastoral leur appartenant. Toutefois, en termes de mise en valeur agricole, Vodabé partage ce même domaine avec quatre autres villages (Ndiayène, Diamel, Thiewlé et Figo) qui exploitent 47% des terres agricoles.

¹ Nous avons confronté ces données avec celles disponibles à la SAED et aux chef-lieux des deux arrondissements .

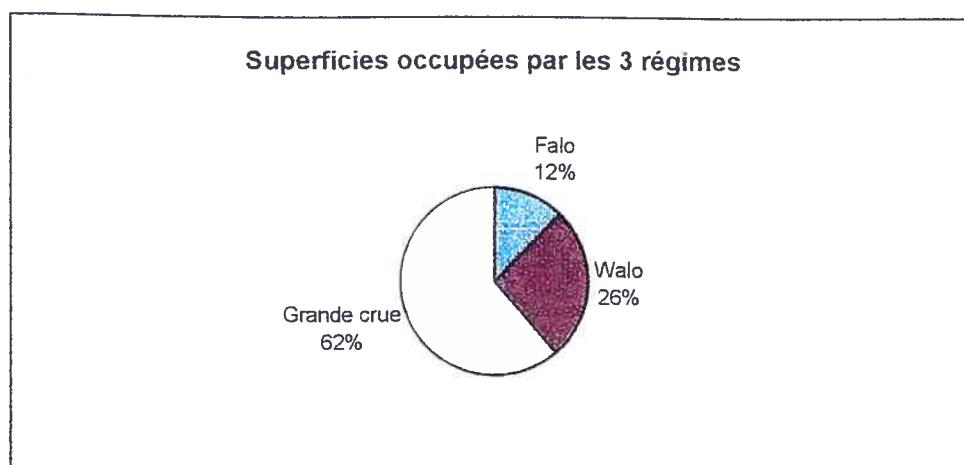


Figure 20: Superficies occupées par les trois régimes fonciers (Source : SAED, 1994)

De manière générale, on peut reconnaître deux grands principes fonciers dans la zone :

- ***Le droit foncier familial/individuel***

Ce principe veut que chaque unité familiale dispose des terrains qu'elle exploite individuellement selon ses besoins et ses désirs. Les droits qu'elle possède sur ces terres sont transférables d'une génération à l'autre; ils peuvent aussi être vendus, comme il est également possible de les céder temporairement à des tiers sous forme de métayage (Hydroplan, 1995). Ce droit s'exerce sur les terres de *falo* et *walo* que nous venons de définir.

Chez les peulh, éleveurs transhumants de tradition, une autre dimension vient s'ajouter au droit foncier familial. Il s'agit de la notion de territoire de lignage qui correspond vaguement aux anciens grands terroirs dont disposait chaque groupe communautaire (voir ci-dessus). Ces terroirs de lignage permettaient aux éleveurs des mouvements de migrations saisonnières des zones inondables (pendant la saison sèche) vers les terres hautes dunaires (pendant la saison pluvieuse). Ces terroirs sont localisés sur les rivage du fleuve et ses marigots; ils délimitent géographiquement les droits de transhumance et les droits d'exploitation des différents lignages peulh.

Ces terroirs très vastes continuent jusqu'à 50 kilomètres à l'intérieur des terres hautes, limite de transhumance saisonnière. A l'intérieur de ces grands terroirs, chaque famille (Gallé) possède des titres fonciers sur les terres de décrue. C'est ce second principe, que l'on retrouve chez les peulh et les Toucouleur qui, selon Manka (1995), constitue le droit foncier dominant et le plus ancien dans la zone du Ngalenka. Cependant, les peulh contestent aujourd'hui les droits fonciers des Wolof qu'ils considèrent comme des immigrants relativement récents. Selon la conception des Peul de NGuendar, les Wolof qui, suite à l'endiguement de la cuvette, ont quitté NGuendar pour aller s'installer à Nianga Dieri auraient, de fait, renoncé aux droits fonciers temporaires que leur avaient accordé les peulh.

De plus, certains parmi les peulh de NGuendar ont, dans le même temps, clairement annoncé leur intention de s'installer dans le village de Nianga Dieri actuellement occupés par les Wolof si le Ngalenka venait à être mis en eau à des fins agricoles.

Cette situation, qu'il convient de considérer avec prudence, est une source potentielle de tension sociale et de blocages dans la zone du NGlenka (Manka,1995). Officiellement, le droit foncier coutumier n'est pas reconnu par la loi. Pourtant, dans la pratique de tous les jours hors des PIV, ce droit est encore de rigueur (dans les consciences ?) et peut avoir une influence (de type interférences) sur le fonctionnement du système.

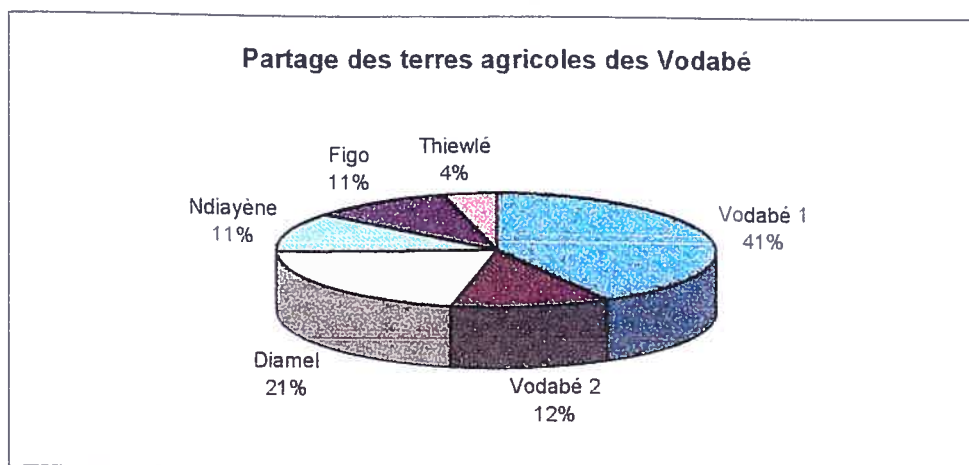


Figure 21: Répartition des terres agricoles des vodabé (source : Manka, 1995)

▪ ***Le régime foncier imposé par la loi***

Les droits fonciers coutumiers sont officiellement remplacés par i) la loi sur le domaine national qui attribue à l'Etat, toutes les terres non immatriculées et ii) la Nouvelle Politique Agricole (NPA) de 1984 stipulant que la terre appartient à celui qui la met en valeur. Ces arrangements législatifs annulent officiellement les droits coutumiers. La procédure d'attribution des terres peut être résumée comme suit :

- 1) le futur attributaire doit formuler une demande d'attribution au Président du conseil rural en précisant l'emplacement des terres sollicitées¹ ;
- 2) le Conseil Rural demande un avis technique du CER (Centre d'Expansion Rurale) et la commission domaniale ;
- 3) ces deux instances techniques doivent alors se prononcer sur la délimitation exacte;
- 4) la situation foncière actuelle, ainsi que la capacité de l'attributaire à exploiter sa terre;

Si l'avis est positif et que le conseil rural accepte la demande, l'attribution devient effective après confirmation du préfet de département (représentant local de l'état).

¹ Le Conseil Rural est l'instance de base de l'organisation administrative du Sénégal, son président est élu au suffrage universel lors des élections rurales (tous les 5 ans).

Quand c'est un groupe de personnes (famille, organisation, etc.) qui souhaite obtenir un titre foncier pour l'exploitation agricole, il doit se constituer en GIE (Groupement d'Intérêt Economique). Pour devenir un GIE, les membres sont tenus de déposer une déclaration au Fonds de Commerce. Il leur faut ensuite, suivre les mêmes étapes (1 à 3) décrites ci-dessus pour l'obtention des terres. L'attribution de terres est également transférable aux enfants de l'attributaire, à condition que ces derniers en fassent la demande officielle au Conseil Rural stipulant qu'ils souhaitent continuer l'exploitation de la terre. Une fois que la décision du Conseil Rural est confirmée par le préfet, tous les anciens droits sur cette terre deviennent caducs.

L'analyse de la situation foncière dans la zone d'étude conduit à la conclusion qu'il s'agit d'une question très délicate qu'il conviendra de manier avec dextérité en prenant soin de respecter l'intégrité des villages et de tenir compte de la subtilité des différences entre les communautés qui composent la région (Manka, 1994). Toutefois, il convient de préciser que toutes les terres qui seront aménagées dans le cadre du projet Ngalenka amont font l'objet d'un régime particulier. Un remembrement a été effectué pour permettre d'aplanir les éventuelles revendications foncières des uns et des autres. Des critères rigoureux d'attribution ont été retenus.

Pour attribuer les terres du Ngalenka aux villages, des rencontres ont été organisées dans les villages en présence des autorités administratives et des services techniques locaux, mais également des représentants de la SAED. A cette échelle, l'attributaire est le Village.

Village	Surface Gr. Périm.	Gr. Périm. Par Gallé	Surface PIV par Village	PIV par Gallé	Tot. Cult. Irriguée	Cult. Irriguée par Gallé
<i>Vodab. I</i>	97.9	0.5	37.2	0.2	135.1	0.7
<i>Vodab. II</i>	0.0	0.0	500.0	0.0	500.0	2.5
<i>Kiraye</i>	76.0	1.1	8.4	0.1	84.4	1.3
<i>Pend,</i>	81.0	0.4	80.0	0.4	161.0	0.8
<i>Ndiayène</i>	3.6	0.1	0.0	0.0	3.6	0.1
<i>Figo</i>	22.7	0.7	0.0	0.0	22.7	0.7
<i>Thiewlé</i>	47.0	1.1	0.0	0.0	47.0	1.1
<i>Djamel</i>	0.0	0.0	3.7	0.1	3.7	0.1
<i>Savonabé</i>	54.4	0.5	5.1	0.0	59.5	0.5
<i>Nianga Diery</i>	145.9	1.4	27.0	0.3	172.9	1.6
<i>N'Guendar</i>	193.8	0.8	0.0	0.0	193.8	0.8
<i>Mufré</i>	13.5	0.2	0.0	0.0	13.5	0.2
<i>Décolé</i>	49.8	0.6	0.0	0.0	49.8	0.6
<i>Donaye</i>	0.0	0.0	205.1	1.4	205.1	1.4
Total / moyenne	785.6	0.5	866.5	0.6	1652.0	1.1

Tableau VIII. : Les superficies aménagées / exploitées au Ngalenka amont

- La superficie à attribuer au village tient compte d'abord de la disponibilité de la main d'œuvre dans ledit village. Le calcul de la main d'œuvre réellement disponible procède d'abord par évaluation de la main-d'œuvre totale existante dont ont déduit celle déjà consommée par les superficies irriguées en cours d'exploitation ou projetées dans le village par un autre organisme. Les données de calcul sont basées sur les résultats d'enquêtes réalisés en 1994 par Hydroplan et que nous avons actualisées par une vérification faite en Juillet-Août 1997 dans les treize villages. A ce propos, on retiendra que pour exploiter 1 hectare de terre irriguée dans la région, il faut 1,6 personnes (SAED, 1995). On considérera ce même chiffre pour calculer la main-d'œuvre occupée par les travaux dans les PIV existants.

On tiendra compte surtout des anciens terroirs fonciers des villages en essayant d'appliquer le principe d'équité entre les villages (répartition des terres proportionnelle à la taille de la population active) .

- Les terres à aménager doivent être situées à une altitude dépassant 3,25m IGN et avoir une superficie supérieure ou égale à 15 ha. En deçà de cette superficie, le PIV est considéré économiquement non-viable . Les terres dont la cote est inférieure à 3,25 IGN présentent des risques d'engorgement .

L'estimation de la main d'œuvre disponible a permis l'application d'une clé de répartition indiquant les superficies à attribuer à chaque village. Toutefois, on se rend compte que l'application rigoureuse des critères d'attribution énumérés ci-dessus se heurte quelque fois à des obstacles d'ordre pratique. En témoignent les cas de Pendao, Donaye, Kiraye Vodabes 1, Vodabes 2 et Décollé Mafré. Il s'agit de villages relativement peuplés et périphériques à l'axe Ngalenka; ils possèdent pourtant très peu de terres aménageables dans leur terroir. Le terroir de Décollé se trouve pratiquement perché sur des dunes avec un relief très irrégulier, alors que celui de Vodabé 1 et 2 couvre une zone dont la cote maximale est inférieure à 3,25mIGN, le minimum exigé par un des critères.

Il fallait donc trouver des PIV qui, forcément, seraient situés dans des terroirs appartenant à d'autres villages. Diamel, Savonabé et Nguendar ont été choisis, du fait de leur proximité des villages en question pour partager leurs terres. Malgré tout, le village de Vodabes 2 qui compte 3712 hts a considéré que la distance qui le sépare des PIV qui lui sont initialement attribués est trop grande, il a donc opté pour des superficies moins importantes, soit deux PIV 9 et 10c pour un total irrigué de 51 ha mais plus proches du village. Tiewlé et Figo ont, quant à eux, acceptés de renoncer à la proximité de leur PIV pour des superficies plus importantes situées plus loin de leur lieu d'habitation respectif.

Toutefois, avec 51ha pour 3712 hts, 48 ha pour 762 hts et 42 ha pour 583 habitants qui reviennent respectivement à Vodabé 2, Tiewlé et Figo, les critères (i) de disponibilité de la main d'œuvre et (ii) d'équité dans la distribution des terres ne sont pas respectés (voir tableau VIII ci-dessus). Pour ce qui est des villages de Pendaou, Donaye et Kiraye, ils sont hors de la zone géographique couverte par le projet mais comptent chacun, un nombre d'habitants assez important (3805 à Pendaou, 2632 à Donaye, 1234 à Kiraye). Si on devait suivre l'application stricte des critères d'attribution des terres, les populations riveraines se sentiraient lésées. C'est pourquoi, là encore, ces faits vont être pris en compte pour accorder 38 ha à Pendaou, 32 à Donaye et 41 à Kiraye .

Les exploitants constitués en GIE¹, sont les principaux acteurs de la mise en valeur des PIV. De la capacité de ces attributaires à exploiter de façon rationnelle les terres irriguées et à gérer de manière rigoureuse la ressource en eau disponible, dépend, dans une large mesure, la viabilité des PIV. C'est pourquoi, il est important que ce principe soit le premier critère de sélection des futurs exploitants. Il est bien sûr difficile de l'appliquer car c'est souvent a posteriori qu'on est à mesure d'en juger; à moins de procéder par anticipation, dans ce cas là, on reste encore dans le domaine de la théorie.

Le second principe est que l'attribution de la superficie à exploiter doit tenir compte du fait que derrière un exploitant, il y a une famille (au Ngalenka amont , on parle de 6 à 7 personnes, en moyenne et 18,4 personnes par concession ou cercle familial), à nourrir et qu'un ha de riz irrigué, dans les conditions de Podor, rapporte, par campagne, en moyenne, 280.000 FCFA (Hydroplan, 1995). A ce propos, il a été retenu (sur la base de critères, du reste, discutables) que chaque exploitant doit avoir une superficie de 0,5 ha. Quatre conditions ont présidé à la sélection des attributaires de parcelles dans les PIV .

¹ Groupement d'Intérêt Economique

i) Avoir un domicile sur l'axe hydraulique Ngalenka amont à une distance maximale de 15 kilomètres du PIV. Cette condition est de nature à exclure les agriculteurs qui auraient tendance à se consacrer davantage aux cultures sous-pluie, pourrait, si on l'appliquait de façon rigoureuse, également exclure des agriculteurs qui seraient en mesure d'exploiter de façon satisfaisante leur PIV situé à plus de 15 km de leur domicile. A ce sujet on peut signaler que bien des communautés peulh sédentarisées adoptent une organisation sociale du travail où la cellule familiale se scinde en deux ; une des parties (la plus importante en nombre) habite le *diéri* pour s'occuper du bétail tandis que l'autre cultive les champs dans le walo. Ces deux parties entretiennent des échanges basés sur la complémentarité dans la satisfaction des besoins de subsistances des uns et des autres. De ce fait, ce critère est donc à appliquer au cas par cas.

ii) Nous partons du principe (établi par Manka, 1994) stipulant que, dans la zone couverte par le projet Ngalenka amont, les conditions d'exploitation ne permettent pas à un individu d'exploiter convenablement plus d'un ha de terres irriguées. Afin d'éviter que les terres irriguées de la région ne se retrouvent aux mains d'une minorité de personnes, ce second critère annonce que tout candidat à l'attribution d'une parcelle dans les PIV du Ngalenka ne doit pas posséder plus de 0,5 ha de terre irrigable en dehors du projet. Mais on peut noter que ce critère ne dit rien de ceux qui exploiteraient plusieurs hectares dans le diéri et dans le walo.

iii) Une participation financière fixée à 60 000 Fcfa est exigée à chaque attributaire de parcelle pour s'assurer non seulement de l'engagement effectif de l'exploitant, mais aussi pour que chaque exploitant contribue à a) l'amortissement des équipements, en l'occurrence le Groupe MotoPompe (GMP) du GIE, b) la mise en place d'un fonds d'entretien du réseau hydraulique du PIV, etc.) la mise en place d'une provision permettant le préfinancement des intrants agricoles.

On note que ce critère peut écarter des populations motivés et capables de s'investir valablement dans la mise en valeur du PIV, mais qui ne seraient pas en mesure de se procurer cette somme d'argent.

iv) Chaque attributaire de parcelle dans le PIV doit avoir participé physiquement au dessouchage et au défrichage avant même que le PIV ne soit aménagé. Il doit aussi participer aux travaux de plantation de brise-vents et de leur entretien ainsi qu'au travaux de réseau quaternaire sous les conseils de la SAED, etc. La question qu'on pourrait se poser est de savoir ce qui se passerait dans le cas où l'exploitant décide, pour une quelconque raison, de faire faire tous ces travaux par un membre de sa famille ? Nous pouvons donc noter que l'organisation foncière, ainsi que les modalités de distribution des terres irrigables aux différents villages du secteur Ngalenka, obéissent à des règles sociales dont la mise en évidence aide à mieux comprendre les facteurs d'involution¹ des systèmes irrigués. Les critères d'analyse discutés dans la troisième partie, constituent, d'une certaine manière, une grille de définition des conditions à satisfaire pour une gestion optimale des PIV du Ngalenka.

¹ D'un milieu social complexe, hétérogène, on peut, par des interventions non appropriées, aboutir à un milieu homogène et banalisé

Conclusion de la deuxième partie

L'analyse critique des approches technicistes du milieu (physique, économique et social) que constitue le secteur Ngalenka, nous donne une image plus ou moins précise du site. Il permet une mise en contexte générale du sujet, mais elle met surtout en évidence l'absence, dans l'analyse du fonctionnement des systèmes irrigués, d'une intégration des aspects physiques avec les éléments sociologiques et économiques. Du coup, la vision du milieu reste forcément cloisonnée, c'est là une des principales raisons de la non prise en compte du risque environnemental dans le système irrigué en question. Le modèle du Ngalenka amont reste donc à parfaire.

La viabilité des systèmes irrigués sahéliens étant, dans une large mesure, tributaire de la maîtrise, en amont et en aval, de tous ces critères d'analyse du risque environnemental, il est important de développer une approche méthodologique qui puisse prendre en compte, dans toute leur complexité, l'ensemble des paramètres fondamentaux qui composent ledit système; c'est l'objet du chapitre III.

III. Approche Par Critères d'Analyse (*APCA*)

Du chapitre précédent, comme de celui d'avant, nous avons tiré l'enseignement majeur que i) si les méthodes d'analyse procédant par description systématique plus ou moins exhaustive du milieu, permettent, certes, d'obtenir un état de la situation biophysique et socio-économique à un moment donné, ii) elles ne rendent pas compte de l'extrême complexité des interactions entre les acteurs en jeu, iii) pas plus qu'elles ne renseignent sur l'influence desdites interactions sur la dynamique d'ensemble du milieu.

C'est justement à ce double souci que se veut répondre l'Approche Par Critères d'Analyse (*APCA*). Cette méthode nouvelle permet, par combinaison de plusieurs facteurs (socioculturels, économiques et physiques), d'avoir une vue d'ensemble du système et du rôle de chacune de ses composantes sur la dynamique d'ensemble. Appliquée à l'étude des systèmes irrigués, cette méthode va permettre, désormais, une meilleure appréhension de ces systèmes et de leurs tendances évolutives.

En effet, les travaux de Michel (1973), Le Brusq (1982), Loyer (1989), Boivin (1993 et 1994), traitant de la salinité des sols et des eaux, en relation avec la mise en valeur des Périmètres Irrigués Villageois rendent compte rigoureusement de l'état physique et chimique des terres irriguées ou en voie de l'être; ils décrivent leur évolution dans le temps et dressent un bilan exhaustif de la situation au plan strictement pédologique et hydrologique. Mais, comme nous l'avons noté, tous ces travaux, de par leur forme et leur contenu sémantique n'ont, malheureusement, pas toujours répondu à cette question souvent implicite qui est de savoir quels enseignements pratiques en tirent les acteurs principaux que sont les agriculteurs et de ceux chargés de la gestion de ces espaces agricoles.

Sans doute parce que cette préoccupation n'était pas forcément celle de la majorité des chercheurs cités. Les résultats des travaux antérieurs s'adressent jusque là, le plus souvent, à d'autres chercheurs, plutôt qu'aux futurs utilisateurs (gestionnaires et agriculteurs). Lorsque, par exemple, Loyer (1989) traite de l'évolution des sols sous irrigation ou que Le Brusq (1982) restitue ses travaux traitant des sols salés de la basse vallée, de même que Boivin et al. (1994), Zante (1994), Charolais et Weber (1994), tentent une caractérisation physique de l'évolution des sols de la vallée du fleuve Sénégal, le propos s'adresse davantage à la seule communauté des chercheurs, souvent déjà très au fait des grands enjeux soulevés.

Comment partir de ces connaissances isolées pour élaborer, par combinaison ou intégration de connaissances, une méthode qui renseigne sur la dynamique des périmètres irrigués? Telle est la question centrale qui balise notre cheminement; car, même dans le postulat plausible où le chercheur se préoccuperait davantage de son protocole de recherche et des résultats scientifiques que de la formulation intelligible de ces résultats, en tenant compte de la «*cible finale*», il devient important que les travaux de recherche sur les systèmes irrigués sahéliens puissent connaître une orientation nouvelle, nous verrons comment l'APCA autorise cette vision nouvelle se voulant prospective.

Boivin et al.(1993), à la suite de Loyer (1989) et Le Brusq (1982) ont bien montré que le phénomène de dégradation saline des terres irriguées était bien lié à une remobilisation, en surface, des sels solubles piégés dans différentes strates de sols, à la faveur des fluctuations verticales de la nappe. Ces oscillations de la nappe interviennent lorsqu'il y a apport abondant d'eau suivi de forte évaporation. Toutefois, bien que l'intervention de l'agriculteur, acteur principal dans le fonctionnement du système, soit reconnue et évoquée implicitement (apports d'eau régulier, planification des activités, etc.), aucune allusion n'est faite, dans ces travaux, de ce facteur déterminant qu'est l'entité sociale.

Quant à Albergel (1994), Séguis (1992), Charollais et Weber (1994), etc., ils apportent un éclairage exhaustif sur la dynamique des eaux et la qualité chimique de l'eau d'irrigation, mais ne disent rien ou presque de l'influence, à terme, de cette dynamique sur la qualité des terres irriguées et de ses conséquences sur l'environnement biophysique, économique et social.

On le voit, l'absence de communication manifeste des disciplines qui se croisent sur ce même espace (le PIV) sans jamais échanger (intégrer) des connaissances complémentaires, ne permettait pas de prendre en compte le risque environnemental induit par la mise en valeur agricole des PIV. Ce risque, pris dans ses acceptions les plus larges (sociologiques, physiques et économiques), est à peine invoqué par les uns et les autres, mais sans chercher à mettre en commun les facteurs multiples de ce risque. Lericollais (1989) parle volontiers de risque mais en des termes plus généraux; allant au delà de la sphère du système irrigué, il compare ce qu'il appelle les *risques anciens* aux *risques nouveaux* sans, bien entendu, associer les phénomènes sociaux décrits, aux manifestations physiques sur le terrain.

Nous pouvons donc noter que ce risque est souvent perçu, imaginé, mais sa prise en compte, a priori, souffre particulièrement de l'absence notoire de repères (expériences concrètes) et d'un socle pluridisciplinaire permettant la construction de passerelles opérationnelles entre les connaissances des acteurs-clés, impliqués dans la mise en œuvre et la gestion systèmes irrigués. Ceci suppose, naturellement, d'inventer une approche nouvelle, qui tente de procéder à cette intégration des connaissances. «*L'approche par critères d'analyse*» que nous proposons ici, se propose de répondre à cette préoccupation; elle apporte des éléments de réponse à la problématique de la prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués.

L'approche par critère d'analyse procède par élaboration et essai d'application de deux *grilles d'analyse* : *l'une physique et l'autre socio-économique*. Chaque grille est une série de questionnements auxquels il importe d'apporter des réponses qui soient cohérentes et documentées. Il convient, toutefois, de mentionner que cette approche peut être non adaptée à certains contextes (économiques et socio-politiques) autres que ceux du Sahel, notamment en ce qui concerne les structures sociales chargées de la mise en valeur des terres irriguées. La toute première étape de l'approche consiste à caractériser le risque environnemental en question. Mais auparavant, nous allons situer l'approche, dans son contexte général, celui des méthodes d'analyse visant à intégrer les dimensions sociales et biophysiques.

3.1 Fondements pratiques et théoriques de *l'Approche Par Critères d'Analyse*

Dans la recherche d'une méthode originale et opérationnelle capable d'intégrer des connaissances pluridisciplinaires traitant d'un même espace géographique et humain, nous avons envisagés diverses possibilités. Au tout début de nos travaux, nous nous étions engagés dans une modélisation de systèmes complexes, en empruntant à l'approche dite multi-agents ses techniques de représentation. Il s'agissait de mettre au point un modèle mathématique, en langage JAVA; ce modèle devait se bâtir sur une approche combinant les techniques informatiques et l'analyse thématique des connaissances (sociales, physiques et chimiques). Nous devions aussi rechercher, au titre de comparaison, des expériences de travaux menés par d'autres chercheurs sur les systèmes irrigués sahéliens. Le résultat de ce début de collaboration s'est d'ailleurs traduit par la publication commune d'un article dans la revue Collections INRIA (Fyano, Senghor et Boivin, 1998), à l'occasion du CARI'98 (Colloque Africain pour la Recherche en Informatique).

Cette voie qui semblait, pourtant, très originale et prometteuse, puisqu'elle mettait en pratique le concept de la pluridisciplinarité¹, n'a pas abouti pour des raisons diverses. C'est donc à partir de ce moment précis que nous avons entamé une longue réflexion qui nous a progressivement conduit à proposer la présente démarche.

L'approche par critères d'analyse, précisons-le, est la traduction directe de notre vision de l'intégration des connaissances sur un système irrigué sahélien. La finalité de l'exercice est d'appréhender, dans son ensemble, le risque environnemental lié à la mise en valeur des Périmètres Irrigués Villageois du Ngalenka amont, en l'occurrence. C'est ainsi que nous sommes revenus à nos questionnements de départ et toutes les étapes qui ont ponctué la démarche gardent en substance cette préoccupation essentielle d'intégrer les connaissances socio-économiques à celles biophysiques pour se faire une meilleure vue d'ensemble de l'évolution du système étudié.

L'approche que nous proposons ici tire ses fondements théoriques et sa pertinence scientifique de quelques travaux et expériences similaires. Domon (1989, 1992) dont les travaux prenaient appui sur ceux de Berger (1987) a, dans sa thèse de doctorat, développé une approche fort intéressante qui rejoignait celle développée sensiblement à la même époque par Sebillotte (1988). Elle consistait à mettre en vis à vis les domaines du social et du biophysique, puis à analyser l'évolution de ce système *soicio-biophysique*, dans une perspective temporelle. Nous nous sommes largement inspirés de ses travaux, notamment de la vision intégrative du social et du biophysique.

¹ Un informaticien et un thématicien travaillant de concert sur un même sujet de recherche.

Bertrand et Reeser (1989) nous ont également servi de référence; en traitant des périmètres irrigués de Bakel (Sénégal oriental), ce binôme de sociologue et d'environnementaliste a développé une vision qui peut se résumer en une phrase : *la viabilité des PIV de Bakel ne saurait être garantie sans la nécessaire meilleure connaissance, par les exploitants agricoles, des enjeux environnementaux induits par leur mise en oeuvre; cette viabilité exige, par ailleurs, que les acteurs impliqués dans le système se connaissent davantage .*

Des conclusions et recommandations des travaux de Bertrand et Reeser (1989), comme de ceux de Domon, G. (1989), nous avons retenu que les approches intégrant des connaissances sociales, économiques et physiques sont, très certainement, une voie intéressante à explorer, dans la recherche de solutions appropriées à la problématique de la gestion pérenne des systèmes irrigués au sahel. D'où la décision de fouler les sentier tortueux de cette approche.

Comme on peut le noter, s'il est vrai que l'approche par *critère d'analyse* est le fruit de nos propres travaux, la philosophie ou la vision s'inspire largement des recherches de Domon, G. (1989), de Bertrand et Reeser (1989), ainsi que de nos expériences antérieures. A un niveau plus général, elle s'inscrit dans le cadre conceptuel de l'écologie agricole (Arrignon, 1987 et 1989; Acot, 1993; Bourguignon, 1989).

3.2 Caractérisation du risque

Nous poursuivons, ici, la caractérisation du risque entamée au chapitre I en procédant, cette fois, à son instrumentation. Le risque comporte, en effet, de multiples facettes dont nous allons tenter d'explorer quelques unes, les plus essentielles, au regard de notre problématique et de notre contexte.

Ce chapitre aidera à mieux comprendre les fondements du choix méthodologique que nous avons opéré et dont un des axes essentiels est précisément d'assurer une compréhension de la dynamique des terroirs par une prise en compte des dimensions biophysiques et sociales (Domon, 1989).

Sautier (1992) distingue trois types de stratégies qui ont valeur de généralités :

- i) *la dispersion* à tous les niveaux. Elle est destinée à atténuer les effets du risque en le dispersant dans l'espace de production (diversification des espaces de production, par exemple). Ainsi, l'agriculteur possède au moins deux types d'exploitation (sous-pluie et en irrigué) de manière à minimiser les incertitudes climatiques :
- ii) *l'évitement*, consiste à prévenir le risque en empêchant, autant que possible, sa manifestation. Il faut, alors agir directement ou indirectement sur ses causes;
- iii) le *contournement* qui, sans agir ni sur les causes ni sur les effets, permet de se tenir hors d'atteinte du risque. C'est la stratégie qu'utilisaient les agriculteurs du delta du fleuve Sénégal en abandonnant les terres exploitées pour de nouvelles, dès qu'ils percevaient les premiers signes de baisse de rendement.

La prise en compte du risque environnemental suppose donc ici qu'on accepte le risque comme une réalité impossible à occulter, mais il s'agit de rechercher un moyen de minimiser ses effets. Dans le cadre d'un projet agricole, comme c'est le cas du Ngalenka, ces trois stratégies sont souvent mises en œuvre conjointement. Par exemple, face à un risque de déficit pluviométrique qui mettrait en danger les spéculations hors périmètres, une des stratégies adoptées par l'exploitant (qui généralement est propriétaire des parcelles en cultures sous-pluie), est de concentrer davantage ses efforts sur la préparation de ses parcelles irriguées.

Par contre, en année pluvieuse, les parcelles irriguées sont, dans certains cas, pratiquement délaissées au profit des champs (sous pluie) dont la mise en valeur nécessite très peu de moyens (financiers surtout). Dans la plupart des cas, les pratiques agricoles préconisées pour atténuer le risque reposent essentiellement sur la *dispersion*.

A ce propos, l'agriculture de montagne et le pastoralisme en zone sahélienne sont de bons exemples d'adaptation aux variations des conditions du milieu physique. L'agriculture dite extensive a cet avantage d'être très flexible; elle se révèle plus apte que l'agriculture intensive à garantir une relative stabilité des niveaux de production. Lorsque certaines conditions sont réunies (faible densité démographique induisant une faible pression sur les ressources du milieu), les systèmes agro-pastoraux sahéliens font preuve d'une grande efficacité en limitant les risques d'origine climatique grâce, par exemple, à des pratiques et stratégies adaptatives. Le caractère extensif des systèmes d'exploitation repose à la fois sur le faible coût des moyens techniques mis en œuvre, l'accès à un espace ouvert et diversifié, mais également sur la rapidité de réponse à l'événement et une connaissance intime des forces et faiblesses du milieu physique (Arrignon, 1989). Une analyse comparative à partir de deux exploitations agricoles du Yatenga au Burkina Faso amène Diarrassouba (1968) à nuancer fortement certaines idées reçues.

Ces situations se distinguent par des offres en main d'œuvre très différentes et des stratégies contrastées quant à la mobilisation de la force de travail par unité de surface. Une majorité des exploitants adoptent la stratégie extensive ; comparée à la stratégie intensive, elle peut conduire toutefois à une plus grande vulnérabilité face aux conditions climatiques défavorables et à une faible productivité par actif.

Albergel (1994) compare la persistance d'années déficitaires au plan pluviométrique sur trois types de production : les céréales, les pâturages sahéliens et la culture de coton. Dans les deux premiers cas de figure (pâturages et céréales), se manifeste une forte variabilité inter-annuelle des niveaux de production du fait, principalement, de la variabilité des précipitations. Par contre, le coton enregistre une production croissante au cours de la même période.

Cet accroissement de la production du coton résulterait plus d'une hausse des rendements que des surfaces cultivées. Ces exemples permettent de conclure qu'à risque climatique de même intensité, les conséquences sur les productions agricoles sont d'autant plus significatives que le caractère extensif du système d'exploitation est marqué (Bergez et Bergez, 1988). Même si l'on ne considère que les processus de production en tant que tel, les perturbations qu'il subit ne relèvent pas uniquement que du milieu physique.

En effet, l'agriculteur est confronté à un état de risque qui résulte de l'intervention de phénomènes d'origine très diverses et dont la conjonction influence à la fois le niveau global de risque et les décisions qu'il prendra. Les techniques d'aménagement du milieu permettant de lutter contre les risques d'origine naturelle ne sont pas toutes utilisées de façon systématique à cause de deux autres types d'insécurité : l'insécurité foncière et celle liée à la commercialisation. L'insécurité foncière que nous avons eu l'occasion d'évoquer, induit le risque de spoliation et d'accaparement des terres une fois aménagées. Dans le second cas de figure, se pose la question de la rentabilité des investissements souvent assez lourds.

Une autre question essentielle relative au risque, concerne les rapports entre le risque lié à l'occurrence incertaine d'un phénomène et l'état des conditions relativement stables du milieu. Cet état va influencer sur l'expression du risque, rendant l'ampleur d'une perturbation donnée plus ou moins grave.

Cette question des interactions entre le risque et la contrainte renvoie directement au rôle des pratiques agricoles. Leur efficacité dans la lutte contre le risque dépend de l'état initial du milieu. Cette transformation résulte, d'ailleurs, souvent de l'activité agricole elle-même qui peut accentuer le poids de certaines contraintes, fragiliser le milieu et devenir ainsi un facteur de risque. L'évolution démographique, les transformations sociales, les nouvelles conditions créées par les politiques agricoles, contribuent, elles aussi, à déplacer le terrain du risque et à créer de nouveaux dangers.

Dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal, la sédentarisation croissante se traduit par une extension des surfaces cultivées aux dépens des parcours. Le pâturage excessif qui en résulte contribue à la destruction du couvert végétal qui accroît l'aridité en réduisant l'aptitude à emmagasiner l'eau utile. Le risque peut donc, résulter de la banalisation du milieu.

Ce que propose l'APCA, c'est une stratégie de planification fondée sur :

- i) le partage de connaissances; l'approche *Initiative Partagée* facilite ce partage et contribue à la promotion du savoir faire local ;
- ii) une technique originale de zonage du système irrigué (maillage du système et sélection des périmètres);
- iii) la valorisation des structures sociales locales (conseil de sages ou conseil de concertation et de gestion);
- iv) l'élaboration d'un tableau de bord résultat de l'analyse des grilles;
- v) production d'un cahier des charges pour aider à la prise de décision.

3.2.1 Dimensions du risque environnemental dans les systèmes irrigués

Nous identifions principalement trois dimensions du risque.

- **Une dimension sociale**

La dégradation des conditions (physiques) de production, la salinisation des PIV en l'occurrence, comporte un risque social certain dont nous ne présentons ici que quelques éléments d'appréciation. Parmi les dangers, ceux qui découlent de l'augmentation des prix agricoles (nous l'évoquerons plus bas) ne sont pas à minimiser. Il est évident que le développement de l'activité agricole se faisant pour et par des communautés locales, il s'agit d'abord d'assurer aux populations un certain confort social, par une production sécurisante. Dès lors que cette production n'est pas assurée ou qu'elle est menacée d'une quelconque manière, on crée les conditions d'un malaise social qui n'est autre que l'expression de cette appréhension du risque par les populations concernées.

Le département de Podor, en l'occurrence, qui compte une population rurale d'environ 180.000 habitants, connaît une mutation sociale profonde depuis l'avènement des barrages (Diama et Manantali) et la mise en valeur des périmètres irrigués. En effet, le passage des cultures pluviales et de décrue, aux cultures irriguées comporte un coût social certain qu'il convient de mesurer, de manière à le prendre en compte dans la gestion du système irrigué.

La logique sociale du développement agricole dans la vallée du Sénégal veut qu'il soit produit le maximum de céréales, pour atteindre le plus rapidement possible, d'une part la satisfaction des besoins alimentaires des populations locales sans cesse en croissance et, d'autre part, une contribution aux efforts pour l'autosuffisance alimentaire du pays.

Cette logique conduit forcément à accroître la productivité dans les PIV tout en mettant en place le maximum de terres aménagées pour permettre la double riziculture; de ce fait, parmi les usages concurrents de l'eau, la priorité va être donnée à l'irrigation.

Les comportements nouveaux¹ qu'entraînent ces choix sont également des facteurs importants du risque. Ces comportements ont trait, entre autres, à i) l'utilisation souvent disproportionnée de l'eau d'irrigation; ii) la transposition, dans les parcelles irriguées, des modes d'exploitation traditionnelle essentiellement basées sur les cultures sous pluie et les cultures de décrue. De plus, étant donné qu'ils ne sont pas propriétaires (au sens étymologique du terme) des parcelles qu'ils exploitent², les agriculteurs ont tendance à mettre moins de rigueur et de soins dans la tenue des parcelles en question. Il est, de ce point de vue, évident que la propriété foncière est un paramètre important qui garantit une gestion durable des terres cultivées (Diarrassouba, 68). En témoigne l'exemple de la riziculture en basse Casamance où les rizières, legs des ancêtres, sont transmises de père en fils, au titre d'exploitations familiales. Ces terres font l'objet d'une restauration physique et chimique annuelle de la part des familles qui les mettent en valeur ; ce qui leur permet de garder depuis toujours, leur fertilité. Ce n'est pas le cas dans la vallée du fleuve Sénégal où les périmètres rizicoles sont exploités par des organisations paysannes et où les terres sont une propriété de l'État.

La dimension sociale du risque fait donc principalement référence, ici, à la sécurisation de l'exploitant dans son aspiration légitime à des conditions de travail qui pérennisent l'outil de travail (la terre) et qui se traduisent par des résultats durables. La dégradation saline des terres irriguées participe ainsi de la création d'une certaine insécurité qui, déjà dans le chapitre précédant, s'exprimait en termes d'incertitudes.

¹ Exploitation commune des PIV, respect du calendrier et itinéraire technique etc.

² Ces terres relèvent, le plus souvent, du domaine National, donc propriété de l'Etat

- **Une dimension économique**

La dimension économique qui sous-tend le fonctionnement des systèmes irrigués se définit, certes, à une échelle plus grande (macro), mais l'on notera que la logique économique des systèmes irrigués de la vallée s'exprime, d'abord, en termes de rentabilité des investissements ayant permis de mettre en place des ouvrages structurants souvent lourds, de type de Diama et Manantali. Les coûts de ces ouvrages structurants représentent, dans une évaluation économique, des frais fixes, mais ces ouvrages engendrent, par ailleurs, des frais de gestion récurrents qui incitent à rechercher des compensations maximales sous forme de redevances et donc à privilégier les utilisations de l'eau les plus rémunératrices qui ne sont pas forcément celles de l'irrigation .

Si, dans une telle perspective, le risque de dégradation saline des PIV devait entraîner une baisse considérable des rendements et donc de la production, la conséquence au plan de l'économie nationale pèserait d'un poids (économique) trop lourd pour des investissements déjà difficiles à rentabiliser. La logique économique se réfère donc à la situation économique générale et à l'équilibre des filières de production, notamment la filière riz, pour ce qui concerne le cas sénégalais. A ce propos, notons qu'avant la dévaluation du franc CFA, de fortes distorsions existaient dans la filière, par rapport aux conditions du marché mondial (coûts de production trop élevés versus les prix pratiqués sur le marché mondial).

Elles se sont atténuées depuis, mais ont engendré des coûts qui doivent être supportés par la collectivité. Les conséquences de la perte d'un périmètre irrigué pour cause de dégradation saline, se traduisent, ici, en termes de manque à gagner.

Si les mesures à prendre, dans un tel cas, pour permettre à ladite terre de recouvrer une certaine qualité s'avèrent moins coûteuses que celles qui auraient été prises en amont (prévention), ce qui est peu probable, la question sera alors abordée en termes de coût d'opportunité de la prise en compte ou non du risque environnemental. Ce dernier comporte, en effet, un coût économique qu'il convient de pondérer avec les mesures à prendre pour empêcher au risque de survenir.

- **Une dimension écologique**

Le maintien du fragile équilibre des conditions du milieu biophysique de la zone du Ngalenka requiert une crue annuelle significative, inondant l'ensemble des terres de walo, une condition qui, aujourd'hui n'est plus remplie du fait de l'endiguement des cuvettes pour un contrôle de la crue. La logique écologique conduit donc à privilégier, parmi les usages de l'eau, celui qui garantit une crue artificielle permettant le maximum de cultures de décrue, la régénération du couvert végétal et la pêche fluviale. L'impact environnemental dont nous parlons ici tient principalement à l'évaluation du risque que font courir les systèmes irrigués (en particulier les systèmes sahéliens) aux facteurs de production que sont le sol et l'eau d'irrigation.

Lorsqu'ils sont identifiés, ces risques sont alors plus faciles à prendre en compte. Les trois dimensions que nous avons énumérées comportent chacune des forces et des faiblesses; il s'agit de trouver la combinaison qui concoure le mieux, à la préservation du milieu et qui autorise une génération de revenus significatifs.

3.2.2 Quel environnement ?

Pour mieux situer le cadre et le contexte de l'étude, nous apportons ici quelques précisions quant au concept d'*environnement* et celui d'*écologie*. Cette mise au point permet de camper nos propos et de canaliser les discussions.

La notion d'environnement est bien plus large que ne le laisse supposer cette conception restrictive. Le terme *environnement* évoque un espace entourant l'objet étudié : « l'entour », c'est à dire un ensemble d'éléments et de phénomènes localisés dans l'espace (Acot., 1993). Cet espace est, certes, extérieur aux activités humaines, mais c'est en son sein que se déroulent lesdites activités. L'intégration des activités économiques dans leur milieu n'est, bien sûr, pas passive ; elle implique des relations et des interactions qu'il est intéressant de formaliser. Quant à l'écologie, c'est la discipline scientifique qui étudie « les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toutes natures qui existent entre ces êtres vivants et leur milieu » (Acot, 1993). L'écologie a donc développé les concepts de *biocénose* pour désigner l'ensemble des espèces vivant en interdépendance et de *biotope* pour qualifier le milieu physique abritant ces espèces. L'*écosystème* est, lui, constitué de la combinaison de ces deux entités. L'ensemble des écosystèmes terrestres et aquatiques forme la *biosphère*.

Dans le cas qui nous concerne, le système irrigué du Ngalenka amont représente notre écosystème; quant au biotope, il est composé de l'ensemble des éléments du milieu physique (sols, eaux). S'il fallait définir une biocénose à l'échelle des PIV, elle serait constituée i) des spéculations; ii) d'une source ou d'une étendue d'eau et iii) des agriculteurs intervenant sur le PIV.

Par extrapolation, nous pouvons considérer notre système irrigué comme un système complexe où les interactions entre les entités physiques (sols et eau) et humaines (agriculteurs) se font dans le sens d'une autorégulation de l'ensemble du système dans les ajustements duquel l'entité sociale (agriculteurs) joue un rôle important. Toutefois, l'accroissement de la population n'étant pas toujours suivi par celle de la production, le développement des techniques nouvelles et leur utilisation non adéquate menacent l'harmonie générale de ces systèmes de production. Comme on le sait, les résultats des travaux de terrain sont rarement conformes à ce qui était prévu, parce que de nombreux aléas non ou mal anticipés sont intervenus au cours de la réalisation du travail. Ce qui n'empêche pourtant pas que des décisions de gestion soient prises. C'est pourquoi, étant donné que la plupart des méthodes de gestion s'appuient sur des informations quantitatives et/ou qualitatives qui se veulent fiables, l'intérêt des probabilités est de pouvoir continuer à raisonner soit sur des chiffres ou sur des paramètres qualitatifs. Ces méthodes que nous discuterons plus loin donnent des pistes intéressantes quant à la manière dont le système irrigué peut être analysé.

Mais avant d'entrer dans le détails du protocole lui même, nous présentons, ici, les principes généraux de l'approche proposée.

3.3 Principes de base de l'approche

Précisons, encore une fois, qu'il s'agit avant tout d'une proposition de méthode qui, a priori, permet de d'appréhender le risque environnemental résultant de la mise en valeur des PIV en zone sahélienne. Cette proposition de méthode a été construite à partir du constat que malgré la grande qualité scientifique des nombreux travaux réalisés (dans la vallée du fleuve, notamment) sur le processus de dégradation des systèmes irrigués, aucune ne s'est réellement intéressée à la problématique de la prise en compte effective du risque environnemental. Or, une telle éventualité permettrait non seulement de faire des économies importantes, au plan financier (en n'aménageant que les terres à faibles risques), mais de participer également à la préservation des espaces agricoles dans les vallées alluviales, zones d'irrigation.

Comment, avant le démarrage d'un projet hydro-agricole, intégrer ou prévoir ses incidences écologiques, aux sens biophysique et social du terme ? Mieux, quelles pistes méthodologiques permettraient de prévoir la manifestation dudit risque ? Telles sont les questions majeures auxquelles cette approche tente d'apporter des éléments de réponses.

L'Approche *Par Critères d'Analyse* proposée procède, avant toute chose, par sélection des Unités de Mise en Valeur qui feront l'objet de l'analyse; c'est-à-dire que les PIV qui seront passés au crible des deux grilles d'analyse sont déterminés suivant un protocole précis. Puis, sur la base d'une analyse exhaustive, le risque, ou plutôt le degré du risque pour chacun des PIV est appréhendé assez vite. Nous pouvons ainsi envisager des pistes de recommandations concrètes pour pallier ledit risque identifié. Mais auparavant, il importe de préciser le cadre d'application de la méthode, de même que ses principes fondamentaux; car comme on peut le deviner aisément, l'approche ne s'applique pas à tous les cas de figure.

3.3.1 Cadre d'application de la méthode

Un certain nombre de préalables incontournables président à l'application de l'approche *par critères d'analyse* :

- i) elle ne s'applique qu'au cas spécifique des projets hydro-agricoles¹; c'est -à-dire qu'elle ne pourra pas être employée dans un projet autre qu'un projet d'irrigation;
- ii) la mise en valeur des périmètres irrigués (ou leur exploitation) doit être assurée par des organisations de producteurs (OP) ou autres entités sociales dont on connaît, au préalable, l'histoire et l'expérience. En d'autres termes, les acteurs responsables de la mise en valeur des PIV doivent être déjà identifiés et connus (au travers d'enquêtes préalables ou autres types d'investigations);
- iii) on doit disposer d'un plan d'ensemble détaillé indiquant, entre autres, la délimitation physique des Unités de Mise en Valeur, représentées ici par les PIV et leur position géographique exacte. Autrement dit, chaque Unité de Mise en Valeur du système doit pouvoir être repérée, au premier coup d'œil, sur ledit plan ou carte .

Si un seul de ces préalables n'est pas satisfait, la méthode reste inapplicable, ceci constitue, il est vrai, une des limites certaines de l'approche quant à sa généralisation à d'autres types de projets.

¹ Au moment de leur conception . en tout cas, avant leur prière mise en valeur.

3.3.2. Échantillonnage des Unités de Mise en Valeur (U.M.V¹)

Pour déterminer les UMV à considérer dans l'étude, nous procédons par échantillonnage selon la méthode de Bertrand (1989). Cette méthode d'échantillonnage que l'auteur a expérimenté sur les PIV de Bakel lors de ses travaux en 1989, semble parfaitement adaptée à notre contexte et sujet de recherche. Nous avons retenu cette technique parce qu'elle permet, de manière tout à fait aléatoire, de sélectionner dans un système irrigué, parmi plusieurs PIV, a priori, identiques, un nombre limité d'UMV représentatives de l'ensemble considéré. Cette technique d'échantillonnage a été, par ailleurs, validée en 1992 par l'Institut de Gestion de l'Eau de la KU-Leuven², en Belgique (voir bulletin de l'Institut de gestion de l'eau de la KU Leuven). Toutefois, ce procédé nécessite un logiciel spécifique, en l'occurrence AUTO CAD ou MAPINFO: elle s'applique donc jusque là sur une console équipée d'un de ces instruments cartographiques. Pour éviter cette restriction qui pourrait présenter des blocages, au plan pratique, nous avons modifié le support de l'échantillonnage, en le rendant plus flexible (GEOCONCEPT, ou tout autre support cartographique disponible). Dans le souci d'une plus grande clarté, la formulation du procédé (employant, à l'origine, des termes quelque peu ésotériques) a été, elle aussi, légèrement modifiée tout en respectant les bases scientifiques de l'approche.

Les principes de base définitivement retenus consistent, à partir du plan de masse de l'ensemble des PIV, en format A4 ou A3 de préférence, à :

- i) dessiner une grande maille, de manière à ce qu'elle contienne l'ensemble des UMV du projet d'aménagement considéré;
- ii) tracer deux diagonales dans cette maille;

¹ Nous considérerons ici que les PIV constituent les UMV.

² Université catholique de Leuven

- ii) ne retenir, entre les deux diagonales, que celle qui touche le plus grand nombre d'UMV;
- iii) toute UMV touchée par ladite diagonale doit alors faire l'objet de l'analyse.

La maille est dessinée de la façon suivante : à partir du plan de masse des UMV, nous traçons deux verticales aux deux extrémités du plan ou de la carte¹, de manière à ce que les UMV situées le plus à gauche et le plus à droite dudit plan ou carte soient à l'intérieur de la maille. Ensuite, nous traçons deux lignes horizontales perpendiculaires aux précédentes, de façon à fermer la maille. Ces lignes horizontales doivent également être tracées de sorte que l'UMV la plus en haut du plan de masse et celle le plus en bas soient à l'intérieur du plan (voir figure 22 ci-dessous).

¹ A une échelle donnée : la plus grande possible et qui permette de représenter toutes les UMV du système irrigué.

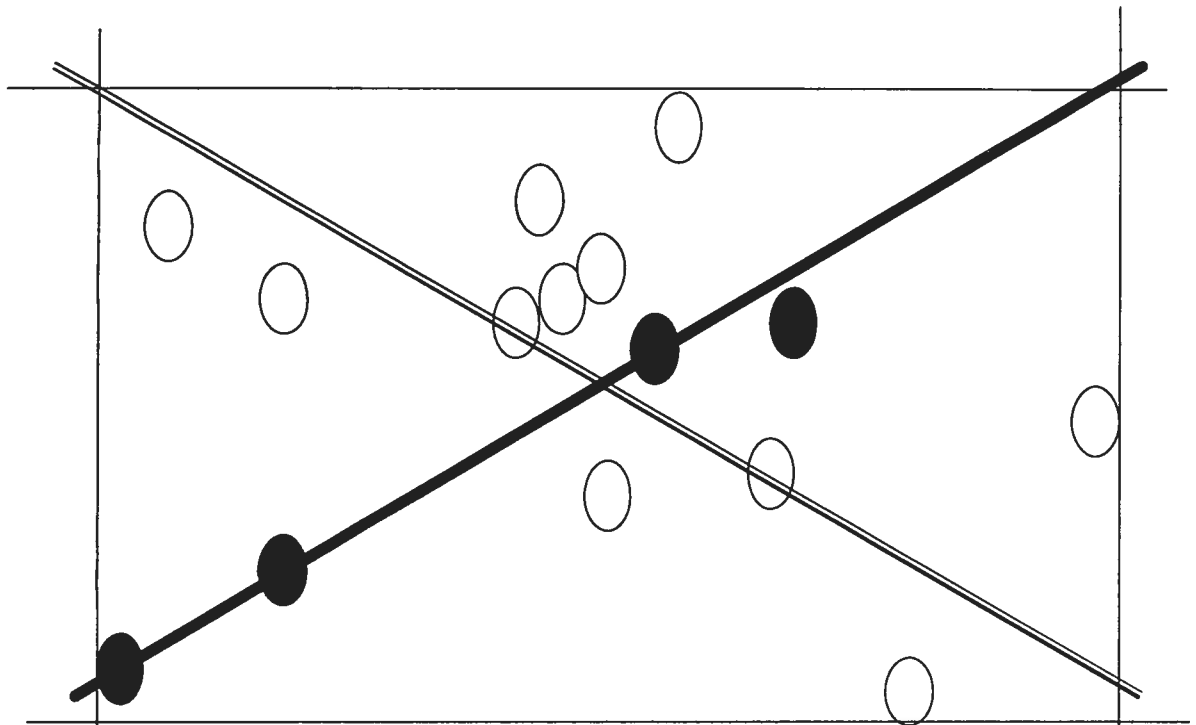


Figure 22 : Grille de maillage du système irrigué

La diagonale orientée Sud –Ouest Nord–Est (la plus épaisse des deux) est celle qui touche le plus grands nombres de PIV (4, au total, contre deux pour la seconde diagonale); c'est donc elle qui sera retenue. Les 4 PIV qu'elle touche (PIV noircis) sont alors retenus pour faire l'objet de l'étude par critères d'analyse.

3.4 Élaboration des critères d'analyse

Une fois que les UMV ont été sélectionnées, il faut pouvoir déterminer les facteurs de risque environnemental que comporte la mise en valeur de chacune d'entre elles; autrement dit, il faut s'atteler à mesurer, pour chaque UMV, son degré d'exposition au risque environnemental. Pour ce faire, nous avons élaboré des *critères d'analyse du risque* encouru par la mise en valeur de tout périmètre irrigué sélectionné.

L'élaboration de ces critères a été rendue possible, grâce à la combinaison de deux niveaux d'investigations :

- i) l'analyse de divers travaux de recherches traitant de l'irrigation et de ses contraintes (Loyer, 1989; Le Brusq, 1982, Boivin, 1994), Zante, 1994), Boutillier, 1967), Charollais et Weber (1994), Bertrand (1989), a révélé une convergence de points de vues entre chercheurs quant à l'existence d'un risque de dégradation saline des terres irriguées, bien qu'il y ait quelques divergences (surtout entre les travaux de Le Brusq – Loyer (1987-1989) et ceux de Charollais et Weber, 1994) sur le poids des facteurs de risque invoqués par les uns et les autres. D'où l'intérêt de bien identifier ces facteurs et d'en déterminer le poids respectif vis à vis d'un poids moyen à déterminer;
- ii) les résultats de nos enquêtes et entrevues réalisées sur le terrain, auprès des populations riveraines du Ngalenka et de quelques techniciens et gestionnaires de projets intervenant dans le secteur, montrent que le risque environnemental qui nous préoccupe est diversement apprécié par les acteurs en jeu; la perception de ce risque, notamment, est différente suivant qu'on est agriculteur, gestionnaire, technicien ou expert (voir questionnaire type en annexes). Il nous est donc apparu important de déterminer le poids catégoriel¹ du risque environnemental et de mentionner quelques unes des diverses perceptions. Nous verrons plus bas (chapitre 3.5) les différentes perceptions du risque environnemental, mais nous pouvons, d'ores et déjà, noter que ces perceptions sont fortement influencées par le mode de pensée et les croyances.

¹ Poids de chaque facteur par catégorie .

3.4.1 Techniques d'investigations

Au terme des investigations menées à Podor notamment, nous avons procédé à une synthèse des résultats obtenus sur le terrain avec la revue générale de la littérature traitant, précisément, du risque. Ceci nous a permis de sélectionner trois grandes catégories ou sources d'information, de même que trois principaux facteurs de risque tel que l'indique le tableau ci-dessous. Les trois sources d'information identifiées sont les catégories «*experts*», «*exploitants et populations*», «*gestionnaires*». Quant aux facteurs de risque, nous en avons identifiés trois principaux : «*quantité et qualité de l'eau*», «*nature des sols exploités*», «*pratiques culturelles et modes d'exploitation*» des terres irriguées.

Catégorie ou sources	Facteurs de risque		
	EAU	SOLS	PRATIQUES
<i>Experts</i>	43	16	42
<i>Gestionnaires locaux</i>	16	6	22
<i>Agriculteurs et populations</i>	1	51	16
Poids total relatif	60	73	80

Tableau IX: Pondération des facteurs de risque

Nous avons conçu une matrice de pondération des facteurs de risque suivant la source ou la catégorie. Pour chacune des catégories considérées, ce qui importe ici, c'est, bien entendu, moins la personne physique ou son titre (expert, agriculteur, etc.) que le mode de pensée que ladite catégorie est censée représenter ou véhiculer. Les sources ayant servi à l'établissement de la matrice proviennent de différents travaux ou résultats de recherches, d'entrevues avec des exploitants et non exploitants agricoles dans l'ensemble des 14 villages bénéficiaires du projet Ngalenka amont.

Soit, en moyenne, 4,3 exploitants agricoles interviewés par village¹, ce qui signifie que 8,7% des exploitants de chaque village ont été interrogés. Aussi 15 gestionnaires interviewés (dont 2 présidents de communautés rurales, 1 maire, 3 sous-préfets et 9 conseillers ruraux). Quid de la représentativité de cet échantillon établi a posteriori ? Au moment de la première enquête réalisée en octobre 1996 nous nous sommes juste contenté de rencontrer les personnes qui étaient disposées à nous recevoir, car les populations, lassées par presque 7 années de ce type de sollicitation, sans avoir rien vu de concret sur le site, ne croyaient plus au projet. De ce fait, trois personnes sur cinq, en moyenne, ne souhaitent plus se prononcer sur cette question. C'est pour cette raison que nous nous sommes résolu à sillonner tous les villages bénéficiaires du projet Nagalenka amont, multipliant ainsi les chances d'élargir l'échantillon. Le principe consiste à noter, pour chaque facteur de risque, le nombre de fois que celui-ci est cité dans la même catégorie par des sources différentes. Autrement dit, faire le point de la fréquence de citation d'un facteur de risque dans la même catégorie. La pondération catégorielle consistera à faire le total des points, par facteur de risque, pour l'ensemble des catégories en jeu (eau, sol, pratiques).

3.4.2 Structure des résultats obtenus

Prenons le cas où la qualité chimique de l'eau d'irrigation est citée comme facteur de risque de dégradation des PIV. Celui-ci est noté 43 fois dans la catégorie « *expert* », 16 fois dans la catégorie « *gestionnaires* », une fois dans celle formée par les « *agriculteurs et populations* ». Ce qui témoigne de la faible importance de ce facteur auprès des agriculteurs, même s'il garde, néanmoins, son caractère clé auprès des experts.

¹ Chaque village compte, en moyenne 50 exploitants dans les PIV (700 exploitants répertoriés dans les 14 villages).

A l'inverse, sur ce même échantillon, la qualité intrinsèque des sols cultivés est un facteur qui apparaît 51 fois dans la catégorie *agriculteurs et populations*, 15 fois dans la catégorie « *gestionnaires* » et 16 fois seulement dans « *experts* ». Curieusement, le *facteur sol* revient plus souvent chez les agriculteurs et les populations riveraines que chez les chercheurs experts. Ceci s'explique par le fait que les exploitants agricoles perçoivent ce qu'ils considèrent généralement de supposée « *fatigue du sol* » comme un facteur récurrent, alors que les experts (pédologues, hydrologues, etc.) voient ce facteur récurrent plutôt comme une combinaison de la qualité de l'eau et des pratiques agricoles.

Partant du même échantillon, une classification des facteurs de risque selon l'importance de leur poids donne, dans l'ordre décroissant, les facteurs : *Pratiques culturales* (80)¹, *qualité des sols* (73) et *qualité de l'eau d'irrigation* (60). Lorsque, par ailleurs, le même facteur est cité dans plusieurs sources (plus de la moitié des sources), nous le considérons comme un facteur critique et le classons, *de facto*, dans une des deux grilles établies à cet effet, au titre de critère clé.

C'est de cette façon que nous avons réussi à établir les deux grilles d'analyse : *une grille dite physique* et une autre *grille dite socio-économique*.

3.4.3 La grille physique

La grille physique comprend 5 critères sélectionnés selon le protocole que nous venons de décrire. Cette grille analyse le milieu physique et fournit des paramètres de mesure ou d'appréciation de la qualité (physique) des Unités de Mise en Valeur (UMV) sélectionnées. La grille physique renseigne sur la dynamique du milieu physique considéré, à travers le fonctionnement de ses différentes composantes (notamment le sol, les eaux *superficielles* et *souterraines*).

¹ Le chiffre entre parenthèse représente le poids numérique du facteur

Chaque critère est examiné et commenté, bien entendu, en rapport avec une UMV sélectionnée, dans l'optique de fournir les renseignements (spécifiques) les plus pertinents possibles concernant les atouts et les faiblesses (au plan physique) de ladite UMV.

En d'autres termes, le passage en revue de l'ensemble des critères physiques ci-dessous renseigne sur les aptitudes physiques de l'UMV à supporter la « charge environnementale » encourue par sa mise en valeur hydro-agricole. Ce qui permet d'envisager des mesures permettant d'anticiper les éventuels goulots d'étranglement.

- **Les critères d'analyse**

Lorsque les préalables sont satisfaits, la grille physique présente 5 critères d'analyse ($\Phi 1$ à $\Phi 5$) que le projet est tenu de satisfaire pour répondre aux exigences minimales de prise en compte du risque :

Φ_1 . *La charge environnementale du sol est capable de supporter la culture envisagée.*

Ce critère procède de la caractérisation des sols faisant l'objet de l'irrigation: il permet d'appréhender leur aptitude culturale et leur sensibilité à cette sollicitation biologique et physique que nous avons appelé «*charge environnementale*». La logique qui prévaut ici est, bien sûr, la nécessité de bien connaître la qualité physico-chimique des sols de manière à pouvoir identifier les zones sensibles à cette *charge environnementale*. Les délimitations spatiales des grands ensembles géomorphologiques et/ou pédologiques dresse, de facto, la carte des zones et UMV fragiles, du point de vue de leurs prédispositions pédologiques. Ce qui, du seul fait de ces connaissances, participe largement de l'analyse du risque environnemental dans le système irrigué.

Φ_2 . Réseau hydrographique et qualité de l'eau d'irrigation.

De la même manière que pour les sols, la ressource eau constitue un élément essentiel du système. La connaissance du réseau hydrographique et de son fonctionnement est indispensable, par exemple, à l'établissement du bilan des transferts hydriques qui ont lieu au sein du système irrigué. Ce bilan renseigne sur les quantités d'eau drainées par l'UMV par rapport à celles qui y entrent.

En connaissant les cultures pratiquées dans les UMV et donc les besoins spécifiques en eau au cours de leur cycle, on peut planifier les usages de cette eau. Étant donné, par ailleurs, le contexte de rareté¹ de cette ressource caractéristique de la région sahélienne, le souci de sa gestion rigoureuse se pose avec acuité. La connaissance de la qualité et de la quantité de la ressource hydrique est capitale pour les décisions de gestion rigoureuse de l'eau dans une optique de pérennisation du système.

 Φ_3 . Mode d'alimentation en eau et système d'exhaure.

Outre le réseau hydrique et son fonctionnement intrinsèque, il importe de maîtriser le mode d'alimentation en eau des UMV; autrement dit, le procédé de mobilisation de l'eau aux fins d'irrigation. Les risques liés au mode d'alimentation en eau des UMV peuvent être de plusieurs ordres : pertes par excès des apports, ce qui peut conduire à un engorgement des terres par remontée rapide de la nappe à la surface. Un autre risque résulte des apports incontrôlés d'eau sur des sols peu profonds contenant des sels fossiles pouvant être remobilisés par la nappe dans son mouvement ascendant.

Ces sels dissouts peuvent alors se retrouver en surface par le truchement des remontées capillaires favorisées, elles, par la forte évaporation caractérisant la région.

La connaissance du système de drainage permet de savoir où sont rejetées les eaux usées au sortir des UMV. Les quantités de sels, entre autres, que peuvent contenir ces eaux drainées atteignent parfois des proportions alarmantes; d'où l'intérêt d'identifier les zones de rejets.

En effet, si ces eaux sont rejetées dans la nature, il faut veiller à ce que ce ne soit pas dans des aires qui peuvent faire l'objet d'un aménagement ou d'un usage agricole ultérieur. Faute de quoi on déplacerait ainsi les problèmes dans le paysage sans pouvoir en mesurer les conséquences au plan environnemental.

Φ₄. Échanges de flux et de solutés entre la surface du sol et la nappe

Le suivi des échanges de flux et de solutés entre la nappe et la surface permet de comprendre la dynamique de l'eau souterraine. Cette connaissance acquise par les spécialistes est utile au planificateur dans le cadre de la gestion de l'eau en vue de minimiser le risque environnemental induit par les systèmes irrigués.

Φ₅. Degré d'appropriation du PIV par le groupe

Comme nous l'avons souligné, le système irrigué doit être considéré comme un ensemble constitué de différentes entités tant physiques que sociales. En effet, l'activité d'irrigation n'a de réalité que par l'existence de ces entités: la dynamique des éléments physiques (sols, eau) est, quant à elle, influencée par la manière dont l'activité, au sein de ces entités, est organisée et gérée par les éléments sociaux chargés de la mise œuvre du projet.

¹ Il faut sans doute relativiser le terme rareté de l'eau : les grands bassins en disposent suffisamment, comme nous l'avons noté au chapitre I, mais c'est sa mobilisation qui n'est pas assurée.

En retour, cette évolution (physico-chimique) des sols et de la ressource en eau influence, elle aussi, les comportements sociaux, en termes de planification des activités et de stratégies d'action de la part des groupes en question. D'où l'intérêt de bien connaître ces groupes, surtout dans leur mode d'organisation et leur expérience de gestion de l'irrigation, mais de s'assurer, également, de leur engagement suffisant dans le projet.

Cet engagement ne peut être effectif et durable que lorsque le groupe s'approprie réellement le projet et que l'exploitant, pris individuellement, met en valeur et gère sa parcelle comme son propre bien et non un titre dont il possède un simple droit d'usage. C'est là une condition importante pour la bonne tenue des terres et une minimisation du risque.

3.4.4. Grille socio-économique

Comme celle des critères physiques, la grille d'analyse socio-économique comprend un ensemble de critères qui renseignent sur l'organisation mise en place dans le cadre de l'exploitation du périmètre irrigué. Cette grille d'analyse fournit également des informations pertinentes relatives aux modes de gestion des UMV.

On sait, en effet, que pour ce qui concerne le projet Ngalenka amont, par exemple, chaque UMV est gérée par une Organisation Paysanne (OP) donnée¹. Il est donc important que les critères puissent informer de la capacité des groupes concernés à conduire une mise en valeur des UMV selon les normes qui garantissent la pérennité du système irrigué. Cette grille comprend 6 critères d'analyse (σ_1 à σ_6).

¹ Dans le secteur Ngalenka, nous avons affaire à des Groupements d'intérêt Economique (G.I.E).

σ₁: La mise en œuvre du PIV est assurée par une organisation de producteurs (OP) reconnue

Ce premier critère d'analyse de la grille OP permet de s'assurer que l'unité de mise en valeur est exploitée par une organisation paysanne répertoriée auprès de l'autorité administrative compétente.

Elle doit également être connue de ses riverains et de l'autorité technique impliquée dans le projet. Cette précaution est nécessaire si l'on veut suivre, de manière rigoureuse, le fonctionnement du groupe en question, de même que son évolution dans le temps.

Ceci, surtout, lorsque l'OP est dotée d'une personnalité juridique pouvant prétendre à un crédit (de campagne ou d'équipement) de la part de l'institution de financement : la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS). La personnalité du groupe et sa capacité à conduire de telles activités, se mesurent d'abord à la qualité de ses réalisations certes, mais sa bonne réputation auprès des autorités techniques et administratives constitue également un baromètre important d'appréciation de ses qualités intrinsèques.

Il faut, en effet, que le groupe rassure et donne un minimum de garanties (aux techniciens locaux notamment) quant à sa capacité à gérer le PIV selon les principes garantissant la viabilité du système. Ce critère est, par ailleurs, un paramètre de contrôle du critère physique Φ_5 , puisqu'il insiste sur une bonne connaissance du groupe.

σ_2 . *Expérience de l'OP en matière de gestion des exploitations hydro-agricoles*

Le respect des protocoles de mise en valeur d'un périmètre irrigué dans toute la rigueur qu'impose une telle opération, exige que le groupe chargé de l'exploitation du périmètre puisse donner un minimum de garantie quant à sa capacité à assurer une bonne tenue des parcelles. En effet, plus l'OP présente de bonnes prédispositions à gérer une UMV selon les normes et principes techniques qui en garantissent la pérennité, plus les risques environnementaux liés à l'exploitation de cette UMV sont susceptibles d'être réduits. Lorsqu'on a affaire à un groupe sans aucune expérience en la matière, les risques de dégradation du milieu physique sont alors multipliés par un facteur ρ qui est inversement proportionnel à son expérience (en nombre d'années et en volume de réalisations). Ce critère mettant l'accent sur la maîtrise qu'a le groupe, a priori, de la problématique générale de l'irrigation, notamment dans ses composantes pratiques, reprend quelque peu les exigences posées par le critère physique Φ_1 .

En effet, une OP expérimentée suppose, de la part de cette dernière, un capital de connaissances empiriques, au moins, lui permettant d'appréhender les conditions physiques de son PIV. Ceci lui permet d'identifier, a priori, des pratiques contre aléatoires (Le Ricollais, 1989) pour minimiser le risque de perte de rendement, entre autres: ce qui joue en faveur de la minimisation du risque.

σ_3 . *Organisation interne du groupe*

Ce critère est un gage supplémentaire de la capacité du groupe à réussir des activités communes. Il garantit une bonne coordination des activités de mise en valeur des PIV et assure, par conséquent, le bon fonctionnement du groupe, en tant qu'entité homogène.

Il rassure aussi quant au professionnalisme de l'OP; ce qui constitue un facteur clé pour le succès des opérations au sein du PIV, dans le respect des itinéraires techniques. σ_3 permet de mesurer le degré d'équité et de transparence dans le groupe. Ce qui est une condition sine qua non de la bonne gouvernance, gage de son succès et de sa pérennité.

Le processus de prise de décision au sein du groupe est important; il garantit sa viabilité. Par exemple, le choix des cultures que le groupe décide de mettre en place doit avoir fait l'objet d'un consensus. L'harmonie du groupe dans la mise en valeur du périmètre irrigué est un indicateur de sa cohésion et de son engagement dans le projet. Cette cohésion et cet engagement minimum apparaissent indispensables au respect scrupuleux des procédures de gestion des ressources en eau et en sol du système irrigué. L'appropriation du projet par le groupe peut être un facteur qui renforce la cohésion du groupe pour une gestion des activités dans le PIV qui préserve les intérêts présents et futurs du groupe; d'où le lien fait avec le critère Φ_5 .

σ_4 . Techniques d'exploitations adoptées et leur maîtrise par l'OP.

Les modes d'exploitation mis en œuvre par le groupe doivent être adaptés à la configuration du milieu physique. Autrement dit, l'OP doit veiller à ce que les options techniques adoptées n'entraînent pas une «charge environnementale» trop forte pour le système irrigué; ce qui participe de la préservation des conditions du milieu physique et donc de la prévention du risque environnemental dans le système irrigué. La réalisation des critères σ_2 , Φ_1 et Φ_5 facilitent la satisfaction de ce critère, car si le groupe est expérimenté, il possède une bonne connaissance de son milieu physique et présente de meilleures dispositions pour s'approprier le projet. Ce qui favorise l'adoption de bonnes pratiques agricoles contribuant à minimiser le risque environnemental dans le PIV.

σ 5. Perception du risque environnemental par la groupe.

Le risque environnemental induit par la mise en valeur du périmètre irrigué est perçu de diverses manières par les différents acteurs (chercheurs, agriculteurs, ONG, techniciens, bailleurs, etc.) intervenant sur ledit périmètre (voir figures 24 à 26).

Toutefois, ce qui nous intéresse ici, c'est surtout la manière dont l'OP perçoit ce risque et ce qu'elle envisage faire pour le juguler. L'argument, ici, consiste à dire que plus le risque est appréhendé par l'exploitant, mieux ce dernier est capable de le prévoir à défaut de pouvoir l'éviter.

Nous avons vu plus haut qu'à l'échelle de l'agriculteur, cette perception du risque était largement influencée par les valeurs traditionnelles basées sur les mythes animistes et les croyances religieuses faisant référence à Dieu. On ne peut, toutefois, pas aborder cette question, ici, du point de vue strictement social, sans rappeler les fondements scientifiques, c'est-à-dire, sans évoquer rigoureusement le référentiel élaboré par la recherche (hydrologique et pédologique). Ce critère présente la vision que le groupe a du risque invoqué.

Il donne des arguments de gestion au planificateur et un contenu spécifique de formation-sensibilisation au technicien - encadreur. Ce dernier pourra adapter et mieux cibler son discours de sensibilisation pour la prise en compte du risque environnemental dans les PIV.

La perception du risque une fois clairement exprimée, le groupe doit être appuyé pour qu'il mette en place un système d'auto évaluation de l'impact de ses activités. Ce système d'auto-évaluation de l'OP permet au groupe d'identifier, ex ante, les goulots d'étranglement.

Une telle démarche constitue déjà, en soit, une manière de prévenir le risque de dégradation du milieu physique.

σ 6. Rentabilité économique de l'exploitation

La pertinence de ce critère réside dans le fait qu'il permet de s'assurer que l'exploitation est rentable au plan économique. Le postulat, ici, est que si ce n'est pas le cas, le groupe, pour pouvoir continuer et maintenir l'activité à un niveau acceptable a besoin d'être subventionné; ce qui ne peut pas se faire à l'infini et, du coup, fragilise le système en le rendant fortement dépendant d'un ou plusieurs acteurs extérieurs. Autrement dit, la rentabilité minimale du système, en garantissant un mécanisme d'auto entretien du PIV, participe largement de sa viabilité.

L'exploration des deux grilles appelle des questionnements et des commentaires légitimes :

- comment en est-on arrivé à 11 critères (5 pour la grille physique et 6 pour la grille OP) et pas plus ou moins ?
- Pourquoi n'a-t-on retenu que 3 facteurs de risque et pas plus et comment ont-ils contribués à l'élaboration des grilles d'analyse ?
- Qui est responsable de la vérification ,a priori, des critères ?
- A qui sont destinées les grilles ?
- Quelle lecture peut-on ou doit-on faire des grilles d'analyse ?
- Quelle est leur mode d'application sur le terrain ?

La dernière question sera traitée au premier paragraphe du chapitre IV. Quant aux autres, elles trouveront des éléments de réponses dans la discussion de l'analyse du risque environnemental.

3.4.5 Bilan de l'analyse des grilles

A la fin de l'analyse, l'*APCA* suggère que les résultats soient présentés sous forme d'un tableau-bilan, on l'appellera, par analogie, un *tableau de bord*. Selon l'approche, un système irrigué est d'autant plus performant vis à vis de la prise en compte du risque environnemental, que son bilan est positif (+). Autrement dit, plus un système irrigué présente un bilan (+), plus le risque environnemental induit par les activités d'irrigation est réduit. Ceci pose à nouveau la question de la lecture qui doit être faite des résultats présentés par les grilles.

L'analyse des grilles nous indique, d'abord, qu'elles procèdent de la combinaison des connaissances sur les milieux physique (support des PIV) et social (dont l'OP est l'acteur principal).

La plupart des critères de la grille OP n'ont de pertinence, par rapport à l'ensemble des 2 grilles, que parce qu'ils consolident ou vérifient la solidité et la faisabilité technique des éléments de la grille physique: nous avons pu noter, dans l'analyse de la grille OP, les recoupements entre les grilles. Ceci montre l'interdépendance entre elles et exprime le nécessaire partage des connaissances entre les domaines en jeu (physique et le social). Notons, toutefois, que les connaissances qui alimentent la grille physique sont l'affaire des spécialistes (géographes-pédologues, hydrologues, agro-pédologues).

Il va donc de soi que cette grille sera développée ou renseignée par la catégorie d'acteurs *techniciens*, en collaboration avec les acteurs *experts*. Nous avons explicité en 3.4, le protocole d'investigation et la méthode par laquelle nous en sommes arrivés à retenir trois facteurs de risque et seulement 11 critères qui constituent un minimum.

Mais il va de soi qu'on aurait pu considérer beaucoup plus de 3 facteurs de risque et plus 11 critères d'analyse; mais dans l'approche que nous proposons, ce sont là les 3 facteurs qui se sont révélés les plus importants; quant aux 11 critères, il s'agit d'un minimum indispensable.

- **Différentes perceptions du risque .**

La notion du risque en agriculture a été développée au chapitre I ; elle nous indique une littérature relativement peu abondante sur la question. On comprend donc qu'il en soit de même pour le concept de risque environnemental dans les systèmes irrigués sahéliens. Mais, comme nous l'avons indiqué dans la grille OP, au critère s₅, le risque environnemental induit par la mise en valeur des périmètres irrigués est perçu différemment chez les trois catégories d'acteurs (experts, agriculteurs, techniciens et gestionnaires).

Les enquêtes menées sur le terrain en 1996 et 1998 (voir, en annexes, un modèle des 2 questionnaires distribués) auprès des villageois, nous ont permis d'élaborer quelques éléments concernant ces perceptions. Le tableau IX (page 166 fait la synthèse des résultats obtenus quant à la caractérisation des facteurs du risque. Cela dit, précisons que les enquêtes n'ont concerné que les populations locales selon le schéma décrit au chapitre 3.4.1. Cette question a très peu été discutée avec les chercheurs; pour cette catégorie nous nous sommes davantage servi des travaux de recherche et des publications diverses. Deux questionnaires ont été élaborés : un pour les techniciens et l'autre pour les agriculteurs.

Le questionnaire à l'attention des techniciens était ouvert alors que le second était plus fermé, avec des questions plus ciblées du type : *lorsque vous enregistrez, sur votre PIV, une chute brutale de rendements, sans raison apparente, à quelle cause penseriez vous en premier ?*

A quel(s) facteur(s) attribueriez vous la dégradation présente ou future des sols dans vos périmètres? Mais avant d'en arriver aux résultats de l'échantillon étudié, nous discutons de cette perception en général.

- **La dimension du magique et du religieux**

Un ensemble de rituels accompagne souvent la mise en valeur agricole. Dans le cas de l'agriculture sahélienne, la prise en compte du risque climatique (insuffisance des pluies, fortes évapotranspiration, etc.) se fera au travers des prières et incantations supposées accélérer les processus climatiques qui aboutiront au déclenchement des précipitations.

Les pratiques magico-religieuses occupent exclusivement la conscience (verbale) des populations paysannes d'Afrique, en général, du Sahel en particulier. Ces paysans mettent en œuvre des pratiques empiriques souvent très efficaces. Ces pratiques traduisent une forte adaptation des groupes aux conditions naturelles, mais ne sont pas mentionnées de manière explicite parmi les stratégies conscientes (Barreteau, 1994).

En riziculture Diola, par exemple, la disposition des billons en quinconce relève de l'attitude de méfiance de l'agriculteur face à un environnement hostile : l'ennemi pouvant surgir de partout pendant qu'on est occupé à retourner la terre, le cultivateur prend en compte ce risque en se mettant dans les dispositions de changer constamment de position et de pouvoir surveiller les quatre coins cardinaux. Ce comportement se matérialise sur le terrain par des billons orientés dans tous les sens (Sud Nord Est Ouest).

▪ Perception du risque chez les agriculteurs

Précisions que nous traitons essentiellement de la perception du risque de dégradation des conditions de production dans les PIV et non du risque en général. Nous avons voulu, ici, éviter l'écueil éventuel de voir les propos dépasser largement le cadre précis du sujet.

La figure 24 ci-dessous établit les résultats de l'enquête réalisée auprès des 24 agriculteurs rencontrés (voir en annexe, la liste des personnes rencontrées) :

Pondération du risque chez les agriculteurs du Ngalenka amont selon trois facteurs

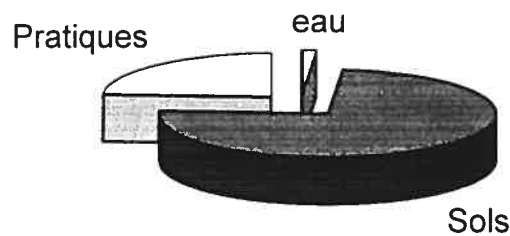


Figure 23 : pondération des facteurs de risque chez les agriculteurs rencontrés

Si on s'en tient à nos chiffres, nous pouvons dire que pour les agriculteurs, la nature du sol est la source principale du risque environnemental dans les périmètres irrigués, puis viennent, dans l'ordre d'importance décroissante, l'eau et les pratiques. Ce dernier facteur est considéré, par notre échantillon, comme négligeable.

Mais lorsqu'on examine bien les réponses, on se rend compte que les sols sont incriminés non pas comme cause mais comme support de la manifestation du risque. En affinant les questions, une large majorité des agriculteurs pensent que les causes profondes du risque sont d'ordre climatique.

Lorsqu'on leur demande ce qui peut être fait pour juguler le risque, ils répondent, en majorité, qu'il n'y a qu'à prier. On constate donc que ce risque est perçu par les populations du Ngalenka comme un phénomène qui échappe à leur contrôle.

▪ *Perception du risque chez les experts*

Comme nous l'avons noté, la catégorie des chercheurs n'a pas fait l'objet d'enquêtes, c'est par analogie aux autres catégories cités dans ce travail que nous avons dû les inclure dans ce sous-chapitre intitulé perception du risque. Le point de vue de la recherche que nous présentons ici n'est qu'une synthèse de notre revue bibliographique sur cette question précise de la perception du risque environnemental dans les systèmes irrigués.

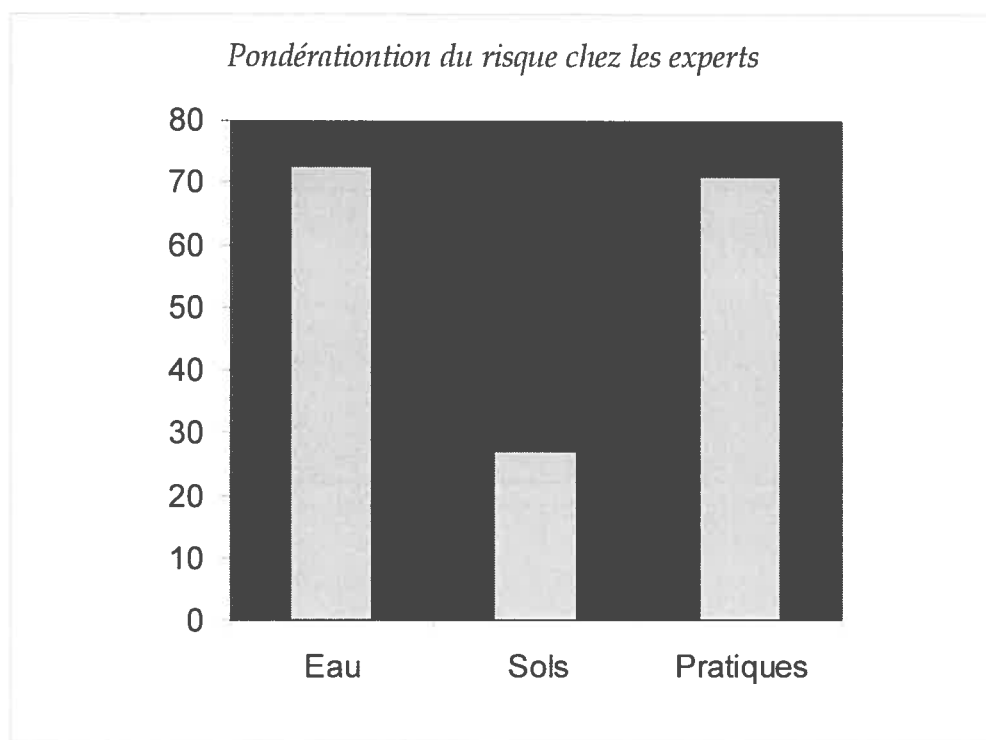


Figure 24 : *Pondération des facteurs de risque selon les experts*

En général, les chercheurs lus sur la question perçoivent le risque en question comme une combinaison de facteurs à poids quasiment égal entre la qualité de l'eau d'irrigation et des pratiques agricoles non appropriées.

Nous avons obtenu ces pourcentages par analyse croisée des travaux de pédologues, hydrologues, agro-biologistes, avec ceux de sociologues ruraux, géographes et économistes.

▪ ***Perception du risque chez les techniciens et gestionnaires locaux***

Les décideurs locaux et (autorité ou représentant de l'autorité administrative) ont, avec les agents de l'encadrement, une perception du risque qui se rapproche davantage de celle de la recherche. Toutefois, ici, on est plutôt catégorique sur la prépondérance du poids des pratiques agricoles dans la balance.

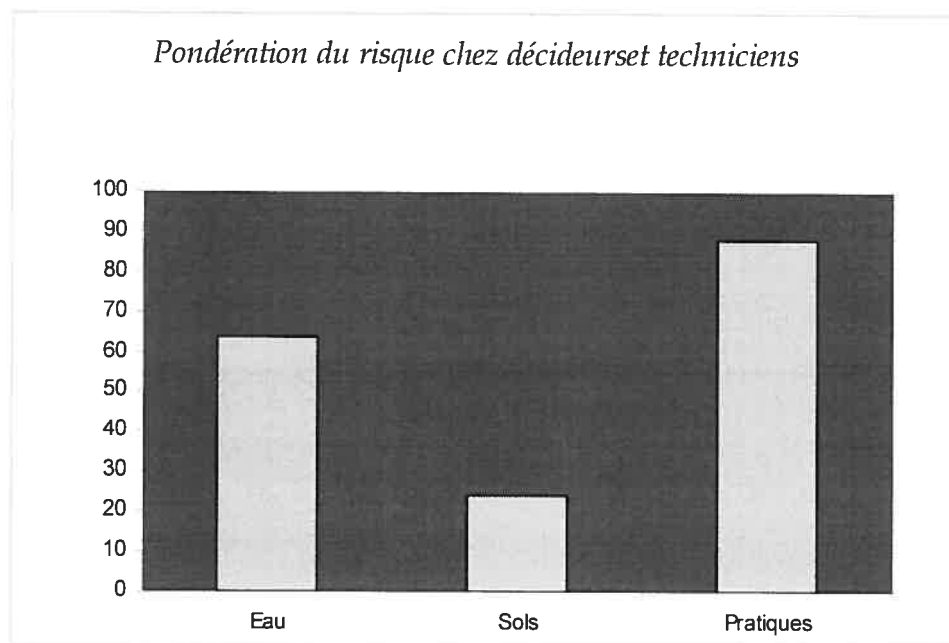


Figure 25 : *Pondération des facteurs de risque selon les techniciens agricoles locaux.*

Pour cette catégorie toute action qui tend à remédier à la situation devra commencer par une application rigoureuse et stricte des itinéraires techniques par les agriculteurs.

- **Quelle lecture faire des grilles d'analyse ?**

A chaque PIV correspond une Organisation Paysanne chargée de la mise en valeur et de la gestion dudit PIV. De ce point de vue, l'analyse d'une unité de mise en valeur implique l'identification, au moins, de l'OP qui lui est affiliée. Ceci explique pourquoi c'est plutôt l'UMV (et non l'OP) qui est passée à l'épreuve des deux grilles d'analyse.

Chaque Unité de Mise en Valeur sélectionnée doit être soumise aux deux grilles d'analyse précédemment définies. Il s'agit de vérifier qu'elle satisfait la totalité des 11 critères d'analyse (5 critères physiques et 6 critères socio-économiques). A chaque fois qu'un des critères n'est pas satisfait, l'UMV est marquée d'un code qui l'identifie à ce (s) critère (s) non satisfait(s).

Le code de marquage n'est autre que le critère lui-même : S₂ et F₅ indiquent que les critères 2 de la grille OP et le critère 5 de la grille physique ne sont pas satisfaits pour l'UMV en question. Ce marquage se veut, en réalité, une invite aux acteurs à veiller à ce que la non-satisfaction d'un ou de plusieurs critères ne puisse pas constituer une entrave majeure à la viabilité (environnementale) du projet. Nous avons, en effet, posé comme principe de base que toute UMV sélectionnée doit satisfaire à tous les 11 critères identifiés, mais il faut reconnaître, a priori, qu'il s'agit là, du cas de figure idéal dans la recherche de minimisation du risque. On s'attend, à ce qu'au premier passage d'une UMV dans les grilles d'analyse, tous les critères ne puissent pas être entièrement satisfaits.

Il faudra, dans ce cas là, traiter et présenter l'information spécifique dans le but d'aider les acteurs concernés à prendre les mesures requises pour que ce(s) critère(s) soit (ent) satisfait (s) avant ou au tout début de la mise en œuvre effective du projet. C'est là, le point de départ de tout un processus que nous avons appelé *«prise en compte du risque environnemental»*.

Cette prise en compte du risque ne serait-elle donc pas, en définitive, une stratégie de gestion des connaissances acquises au travers des deux grilles ? C'est cette lecture qu'il faudrait avoir des grilles. Elles répondent à une série de critères clés dont le contenu exprime des connaissances croisées (sociales et physiques) sur le système irrigué. La gestion concertée de ces connaissances pluridisciplinaires par le trio techniciens, décideurs et exploitants agricoles constitue le processus de prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués.

Des exploitants. on n'attend pas qu'ils aient une connaissance fine de Φ_1 , ni de Φ_2 , encore moins de Φ_4 . Ces connaissances sur le milieu physique, doivent être traitées par les acteurs (spécialistes) qui en ont la maîtrise. S'il n'y en a pas dans le trio, le projet devra en engager au titre de consultants. Ces derniers se chargeront, ensuite de transcrire les connaissances en des formalismes compréhensibles par les bénéficiaires du projet, en l'occurrence les exploitants. Autrement dit, le traitement du contenu des grilles doit aboutir à la mise en place d'un *cahier des charges*, au titre d'outils de gestion concertée du système.

Avant de voir au prochain chapitre comment, au plan pratique, cette méthode peut être mise en œuvre, nous allons discuter ici, deux aspects phares que font ressortir les deux grilles d'analyses. Il s'agit de i) la maîtrise de l'eau d'irrigation à l'échelle du Périmètre irrigué et, ii) la qualité intrinsèque de l'OP en charge de la mise en valeur de l'UMV. Ces deux éléments sont liés puisque le second garantit la réalisation du premier.

3.5 La maîtrise de l'eau, un enjeu majeur pour la prise en compte du risque environnemental.

La prise en compte du risque environnemental traduisant une gestion concertée des connaissances de deux domaines (physique et humain), elle nécessite, ici, d'actionner deux leviers : les meilleurs usages de l'eau et la force de l'OP.

3.5.1 Pour de meilleurs usages de l'eau d'irrigation.

Pour l'aménageur ou le développeur, la problématique de la mobilisation de l'eau apparaît, naturellement, comme une préoccupation majeure. Il faut donc s'assurer que les agriculteurs sauront mettre en valeur leurs périmètres et parcelles irriguées selon des principes qui garantissent les meilleurs usages de l'eau.

Ceci nécessite souvent que les besoins en eau soient déterminés suivant des procédés faisant parfois appel à des connaissances plus fines, ce sont ces connaissances que permettent d'obtenir les critères Φ_2 à Φ_5 . Nous avons développé, à titre d'illustration, un modèle qui montre jusqu'où la recherche de ces connaissances exige que l'analyse soit poussée (voir en annexes, modèle de fonctionnement hydrique d'un système irrigué).

La répartition du droit d'accès à l'eau doit être reconnue et ne pas donner lieu à la controverse, sinon on pourrait assister à des querelles qui peuvent dégénérer en un immense gaspillage. Les exemples sont nombreux où, faute d'accord entre les ayants droits, l'eau d'irrigation est attribuée à chacun par une administration extérieure plus ou moins autoritaire, ce qui peut donner lieu à des dérapages de toute sorte: des brèches creusées dans les canaux, des opérations de sabotages au niveau des répartiteurs, une répression qui s'en suit et des quantités non négligeables d'eau perdues de cette façon.

Ce qui ne concourt pas à la prévention du risque environnemental, bien au contraire. La bonne maîtrise de l'eau d'irrigation dépend, dans une large mesure, de la capacité de l'organisation paysanne à gérer l'UMV dont elle a la charge. Le statut foncier des terres aménagées influence la gestion de l'eau et des sols.

Nous allons, à présent, voir en quoi les compétences et les qualités intrinsèques de l'OP sont importantes pour la prise en compte du risque environnemental, notamment la dégradation saline des sols.

3.5.2 La qualité intrinsèque de l'OP, un atout important pour la prise en compte du risque

Le second niveau tient à la qualité du groupe chargé de la mise en valeur du PIV; la grille OP y insiste sans modération. L'histoire nous enseigne, en effet, que les aménagements hydro-agricoles ne fonctionnent à pleine capacité que lorsque la distribution de l'eau et l'entretien des périmètres font l'objet d'une organisation très rigoureuse. Sans cette organisation stricte qui devra réglementer les usages de l'eau, les risques de dégradation saline des sols sont accentués. D'où l'importance de la place qu'il convient d'accorder aux Organisations Paysannes dans ce registre.

Le statut de la terre est un paramètre important qui conditionne l'engagement durable de l'OP et de l'exploitant et encourage les meilleures pratiques de gestion de l'eau et des sols.

Comme entité à part entière du système irrigué, l'OP joue un rôle de premier plan dans l'exploitation des UMV. Elle est, en effet, au début et à la fin du processus de fonctionnement du système irrigué. C'est à l'échelle de l'OP que se prennent les décisions concernant la mise en valeur des aménagements. C'est également à son niveau que se fait la répartition des tâches liées à la gestion du système irrigué. En cas de dégradation des conditions d'exploitation pour cause de mauvaise tenue des parcelles, c'est le groupe qui est incriminé.

Il est donc important de bien connaître l'OP en charge de l'exploitation du PIV. De sa compétence à conduire rigoureusement la mise en valeur du PIV et de sa capacité à coordonner les activités de ses membres au sein d'une même UMV, dépendra l'évolution des conditions de production, en l'occurrence la dynamique des sols et de l'eau.

Après avoir identifié (de façon participative) les activités à mener au sein de l'Unité de Mise en Valeur, notamment les spéculations à pratiquer au cours de la campagne, l'OP doit s'atteler à organiser le travail au sein du PIV, en tenant compte des données climatiques¹ et de la disponibilité des membres du groupe. Dans le cas du Ngalenka aïmont, toutes les OP qui auront en charge l'exploitation des PIV se sont constituées en GIE (Groupement d'Intérêt Économique). Ces derniers doivent répondre aux conditions spécifiques de l'exploitation d'un PIV. C'est-à-dire qu'en tant qu'interlocuteur des institutions administratives, techniques et financières, le GIE se doit de présenter de bonnes capacités de gestion de l'UMV et avoir une vision prospective de la dynamique de fonctionnement de l'ensemble du système irrigué. Le risque de dégradation saline se rapporte donc, à ce niveau, aux pratiques agricoles mises en œuvre par l'Organisation Paysanne. Ces pratiques s'exercent souvent dans des contextes d'incertitude et d'insécurité.

Les causes de ces risques sont variées : elles sont liées à la multiplicité des facteurs et aux conditions qui interfèrent dans l'élaboration de la production agricole. En sachant que chaque situation agricole comporte son propre risque, une des questions importantes est de savoir comment les agriculteurs tiennent compte des perturbations plus ou moins imprévisibles du milieu physique et parviennent à en atténuer les effets négatifs à travers les stratégies qu'ils adoptent.

C'est dire que les OP expérimentées sont souvent bien au courant des risques encourus par leurs pratiques et adoptent, de ce fait, des stratégies anti-risque qui ne sont pas toujours considérées comme telles.

¹ Respecter les dates de semis, par exemple .

Conclusion de la troisième partie

Après avoir défini le cadre théorique spécifique à ce chapitre et amplement discuté l'imbrication des critères entre eux aux sein d'une même grille comme d'une grille à l'autre, d'où le principe d'intégration des connaissances, nous allons, avant d'aborder au chapitre IV l'application de la méthode au cas du projet *Ngalenka amont*, rappeler quelques enseignements que nous tirons de la théorie de l'APCA.

Outre la discussion qui a entouré l'élaboration des deux grilles d'analyse, montrant ainsi les premières failles ou limites méthodologiques de la démarche, ce chapitre a révélé surtout i) la multiplicité des paramètres à prendre en compte dans l'évaluation, ex ante, du risque environnemental en question, mais aussi ii) la difficulté que présente la pondération des facteurs de risque, en vue d'une éventuelle hiérarchisation des critères d'analyse. Bien que les grilles se veulent simples et compréhensibles pour tous, elles restent quand même encore fortement tributaires de la disponibilité d'informations, sans lesquelles l'application du modèle ne saurait être possible. Ce qui donne l'impression qu'il manque une étape importante dans l'approche, notamment les investigations préalables fournissant toute l'information de base qui constitue l'ossature des grilles.

En réalité, il n'en est rien, car cette préoccupation se trouve résolue par les études de faisabilité du projet (souvent réalisées par des consultants n'ayant aucun lien directe avec les promoteurs, ni avec les maîtres d'ouvrage que sont, ici, les exploitants agricoles).

Ce sont ces études qui précèdent, forcément, la mise en œuvre du projet, qui fournissent l'essentiel des paramètres alimentant les grilles d'analyse.

Une manière de participer efficacement, à cette phase serait, sans doute, d'élaborer, plus en amont, un canevas spécifique d'études de faisabilité qui organiserait le recueil de l'information, de manière à en optimiser le contenu et en faciliter l'utilisation dans les grilles d'analyse.

Mais un des enseignements majeurs de ce chapitre tient au fait qu'en définitive, la prise en compte du risque environnemental dans le système irrigué n'est autre chose que *la stratégie de gestion des connaissances* croisées entre le milieu physique et le contexte social.

Nous avons vu aussi que le résultat de l'analyse des grilles doit être lu, non pas, comme un instrument de prise de décision, mais plutôt comme une méthode permettant d'appréhender le risque. Autrement dit, la finalité de l'approche, n'est nullement pas de sceller le sort d'un projet, en recommandant son arrêt ou sa mise en œuvre. Elle doit surtout aboutir à l'élaboration d'un cahier des charges pour chaque PIV étudié. Ce cahier des charges, à l'usage de l'exploitant agricole indiquerait les meilleures pratiques de mise en œuvre et de gestion du PIV considéré, dans une optique de pérennisation du système irrigué lui-même. C'est en cela que l'APCA est une contribution significative à la fois pour la recherche sur les systèmes irrigués, mais aussi pour les projets d'aménagements hydro-agricoles.

IV. Essai d'application au projet Ngalenka Amont

Cette quatrième partie se veut un exercice d'application des grilles d'analyse élaborées et commentées dans le précédent chapitre. Loin de prétendre à une validation de l'approche proposée¹, ce chapitre montre plutôt comment, de la théorie de l'APCA, on peut passer à une application pratique sur le site du projet Ngalenka amont, dans la vallée du fleuve Sénégal. Aussi est-il important de préciser, d'entrée de jeu que, plus que l'application systématique de l'ensemble des éléments de l'approche, ce qui importe, ici, c'est davantage l'exercice de test de faisabilité technique de l'approche. C'est pour cette raison que, bien que la maille ait retenu un échantillon de 9 PIV, nous avons, par commodité, décidé de n'en choisir que deux (les deux les plus en aval) pour les passer au travers des 11 critères-clé que comptent les grilles. Il reste entendu que c'est le même principe qui est applicable à tous les PIV retenus. Chaque critère traité traduit une agrégation de connaissances précises qui vont alimenter la grille concernée. C'est, justement, la gestion de ces connaissances intégrées, se rapportant à la dynamique du milieu physique et au contexte socio-économique qui constitue, en soi, la base de la prise en compte du risque environnemental.

4.1 L'APCA : de la théorie à la pratique

A la question de savoir comment passer de la théorie à la pratique, nous allons encore faire appel à la théorie pour mieux camper les bases de l'application pratique de l'approche APCA. La philosophie du partage de connaissances et d'expériences qui sous-tend le concept de co-gestion répond bien à la préoccupation de la mise en application de l'APCA. Mais comment se traduirait cette co-gestion du système irrigué, sinon que par la mise sur pied d'un cadre formel de concertation et de partage réunissant régulièrement ou en cas de besoin, tous les représentants des acteurs impliqués dans cette gestion concertée du système irrigué.

Ce cadre serait un comité de concertation et de gestion composé des acteurs les plus impliqués dans la gestion des aménagements hydro agricoles. En cas de besoin, le comité sera renforcé par des experts spécialistes en sciences du sol et/ou de l'eau, de la socio-économie, de la sociologie rurale, etc. Toutefois, le partage des connaissances ne pouvant être profitable à tous les acteurs que si celles-ci sont traduites dans des formalismes accessibles aux principaux bénéficiaires et acteurs centraux du projet, notamment les agriculteurs du Ngalenka, il faudrait que le support final de vulgarisation soit accessible à tous. Au plan de son opérationnalisation, la co-gestion doit, sur le terrain, s'appuyer sur un cadre formel, crédible et pérenne qui favorise ce partage des connaissances, défis essentiel de l'aménagement. Dans le cas du projet Ngalenka, nous sommes en plein dans un de ces défis que pose l'aménagement et la gestion des ressources des terroirs villageois en Afrique sahélienne.

Le précurseur de la mise en pratique de la philosophie du partage d'expériences dans les projets de développement, en général, est le concept de la participation. Il a pour fondement pratique *l'implication* des bénéficiaires à la prise de décisions les concernant. Mais, aujourd'hui, le bilan de deux décennies de pratique de la participation (plutôt à sens unique), nous impose de questionner le contenu de ce concept, dans ses aspects opérationnels. La *participation* souvent présentée comme une fin en soi, est généralement passée à côté de ce qui devait être son ciment : le partage de connaissances et d'expériences, à plusieurs niveaux, c'est cela que nous devons surtout réhabiliter à travers une nouvelle vision et des pratiques originales du partage.

¹ Objet d'un post doctorat éventuel.

Dans le processus de préparation d'un projet, par exemple, l'intérêt d'une *implication* effective des bénéficiaires, réside dans ce qu'elle permet une *appropriation* du projet par lesdits bénéficiaires. Cette appropriation exigée par le critère F₅, crée les conditions de *maîtrise de l'information* par l'ensemble du groupe. Ce qui, forcément, favorise la compréhension des problèmes et des enjeux pour une *prise de décision* en toute connaissance de cause. La maîtrise de l'information par les populations développe, in fine, le souci de *transparence* dans la gestion du système; c'est cette transparence qui assure la *bonne gouvernance*. En définitive, la finalité de *l'approche participative*, c'est de garantir une certaine transparence, gage des bonnes pratiques de gestion durable du système irrigué. C'est dans ce cadre précis que s'inscrit notre démarche d'opérationnalisation des grilles. Mais, comme on peut aisément le comprendre, la *participation*, une fois définie, n'explique rien, ni ne résout aucun problème concret sur le terrain. Il faut, non seulement pouvoir la mettre en œuvre avec succès et en tirer tous les avantages possibles, au profit du groupe, mais surtout pouvoir en sortir, le réinventer pour l'ajuster au contexte social changeant. D'ailleurs, la notion de *participation* ne contient-elle pas l'idée d'un processus social impulsé de l'extérieur de la communauté, dans l'optique de valider le principe ?

C'est pourquoi, nous proposons un nouveau paradigme que nous avons baptisé *l'Initiative Partagée (IP)*, lequel constitue une étape supérieure sur l'échelle du développement impulsé par la base. Contrairement au concept de Participation qui fait appel à l'idée de faire *participer* le groupe, *l'initiative*, elle, part toujours de l'intérieur du groupe. En effet, quelle qu'elle soit, l'initiative est toujours portée par un individu à la fois, à un moment précis. Puis, cet individu accepte ou non de partager son initiative avec une ou deux personnes, puis avec tous les autres membres de son groupe.

L'initiative partagée (IP) permet et encourage, par ailleurs, l'émergence de leaderships locaux forts, source de dynamisme des groupes. C'est sur ces *initiatives partagées* par la base (activités novatrices, technologies locales, réseaux de compétences.) qu'il faut s'appuyer pour asseoir et alimenter le cadre de partages de connaissances.

Au plan pratique, au moment de l'étude de faisabilité, c'est à la direction du projet d'aménagement du Ngalenka, en collaboration avec les groupes concernés, de mettre en place ce Comité de Concertation et de Gestion (CCG) dont la mission sera d'analyser et de traiter les grilles. Il sera composé, comme nous l'avons annoncé des représentants de chacune des catégories d'acteurs. Ce comité travaillera avec les groupes concernés de sorte à partager les connaissances contenues dans les grilles. L'analyse et le traitement des grilles qui, eux sont une affaire de spécialistes, du moins de personnes averties sur ces questions, devra se traduire par l'élaboration d'un support de vulgarisation que nous voulons présenter ici par le vocable de *Cahier des Charges* à l'attention du Groupement d'Intérêt Économique (GIE). A chaque GIE de mettre en place une stratégie d'application de son cahier des charges qui lui a été assigné par le CCG. Comme son nom l'indique, le cahier des charges (qui sera spécifique à chaque unité de mise en valeur) contiendra, entre autres, des directives de gestion des PIV et des consignes particulières basée sur l'état de non satisfaction de certains critères des grilles. Le non respect du cahier des charges, accroît le risque environnemental dans le PIV. C'est une faute de gestion qui devrait entraîner, par itération, la non satisfaction des critères σ_4 et σ_6 . Si un tel état de fait devait persister, le groupe pourrait encourir des sanctions de la part du CCG: ces sanctions pourront aller jusqu'à la suspension temporaire ou définitive du GIE concerné .

En somme, le but de cet exercice concret d'application de l'APCA au Ngalenka amont est de donner une idée précise de ce que pourrait être ce *Cahier des Charges* pour la prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués sahéliens.

Cette clarification faite sur les supports d'application possibles de l'APCA de même que sur la portée immédiate et futur de l'exercice, nous allons, maintenant, passer à l'exercice annoncé, en rappelant qu'il s'agit d'appliquer la méthode APCA au projet d'aménagement hydro-agricole du Ngalenka amont.

4.2 Sélection des Unités de Mise en Valeur (UMV)

Le chapitre 3.3.2 a défini les principes de base de la sélection des UMV (ou PIV) à analyser. Rappelons, toutefois, que, conformément aux dits principes de l'approche proposée, seuls les PIV touchés par la diagonale en pointillés sont concernés par l'analyse.

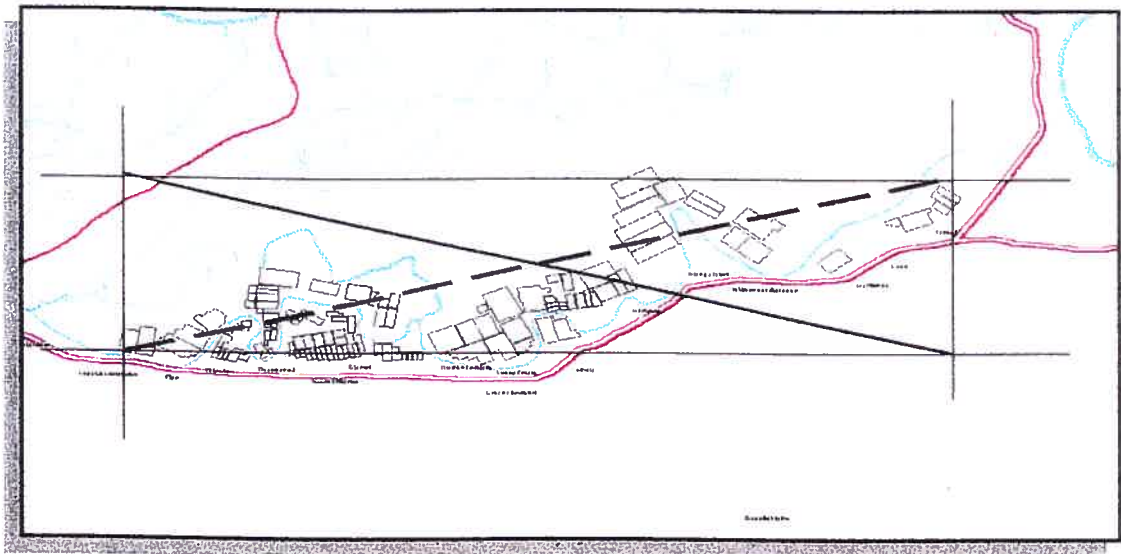


Figure 26 : *Protocole de sélection des périmètres à analyser*

En procédant de la méthode de maillage décrite dans le chapitre III, nous constatons que parmi les deux diagonales tracées (voir carte 4.1), celle marquée en pointillé et orientée sud-ouest nord-est, est celle qui traverse le plus de PIV (9 contre 3); c'est donc celle-là qui sera retenue pour les besoins de l'analyse. Dans le cas d'une application stricte vérification systématique des grilles, c'est l'ensemble des neuf UMV traversées par ladite diagonale qui auraient dû être analysées suivant les principes de l'approche, en les faisant passer au travers des deux grilles. Toutefois, comme nous l'avons annoncé et argumenté précédemment, nous n'allons analyser que deux UMV : les PIV 11c et 11d.

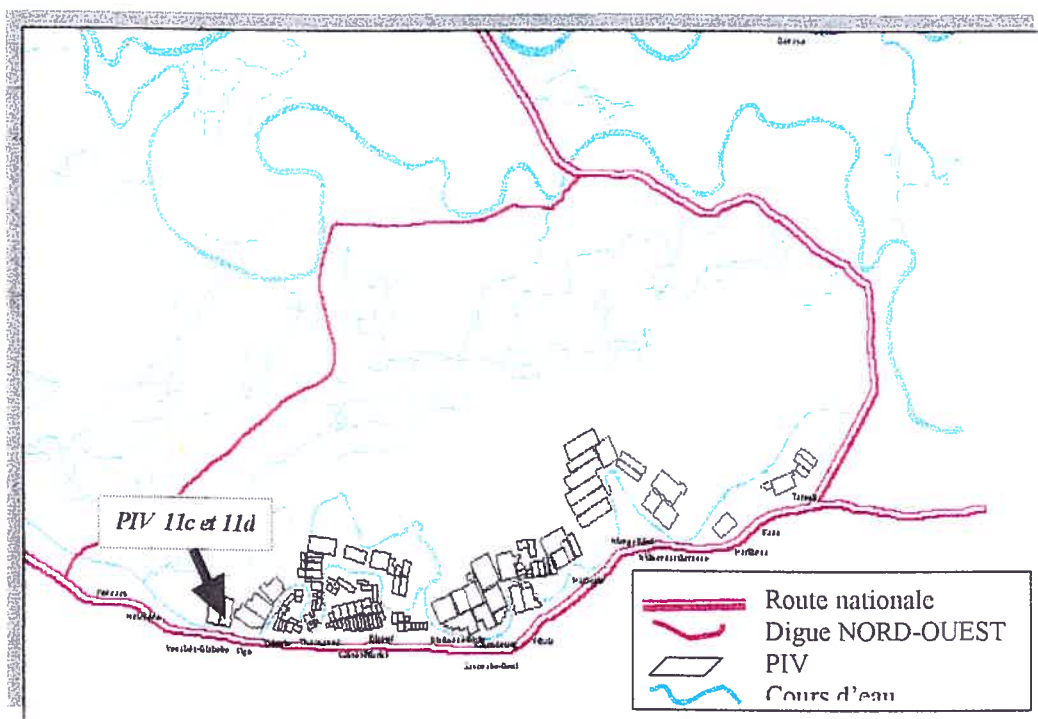


Figure 27 : Position des PIV 11c et 11d (source :S. Patris, 1997)

4.3 Application de la grille Physique aux UMV 11c et 11d

La grille physique comprend 5 critères d'analyse (Φ_1 à Φ_5) dont l'application aux PIV 11c et 11d consiste à procéder à un diagnostic du milieu physique critère après critère. Cette analyse a pour finalité, de s'assurer que, toutes choses égales par ailleurs, le site présente un minimum de garantie (au plan environnemental) pour que sa mise en valeur hydro-agricole n'entraîne pas, à terme, de trop lourdes conséquences, en termes de préservation du milieu physique.

4.3.1 Présentation sommaire des PIV et GIE 11c et 11d

Les PIV 11c et 11d concernent le village de Ndiayène, majoritairement peuplé de wolof (une des principales communautés du Sénégal). Ces Unités de Mise en Valeur se situent au sud ouest du secteur Ngalenka amont (voir figure 27), vers l'aval du marigot Ngalenka.

Ils couvrent respectivement 21 et 22.5 hectares, soit, au total, 43.5 ha exploités par 87 agriculteurs (42 pour 11c et 45 pour 11d) membres des deux GIE du même nom. La gestion des ouvrages structurants (canaux d'irrigation et de drainage) comme celle des équipements (Groupe MotoPompe, communément appelé GMP) de chaque PIV est du ressort du GIE concerné. La structuration interne, appropriée du groupe, aidé en cela par l'encadrement technique du projet, s'assure de la bonne distribution des rôles à propos. Par contre, chaque membre est attributaire, au sein du PIV, de sa propre parcelle (en moyenne 0.5 ha/membre) dont il assure la mise en valeur et l'entretien. Les attributaires de parcelles adjacentes doivent, bien entendu, se mettre d'accord pour gérer de manière collégiale, la distribution de l'eau dans leur parcelle respective: c'est le principe de l'harmonisation de la distribution de l'eau d'irrigation en fonction des besoins en eau des cultures (tours d'eau.).

Tous les exploitants se sont mis d'accord (jusqu'à la campagne agricole 2001) pour ne produire que du riz¹ en saison des pluies. Pendant la saison sèche, les cultures pratiquées sont plus variées (oignon, maïs, tomates, pommes de terres, et.).

Chaque GIE est composé de deux organes principaux : un conseil d'administration (organe suprême du GIE) qui entérine les grandes décisions du groupe et un comité de gestion, responsable de la gestion quotidienne du PIV. Rappelons aussi que les PIV ont été aménagés par le projet Ngalenka amont, grâce à un financement de la coopération allemande via la SAED¹ et mis à la disposition des GIE. Le processus de formation des GIE a fait l'objet de longues négociations avec les bénéficiaires du projets pour s'assurer que les entités mise en place et le mode d'administration des exploitations proposés par le projet rencontrent l'adhésion des populations.

4.3.2 Application de la grille physique (grille Φ)

Φ_1 . La charge environnementale du sol est capable de supporter la culture envisagée.

Le fond pédologique concerne, ici, l'ensemble de la cuvette de Nianga : celle-ci couvre 20.000 ha dont le secteur Ngalenka amont occupe la partie septentrionale. Il s'agit d'une carte au 1/50 000 indiquant six grandes formations pédomorphologiques (voir figure dessous).

¹ Deux variétés principales : IR15 et Jaya.

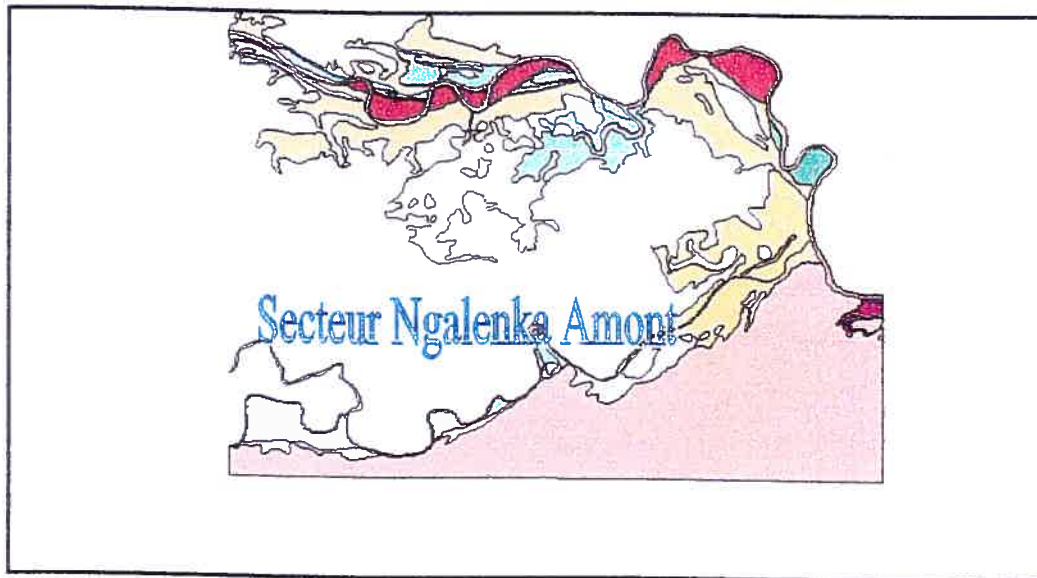








Figure 28 : carte pédomorphologique de la cuvette de Nianga (source : S. Patris)

Légende

	<i>Petite levée</i>		<i>Dunes</i>
	<i>Levées subactuelles</i>		<i>Delta de rupture de levée</i>
	<i>Vertisols topomorphe</i>		<i>Partie basse de cuvette de décantation</i>

La connaissance de la nature et de la qualité des sols du Ngalenka amont, en général, ceux des PIV 11c et 11d, en particulier, a pour intérêt de déterminer, entre autres, leur aptitude aux cultures envisagées.

On considérera, à ce propos, les aspects hydrologiques, topographiques et ceux liés aux pratiques récurrentes des agriculteurs, pour mettre en évidence :

- l'aptitude des sols à l'irrigation ;
- les caractéristiques physiques des sols qui conditionnent la stabilité structurale et la dynamique de l'eau (infiltration, perméabilité, rétention, drainage, lessivage, etc.);
- les risques de dégradation saline des sols.

¹ Société d'Aménagement et d'Exploitation des terre du Delta et de la vallée du fleuve Sénégal.

L'intérêt majeur de l'étude des sols réside d'abord dans la connaissance de leur aptitude à supporter une spéculation donnée. Elle permet d'identifier les sols à risque et de distinguer ceux qui sont moins exposés à la dégradation saline, par exemple. En effet, lorsque le sol est peu perméable ou lorsque la perméabilité est quasiment nulle, on assiste très vite à la formation d'une nappe superficielle empêchant le lessivage des sels solubles; une telle situation peut être lourde de conséquences pour les sols (salinisation, alcalinisation et sodisation pouvant déboucher sur une déstructuration des sols). Lorsque, par contre, la perméabilité est trop élevée, il y a perte d'eau pouvant rendre la parcelle ou le périmètre inapte à la culture (cas des sols à sables grossiers). Les sols des PIV 11c et 11d, sont plutôt des hollaldé (sols argilo-sableux, très peu perméables).

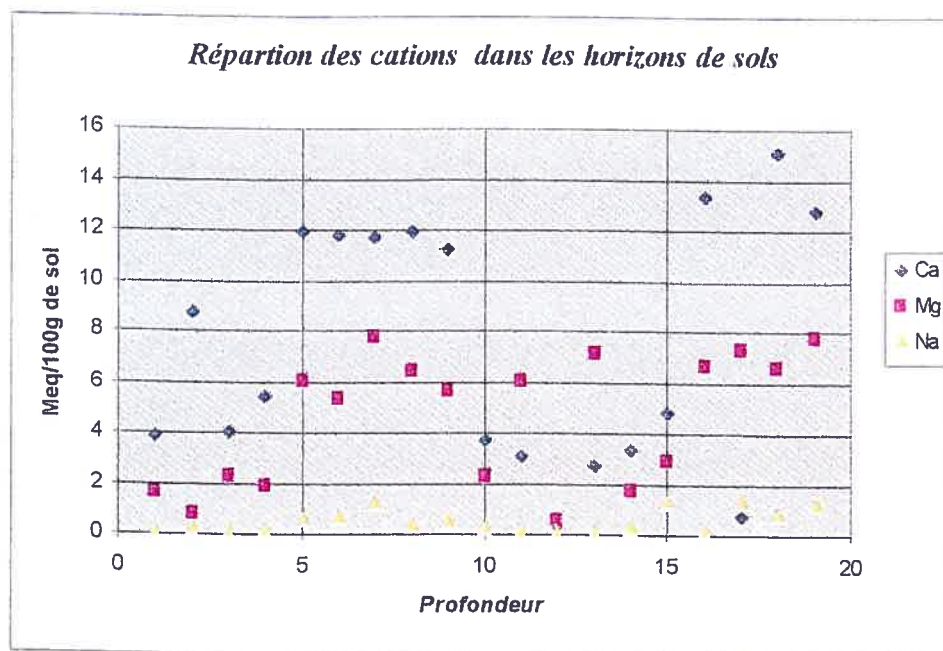


Figure 29 : Répartition des cations dans les horizons du sol
(sources, ORSTOM, 1998)

Chacun des PIV du secteur Ngalenka a fait l'objet d'une reconnaissance de sols sur chaque unité géomorphologique (bourrelet de berge, hautes levées, deltas de rupture, petites levées, cuvettes).

Chacun des PIV du secteur Ngalenka a fait l'objet d'une reconnaissance de sols sur chaque unité géomorphologique (bourrelet de berge, hautes levées, deltas de rupture, petites levées, cuvettes).

Les textures de profondeur et de surface de la cuvette ont été analysées par sondage à la tarière : fosses pour observation et analyse des profils de sol et par mesures de valeurs de pH, etc. Pour chacun des PIV, nous identifions le nombre de points d'observation, et décrivons brièvement son environnement physique immédiat. Nous décrivons ensuite le type de sols dominants.

Unités géomorphologiques	Nombre de points	Mesures d'infiltration		Analyses	
		<i>en surface</i>	<i>à 50m</i>	<i>0 et 10m</i>	<i>40 à 50 m</i>
<i>Cuvette</i>	2	*	*	*	*
<i>Bordure de cuvette</i>	1	*	*	*	*
<i>Bourrelet et de berge</i>	2	*	*	*	*

Tableau X : Points d'observation dans les différentes unités géomorphologiques (IRD, 1997)

Nous avons, ici, affaire à un terrain assez plat avec une végétation très peu dense constituée de quelques épineux; le bourrelet de berge du Ngalenka descend vers la plaine à pente faible. Quant aux PIV 11c et 11d, à proprement parler, ils appartiennent aux mêmes unités pédologiques; ces sols ont été identifiés suite à des prospections successives d'équipes spécialisées (ORSTOM, SAED, KFW). Nous en faisons ci-dessous la synthèse des résultats sous forme d'un tableau synoptique.

Au nord des PIV 11c et 11d il n'y a pas de limites marquées alors qu'au Sud, le marigot Ngalenka constitue une limite physique en même temps qu'il joue le rôle de source d'alimentation en eau. A l'ouest on note un marigot classé inconnu sur la carte hydrographique, il s'agit d'un défluent du Ngalenka. A l'Est 11d est limité par la piste Thiéwélé-Nianga.

Ensemble Géomorphologique	Type de sol	Type de végétation	Symbole	Texture	Classe d'aptitude
Cuvette	Vertisol modal hydromorphe	Végétation herbeuse	Vmh	Très fine (argile)	R
	Vertisol halomorphe, alcalisé en profondeur	Sans végétation	Vsp	Très fine (argile)	R
Bordure de cuvette	Sol hydromorphe minéral à pseudogley verticale modal	Végétation herbeuse très clairsemée	Hvm	Très fine (argile sableuse)	A
Petite levées	Sol hydromorphe minéral à pseudogley d'ensemble	Quelques arbustes	Hme	Fine	A
Bourrelets de berge	Sols peu évolués d'apport alluvial: hydromorphe à pseudogley	Quelques arbres (souches) et arbustes	Emp	Moyenne à grossière	B

Tableau XI : Types de sols rencontrés au Ngalenka amont (Source : IRD)

R = Apte à la riziculture ; A = apte au maraîchage; B = Apte à la polyculture.

La carte pédomorphologique (figure 28, page 199) donne des indications claires quant à la nature des sols; ces données sont complétées par des mesures in situ qui précisent la qualité chimique des sols en question (figure 29 ci-dessus).

Φ₂. Réseau hydrographique et qualité de l'eau d'irrigation.

Les images satellitaires SPOT couvrant la région au moment de la crue permettent d'identifier les zones inondées et de retracer le réseau hydrographique actuel. La faible importance, voire l'absence d'un couvert végétal fait que le gradient radiométrique entre les surfaces exondées et les eaux est d'autant plus marqué; de ce fait, la délimitation des zones inondées est donc plus précise. Nous avons identifié six cours d'eau principaux (le *Ngalenka*, le *Doué* et ses effluents-défluent connus : le *Diossorol*, le *Namardé*, le *Wali-Diala* et le *Mayal*), les autres seront classés inconnus.

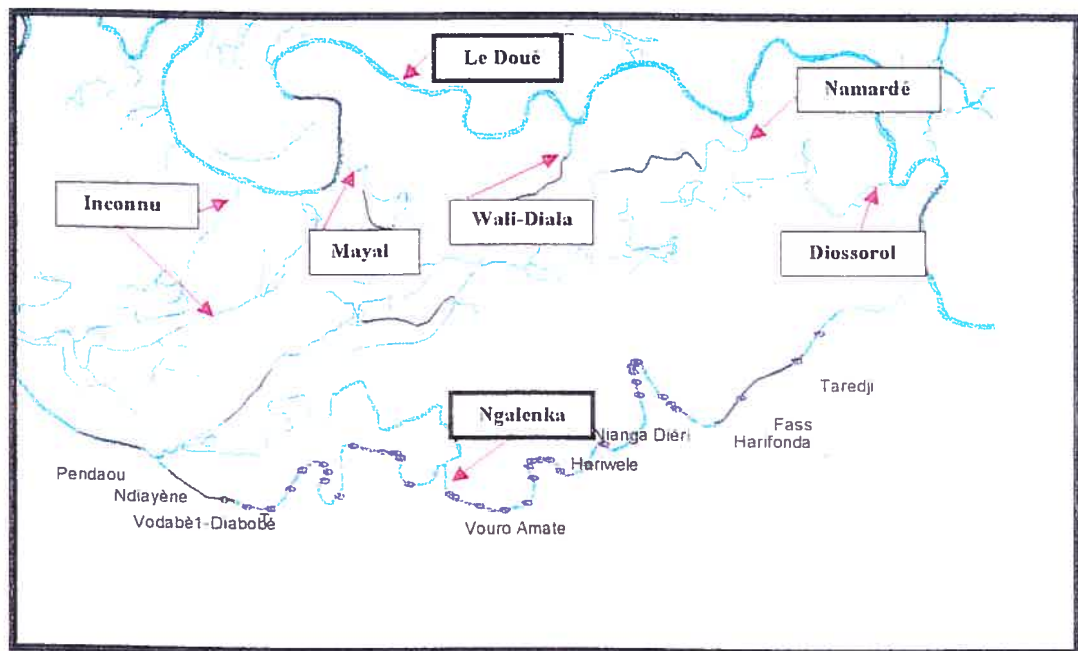


Figure 30 : Le réseau hydrographique du *Ngalenka* (source : SIG Samuel Patris, 1997)

Le *Diossorol* et le *Wali Diala* sont deux effluents du *Doué* qui alimentent la cuvette de Nianga. Le *Ngalenka*, quant à lui est un effluent du *Sénégal*; il alimente la cuvette dans sa partie sud-ouest.

Le *Diossorol* et le *Wali Diala* sont deux effluents du *Doué* qui alimentent la cuvette de Nianga. Le *Ngalenka*, quant à lui est un effluent du *Sénégal*; il alimente la cuvette dans sa partie sud-ouest.

La station de pompage du périmètre se trouve à l'effluence du *Wali Diala* qui, avec le *Namardé* (plus à l'est) forme le réseau de drainage primaire du périmètre irrigué. A leur contact avec la partie non encore aménagée de la cuvette (le *Ngalenka*), le *Diossorol* et le *Wali Diala* sont arrêtés par des ouvrages vannés. Sur chacun de ces sites, exception faite du *Wali Diala*, sont implantés des stations hydrométriques (limnigraphes, échelle). Une dernière station hydrométrique est installée à la digue nord-sud afin de contrôler les lâchures de la digue amont.

Selon Séguis (1992) le couple *Wali Diala-Ngalenka*, situé dans la partie occidentale de la cuvette est un système hydrographique bien plus complexe que celui du *Diossorol*. En effet, les entrées d'eau y sont doubles; une vanne à clapet sur la digue sud du périmètre obture le *Wali Diala* et permet la vidange du périmètre hors de la zone de culture actuelle. Au sud de la cuvette, la rivière du *Ngalenka* est barrée par le pont-vanne de Ndiayène.

- ***Fonctionnement hydrique du Ngalenka***

Nous nous appuyons sur le modèle de fonctionnement du fleuve Sénégal dans ses aspects de régulation des crues assurée par les barrages de Diama et Manantali. Le modèle numérique de référence tente d'estimer l'effet des modes de gestion de ces deux barrages sur les cotes du Doué à Ndiawara. Pour notre cas, il s'agira d'estimer l'effet des modes de gestion de P1 (point de départ du *Ngalenka* sur le Doué) et P5 (pont - vanne sur le *Ngalenka*, à 36 Km en aval de P1) sur les cotes du *Ngalenka* au droit de 4 des 7 Ponts qui jalonnent le marigot.

Il convient de rappeler que Diama a pour fonction principale d'empêcher les intrusions de sels marins dans le fleuve ; il permet, par ailleurs, de rehausser le niveau du fleuve.

Quant à Manantali qui peut stocker jusqu'à 12 milliards de m³ d'eau (Albergel, 1994); il est destiné à réguler le niveau d'eau du fleuve en vue de i) fournir un débit suffisant pour l'irrigation; ii) laminier les fortes crues et iii) soutenir les faibles crues afin d'optimiser les cultures traditionnelles (Albergel, 1994). Diama, situé en aval où la pente est très faible, peut influencer le niveau du Sénégal jusqu'à environ 350 Kilomètres en amont. Quant à Manantali, avec sa capacité de stockage équivalent à environ une année d'écoulement moyen du Bafin, il affecte l'ensemble du cours du Sénégal de Manantali à Diama. Il permet une régulation saisonnière des débits transitant dans la vallée, en amortissant les fortes pointes de crue et en augmentant les valeurs d'étiage. Il est également possible de procéder à des régulations inter- annuelles en reportant sur les années de faible hydraulicité les volumes d'eau stockés en années excédentaires (Albergel, 1994).

Trois modèles hydrologiques ont été développés au laboratoire d'hydrologie de l'IRD (ex. ORSTOM) de Dakar. La connaissance de ces modèles participe pleinement de la maîtrise du régime hydrique du Ngalenka amont.

- *Modèle de propagation de crue de LAMAGAT*

Ce modèle se fonde sur une analyse de la propagation des débits pour le haut bassin du fleuve et des cotes pour les moyenne et basse vallée. Il s'agit d'un modèle corrélatif de transfert des ondes de crue (Lamagat, 1989), calé sur les données du régime naturel.

Pour chaque tranche, on retiendra la valeur moyenne de Q_m , la valeur de D_t qui donne le meilleur coefficient de corrélation et la valeur correspondant de Q_{av} donnée par la régression retenue.

Les relations ainsi établies entre points successifs prennent en compte, à la fois, l'amortissement moyen des ondes de crues et, dans le cas des écoulements non filaires observés dans la vallée, la répartition des débits dans les différents bras du fleuve.

- ***Modèle de gestion de la retenue de Manantali : SIMULSEN***

Ce modèle a été réalisé pour permettre d'évaluer l'effet de certaines règles de gestion du barrage de Manantali sur le degré de satisfaction de différents objectifs assignés à l'ouvrage. Le principe de l'évaluation consiste à simuler numériquement un mode de gestion de la retenue. On calcule ce qui en résulte en termes de propagation de débits (à partir du modèle de propagation de Lamagat), d'évolution du niveau de la retenue. Ensuite, les chroniques de débits et de cotes sont analysées au plan statistique de façon à déterminer le taux de satisfaction des objectifs exprimés. Les simulations se font ici au pas de temps journalier, sur la base des chroniques de débits de la banque de données homogénéisées et du haut bassin du Sénégal (Séguis, 1992). Chaque calcul est fait sous une combinaison de contraintes et de règles de gestion :

- respect des limites physiques imposées sur les lâchers par les dimensions des organes d'évacuation du barrage, et respect du niveau maximal admissible pour la sécurité de la retenue ;
- laminage des crues à la sortie de la retenue;
- satisfaction de différents types de besoins en eau (irrigation, navigation etc.) exprimés en débits.

Chacune de ces consignes permet de déterminer, soit un débit minimal (Q_{\min}), soit un débit maximal (Q_{\max}), ou les deux, en rapport avec le débit total à lâcher à partir du barrage.

Tous les jours, l'application successive des différentes règles par ordre de priorité décroissante se traduit, par un resserrement d'une fourchette de valeurs limites pour le débit total à lâcher, jusqu'à ce que toutes les règles aient été prises en compte, ou qu'une d'elles incompatibles avec les limites fixées par les règles précédentes resserre la fourchette en une valeur unique. En définitive, la limite inférieure de la fourchette est retenue pour le débit à lâcher.

- *Modèle de courbe de remous du barrage de Diama : COREDIAM*

COREDIAM de J.C. Bader (1994) est un logiciel qui combine la méthode de Silber (calcul de courbes de remous dans les cours d'eau naturels), avec le modèle de propagation des crues de Lamagat (1989). Pour un écoulement filaire en régime permanent, la méthode de Silber consiste à utiliser les relations hauteur - débit du régime naturel, connues à des stations données, pour déterminer les cotes obtenues à ces stations en régime influencé pour une valeur Q_i de débit.

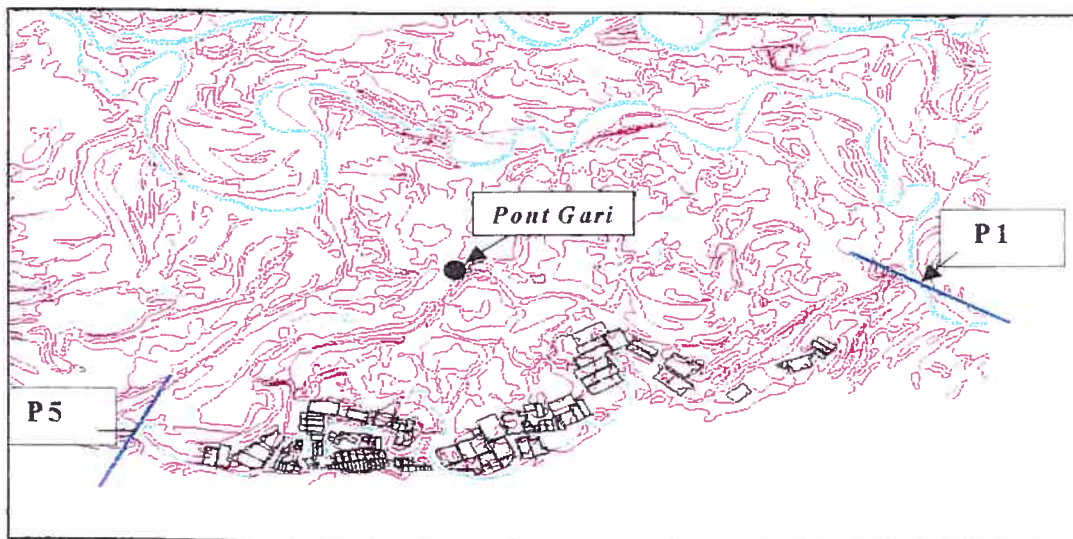


Figure 31 : Carte hypsométrique sur réseau hydrographique du Ngalenka
(source : SIG Patris, 1997)

On commence le calcul avec la station la plus en aval se trouvant le plus près possible de l'ouvrage dont on cherche à mesurer le remous. Il s'agit de faire en sorte que la cote influencée puisse y être assimilée à celle du plan d'eau de l'ouvrage. Pour une cote donnée, on écrira la relation de Bernoulli¹, aussi bien pour le régime naturel que pour celui influencé; d'où deux équations dont la juxtaposition permet de déterminer, en régime influencé, pour une condition de débit donnée, la charge de la cote à la station amont.

Le calcul est réitéré entre cette station et la station suivante, ainsi de suite. Un des points de départ du travail concerne la détermination de la batterie de stations le long du cours d'eau dont on connaît le débit et les hauteurs.

Ensuite, il faut déterminer la cote à la station la plus en aval en régime influencé, ainsi que la correspondance des débits entre stations successives. Pour y voir plus clair, nous partirons d'un schéma de circulation élaboré par Séguis (1992). On s'assure d'abord que les niveaux d'eau entre le Ngalenka à Ndiayène et le Wali Diala à Pont Gari sont égaux pour des hauteurs supérieures à 2.40m. Entre 2,45 et 1.80 m, lorsque le niveau d'eau du Wali Diala à Pont Gari est supérieur à celui du Ngalenka à Ndiayène Est, le Ngalenka est alors alimenté par les colatures du périmètre.

Lorsqu'on superpose la couche « *courbes de niveaux* » à celle du réseau hydrographique, on note qu'entre P1 (amont du Ngalenka) qui constitue le point de défluence du Ngalenka avec le Doué et P5 (en aval), il existe une certaine dénivellation (6.5m IGN); ce qui favorise la circulation de l'eau entre ces deux points. L'exemple tiré des observations faites par Albergel (1994) et exposé au chapitre 2.1.5 édifie sur le caractère exhaustif des connaissances accumulées sur le sujet et rassure quant à la maîtrise sur le mode de fonctionnement du régime hydrique.

¹ La relation de Bernoulli traduit les pertes de charges subie par l'écoulement depuis la station précédente située en amont.

Φ₃. *Mode d'alimentation en eau et système d'exhaure.*

Plusieurs scénarios d'alimentation en eau du Ngalenka sont envisagés; pour aider au choix d'une alternative par rapport aux autres, le critère économique a été mis en avant; chacune de ces alternatives a été évaluée en termes de coûts d'investissements. On en est arrivé à deux scénarios possibles, puis à une alternative probable :

- *scénario 1* : pompage à partir du Doué dans le Ngalenka; ce scénario prévoit donc une station de pompage à P₁ et un pont vanne à P₅ (en aval, à la hauteur du village de Ndiayène). En termes d'investissements, les coûts inhérents à la station de pompage étaient estimés, en 1998, à 725.759.604 F CFA¹ (SAED et Hydroplan. 1995), soit 1.036.799.43 dollars US. Ces coûts sont répartis comme suit :

Construction de l'ouvrage de prise P₁ = 264.000.000 FCFA

Construction de la station de pompage P₁ = 369.759.604 FCFA

Ouvrages de chute dans le Ngalenka = 77.500.000 FCFA

Passage busée type ARMCO = 14.500.000 FCFA

Lorsqu'on essaie de suivre le cheminement de l'eau le long du Ngalenka du point 0 (P₁) vers P₅ (au km36.5), nous constatons :

- un faible écoulement de l'eau; celui-ci connaît, toutefois, une évolution croissante dans le sens P₁-P₅ (Amont- Aval);
- la relative faiblesse de la pente entre P₁ et P₅ (6.5m IGN), posera sans doute un problème de vitesse d'écoulement, si le débit n'est pas suffisamment fort.

¹ 1\$ US = 700 F CFA

Il faudra recreuser à certains endroits pour permettre un écoulement sans trop de pertes d'eau par infiltration: la section d'écoulement varie entre 7.5 m² à P₁ et 18 m² à P₅. les travaux de remise en eau devront donc tenir compte de cette configuration naturelle, pour éviter de provoquer, à termes, une érosion latérale le long du marigot du Ngalenka.

En suivant le chenal du Ngalenka dans son ancien lit de l'amont vers l'aval (P1 à P5); nous avons choisi 5 points (les deux extrémités et, entre les deux, tous les 10 km) pour examiner et comparer 4 paramètres : *la hauteur* du point, *l'écoulement* à ce point, *le niveau d'eau* à ce point *et la vitesse d'écoulement*. Les résultats ci-dessous confirment, entre autres, la faible vitesse d'écoulement, l'irrégularité du relief et l'augmentation du niveau d'eau sur l'axe P1-P5.

Point coté	Hauteur de la station (m)	(Écoulement m3/s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Niveau d'eau (m)
Km 0 (P₁)	0	0	0	0
Km 10	1.52	3.014	0.37	1.750
Km20	2.02	5.462	0.42	2.635
Km30*	3.45	7.150	0.40	3.554
Km36,5 (P₅)	1.65	7.728	0.74	1.5

Tableau XII: *Quelques données relatives au scénario de pompage à partir du Doué (Source : Hydroplan, 1995)*

- Scénario 2 : Écoulement gravitaire à partir du Doué ; c'est l'autre alternative principale qui préconise un écoulement gravitaire à partir de P₁. Dans ce cas-ci, on fait l'économie des coûts relatifs à la construction et à la mise en marche de la station de pompage. Mais compte tenu de la faible pente, les coûts d'investissement concerneront davantage le recalibrage du Ngalenka et la mise en place de divers ouvrages fonctionnels.

C'est cette alternative qui est la plus probable, elle est de loin la moins onéreuse et bien plus simple à gérer par les agriculteurs du secteur Ngalenka amont.

Point coté	Hauteur de la station (m)	Écoulement (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Niveau d'eau (m)
<i>Km 0 (P1)</i>	0	0	0	0
<i>Km 10</i>	1,52	3,014	0,50	0,714
<i>Km20</i>	2,02	5,462	0,53	1,014
<i>Km30</i>	3,45	7,150	0,46	1,313
<i>Km36,5 (P5)</i>	1,65	7,728	0,73	1,5

Tableau XIII : Éléments hydrogéologiques de l'écoulement gravitaire à partir du Doué (Source : *ibidem*)

Lorsqu'on compare les deux tableaux ci-dessus, les deux premières colonnes restent rigoureusement identiques pour les deux scénarios (écoulement gravitaire et pompage). Par contre, les vitesses d'écoulement du *scénario 2* (écoulement gravitaire) sont légèrement plus grandes, sauf au point P5, où elles restent égales. Le niveau d'eau aux différents points est beaucoup plus bas dans le cas de l'écoulement gravitaire. Ce qui s'explique certainement par les vitesses d'écoulement plus importantes dans le second cas de figure.

- **Drainage des UMV**

Les eaux drainées par les périmètres sont rejetées dans le marigot : elles y sont plus ou moins diluées et sont réutilisées pour irriguer à nouveau les mêmes UMV. Or, ces eaux sont, au départ, chlorurées-sodiques et au fur et à mesure que la campagne rizicole avance, il y a diminution relative de Na et du Cl au profit de HCO₃, Ca et Mg (Albergel, 1994).

L'eau pompée dans le Doué est, au départ, Bicarbonatée et calso-magnésienne (Salvignol 1993 et Weber, 1994). Elle devient chloruré-sodique en traversant le périmètre, la conductivité passe d'environ 60 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en Cl (Na+K) et SO₄ sont multipliées respectivement par 18, 12 et 36 (voir abaqués Albergel & al., 1980). Sur une trentaine de prélèvements de conductivité comprise entre 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1mS/cm; et comme nous l'avons déjà vu dans la deuxième partie, la relation linéaire suivante a été établie :

$$\text{Salinité (mg/l)} = 531,76 \times \text{conductivité (mS/cm à 25°C)} + 13,53$$

($r^2 = 0.83$; Valles .1992) .

L'analyse de ce critère révèle donc une faille importante dans le système de drainage. La gestion rigoureuse des eaux drainées par les PIV 11c et 11d n'a pas été envisagée dans ce projet car, bien qu'ayant prévu des drains fonctionnels, ne prévoit pas le rejet des eaux ainsi drainées dans un émissaire (en dehors du système) autre que la source d'alimentation en eau des PIV du secteur Ngalenka. C'est donc une source potentielle de fragilisation du système, par conséquent, un risque pour la pérennité des PIV.

Φ₄ Échanges de flux et de solutés entre la surface du sol et la nappe

Pour mieux comprendre le fonctionnement hydrique et salin du système, nous partons d'un dispositif naturel existant. Un jaugeage à l'ouvrage de vidange du périmètre au nord de Pont Gari sur le Wali Diala permet d'établir les volumes de colatures du périmètre de Nianga. Il s'agit d'un ouvrage muni d'une vanne à crémaillère et d'un clapet empêchant l'éventuelle arrivée d'eau dans le périmètre de Nianga plus au nord de la cuvette. On peut, par des prélèvements réguliers, faire des mesures de conductivité en laboratoire.

La conductivité du Doué pendant l'hivernage a été estimée à 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Entre le 11 et le 31 Août 1992, le volume pompé sur Nianga était de 15.184.000 m^3 (Boivin,1994), quant au volume vidangé, il correspondait à 5.849.000 m^3 . Les quantités de sels importés et exportés se chiffraient respectivement à 690 tonnes et 2.227 tonnes (Albergel, Bader (1994) et Séguis (1992)).

Le rythme du pompage sur deux ans (92 et 93) est d'environ 2 m^3/s pour une vidange moyenne de 0,9 m^3/s . Environ 50% des apports d'eau proviennent de la vidange des trop - pleins des canaux d'irrigation, des collatures des parcelles et du drainage de la nappe. Pour une superficie d'environ 1000 hectares, la consommation en eau du périmètre est de 9,5mm/jour (Salvignol, 1993).

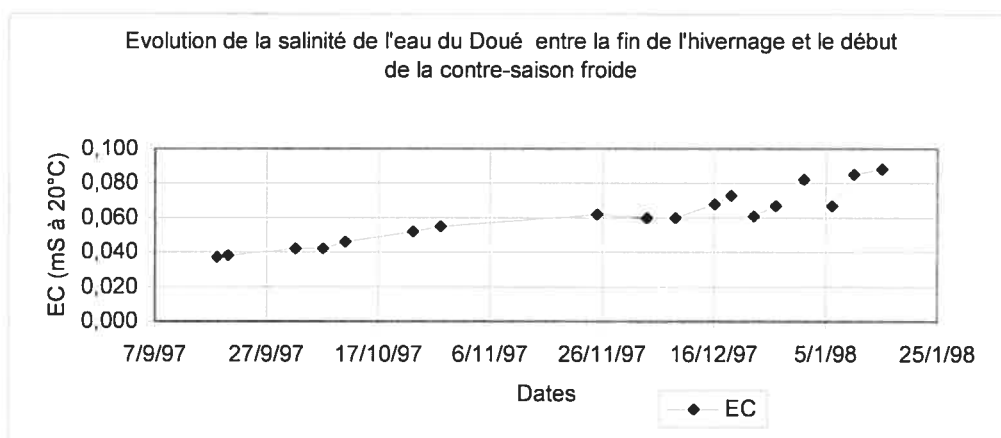


Figure 32 : Évolution de la salinité dans le Doué (source : Favre, 1996)

Quant au bilan salin du périmètre, il est négatif, -1537 tonnes en 1992 et -752 tonnes en 1993. Lorsqu'on rapporte ces quantités à la durée conventionnelle du cycle rizicole (90 jours), la masse de sels extraite du périmètre est de 1,6t/ha en 1992 et 1,4t/ha en 1993. Les pertes dans la parcelle sont d'environ 15 mm/jour dont 7 mm d'évapotranspiration réelle du riz (Salvignol, 1993).

La masse de sels exportés de la parcelle par les colatures au cours de vidanges successives d'un cycle rizicole serait de 221 kg/ha, ce qui est bien en deçà de la valeur calculée sur le périmètre. Il semble donc que la salinité exportée du périmètre résulte d'un drainage des nappes salées et non d'un lessivage de la tranche de sol cultivé. Ces nappes salées sont, en réalité, des reliques des anciennes transgressions marines du quaternaire. On note donc, dans la partie occidentale de la cuvette, un transfert de colatures du périmètre de Nianga vers le Ngalenka.

Le maintien au plus haut de la cote du Ngalenka à l'intérieur de la cuvette tel que souhaité par les exploitants des petits périmètres, a pour effet l'accumulation des eaux chargées dans les dépressions. Ces eaux sont parfois reprises pour l'irrigation. La moitié de l'eau pompée retourne, dès lors, dans la cuvette avec une charge supplémentaire de sels qui, comme le rappelle Séguis (1992), proviennent non pas des parcelles cultivées mais probablement des nappes salées. L'effort de recherche devrait s'orienter davantage vers la mise au point de propositions de solutions qui soient bénéfiques pour les exploitants; les démarches de modélisation s'inscrivent dans ce cadre. En effet, la modélisation permet de formaliser des processus (biophysiques et autres) de fonctionnement des systèmes, et de simuler les conséquences des choix que font les acteurs qui interviennent sur ces systèmes. Une des portes qu'ouvre ce travail est justement qu'il soit suivi par un essai de modélisation allant dans ce sens.

- **Bilan des nappes alluviales**

Les aquifères que l'on rencontre dans la région de Podor sont de types alluviaux multicouches distincts, séparée par des formations argileuses franches. Ces aquifères ont une transmissivité comprise entre $9.5 \cdot 10^{-3}$ et $4 \cdot 10^{-2}$ /m²/s et un coefficient d'emmagasinement compris entre $8.5 \cdot 10^{-5}$ et $1.2 \cdot 10^{-3}$ (Charollais et Weber, 1994).

Les alluvions de la région de Nianga reposent sur des argiles éocènes (Michel, 1973); il s'agit de sables moyens où la perméabilité mesurée atteint 82m/jour soit près de 10^{-3} m/s. On observe également à Podor des nappes libres à semi-captives, parmi lesquelles des nappes perchées mais aussi des nappes captives *stricto sensu*. Les nappes alluviales ont, en général, des échanges hydriques avec les cours d'eau. Ces échanges sont prédominants dans le sens allant du cours d'eau vers les nappes et s'effectuent surtout à travers la berge, étant donné que le fond du lit du fleuve est partiellement colmaté.

Les eaux des nappes alluviales correspondent à un mélange d'eaux anciennes et d'eaux récentes, ce qui prouve, d'une part, les échanges inter - nappes mais aussi les échanges entre ces nappes et les eaux de surface, d'autre part.

- **Apports verticaux : infiltration**

La vitesse d'infiltration est proportionnelle au gradient hydraulique, elle est fonction de la hauteur du plan d'eau (d'inondation). Si l'on suppose un gradient hydraulique i , la perméabilité k des argiles est :

$$k = \frac{q}{i}$$

q = est le taux d'infiltration, $q = 1$ pour une épaisseur d'argile de 1mm .
 $i = 2$ (hauteur de la crue).

$$k = \frac{1}{2} 10^{-3} \text{ m/jour} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/jour} = k$$

Il peut se produire, dans les horizons des argileux peu profonds, un engorgement temporaire au cours de l'inondation. Elle présente, toutefois, une grande variabilité d'un point à un autre (0-10mm/jour), mais elle reste, dans l'ensemble, relativement faible, moyenne de 2mm/jour. Dans les sols *Hollaldé*, on considère que l'infiltration est nulle dans les zones les plus basses de la cuvette (Michel, 1973). Ce qui provoque des engorgements en cas d'apports prolongés d'eau.

- **Relation Nappe - Fleuve**

A Nianga, il a été prouvé¹ que la nappe phréatique connaît un certain renouvellement grâce à des apports (par infiltration) d'eau douce superficielle (Michel, 1973). Ce transfert d'eau a été mis en évidence en utilisant un traceur radioactif naturel de l'eau : le tritium. Mais le phénomène à proprement parlé a été étudié à partir d'observations régulières de piézomètres.

Après la décrue, il se produit un changement assez brusque dans le régime du fleuve qui se traduit par une baisse beaucoup plus lente du niveau. A ce moment là, l'écoulement ne résulte que des apports d'eaux souterraines et du déstockage. La décroissance du débit obéit à une loi exponentielle de la forme :

$$Q_t = Q_0 e^{-kt}$$

Avec

- Q_0 , est le débit du jour j
- Q_t , le débit au jour $j+t$.
- t , le nbre de jours écoulés entre Q_0 et Q_t .
- k , le coefficient de tarissement.

Dans cette partie de la région, les apports souterrains sont à peu près égaux aux pertes par évaporation. Les facteurs de l'alimentation verticale sont principalement les pluies et l'inondation par la crue.

- Précipitations: située approximativement entre les isohyètes 300 et 400 mm (la moyenne des précipitations à Podor, entre 1931 et 1960, est estimée à 336mm²). la région de Podor connaît un climat de type sub-saharien avec deux saisons bien marquées: une saison sèche qui dure les 2/3 de l'année (d'octobre à juin) et une saison des pluies qui s'étale de juillet à septembre.

¹ Céanes creusés chaque année au cours de la saison sèche dans les points bas, loin des étendues d'eau libre (fleuve, marigot, etc.).

² En 1972, on a enregistré à Podor à peine 110mm de précipitations.

Les mesures sur l'infiltration effectuées dans la région de Nianga (poses de piézomètres) montrent des variations de niveaux de la nappe comprises entre 0.45m et 2.90m. Ces variations sont attribuées à la pression exercée sur la nappe par l'air emprisonné sous l'eau d'inondation (Zante, 1994). L'infiltration calculée est faible et semble parfois nulle à certains points à forte teneur d'argile (1.20m d'épaisseur).

En effet, les nombreuses observations faites dans les hollaldé confirment que la submersion des terres elle-même ne provoque qu'une infiltration minimale.

- **Inondations:** la crue, facteur essentiel de la recharge verticale des nappes alluviales submerge chaque année le lit majeur (par débordement du lit mineur): ce débordement commence généralement en fin Juillet en amont et se termine en Novembre en aval. Les maximums de submersion interviennent d'Août à Octobre, en amont et d'Octobre à Novembre dans la partie aval (Michel, 1973). La hauteur d'eau dans les cuvettes atteint, en général 2 à 3 m en crue moyenne, et dépasse 5 m dans certains fonds de cuvette. L'inondation moyenne couvre environ les 2/3 des terres de la vallée.

Dans les cuvettes de décantation du type Nianga, l'infiltration est très faible: selon les travaux de Zante (1994) la vitesse d'infiltration est fonction de l'importance de la couche d'argiles gonflantes. Pour une épaisseur observée de 0.80m l'infiltration moyenne est de 1.7m/jour, pour des épaisseurs de 1m et 1.50m les valeurs d'infiltration recueillies sont respectivement de 1m/jour et 0.3m/jour. La valeur de l'infiltration s'annule lorsque l'épaisseur de la couche d'argile gonflante atteint 3m. C'est souvent le cas dans les cuvettes les plus basses, là où la teneur en argile atteint 65 à 70% . On note que l'eau infiltrée percole en profondeur, même à travers des terrains très peu perméables.

Non loin du fleuve ou des marigots, certains points reçoivent de l'eau de façon latérale. Pour diverses raisons dont celles évoquées ci-dessous, l'alimentation de la nappe par les eaux du fleuve est prépondérante sur celle des eaux de pluie (Séguis, 1992), du fait, entre autres de l'insuffisance chronique et de l'irrégularité des pluies; du fait aussi de la présence d'une croûte argileuse superficielle qui favorise le ruissellement plutôt que l'infiltration.

Dans la moyenne vallée, on estime que l'alimentation de la nappe correspond à 5% des pertes d'eau; elle proviendrait dans une large mesure des eaux du fleuve .

Ceci montre la finesse des connaissances de ces échanges de flux et de solutés entre la surface et la nappe. Ces connaissances permettent un usage plus rigoureux et parcimonieux de l'eau d'irrigation.

Φ₅. Degré d'appropriation du PIV par le groupe

Il faut ici préciser que la bonne connaissance des exploitants exige quand même de passer plus de temps avec les groupes sur le terrain; ce qui n'a pas été le cas pour nous. Les séjours périodiques à Podor et dans les 13 villages du Ngalenka amont n'ont pas suffi à asseoir une connaissance suffisante des groupes impliqués dans la mise en œuvre du projet. Pour pallier ce déficit de connaissances pratiques des GIE impliqués dans le projet, nous avons complété nos entrevues par une documentation auprès des services techniques et administratifs (SAED, Hydroplan, sous-préfectures, CNCAS, etc.) ayant contribué à la mise en place voire au suivi des dites exploitations. Les terres exploitées ne sont pas une propriété des GIE, cette question brûlante nécessite une réflexion approfondie, elle influence la bonne tenue des parcelles et la gestion rigoureuse de l'eau d'irrigation. Ceci pose avec acuité le problème de l'appropriation de ces PIV. De ce point de vue, on peut affirmer que l'appropriation de 11c et 11d n'est pas démontrée.

La grille physique nous a permis de déterminer les bases hydro-pédologiques des Unités de Mise en Valeur; son analyse permet de déceler les forces et les faiblesses de chaque UVM, de manière à pouvoir en tenir compte dans la mise en oeuvre du PIV. Pour cette grille nous pouvons noter que le seul critère non satisfait est le Φ_5 . Cette donnée sera traduite dans le cahier des charges par une recommandation particulière que le groupe devra gérer.

Quant à la grille socio-économique, elle concerne surtout le groupe (GIE) chargé de la mise en valeur des périmètres irrigués

4.4 Application de la grille socio-économique

La grille socio-économique comprend une série de 6 critères d'analyse (*critères σ_1 à σ_6*) qui renseignent sur le groupe, ses capacités, son engagement dans le projet, sa bonne réputation, en somme, ses qualités intrinsèques. Les critères de cette grille, bien qu'étant interdépendants les uns des autres, expriment chacun, une situation singulière. La finalité de cette grille est de fournir des connaissances suffisantes, aussi bien sur le groupe que sur le contexte économique. La grille devra rassurer quant à la capacité du groupe à mettre en valeur les PIV suivant des normes qui garantissent la pérennité du système irrigué.

σ_1 *La mise en œuvre du PIV est assurée par une organisation de producteurs (OP) reconnue.*

Les GIE 11c et 11d ont été créés en 1987, ils sont reconnus par les structures techniques, mais possèdent également une personnalité juridique leur ayant permis d'être titulaire d'un compte bancaire à la Caisse Nationale du Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS). Les deux GIE sont attributaires des PIV du même nom (11c et 11d).

σ₂ . Expérience de l'OP en gestion des exploitations hydro-agricoles

Les groupes en question, bien que créés et officiellement formalisés en 1987 pour les besoins du projet Ngalenka amont, sont constitués de paysans ayant un riche passé agricole. Comme nous l'avons signalé au chapitre III, les populations riveraines du Ngalenka n'ont pas attendu ce projet pour tenter de trouver des solutions à leurs problèmes quotidiens.

Avant l'avènement de l'irrigation, en effet, elles pratiquaient déjà un système d'exploitation combinant les cultures sous pluie aux cultures de décrue. Ce qui leur permettait, en dispersant leur base de production dans l'espace et dans le temps, de minimiser les risques liés aux incertitudes climatiques. Ce système traditionnel était basé sur le principe que pour produire plus, il fallait nécessairement élargir et diversifier l'espace de production. Toutefois, cette théorie reste valable tant que les conditions climatiques garantissent des pluies suffisantes et des crues significatives. Ce qui est loin d'être le cas de nos jours pour la région du Ngalenka amont. La mise en oeuvre des aménagements hydro-agricoles avec les GIE et autres types d'organisations paysannes trouve donc sur place une structuration plutôt basée sur l'exploitation familiale et non sur des structures de type communautaire.

Le passage du premier au second type d'organisation ne se fait pas toujours sans heurts, étant donné les conflits d'intérêts pouvant exister entre ces deux formes d'organisation de la production. Comparé au GIE, l'exploitation familiale présente le net avantage d'une plus grande appropriation de l'outil de production (terre, en l'occurrence). Comme dans toute oeuvre communautaire, il faut une forte adhésion de tous autour d'un idéal partagé pour assurer la cohésion du groupe. La bonne gestion des Unités de Mise en Valeur par les GIE constitués à cet effet, passe par cette cohésion autour d'un idéal commun.

Or, pour le Ngalenka amont, les GIE que nous analysons ici ont été créés par les structures techniques (SAED, Hydroplan) chargées de l'exécution du projet pour les besoins de la mise en oeuvre de celui-ci. Un temps d'apprentissage à cette nouvelle forme d'organisation formelle est nécessaire pour assurer une bonne gestion des PIV. On peut néanmoins citer l'expérience acquise avec le projet Office pour la Formation Agricole et le Développement Communautaire (OFADEC).

Pendant les années 80, en effet, une ONG dénommée OFADEC a aménagé 1500 ha en PIV pour 38 GIE répartis dans 14 villages le long de la rivière du Doué, au nord de la cuvette de Nianga (voir carte 4.1). Chaque GIE s'était alors vu attribuer un Groupe Motopompe (GMP) sous forme de don. Les grands travaux d'aménagement ont été exécutés et financés par l'OFADEC; les autres aménagements furent réalisés manuellement par les agriculteurs moyennant une rémunération financière pour chaque jour de travail. Tous les moyens matériels ont été fournis par l'ONG: il s'agissait en fait de PIV "clef en mains". Une fois que les aménagements ont été rendus opérationnels, le projet a entamé la formation de quelques groupes d'agriculteurs dans les domaines de l'entretien mécanique, de la gestion financière et administrative. Les principales cultures promues par le projet OFADEC étaient alors la banane et les cultures maraîchères. Aujourd'hui cependant, on remarque que les agriculteurs ont pratiquement délaissé ces cultures au profit de la riziculture.

Selon Manka (1994), l'aménagement des PIV ayant précédé la formation des exploitants, il n'est pas étonnant de constater des distorsions dans le fonctionnement de ces PIV. En effet, on note que les procédures administratives requises sont contournées par les exploitants, notamment en ce qui concerne l'obtention et le remboursement des prêts de campagne consentis par la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS).

De même, rares sont les GIE qui prennent la précaution élémentaire de se doter d'une caisse d'amortissement en vue de l'entretien et du renouvellement du matériel agricole (Hydroplan, 1995).

Plus de 22 % des GIE constitués en 1980 ne sont plus fonctionnels tandis que les 47% encore en marche voient le nombre de leurs adhérents baisser progressivement (Manka, 1995). L'échec notoire du projet OFADEC semble, selon Manka (1995), avoir 3 causes principales:

- 1) on n'a pas, au préalable, pris le soin de déterminer les vrais besoins des populations: on leur a pratiquement imposé des spéculations qui ne correspondaient pas à leur besoins. Ce qui explique, en partie, l'abandon progressif de la culture de banane au profit de la riziculture:
- 2) le fait que tout sur le projet OFADEC ait été gratuit pour les populations, ne permettait ni de tester la motivation des agriculteurs ni de les inciter à prendre soin du matériel mis à leur disposition (Manka, 1994);
- 3) la formation des exploitants n'a pas précédé la mise en place des aménagements pour permettre aux agriculteurs de se familiariser aux techniques de gestion des PIV.

Il apparaît donc que les exigences que pose ce critère d'analyse ne sont pas totalement satisfaites par le mode de fonctionnement du groupe que nous venons d'analyser. Or, il s'agit d'un critère déterminant dans le dispositif de prise en compte du risque environnemental: à ce titre, il ne saurait se satisfaire de cet état de fait. D'où la nécessité de régulariser dès le but des opérations, tous les aspects restés en suspend.

σ3. Organisation interne du groupe

Les 87 exploitants des PIV 11c et 11d (42 pour 11c et 45 pour 11d) s'entendent d'abord sur le choix des spéculations à mettre en oeuvre dans les UMV. Pour une campagne donnée, tout le monde se met d'accord en assemblée générale sur la spéculation principale à pratiquer.

Le scénario envisagé au Ngalenka amont et particulièrement dans les PIV 11c et 11d est la double culture, avec une intensité culturale de plus de 160% : riziculture en hivernage et polyculture et/ou maraîchage de contre saison froide (CSF). Au moment de la mise en eau des parcelles, le groupe s'est bien organisé pour avoir une bonne gestion commune de l'eau d'irrigation.

A ce sujet, les tours d'eau se sont bien déroulés. Rappelons la différence entre la notion de périodicité d'irrigation (temps écoulé entre deux mise en eau) et celle de tour d'eau imposé qui est le temps nécessaire pour appliquer la dose (main d'eau) sur toute la surface à irriguer en période de mise en eau. Le calendrier de mise en eau de l'UMV est établi à partir des paramètres agro-climatiques (besoins en eau de la culture). Le groupe détermine ainsi le tour d'eau pour chacun, celui-ci dépend, bien entendu, de la date de la première irrigation. Le jeudi (jour du marché hebdomadaire) est choisi au Ngalenka comme le jour de repos. Les GIE 11c et 11d font montre d'une très grande cohésion dans les prises de décision et dans la coordination de leurs activités. Quant aux processus de prise de décision au sein des groupes 11c et 11d, ils sont consignés dans des procès verbaux de rencontres. Au vu de la fréquence et de la nature des discussions sur toutes les questions relatives à la vie du groupe, on peut affirmer que le processus de prise de décision dans les deux groupes se fait de manière collégiale. Toutefois, les discussions semblent plus constructives dans 11c que dans 11d (certains PV font, ici, état de rencontres interminables sur des questions parfois jugées de second ordre par le groupe lui-même). Le groupe 11d compte plus de jeunes (60% des membres) que 11c (20% des membres).

Ce qui nous amène à penser que l'esprit de contradiction très poussé constaté ici serait lié à la jeunesse du groupe. Par contre, le taux de présence aux réunions est bien plus élevé chez 11c que chez le groupe composé de plus d'adultes (11d).

L'exigence de transparence semble plus affirmée chez 11c, alors que les membres de 11d y font moins référence; sans doute que la plus grande maturité et l'expérience leur donne plus de sérénité. Le choix des cultures à pratiquer fait bien l'objet d'un consensus au sein des deux groupes : le PV de la dernière rencontre organisée par 11d, le 7 mai 99, pour décider du choix des cultures pour les deux campagnes à suivre (hivernage et contre-saison froide), indique que seulement 2 membres présents à la rencontre avaient exprimé leur désaccord quant aux décisions prises.

Au vu de quoi, nous pouvons considérer que 11C ne répond pas à ce critère: il fera donc l'objet de recommandations dans le cahier des charges.

σ₁ Techniques d'exploitations adoptées et leur maîtrise par l'OP.

Le calendrier de mise en eau des cultures, ainsi que l'itinéraire technique complet sont établis au départ. Ce calendrier indique que 11c comme 11d, sous le contrôle et la supervision des techniciens du projet, pratiqueront des assolements adaptés aux conditions du milieu physique (sols lourds, peu perméables).

De la même façon, les techniques d'exploitation envisagées (irrigation par pompage à partir du Ngalenka, tours d'eau, drainage systématique, riziculture submergée) tiennent compte de la vulnérabilité de ce milieu physique. Toutefois, il faut préciser que sans un suivi rapproché de l'encadrement technique, le groupe 11c, surtout, semble exposé au non respect scrupuleux de ce critère, compte tenu de son expérience limitée.

De toutes les façons, au 11c comme 11d ont besoin de ce suivi rapproché et d'une formation par la pratique, au moins, au cours des deux à trois premières campagnes agricoles.

σ₅. Perception du risque environnemental par le groupe.

Si le risque environnemental dans le système irrigué est plus ou moins bien appréhendé par la recherche, il n'en est pas de même pour les GIE 11c et 11d. Pour ces groupes, en effet, le risque est perçu différemment et exprimé selon un formalisme propre à la communauté. Moulaye Fall (38 ans, marié et père de 3 enfants), président du comité de gestion du GIE 11c, se faisant le porte parole du groupe, définit le risque environnemental comme une préoccupation du futur qui «empêche aux chercheurs de dormir», mais pour sa part, ce risque ne le torture pas car il ne dépend pas de lui. Il dépendrait plutôt de facteurs climatiques que ne maîtrisent pas les humains.

De ce point de vue, il n'y a, selon lui, rien à faire, sinon que d'attendre qu'il se manifeste pour décider ensuite de la stratégie à adopter. Sidy Ndiaye de 11d (57 ans, marié et père de 5 enfants) lui, pense qu'un bon agriculteur conscient du fait que la terre est sa seule ressource est tenu de bien la gérer. Ceux là qui auraient des pratiques tendant à fragiliser la ressource ne sont pas, selon lui, des agriculteurs, mais plutôt des « cultivateurs d'occasion ». Par conséquent, on ne saurait parler de risque sans traiter des comportements isolés qui ne sont pas le fait d'agriculteurs. Toujours est-il que le risque dans l'absolu est, pour lui, lié à des événements relevant plutôt du divin. Ces positions prises lors d'entrevues avec l'ensemble des 2 groupes (le 22 Octobre 1996), loin d'être des opinions personnelles, reflètent bien le point de vue général des agriculteurs de 11c et 11d.

Bien sûr, quelques uns parmi eux, comme Issa Gueye (61 ans, membre du GIE 11d et ancien conducteur de travaux à la SAED), Salam Diallo (43 ans, membre de 11c et ancien ouvrier dans une usine à Dakar), pensent que le risque existe et, bien qu'il soit lié aux conditions climatiques particulières de Podor, il trouve son expression dans la manière dont les PIV sont mis en œuvre par les agriculteurs.

*Perception du risque chez les agriculteurs du Ngalenka
amont selon trois facteurs*

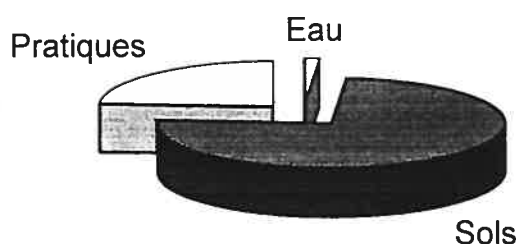


Figure 33: *Perception du risque chez les agriculteurs du Ngalenka*
Source : JpSenghor, 1997

On comprend donc que la perception du risque a besoin d'être harmonisée afin que tous les acteurs parlent le même langage à ce propos, avant de tenter d'arrêter, ensemble, une stratégie concertée de prise en compte de ce risque. Dans cet exercice d'harmonisation, tout le défi tiendra à la capacité de résister à la tentation d'imposer la vision d'un camp (physique) à l'autre (social) au lieu de transcrire le point de vue de la science dans des formalismes accessibles.

Ce critère n'étant donc pas satisfait; il fera l'objet de recommandations ou directives dans le cahier des charges.

σ₆. Rentabilité économique de l'exploitation

Au regard des coûts d'investissements ramenés à l'hectare (ils sont estimés à 8 millions CFA environ), ce critère cherche à déterminer des paramètres de mesure de la rentabilité du système irrigué, à l'échelle de l'Unité de Mise en Valeur. Il reste évident que si l'on s'en tient à la comparaison entre les facteurs coûts d'investissements et la marge brute totale dégagée par les activités envisagées, il est difficile, voire impossible, pour le projet Ngalenka amont d'établir une balance équilibrée, même au bout de 10 années d'exercice.

Par conséquent, étant donné que les coûts d'aménagement et d'équipement des PIV font l'objet d'un financement dans le cadre d'un projet de coopération bilatérale (Sénégal-Allemagne) et ne sont donc pas imputés à l'exploitant (du moins, directement), nous ne considérerons, ici, que les charges liées à l'exploitation des PIV (en ne prenant pas en compte le coût de l'eau, ce qui fausse d'emblée les données, mais, il s'agit de se faire une idée des coûts et marges récurrents).

	Marges Brute, la première année (FCFA/ha)	Marge Brute en année de croisière (FCFA/ha)	Taux d'accroissement (%)
RIZ d'hivernage	344.576	344.576	0
RIZ Contre-Saison Chaude (CSC)	344.576	344.576	0
Maïs hivernage	310.440	310.440	0
Tomate	332.158	416.831	0,25
Oignon	9.175.838	11.046.402	0,20

Tableau XIV : Marges brutes dégagées par les cultures principales du Ngalenka amont (source : SAED- Podor, 1996)

Quand on sait que la moyenne des superficies exploitées par membre est de 0.50 ha et que les marges dégagées concernent des campagnes de 3 à 4 mois d'activités, seul l'oignon dégage une marge brute intéressante.

Là encore, c'est sans compter avec les difficultés fréquentes d'écoulement de ce produit en cas de saturation du marché. Un autre commentaire découle de la comparaison entre le riz d'hivernage et celui de Contre-Saison Chaude.

Bien que le total des précipitations moyennes enregistrées ces quinze dernières années dans la région ne dépassent pas 300mm, on s'attend à une différence entre les données (charges – productions) de l'hivernage et celles de la Contre-Saison Chaude: ce qui n'est pas le cas ici. Les chiffres avancés doivent donc faire l'objet d'une vérification ultérieure. Le groupe 11c ne répond pas à ce critère à ce stade de l'analyse; il devra être inclus dans les termes du cahier des charges.

4.5 Discussion des résultats

Au terme de l'analyse de ces deux grilles, le résultat attendu est de pouvoir répondre, sans équivoque, à la question de savoir si les OP et les UMV considérées dans l'analyse satisfont ou non aux critères d'analyse. Puis, l'analyse doit démontrer en quoi la satisfaction de ces critères permet-elle la prise en compte du risque.

Le postulat que nous admettons ici est que la satisfaction des critères d'analyse par un groupe et son UMV est un gage de succès de l'activité d'irrigation, mais c'est surtout une garantie que donne ledit groupe, a priori, pour une gestion durable de l'exploitation dont il assure la mise en valeur. Toutefois, nous rappelons que l'application rigoureuse des grilles d'analyse exige quelques préalables incontournables :

- i) une bonne connaissance du milieu physique qui abritera les PIV; ceci suppose de disposer, au départ, de toute l'information requise sur le site d'implantation du projet d'irrigation ;
- ii) il est, également indispensable de disposer d'une série d'informations fiables relatives au maître d'ouvrage du projet, en l'occurrence le groupe d'exploitants réunis, ici, au sein de l'entité GIE (son expérience, le mode d'exploitation adopté, sa motivation, ses acquis, son mode d'organisation, etc.) ;
- iii) une connaissance suffisante des partenaires (financiers, administratifs et techniques) impliqués dans la mise en œuvre du projet ainsi leur motivations et leurs attentes.

Il apparaît donc que l'existence de l'information requise sur les principaux acteurs (OP, UMV, partenaires) du système est une condition de base qui détermine l'applicabilité de la méthode.

Lorsque l'information n'existe pas, il faut la créer en allant la chercher. La structure des grilles montre nettement l'importance capitale de cette information-connaissance sur le site et sur le groupe chargé de mettre en valeur le PIV ou l'UMV.

Il n'y a pas de hiérarchie entre les critères d'une même grille, pas plus qu'il n'y en a entre les deux grilles ; toutes les deux grilles sont importantes. De la même façon, tous les 11 critères que comptent les deux grilles sont indispensables à la création des conditions assurant la pérennisation du système irrigué. Cependant, la non satisfaction d'un seul critère est une cause de déséquilibre, puisqu'elle affecte ainsi la structure du système.

La finalité de l'approche APCA étant de donner une idée précise de ce que pourrait être le Cahier des Charges pour la prise en compte du risque environnemental dans ce systèmes irrigué, nous allons d'abord établir un bilan sommaire des deux grilles, cela va nous aider dans l'élaboration du cahier des charges.

4.5.1 Bilan de l'analyse des grilles.

Ce tableau comprend une colonne des critères et deux colonnes représentant les grilles physique et socio-économique. Chaque ligne représente un numéro de critère (5 pour la grille physique et 6 pour la grille socio-économique).

A chaque fois que le groupe ou le PIV a, selon l'analyse, rempli toutes les conditions édictées par un critère donné, la case correspondant à ce critère est marquée du signe $+$, dans le cas contraire, elle est marquée du signe $-$.

N° Critère	<i>Grille Physique</i> Φ	<i>Grille OP</i> σ
Critère 1	+	+
Critère 2	+	—
Critère 3	+	+
Critère 4	+	—
Critère 5	—	+
Critère 6		—

Figure 34: *Tableau De Bord*

Légende

- $+$ Le groupe/le PIV répond au critère
- Le groupe /PIV ne répond pas au critère

Dans la grille physique (Φ), un seul critère n'aura pas été satisfait (appropriation de l'UMV) par le groupe, alors que les deux OP n'ont pas répondu à 3 critères sur les 6 compte la grille).

Ceci s'explique, en partie, par le fait déjà souligné de l'insuffisance des connaissances dont nous disposons, à date, sur les OP et leurs comportements intrinsèques vis-à-vis du système irrigué. Les données antérieures, existantes sur le site, sont de loin plus abondantes et plus précises en ce qui concerne le milieu physique que pour le social et l'économique.

Ce qui veut dire, qu'il y a un vrai besoin en connaissances fines et détaillées sur les organisations paysannes du projet Ngalenka amont.

L'APCA stipule qu'un système irrigué est d'autant plus performant, au plan de la prise en compte du risque environnemental, que son bilan est vert. Autrement dit, plus un système irrigué présente un bilan vert, plus le risque environnemental induit est réduit. Ceci pose à nouveau la question de la lecture qui doit être faite des résultats présentés par les grilles.

4.5.2 Lecture du tableau de bord ?

Les résultats de l'analyse montrent que les groupes 11c et 11d ne répondent pas à 42.8% des critères de la grille socio-économique. Ce qui, signifie que les GIE 11c et 11d ne remplissent pas encore les conditions requises pour gérer des PIV suivant les conditions qui garantissent la minimisation du risque. Cette donnée est importante à intégrer dans le cahier des charges que nous allons proposer, au titre de produit expérimental. Mais auparavant, nous devons répondre à la question de comment réagir face à cette situation. Elle appelle une revue des deux groupes en question en vue de mieux les préparer à faire face aux conditions de mise en œuvre qui garantissent la viabilité des PIV.

Le rôle du décideur, de même que le devoir de l'exploitant agricole chargé de mettre en valeur le PIV sera, dans ce contexte précis, de reprendre toutes ces informations et de veiller à ce qu'elles soient considérées¹ au moment de la mise en oeuvre du projet. C'est là, un premier palier important dans le processus de *prise en compte du risque environnemental dans le système irrigué*.

4.5.3 Que nous suggère alors l'APCA ?

En interrogeant l'approche à ce propos, elle nous indique (voir 3.5.2) que le processus de prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués traduit un *mécanisme de gestion concertée de connaissances pluridisciplinaires* par les acteurs en jeu (techniciens, décideurs et exploitants agricoles). Autrement dit, le tableau de bord n'a pas été conçu pour permettre la sélection des UMV ou des groupes d'agriculteurs. Il doit surtout jouer pleinement son rôle de *tableau de bord* avec des signes positif (+) et des signes négatifs (-).

Lorsqu'un critère est négatif (-), la finalité de cette gestion des connaissances issues des grilles physiques et socio-économiques par l'APCA, c'est, à défaut de pouvoir le rendre positif, de tenir compte de cette information au moment de la mise en oeuvre hydro-agricole du périmètre. Ceci n'est possible que si le gestionnaire principal du système (l'agriculteur, en l'occurrence) a, en sa possession, l'information utile lui permettant de prendre la bonne décision de gestion au moment opportun. C'est pourquoi ni le tableau de bord, encore moins les grilles d'analyse, ne doivent être vus comme des produits finaux. Ils n'auraient, d'ailleurs, pas pu être d'aucune utilité pratique pour le gestionnaire du système irrigué sinon que des étapes intermédiaires pour en arriver à ce cahier des charges à l'attention des acteurs directement concernés (agriculteurs, techniciens et décideurs).

¹ En termes de réponses apportées aux questions y afférant.

La grille physique a ceci de particulier qu'elle définit les conditions physiques nécessaires à la mise en place d'un système irrigué pérenne; elle s'appuie sur l'existence d'informations rigoureuses issues de différents travaux, pour construire son protocole d'analyse. La grille socio-économique est tout aussi importante, moins polémique (au plan conceptuel). Mais elle est, dans le cas de 11c et 11d, moins documentée et fait appel à des données davantage qualitatives. C'est ce qui explique, en partie, la forte proportion de critères non satisfaits par l'analyse.

Toutefois, dans sa structure et son contenu, la grille socio-économique participe de la même logique de l'existence d'informations de base nécessaires à une appréciation du risque environnemental.

Les deux grilles, bien que traitées isolément, sont intégrées à la fin des analyses respectives pour les besoins du bilan global. Le site doit répondre aussi bien aux critères de la grille physique qu'à l'ensemble des critères de la grille socio-économique pour être considéré apte à être mis en valeur, suivant les principes de l'APCA.

Nous avons discuté de la possibilité de pondération des critères dans l'optique d'en établir une hiérarchie. Celle-ci permettrait de relativiser l'appréciation des critères et aiderait à mieux juger le poids d'une décision de mise en valeur hydro-agricole dans le cas où, comme celui de 11c et 11d, plusieurs critères se trouvent non satisfaits par l'analyse. Autrement dit, l'intégration des connaissances sur 11c et 11d, a permis, d'un trait, d'identifier les leviers importants sur lesquels il faudrait agir tant dans les PIV que pour les GIE, en vue de minimiser le risque environnemental lié à la mise en valeur de ces périmètres irrigués. Ce test nous enseigne, en définitive, que la bonne connaissance du milieu physique devant accueillir les PIV est une condition indispensable à la pérennisation du système.

Il faut également une familiarisation suffisante avec les organisations de producteurs qui mettent en valeur ces PIV. Mais comme nous l'avons souligné, l'approche par critères d'analyse n'est pas, en soit, une solution infaillible, elle propose surtout une méthode d'intégration de connaissances à des fins de gestion conservatoire des systèmes irrigués en milieu sahélien. Cette méthode devra être testée in situ dans un autre contexte que celui du Ngalenka amont et du cas sénégalais: ceci aiderait à affiner davantage les grilles, notamment la grille socio-économique.

4.5.4 Le Cahier des Charges comme outil de suivi-évaluation

Le cahier des charges apparaît comme un instrument de suivi-évaluation des activités du système irrigué. Il peut être adapté à tout projet de développement mettant en jeu plusieurs acteurs. Comme annoncé dans le chapitre III, un des résultats concrets de l'*APCA* a consisté à générer un outil de planification multisectoriel, c'est-à-dire pouvant s'appliquer à des projets différents.

Description de l'objet	Indicateurs objectivement vérifiables	Moyens de vérification	Action à entreprendre et échéances	Hypothèses critiques
BUT : Contribuer à la réduction du risque environnemental dans le système irrigué du Nyalenka amont				
Critère ciblé : Φ_5. L'appropriation du PIV par le groupe est démontrée				
L'appropriation du PIV par le GIE reste à prouver	<ul style="list-style-type: none"> Les membres du GIE négligent leur parcelle dans le PIV. Le groupe participe peu ou pas aux opérations de bonne tenue du PIV. Le GIE parle peu de son PIV. Les membres du groupe considèrent que le PIV ne leur appartient pas. 	<ul style="list-style-type: none"> Rapport techniques. Rapport de suivi du projet. Entrevues avec le groupe ou quelques membres. 	Sensibiliser le groupe à ce propos (Responsable : CCG)	La direction du projet n'encourage pas l'appropriation des PIV par les groupes qui les mettent en valeur.
Objectifs à atteindre				
Le groupe participe à la bonne tenue du PIV	<ul style="list-style-type: none"> Nombre de membres présents dans les instances d'entretien des équipements du PIV Nombre de fois que le groupe est présent dans ces instances 	<ul style="list-style-type: none"> Process verbaux/Rapports Programme en cours dans les pays cibles 	<ul style="list-style-type: none"> Formations Suivi rapproché du groupe Évaluation de la motivation du groupe 	Absence de suivi rapproché du groupe par le CCG ou le personnel technique du projet
Le groupe considère le PIV comme son patrimoine	<ul style="list-style-type: none"> Adoption par le groupe de règles de discipline interne dans la gestion des parcelles. Les familles participent à la mise en œuvre des PIV. 	<ul style="list-style-type: none"> Règlement intérieur du groupe. Entrevues 	<ul style="list-style-type: none"> Formation/Suivi du groupe. sensibilisation 	Absence d'une politique d'appropriation

Description de l'objet	Indicateurs vérifiables	Moyens de vérification	Action à entreprendre et échéances	Hypothèses de contraintes
BUT : Contribuer à la réduction du risque environnemental dans le système irrigué du Ngaldenka amont				
Critère ciblé : σ_2 - Le groupe possède une bonne expérience en gestion des exploitations hydro-agricoles .				
<p>Le groupe n'a pas d'expérience significative en gestion des PIV.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Le groupe ne maîtrise pas les techniques d'irrigation. Aucune réalisation antérieure dans le domaine . Pas de connaissance particulière des problèmes courants en irrigation. Plan de mise en œuvre du PIV incomplet 	<ul style="list-style-type: none"> Entrevues/étude de faisabilité. Entrevues Entrevues Document de projet 	<p>Sensibiliser le groupe à ce propos et le former (Responsable : CCG)</p>	<p>Les groupes qui mettent en valeur les PIV n'ont pas bénéficié des formations ni d'encadrement suffisants.</p>
Objectifs à atteindre				
<p>Le groupe participe à la bonne tenue du PIV</p>	<ul style="list-style-type: none"> Nombre de membres présents dans les instances d'entretien des équipements du PIV Nombre de fois que le groupe est présent dans ces instances 	<ul style="list-style-type: none"> Process verbaux/Rapports Programme en cours dans les pays cibles 	<ul style="list-style-type: none"> Formations Suivi rapproché du groupe Évaluation de la motivation du groupe 	<p>Absence de suivi rapproché du groupe par le CCG ou le personnel technique du projet</p>
<p>Le groupe considère le PIV comme son patrimoine.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Adoption par le groupe de règles de discipline interne dans la gestion des parcelles. <i>Les familles participent à la mise en œuvre des PIV.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Règlement intérieur du groupe . Entrevues 	<ul style="list-style-type: none"> Formation/Suivi du groupe, sensibilisation 	<p>Absence d'une politique de formation</p>

Description de l'objet	Indicateurs vérifiables	Moyens de vérification	Action à entreprendre et échéances	Hypothèses de contraintes
BUT : Contribuer à la réduction du risque environnemental dans le système irrigué du Ngalenka amont				
Critère ciblé : g3 Le groupe fait preuve d'une bonne cohésion et d'équité dans la prise de décisions				
Manque de cohésion du groupe	<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de communication. • Difficulté d'harmonisation des position. • Absence de dynamique de groupe; • Multiplicité des centres de décisions au sein du groupe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevues; • Rencontres avec le groupe • Entrevues • Entrevues 	<i>Formation en dynamique de groupe</i>	Des difficultés au sein du village qui se reflète dans la cohésion du groupe.
Objectifs à atteindre par le groupe				
Restructuration du groupe	<ul style="list-style-type: none"> • Nouvelles entités mise en place; • Communication entre les membres améliorés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Organigramme du groupe • Rencontres 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation en dynamique de groupe 	Non disponibilité des membres
Groupe soudé	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de rencontres d'échange organisées par le groupe • <i>Décisions majeures prises par l'Assemblée générale du groupe.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Procès verbaux de réunions • Procès verbaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Visites d'échange; • Suivi rapproché du groupe 	Réticences du groupe et absence de cadre de réflexion et d'échanges.

Description de l'objet	Indicateurs vérifiables	Moyens de vérification	Action à entreprendre et échéances	Hypothèses de contraintes
BUT : Contribuer à la réduction du risque environnemental dans le système irrigué du Ngalenka amont				
Critère ciblé : σ_6. L'activité principale menée par le groupe génère des revenus pouvant contribuer à la prise en charge des coûts d'exploitation du PIV.				
Non maîtrise des flux financiers et des charges de d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de compte d'exploitation • Pas de documents comptables. • Charges non maîtrisées 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de documents comptable • Pas de rapports financiers 	<i>Formation en gestion et en comptabilité</i>	Le projet n'a pas de plan de formation Le groupe est réticent
Objectifs à atteindre par le groupe				
Renforcer le groupe en gestion	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de personnes formées en gestion • Existence de documents comptables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapport d'activité • Documents comptables 	<ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre et renforcer la formation 	Non disponibilité des membres Absence de plans de formation
Reindre l'activité rentable	<ul style="list-style-type: none"> • Revenus générés par l'activité • Revenu/membre • Charges d'exploitation maîtrisées 	<ul style="list-style-type: none"> • Visite au groupe • Rapports financier • Procès verbaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Visites d'échange. • Suivi rapproché du groupe • Recherche de partenaire 	Réticences du groupe et absence de cadre de réflexion et d'échanges.

Conclusion de la quatrième partie

Rappelons que cette quatrième partie avait pour finalité de procéder à un test de cohérence et de faisabilité technique de l'APCA. Nous avons découvert, par ailleurs, que **la prise en compte du risque environnemental** n'était, ici, autre chose que de *la gestion concertée de connaissances*. A partir d'exemples concrets du terrain, nous avons essayé de rendre cette notion opérationnelle. L'analyse des deux grilles par l'APCA, est une occasion pour passer en revue toutes les questions essentielles en rapport avec la nature et la qualité du milieu physique, mais également avec la qualité intrinsèque du groupe responsable de la mise en valeur du PIV: c'est-à-dire la capacité de ce groupe à bien gérer son fonctionnement. La mise en oeuvre d'un tel outil constitue une alternative nouvelle en étude des systèmes irrigués, notamment en analyse du risque environnemental dans les projets hydro-agricoles au Sahel.

Toutefois, cette méthode que nous proposons devra être complétée, consolidée notamment, sous forme d'un modèle de simulation de systèmes complexes (voir annexes). Le tableau de bord pourrait, également, parfaitement être modélisé pour générer un cahier des charges spécifique. A chaque configuration du tableau de bord correspondra un cahier des charges qui pourra être généré automatiquement par le modèle de simulation. C'est là une autre piste d'exploration possible: elle pourrait avoir des applications pratiques en gestion des systèmes irrigués.

Ce premier exercice montre bien qu'il est possible, en mettant en vis à vis les deux grilles d'analyse, d'obtenir une combinaison de connaissances multidisciplinaires qui renseignent sur l'état physique et la situation socio-économique du système irrigué.

C'est le traitement croisé de ces informations thématiques qui dresse le cadre et trace les grandes lignes de l'intégration des connaissances sur un milieu donné (systèmes irrigués) à des fins diverses. Dans le cas du Ngalenka, la préoccupation est la gestion préventive du risque environnemental.

Résultat de l'*APCA*, le cahier des charges est généré par le tableau de bord, lui-même, issu du traitement des deux grilles d'analyse. Le principe du cahier des charges est qu'il reprend toutes les cellules négatives du tableau de bord et les présente sous une forme exploitable par les techniciens et décideurs. Ce cahier des charges peut être présenté de plusieurs manières dont celle que nous avons proposée en 4.5.4

L'*APCA* devra, par ailleurs, s'ouvrir à davantage de systèmes autres que les systèmes irrigués; la modélisation des systèmes complexes pourra, sans doute, emprunter à notre approche sa philosophie et sa démarche intégrative.

Conclusion générale

Pour une gestion durable des systèmes irrigués,

La problématique de la gestion durable des eaux de surface et souterraines reste un des plus grands défis de ce 21^{ème} siècle, compte tenu de la demande sans cesse croissante et, par ailleurs, de la dégradation dont fait l'objet la ressource eau à travers le monde. Au Sahel, les cours d'eau constituent des réserves hydriques importantes dont la mobilisation, à des fins agricoles, notamment, demeure une des préoccupations essentielles des Etats.

Les populations riveraines de ces cours d'eau pérennes ont, quant à elles, souvent pu en tirer parti. On pourrait donc penser que l'eau est, ici, une ressource rare et que c'est justement sa rareté qui explique tous les maux que connaît le développement de l'agriculture sahélienne. Dans la réalité, Il n'en est rien, car les ressources en eau disponibles dans la vallée du fleuve Sénégal, par exemple, sont largement suffisantes pour mettre en valeur plus de 240.000 ha de terres irrigables¹ permettant de produire largement deux fois plus que les 600.000 tonnes (de riz notamment) nécessaires à la couverture des besoins annuels en riz du Sénégal (Ministère de l'agriculture, 1995).

Nous avons donc, dans ce travail, essayé de montrer, entre autres, que, contrairement à certaines idées reçues, l'eau n'est pas le facteur limitant majeur dans le système irrigué du Ngalenka; mais c'est plutôt sa mobilisation et le mode de gestion dont cette ressource fait l'objet qui contribuent, avec le mode de gestion des terres (tenue des parcelles, statut foncier des PIV, etc.), à créer les conditions qui favorisent l'émergence des facteurs de blocage.

¹ Potentiel irrigable de la rive gauche (sénégalaise) de la vallée du fleuve Sénégal (Hydroplan, 1995 .

L'organisation normative du système de production traditionnel à proprement parler, caractérisé par la diversité (élevage, pêche, agriculture pluviale et de bas-fond) et la souplesse des modes de production (s'exprimant par la possibilité, pour un même agriculteur de passer de la zone de bas-fond à celle des hauts plateaux, selon l'abondance ou pas des pluies), sont les traits dominants du secteur Ngalenka amont.

Cette partition géographique du système est, en réalité, une stratégie adoptée par les populations en vue de minimiser les risques économiques, mais surtout climatiques. Toutefois, ce que ni l'agriculteur, ni le technicien des systèmes irrigués actuels modernes ne prend pas en compte, c'est le risque environnemental induit par les PIV eux-mêmes.

Nous avons vu en quoi, ce risque de dégradation des conditions de production dépendait de la prise en compte ou non de la situation de référence du milieu physique, mais aussi du degré de préparation (au plan organisationnel et cognitif) du groupe chargé de la mise en valeur du PIV, de son expérience et de sa rigueur dans la gestion, en général, du système irrigué. L'Approche par Critères d'Analyse qui a été développée dans cette étude a permis de se faire une bonne idée de cette situation de référence: elle a, par ailleurs, permis d'avoir une certaine connaissance des groupes chargés de mettre en valeur ces terres. Cette analyse donne des éléments d'appréciation du risque et partant, aide à une meilleure planification des activités d'irrigation.

Pour une meilleure implication des exploitants agricoles

Les organisations communautaires de base jouent un rôle déterminant dans la gestion des ressources dites naturelles. Pour ce qui concerne le domaine agricole l'utilisation rationnelle de l'eau de surface, à des fins d'irrigation notamment, de même que la bonne tenue des terres cultivées, constituent un enjeu de taille pour le maintien de systèmes irrigués durables.

En effet, comme nous l'indiquent les grilles d'analyse, si tant est qu'on se préoccupe de l'efficacité des aménagements hydro-agricoles et de la viabilité de l'activité d'irrigation elle-même, les leviers à actionner en matière de gestion de ces systèmes irrigués sont à rechercher dans :

- i) le mode d'organisation et de gestion, donc le fonctionnement des structures chargées de mettre en valeur les périmètres irrigués² ;
- ii) la nature des sols, supports des périmètres irrigués, mais aussi de la provenance de l'eau d'irrigation (ce qui, souvent, détermine sa qualité physique et chimique) ;
- iii) les rapports qu'entretient l'agriculteur avec sa parcelle et son comportement vis à vis des autres usagers du système ;
- iv) dans les rapports qu'entretiennent ces Organisations Communautaires de Base avec les autres acteurs intervenant sur le système irrigués : acteurs techniques, administratifs et financiers (bailleurs).

Le phénomène de dégradation saline des terres irriguées (résultat d'une combinaison de facteurs géochimiques et de pratiques agricoles non appropriées) constitue une menace pour la viabilité des Périmètres Irrigués Villageois (PIV) de la vallée du fleuve Sénégal. La tendance manifeste à leur dégradation notée dans cette étude confirme l'existence du risque .

Face à cette réalité du terrain, il y a deux attitudes possibles : i) attendre que le mal se manifeste pour tenter d'y remédier de quelque façon (les agriculteurs ont tendance, dans ces cas là, à abandonner les terres dégradées pour en occuper d'autres) ; ou alors ii) s'entourer de toutes les précautions requises, en essayant de prévenir les risques potentiels. C'est à cela que nous nous sommes attelés dans ce travail, compte tenu du vide qui entourait la question, dans l'optique d'une gestion durable des systèmes irrigués en zone sahéenne.

L'approche que nous avons proposée ici pose les bases pratiques de l'intégration de connaissances multidisciplinaires à des fins de planification et de gestion. Cette gestion de l'information acquise sur le milieu physique et social, en vue de renseigner la dynamique du système considéré constitue, en lui même, une amorce sérieuse de la prise en compte du risque environnemental dans le système irrigué. Elle se traduit concrètement sur le terrain par un partage effectif d'informations utiles et du savoir (faire?!) au sein d'instances communes tels que le Comité de Concertation et de Gestion, les GIE et autres types d'associations.

L'*APCA* n'a donc pas pour fonction de juger, dans l'absolu, la qualité d'un projet, encore moins de le faire arrêter pour insuffisances préalables, mais de générer plutôt un *cahier des charges*, à partir d'un *tableau de bord*, lui-même issu de l'analyse des grilles Φ et σ ; le but final étant de travailler à ramener au positif tous les voyants négatifs du TDB. C'est en cela que consiste aussi les bonnes pratiques de gestion assurant des conditions de risque minimum. Ceci n'est possible que lorsque le gestionnaire principal du système (l'agriculteur, en l'occurrence) dispose, au bon moment, de l'information utile lui permettant de prendre la décision idoine.

Ni le tableau de bord, ni les grilles d'analyse ne doivent être vus comme des produits finaux: ce sont davantage des étapes d'une démarche méthodologique dont la finalité est l'élaboration du *cahier des charges*³, au titre d'instrument de planification. Quant au tableau de bord qui lui, est à l'usage des aménageurs (décideurs et techniciens de l'irrigation), il fournit des éléments clés permettant au décideur de faire son choix d'aménagement en toute connaissance de cause.

² C'est l'expérience et la bonne cohésion de ces organisations qui forgent leur maturité.

³ Synthèse adaptée des résultats de l'analyse des grilles.

Nous savons, toutefois, qu'un outil du type de celui qui est proposé ici, n'aura souvent de pertinence pour le décideur, placé dans un contexte précis et face à des enjeux connus, que lorsqu'il permet de servir ses causes immédiates qui, comme on peut le comprendre, n'obéissent généralement qu'à des logiques circonstancielle (enjeux politiques à très court terme). Le défi qui se pose, dès lors, à l'aménageur, est d'être capable i) d'intégrer cette donnée politique sous forme « *d'hypothèse de la boîte noire* »⁴ et ii) d'offrir plusieurs choix différents en termes d'alternatives.

Un autre grand défi de l'aménagement que nous abordons indirectement dans ce travail, au travers de l'APCA, est la nécessité de chercher à établir un juste équilibre entre les problématiques sociales, les incertitudes politiques (boîtes noires) et les impératifs de l'économie locale ou régionale. Privilégier l'un au détriment des autres conduit souvent à des incompréhensions dues généralement à un défaut de communication entre des acteurs ayant parfois des intérêts divergents. Or, dans le même temps, l'aménageur est souvent amené à prendre position face à ses propres choix d'expert et ses approches pas nécessairement comprises.

En revenant au cas sénégalais, le choix (politique) porté sur la vallée du Sénégal pour tenter de sortir le pays de la dépendance alimentaire vis à vis de l'extérieur, relève d'une stratégie adoptée au début des années 60, dans le cadre de la lutte pour l'autosuffisance alimentaire du pays. Les choix opérés pour mettre en œuvre cette politique semblent avoir obéi à la préoccupation, à peine voilée, de maintenir ou d'établir un équilibre entre les régions diversement développées, inégalement pourvues en ressources naturelles. C'est également le cas du delta intérieur du Niger comme de la région du lac Tchad.

⁴ Sans se préoccuper outre mesure de l'usage future que pourrait en faire le décideur, l'aménageur se doit de proposer ses outils de planification les plus rigoureux possibles .

A l'échelle des périmètres irrigués eux-mêmes, le choix des sites d'implantation respecte, tout au plus, des critères topographiques et de distance par rapport i) à la source d'alimentation en eau et ii) au lieu d'habitation des exploitants. Un critère essentiel manquait donc à cette matrice de choix : l'appréciation du risque environnemental que comporte une telle décision. C'est cet important maillon manquant que nous avons essayé, dans ce travail, de fournir à la chaîne du système (irrigué). Nous avons, à ce sujet, proposé un protocole sommaire permettant de s'assurer que tous les éléments physiques et humains, importants, sont bien pris en compte dans le choix des sites à aménager.

Nous avons vu, par ailleurs, qu'un des éléments garantissant le succès réside dans une bonne préparation comportementale et cognitive (en termes de sensibilisation et transfert de connaissances) des Organisations Communautaires de Base.

Miser sur la formation et l'information

L'application, au secteur Ngalenka amont, de l'APCA confirme l'absence, dans la conception de ce projet d'aménagement hydro-agricole, d'une vision prospective quant à la dynamique d'évolution probable de ce milieu (au plan physique, notamment). Les grilles d'analyse permettent, dans le souci d'une gestion durable de ce système irrigué, une certaine appréciation des facteurs de risque environnemental, mais elles indiquent, par ailleurs, précisément les éléments qui nécessiteraient une attention particulière lors de la mise en valeur. Ce qui permet de prendre des mesures correctives idoines avant la mise en place effective des périmètres irrigués. C'est tout le sens du *Tableau De Bord* et du *Cahier Des Charges*. Un autre aspect que révèle l'application des grilles d'analyse, concerne le besoin en formation des agriculteurs chargés de la mise en œuvre des périmètres irrigués.

Ces agriculteurs ont pleinement conscience de la nécessité de contrôler, eux-mêmes, leurs périmètres irrigués, mais savent également que pour maîtriser un tel outil de production avec une obligation de résultats garantissant une certaine rentabilité économique et la durabilité du système, il leur faut être bien formés et informés. Toutefois, cette formation ne doit pas se contenter de livrer un paquet technologique, mais devra plutôt favoriser, par un apprentissage formel, la maîtrise des enjeux au sein et à la périphérie du système irrigué. C'est là qu'entrent en jeu d'autres acteurs, avec leur connaissances et leurs approches; ils viennent enrichir le système.

Le *cahier des charges* proposé indique clairement la priorité de la formation et de l'information, donc du partage des connaissances entre des acteurs d'horizons divers, à la recherche d'un modèle répliquable. Ceci, à l'heure où nous vivons dans une société mondiale qui, dans le même temps, a tendance à exacerber les différences, à contre courant de ce que nous offrent les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Ce travail qui s'achève ouvre, en réalité, des perspectives intéressantes tant au plan des recherches portant sur l'impact des systèmes irrigués, qu'en termes de conception d'outils de planification. Comme nous l'avons déjà vu, le **tableau de bord (TDB)**, résultat de l'analyse des grilles a permis de générer un *cahier des charges (CDC)* à l'usage des décideurs et des techniciens chargés de l'encadrement des exploitants agricoles.

Communiquer davantage pour mieux former et informer juste, n'est-ce pas là un des nouveaux enjeux et défis majeurs de l'aménagement ?

Références bibliographiques

- Acot, p., 1993** . *Histoire de l'écologie*. PUF, Paris.
- Albergel, J., 1980**. *Crues et sécheresses sur un grand fleuve tropical de l'Ouest Africain : application à la gestion de la crue du fleuve Sénégal*. ORTOM, Dakar.
- Albergel, J., 1994**. *Modélisation numérique de l'impact des barrages de Diama et Manantali*.
- Amin, S., 1989**. *La faillite du développement en Afrique et dans le tiers monde*. L'harmattan. Paris.
- Arrignon, J., 1987**. *Agro-écologie des zones arides et sub-humides*. G.D. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Arrignon, J., 1989**. *Aménagements Agro-écologiques*. G.D. Maisonneuve et Larose. Paris.
- Bader, J.C.; Albergel, J., 1994**. *Études des problèmes d'environnement et des projets de conservation du patrimoine naturel*. ORSTOM, Paris.
- Bado, L., 1975** . *Études pédologiques de la cuvette de Nianga (moyenne vallée du Sénégal)*. ORSTOM, DAKAR..
- Barreteau, O., 1994**. *Gestion de l'eau en riziculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal* . ORSTOM, Dakar .
- Belloncle, G., 1989**. *Les pâturages et l'élevage au Sahel : bases écologiques de l'aménagement*. UNECO-MAB. Paris.
- Bergez & Bergez, 1988**. *Production et reproduction en agricultures sahéliennes*. DSA. Montpellier.
- Berkes, F. et Al., 1991**. *Co-management : the evolution in theory and practice of the joint administration of living resources* . Vol. 18, no.2.
- Bertrand, R., 1981**. *Sols salsodiques et cultures irriguées*. IRAT. Paris.
- Bertrand, G., 1989**. *Études socio-économiques des Périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal*. USAID. Dakar.

- Bertrand, G. et Reeser, R. 1989.** *Déterminants sociologiques de la viabilité des projets hydro-agricoles. Rapport d'évaluation du projet IWM I., Dakar..*
- Berry, L. 1974.** *Le Sahel, Climat et sols. UNESCO, MAB. Paris*
- Billaz, M. et Diawara, O, 1981.** *Enquêtes en milieu rural sahélien, PUF, Paris.*
- Boivin, P., Maeght, J.L., Poussin, J.C., Serres, T., 1994.** *Bilan hydro-salin et évolution (géo)chimique des sols en rizière irriguée, campagne ce contre-saison 1994. ORSTOM, Dakar.*
- Boivin, Dia, Lericollais, Poussin, Santoir et Seck. 1993.** *Nianga. Laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal. ORSTOM.*
- Boivin, P., Brunet D., 1994.** *Les sols lourds de la vallée alluviale région de Nianga Podor, risques liés à la mise en valeur, ORSTOM, Dakar.*
- Bourdel, C., 1976.** *Essai d'évaluation d'une opération d'irrigation en pays de la zone sahélienne sèche : exemple Ibohamane au Niger. ENGREF, Paris, 129p.*
- Bourguignon, C., 1989.** *Le sol , la Terre et les Champs. S.D.T. Paris.*
- Bousquet, F., 1994.** *Des milieux , des poissons , des hommes: étude par simulations multi-agents. Le cas du delta central du Niger. Thèse, Université de Lyon I.*
- Boutillier, J.L., 1967.** *Gestion traditionnelle des terres (système de décrue /système pluvial) et transition vers l'irrigation. Le cas de la vallée du Sénégal. ORSTOM, Paris.*
- Bourguignon, C., 1989.** *Le Sol, la Terre et les Champs, SDT, Paris.*
- Kasisi, R., 1990.** *La planification et l'application d'un développement durable comme principale stratégie de conservation des ressources dans la région de Kahuzi-Biega, Zaïre.*
- Chadenet, M. et King, C., 1990 :** *Rural development and the state. Contradiction and dilemne. World bank, Washington.*
- Charollais, M. & Weber V., 1994.** *Évolution des sols irrigués dans la moyenne vallée du Sénégal. ORSTOM, Dakar.*

- Chauvin, R., 1992.** *Problématique de l'agriculture irriguées en condition d'incertitudes. Cahiers et besoins vallée u fleuve. Cahiers agriculture 2, 211-217. Paris.*
- Colin, R., 1985.** *L'animation, clé de voûte du développement. Développement et civilisation, no.21, Paris.*
- Couty, P, 1989.** *Risque agricole, périls économiques. ORSTOM, Paris.*
- Cupper, M. et Strosser P., 1994.** *Water market in the Forwath/Eastern Sadiqia area. Working paper no.30, International irrigation management Institute, Colombo.*
- Cupper, M., 1997.** *Irrigation management strategies for improved salinity and sodicity control. Wageningen .*
- De Luca; A. 1996.** *Caractérisation physique des sols alluviaux de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Étude préliminaire pour une détermination des conductivités hydrauliques. ORSTOM-EPFL.*
- Diarrassouba, V.C., 1968.** *L'évolution des structures agricoles du Sénégal. Déstructuration et restructuration de l'économie rurale. Cujas, Paris.*
- Diouf, P.D., 1994.** *Démographie et développement dans la moyenne vallée du Sénégal. Présentation des enquêtes de 1992-1993, premiers résultats et analyse typologique des ménages . Direction de la statistique, Dakar.*
- Domon, G., 1989.** *Du déterminisme écologique à la gestion des paysages. Fondements, visées et contribution potentielle de la planification écologique à l'aménagement du territoire agroforestier.. Thèse de doctorat. Université de Montréal.*
- Domon, G., Gariépy, M., Jacobs, P., 1992 .** *Développement viable en milieu urbain : vers une stratégie de gestion des interventions. Plan Canada, Montréal.*
- Dover, M., and Talbot, L.M., 1987.** *To feed the earth :agro ecology for sustainable development. Word Resources. Institute, Washington, D.C., USA.*
- Duffumier, M., 1994.** *Structure et stratégie du développement en Afrique. L'harmattan, Paris.*

- Duffumier, M., 1990.** *La prise en compte des risques dans la définition des politiques de développement . A travers champ, Paris.*
- Dumont, R., 1962.** *L'Afrique noire est mal partie. Édition du seuil, Paris..*
- FAO, 1987.** *Irrigation et évolution agraires en Afrique occidentale. Rapport technique n. 7.*
- FAO, 1995.** *Irrigation in Africa south of the Sahara. FAO Investment Technical Paper no.5.*
- Falcon, C., 1990.** *Théorie du développement économique. Maspero, Paris.*
- Falcon, C., 1988.** *Politiques de prix et d'intervention sur les marchés agricoles en Afrique. FAO.*
- Funel, J.M., & Laucoin, G., 1980.** *Politiques d'aménagement hydro-agricole. PUF, Paris.*
- George, P., 1962.** *Géographie agricole du monde. PUF, Paris..*
- Giry, J., 1987.** *L'Afrique en panne. 15 ans de développement, Karthala, Paris.*
- Giry, J., 1989.** *Le Sahel au XXe siècle. Karthala. Paris.*
- Hydroplan, 1995.** *Implantation de Périmètres Irrigués Villageois sur le marigot du Ngalenka. Volume II, DAKAR..*
- Jackson, W. and Piper J. 1989.** *The necessary marriage between ecology and agriculture. Ecology 70. PP 1591-1593.*
- Labonne, M., 1988.** *Du risque naturel au risque économique dans les pays à faible revenu INRA, Montpellier.*
- Lamagat, L., 1989.** *Modèle de propagation des crues du fleuve Sénégal. ORSTOM, Dakar.*
- Le Brusq, J.Y et Loyer J.Y., 1982.** *Évolution de la salinité des eaux et des sols en relation avec la riziculture submergée dans le delta du fleuve Sénégal. ORSTOM, Dakar .*
- Lericollais, A., 1989.** *Risques anciens, risques nouveaux en agriculture paysanne dans la vallée du Sénégal. ORSTOM, DAKAR..*

- Lericollais, A. ,1993.** *"Histoire de périmètre"*. Nianga Laboratoire de la culture irriguée dans la moyenne vallée du Sénégal. Atelier ISRA-ORSTOM, St-Louis.
- Loyer, J. Yves. 1989.** *Les sols salés de la basse vallée du fleuve Sénégal: caractérisation. distribution et évolution sous culture*, ORSTOM, Paris ,137p.
- Mainguet, M. et al., 1979.** *Dégradation des régions centrales de la république Niger*. in « *La désertification* ». IGR, REIMS .
- Manka, M.A. ,1994 .** *Études socio-économiques pour l'implantation des PIV du Ngalenka*.
- Meister, A., 1977.** *La participation pour le développement*. Ed. ouvrière. Paris.
- Michel, P., 1973.** *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Études géomorphologiques. Mémoires ORSTOM no 63*. Dakar.
- Ministère de l'agriculture, Québec, 1995.** *Le développement durable appliqué au milieu agricole*. QUEBEC .
- Ministère de l'agriculture, Sénégal, 1994.** *Déclaration de Politique de Développement Agricole (DPDA)*. Dakar.
- Ministère de l'agriculture, Sénégal, 1984.** *Nouvelle Politique Agricole (NPA)*. Dakar.
- Ministère du Plan, 1991.** *Schéma directeur de Podor*. MEP. Dakar.
- Perroux, F., 1960.** *L'économie du XXème siècle*, PUF. Paris.
- PNUD - BIRD; 1990.** *Plan directeur de développement intégré pour la rive gauche du fleuve Sénégal. Schéma Directeur de Podor. Document Final*.
- PROGES, 1996.** *Rapport d'évaluation finale du projet, rapport de fin de mission*. Ziguinchor.
- Poljakof, 1978.** *Les sols salsodiques en zones arides. évolution sous irrigation*. Paris.
- Rostow.W.W., 1960.** *Les étapes de la croissance*. Seuil. Paris.
- SAED, 1994.** *Suivi-Evaluation du Périmètre autonome de Nianga*. DPDR. St-Louis.

- SAED, 1995.** *Enquêtes socio-économiques pour l'implantation des PIV du Ngalenka Amont.*
- Salvignol, C., 1993.** *Gestion de l'eau en riziculture irriguée dans la moyenne vallée du Sénégal.* ORSTOM, Dakar.
- Santoir, C., 1983.** *Raison pastorale et développement..* ORSTOM no.166. 185p. Paris.
- Santoir, C., 1993.** *Des pasteurs sur les périmètres. Atelier "Nianga, laboratoire de la culture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal".* ORSTOM, Dakar.
- Sebillotte, M. ,1988.** *Les démarches de l'agronome en situations paysannes, notes de cours, INA-PG., Paris.*
- SECK, S. M. , 1991.** *La dynamique de l'irrigation dans la vallée du fleuve sénégal.* Karthala, Paris.
- Séguis, L., 1992.** *Hydrologie d'une cuvette du lit majeur du fleuve Sénégal, exemple de Nianga, ORSTOM, Dakar. 97p.*
- Vernet, J.T. 1994.** *Pays du Sahel, du Tchad au Sénégal, du Mali au Niger. ED. Autrement.*
- Vivien, F.D., 1994.** *Économie et écologie. La découverte, Paris.*
- Zante, P., 1994.** *Culture irriguée et évolution de sols argileux de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Essai de caractérisation physique. ORSTOM, Dakar.*

ANNEXES A

Questionnaire d'enquête

QUESTIONNAIRE - ouvert 1

Catégorie : *Encadrement technique*

1. Que signifie, pour vous, un sol salé ?
2. Quelle est votre perception du phénomène ?
3. Quelles conséquences peut entraîner un sol salé sur les cultures ?
4. Pouvez-vous expliquer ce qui se passe lorsqu'on irrigue un sol en milieu aride ?
5. Avez vous une idée de d'où vient le sel ?
6. Savez-vous quels problèmes majeurs pose la salinisation ?
7. Proposez quelques solutions pour atténuer voire supprimer le Phénomène:
8. Quelle est la responsabilité des exploitants agricoles dans la manifestation du phénomène ?
9. Quel rôle pensez vous que joue la qualité des sols et de l'eau dans la manifestation du phénomène de salinisation ?
10. quelles mesures recommanderiez vous pour éviter ou réduire la manifestation du phénomène de salinisation?

QUESTIONNAIRE - ouvert 2

Catégorie 2: *Exploitants agricoles*

1. Comment expliquez vous la dégradation par le sel des sols que vous cultivez ?
2. Quelles conséquences peut entraîner un sol salé sur les cultures?
3. Que faites-vous ou feriez vous pour éviter cette dégradation des sols ?
4. Dans le cas du projet Ngalenka amont, quelle est la responsabilité des populations (exploitants e autres villageois) dans la manifestation du phénomène ?
5. En quoi l`expérience et la bonne cohésion du groupe sont elles importantes pour une bonne tenue des terres irriguées ? Comment cela se traduit-il dans les fait ?
6. Pensez vous que les techniques d`exploitation sont en cause ? Expliquez .
7. Selon vous quelle est le risque majeur que courent les sols irrigués ?
8. Comment pensez vous que ce risque peut être pris en compte ?
9. Quel rôle joue l`eau d`irrigation dans la dégradation des sols ?

QUESTIONNAIRE POLYVALENT

COMMENT INTERPRETEZ VOUS LE PHENOMENE DE DEGRADATION SALINE DES SOLS IRRIGUES ?

Saviez vous que les sols du Ngalenka peuvent subir une dégradation saline du fait de l'irrigation mal contrôlées ?

non Oui

Si oui : Comment l'avez vous su ?

Lors d'une réunion de groupe Par l'encadrement technique de par mon expérience personnelle
Autres .

précisez.....

Comment explique t-on l'origine du phénomène ?

Il est dû à des facteurs non contrôlables par l'humain ?

Il est le fruit de l'action humaine ?

Autre ? (précisez) :.....

Avez-vous été satisfait des explications qui été données les causes de ce phénomène?

oui non

Si non, pouvez vous en donner votre propre perception du phénomène ?

.....

Selon vous quelles conséquences peut entraîner un sol salé sur les cultures ?

.....
.....

En quoi l'exploitant agricole peut-il jouer un rôle positif ou négatif dans la manifestation du processus?

.....

Pensez vous que votre GIE possède tous les rudiments pour bien exploiter les PIV ? oui non

Si oui, pourquoi ?

.....

Si non, comment pensez vous y remédier ?

.....

Pensez vous que le projet et Ngalenka devrait prendre des mesures afin de minimiser le risque de dégradation saline des terres irriguées : oui

non

Lesquelles et

Pourquoi ?.....

En tant qu'acteurs dans la mise en œuvre des PIV

Avez-vous demandé un appui au projet pour résoudre des problèmes quelconques ? oui non

Si oui : Pour des questions liées à la mise en œuvre et/ou à la gestion de votre PIV ?

Pour des questions concernant la gestion de votre organisation (GIE)

Pour autre chose. expliquez

.....

Avez vous obtenu satisfaction ? oui non

Si non pourquoi ? :

.....

Si non : Parce que vous n'avez pas de problèmes techniques à résoudre ?

oui non

Parce que vous avez trouvé des solutions ailleurs ? oui non

Si oui : Où ? :

.....

.....

.....

Pensez-vous que votre GIE détient les compétences requises sur les problèmes techniques vous concernant en matière de gestion des PIV? oui non

Si non : sur quel aspect pensez-vous qu'il devrait être plus performant ? :.....

.....

En tant que technicien

Avez-vous interpellé les GIE bénéficiaires du projet pour qu'ils acquièrent des compétences en matière de :

- Gestion durable des PIV ?
- Gestion de leur organisation ?
- Techniques d'exploitation des PIV ?
- Approche participative dans la gestion de leur exploitation ?

Avez vous obtenu satisfaction ? oui non

Si non quelles solutions avez-vous
proposées ? :.....
.....

Vos conseils et recommandations sont-ils suivis ? oui non

Sinon,
pourquoi ?.....
.....

Transmettez-vous régulièrement vos suggestions aux groupes (GIE) et à la direction du projet ? oui non

Si non pourquoi ? :

.....

Recevez vous des commentaires de la part des destinataires (Responsables du projet et GIE) ? oui non

Si non pourquoi ? :

.....

Au vu des orientations du projet, de la nature et relation entre les acteurs en jeu

Le projet Ngalenka amont est-il viable ?

Au plan économique oui non

Pourquoi.....
.....

Au plan environnemental oui non

Pourquoi.....
.....

Quels sont, pour vous, les facteurs majeurs qui influencent la dégradation des terres irriguées ?

La nature des sols oui non

La qualité de l'eau d'irrigation	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>
La qualité de l'eau de la nappe	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>
Le mode d'exploitation	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>

Dans quel séquence les classeriez vous , par ordre d'importance décroissante ?

Au sujet de l'utilisation de l'information

Pensez vous que la connaissance des conditions Physique et sociales du milieu est importante ? oui non

Pourquoi ?.....
.....

Sous quelle forme cette information devra –t-elle être communiquées

Au exploitants
agricole?.....
.....

Aux techniciens et décideurs ?
.....

Autres ?.....
.....

En quoi cette information est-elle utile pour le GIE. le projet et le décideur. dans la perspective de la gestion durable des PIV ?
.....
.....
.....

ANNEXES B

Quelques photos du site Ngalenka amont

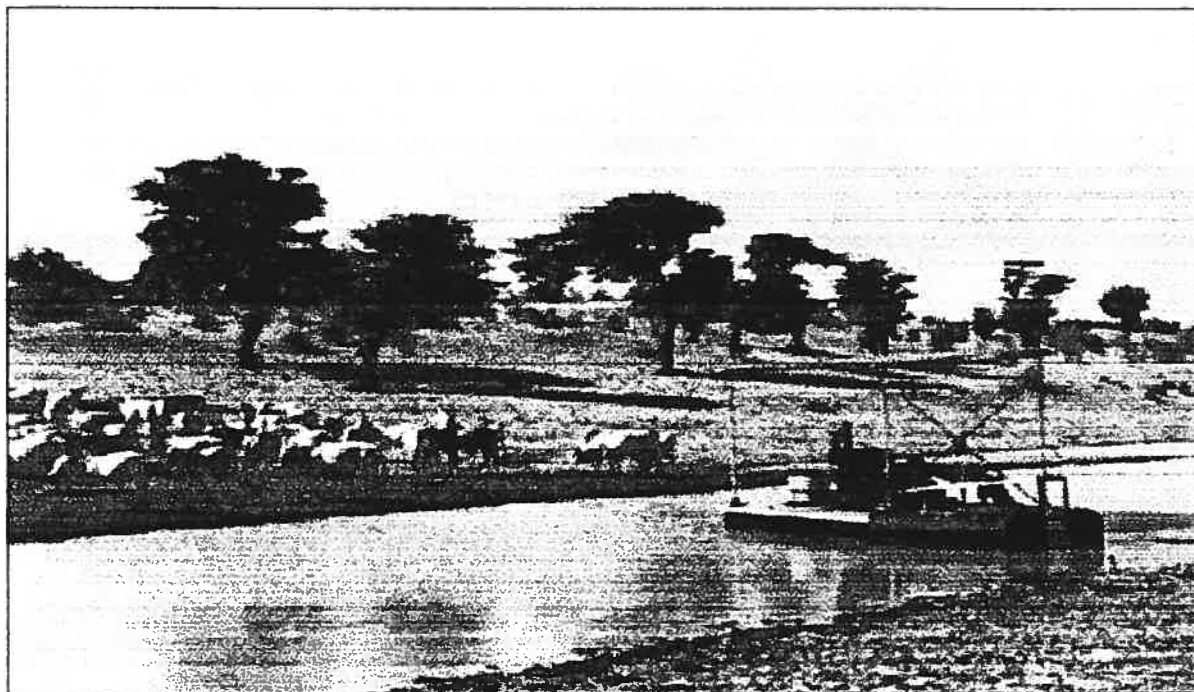


Photo1 : Groupe Moto-Pompe sur le Ngalenka

Photos : Samuel Patris (11/97)



Photo2 : Drain entre deux parcelles (PIV 11C - Ngalenka)

Photos : Senghor (10/97)



Photo2 Sols Vertiques du Ngalenka Amont

Photos : S. Patris (06/97)



Photo3 : Système de van – tuyau flexible –bassin de rétention

Photos : Patris(05/97)



Photo4 : PIV 11 C avant mise en culture

Photos : Patris (05/97)



Photo5 PIV 11C – sous culture

Photos : Patris (09/97)



Photo 6 : Système – Canal-Partiteur – vanne

Photos : Patris (09/97)

ANNEXES C

Modèle de simulation de système complexes

Nappe et Aquifère

Margat et Castany, dans le Dictionnaire Français d'Hydrogéologie, définissent la *nappe* comme «l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique». Doré et déjà, on peut en déduire que l'aquifère contient la nappe. Il faut alors définir l'aquifère. C'est une couche de roches perméables comportant une zone saturée suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et une zone non saturée. L'aquifère est donc formé par une zone saturée Z_S (la nappe) et une zone non saturée Z_N .

Il existe deux grandes catégories de nappes accessibles : nappes libres, nappes captives : nous ne traiterons ici que de la première car la notion de nappe isolée s'oppose au concept de communication verticale à l'origine des échanges de flux que nous comptons étudier. Les nappes libres présentent à leur tour des caractéristiques spécifiques suivant la nature de l'aquifère.

Nappe de vallée : Lorsqu'on suppose un aquifère uniformément poreux et perméable, l'eau d'apport (pluie, irrigation) percole et contribue à rehausser le niveau de la zone saturée. Les limites supérieures et inférieures de la nappe sont donc celles de la zone saturée, c'est à dire respectivement la surface libre et le substratum imperméable. Si nous prenons le cas d'une nappe classique de vallée en pays aride, l'infiltration des eaux de pluie est faible et inférieure à l'évapotranspiration. Dans les vallées, ce sont les points bas des cuvettes qui recueillent souvent l'eau de ruissellement et des crues ; ils sont, de ce fait, des zones d'infiltration qui alimentent la nappe.

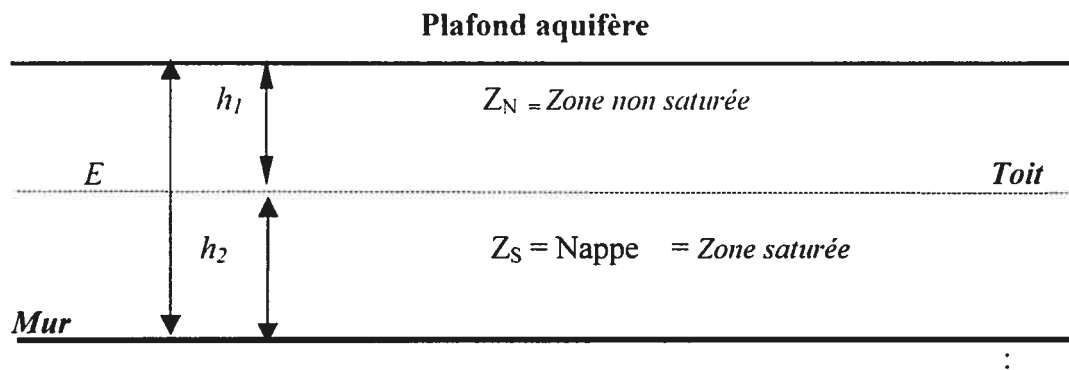
Nappes alluviales : on parle de nappe alluviale lorsqu'il s'agit de nappe circulant dans les alluvions jalonnant le cours d'un fleuve. Dans ces conditions, l'eau de la nappe (tantôt drainée par le fleuve tantôt alimentée par lui) est généralement en équilibre avec celle du fleuve. Tout cours d'eau dépose des alluvions le long de son lit et est donc en relation avec une nappe alluviale. Afin d'avoir une idée nette du fonctionnement horizontale d'une nappe alluviale, nous prendrons l'exemple de la circulation de la nappe alluviale dans une plaine. La plaine peut être plus ou moins large selon les endroits; dès lors, à son entrée, le niveau d'eau dans le fleuve est au dessus de celui de la nappe : le fleuve alimentant la nappe, l'écoulement est rapide (lignes équipotentielles rapprochées). Au centre de la plaine, l'écoulement est bien plus lent : la rivière et la nappe sont en équilibre. En aval, le rétrécissement de la plaine entraîne un drainage des eaux vers le cours d'eau; à ce niveau, la surface libre de la nappe est très proche de celle du sol et est au dessus de celle du cours d'eau . On parle de nappe soutenue car elle est en liaison avec le cours d'eau. Il arrive, enfin, que le lit du cours d'eau soit colmaté par des éléments fins, ce qui interrompt cette liaison. C'est surtout le cas des fleuves comme le Sénégal dont les débits sont régulés par des barrages et où l'absence de crues violentes empêche un décapage et une remise en circulation des sédiments fins déposés .

Après cet aperçu général sur la nappe et l'aquifère, nous allons définir les contours de l'aquifère en termes d'entité fonctionnelle, régie par un comportement propre et capable de communiquer avec les autres entités du système ; en somme, il s'agit de dégager les principes généraux de fonctionnement de notre aquifère et d'établir ses relations avec les autres entités présentes dans le système .

On sait qu'il est possible d'envisager l'existence d'une nappe dite perchée en dessous de laquelle on trouverait une autre nappe recevant par « drainance » les fuites à travers le substratum peu perméable de cette nappe perchée.

Mais nous allons considérer, dans un premier temps, que dans le système Ngalenka amont il n'y a qu'une seule nappe continue, limitée par le bas par un substratum imperméable. D'ailleurs nous parlerons plutôt d'aquifère en précisant que la nappe constitue la zone saturée de l'aquifère. Toujours par simplification, nous considérons qu'il s'agit d'un aquifère à porosité uniforme échangeant des flux avec les entités PIV et Marigot.

- *Structure sommaire de l'aquifère*



Structure de l'aquifère

- *Fonctionnement de l'aquifère*

Une zone saturée (Z_S) de hauteur h_2 et une zone non saturée (Z_N) de hauteur h_1 constituent les deux sous-entités de l'Aquifère dont l'épaisseur $E = h_1 + h_2$. Nous retiendrons que K_S (conductivité à saturation) et K (conductivité hydraulique) sont, entre autres, les paramètres qui définissent respectivement Z_S et Z_N . Comme prévu, nous passerons sous silence les variables dites qualitatives (teneurs en sels de Z_S et Z_N) bien qu'on sache qu'elles interviennent dans la détermination de la qualité des sels dans les autres entités (PIV et Marigot) du système.

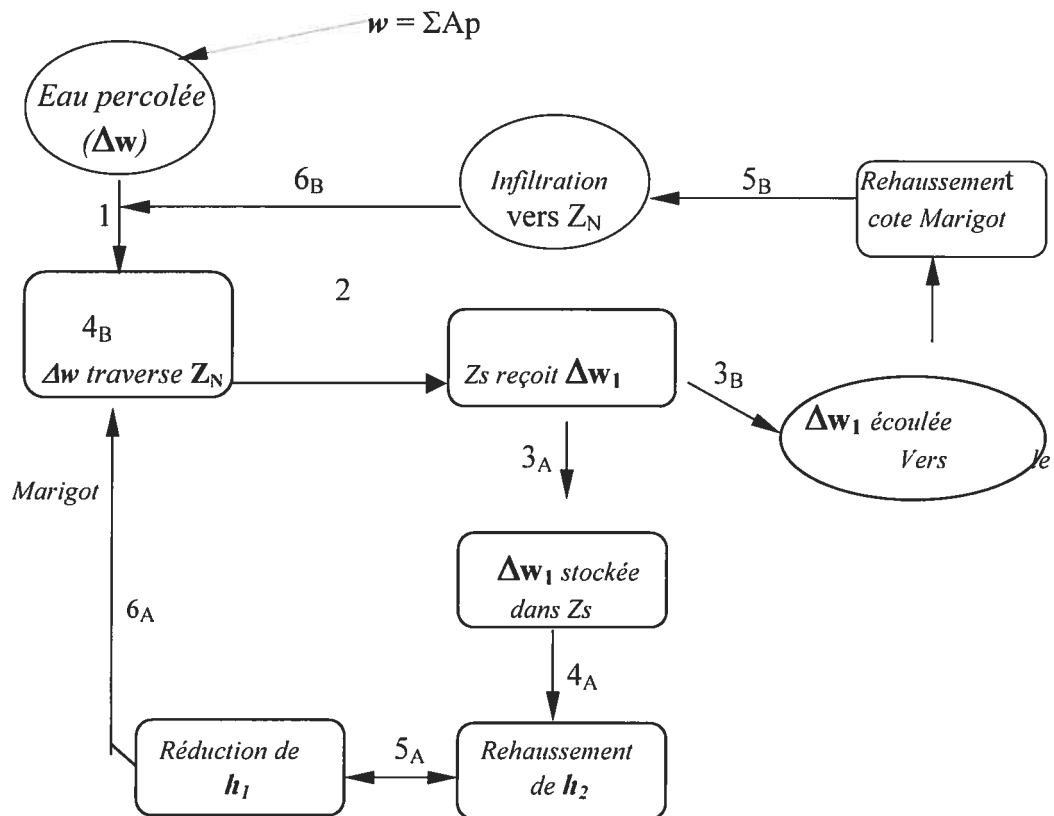
Nous allons considérer ici que les zones saturée (Z_S) et non saturée (Z_N) sont placées l'une sous l'autre et communiquent entre elles selon une règle du type : si Z_S reçoit, par percolation, une quantité d'eau Δw de volume $x \text{ m}^3$ au cours d'une période t , elle rehausse sa hauteur de Δh_2 ; ce qui signifie que pendant cet intervalle de temps, la hauteur de Z_S passe de h_2 à $h_2 + \Delta h_2$. Dans le même temps, Z_N voit sa hauteur réduite : elle passe de h_1 à $h_1 - \Delta h_2$. Quant à l'épaisseur E de l'aquifère, elle reste constante. Δh_2 est, bien entendu, fonction de $\Delta w =$ charge d'eau percolée atteignant la nappe.

L'eau de la nappe connaît, par ailleurs, un mouvement de circulation latéral vers les exutoires (zones de basse pression, points bas de la topographie). La circulation se fait suivant des lignes de courant de l'écoulement¹. On représente également, de façon conceptuelle, des lignes d'égales pression appelées aussi lignes équipotentiels de l'écoulement (courbes piézométriques). D'après la loi de Darcy, si l'aquifère est isotrope (perméabilité uniforme), les lignes de courant sont orthogonales aux courbes piézométriques.

Nous allons considérer que notre aquifère est isotrope, c'est-à-dire que la conductivité hydraulique K reste constante le long du profil de Z_N et dépend uniquement de deux paramètres : la charge d'eau percolée Δw , la conductivité électrique de cette eau percolante (EC_{dw}). Lorsque Z_S reçoit de l'eau transmise par Z_N , il réagit suivant deux cas de figure possibles :

¹ Elles indiquent le sens de l'écoulement.

- i) une voie B qui consiste à étaler l'eau reçue le long de la nappe ; cette eau s'écoule alors vers un exutoire qui, pour nous, est le Marigot . Au delà d'un seuil (à déterminer) de relèvement de la cote du Marigot, l'écoulement se fait en sens inverse c'est à dire du Marigot vers la nappe. Ces eaux se confondent alors à celle provenant du PIV par percolation;
- ii) l'autre voie (voie A) est celle que nous allons privilégier parce qu'elle apparaît la plus notoire et la mieux décrite par les travaux antérieurs. Elle se traduit par un processus qui consiste au stockage de l'eau (Δw_1) atteignant le mur de Zs. Δw_1 provoque un relèvement sensible de la nappe, ce qui conduit, parallèlement, à la réduction, dans les mêmes proportions, de h_2 . Le processus de la voie A se poursuit tant qu'il y a apport d'eau; il s'arrête dès que $h_1 = h_2 = E$.



Le premier enseignement que nous tirons de ce schéma (de circulation de l'eau dans l'aquifère) est que les limites tracées entre les entités sont vite bousculées dès qu'il s'agit de traiter des processus de fonctionnement.

En effet, en essayant d'isoler l'Aquifère pour ne traiter que des processus qui lui sont internes, on constate qu'on est amené à faire, au moins, allusion au PIV comme source d'entrée du sous-modèle. En sortie, le Marigot (3^{ème} entité du modèle) est évoqué à la fois comme exutoire de l'eau circulant dans l'aquifère, mais aussi comme une source possible de réalimentation de ce même aquifère. Quand on sait que le PIV lui-même est approvisionné par le Marigot, on voit bien qu'on est en présence d'un système intégré (si on fait abstraction de l'évapotranspiration).

Cette vision milite en faveur du principe voulant que le système soit examiné dans sa globalité, les détails de chaque entité n'étant utiles que pour aider à la compréhension des processus généraux en jeu. A ce titre, pour mieux appréhender les processus que nous cherchons à mettre en évidence dans l'aquifère, il convient de passer en revue les numéros d'ordre énumérés dans le sous-modèle du schéma 4.2. Il s'agit de définir chacune des étapes du processus en termes de règles de fonctionnement :

(I) est une charge d'eau de volume w rejoint, par infiltration, la limite supérieure ou plafond de l'aquifère (nous en définirons plus bas les contours). La quantité d'eau Δw qui passe à travers le plafond est fonction de la fraction de lessivage ou «coefficient de percolation» (C_p). On peut déterminer Δw et C_p comme suit :

$$\Delta w = \Sigma A_p - \Sigma R_{et}$$

Avec Δw = volume d'eau percolant.

ΣA_p = Quantité d'eau apportée à la surface du PIV au cours d'une période donnée
 ΣR_{et} = Réentions de diverse nature au cours de la même période
 Quant au Coefficient C_p , il est déterminé par le rapport $\Sigma \Delta w / \Sigma A_p$.

Ce coefficient ou quotient de percolation est communément appelé fraction de lessivage²; il indique le pourcentage de l'eau traversant le plafond de l'aquifère (voir plus loin); il est défini pour un profil dominant mais également pour un faciès chimique (alcalin, salin, neutre) donné. En pratique, C_p connaît donc une variabilité spatiale et temporelle.

Pour ce qui concerne la région du Ngalenka, ce coefficient dépend i) de la nature des unités de sols des futurs périmètres et ii) de leur degré de salinité initiale³. En se plaçant dans une perspective dynamique, une région A ayant un coefficient C_{p0} au temps t_0 , peut enregistrer à $t+\Delta t$ un nouveau coefficient C_{p1} dont la valeur reflète l'évolution de la qualité du sol. On suppose qu'il sera d'autant plus faible que le sol se sera dégradé (salinisation, alcalinisation) et plus fort, dans le cas contraire (amélioration qualitative par lessivage). Cependant, nous n'envisageons pas, dans ce travail, d'arriver à ce degré de description, d'ailleurs nous ne disposerions pas des données nécessaires. Si, par contre, on considère que C_p est connu et estimé, par exemple, à 0.15; en d'autres termes, sur le total de $w \text{ m}^3$ arrivant au plafond de l'aquifère, seuls 15% passent à travers, par percolation, Δw peut également être estimé par l'équation: $\Delta w = C_p \cdot w$ (en m^3). Δw définit donc la relation numérotée (1) sur le schéma 4.2. Quant à (2), elle se traduit en termes de flux traversant Z_N . Ce flux est surtout fonction de la conductivité hydraulique K , laquelle détermine, entre autres, le temps que met Δw pour atteindre Z_s , donc sa vitesse de circulation dans Z_N ; on parle de « latence hydrologique ». Celle-ci est exprimée par ce K que nous irons chercher dans une abaque.

² Souvent exprimé par les lettres LF.

³ Données complètes disponibles dans le SIG

Mais à titre indicatif, nous précisons qu'il est possible de le calculer à partir de l'expérience de Darcy, elle stipule que le débit de l'eau circulant dans un milieu saturé se calcule par l'équation :

$$Q = KA \frac{\Delta h}{h_1}, \text{ d'où l'on pourra déduire } K,$$

Q = débit dans Z_N ,

K = conconductivité hydraulique.

A = section de Z_N (on découpe Z_N en plusieurs blocs de dsection A),

Δh = perte de charge entre le plafond de l'aquifère et le toit de la nappe (Z_s).

h_1 = hauteur de Z_N

Nous allons supposer que pour chaque PIV ou groupe de PIV, nous sommes en présence d'un profil homogène le long de Z_N , donc K constant .

A la fin de l'étape (2), deux voies se dégagent : x_A et/ou x_B . Il est très probable que dans la nature, les deux processus (rehaussement de Z_s et faibles écoulements latéraux) se déroulent simultanément: mais pour simplifier, nous allons privilégier la voie x_A .

(3.4) Consiste en un processus s'amorçant par le stockage préalable de l'eau atteignant Z_s . Normalement, Δw traverse Z_N sous une forme diffuse et quand elle atteint le mur de Z_s , elle aura perdu en chemin une partie de son énergie; on parle de perte de charge (Δh). De ce fait, la charge (ou le flux) Δw_1 enregistré au mur de Z_s est inférieur à Δw . Le calcul de Δw_1 relève d'une méthode expérimentale suivant la loi de Darcy (voir annexe). Mais pour le moment, considérons arbitrairement que $\Delta w_1 = 0,75. \Delta w$, en d'autres termes, la perte de charge correspond $\frac{1}{4}$ de Δw .

Le processus de stockage de Δw_1 dans Z_s est fonction de la conductivité hydraulique à saturation (K_s). Comme pour K , nous n'allons pas calculer K_s , nous nous contenterons d'aller la rechercher dans une liste de valeurs établies pour chaque PIV du Ngalenka. Par contre, étant donné que nous voulons garder le modèle ouvert, il convient d'indiquer que dans le cas de travaux plus thématiques, l'exploration des deux voies x_A et x_B deviendrait nécessaire. Là encore, c'est la loi de Darcy qui indiquerait les éléments de calcul de K et K_s . (\mathcal{A}_A et \mathcal{S}_A) marquent le double processus de rehaussement de la hauteur (h_2) de la zone saturée et la réduction concomitante de la hauteur h_1 de la zone non saturée Z_N . Le second cas de figure concerne toujours des transferts verticaux de flux d'eau, mais cette fois en sens inverse (ascendant). Les paramètres permettant d'apprécier ces flux dans Z_N , restent toujours les mêmes : K et K_s . Une formule (à confirmer) permet de déterminer de façon empirique, le niveau de rehaussement de la nappe .

En faisant l'hypothèse que nous sommes en riziculture d'hivernage, supposons un PIV de taille 1 ha avec un coefficient de percolation $C_p = 0,15$ et $\Sigma A_p = 12\ 000\ m^3$. Le volume d'eau percolant au cours d'une campagne entière sous le plafond de l'aquifère est : $\Sigma A_p \times C_p = 12000 \times 0,15 = 1800\ m^3 = 180\ mm$. On considérera que pour ce PIV du Ngalenka, 180mm est le volume seuil pour un ha; au delà, chaque millimètre supplémentaire qui rejoint la nappe entraîne un rehaussement équivalent de son niveau. Donc, pour calculer le niveau de remontée de la nappe à tout moment R_n , on peut utiliser la formule :

$$R_n = (\Sigma A_p \times C_p) - (S_p \times 180) + AL \text{ (en mm);}$$

Avec R_n = Rehaussement de la nappe;

ΣA_p = Quantité d'eau apportée;

C_p = fraction de lessivage;

S_p = Superficie du PIV;

AL = Apports latéraux (fleuve).

Après avoir défini les processus que nous comptons observer au sein de l'Aquifère, il apparaît que i) les échanges de flux dans l'aquifère sont fortement influencés par les apports d'eau en surface (i.e, au PIV), ce qui, forcément, nous amène à, au moins, les quantifier, ii) ces apports en questions proviennent de l'entité Marigot. Dès lors, les processus de fonctionnement pouvant nous intéresser dans le marigot concernent plus l'évolution de la qualité des eaux du Ngalenka que les quantités d'eau que renferme ce marigot. Les processus en jeu au sein du PIV, pourrait faire l'objet des mêmes investigations et du même raisonnement.

Le but de ces deux derniers sous-chapitres (4.5 et 4.6) est de montrer l'extrême complexité du système irrigué que nous avons, pour des raisons pratiques de l'étude, simplifié. On voit donc qu'au delà des grilles qui permettent, par analyse thématique des composantes socio-économiques et physiques du système irrigué, d'appréhender le risque environnemental, il est tout à fait possible de mesurer ce risque en ouvrant l'approche à la modélisation mathématique. Ce type de modélisation, par ailleurs, parfaitement complémentaire de l'approche que nous avons proposée, s'exprime par des formalismes plus spécifiques à des domaine de connaissances précis; ce qui, de fait, exclue certains des acteurs clés du système. C'est le cas de la frange agriculteurs qui constitue un des piliers principaux de l'ossature de notre approche qui se trouve écartée, au titre d'usagers potentiels, de cette forme de représentation du milieu. C'est aussi le cas de la plupart des décideurs locaux. Or, ce que nous recherchions dans ce travail, c'est justement un véritable partage/appropriation des connaissances entre les acteurs présents sur le système irrigué.

C'est ce que permet l'approche *par critères d'analyses* que nous avons élaborée: quant à la modélisation du fonctionnement hydro-salin du système irrigué, elle devra compléter l'approche mais en faisant l'effort de rester dans une perspective pluridisciplinaire, garant du partage d'informations et de connaissances. C'est du moins, une des voies les plus sûres pour la prise en compte du risque environnemental dans les systèmes irrigués .

ANNEXES D

Liste des personnes enquêtées

<i>Prénom et Nom</i>	<i>Sexe</i>	<i>Age (Ans)</i>	<i>Domicile et contact</i>	<i>Profession actuelle</i>	<i>Date de l'entrevue</i>
<i>1. Issa Yoro Guèye</i>	M	33	<i>Ndiayène</i>	Éleveur	-
<i>2. Salam Diallo</i>	M	40	<i>Ndiayène</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>3. Ma Awa Mbaye</i>	F	48	<i>Ndiayène</i>	Ménagère	27 septembre 1998
<i>4. Bakaw Ly</i>	M	39	<i>Ndiayène</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>5. Abdoulaye Sall</i>	M	54	<i>Pendao</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>6. Lamine Diop</i>	M	44	<i>Pendao</i>	Pêcheur	27 septembre 1998
<i>7. Bockar Sall</i>	M	43	<i>Pendao</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>8. Atoumane Daff</i>	M	56	<i>Pendao</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>9. Ousmmane Thioub</i>	M	48	<i>Pendao</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>10. Moussa samba Fall</i>	M	59	<i>Pendao</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
<i>11. El.Amadou Niane</i>	M	63	<i>Djamel</i>	Agriculteur	28 septembre 1998
<i>12. Samba D.Thiam</i>	M	56	<i>Djamel</i>	Agriculteur	28 septembre 1998
<i>13. Dieynaba Ly</i>	F	46	<i>Djamel</i>	Ménagère	28 septembre 1998
<i>14. Fatoumata Djiro</i>	F	51	<i>Djamel</i>	Couturière	28 septembre 1998
<i>15. Mahktar sall</i>	M	58	<i>Nianga diery</i>	Agriculteur	28 septembre 1998
<i>16. Tacko Sow</i>	F	34	<i>Nianga diery</i>	Ménagère	28 septembre 1998
<i>17. Momar Ndaw</i>	M	37	<i>Nianga diery</i>	Agriculteur	28 septembre 1998
<i>18. Adoulaye D. Ly</i>	M	55	<i>Figo</i>	Agriculteur, pêcheur	30 septembre 1998
<i>19. Pape O. Sall</i>	M	53	<i>Figo</i>	Agriculteur, pêcheur	30 septembre 1998
<i>20. Bouya Fall</i>	M	50	<i>Figo</i>	Agriculteur, pêcheur	30 septembre 1998
<i>21. Yoro Sow</i>	M	41	<i>Figo</i>	Agriculteur, pêcheur	30 septembre

					1998
22. Mamadou S. Kane	M	40	<i>Nguendar</i>	Agriculteur, pêcheur	30 septembre 1998
23. Bamba D. Sall	M	64	<i>Nguendar</i>	Agriculteur, pasteur	30 septembre 1998
24. Babacar Ly	M	55	<i>Nguendar</i>	Agriculteur ,pasteur	30 septembre 1998
25. Moustapha Ly	M	39	<i>Nguendar</i>	Agriculteur, pasteur	30 septembre 1998
26. Oumar Daff	M	58	<i>Nguendar</i>	Agriculteur, pasteur	30 septembre 1998
27. Moussa A. BA	M	45	<i>Décollé.Mafré</i>	Agriculteur, pasteur	27 septembre 1998
28. El. Kane	M	67	<i>Décollé.Mafré</i>	Agriculteur, pasteur	27 septembre 1998
29. Saliou Kandji	M	63	<i>Décollé.Mafré</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
30. Mamaoudou I. Ndoye	M	41	<i>Décollé.Mafré</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
31. Alpha O. BA	M	32	<i>Savonabé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
32. Daouda Sow	M	33	<i>Savonabé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
33. Idrissa Sy	M	26	<i>Savonabé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
34. Cheikh Tidiane Sy	M	54	<i>Savonabé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
35. Siré Ly	M	37	<i>Savonabé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
36. Amsata Fall	M	28	<i>Savonabé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
37. Aissata Sall Sow	F	29	<i>Thiewlé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
38. Maimouna Ba	F	36	<i>Thiewlé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
39. Fatoumatou Ly	F	52	<i>Thiewlé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
40. Mamadou M. Ba	F	39	<i>Thiewlé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
41. Sokhna Wade	F	43	<i>Thiewlé</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
42. Atoumane Baldé	M	48	<i>Kiraye</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
43. Idrissa Ba	M	45	<i>Kiraye</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre

					1998
44. Cheikh Sow	M	56	<i>Kiraye</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
45. Amadou A. Kana	M	29	<i>Kiraye</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
46. Kiné Aw	F	38	<i>Kiraye</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
47. Binta Collé Sow	F	38	<i>Kiraye</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
48. Amadou Ndoye	F	-	<i>VodabesI</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
49. Sow Fall	H	55	<i>VodabesI</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
50. Pape Ousmane Ba	H	-	<i>VodabesI</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
51. Arona Diallo	H	57	<i>VodabesI</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
52. Ndiawar Ly	H	49	<i>VodabesII</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
53. Kane Diallo	H	57	<i>VodabesII</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
54. Babacar Sy	H	60	<i>Tarédji</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
55. Mamadou Kane	H	62	<i>Tarédji</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
56. Sira Kane	F	44	<i>Tarédji</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
57. Ousmane Kane	H	37	<i>Tarédji</i>	Agriculteur pasteur	27 septembre 1998
58. Babou Dia	H	39	<i>Tarédji</i>	Agriculteur	27 septembre 1998
Administratifs et techniciens					
1. Bounama Ndiaye	52 ans		Adjoint au gouverneur de St-Louis		30 novembre 1996
2. Oumar Ndiaye	47 ans		Préfet de Podor		02 décembre 1996
3. Babacar Fall	45 ans		Sous-préfet de Ndoum		4 décembre 1996
4. Hamidou Sall	57 ans		Président de la communauté rurale de Nadiayène -Pendao		7 décembre 1996
5. Moussa Tacko Sow	45 ans		Ingénieur à la SAED		7 décembre 1996
6. Mamadou Faye	44 ans		Chef de la Cellule Suivi Évaluation de la SAED		8 décembre 1996

7. Mamadou Dem	39 ans	Directeur de l'antenne de Podor	12 décembre 1996
8. Firmin Mansis	43 ans	Ingénieur à la SAED	20 septembre 1997
9. Ousmane Diallo	48 ans	Chargé de la recherche développement à la SAED	20 septembre 1998
10. Mor Diop	46 ans	Ingénieur à la SAED	21 septembre 1998
11. Alioune Th. Samb	48 ans	Chef secteur Ngalenka amont	24 septembre 1998
12. Alpha oumar Sow	33 ans	Chargé du suivi au projet Ngalenka amont	24 septembre 1998
13. Dirk Reiss	-	Coopérant allemand du projet Ngalenka amont. chef de mission	25 septembre 1998
14. Ilke Smith	-	Coopérant allemand du projet Ngalenka amont	25 septembre 1998