



Société nationale d'Aménagement
et d'Exploitation des terres du Delta
du fleuve et des vallées du fleuve
Sénégal et de la Falémé



Association pour le Développement
de la Riziculture en Afrique de
l'Ouest



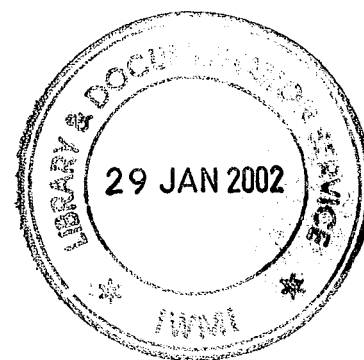
***Suivi par télédétection des cultures de
décrue dans la vallée du fleuve Sénégal en
saison froide 2000 / 2001***



IWMI
631.7.1
G218
MAN

*Edition
Septembre 2001*

H 40354



***Suivi par télédétection des cultures de
décrue dans la vallée du fleuve Sénégal en
saison froide 2000/ 2001***

Réalisé par : Landing Karim MANE (SAED) et Pierrick FRAVAL (IWMI-ADRAO)

Avec la collaboration de l'équipe de la Division Suivi-Evaluation (DPDR/SAED) :
Oumar Ndiaye, Amadou Niang, Adama Fily Bousso, Oumar Silèye Diallo et de Piet Van Asten (ADRAO)

Table des matières

1	CONTEXTE GÉNÉRAL / ENJEUX / OBJECTIFS	5
1.1	CONTEXTE ET ENJEUX	5
1.2	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	5
2	PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU MILIEU	6
2.1	SITUATION	6
2.2	CLIMAT	6
2.3	SOLS	6
2.4	HYDROLOGIE	7
2.4.1	<i>Les cultures de décrue</i>	<i>9</i>
2.4.2	<i>Préparation du sol et semis</i>	<i>10</i>
2.4.3	<i>Surveillance des champs avant récolte</i>	<i>11</i>
3	PRINCIPES ET MÉTHODES POUR LE SUIVI DES CULTURES DE DÉCRUE.....	12
3.1	MÉTHODOLOGIE	12
4	RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	15
4.1	RÉSULTATS:.....	15
4.1.1	<i>Les surfaces inondées par la crue</i>	<i>15</i>
4.1.2	<i>Les cultures de décrue dans le Département de Podor</i>	<i>16</i>
4.1.3	<i>Les cultures de décrue dans le Département de Matam</i>	<i>18</i>
4.1.4	<i>Les variétés et les rendements des échantillons collectés</i>	<i>19</i>
4.1.5	<i>Estimation par télédétection des rendements et de la production des cultures de décrue</i>	<i>19</i>
4.2	DISCUSSION	20
4.2.1	<i>La fiabilité de l'estimation des rendements et de la production de décrue par télédétection</i>	<i>20</i>
4.2.2	<i>Les avantages de l'utilisation de la télédétection en agriculture</i>	<i>21</i>
5	CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....	26
6	BIBLIOGRAPHIE.....	28
7	ANNEXES	28
7.1	DONNÉES SATELLITAIRES UTILISÉES	28
7.2	RÉPARTITION DES SUPERFICIES CULTIVÉES EN DÉCRUE PAR COMMUNAUTÉS RURALES	29

Liste des figures

FIGURE 1 : LES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES DANS LES STATIONS SYNOPTIQUES	6
FIGURE 2 : LES UNITÉS NATURELLES DE LA VALLÉE DU FLEUVE SÉNÉGAL ET LEUR UTILISATION.....	7
FIGURE 3 : CÔTE NG DU FLEUVE POUR L'HIVERNAGE 1999 (DONNÉES OMVS-IRD).....	8
FIGURE 4 : CÔTE NG DU FLEUVE POUR L'HIVERNAGE 2000 (DONNÉES OMVS-IRD).....	8
FIGURE 5 : HYDROGRAMMES EN ENTRÉE, SORTIE DE MANANTALI ET À BAKEL	9
FIGURE 6 : SCHÉMA DE LA MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LE SUIVI PAR TÉLÉDÉTECTION	13
FIGURE 7 : COMPARAISON DES SUPERFICIES INONDÉES DE 1998 À 2000.....	15
FIGURE 8 : RÉPARTITION DES SURFACES INONDÉES DANS LES COMMUNAUTÉS RURALES DE PODOR	16
FIGURE 9 : RÉPARTITION DES SURFACES EMBLAVÉES EN CULTURE DE DÉCRUE DANS LES CR DE PODOR	17
FIGURE 10 : ÉVOLUTION DES SUPERFICIES (HA) EMBLAVÉES EN DÉCRUE ENTRE 1998 ET 2001 DANS LE DÉPARTEMENT DE PODOR	17
FIGURE 11 : RÉPARTITION DES SURFACES CULTIVÉES EN DÉCRUE DANS LES CR DE MATAM EN SAISON FROIDE 2000-2001	18
FIGURE 12 : ÉVOLUTION DES SUPERFICIES EXPLOITÉES EN DÉCRUE ENTRE 2000 ET 2001DANS LE DÉPARTEMENT DE MATAM	19
FIGURE 13 : COMPORTEMENT NUMÉRIQUE DES QUATRE CLASSES DE RENDEMENTS DANS LES BANDES RADIOMÉTRIQUES DES CAPTEURS DE SPOT.....	21

Liste des tableaux

TABEAU 1 : DATE DU MAXIMUM DE LA CRUE	8
TABEAU 2 : RENDEMENTS DE SORGHO DANS DES PARCELLES D'ESSAI AVEC 100 KG DE N (SAPIN, 1971).....	10
TABEAU 3 : ESTIMATION PAR TÉLÉDÉTECTION DES RENDEMENTS ET DE LA PRODUCTION DU SORGHO DANS LE DÉPARTEMENT DE MATAM EN SAISON FROIDE 2000-2001.....	20
TABEAU 4 : CARACTÉRISTIQUES DES SCÈNES SPOT UTILISÉES POUR L'ÉTUDE DES INONDATIONS.....	29
TABEAU 5 : CARACTÉRISTIQUES DES SCÈNES SPOT UTILISÉES POUR L'ÉTUDE DES CULTURES DE DÉCRUE.....	29
TABEAU 6 : RÉPARTITION DES SUPERFICIES CULTIVÉES EN DÉCRUE DANS LE DÉPARTEMENT DE PODOR.....	29
TABEAU 7 : RÉPARTITION DES SUPERFICIES CULTIVÉES EN DÉCRUE DANS LE DÉPARTEMENT DE MATAM	29

Liste des planches

PLANCHE 1 : LES SURFACES INONDÉES PAR LA CRUE EN HIVERNAGE 2000 DANS LA DÉLÉGATION DE PODOR.....	22
PLANCHE 2 : CULTURES DE DÉCRUE DANS LE DÉPARTEMENT DE PODOR EN CONTRE SAISON FROIDE 2000-2001	23
PLANCHE 3 : CULTURES DE DÉCRUE DANS LE DÉPARTEMENT DE MATAM EN CONTRE SAISON FROIDE 2000-2001	24
PLANCHE 4 : PRÉVISION PAR TÉLÉDÉTECTION DES RENDEMENTS DE SORGHO CULTIVÉ EN DÉCRUE DANS LE DÉPARTEMENT DE MATAM EN SAISON FROIDE 2000-2001.....	25

Liste des photos

PHOTO 1 : ASSOCIATION DE PLANTES CULTIVÉES : MAÏS ET PASTÈQUES EN BORDURE DU DIOULOL À MATAM.....	11
PHOTO 2 : TECHNIQUE DE PROTECTION DES PANICULES PAR « EMMAILLOTAGE » (A, B) ET COLLECTE DE PAILLE DE SORGHO POUR LE FOURRAGE DU BÉTAIL (C)	11
PHOTO 3 : MESURE D'UN CARRÉ D'ÉCHANTILLONNAGE (À GAUCHE) ET PESAGE DE LA BIOMASSE SUR LE TERRAIN (À DROITE).....	14
PHOTO 4 : COMPOSITION D'UN ÉCHANTILLON SUR LE TERRAIN.....	14

Résumé

Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal coexistent agriculture irriguée et cultures de décrue traditionnelles (essentiellement sorgho). Ces dernières dépendent de l'ampleur de la crue du fleuve et donc pour partie de la gestion du barrage de Manantali pendant l'hivernage. Même si leurs rendements sont nettement plus faibles que ceux des cultures irriguées, au vu des superficies concernées, les cultures de décrue sont tout de même une composante importante de la production agricole des départements de Podor et Matam. Il est donc important de pouvoir quantifier les superficies mises en culture et les rendements. En collaboration avec l'ADRAO (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) et l'IWMI (International Water Management Institute), la SAED a effectué un suivi de la campagne agricole 2000-2001 basé sur l'utilisation de la télédétection satellitaire couplée à des rendements sur échantillons.

Pour l'année 2000, les superficies inondées, potentiellement cultivables, dans le département de Podor (hors cours d'eau permanents et forêts) atteignent 37.635 hectares. Les lâchers du barrage de Manantali pour le soutien de crue se montent à 3. 277 million m³ et n'ont pas entraîné de déstockage net du barrage, en raison d'apports à l'amont supérieurs aux volumes lâchés.

A Podor, 18.998 hectares ont été cultivés, soit 51 % de la superficie inondée. Au total, dans les deux départements, la superficie cultivée en sorgho est de l'ordre de 25.745 hectares, soit seulement 44 % des superficies de la saison précédente. La production totale de sorgho de décrue dans le département de Matam est évaluée à 4.075 tonnes de grains et le rendement moyen à 638 kg/hectare.

La méthode utilisée donne des résultats satisfaisant avec notamment une bonne relation entre réponse spectrale et rendement. Elle requière un maximum de 3 semaines de terrain mais à des périodes très précises pour ne pas manquer le moment de la récolte. Couplé au Système d'Information Géographique (SIG) de la SAED et en complément du suivi de la riziculture par télédétection, ce travail permet de connaître précisément la production céréalière au niveau de chaque communauté rurale. Il fournit aussi une information objective pour évaluer l'influence réciproque des cultures de décrue et de l'agriculture irriguée.

Summary : Estimating crop yields in flood recession agriculture in the Senegal river valley using remote sensing.

In the Senegal river floodplain, irrigated agriculture and traditional flood recession crops (mainly sorghum) coexist. The latter depends upon the extent of the annual flood, which is partly a function of the amount of water released from the upstream Manantali reservoir. Even though recession sorghum yield is clearly smaller than that of irrigated rice, this production system, because it covers a large area, is a major contributor to total food production in Podor and Matam départements. It is therefore important to quantify areas and yields. In collaboration with the West Africa Rice Development Association (WARDA) and the International Water Management Institute (IWMI), SAED has carried out a survey of the 2000-2001 agricultural campaign based on remote sensing analysis.

In 2000, inundations in the Podor département covered 37.635 hectares. 3.277 million m³ of water were released from the Manantali reservoir specifically to support the natural flooding due to uncontrolled tributaries of the Senegal river. However, over the entire rainy season, the inflow into the reservoir exceeded the water released from it.

In the Podor département, 18.998 hectares were cultivated, corresponding to 51% of the inundated area. In total, in both départements, the total area under sorghum cultivation amounted to 25.745 hectares in 2000-2001, that is only 44% of the area of the previous season, particularly wet. The total production of recession sorghum grain in the Matam département is about 4.075 tons and the average yield 638 kg/hectare.

The method used gives reliable results, particularly a good relationship between yield and spectral response. It requires not more than 3 weeks of fieldwork but timing is crucial. Coupled with SAED's Geographic Information System (GIS) and complementary to the survey of rice production using remote sensing analysis, this work provides a more accurate estimation of food production at the level of each Rural Community. It also provides an objective information to assess the mutual influence of recession sorghum and irrigated rice cropping systems.

1 Contexte général / enjeux / objectifs

1.1 Contexte et enjeux

Les cultures de décrue et notamment le sorgho constituent un système de production traditionnel dans la vallée du fleuve Sénégal. Leur existence et leur ampleur (en termes de superficie mise en culture et de niveau de production) sont directement fonction de l'étendue et de la durée de la crue du fleuve durant l'hivernage. Dans les documents de planification de l'OMVS qui ont présidé à la construction du barrage de Manantali, il était initialement prévu de réaliser une crue artificielle par des lâchers de barrage venant compléter les affluents non contrôlés du fleuve (Falémé, Bakoye), mais seulement temporairement, le temps que l'agriculture irriguée se développe et atteigne un certain seuil au delà duquel les cultures de décrue ne seraient plus « nécessaires », notamment vis-à-vis de la sécurité alimentaire locale. Les dispositions ont changé depuis et le principe de l'existence d'une crue artificielle est désormais acquis au plan sous-régional comme national. A cet égard, le PDRG, document de référence pour le développement rural de la rive gauche de la vallée rédigé en 1990, prévoyait même une certaine intensification de ces cultures en parallèle avec le développement de l'agriculture irriguée¹. Au niveau de l'OMVS, les discussions sont en cours pour adopter une politique de partage de l'eau à long terme entre usages (existants et futurs). Par ailleurs, d'ici quelques mois devrait être finalisé le manuel de gestion des barrages de Manantali et de Diama dont l'un des objectifs est de réaliser une crue artificielle garantissant les usages en aval tout en minimisant les volumes lâchés².

La recherche agronomique sur les cultures de décrue dans la moyenne vallée est ancienne puisqu'elle date des années 1960 et 1970 à l'époque où la décision de construire les barrages n'était pas encore prise.

Aujourd'hui, les cultures de décrue, tout comme l'agriculture irriguée sont une composante importante du monde agricole des départements de Podor et de Matam où la pluviométrie faible et incertaine ne garantit pas les résultats de l'agriculture pluviale. C'est à ce titre que la SAED a assuré un suivi des cultures de décrue pour la campagne 2000-2001. Ce suivi s'est opéré en collaboration avec l'ADRAO (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) et l'IWMI (International Water Management Institute) dans le cadre d'un programme de recherche sur la mise en valeur agricole et l'économie des usages de l'eau dans la vallée du fleuve Sénégal. Cette recherche, à l'appui des politiques de développement rural dans la vallée, porte en particulier sur les interactions entre l'agriculture irriguée (principalement la riziculture) et les cultures de décrue. A ce titre, il importe de connaître l'importance quantitative de la culture de décrue en termes économiques et de sécurité alimentaire, notamment en années hydrologiques contrastées.

Le présent rapport présente les résultats de l'analyse des rendements et des superficies cultivées en sorgho de décrue à partir de l'analyse d'images satellitaires pour la saison culturale 2000-2001. Ces résultats sont comparés avec ceux de la campagne 1999-2000 pour laquelle les superficies et densités de sorgho de décrue avaient été quantifiées. L'hivernage 1999 avait été particulièrement humide au regard des trente dernières années et les superficies inondées dans la vallée importantes. Comparativement, l'étendue de la crue durant l'hivernage 2000 a été faible.

1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est de :

- faire une estimation fiable des superficies cultivées et des rendements en sorgho de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal à partir de la télédétection satellitaire et évaluer la pertinence de la méthode,
- relier les résultats obtenus aux caractéristiques de la crue.

¹ GERSAR et al., 1991

² Cette opération est réalisée par l'IRD

2 Présentation générale du milieu

2.1 Situation

L'étude des cultures de décrue pour la saison froide 2000 concerne deux départements de la vallée du fleuve Sénégal : Podor et Matam. Du fait des endiguements et de la présence des aménagements hydro-agricoles dans le Delta, la culture de décrue y est très peu présente. C'est donc dans les départements précités que l'on trouve l'essentiel des cuvettes de décantations susceptibles d'intéresser le système de culture de décrue.

Ce type de mise en valeur est conditionné par plusieurs paramètres dont les plus cruciaux sont : les conditions climatiques, les aptitudes édaphiques, le fonctionnement hydrologique, les pratiques culturelles.

2.2 Climat

La vallée du fleuve Sénégal est caractérisée par un climat de type sahélien à deux saisons : une longue saison sèche marquée par des températures assez élevées 35 à 45° et une courte saison pluvieuse qui va de juillet à septembre. Les précipitations sont généralement peu abondantes et irrégulières.

Pendant ces trois dernières années, les précipitations annuelles dans la vallée du fleuve Sénégal ont varié entre 243 mm et 705 mm. Les stations synoptiques de la zone Est de la vallée ont recueilli plus d'eau de pluie. Contrairement, aux départements de Bakel et de Podor, ceux de Saint-Louis ont vu leurs précipitations augmenter sensiblement en hivernage 2000. Toutefois, il faut noter que l'ampleur de la crue n'est pas liée aux précipitations dans la vallée du fleuve Sénégal mais aux apports d'eau venant presque exclusivement du haut bassin (voir 3.4 hydrologie).

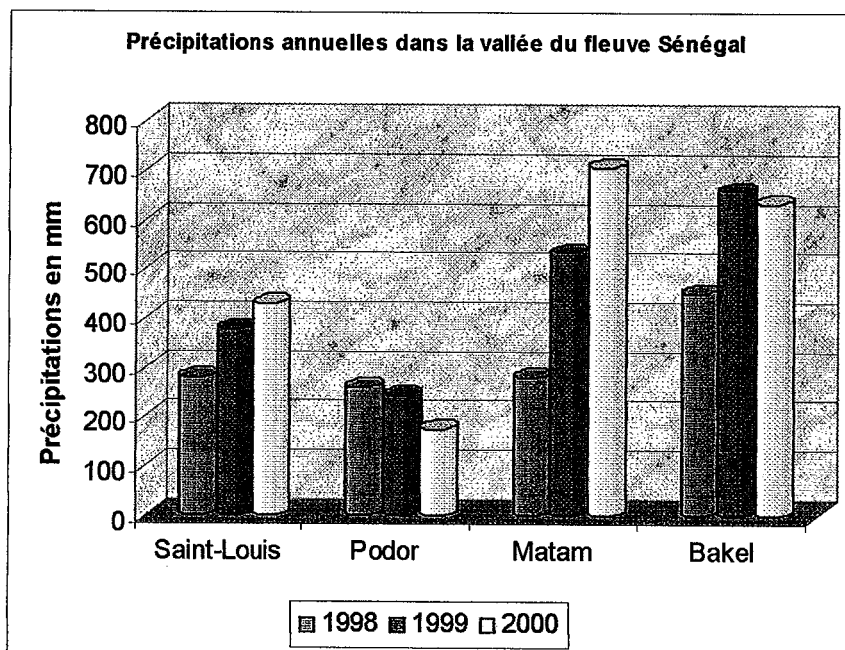


Figure 1 : Les précipitations annuelles dans les stations synoptiques de la vallée en 1998, 1999 et 2000

2.3 Sols

En étroite relation avec les formes géomorphologiques, les formations pédologiques les plus différenciées se partagent entre les deux grandes parties de la vallée : le Diéri et le Walo (Mané, 1996). Les principales unités géo-pédologiques, que l'on retrouve dans le domaine des cultures de décrue à savoir le Walo sont (figure 2) :

- les hautes levées anciennes ou « fondé » : constituées de sables fins et de limons, ces sols sont généralement épargnés par les crues faibles ou moyennes,
- les levées récentes ou « diacré » et « falo » : elles sont issues pour l'essentiel du sapement des hautes levées qui gagnent les lits du fleuve et se localisent dans les parties convexes des méandres des cours d'eau. Leurs constituants pédologiques sont dominés par les sables argileux et les sables.
- les cuvettes de décantations ou « hollaldé » : situées en contrebas des hautes levées, elles sont saisonnièrement soumises à l'inondation, ce qui fait qu'elles présentent des sols hydromorphes avec plus de 60% d'argile. Du point de vue agricole, les « hollaldé » sont les terres de prédilection pour les cultures de décrue traditionnelles mais aussi pour la riziculture irriguée.

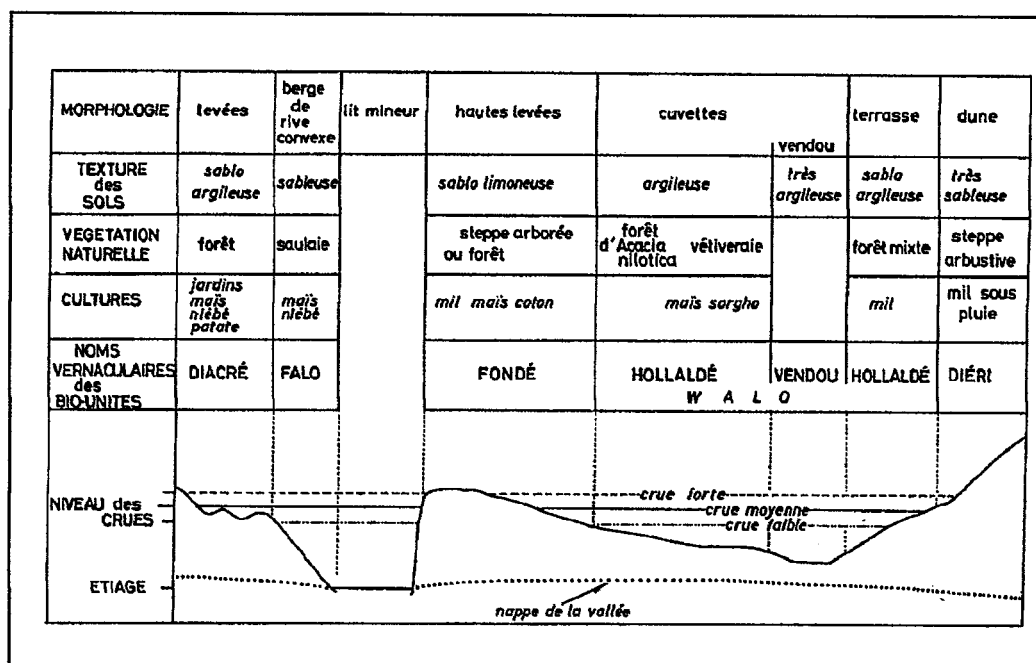


Figure 2 : Les unités naturelles de la vallée du fleuve Sénégal et leur utilisation (Michel, 1973)

Etant donné que les plantes cultivées en décrue durant tout leur cycle de développement ne bénéficient pas d'eau autre que celle contenue dans les interstices du sol après la décrue, il faut souligner le rôle capital que jouent les sols à texture fine comme les « Hollaldé » pour assurer le stockage d'eau et permettre ainsi à la plante d'avoir une réserve suffisante pour couvrir la période allant du semis à la maturité.

2.4 Hydrologie³

La seule eau que les cultures de décrue utilisent pour leur développement est celle présente dans les cuvettes argileuses après la décrue du fleuve. Cette eau provient pour partie des affluents non contrôlés du fleuve Sénégal (Falémé et Bakoye) et pour partie du Bafing par des lâchers du barrage de Manantali.

Les figures 3 et 4 indiquent l'évolution du niveau du fleuve à différents points de la haute et moyenne vallée respectivement pour les hivernages 1999 et 2000.

³ Les données hydrologiques sont fournies par l'OMVS et l'IRD

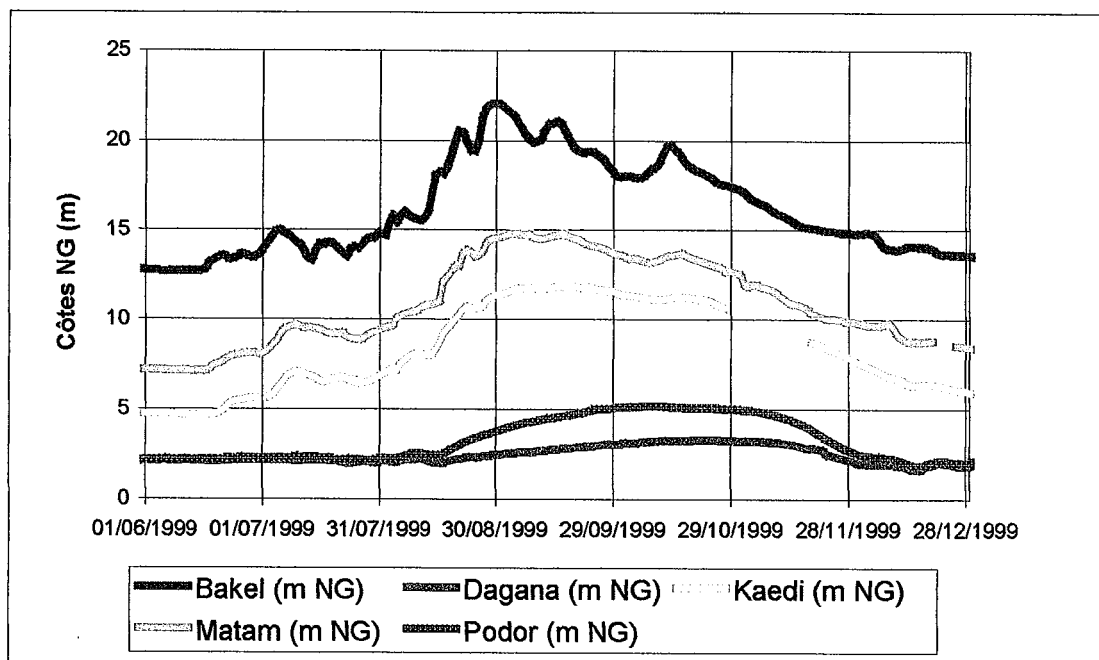


Figure 3: côte NG du fleuve pour l'hivernage 1999 (Données OMVS-IRD)

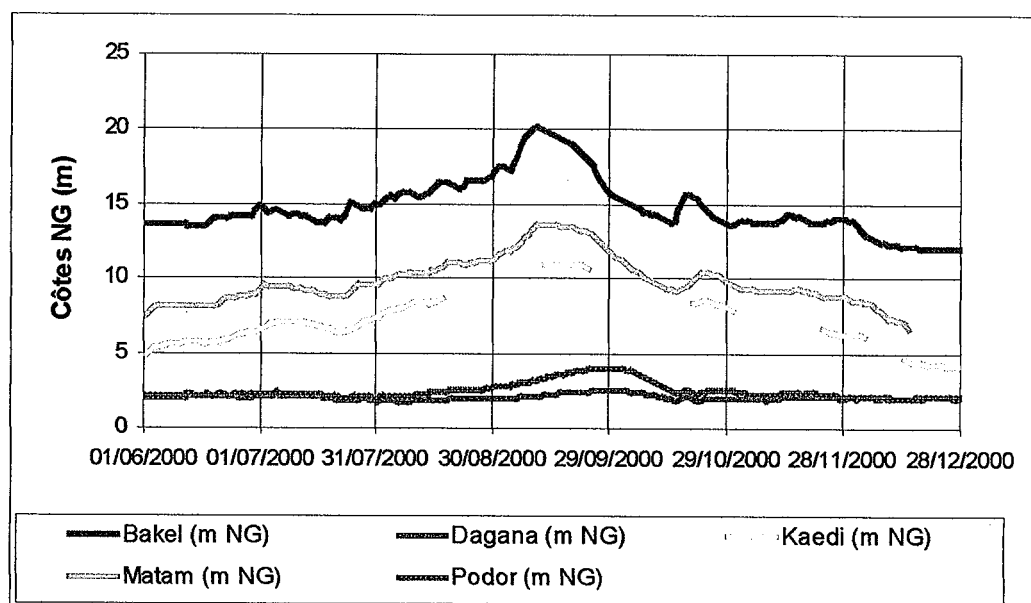


Figure 4 : côte NG du fleuve pour l'hivernage 2000 (Données OMVS-IRD)

On note que la montée en crue et la descente en décrue sont d'autant plus lentes qu'on se situe à l'aval de la vallée.

Le tableau 1 donne la date à laquelle la côte maximum a été atteinte.

	Bakel	Matam	Kaédi	Podor	Dagana
Hiv. 1999	30/08	04/09	17/09	09/10	19/10
Hiv. 2000	10/09	12/09	18/09	27/09	02/10

Tableau 1 : Date du maximum de la crue

Il est intéressant d'avoir une idée :

- du volume de la crue artificielle permettant les cultures de décrue
- des apports à l'amont du barrage (qui en quelque sorte compensent les lâchers)
- du volume apporté par les affluents non contrôlés

Ces volumes sont donnés à partir des débits journaliers cumulés sur la période allant du 1^{er} juin au 30 novembre 2000 qui contient l'essentiel des débits d'hivernage. La figure 5 permet de voir le lâcher de crue calibré à partir de Manantali (le gros des volumes lâchés se situe entre fin août et début octobre) les débits entrant dans le barrage et l'hydrogramme à Bakel, résultat du cumul des lâchers et des affluents non contrôlés, dont la confluence avec le fleuve se situe à l'amont de Bakel.

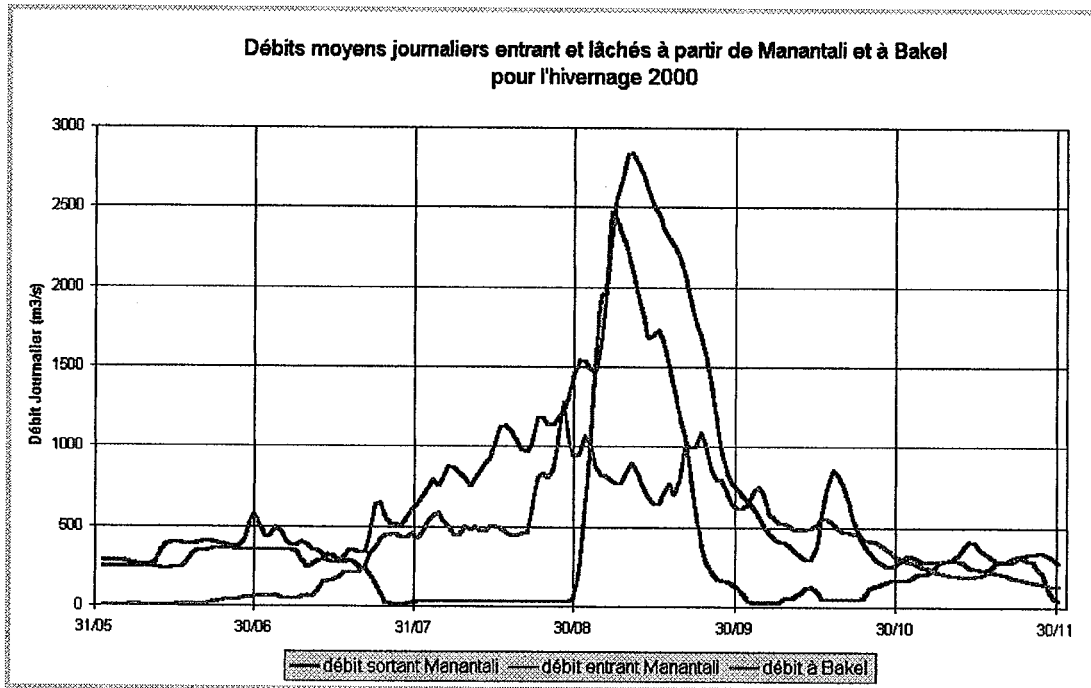


Figure 5 : Hydrogrammes en entrée, sortie de Manantali et à Bakel

Le volume total déstocké à partir de Manantali entre le 1/6 et le 30/11 est de 5.700 millions m³. Sur la même période, le débit entrant dans le réservoir a été de 6.364 millions m³, c'est à dire au bilan une recharge du réservoir de l'ordre de 664 millions m³. La crue artificielle proprement dite a consommé 3.277 millions m³ (entre le 31/08 et le 2/10). Ces chiffres sont à comparer avec le volume utile du réservoir, de l'ordre de 11 milliards m³. Le volume total passé à Bakel entre le 1/6 et le 30/11 est de 11.845 millions m³ dont environ 40% provenant des affluents non contrôlés, la Falémé et le Bakoye.

2.4.1 Les cultures de décrue

Itinéraire technique et rendements

Le semis du sorgho est effectué environ 7 à 10 jours après la décrue, en novembre le plus souvent. Les auteurs s'accordent à dire que la durée de submersion minimale est de 3 semaines. La date du semis est un facteur très important par rapport au succès de la culture, la période idéale se situant entre le 15/10 et le 15/11 (Maynard, 1957). Le plus souvent, quand il y a sarclage, il est fait à la décrue alors qu'il serait préférable, sur le plan agronomique, de le faire avant la crue (Sapin, 1971). On peut penser que les paysans n'étant pas sûrs qu'il y aura effectivement une crue, ne se donnent pas la peine de sarcler avant. A cet égard, le caractère garanti (ou non) de la crue artificielle peut constituer un facteur de changement de pratiques culturales.

Le rendement moyen est de l'ordre de 400 à 500 kg/ha de grains de sorgho consommable (Sapin, 1971, Bonneau, 2000) mais il est très variable. Les résultats du suivi faisant l'objet du présent rapport figurent au point 5.1.5.

Aucun engrais n'est utilisé sur le sorgho de décrue. Dans des essais effectués en 1971, avec 50 unités d'azote à l'hectare, ce qui correspond à environ 108 kg d'urée, soit 20.000 CFA / ha au prix de vente moyen en 2000, les rendements s'évaluaient entre 1432 et 2166 kg/ha. D'autres essais avec 100 kg de N appliqués au trou ont donné les rendements suivants (tableau 2) :

	Rendement sorgho (kg/ha)			
100kg N/ha	988	1610	1511	1559
Témoin	200	235	575	596

Tableau 2 : Rendements de sorgho dans des parcelles d'essai avec 100 kg de N (Sapin, 1971)

Suivi des cultures de décrue

Par le passé et jusqu'à ce jour, les cultures de décrue ont fait l'objet d'un suivi pour le compte de l'OMVS ou de l'Etat Sénégalais. Les techniques utilisées étaient l'interprétation de photos aériennes, d'images satellitaires⁴, le suivi des producteurs par sondages ponctuels aléatoires, enquêtes et mesures de rendement in situ (notamment par l'Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis). En 1998 a eu lieu un recensement général des sites de décrue en rive gauche dont les résultats sont en cours de traitement informatique au Ministère de l'Agriculture.

Importance quantitative des cultures de décrue

D'après le pré-recensement de l'agriculture⁵ respectivement 83 % et 60 % des ménages ruraux des départements de Podor et de Matam se disent impliqués au moins partiellement dans les cultures de décrue. Cette proportion est plus forte dans les départements de Podor et Matam où se concentre la quasi-totalité des cultures de décrue. Ceci révèle l'importance de cette culture.

Les superficies cultivées par le passé ont été extrêmement variables. Bien évidemment, l'enjeu de la gestion du barrage est de rendre les disponibilités en eau moins aléatoires. D'après les différentes sources compilées par Bonneau (2001), la moyenne des superficies cultivées en rive gauche s'établit à :

- 48.826 ha sur la période 1946-1999
- 31.726 ha sur la période 1972-1999
- 66.826 ha sur la période 1946-1971

Certaines années sèches, les superficies ont été très faibles, inférieures à 10.000 ha.

2.4.2 Préparation du sol et semis

Si le sorgho est de loin la première des cultures de décrue, le maïs arrive au second rang avec des superficies non négligeables. Sur les berges des cours d'eau, on peut noter un mélange de plantes cultivées. Le maïs est souvent associé aux cultures maraîchères telles que les courges, la patate douce, le niébé, le gombo, la tomate etc. (photos 1).

Le sorgho de décrue est semé aligné suivant un écartement plus ou moins régulier. L'écart entre les poquets avoisine le mètre. D'après les échantillons que nous avons collectés sur le terrain, la densité de semis est variable, mais la fréquence est de 10 à 15 poquets sur une aire de 16 m² ce qui représente environ 6000 à 9500 poquets à l'hectare.

⁴ Dans le cadre des « études sur l'optimisation de la gestion des barrages de Manantali et de Diama », l'IRD ex-ORSTOM a effectué le suivi et l'analyse de la propagation de la crue et quantifié les superficies inondées de quelques cuvettes représentatives sur les deux rives (OMVS-ORSTOM, 1998)

⁵ Recensement national de l'agriculture 1998-1999 – volume 1 : les résultats du pré-recensement de l'agriculture



Photo 1 : Association de plantes cultivées : maïs et pastèques en bordure du Dioulol à Matam

2.4.3 Surveillance des champs avant récolte

Avant la récolte, il y a une étape très importante qui peut influencer très fortement sur la production, c'est la surveillance des champs de cultures. En effet, depuis la période de formation des grains jusqu'à la récolte, les champs sont surveillés en permanence pendant la journée contre les oiseaux. Les enfants se chargent le plus souvent de ce travail, mais il arrive qu'ils soient secondés par des personnes adultes surtout pendant les périodes de fortes invasions d'oiseaux granivores tels que les mange mil. Pour protéger les panicules contre les oiseaux, les paysans utilisent plusieurs techniques dont celle de l'«emmaillotage». Elle consiste à enrouler les panicules non encore mures dans des sachets en plastique ou avec des feuilles de sorgho (Photos 2a et 2b).

Afin d'éviter que quelques paysans seulement aient à faire face aux attaques des oiseaux et du bétail, la récolte est programmée aux mêmes dates pour tous les exploitants d'une même cuvette.

La récolte a généralement eu lieu courant mars-avril, elle se fait manuellement. Les panicules sont récoltées et rassemblées en tas avant d'être convoyées. Une bonne partie de la paille est coupée pour servir de fourrage au bétail pendant la saison sèche (Photo 2c). Par ailleurs, après la récolte l'accès des champs est permis aux éleveurs pour le pâturage.

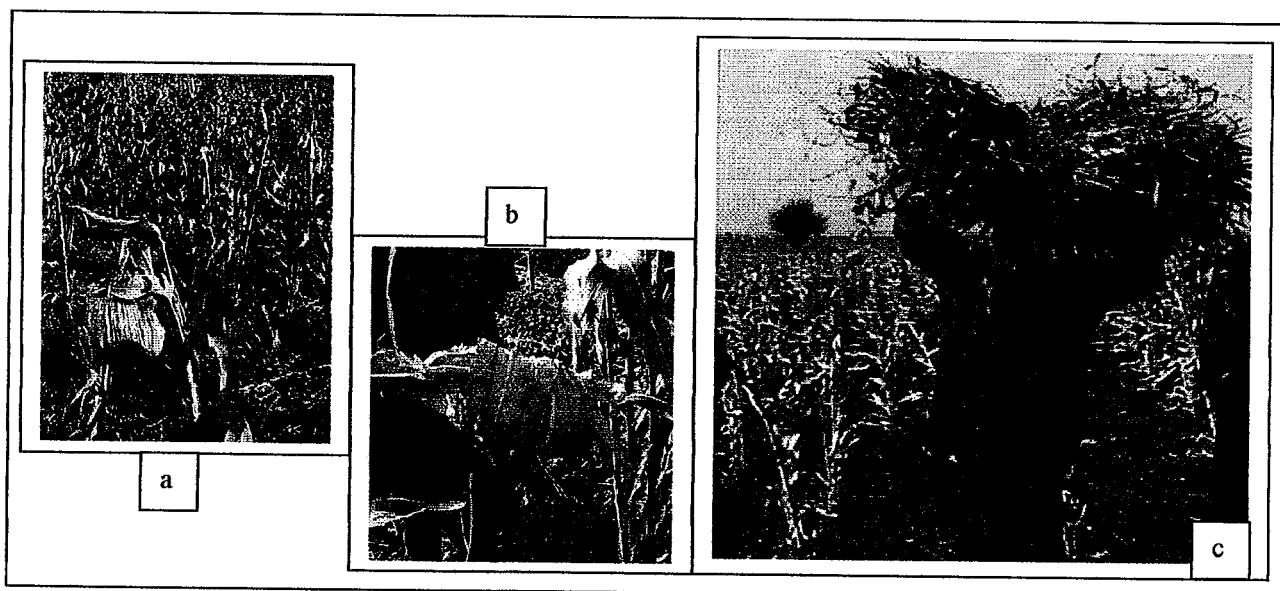


Photo 2 : Technique de protection des panicules par « emmaillotage » (a, b) et collecte de paille de sorgho pour le fourrage du bétail (c)

3 Principes et Méthodes pour le suivi des cultures de décrue

3.1 Méthodologie

La méthodologie suivie (résumée dans le schéma fonctionnel de la figure 6) est la suivante :

- Commande, acquisition d'images satellitaires couvrant la partie alluviale des départements de Podor et Matam. Deux séries d'images correspondant à deux périodes sont nécessaires :
 - pendant la crue d'hivernage (les images sont celles utilisées pour l'estimation des rendements rizicoles de la campagne 2000). Ces images renseignent sur la localisation et l'étendue des zones inondables et donc des cuvettes potentiellement cultivables en décrue
 - à la fin du mois de février 2001, environ 1 mois avant la récolte du sorgho. Ces images renseignent sur l'étendue des zones semées en sorgho et le degré de maturité est suffisamment avancé pour que les classes de rendement soient distinctes.
- Phase d'échantillonnage sur le terrain peu avant la récolte du sorgho de décrue en mars : des carrés de rendements sont effectués dans les différentes cuvettes cultivées en décrue (les emplacements sont sélectionnés de façon à avoir une couverture géographique représentative à l'échelle de la vallée et de la cuvette). Ces carrés font 4 m sur 4 m (soit 16 m²). Leur emplacement sur le terrain est localisé au GPS (Global Positioning System). Chacun des carrés est caractérisé par le nombre de poquets, le nombre de pieds, le poids de la biomasse et le poids des panicules (Photos 3 et 4). La biomasse est pesée sur place.
- Mesure des rendements des échantillons au laboratoire de l'ADRAO. Pour chaque échantillon, les panicules ont été séchées à l'air, battues, vannées et pesées. Les paramètres suivants ont été mesurés :
 - le rendement (ramené à l'hectare) des échantillons en poids humide et le taux d'humidité (14% d'humidité en moyenne),
 - d'autres paramètres non directement utiles pour calculer le rendement mais qui peuvent l'être pour expliquer les variations de rendement : nombre de panicules par échantillon, nombre de grains par panicule, poids moyen des panicules, type de sorgho⁶.
- Traitement, analyse et interprétation des images satellitaires : les résultats ponctuels du laboratoire sont utilisés pour guider le traitement numérique des images. On recherche une correspondance entre la réponse spectrale et le rendement des échantillons. Celle-ci sert ensuite à l'extrapolation spatiale des rendements à l'échelle de l'ensemble des zones cultivées en décrue dans la moyenne vallée.

En raison d'une mauvaise coordination avec les paysans en décrue de Podor, il n'a pas été possible de collecter des échantillons dans ce département. En effet, la récolte a eu lieu une semaine plus tôt qu'il nous avait été indiqué. Sur Podor, seuls des mesures de densité de semis ont été faites et repérées au GPS.

⁶ L'identification des différents « types » de sorgho a été effectuée par Dr CISSE spécialiste du sorgho, chercheur à l'ISRA de Bambej.,.

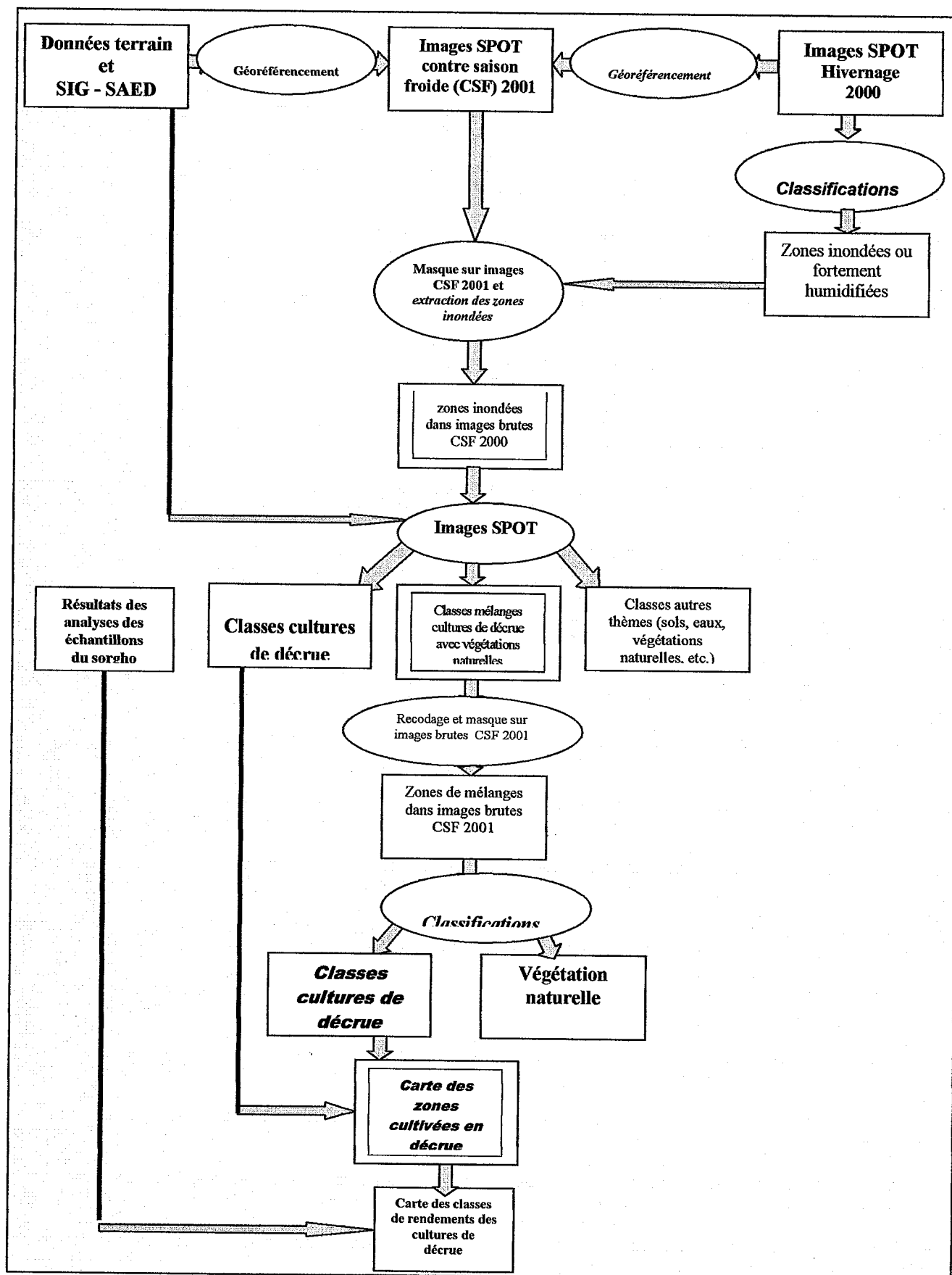


Figure 6 : Schéma de la méthodologie utilisée pour le suivi par télédétection des rendements et de la production des cultures de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal



Photo 3 : Mesure d'un carré d'échantillonnage (à gauche) et pesage de la biomasse sur le terrain (à droite)

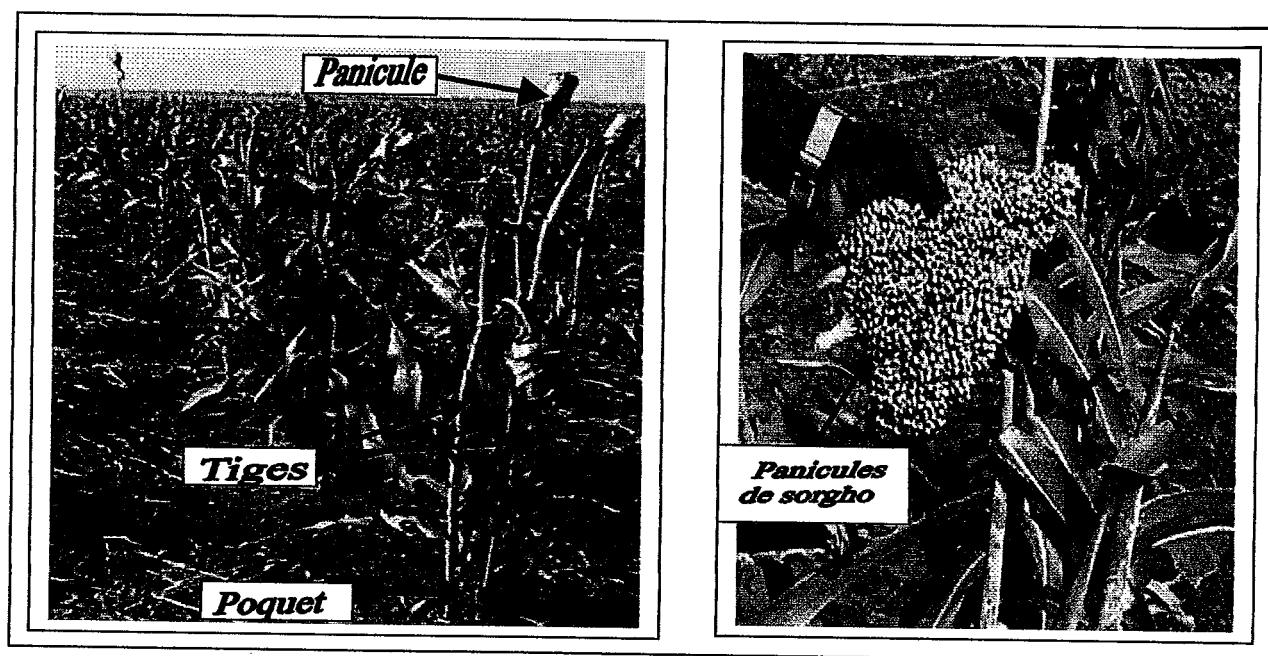


Photo 4 : Composition d'un échantillon sur le terrain

4 Résultats et discussion

4.1 Résultats:

4.1.1 Les surfaces inondées par la crue

4.1.1.1 Les surfaces inondées dans le département de Podor

Une bonne connaissance des inondations des cuvettes de décantation lors de la crue d'hivernage est un préalable pour le suivi de la culture de décrue en saison froide. Pendant la période de la crue, la vallée alluviale du fleuve Sénégal est envahie par les eaux à partir des défluent du fleuve et des marigots. Selon le type de crue (faible, moyenne ou forte), les superficies inondées sont très variables. L'onde maximale de la crue a atteint la station limnimétrique de Podor le 27 septembre 2000.

Cependant, les images qui ont permis d'évaluer les surfaces inondées ont avant tout servi à l'estimation de la campagne rizicole 2000. Elles datent de la dernière quinzaine d'octobre 2000, ce qui ne correspond pas au maximum de la crue. Cependant, ce décalage n'est pas élevé (hydrogramme relativement plat) et il n'empêche pas d'appréhender l'ampleur de la crue et des inondations des cuvettes ni une comparaison interannuelle.

Une classification en utilisant les quatre bandes spectrales des images SPOT XI a permis de mettre en évidence les surfaces inondées pendant la crue de l'hivernage 2000. Avec la faiblesse de la réflectance qui les caractérise, les zones inondées ou très humides s'individualisent aisément par traitement numérique. Le résultat final de la classification donne **52 921 hectares** inondés par les eaux de la crue dans le département de Podor en début novembre (Planche 1).

Une fois déduite les surfaces occupées par l'hydrologie permanente (fleuve Sénégal, les défluent, les mares) et les surfaces inondées portant la végétation aquatique et les forêts d'*Acacia nilotica* (gonakiés), il reste **37 635 hectares** potentiellement exploitables pour les cultures de décrue en contre saison froide 2000-2001 dans le département de Podor, sur le seul critère de la superficie et non du temps de submersion

En référence aux deux hivernages précédentes, c'est à dire 1998 et 1999, on peut noter une diminution de 23 et 30 % des superficies inondées brutes (figure 7).

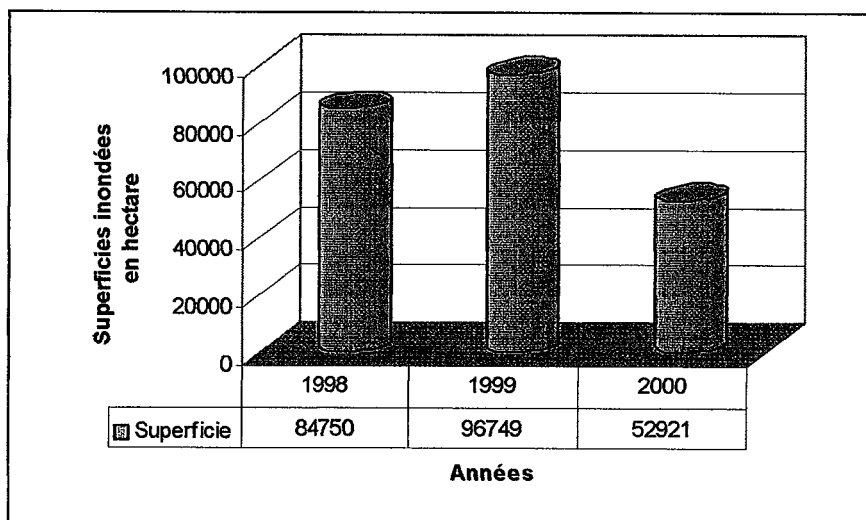


Figure 7 : Comparaison des superficies inondées de 1998 à 2000 dans le département de Podor

Une analyse de la répartition des superficies inondées par Communauté rurale (CR) permet de voir certaines disparités du point de vue des potentialités pour le développement de la culture de décrue. Les CR de Aéré-Lao, de Guédé et de Dodèle concentrent 58 % des superficies inondées en hivernage 2000 (Figure 8).

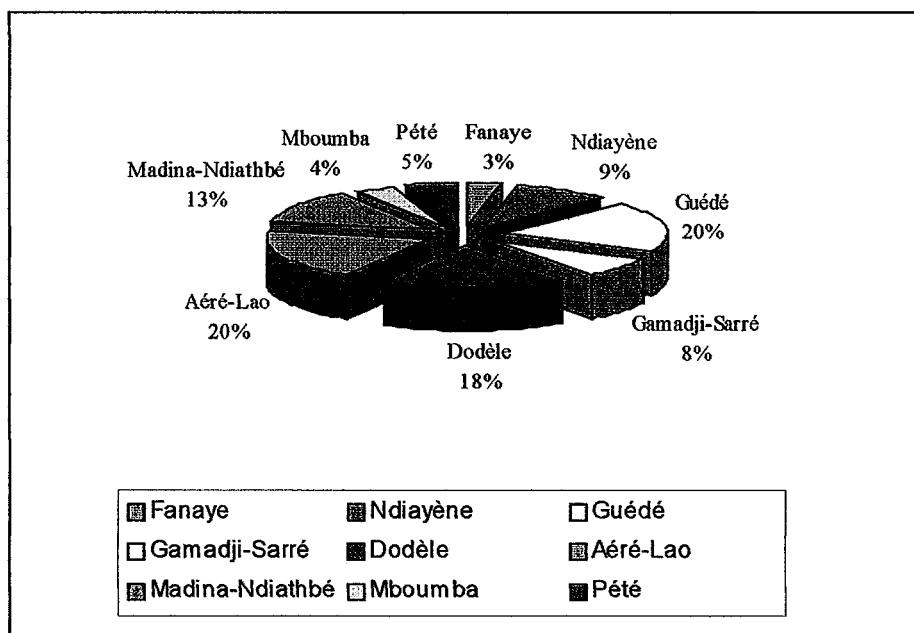


Figure 8 : Répartition des surfaces inondées dans les Communautés rurales de Podor

Avec respectivement 3 et 5 %, les CR de Fanaye, Mboumba et Pété sont celles qui ont été les moins inondées par la crue. La répartition spatiale des superficies inondées par la crue est fonction de la présence de cuvettes de décantation argileuse.

4.1.2 Les cultures de décrue dans le Département de Podor

Les traitements numériques effectués sur les images de contre saison froide mais en intégrant uniquement les zones qui avaient été inondées en hivernage ont permis de mettre en évidence les surfaces emblavées en culture de décrue. Sur l'ensemble du département de Podor, **18 998 hectares** ont été cultivés en décrue durant la contre saison froide 2000-2001 (planche 2). Cela ne représente que 50% des surfaces inondées en saison froide 2000-2001 dans le département de Podor.

Comme pour les surfaces inondées, les superficies exploitées en décrue sont inégalement réparties suivant les communautés rurales (figure 9).

La figure 9 montre la répartition des superficies cultivées en décrue en contre saison froide 2000-2001. Les Communautés rurales qui avaient le plus de surfaces inondées en hivernage sont naturellement celles où la culture de décrue a été la plus importante en contre saison froide. Cela est attesté par le fort taux de surfaces exploitées en décrue dans les CR de Dodèle (24%), de Aéré-Lao (22%), de Guédé (16%) et de Madina-Ndiathbé (15%). Mboumba et Gamadji-Sarré avec respectivement 4 et 7 % des superficies emblavées ont mis en valeur presque entièrement leurs surfaces exploitables pour la culture de décrue en saison froide 2000-2001.

En référence aux deux dernières années, les surfaces exploitées en culture de décrue en saison 2000-2001 ont baissé de 43% et de 46% respectivement pour 1998 et 1999 (figure 10). Cette baisse est consécutive à la réduction de l'extension des surfaces inondées par la crue en hivernage 2000.

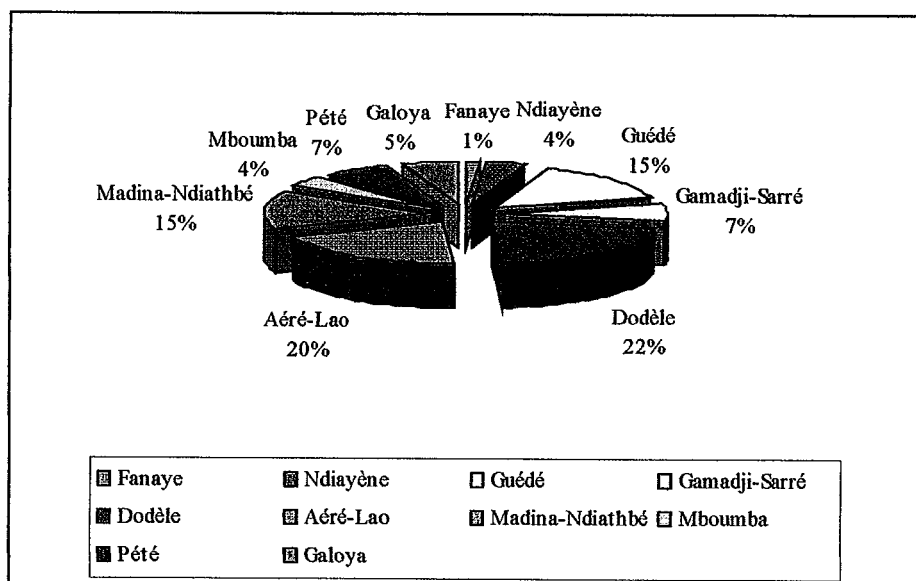


Figure 9 : Répartition des surfaces emblavées en culture de décrue dans les CR de Podor

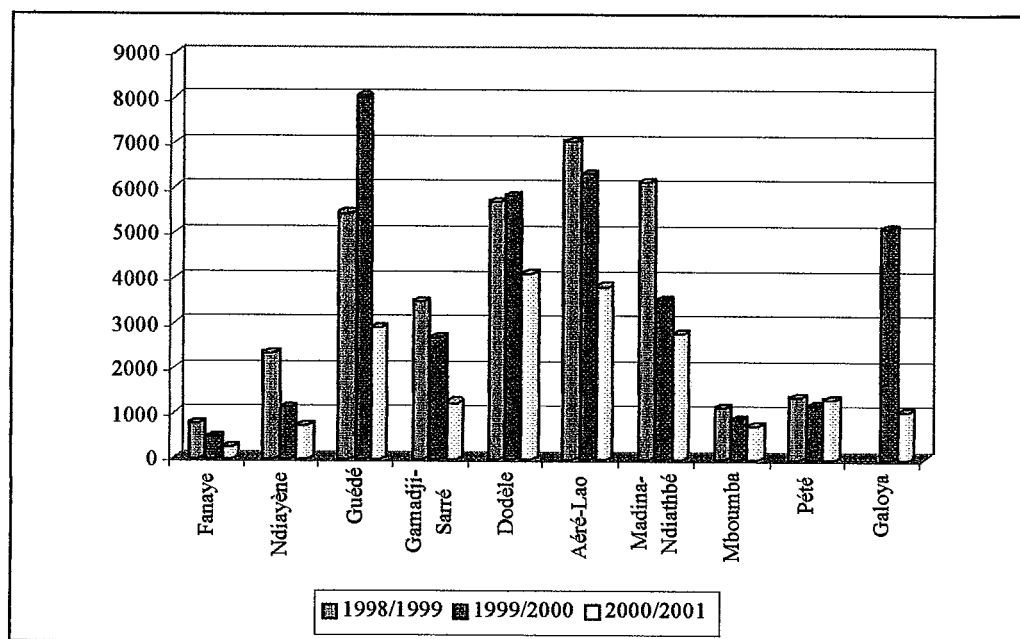


Figure 10 : Evolution des superficies (ha) emblavées en décrue entre 1998 et 2001 dans le département de Podor

Zone à topographie assez basse où s'égrainent des cuvettes de décantation argileuse, l'île à Morphil recèle d'immenses potentialités en terres agricoles surtout dans les CR de Guédé, Aéré-Lao et Dodèle. C'est dans ces CR que se localisent les grandes zones de culture de décrue du Département de Podor.

4.1.3 Les cultures de décrue dans le Département de Matam

Par rapport au Département de Podor, il y a moins de cuvettes de décantation ⁷ à Matam. Néanmoins, la culture de décrue y occupe une place très importante dans les activités agricoles.

Dans ce département, deux zones se distinguent, la partie aval disposant de grandes cuvettes de décantation et de biefs est plus exploitée en culture de décrue que la partie amont. Il faut noter que dans cette partie amont, seul le cours d'eau du Dioulol joue véritablement le rôle d'adducteur pour inonder les cuvettes au moment de la crue.

L'estimation des superficies cultivées en décrue dans le Département de Matam à partir des traitements numériques d'images de télédétection indique que **6 746 hectares** ont été emblavés en saison froide 2000-2001 (planche 3).

La distribution des superficies exploitées par communauté rurale relève des disparités importantes (figure 11). D'une part les CR de Dabia (ex-Thilogne), Agniam et de Bokidiawé avec respectivement 30%, 23% et 14% occupent environ $\frac{3}{4}$ des surfaces mises en valeur en cultures de décrue. D'autre part, certaines CR telles que Bokiladji et Orkadiéré se remarquent par leur faible implication dans la culture de décrue en saison froide 2000-2001. Cette faiblesse trouve son explication dans l'indigence de ces CR pour ce qui concerne les cuvettes inondables aptes à être cultivées en décrue durant la campagne agricole présentée dans ce rapport.

Par rapport à la situation de 1999-2000, la culture de décrue a connu une régression d'environ 70% dans le département de Matam (figure 12). Une fois de plus, la faiblesse de la crue est incriminée par les populations. Les paysans interrogés soulignent que non seulement elle a été faible pour toucher le maximum de cuvettes mais surtout la période d'inondation des terres a été trop courte pour permettre au sol d'emmagasiner l'humidité nécessaire à un développement satisfaisant des plantes cultivées en décrue.

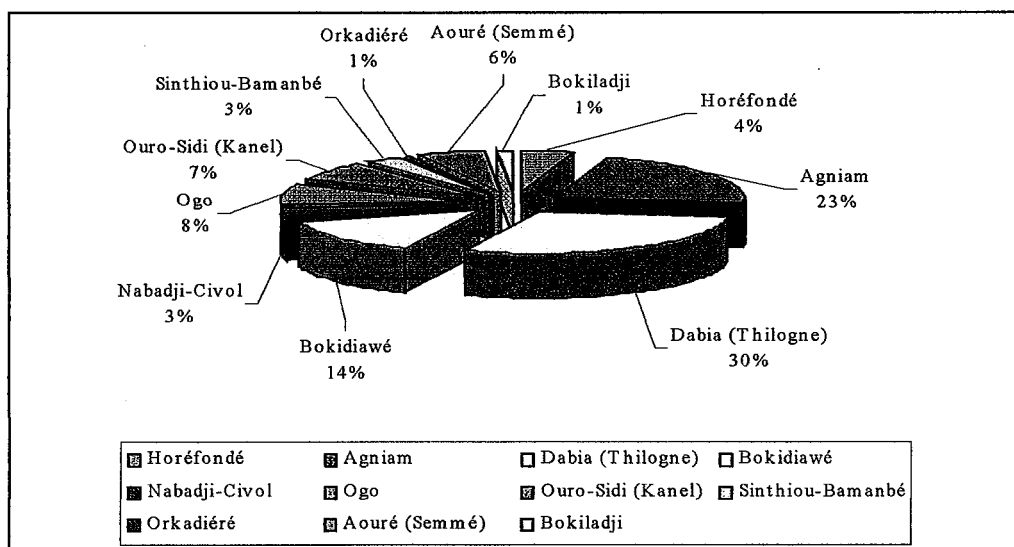


Figure 11 : Répartition des surfaces cultivées en décrue dans les CR de Matam en saison froide 2000-2001

⁷ Contrairement à Podor, les images de saison humide (hivernage) du département de Matam n'étaient pas disponibles pour procéder à une analyse détaillée des inondations.

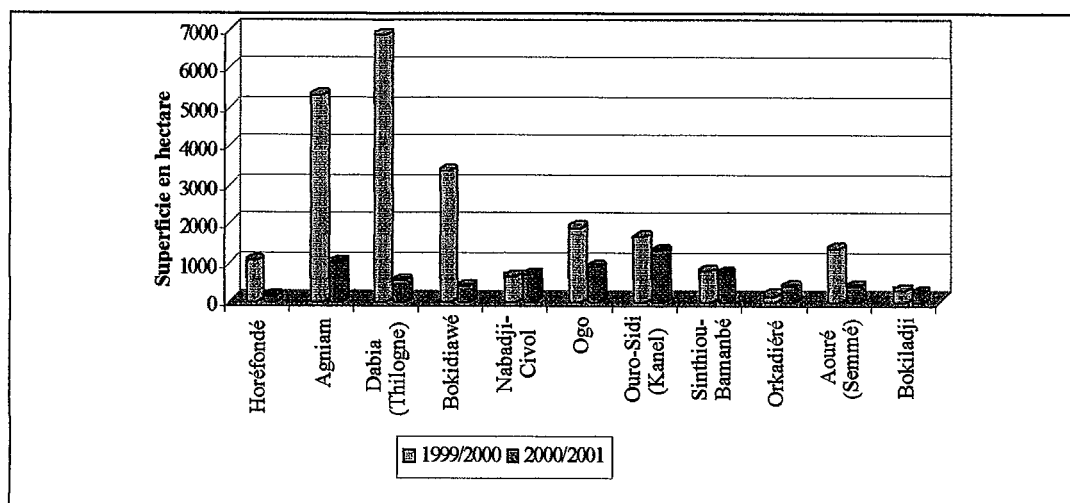


Figure 12 : Evolution des superficies exploitées en décrue entre 2000 et 2001 dans le département de Matam

4.1.4 Les variétés et les rendements des échantillons collectés

La caractérisation des échantillons de sorgho collectés en utilisant la classification de Sapin (1970) permet de distinguer quatre type de variétés avec des variantes ou sous-types.

- Type 1 : Pourdi « Gros grains blanc laiteux, avec couche brune »
- Type 2 : Samba Souki « Gros grains jaunâtre, brunâtre ou rougeâtre, avec couche brune »
- Type 3 : Sévil « Petits grains ivoire ou rouge, sans couche brune »
- Type 4 : Diakhnate « Gros grains ivoire, sans couche brune ».

Sur l'ensemble des échantillons collectés dans notre zone d'étude pendant la phase des travaux de terrain, 40 % est composé du type 2, la deuxième variété qui suit en pourcentage est le type 3 avec 36 %. Les type 1 et 4 représentent respectivement 20 % et 4 % des échantillons. A la lumière des statistiques ci-dessous, il ressort que par rapport aux autres variétés, le type 4 ou Diakhnate a été très peu cultivé en contre saison froide 2000/2001. D'après les résultats de la recherche, ces variétés de sorgho sont très bien adaptées aux conditions agro-climatiques sahéliennes (Sapin, 1971).

L'humidité standard de 14 % a été utilisée au laboratoire pour mesurer les rendements des échantillons prélevés sur le terrain.

Les résultats d'analyse au laboratoire de 27 échantillons de sorgho prélevés dans des carrés indiquent des rendements à l'hectare variant entre 55 et 1081 kg avec un rendement moyen de 529 kg à l'hectare. Une analyse de la distribution des classes montre que les classes à rendement faible représentent 42% des échantillons prélevés. Le reste des échantillons (58 %) est caractérisé par des rendements moyens et des rendements assez élevés.

Sur le terrain, les tiges de sorgho ont été coupées puis pesées in situ pour estimer le poids de la biomasse. Celle-ci donne des valeurs variant entre 0.9 T/ha et 3 T/ha. Dans la moyenne vallée, cette biomasse est généralement utilisée pour servir de fourrage au bétail.

4.1.5 Estimation par télédétection des rendements et de la production des cultures de décrue

Les études par télédétection effectuées dans la vallée du fleuve Sénégal sur la culture de décrue se sont limitées jusqu'ici à l'évaluation des superficies inondées et des surfaces emblavées. Au cours de la présente étude (saison froide 2000-2001), pour la première fois, il a été procédé à un couplage télédétection et échantillonnage sur le terrain pour non seulement évaluer les superficies mises en culture de décrue mais aussi procéder à une estimation quantitative des rendements et de la production.

Pour déterminer les rendements, une classification supervisée⁸ par le critère de maximum de vraisemblance a été faite. Les rendements et la position des échantillons collectés dans les champs de sorgho ont été utilisés comme « parcelles d'entraînement ». Pour minorer les confusions entre les classes de rendement, la taille des pixels⁹ pris comme échantillons sur l'image varie entre 1 et 3 pixels SPOT XI. Les images ont été ainsi classées en quatre groupes ou classes de rendements : 1 – 400 kg / ha ; 400 – 800 kg / ha ; 800 – 1000 kg / ha et 1000 – 1200 kg / ha.

La planche 4 montre la répartition des rendements de sorgho cultivé en décrue. En se basant sur les rendements à l'hectare pour chacune des classes, la production totale de sorgho en décrue pour le département de Matam est évaluée à **4 075 Tonnes** pour la saison froide 2000-2001 (tableau 3). Les rendements faibles (1 à 400 kg/ha) couvrent 30% des surfaces emblavées.

Du fait du caractère extensif de la culture de décrue et de l'utilisation des moyens techniques généralement rudimentaires, les rendements étaient d'habitude peu élevés. Cependant, il semble que maintenant avec le début d'amélioration des pratiques culturales et de la relative maîtrise des conditions de crue, la tendance est à une timide hausse des rendements et de la production. Le rendement moyen de sorgho estimé par télédétection en saison froide 2000 / 2001 à Matam est **de 638 kg** à l'hectare.

	Rendement (Kg/Ha)			Superficie (Ha)		Production (Tonnes)		
	Minimal	Moyen	Maximal			Minimale	Moyenne	Maximale
<i>Classe 1</i>	1	200	400	1947	30 %	1,947	389,4	778,8
<i>Classe 2</i>	400	550	700	122	2 %	48,8	67,1	85,4
<i>Classe 3</i>	700	800	900	3954	61 %	2767,8	3163,2	3558,6
<i>Classe 4</i>	900	1000	1100	451	7 %	405,9	451	496,1
Total		637,5		6 474	100 %	3224,45	4075,3	4918,9

Tableau 3 : Estimation par télédétection des rendements et de la production du sorgho dans le Département de Matam en saison froide 2000-2001

En effet, les classes à rendements compris entre 700 et 900 kg/ha et à rendements situés entre 900 – 1100 kg/ha occupent 68% des surfaces cultivées en décrue. Leur production représente 89% de la production totale. Localisées essentiellement en bordure des cours d'eau et au fond des cuvettes, les classes à forts rendements (900-1100 kg/ha) concernent 7% des surfaces emblavées. C'est dans ces classes que l'on retrouve souvent la pratique de l'association des plantes cultivées en décrue. Cette concentration de biomasse a une influence sur la réflectance avec la conséquence d'une possible surestimation des rendements obtenus par télédétection satellitaire.

4.2 Discussion

4.2.1 La fiabilité de l'estimation des rendements et de la production de décrue par télédétection

Comme nous le montre la figure 13, il existe une assez bonne relation entre réflectance et rendement. Malgré des possibilités de confusions thématiques dans certaines bandes spectrales, les classes de rendements se différencient relativement bien à travers leur comportement numérique. On peut remarquer que les hauts rendements sont corrélés avec les réflectances élevées, c'est le cas des classes 1 à 400 kg, 400 kg à 700 kg et 700 à 900 kg.

⁸ La classification dirigée suppose une connaissance préalable du terrain, tous les pixels sont classés en fonction d'échantillons prédéfinis

⁹ Ces pixels correspondent à l'emplacement sur le terrain des échantillons collectés et analysés au laboratoire

Toutefois, la classe 900 – 1100 kg bien que se distinguant du point de vue spectral par rapport aux autres classes de rendement suit une tendance contraire. En effet, paradoxalement, parmi les quatre classes, les plus hauts rendements ont les valeurs de compte numériques les moins élevées dans toutes les bandes radiométriques. Cette situation s'explique en partie par le fait que cette classe à haut rendement étant généralement localisée dans les zones basses des cuvettes aux sols argileux à taux d'humidité élevé dans les interstices ou des sols à structure craquelé en surface, un fort pourcentage de l'énergie qui arrive est piégé ou absorbé d'où la baisse de la réflectance.

Les 27 échantillons utilisés pour l'étude des rendements sont représentatifs pour une estimation correcte dans la mesure où toute la gamme des rendements est présente. Bien évidemment, un nombre d'échantillons plus élevé permettrait d'affiner l'estimation.

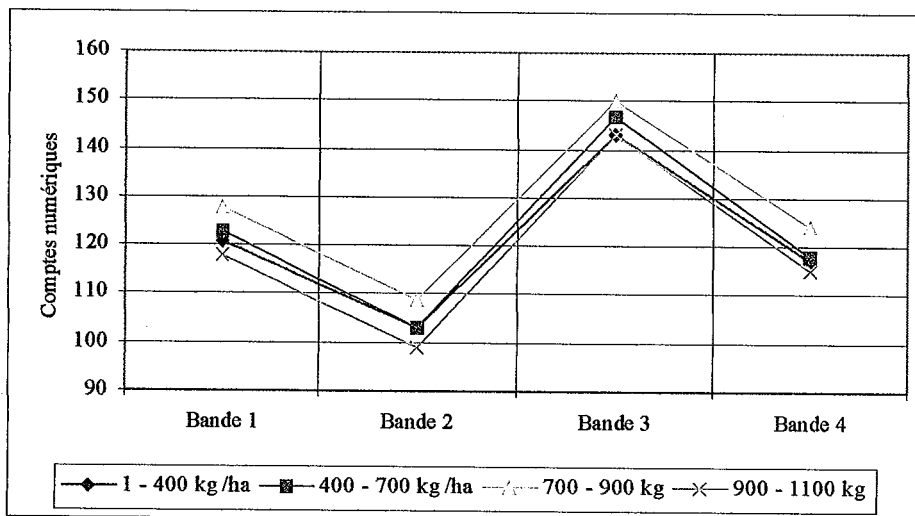


Figure 13 : Comportement numérique des quatre classes de rendements dans les bandes radiométriques des capteurs de SPOT

Dans certains cas, l'estimation des rendements par télédétection peut être faussée par le fait que les attaques de parasites, d'insectes ne sont pas directement perçues par télédétection pour être prises en compte dans la classification numérique.

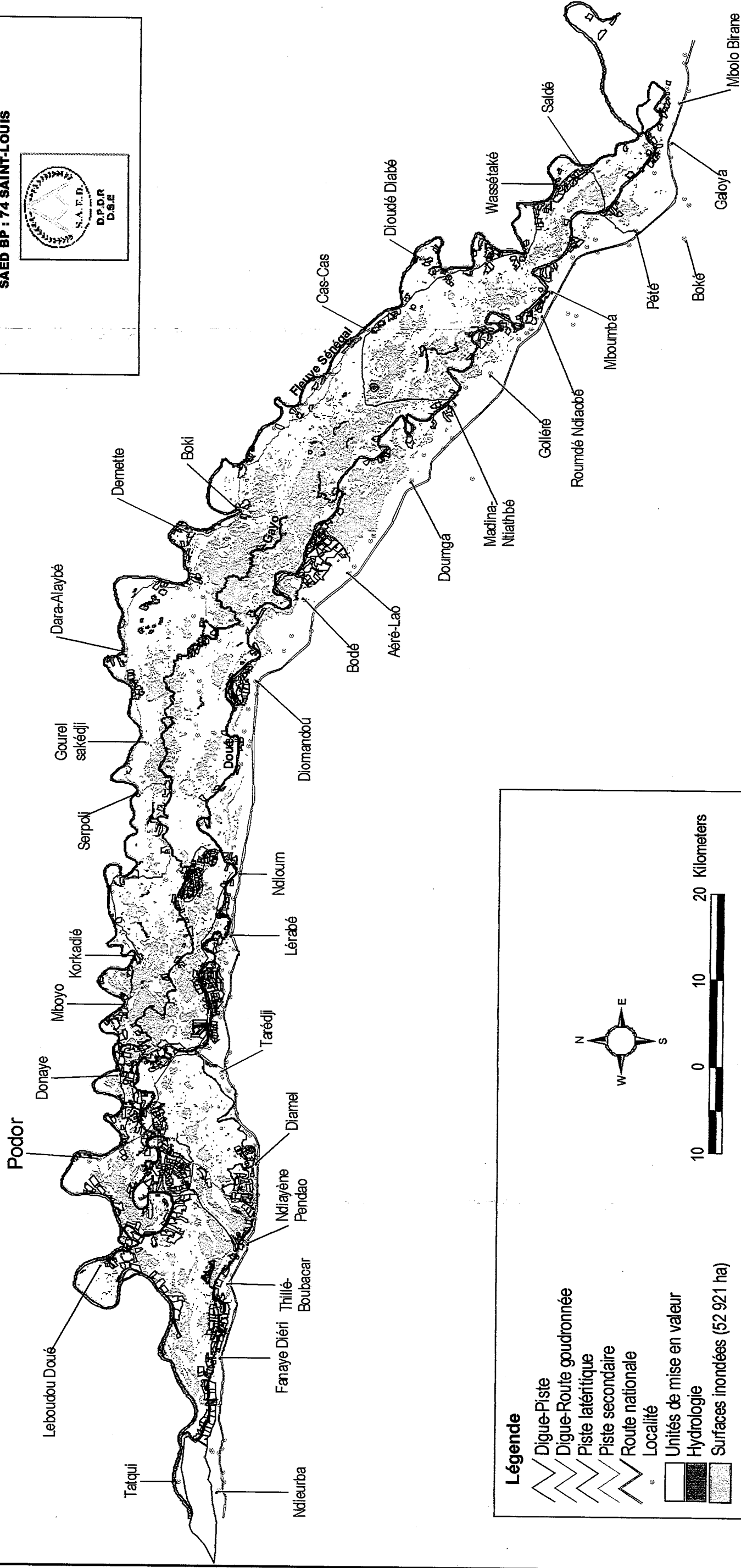
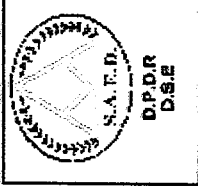
4.2.2 Les avantages de l'utilisation de la télédétection en agriculture

Les différentes applications de la télédétection réalisées jusqu'ici ont montré qu'elle ne saurait se passer des enquêtes de terrain. Au lieu de remplacer ces enquêtes, la télédétection doit les alléger et en retour, elle pourrait bénéficier des informations fournies par cette dernière pour valider ses résultats et permettre la prise en compte dans l'interprétation des paramètres qui ne peuvent a priori être appréhendés uniquement depuis l'espace. En tout état de cause, une durée de trois semaines complètes (une pour la reconnaissance et deux pour la prise des échantillons de terrain dans les deux départements) semble suffisante pour une bonne couverture terrain.

L'avantage de la télédétection sur les enquêtes traditionnelles est qu'elle permet de couvrir de très grands espaces au même moment et que ses observations sont plus synthétiques contrairement aux informations qualitatives et ponctuelles fournies par les enquêtes auprès des exploitants. D'autre part, les données fournies par la télédétection permettent aux décideurs et aux planificateurs de connaître à l'avance la production attendue, ainsi la gestion des ressources alimentaires s'en trouve facilitée.

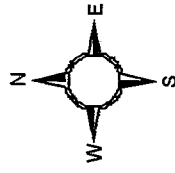
Les surfaces inondées par la crue en hivernage 2000 dans la délégation de Podor

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE
SOCIÉTÉ NATIONALE
D'AMÉNAGEMENT ET D'EXPLOITATION
DES TERRES DU DELTA DU FLEUVE
SENEGAL ET DES VALLEES DU FLEUVE
SAED BP : 74 SAINT-LOUIS



Légende

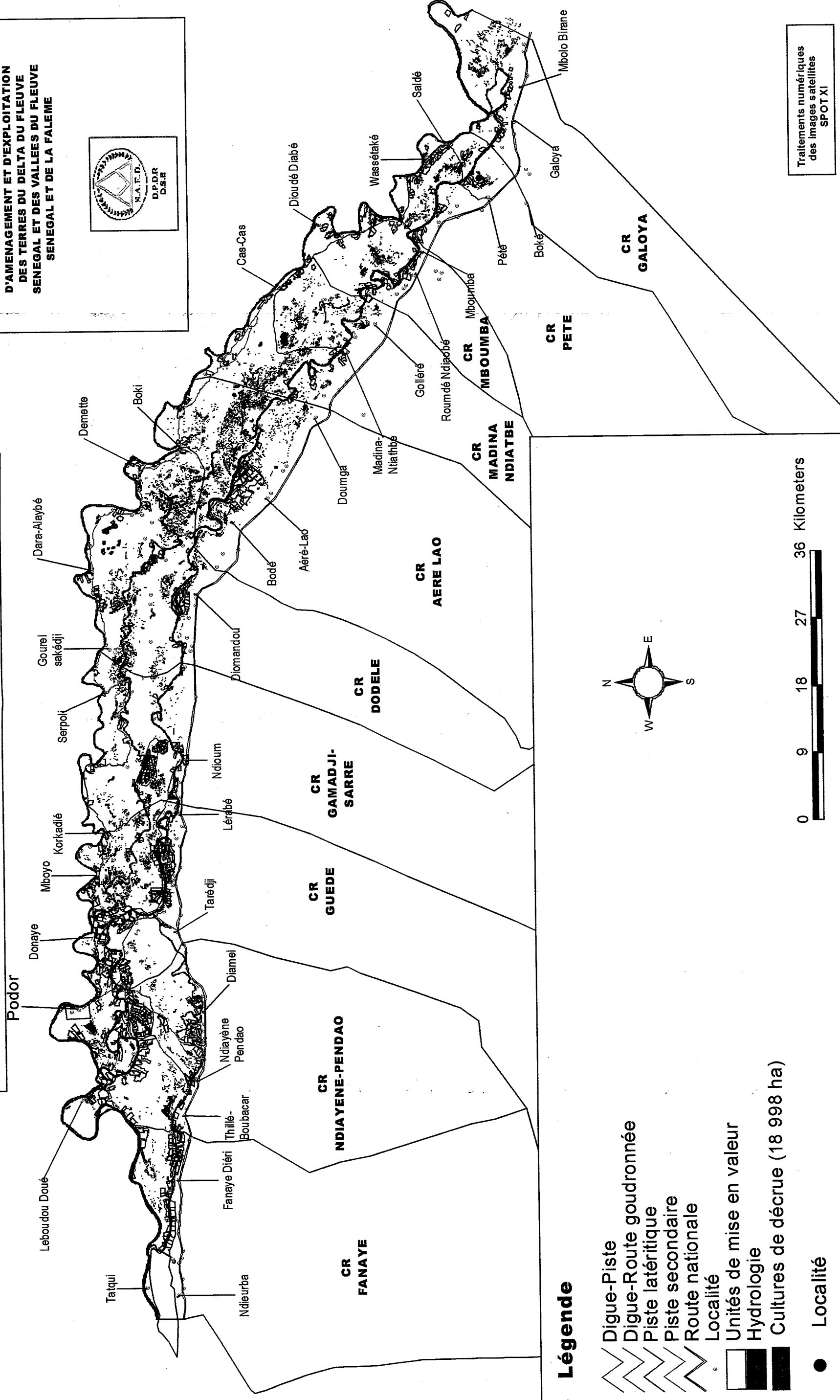
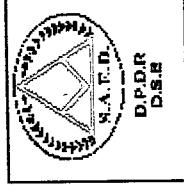
- Digue-Piste
- Digue-Route goudronnée
- Piste latéritique
- Piste secondaire
- Route nationale
- Localité
- Unités de mise en valeur
- Hydrologie
- Surfaces inondées (52 921 ha)



Traitements numériques
des images satellites
SPOT XI

Cultures de décrue dans la délégation de Podor en contre saison froide 2000 / 2001

REPUBLIQUE DU SENEGAL
.....
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE
.....
SOCIETE NATIONALE
D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION
DES TERRES DU DELTA DU FLEUVE
SENEGAL ET DES VALLEES DU FLEUVE
SENEGAL ET DE LA FALEME

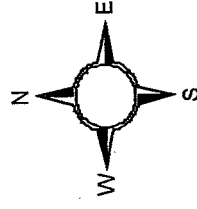


Légende

- Digue-Piste
- Digue-Route goudronnée
- Piste latéritique
- Piste secondaire
- Route nationale
- Localité

- Unités de mise en valeur
- Hydrologie
- Cultures de décrue (18 998 ha)

- Localité



Traitements numériques
des images satellites
SPOT XI

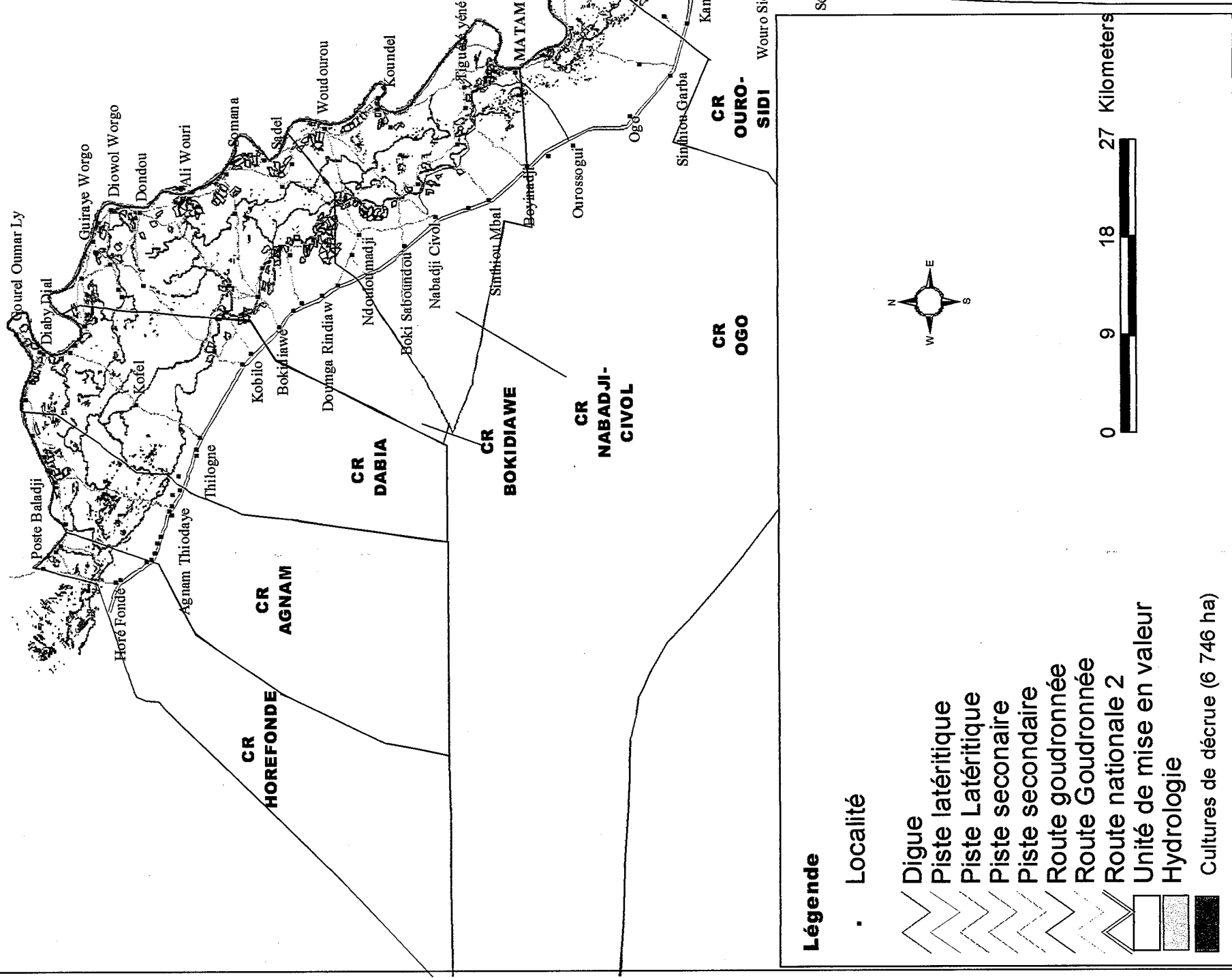
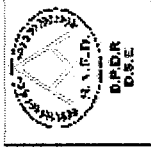
Culture de décrue dans le département de Matam en contre saison froide 2000 - 2001

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE

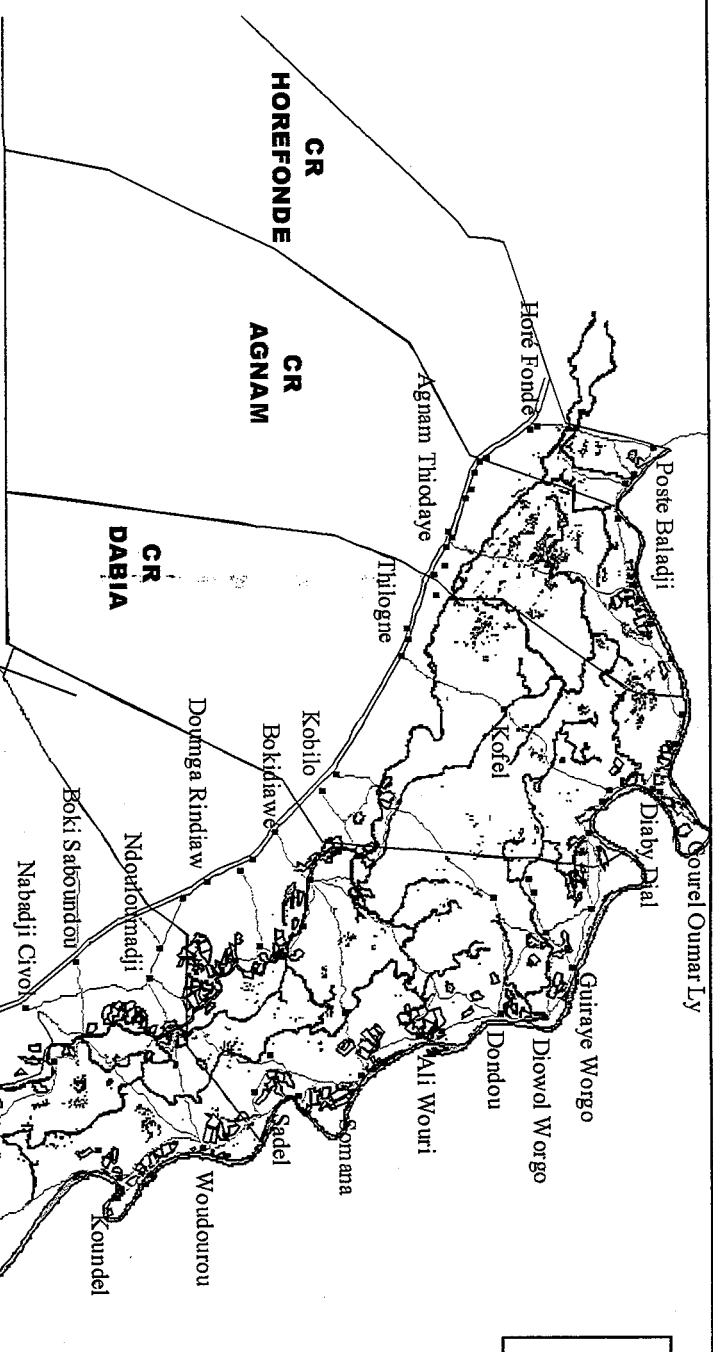
SOCIETE NATIONALE
D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION
DES TERRES DU DELTA DU FLEUVE
SENEGAL ET DES VALLEES DU FLEUVE
SENEGAL ET DE LA FALEME

SAED BP : 74 SAINT-LOUIS

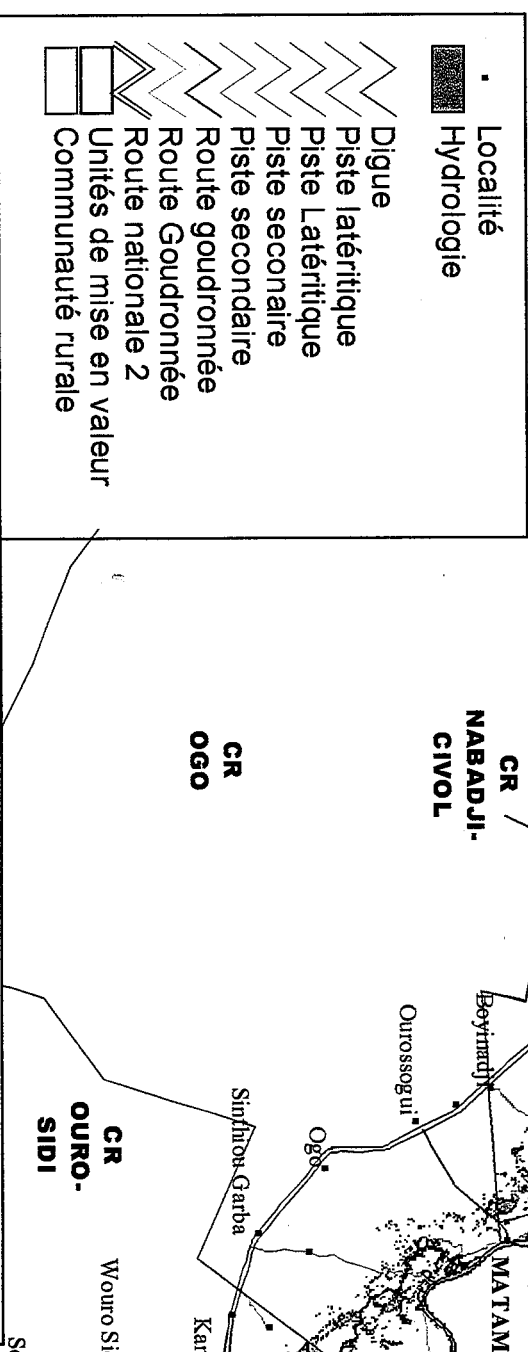


Traitements numériques
d'images satellite
SPOT XI

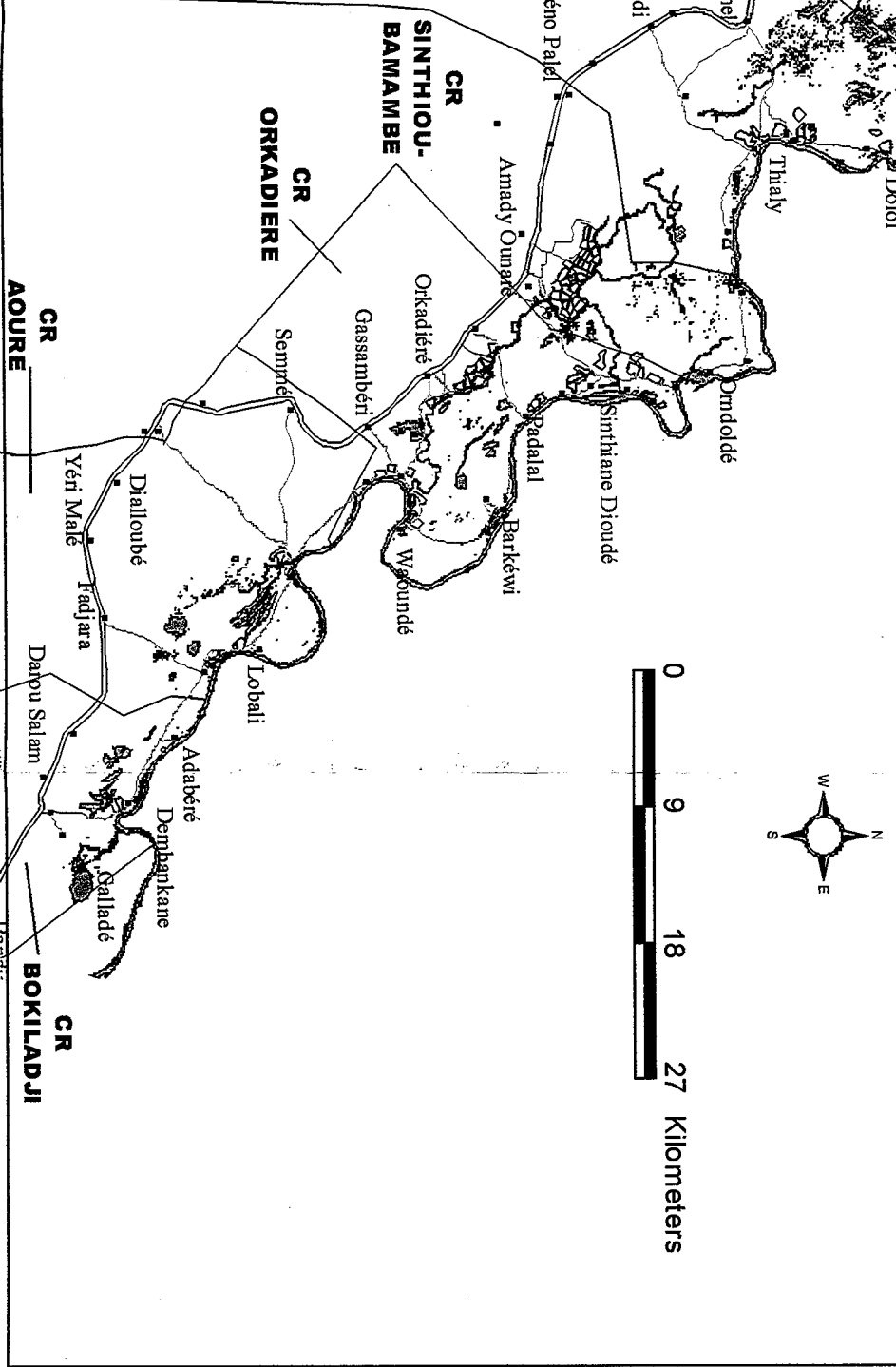
Prévision par télédétection des rendements
de sorgho cultivé en décrue dans le département de Matam
en contre saison froide 2000 - 2001



REPUBLIQUE DU SENEGAL
.....
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE
.....
SOCIETE NATIONALE
D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION
DES TERRES DU DELTA DU FLEUVE
SENEGAL ET DES VALLEES DU FLEUVE
SENEGAL ET DE LA FALEME
.....
SAED BP : 74 SAINT-LOUIS



	Superficies	Classes de rendements	Productions estimées
	451 ha	900 à 1 100 kg /ha	451 Tonnes
	3954 ha	700 à 900 kg / ha	3 163 Tonnes
	122 ha	400 à 700 kg / ha	67 Tonnes
	1947 ha	1 à 400 kg / ha	390 Tonnes
Totaux	6 474 ha		4 071 Tonnes



5 Conclusion générale et perspectives

L'étude sur le suivi par télédétection des cultures de décrue en saison froide 2000-2001 est réalisée en collaboration avec l'ADRAO (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) et l'IWMI (International Water Management Institute) dans le cadre d'un programme de recherche sur la mise en valeur agricole et l'économie des usages de l'eau dans la vallée du fleuve Sénégal. Cette recherche, à l'appui des politiques de développement rural dans la vallée, porte en particulier sur les interactions entre l'agriculture irriguée (principalement la riziculture) et les cultures de décrue. Le présent rapport présente les résultats sur la crue dans la zone de culture, l'inondation des cuvettes, les superficies emblavées à Podor et à Matam et l'estimation des rendements et de la production de sorgho.

- Concernant l'hydrologie, la crue est nettement moindre en superficie que celles des deux hivernages précédents (diminution de l'ordre de 23 et 30 % des superficies inondées brutes, respectivement pour 1998 et 1999 pour le département de Podor). La crue artificielle proprement dite a consommé 3.277 millions m³ (entre le 31/08 et le 2/10). Le volume total passé à Bakel entre le 1/6 et le 30/11 est de 11.845 millions m³ dont environ 40% provenant des affluents non contrôlés, la Falémé et le Bakoye. Les lâchers de crue à Manantali n'ont pas entraîné de destockage net du barrage, en raison d'apports supérieurs aux volumes lâchés en provenance du haut-bassin du Bafing.
- La classification des images de saison d'hivernage met en évidence **52 921 hectares** inondés par les eaux de la crue dans le département de Podor. Sur cette superficie, seuls **37 635 hectares** étaient potentiellement exploitables pour les cultures de décrue en contre saison froide 2000-2001 dans le département de Podor.
- Concernant les cultures de décrue à Podor, **18 998 hectares** ont été emblavés. Cela représente 51% de la superficie inondée, laquelle n'est pas forcément exploitable compte tenu du critère de la durée de submersion. En comparant aux deux dernières années, les surfaces exploitées en culture de décrue en saison 2000-2001 ont baissé de 43% et de 46% respectivement pour 1998 et 1999. Cette baisse est en partie causée par la réduction de l'extension des surfaces inondées par la crue en hivernage 2000.
- Concernant les cultures de décrue à Matam, la superficie exploitée en saison froide 2000-2001 déterminée à partir des traitements numériques d'images de télédétection est de **6 746 hectares**. Par rapport à la situation de 1999-2000, la culture de décrue a connu une régression d'environ 70%. La faiblesse de la crue est incriminée par les populations de ce département: elles soulignent que non seulement la crue a été faible pour toucher le maximum de cuvettes mais surtout la période d'inondation des terres a été trop courte pour permettre un bon développement des cultures.
- La production totale de sorgho en décrue dans le département de Matam est évaluée à **4 075 Tonnes** pour la saison froide 2000-2001. Le rendement moyen de sorgho estimé par télédétection en saison froide 2000/2001 à Matam est de **638 kg** à l'hectare.
- La méthode mise en œuvre donne des résultats satisfaisants. Néanmoins, elle peut être améliorée en prenant en compte les points suivants :
 - une importance de premier ordre doit être accordée aux dates de prise de vue des images. Pour mieux distinguer les zones emblavées et une estimation sans biais des rendements, ces dates devraient être bien calées sur la phénologie des plantes cultivées en décrue,
 - les échantillons collectés sur le terrain devraient être plus nombreux : entre 80 et 100 échantillons pour la totalité de la moyenne vallée semble correcte et compatible avec le temps disponible.
 - il ne serait pas inutile de faire des mesures de réflectance au sol sur le terrain avec un radiomètre portatif afin de mieux comprendre in situ les interrelations entre les réponses spectrales et les paramètres biophysiques analysés (biomasses, rendements etc). Les résultats de ces simulations pourraient orienter le traitement des images satellitaires.
- Au delà de la simple mesure des rendements et surfaces cultivées en sorgho de décrue se pose la question de l'amélioration de ce système de production. Il faudrait pour ceci répondre aux trois questions suivantes qui correspondent à trois échelles décisionnelles :
 - même si les essais agronomiques passés montrent une bonne réponse aux engrais en faible quantité, comment inciter à une application généralisée par les paysans pour lesquels le sorgho de décrue est avant tout une culture traditionnelle ?

- selon quelles modalités techniques et à quel coût assurer une maîtrise de l'eau suffisante au niveau des cuvettes de décrue pour garantir une durée de submersion optimale des terres ?
- dans sa gestion future du barrage de Manantali, quelle importance l'OMVS accordera-t-elle au soutien de crue ?

6 Bibliographie

Bonneau M. (2000) – Besoin en eau de l'agriculture irriguée et de l'agriculture de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal. Mémoire d'ingénieur, IRD Dakar– ENSA Montpellier, 100 p.

Cissé N. (2000) – *La culture du sorgho au Sénégal*. ISRA/CNRA de Bambey, 12 p.

GERSAR / CACG (1991) – *Plan Directeur de Développement Intégré pour la Rive Gauche de la vallée du fleuve Sénégal. Plan directeur rapport final*.

Sapin P. (1971) – *La culture du sorgho de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal : proposition de la recherche agronomique pour son amélioration*. IRAT, Sénégal, 12 p.

Maymard J. (1957) – Etude expérimentale des facteurs naturels influant sur les cultures de décrue : les essais de Guédé 1956-1957. Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS), Bulletin N° 110, Sénégal.

Mané L. (1996) – *La surface du sol de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Contribution à l'étude de la dynamique actuelle des milieux naturels (du terrain à la télédétection satellitaire)*. Thèse de doctorat, université Louis Pasteur, Strasbourg, 388 p.

Mané L., Ndiaye O., Kane M. (2000) – *Etude des cultures de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal durant la contre saison froide 1999/2000*. Rapport DSE/DPDR/SAED, Saint-Louis, 36 p.

OMVS-ORSTOM (1998) – *Etude de l'optimisation et de la gestion des aménagements de l'OMVS : crue 1997*.

7 Annexes

7.1 Données satellitaires utilisées

Les images utilisées sont enregistrées par le capteur du satellite SPOT 4. Ces images sont de type multi-spectrales XI, c'est-à-dire que les observations sont effectuées simultanément sur quatre bandes : B1 (vert 0.5 à 0.59 μm), B2 (rouge 0.61 à 0.68 μm), B3 (Proche infrarouge : 0.79 à 0.89 μm) et B4 (Moyen infrarouge : 1.58 à 1.73 μm).

Pour faire ressortir les surfaces inondées potentiellement cultivables en décrue, les images d'hivernage ont été traitées et classées par thème (tableau 4). Une attention particulière a été portée sur les surfaces inondées pour discriminer les superficies effectivement mises en culture et éviter les confusions avec la végétation pérenne située dans les cuvettes.

En fait, concernant l'analyse des cultures de décrue, six scènes SPOT ont été nécessaires pour couvrir les deux départements étudiés (tableau 5). La prise de vue de ces images s'est faite entre le 13 février et le 1^{er} mars 2001. Du fait d'un faible recouvrement entre les scènes KJ-28/319 et KJ-29/320, une portion du secteur étudié n'a malheureusement pas été couverte par ces images. Cette partie non couverte située à l'aplomb du village de Kanel est pourtant en partie mise en culture de décrue.

Dates de prise de vue	Cadre d'identification	Capteur	Niveau de traitement	Types d'image	Zones couvertes
22 octobre 2000	KJ-24/317	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Podor
27 octobre 2000	KJ-25/317	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Podor
22 octobre 2000	KJ-26/317	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Podor

Tableau 4 : Caractéristiques des scènes SPOT utilisées pour l'étude des inondations

Dates de prise de vue	Cadre d'identification	Capteur	Niveau de traitement	Types d'image	Zones couvertes
01 mars 2001	KJ-24/317	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Podor
01 mars 2001	KJ-25/317	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Podor
13 février 2001	KJ-26/317	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Podor
14 février 2001	KJ-27/318	HRVIR-2	1 B	4 bandes spectrales	Matam
13 février 2001	KJ-28/319	HRVIR-2	1 B	4 bandes spectrales	Matam
14 février 2001	KJ-26/320	HRVIR-2	1 B	XI 4 bandes spectrales	Matam

Tableau 5 : Caractéristiques des scènes SPOT utilisées pour l'étude des cultures de décrue

7.2 Répartition des superficies cultivées en décrue par communautés rurales

	Fanaye	Ndiayène	Guédé	Gamadji-Sarré	Dodèle	Aéré-Lao	Madina-Ndiathbé	Mboumba	Pété	Galoya
Superficie en hectare	266,36	753,56	2910,28	1247,88	4096,84	3812,52	2774,04	737,96	1331,6	1037,96

Tableau 6 : Répartition des superficies cultivées en décrue dans le département de Podor

	Horéfondé	Agniam	Dabia (Thilogne)	Bokidiawé	Nabadji-Civol	Ogo	Ouro-Sidi (Kanel)	Sinthiou-Bamanbé	Orkadiéré	Aouré (Semmé)	Bokiladji
Superficie en hectare	121,32	1029,12	535,8	404,12	710,36	888,88	1300	728,2	374,6	410,88	242,92

Tableau 7: Répartition des superficies cultivées en décrue dans le département de Matam