

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE



Institut Sénégalais De  
Recherches Agricoles  
Centre National de la Recherche  
Agronomique



Centre d'Etude Régional  
pour l'Amélioration de  
l'Adaptation à la  
Sécheresse

**SUIVI AGROCLIMATIQUE DE LA CAMPAGNE  
AGRICOLE POUR L'ESTIMATION DES RENDEMENTS  
DESCULTURES PLUVIALES AU SENEGAL  
(HIVERNAGE 1998)**

Par

Dr. Benoît SARR, Bioclimatologue CERAAS/ISRA/CORAF/Th  
M. Moustapha FALL, ISRA/CNRA (Bambey)

CN980013  
PH20  
SAR

Novembre 1998

## Remerciements

Nous remercions vivement le Dr.Dogo Seck chef du Centre National de la Recherche Agricole (CNRA/Bambey) et le DrHarold Roy-Macauley, Directeur du Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS/Thiès) pour les moyens logistiques et financiers déployés pour la réalisation de ce document.

Les auteurs expriment leur gratitude à David Boggio (Biométrien statisticien, coopérant français mis à la disposition du CERAAS) pour sa participation à l'élaboration des indices départementaux.

Les auteurs remercient également les inspecteurs régionaux les chefs de secteur agricole du Sénégal pour leur bonne collaboration.

# SUIVI AGROCLIMATIQUE DE LA CAMPAGNE AGRICOLE POUR L'ESTIMATION DES RENDEMENTS DES CULTURES FLUVIALES

Ce bulletin qui fait l'analyse illustrée de la saison des pluies 1998 présente l'incidence des conditions pluviométriques et des facteurs agroclimatiques sur :

• l'installation et le déroulement des activités agricoles ;

- le développement et la croissance des cultures pluviales en fonction de l'état de satisfaction des besoins en eau ;
- les rendements en grains du mil.

L'évaluation dès la fin de l'hivernage des effets du climat sur les rendements agricoles permet de faire une reconstitution des ressources agricoles et alimentaires. Ces informations sont importantes, car elles permettent aux décideurs, aux différents acteurs du secteur agricole de formuler et de contribuer à la mise en oeuvre des politiques agricole, alimentaire et économique les plus appropriées pour le Sénégal.

## 1) Matériels et méthodes

### 1.1. Données

La synthèse de la situation pluviométrique est faite à partir de données d'une centaine de stations pluviométriques des réseaux de la Direction de la Météorologie nationale (D.M.N.), de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (I.S.R.A.), de la Direction de l'Agriculture (D.A.) compilées en léger différé (par téléphone, par télétransmission et par fax) par le service d'agrobioclimatologie du CNRA de Rambey.

### 1.2. Méthodologies

Le bilan hydrique et la productivité des cultures ont été simulés à partir d'outils dynamiques de modélisation utilisant des méthodologies qui valorisent la ressource en eau.

De nombreux modèles de simulation peuvent être utilisés tels que : Arachide Rilan Hydrique (AraBHy) , Diagnostic hydrique des cultures (DHC) , Systèmes d'Analyses Régionales des Risques Agroclimatiques (SARRA) . . . Ces modèles de simulation permettent de contrôler l'ensemble des variables et des paramètres d'entrée du bilan hydrique d'une culture ;

~ variables liées à la culture :

- ~ date de semis ;
- ~ durée du cycle de la variété (semis-maturité) ;
- ~ vitesse de croissance racinaire ;
- ~ coefficients culturaux (Kc) .

• variables liées à la parcelle :

- ~ environnement climatique : pluviométrie journalière, évapotranspiration potentielle ;
- ~ profondeur maximale d'enracinement ;
- ~ caractéristiques hydrodynamiques du sol (point de flétrissement permanent,, capacité au champ) et réserve utile disponible (RU) ;
- ~ ruissellement et drainage.

L'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture est obtenue par l'équation générale :

$$ETR = P + DS + R + Dr$$

P = pluie ; Ds = variations de stock d'eau du sol ; R = ruissellement ; Dr = drainage ;

ETM correspond aux besoins théoriques en eau de la plante.

L'indice de réponse à l'eau (IRESP) est un indicateur hydrique lié à la productivité des cultures. Il permet dès la fin du cycle de donner une estimation des niveaux de rendements que les conditions d'alimentation en eau permettent d'espérer. Pour les principales céréales cultivées au Sénégal (mil, maïs, sorgho) on a :

$$\text{IRESP} = \text{TSAT} (c) * \text{TSAT} (pc)$$

Les travaux en milieu paysan du projet « Evaluation et suivi de la production agricole en fonction du climat et de l'environnement (ESPACE, 1987-1990) ont permis d'estimer les niveaux de rendements maxima espérés du mil dans les zones semi-arides d'Afrique au sud du Sahara par une relation linéaire de la forme :

$$\text{Kdt en grains (Kg/ha)} = a \text{ IRESP} + b ;$$

IRESP correspond au produit du taux de satisfaction des besoins en eau (TSAT) sur le cycle au TSAT durant la phase critique.

Le TSAT (c) ou taux de satisfaction des besoins en eau durant le cycle, exprime le taux de confort hydrique déterminant la production de matière sèche totale ;

Le TSAT (pc) ou taux de satisfaction des besoins en eau durant la phase critique, caractérise l'état hydrique de la plante au moment de la floraison – formation laiteuse des grains (mil sorgho, ou de la fécondation ~ remplissage de l'épi (maïs) ;

Le TSAT est défini par la relation suivante :  $\text{ETR} / \text{ETM}$ ,

Il n'est pas tenu compte des facteurs abiotiques (parasitisme : acridiens, iules, etc ; maladies incontrôlées, enherbement des parcelles.. ).

### 1.3. Rendements paysans

La méthodologie utilisée comprend le suivi agrophénologique et la mesure du rendement final sur des sites représentatifs des différentes zones agro-écologiques. Les observations faites sont stockées dans une base de données dont l'exploitation permet d'étudier des relations statistiques existant entre le rendement en champ paysan (avec un faible niveau d'intensification et à l'exclusion de toutes attaques de prédateurs) et les indicateurs de bilan hydrique pour des situations paysannes non intensifiées (ESPACE, 1987- 1990, CERAAS/ISRA, 1992).

$$\text{RDT espérés mil (kg/ha)} = 10.9 * \text{IRESPI (\%)} + 52.7.$$

Les rendements espérés en milieu paysan peuvent être ainsi disponibles dès la maturité des cultures.

### 1.4. Echantillonnage et élaboration d'indices départementaux

#### 1.4.1. échantillonnage

Plusieurs niveaux sont pris en compte :

- ☞ l'échelle agroclimatique (synoptique) correspondant à la répartition des stations dont les données suivantes existent : pluviométrie journalière et évapotranspiration potentielle (données mesurées ou interpolées) ;
- ☞ l'échelle départementale sur laquelle les statistiques agricoles sont établies au Sénégal ;

#### 1.4.2. Passage de l'échelle synoptique à l'échelle départementale

- ☞ utilisation de la méthode géostatistique du krigeage pour avoir une représentation continue de la variable étudiée ;
- ☞ à partir des données vraies observées (une soixantaine de postes pluviométriques) , création par interpolation géographique de 60 000 points fictifs sur l'ensemble du territoire sénégalais (fichier Grid) ; à l'aide du logiciel de cartographie Surfer (Golden Software)
- ☞ exportation du fichier Grid vers une représentation vectorielle géocodées des départements du Sénégal sous MapInfo (logiciel de Système d'Information géographique ou SIG) .
- ☞ calcul à partir des points fictifs de moyennes ou d'indices départementaux.

## 2. UNE SITUATION PLUVIOMETRIQUE LEGEREMENT DEFICITAIRE DANS LE CENTRE OUEST ET EXCEDENTAIRE DANS LE NORD ET LE SUD OUEST

### 2.1. Les cumuls pluviométriques annuels

A la fin de la saison des pluies 1998, les cumuls pluviométriques saisonniers au Sénégal varient entre 250 mm à l'extrémité Nord-ouest à plus de 1200 mm dans le Sud-Ouest (fig. 1). De façon générale, on note un tracé fortement irrégulier des isohyètes sur la moitié nord et ouest. Cette zonalité révèle la plus grande variabilité spatiale des précipitations dans cette partie du pays.

Afin de mettre en évidence des anomalies, les totaux pluviométriques annuels ont été comparés à la période normale 1966-1995. En comparaison avec la pluviométrie normale, ces cumuls enregistrent des déficits plus ou moins prononcés de l'ordre de 5 à 20 % dans le Centre et le Sud du bassin arachidier puis le littoral de Dakar à la Gambie (fig. 2). En revanche l'extrême Nord du pays (moyenne vallée du fleuve Sénégal) connaît des excédents de 10 à 30 %. Ces excédents atteignent 10 à 20 % dans les régions de Ziguinchor et de Kolda. Le Sud-Est présente une situation pluviométrique normale à légèrement excédentaire.

### 2.2. Pluviométrie décadaire

Plus que les totaux pluviométriques annuels, c'est la bonne répartition temporelle des pluies qui a été plus déterminante au cours de cet hivernage (Figure 3). Les premières pluies significatives ont d'abord touché au cours de la deuxième décennie de juin, le sud du pays. La fin du mois de juin marque l'extension de la zone pluviogène efficace vers le sud de la région de Kaolack. En juillet, des hauteurs de pluies conséquentes se sont maintenues dans le sud du pays à l'image des fortes pluies (plus de 250 mm) qui sont tombées dans la région de Kolda. Toutefois, le front humide s'est étendu davantage vers le Nord de la Gambie et vers le quart Nord-Est du pays. En revanche, les localités de Fatick, M'Bour et le quart nord ouest du Sénégal n'avaient toujours pas enregistré des pluies efficaces. Les pluies se sont généralisées dans l'ensemble du pays à partir du mois d'août. Des pluies régulières et abondantes par endroit ont été enregistrées en août et en septembre (300 mm durant la dernière décennie d'août à Kédougou). La fin de l'hivernage a été parfois brutale et précoce surtout dans les localités du centre Ouest et du Nord qui ont connu un démarrage tardif des pluies.

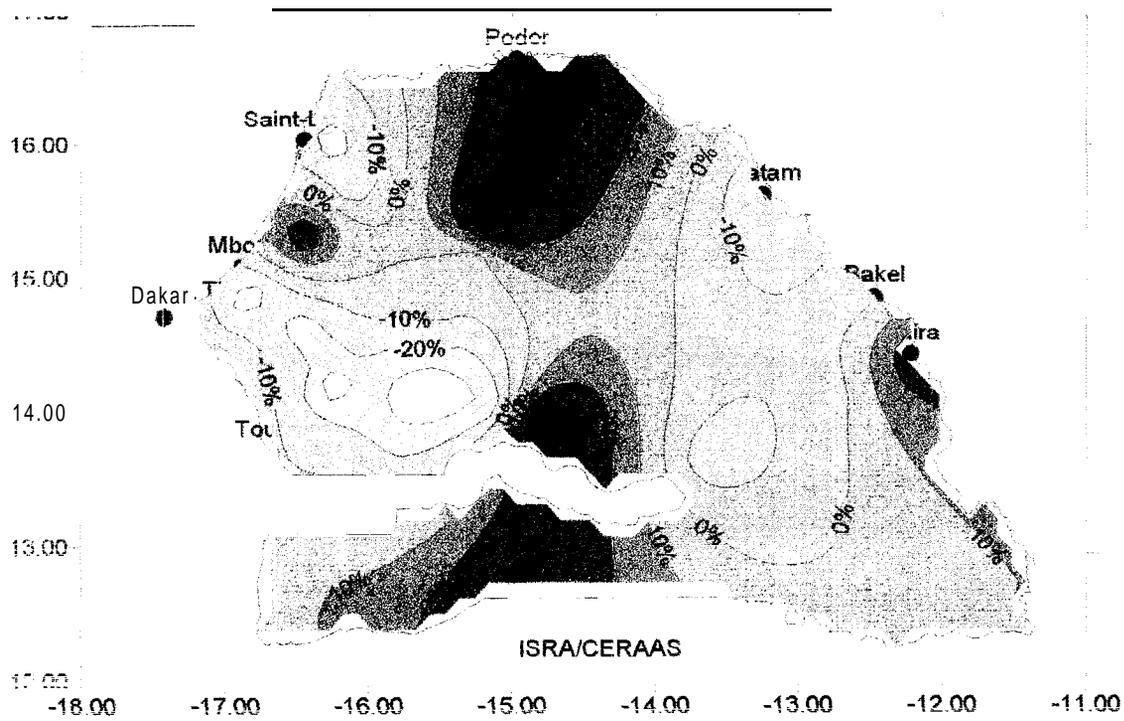
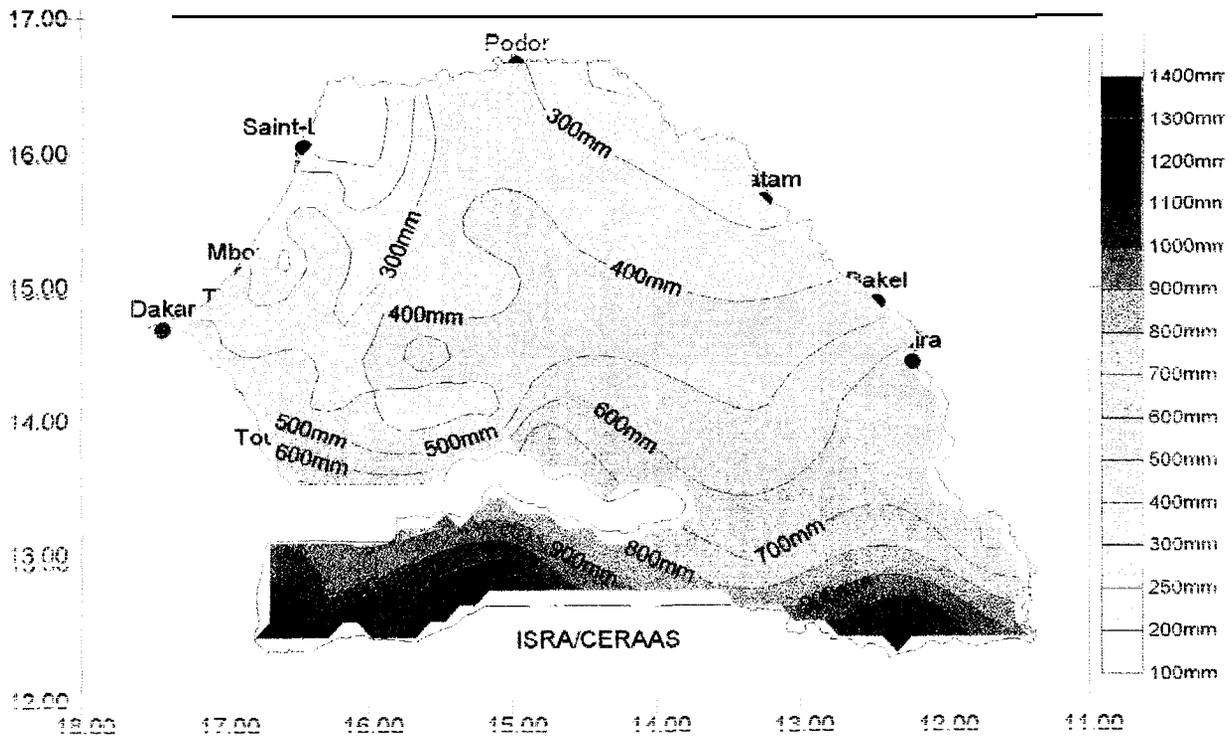


Figure 1 : Répartition des cumuls pluviométriques (en mm) au Sénégal (en haut)

Figure 2 : Répartition des écarts pluviométriques à la fin de l'hivernage par rapport à la médiane 1966-1995. (en bas)

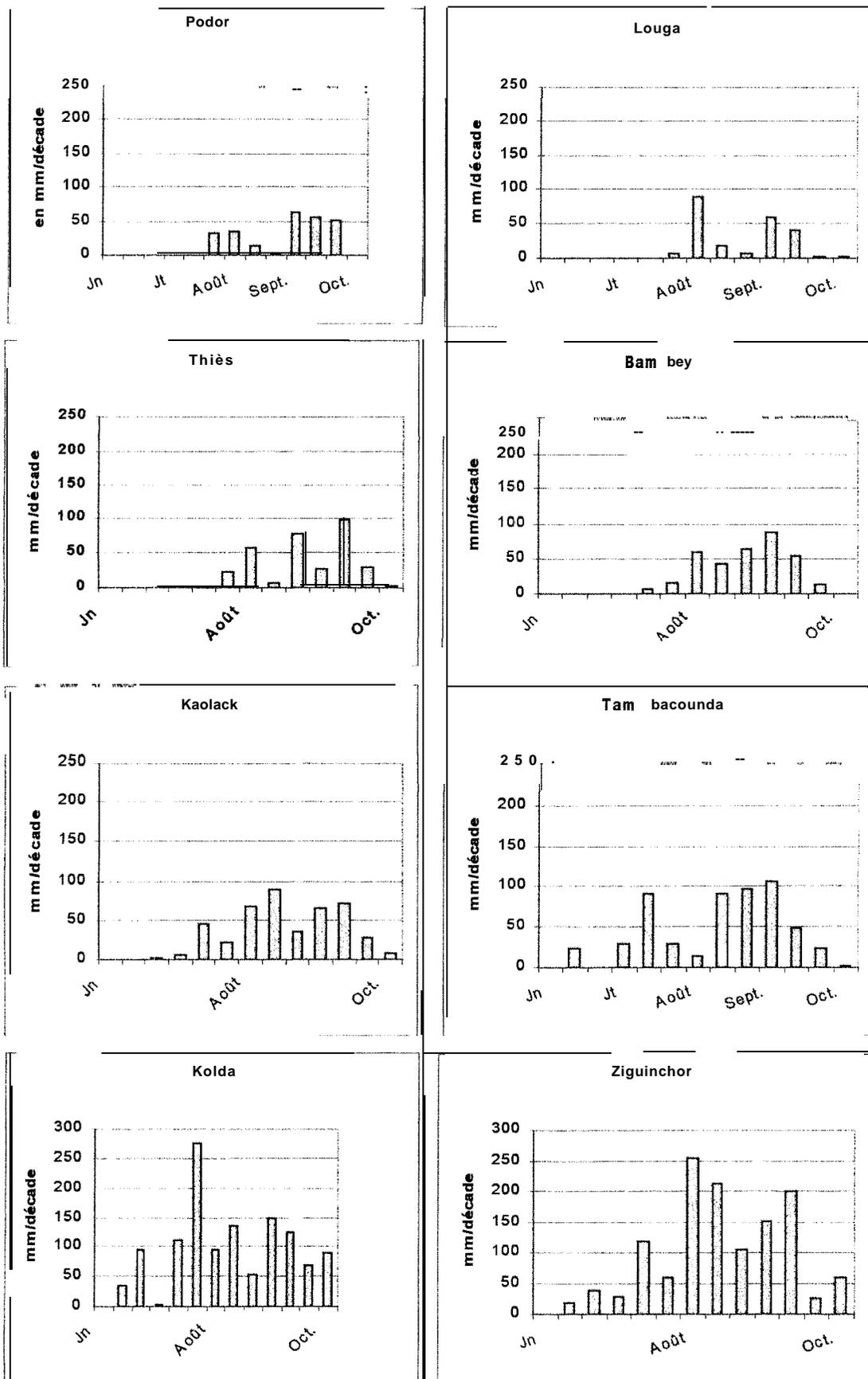


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie décadaire pour quelques principales stations du Sénégal (hiver 1998)

### 3. Situation agroclimatique

#### 3.1. L'installation des cultures

Au cours de l'hivernage 1998, on a enregistré un étalement des semis de la deuxième décennie de juin à la première décennie d'août (figure 4). La première vague de semis a intéressé: les régions méridionales du pays: Tambacounda, Kolda et Ziguinchor. En fin juin, les semis se sont étendus au Sud de la région de Kaolack (Nioro-du-Rip) et de Fatick (département de Foudiougne). En mi-juillet, le Nord du pays n'était pas encore concerné par les premières pluies utiles. Les pluies de la troisième décennie de juillet ont favorisé l'extension des semis dans la moitié nord-ouest du pays, la région de Thiès (sauf le département de M'Bour), quelques secteurs autour du Département de Bambey et de M'Backé. Ailleurs, c'est-à-dire le reste de la région de Fatick, les départements de Diourbel et de M'Bour puis la moitié Nord-Ouest du pays, l'installation des cultures n'a été effective que durant la première décennie du mois d'août.

Comparée aux dates optimales<sup>1</sup> de semis calculées sur la période 1961- 1990, la physionomie de l'installation des cultures se caractérise par (figure 5) :

- ✦ l'existence de zones avec un retard de semis inquiétants dont la durée est comprise entre 15 et 25 jours. Il s'agit du centre du bassin arachidier (département de M'Bour, de Fatick, de Gossas, de Diourbel), Nord de la région de Kaolack et quelques secteurs autour de Bakel et Kidira ;
- une situation quasi normale dans le Sud et le Nord du pays

#### 3.2. Une bonne répartition temporelle des ressources hydriques au cours du cycle cultural

La figure 6 permet de suivre l'évolution des disponibilités en eau au cours des différents stades phénologiques des cultures.

Le cycle végétatif des cultures pluviales (céréales et légumineuses) a été découpé en quatre grands stades phénologiques :

---

<sup>1</sup> La date optimale de semis correspond à la date de semis réussi si dans les 20 jours qui suivent une pluie supérieure ou égale à 20 mm, on enregistre moins de dix jours de stress hydrique sévère (ETR/ETM inférieur ou égal à 30 %)

- . IDV correspond au début de la croissance végétative (levée),
- ◌ IDV2 correspond à la phase pleine croissance jusqu'au début de la formation des organes reproducteurs ;
- ◌◌ FL1 et FL2 correspondent respectivement à la période floraison utile et la formation-remplissage des grains ;
- ◌ MAT correspond au stade maturation ~ sénescence.

La phase IDV1 a souvent bénéficié de conditions hydriques favorables à la croissance et au développement végétatifs des cultures. Cette situation est à l'origine de la réussite des semis généralement observée dans une majeure partie du pays au cours de cet hivernage. Quelques cas de ressemis ont été toutefois observés dans les départements de M'Bour, de Fatick, de Gossas, etc. La généralisation des pluies à l'ensemble du territoire entre la deuxième décennie de juillet et la fin de la première décennie d'août a favorisé la satisfaction des besoins en eau des cultures (TSAT) quelque soit leur stade phénologique. Globalement, au cours du mois d'août et de septembre (hormis quelques secteurs dans le quart nord ouest du pays) les cultures ont bénéficié d'une excellente répartition des pluies et de bonnes conditions hydriques. Cette situation agroclimatique favorable a permis aux premières générations de semis de boucler leur cycle végétatif en période de confort hydrique ( $TSAT \geq 80 \%$ ) en fin. septembre-début octobre. En revanche, pour les zones à semis tardifs, la phase terminale des cultures a connu des conditions hydriques plus ou moins limitantes ( $TSAT$  autour de  $40 \sim 60 \%$ ) en raison de l'arrêt brutal des pluies en début octobre. La récolte dans ces secteurs n'a eu lieu qu'après la mi-octobre.

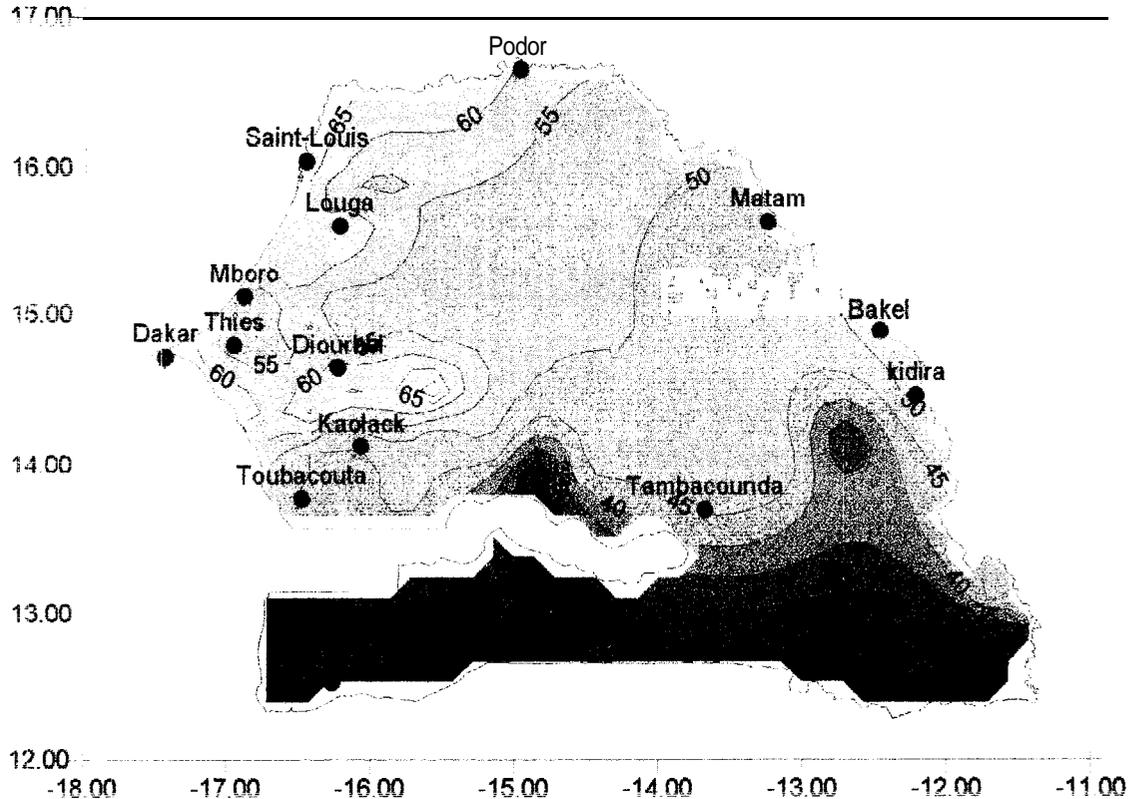


Figure 4 : Répartition des dates de semis paysans (en nombre de jour après le 1<sup>er</sup> juin) au cours de l'hivernage 1998

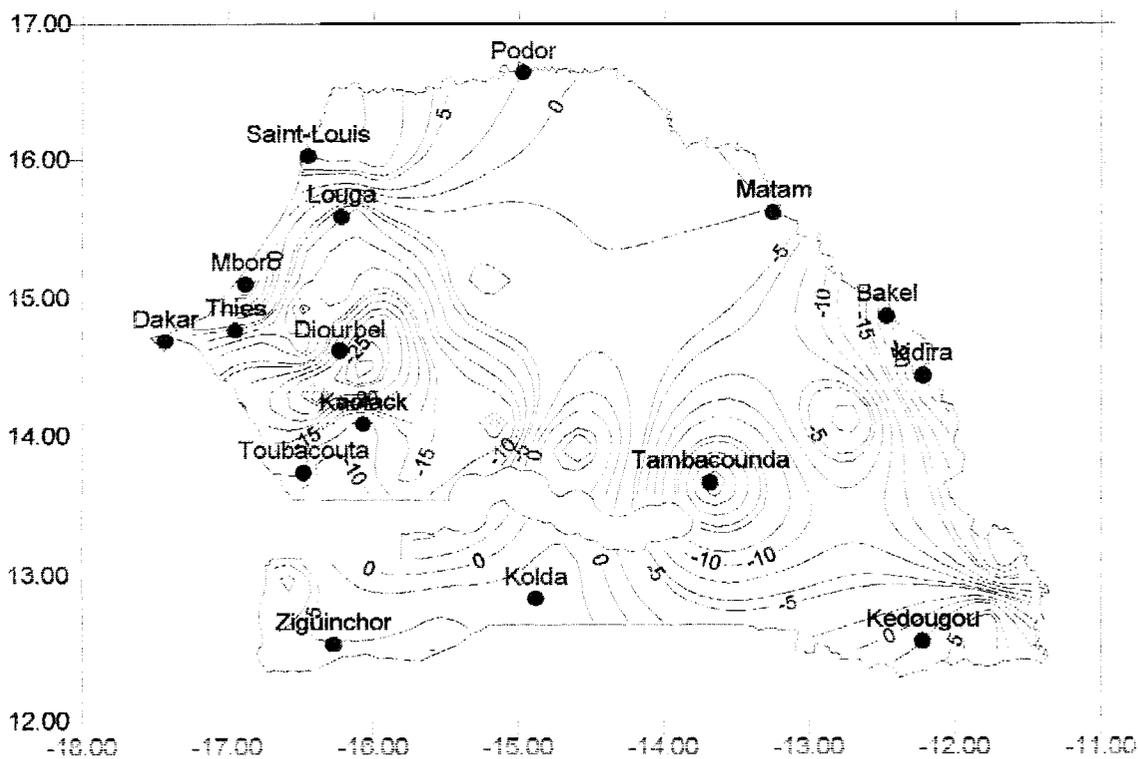


Figure 5 : Répartition des écarts entre la date de semis paysans de l'hivernage 1998 et la date de semis optimale calculées sur la période normale 1961-1990

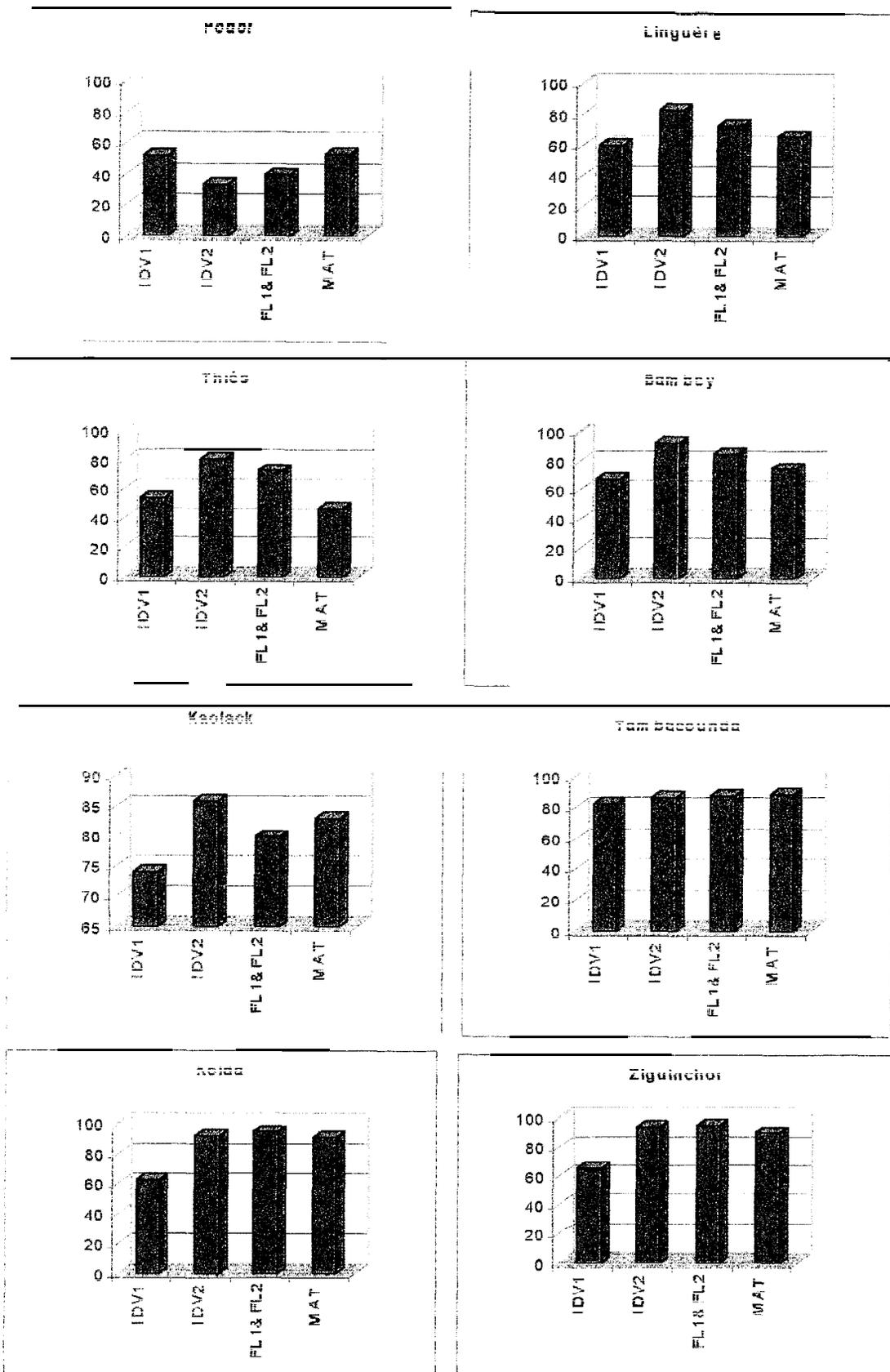


Figure 6 : Evolution en fonction du stade phénologique des taux de satisfaction des besoins en eau (%) du mil pour quelques principales stations du Sénégal (hivernage, 1998)

### 3.3. Taux moyens de satisfaction des besoins en eau sur le cycle cultural

La figure 7a et 7b présentent respectivement les niveaux moyens d'alimentation hydriques de l'arachide et du mil au cours du cycle cultural.

En considérant que les conditions d'alimentation hydriques ne sont pas satisfaites pour des TSAT moyens sur le cycle de l'ordre de 60-70%.

Sur cette base, on considère que les besoins moyens en eau de l'arachide ont été dans l'ensemble satisfaits sur l'ensemble du pays (TSAT > 70 %) hormis dans l'extrême Nord et le quart Nord-Ouest du territoire, là où les TSAT sont de l'ordre de 40-60 %.

Pour le mil, les observations suivantes peuvent être faites :

- dans le sud du pays, le mil a profité d'excellentes conditions d'alimentation en eau (TSAT > 80 %) sur l'ensemble du cycle ;
- le bassin arachidier sud a bénéficié de très bonnes conditions hydriques avec un TSAT compris en 75 –80 % ;
- dans le bassin arachidier centre, les TSAT moyens du mil de l'ordre de 60 – 75 % ont été dans l'ensemble bons pour le mil ;
- Le quart Nord-Ouest du pays, constitue une zone à conditions hydriques justes satisfaisantes à déficitaires (TSAT 40-60 %, pour le Nord région de Thiès, l'Est de la région de Louga, puis les départements de Dagana et de Podor, zone où la culture pluviale est une activité marginale.

On observe que dans l'ensemble, aucune des zones agroécologiques du pays n'a enregistré des conditions de stress hydrique très sévère (TSAT ≤ 30 %) au cours de cette saison des pluies.

Dans l'ensemble, le bon comportement des champs et le développement végétatif satisfaisant des cultures laissent présager de bonnes récoltes sur une majeure partie du pays.

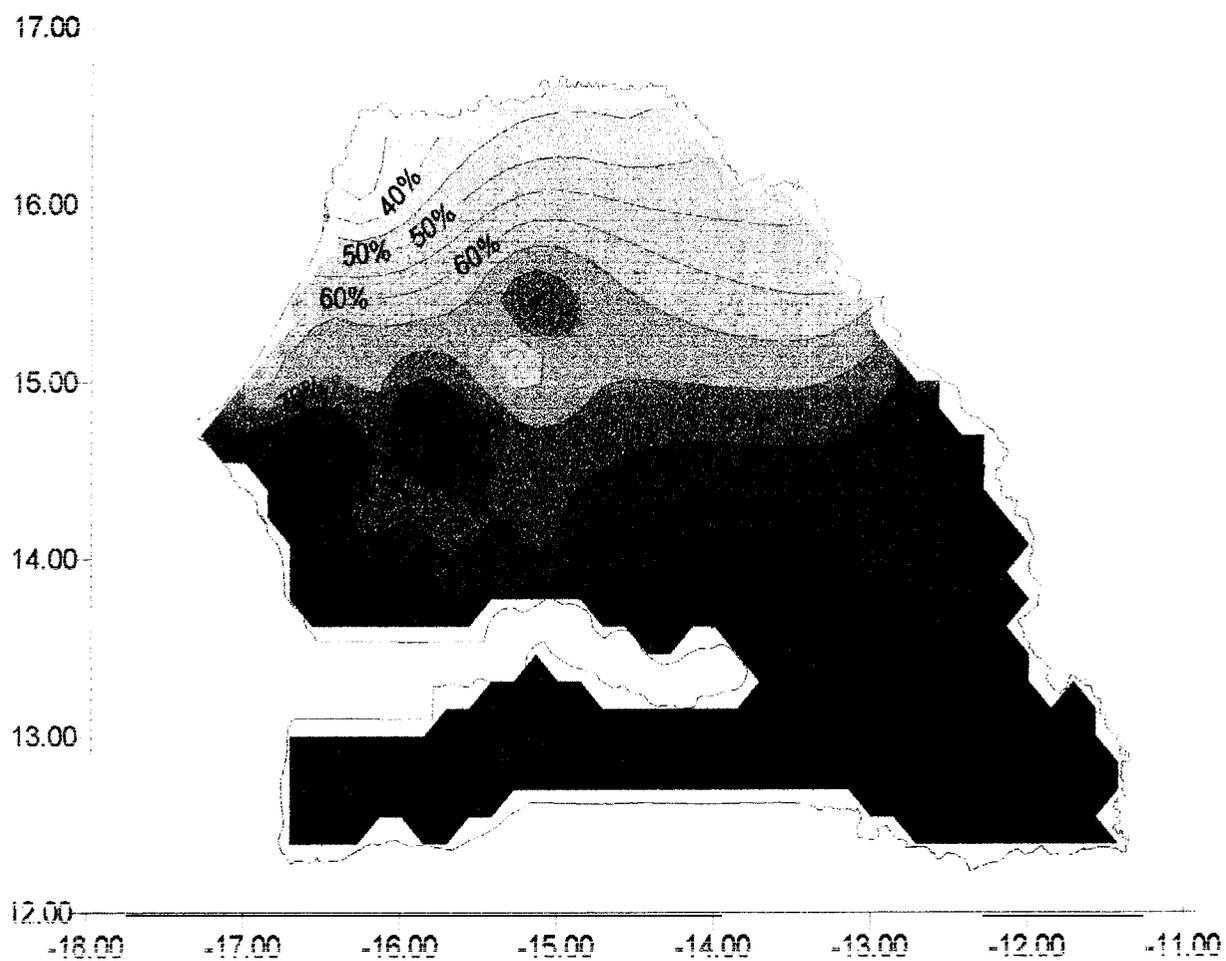


Figure 7a: Répartition des niveaux moyens de satisfaction des besoins en eau (%) de Parachide au cours du cycle cultural, hivernage 1998

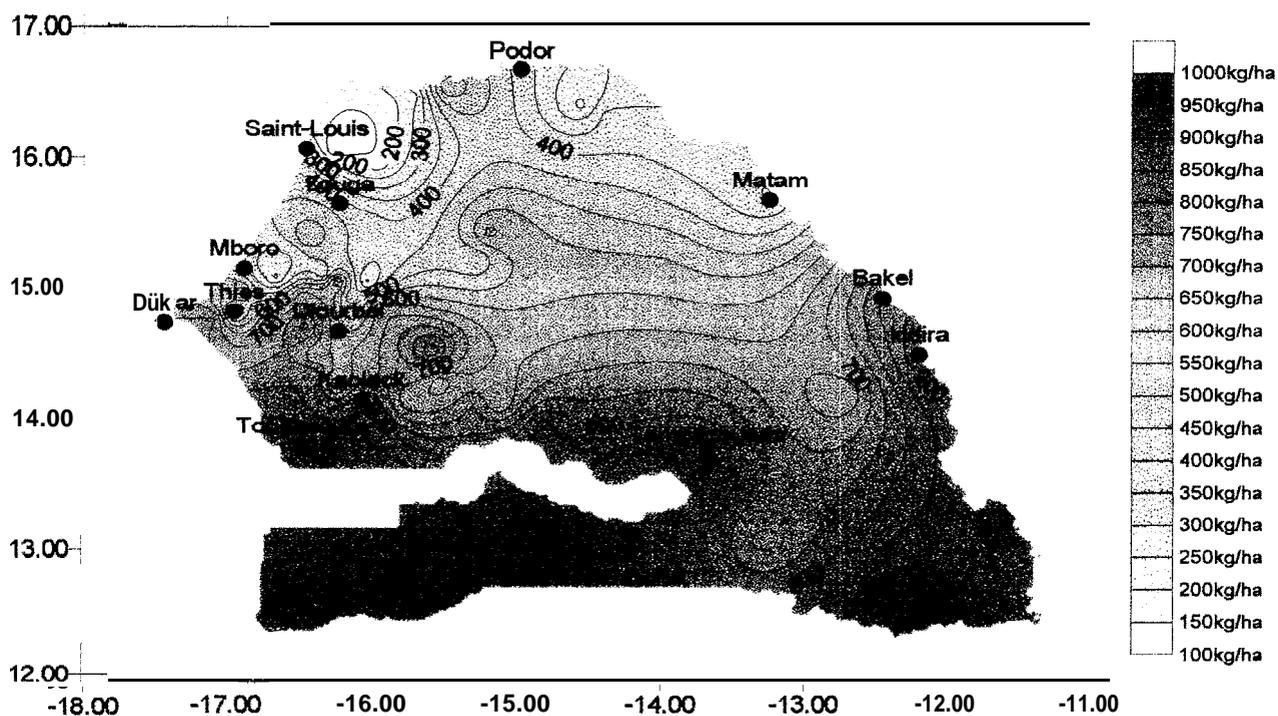
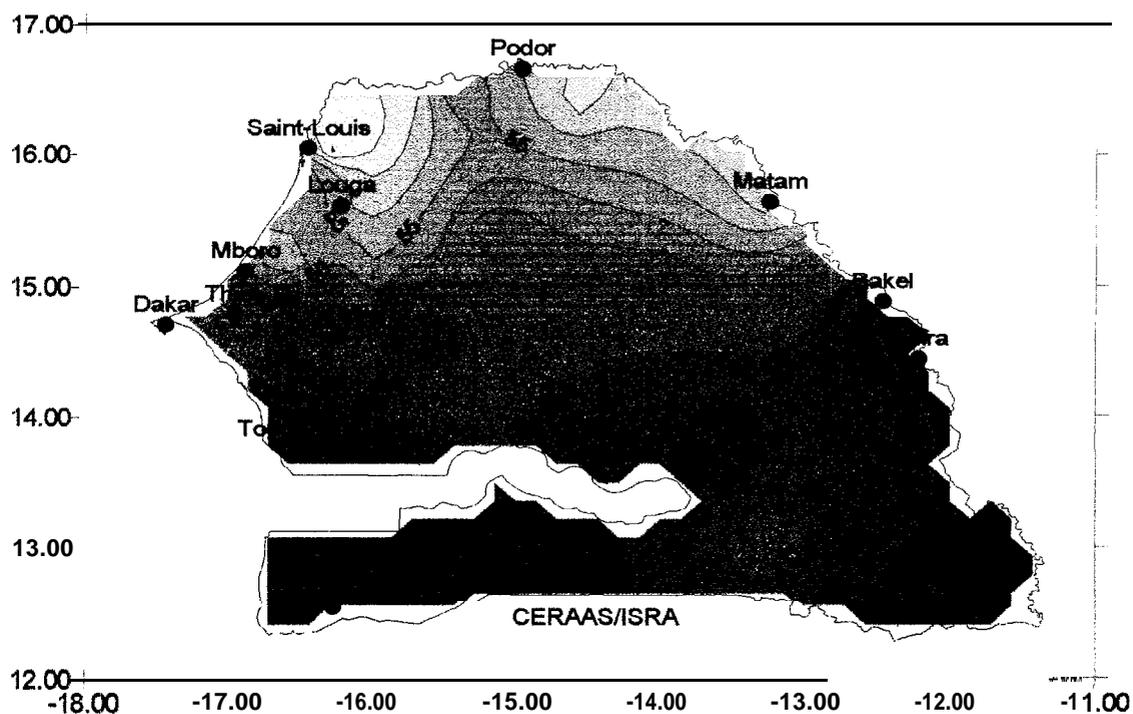


Figure 7b. : Répartition des niveaux moyens de satisfaction des besoins en eau (%) du mil au cours du cycle cultural, hivernage 1998 (en haut)

Figure 8a. : Répartition à l'échelle stationnelle des rendements en grains espérés du mil (Kg/ha). au cours de l'hivernage 1998 (en bas)

#### 4. ESTIMATION DES RENDEMENTS EN GRAINS DU MIL

Les rendements espérés du mil (fig. 8a et 8b) sont  $\geq 300$  kg/ha dans le Nord du Sénégal (régions de Saint Louis, de Louga). Ces rendements varient entre 500 et 700 kg/ha dans les régions de Thiès, Dakar, Diourbel. Ils sont compris entre 800 et 900 kg/ha dans le sud bassin arachidier (département de Foundiougne, de Nioko -- du -Rip) le département de Tambacounda et supérieurs à 850 kg/ha dans le Sud-ouest et le département de Kédougou.

Compte tenu de la bonne répartition spatio-temporelle des ressources en eau au cours du cycle cultural dans la majeure partie du pays (hormis l'arrêt brutal des pluies dans les zones nord du pays), les rendements en grains du mil sont généralement supérieurs à ceux de l'année dernière dans la quasi totalité des zones situées au Nord de la Gambie.<sup>1</sup>

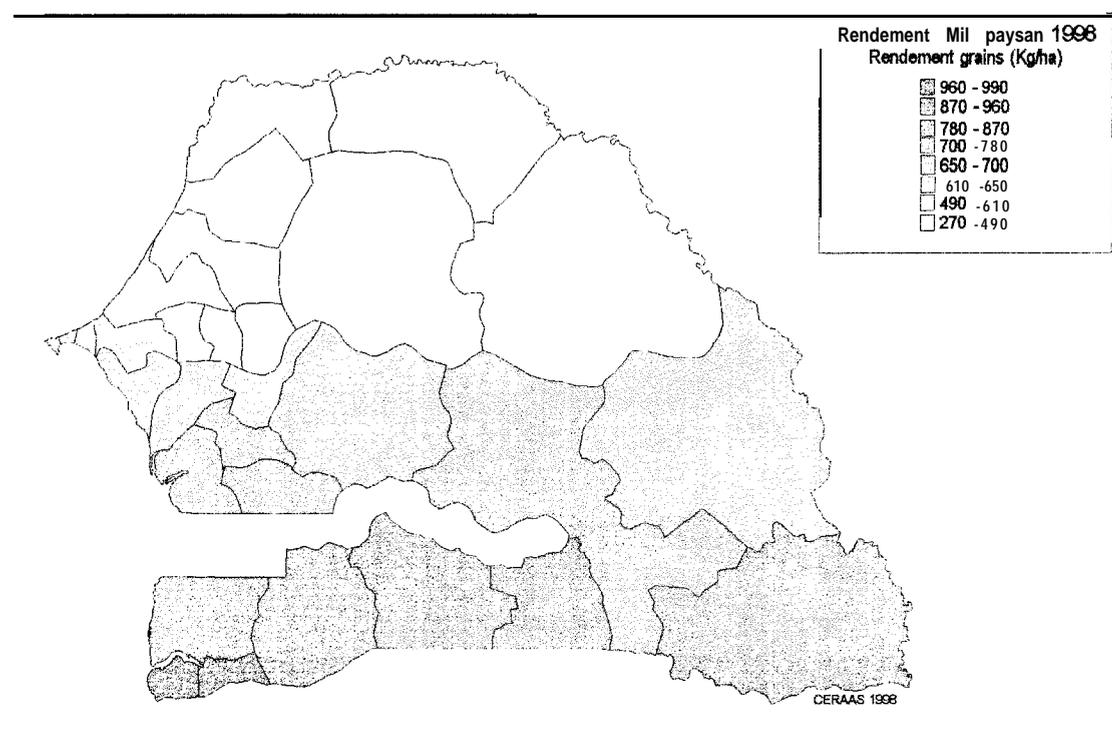


Figure 8b. : Répartition à l'échelle départementale des rendements en grains espérés du mil (Kg /ha) au cours de l'hivernage 1998

<sup>1</sup> Les rendements en grains de l'arachide devraient être compris entre 300Kg/ha dans les zones Nord à plus de 1000 kg/ha dans le bassin arachidier sud.

Tableau : Rendements en grains espérés du mil au cours de l'hivernage 1998 (en Kg/ha) pour les 30 départements du Sénégal.

REGION	DEPARTEMENT	Rendement en grains espérés du mil paysan en 1998 (en kg/ha)
Dakar	Dakar	647
Dakar	Pikine	630
Dakar	Rufisque	625
Diourbel	Bambey	600
Diourbel	Diourbel	605
Diourbel	Mbacké	607
Fatick	Fatick	726
Fatick	Foundiougne	835
Fatick	Gossas	690
Kaolack	Kaffrine	736
Kaolack	Kaolack	784
Kaolack	Nioro-du-Rip	852
Kolda	Kolda	913
Kolda	Sédhiou	955
Kolda	Vélingara	873
Louga	Kébémér	466
Louga	Linguère	489
Louga	Louga	362
Saint-Louis	Dagana	275
Saint-Louis	Matam	564
Saint-Louis	Podor	342
Tambacounda	Bakel	774
Tambacounda	Kédougou	885
Tambacounda	Tambacounda	785
Thiès	M'bour	696
Thiès	Thiès	623
Thiès	Tivaouane	525
Ziguinchor	Bignona	959
Ziguinchor	Oussouye	977
Ziguinchor	Ziguinchor	980

## CONCLUSION

La physionomie de l'hivernage 1998 à la fin de la campagne est marquée par :

- une installation tardive des cultures dans la partie centrale et le Nord-Ouest du pays ;
- des totaux pluviométriques proches dans l'ensemble de la normale 1966-1995 ;
- des conditions d'alimentation hydriques bonnes et régulières. (hormis dans le quart Nord Ouest du pays) ;

Cette analyse traduit de façon générale une situation agroclimatique favorable au développement et à la productivité des cultures.