

TRAINING REPORT RAPPORT DE STAGE

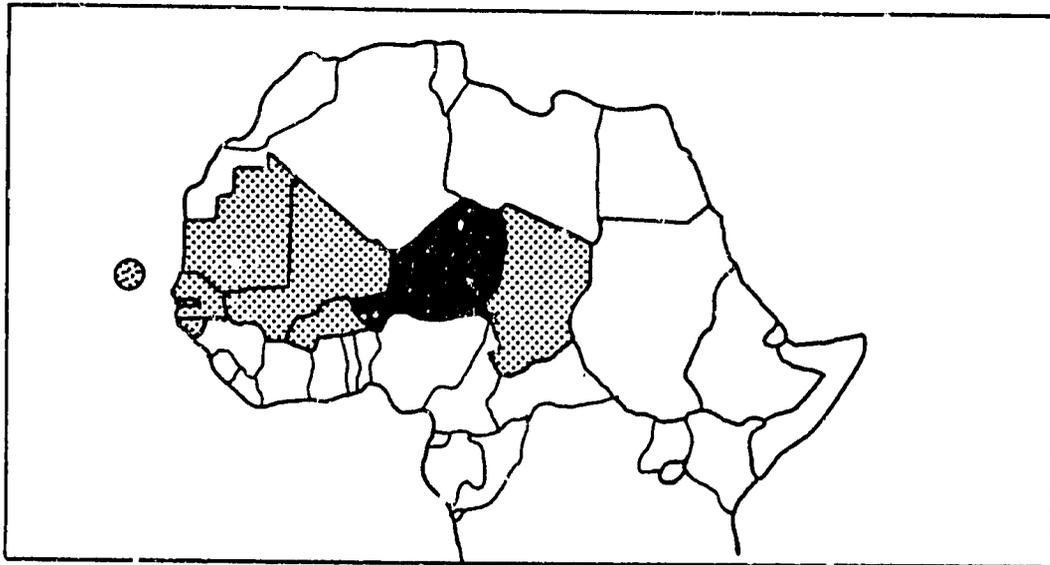
SPECIAL CLIMATIC IMPACT ASSESSMENT FOR CROPS AND RANGELANDS

EVALUATION SPECIALE DE L'IMPACT CLIMATIQUE SUR LES CULTURES ET LES PATURAGES

AGROCLIMATE AND REMOTE SENSING TECHNIQUES USED BY NOAA/NESDIS/AISC

LES TECHNIQUES AGROCLIMATIQUES ET
LES TECHNIQUES DE TELEDETECTION UTILISEES PAR LA NOAA/NESDIS/AISC

EXAMPLES FOR NIGER EXEMPLES POUR LE NIGER



MARCH 11 - APRIL 18, 1986
11 MARS - 18 AVRIL 1986

COLUMBIA, MISSOURI
WASHINGTON, D.C.
U.S.A.

IDRISSA ALSO

MARIAMA OUSSEINI



LES TECHNIQUES AGROCLIMATIQUES ET LES TECHNIQUES DE TELEDETECTION
UTILISEES PAR LA NOAA/NESDIS/AISC
EVALUATION SPECIALE DE L'IMPACT CLIMATIQUE SUR LES CULTURES
ET LES PATURAGES AU NIGER: RAPPORT DE STAGE¹

à

National Oceanic and Atmospheric Administration
National Environmental Satellite, Data and Information Service
Assessment and Information Services Center
Climatic Impact Assessment Division-Models Branch
Columbia, Missouri

et

Cooperative Institute for Applied Meteorology
Atmospheric Science Department
University of Missouri-Columbia; Columbia, Missouri

préparé par
Idrissa Also et Mariama Osseini²

fonds financiers fournis par
NOAA/AID PASA No. BOF-0000-P-CC-5099-00
USDOC/NOAA NA86AA-H-A1029
University of Missouri Account Code C-5-30617

avril, 1986

¹ La permission de reproduire ce rapport devrait être obtenue à travers le Directeur, AISC. Ce rapport devrait être considéré d'une condition de brouillon en attendant les résultats de la revue formelle.

² Respectivement, Ingénieur Agrométéorologiste, Chef Exploitation Météo, Direction de la Météorologie Nationale et Ingénieur Agronome, Service Statistique Agricole, Niamey, Niger.

AVANT-PROPOS

Le climat est pour toute nation, un élément vital dans le système complexe de production de denrées alimentaires. C'est particulièrement le cas dans les pays du Sahel où la sécheresse a infligé des conséquences sévères sur les conditions économiques et la vie des populations. L'information sur le temps et sur son impact potentiel peut être utilisée dans un système d'alerte précoce pour modérer quelques unes de ses conséquences. De nouvelles technologies, comme la télédétection satellitaire, peuvent aussi compléter opportunément un tel système. L'utilisation des méthodes agrométéorologiques et satellitaires dans le programme AGRHYMET, particulièrement celles qui ont été développées par la NOAA, constituera un objectif majeur pour les prochaines années. C'est pour cette raison que le Centre AGRHYMET et le Centre des Services de l'Information et de l'Evaluation (AISC) de la NOAA sont tombés d'accord pour organiser conjointement un cours professionnel afin que les participants puissent apprendre les procédures utilisées par la NOAA pour évaluer l'impact du temps. Ce cours professionnel pour le Sahel sur les évaluations spéciales de l'impact du climat sur les cultures et les pâturages: techniques agroclimatiques et techniques de télédétection utilisées par la NOAA/NESDIS/AISC, a été dispensé aux Etats-Unis à Columbia Missouri et Washington D.C. entre les 11 mars et 19 avril 1986. Ce cours a été financé par l'Agence pour le Développement International (AID), la NOAA/NESDIS/AISC, l'Institut Coopératif pour la Météorologie Appliquée de l'Université du Missouri (CIAM/UMC) et le Centre régional AGRHYMET du CIILSS à Niamey au Niger. Y ont participé seize techniciens de huit pays du Sahel (Burkina Faso, Cap Vert, Gambie, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad) et d'Haiti. Le cours a été dispensé simultanément en anglais et en français.

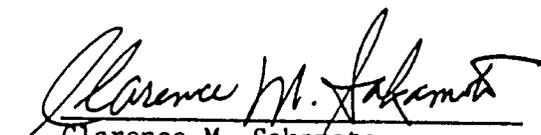
Le rapport de stage présente l'essentiel des techniques apprises et des résultats obtenus en suivant le programme du cours. Une contribution majeure des représentants de chaque pays a été l'amélioration du recueil des documents de base. Il est prévu que ce recueil soit utilisé dans chaque pays comme source de références lors de la préparation des rapports d'évaluation de l'impact du temps sur les activités agricoles en cours de saison des pluies.

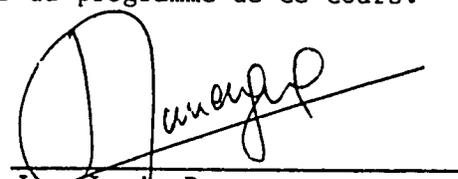
Ce cours aura été l'occasion par un agrométéorologiste et un agro-économiste du même pays de travailler ensemble sur les mêmes problèmes: ceux liés au processus unique mais multidisciplinaire devant conduire à l'évaluation de l'impact du temps sur l'agriculture et les pâturages.

La temps de ce cours a aussi été l'occasion pour le personnel de la NOAA/AISC d'en apprendre plus sur les pratiques agricoles originales et typiques de chacun des pays du CILSS et d'Haiti.

Cet échange d'idées et d'informations sera une aide très utile dans la conduite des activités futures du système d'alerte précoce Sahélien.

Le personnel de la NOAA/AISC, celui du CIAM de l'Université du Missouri et celui du Centre AGRHYMET expriment aux participants leur satisfaction pour leur collaboration dans la conduite de ce cours. Les stagiaires ont suivi un programme intense auquel il ont répondu avec intérêt. Ils ont fait l'effort nécessaire pour satisfaire à toutes les exigences du programme de ce cours.


Clarence M. Sakamoto
AISC/NOAA Coordinator


Jean-Louis Domergue
Coordinateur pour AGRHYMET

Remerciement

Nous profitons de l'opportunité qui nous est offerte pour remercier au nom de notre pays, nos responsables et nous - mêmes, le peuple et le gouvernement américain, l'USAID, la NOAA/NESDIS/ASIC et l'Université de Columbia (Missouri) de nous avoir donné les moyens aussi bien techniques que matériels de suivre ce séminaire qui revêt un grand intérêt pour notre pays.

Nos remerciements vont plus particulièrement vers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la parfaite réussite de ce séminaire.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	i
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	vi
I. INTRODUCTION	1
II. TECHNIQUES D'EVALUATION DE L'IMPACT DU CLIMAT SUR LES CULTURES ET LE PATURAGE	4
A. Méthodes d'estimation des rendements sur la base des données météorologiques	4
1. Exemple d'une méthode basée sur le calcul d'un indice (FAO: Frère et Popov)	7
B. Méthodes de télédétection	10
1. Généralités sur les satellites	10
2. Les satellites NOAA	14
3. Caractéristiques du capteur AVHRR	14
4. Le système de coordonnées de couleur d'Ambroziak (ACCS)...	14
5. Le principe de l'interprétation des images	19
6. Indice de végétation normalisé (NVI)	19
7. Utilisation de NVI	24
C. Description et analyse de l'état des cultures et des pâturages à l'aide du Système d'Information Géographique (SIG).....	31
D. Techniques de prévision des rendement	37
1. Analyse des statistiques agricoles	37
2. Autres modèles de statistiques agricoles	40
III. EVALUATION DE LA SAISON 1985	48
A. Situation générale	48
B. Conditions des pâturages et biomasse	48
C. Conditions des cultures	52
D. Analyse des précipitations	57

ANNEXES	63
1. Activités du GTP	64
2. Données sur les cultures	69
REFERENCES	78

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

		<u>Page</u>
1	Modèle de 1 ^{ère} génération	5
2	Niger: Rang percentile de l'IMRA	6
3	Exemple d'un modèle de 3 ^{ème} génération	8
4	Tableau d'indice de bilan hydrique	9
5	Le modèle de la télédétection	11
6	Satellites operationnels d'observation de la terre	12
7	Tableau des caractéristiques des satellites	13
8	Sensibilité spectrale	16
9	Réflectance de certains objets dans les canaux 1 et 2 de l'AVHRR	17
10	Système coordonné de couleur d'Ambroziak	18
11	Signature spectrale de la vegetation et du sol dans les canaux 1 et 2 de l'AVHRR	20
12	Courbe lissée par la méthode polynomiale	21
13	Courbe lissée par la méthode séries de Fourier	22
14	Courbe lissée par la méthode composée/NOAA	23
15	Echelle des indices NVI	25
16	Valeurs de l'indice à la fin août	26
17	Exemple de relation entre NVI et biomasse	27
18	Relation entre biomasse et charge	28
19	Relation entre biomasse et charge des parcours	29
20	Régression entre le NVI et le rendement en mil au Sahel	30
21	Système d'information géographique	32
22	Système d'information géographique	33
23	Inventaire des composantes du manuel SIG	34
24	Système d'information géographique, exemple d'application, cas du Mali	36
25	Image satellite	49

	<u>Page</u>
26	NVI/Biomasse 1983, 1984, 1985 50
27	NVI/Biomasse: comparaison 1985-83 et 1985-84 51
28-31	Coupes chronologiques des NVI 53-56
32	Tableau des pluviométries décennales 58
33	Tableau des pluviométries mensuelles 59
34	Tableau des pluviométries cumulées 60
35	Pluviométrie 1985 % par rapport à la normale 61
36	Indice FAO, fin de cycle culture 1985 62
37	Carte du réseau météorologique 65
38-39	Niger Organigrammes 67-68
40	Evolution globale de la production mil, sorgho 70

CHAPITRE I

INTRODUCTION

L'objectif du cours a été de se familiariser avec quelques outils sélectionnés parmi ceux de l'agro-météorologie et la télédétection satellitaire utilisant notamment des indices agroclimatiques sur les conditions des cultures, des modèles statistiques de rendement et des indices de végétation utilisant l'imagerie satellitaire NOAA/AVHRR.

Ces outils ont été utilisés par le Centre des Services de l'Evaluation et de l'Information (AISC) de la NOAA durant la saison des pluies Sahélienne en 1985.

Le cours a essentiellement porté sur les questions suivantes:

- Comment les outils ci-dessus sont-ils intégrés dans le processus de la préparation des évaluations agricoles?
- Quels sont les avantages et les limites de ces outils?
- Quels sont opérationnellement les renseignements nécessaires pour faire une évaluation?
- Comment les ordinateurs peuvent-ils faciliter le processus d'évaluation?

L'utilisation des outils ci-dessus dépend, bien entendu, des possibilités de chaque pays. Il se peut, par exemple, que la possibilité de traiter, d'analyser et d'interpréter les données de précipitation ne soit acquise que récemment. On ne s'attend pas à ce que chaque pays puisse utiliser tous les outils dès maintenant. Il est cependant suggéré, pour améliorer le contenu de l'information sur l'estimation des conditions agricoles dans chaque pays, que les techniques et les résultats exposés dans ce cours soient utilisés progressivement dès que le personnel adéquat sera disponible.

Des exercices, en plus des méthodes d'estimation exposées pendant les cours, ont permis l'intégration d'informations de différentes sources et notamment celles du système d'information géographique (GIS).

Des exercices pratiques conduisant à augmenter la capacité de prise en compte de telles informations ont permis d'aborder les points suivants:

- Le contrôle de la qualité des données
- Le développement du recueil des documents de base. Celui-ci servira utilement de référence dans le programme d'évaluation. Il figure en annexe du rapport.
- La compréhension des statistiques de base (distribution, probabilité, rang, corrélation et régression).
- La construction d'un modèle de régression statistique pour certaines cultures.
- La compréhension des données et de l'imagerie satellitaires.
- La familiarisation avec l'indice de végétation normalisé (NVI) pour l'évaluation de l'état des cultures.
- L'utilisation des micro-ordinateurs et des ordinateurs pour l'analyse des données.
- la rédaction de rapports d'évaluation.

Un aspect important abordé dans le cours est celui de la stratégie pour implanter un système d'alerte précoce dans le Sahel. Ce processus peut être compliqué et difficile puisque qu'il dépend de plusieurs facteurs tels que l'infrastructure du pays, des ressources disponibles, de l'intérêt et de l'appui des décideurs. L'appréhension technique du problème n'a pas atteint un niveau suffisant mais le démarrage effectué est important. Les contraintes dans chaque pays peuvent être spécifiques mais elles ne doivent pas bloquer dans le futur l'avancement du programme. Pour cette raison, l'objectif majeur de ce cours a été, pour les participants (de différentes disciplines), d'intégrer toute sorte d'informations sur le climat et l'agriculture et de les interpréter pour les utilisateurs et les décideurs.

Ce cours a aussi permis le regroupement en équipe de professionnels issus de disciplines de l'agriculture différentes: un agro-économiste ou un agro-statisticien ou un agronome avec un météorologiste ou un agro-météorologiste. Un résultat majeur du cours a été la réalisation effective d'une approche multidisciplinaire du problème de la relation entre la production de nourriture et le climat. En particulier, on se rend compte que les interventions d'un agro-météorologiste sont utiles pour la réussite de projets agricoles, particulièrement dans les zones Sahéliennes au climat si particulier.

Comme il l'a été maintes fois mentionné dans ce cours, les méthodes exposées doivent être considérées comme complémentaires les unes des autres. D'autres méthodes pour l'évaluation des conditions agricoles comme la théorie des échantillonnages ont été présentées par les techniciens du Service des Enquêtes Statistiques du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis. Les indices des cultures, les modèles statistiques de rendement et l'imagerie satellitaire doivent être considérés comme des techniques complémentaires à l'acquisition d'une meilleure information eu égard au coût du système.

La deuxième partie de ce rapport expose les techniques d'évaluation, suivies d'exemples de chaque méthode. Trois sous divisions abordent les techniques agroclimatiques, celles des satellites, celles de l'évaluation des conditions des cultures et des pâturages ainsi que les techniques de prévision.

La troisième partie est le résultat des évaluations par pays pour 1985. La quatrième partie contient les statistiques sur la météorologie et l'agriculture utilisées dans les exercices de modélisation.

Le recueil des documents de base complète le rapport.

CHAPITRE II

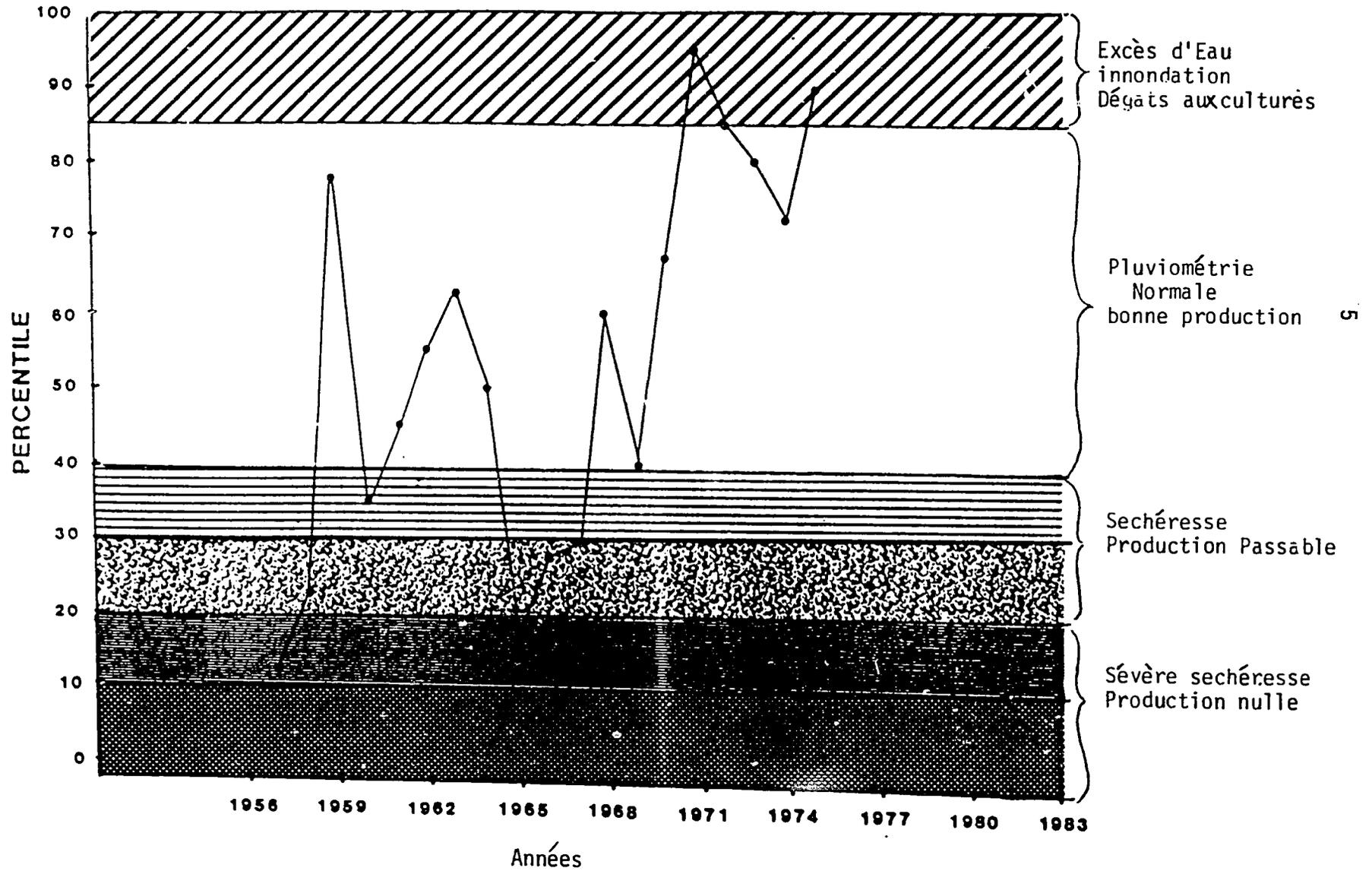
TECHNIQUES D'EVALUATION DE L'IMPACT DU CLIMAT
SUR LES CULTURES ET LE PATURAGEA. Méthodes d'estimation des rendements sur la base des données météorologiques.

D'une manière générale, on peut dire qu'il existe trois méthodes d'estimation de la production agricole sur la base des éléments climatologiques.

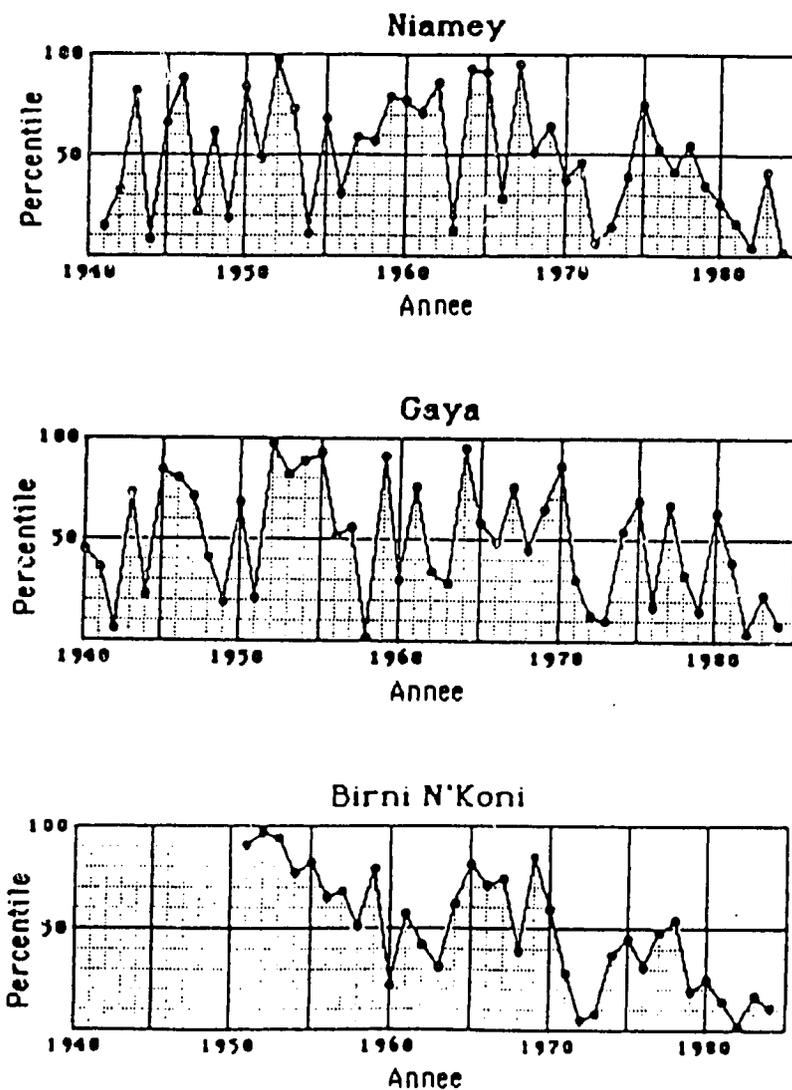
- La première méthode dite de 1^{ère} génération est basée sur l'utilisation d'un indice climatique. Cette méthode est utilisée quand les données agricoles ne sont pas disponibles. Elle permet de faire une évaluation qualitative de la campagne agricole. Avec une série de précipitation, on peut tracer les rangs percentiles dans le temps, ou la variabilité de cette précipitation autour de la moyenne par exemple. Ceci nous permet de déterminer les seuils de mauvaises, moyennes et bonnes années pluviométriques qui correspondent aux mêmes qualifications en production agricole du point de vue qualitatif. Cette méthode est très souple d'application et ne nécessite pas de gros moyens pour son utilisation mais les résultats obtenus sont assez grossiers (voir figures 1 et 2).

- La deuxième méthode dite de 2^{ème} génération est basée sur la relation existante entre la production agricole (variable dépendante) et les éléments climatiques (variables indépendantes) tel que la pluviométrie par exemple. Ainsi on peut établir des modèles de régression entre les rendements agricoles et les éléments climatiques (prévisseurs) comme par exemple la pluviométrie. La qualité des résultats obtenus par ce genre de modèles dépend de la qualité des données agricoles et des données météorologiques d'une part et du choix des

FIGURE 1
 MODELE DE 1^{ERE} GENERATION



NIGER: RANG PERCENTILE DE L'IMRA (FIN SEPTEMBRE)



IMRA = Indice Météorologique des Rendements Agricole.

FIGURE 2

meilleurs prévisseurs d'autre part. L'application de cette méthode ne nécessite pas aussi de gros moyens si les modèles conçus sont assez simples (voir section D, modèle de régression pluviométrie-rendement).

- La troisième méthode dite de 3^{ème} génération est basée sur l'évaluation des interactions existantes entre la plante et son environnement (photosynthèse, phase phénologique, bilan d'eau dans le sol, évaporation, fertilisation) Les modèles conçus pour l'évaluation de ces différentes interactions sont assez complexes. Pour les utiliser, d'importants moyens humains, techniques et matériels sont indispensables (figure 3).

1. Exemple d'une méthode basée sur le calcul d'un indice
(FAO: Frère et Popov)

Les indices agroclimatiques sont de bons outils d'évaluation de l'impact du climat sur les cultures quand les données agricoles manquent ou quand ces données ne sont pas fiables pour confectionner des modèles beaucoup plus complexes. Ils sont fondés sur la transformation des variables météorologiques en quelque chose (un indice) qui explique qualitativement l'impact de ces variables sur la production agricole. L'Indice FAO (Frère et Popov) est basé sur le concept de déficit ou de surplus lié aux besoins en eau des cultures prises individuellement pendant la saison de pluie. L'indice est égal à 100 (valeur Maxi) au semis et est diminué proportionnellement au manque à gagner causé par un déficit aux cultures ou un excès à effet négatif. L'utilisation de cet indice appelle un certain nombre de remarques:

o Le seuil de précipitation proposé pour faire démarrer le calcul de l'indice n'est pas raisonnable pour nos régions ($P = \frac{1}{2}$ ETP).

o L'impact d'un stress n'est pas manifestement le même à tous les stades de développement de la culture, or la méthode préconise le même impact pour un même manque d'eau (voir modèle de calcul, figure 4).

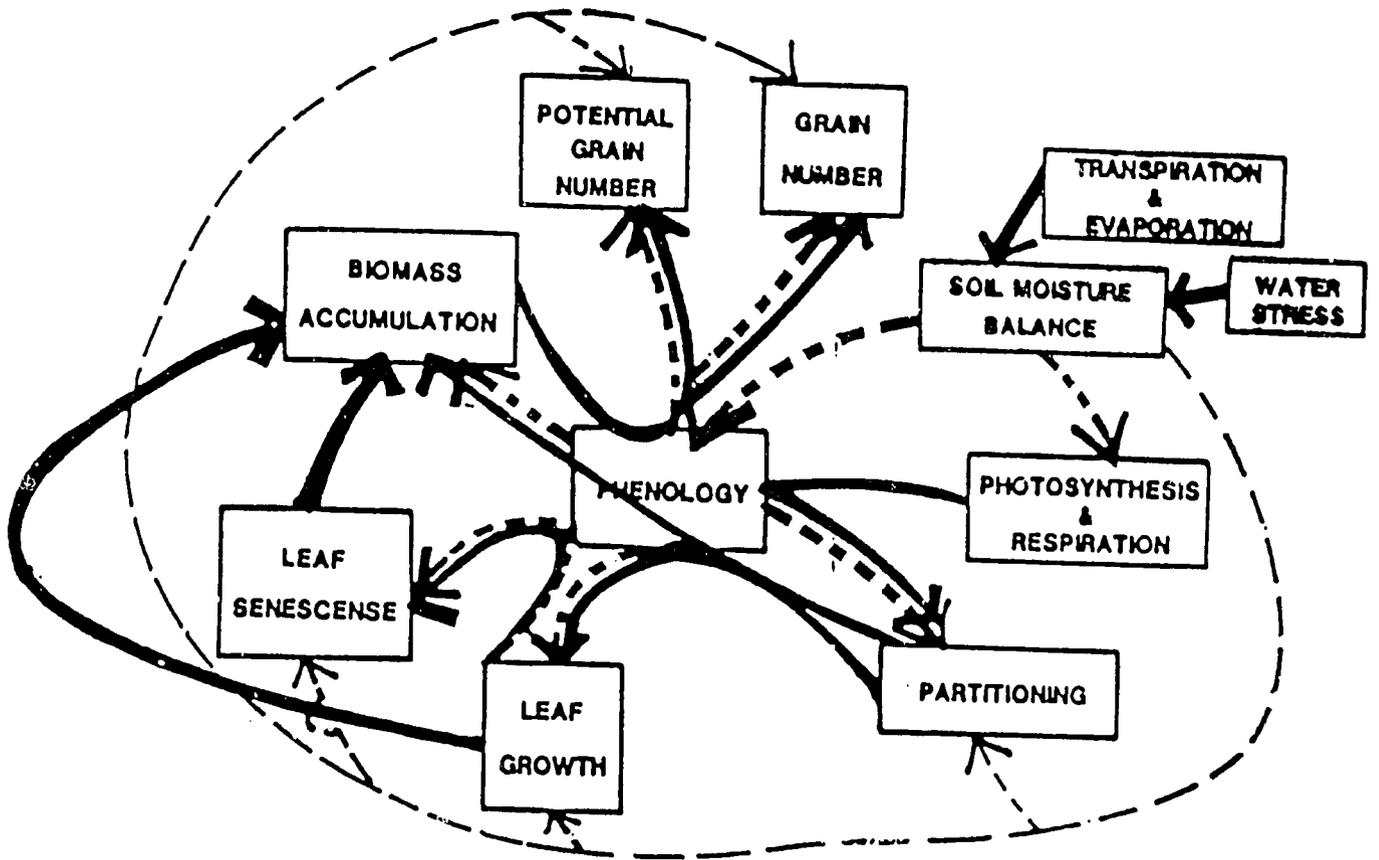


FIGURE 3

EXEMPLE D'UN MODELE DE 3^{EME} GENERATION

TABLEAU 4
INDICE DE BILAN HYDRIQUE

(FRERE ET POPOV 1979)

DECADE	MAI			JUIN			JUILLET			AOUT			SEPTEMBRE			OCTOBRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P_N	7	9	10	14	20	25	49	50	52	63	65	61	40	32	24	10	4	1
P_A	4	11	14	23	18	59	51	48	134	9	29	28	15	32	6	0	3	
PET	75	78	80	68	63	59	59	57	59	48	47	50	47	50	52	55	59	59
KC					0.3		0.4	0.5	0.8	1.0	1.0	1.0	0.6	0.5				
WR					18		24	29	47	48	47	50	28	25				$\Sigma WR = 316$
$P_A - WR$					40		27	19	87	-39	-18	-22	-13	7				
R_S					40		60	60	60	21	3	0	0	7				
S/D					0		7	19	87	0	0	-19	-13	0				
I					100		100	100	100	100	100	94	90	90				

P_N = PLUVIOMETRIE DECADEAIRE NORMALE (MM)

P_A = PLUVIOMETRIE DECADEAIRE ACTUELLE (MM)

PET = EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (MM)

KC = COEFFICIENT CULTURALE = $\frac{ETP_{culture}}{ETP_{gazon}}$

WR = PET X KC = BEOSINS EN EAU DES CULTURES

$P_A - WR$ = DIFFERENCE ENTRE LA PRECIPITATION ACTUELLE ET LES BESOINS EN EAU

R_S = RESERVE D'EAU UTILE DANS LE SOL

S/D = SURPLUS/DEFICIT

I = L'INDICE DE BILAN HYDRIQUE

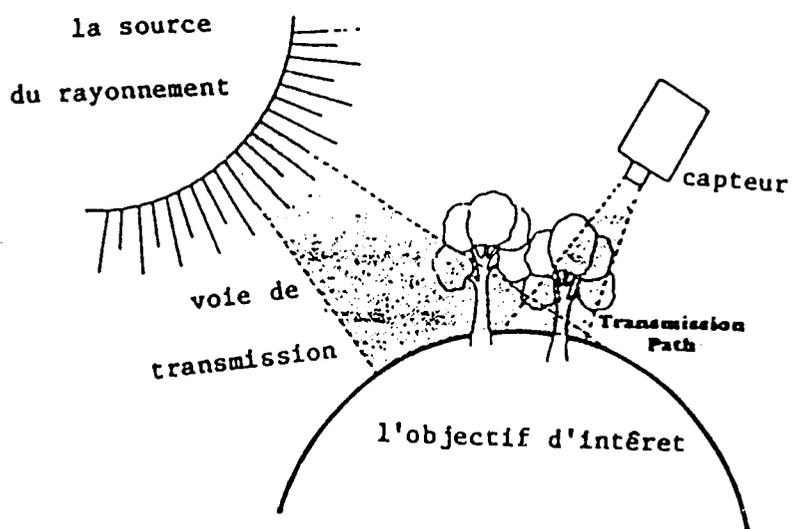
B. Méthodes de télédétection

La télédétection est définie comme le processus de détecter, d'identifier et d'évaluer des objets photographiés à distance grâce aux propriétés du rayonnement électromagnétique dont la source est le soleil. Un capteur est placé sur une plate-forme (le satellite), ce capteur enregistre la réflectance d'une cible au sol à travers certains canaux du spectre électromagnétique appelés fenêtres atmosphériques. Ainsi les objets sur cette cible pourront être identifiés grâce au taux de réflectance selon la fenêtre choisie, car chaque objet a sa "signature" particulière dans le spectre (voir figure 5).

1. Généralités sur les satellites

Il existe deux catégories de satellites d'observation terrestre.

- Les satellites à orbites polaires qui sont placés entre 500 et 1500 km de la terre et sont synchronisés au soleil.
- Les satellites géostationnaires qui sont placés aux environs de 35000 km environ de la terre, sont synchronisés au mouvement de celle-ci (même vitesse, même sens de déplacement). C'est cela qui fait qu'on a l'impression qu'ils sont immobiles d'où le nom de géostationnaire (voir figures 6 et 7).



Le modèle de la télédétection

FIGURE 5

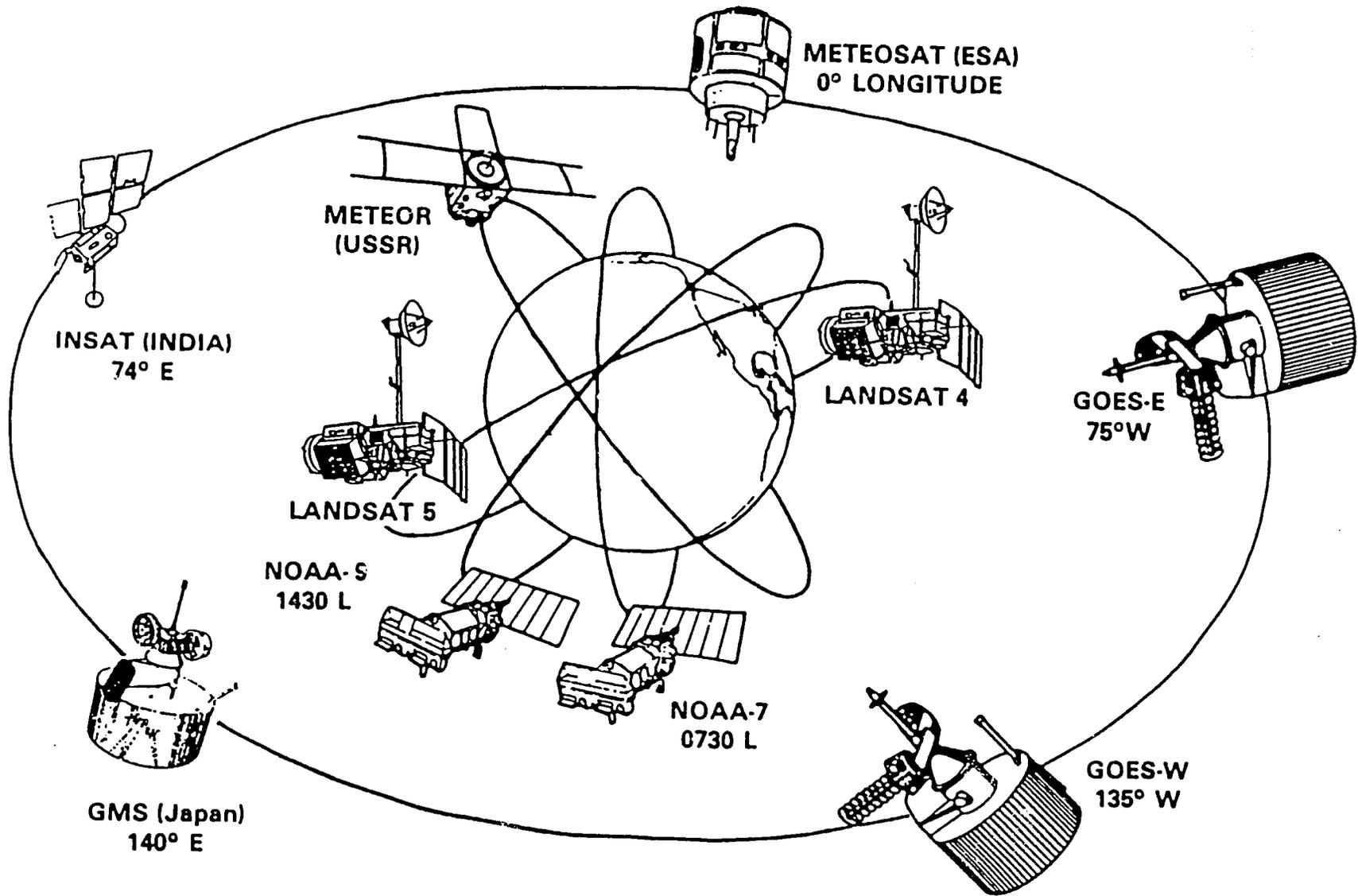


FIGURE 6

SATELLITES OPERATIONNELS D'OBSERVATION DE LA TERRE

TABEAU 7. CARACTERISTIQUES DES SATELLITE

Satellite	Instrument	Mode	Altitude	Résolution	Largeur de bande	Cycle	Bandes
NOAA	AVHRR	Multi-spectral	833 km	1100 m	2400 km	12 hours	5
Landsat	MSS	Multi-spectral	705 km	80 m	185 km	16 days	4
Landsat	TM	Multi-	705 km	30 m	185 km	16 days	7
SPOT	HRV	Multi-spectral	832 km	20 m	60 km	26 days	3
		Panchromatic	832 km	10 m	60 km	26 days	1

2. Les satellites NOAA

Les satellites NOAA sont des satellites à orbites polaires. Le programme a une longue histoire depuis 1960 avec TIROS 1. Nous sommes actuellement dans la 3^{ème} génération des satellites à orbites polaires et dans la série actuelle nous sommes à NOAA 9.

3. Caractéristiques du Capteur AVHRR

Le Radiomètre à Resolution Très Haute et Avancée (AVHRR) de NOAA-9 réalise des images dans cinq canaux (visible, proche et moyen infrarouge et deux dans l'infrarouge thermique). La résolution spatiale est de 1.1 x 1.1 km avec une durée de cycle d'un jour (voir figure 8).

4. Le système de coordonnées de couleur d'Ambroziak (ACCS) (voir figures 9 et 10)

Le système de coordonnées de couleur d'Ambroziak est un système de couleur conçu de manière à maximiser le contenu de l'information et à minimiser le temps d'analyse d'une image. Différentes teintes de couleur (rouge, orange, jaune, vert, cyan, bleu) permettent de distinguer la végétation et l'eau du sol et des nuages en utilisant les proportions visibles et infrarouge du rayonnement solaire réfléchi par la surface terrestre. La saturation (rouge, rose, blanc) est utilisée pour identifier les nuages à partir du rayonnement thermique infrarouge émis. Les nuages sont habituellement plus froids que la surface et deviennent blancs lorsque la saturation de couleurs est réduite pour des pixels à basse température. Les couleurs de l'ACCS comportent une mosaïque de teintes

et d'intensité qui correspond à la fois aux données et au système de perception humaine. Les délimitations nettes de l'image indiquées par des variations importantes de teinte représentent de fortes variations de l'état de la végétation en surface.

Les couleurs peuvent généralement être interprétées de la manière suivante:

<u>TEINTE</u>	<u>INTENSITE</u>	
	<u>Foncé</u>	<u>Brillant</u>
Rouge	sol humide ou foncé #	sable ou nuages bas
Jaune	jeunes pousses ou couverture végétale sur sol humide ou foncé #	jeunes pousses ou couverture végétale sur sol humide ou foncé
Vert	plantes en bonne santé ou forêt	récolte en bonne santé
Cyan	forêt dense	forêt dense, maïs ou riz
Magenta	Eau claire ou peu profonde	eau très troublée peu profonde ou nuages couvrants partiellement un plan d'eau

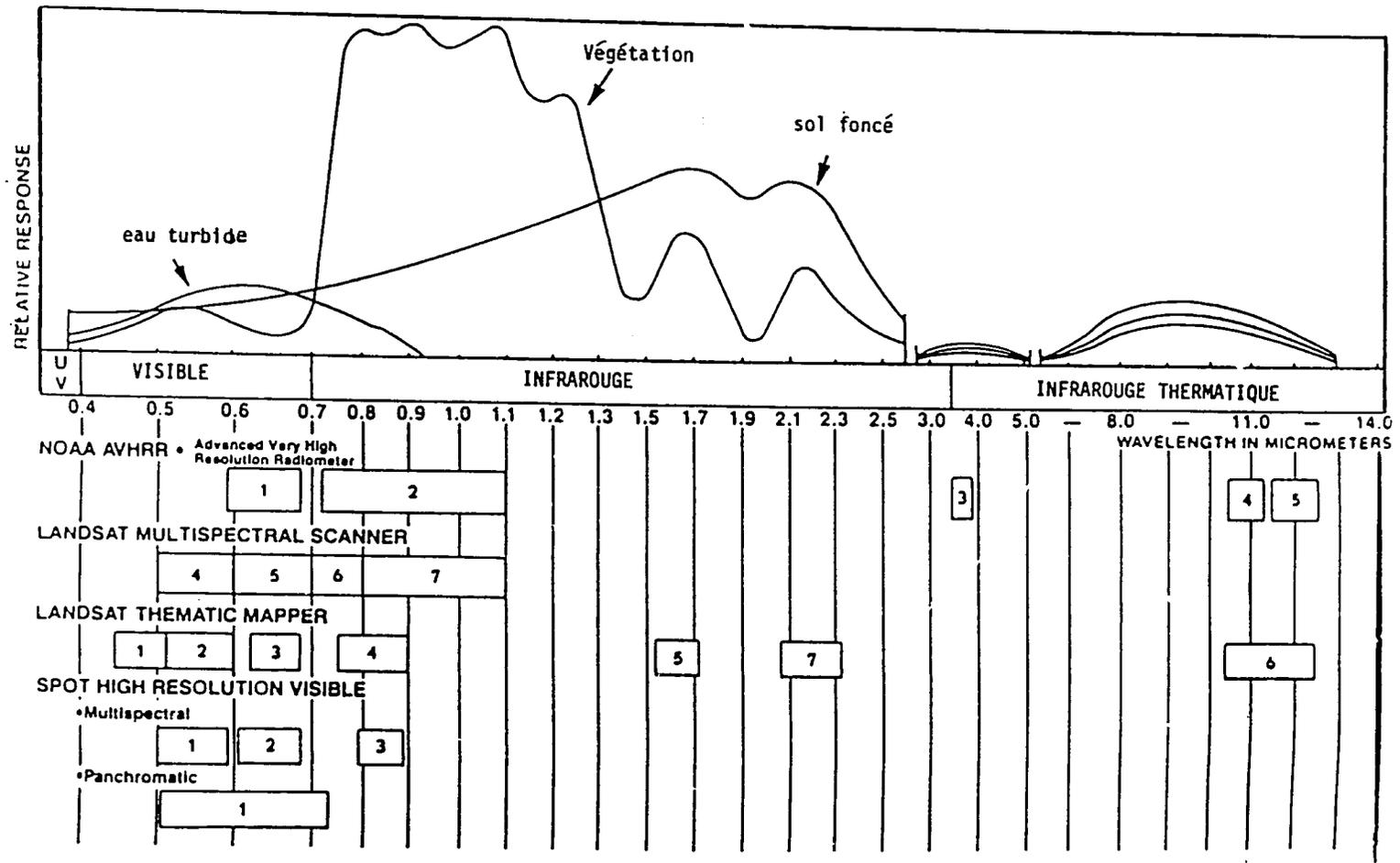
COULEURS SANS TEINTE

Noir	Eau claire profonde ou ombre foncée
Blanc	Nuages, neige ou autres terrains élevés froids

Les rouges foncés; l'orange et les jaunes sont de différentes teintes de brun.

FIGURE 8

SENSIBILITE SPECTRALE



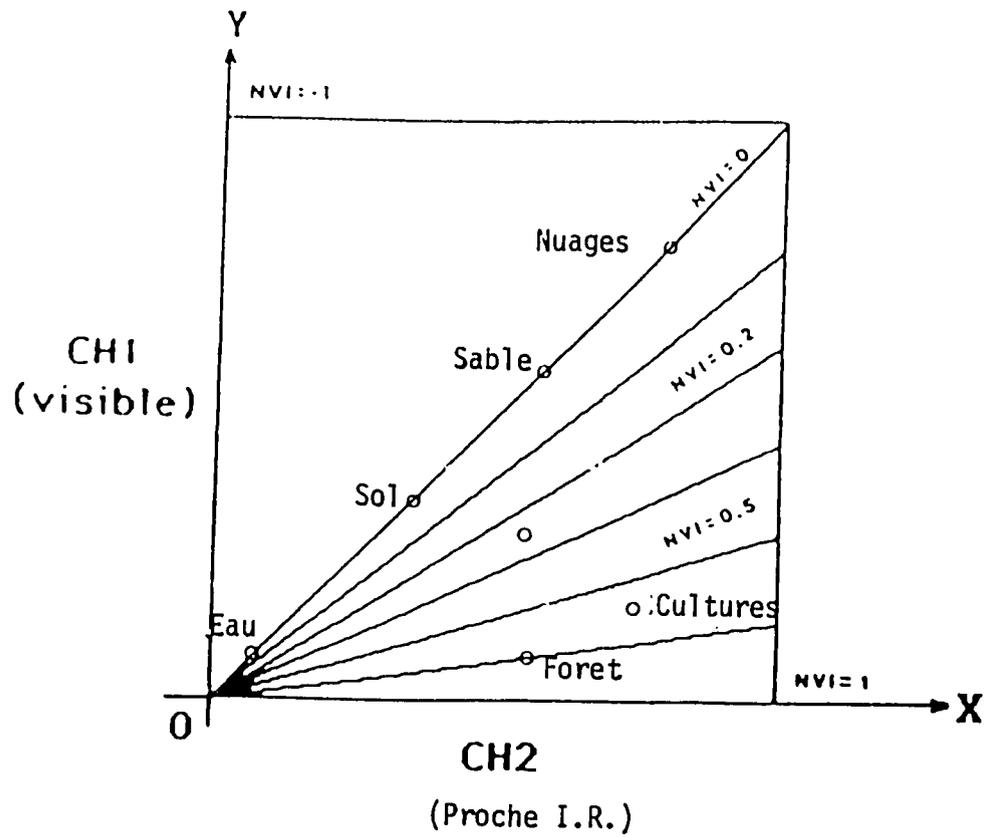
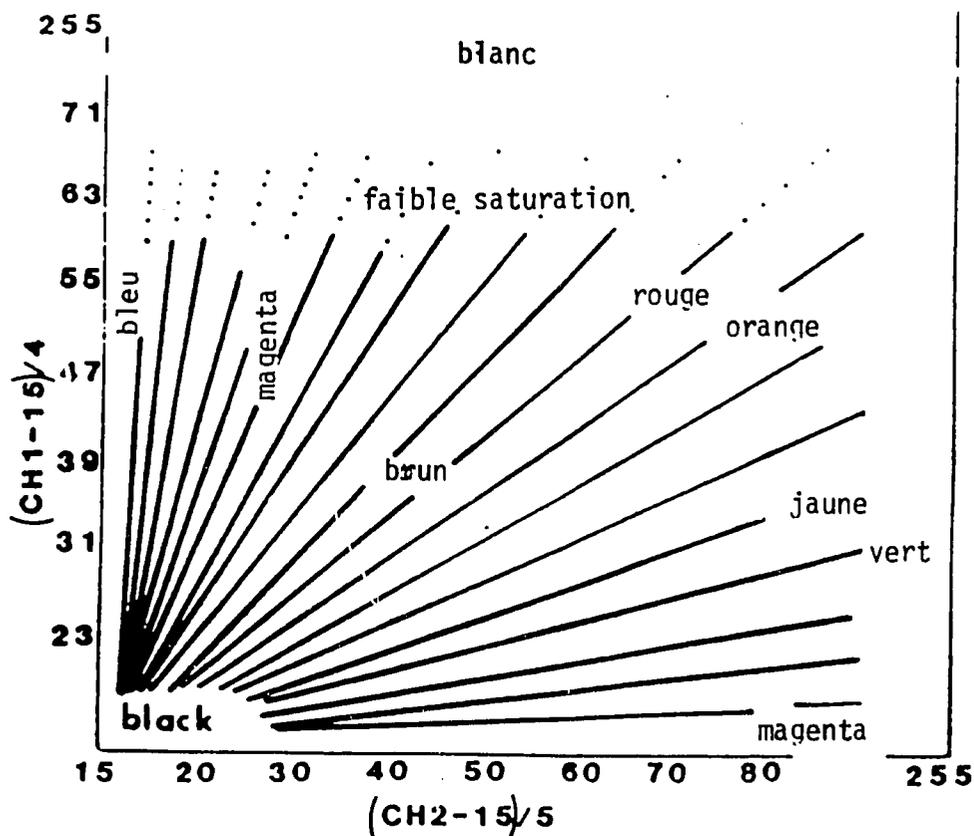


FIGURE 9

REFLECTANCE DE CERTAINS OBJETS DANS
LES CANAUX 1 ET 2 DE L'AVHRR



SYSTEME COORDONNÉ DE COULEUR D'AMBROZIAK

FIGURE 10

5. Le principe de l'interprétation des images

Le but est d'identifier les objets photographiés avec le plus grand nombre de détails possible. Les éléments permettant de faire cette analyse sont les suivants: la couleur des objets, leur forme, leur taille, leur localisation, la saison pendant laquelle l'image est prise, l'échelle de l'image ... La qualité et la quantité d'informations qu'on peut obtenir d'une image analysée à l'oeil est fonction de la résolution de l'image et de l'expérience de l'analyste.

A l'ordinateur l'interprétation se fait par l'analyse d'un indice. Cet indice peut être une différence ou un rapport des réflectances dans les canaux 1 et 2. Chaque objet a sa "signature" selon la longueur d'onde du spectre.

$$DVI = CH2 - CH1 = \text{Indice différence}$$

$$RVI = CH2 / CH1 = \text{Indice Ratio}$$

$$NVI = \frac{CH2 - CH1}{CH2 + CH1} = \text{Indice Normalisé}$$

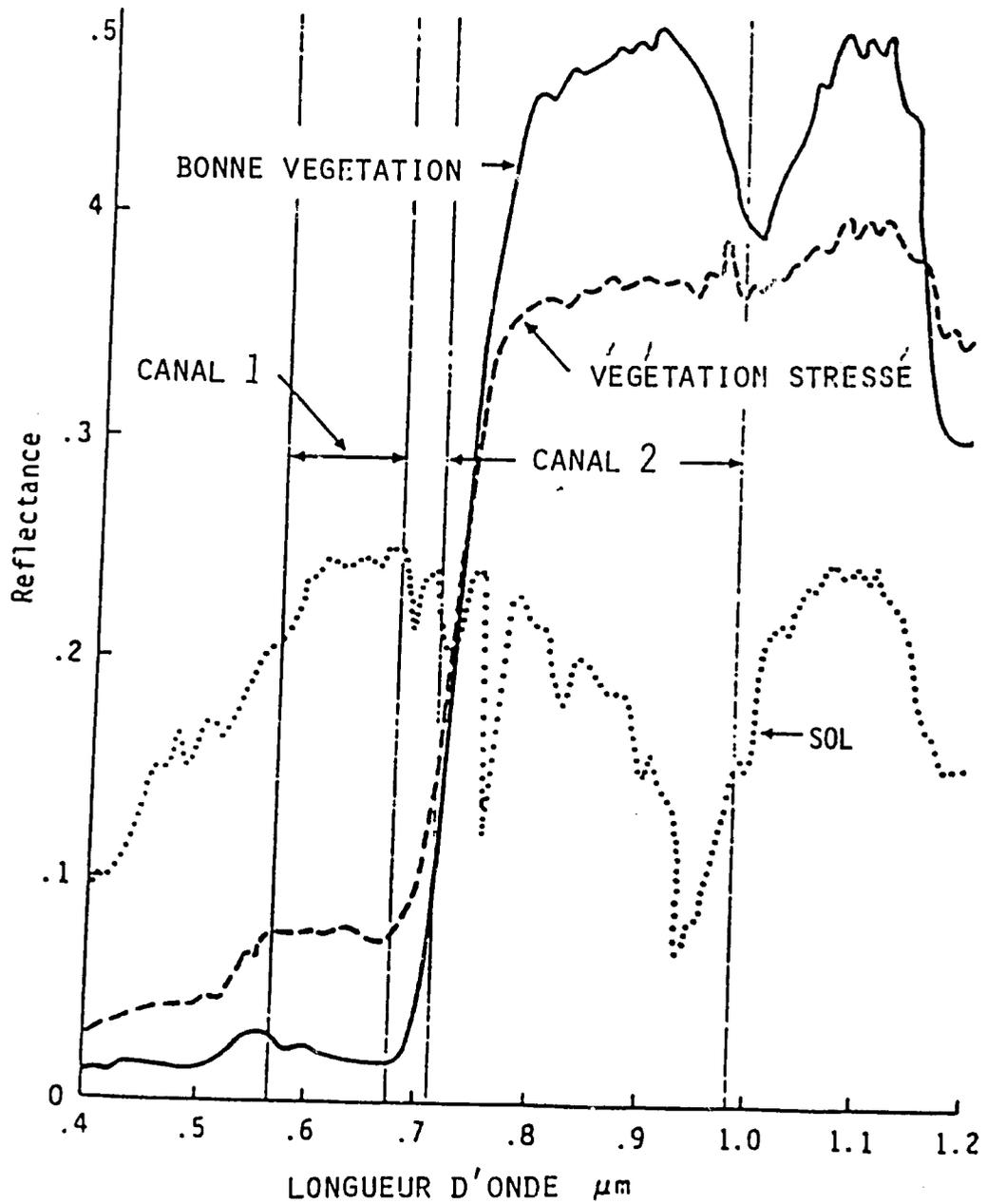
Ex = voir signature dans les canaux 1 et 2 de l'AVHRR NOAA-9 (figures 11).

6. Indice de végétation normalisé (NVI) (voir figures 12, 13 et 14)

L'Indice de végétation normalisé est calculé à partir de la formule suivante:

$$NVI = \frac{CH2 - CH1}{CH2 + CH1} \quad \text{où } CH2 \text{ et } CH1 \\ \text{sont les réflectances dans} \\ \text{les canaux 1 et 2}$$

Les valeurs de l'indice de végétation et de biomasse sont calculées pour chaque jour de la semaine. Après correction pour éliminer les effets des nuages, un indice moyen de la semaine est calculé. Ces indices sont calculés pour une zone d'un degré de latitude et deux degrés de longitude (100 x 200 km).



SIGNATURE SPECTRALE DE LA VÉGÉTATION ET DU SOL*

FIGURE 11

*Dans les canaux 1 et 2 de l'AVHRR

FIGURE 12

V.I SMOOTHED WITH POLYNOMIAL CURVE FITTING FOR E11 1983

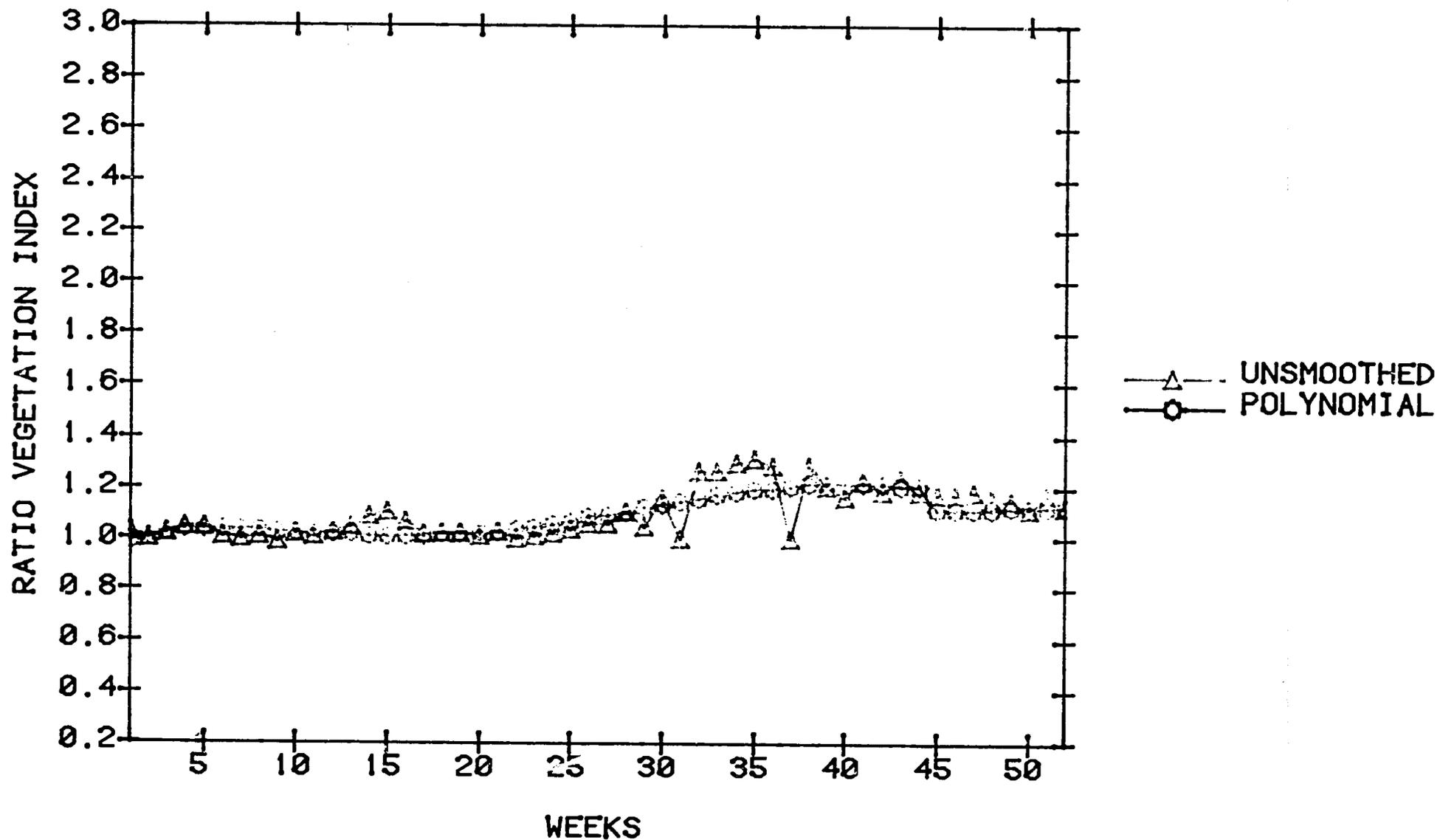


FIGURE 13

VEGETATION INDEX SMOOTHED WITH FOURIER SERIES FOR E11 1983

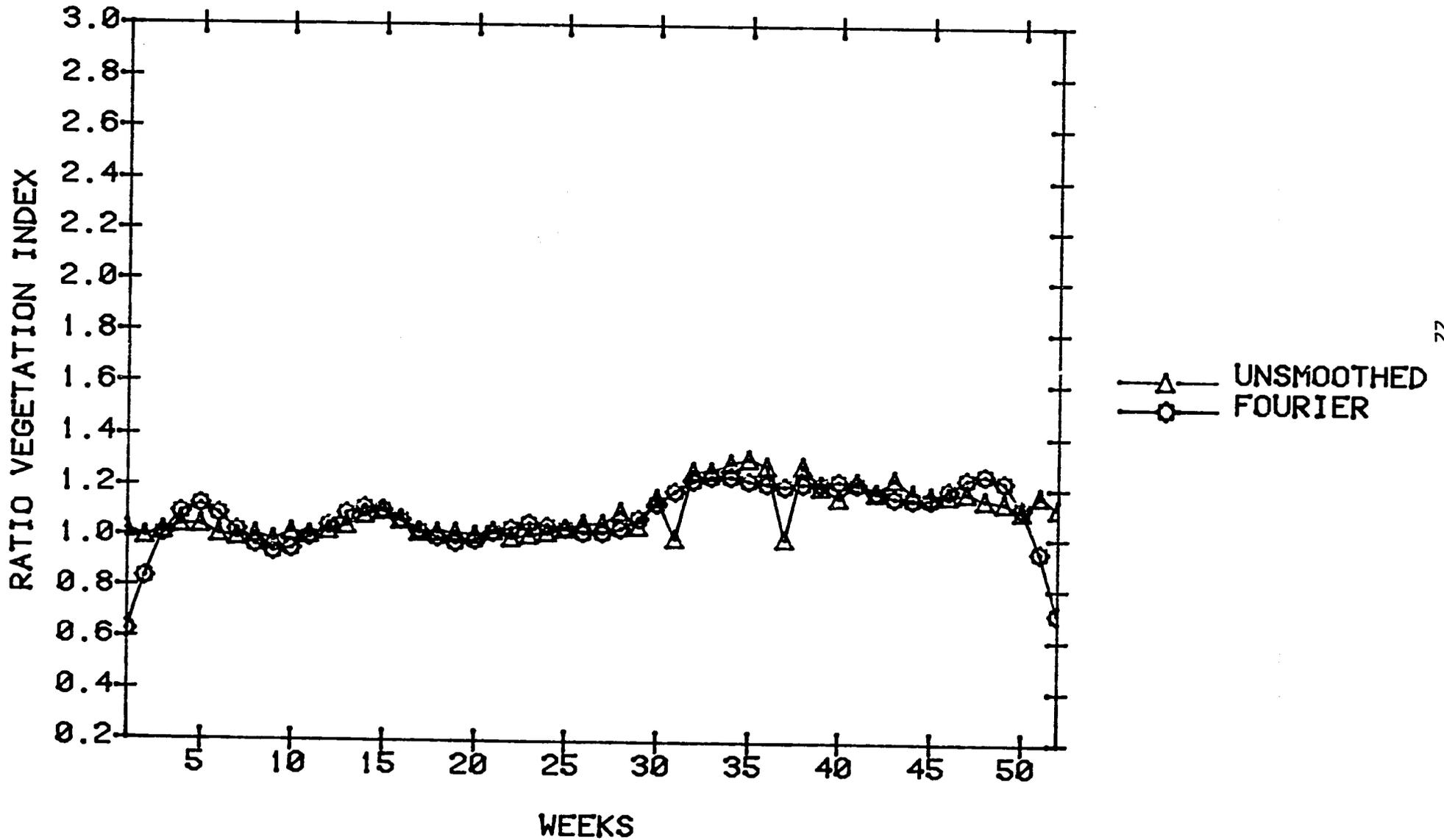
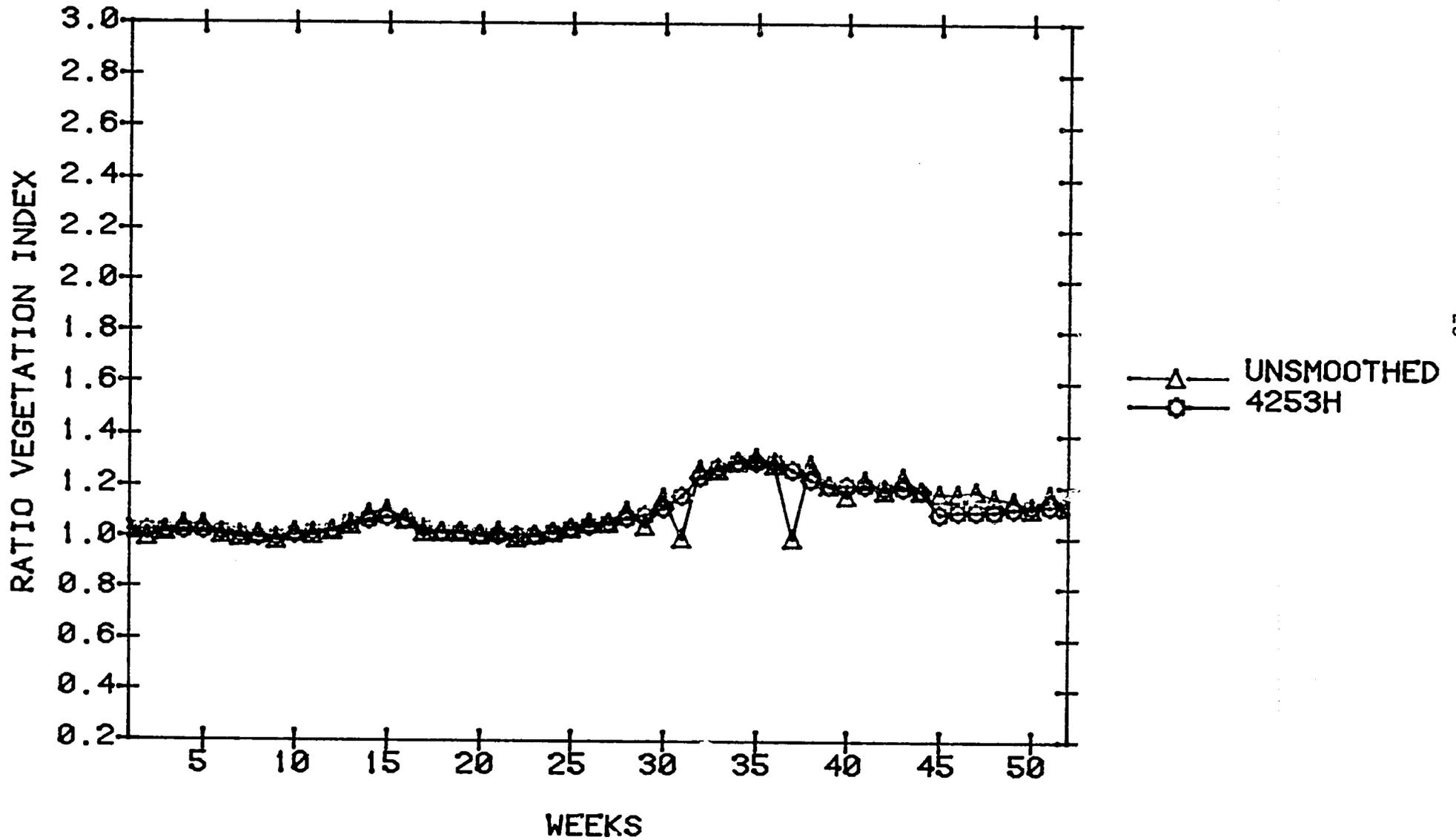


FIGURE 14

V.I SMOOTHED WITH 4253H FOR E11 1983



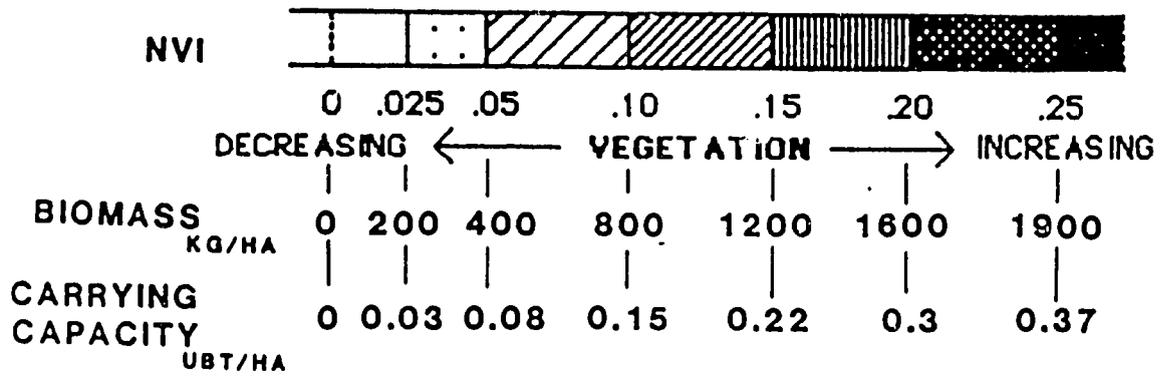
Cet indice est représentatif de la mesure de la quantité de végétation ou de la biomasse au sol. Pour éliminer le bruit sur la courbe d'évolution de l'indice on utilise un filtrage avec la méthode polynomiale, les séries de Fourier, la méthode de la moyenne, de la médiane ou la méthode composée qui est actuellement utilisée par la NOAA/NESDIS/AISC. La courbe lissée permet d'indiquer l'évolution des conditions de la végétation et de la biomasse au cours de la saison. Ainsi pour une zone on peut faire la comparaison entre les courbes des années antérieures et l'année en cours pour déterminer le caractère précoce, tardif, bon ou mauvais de la saison en cours par comparaison aux autres années.

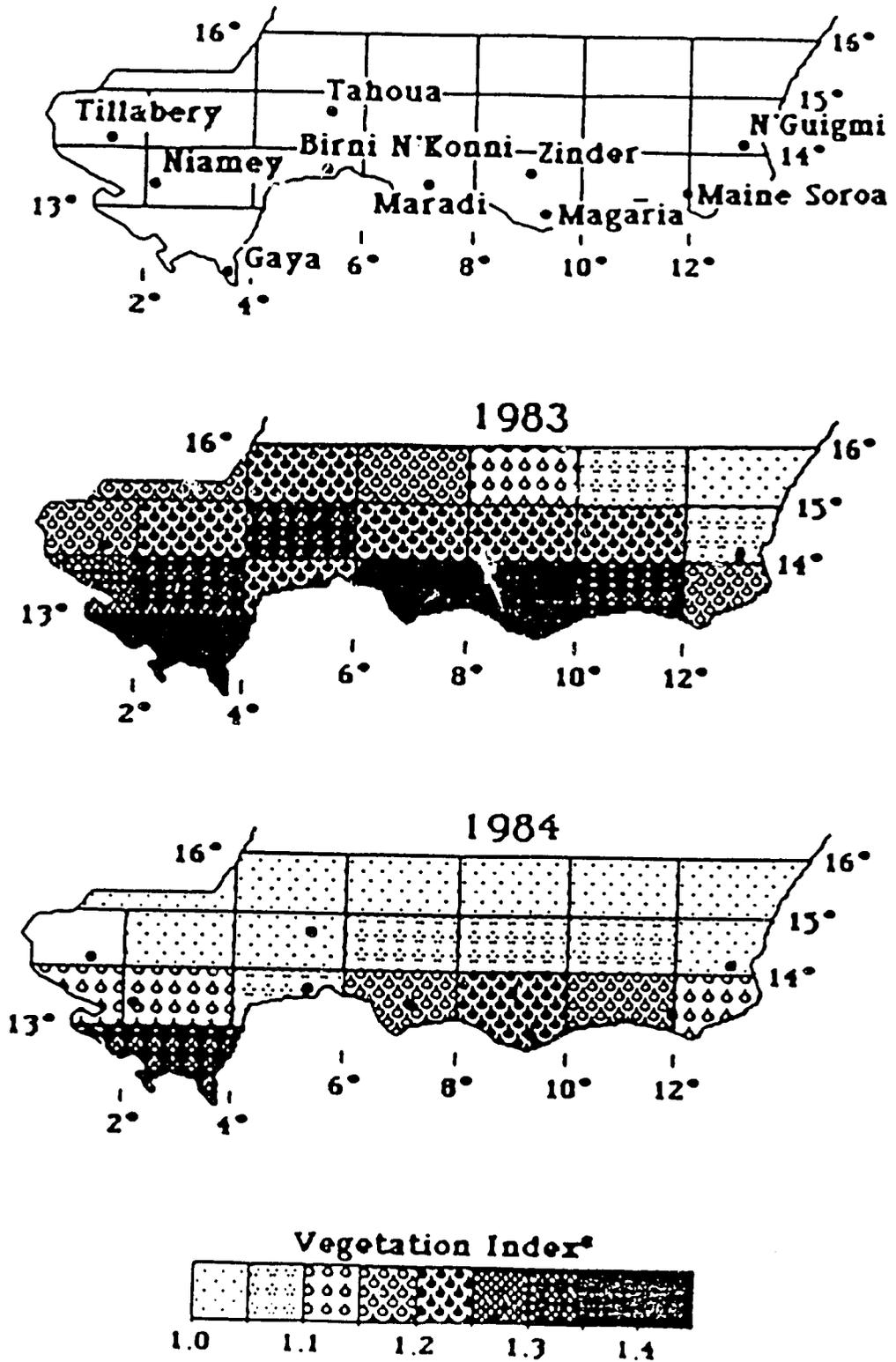
7. Utilisation de NVI

Cet indice comme dit plus haut est représentatif de la mesure de la quantité de végétation et de biomasse au sol pour la zone de calcul. Ainsi connaissant la relation qui lie cet indice à la production (rendement en kg/ha ou biomasse kg/ha) on peut calculer les rendements attendus pour la saison et la quantité de fourrage disponible pour le bétail. Grâce à ces estimations, des mesures urgentes peuvent être prises pour les zones déficitaires par exemple, et la régulation de la charge à l'hectare du bétail peut être programmée en fonction de la biomasse disponible. Cette technique est un bon outil de surveillance de l'évaluation de la campagne agricole surtout dans nos régions, mais les moyens qu'il faut pour sa mise en oeuvre sont assez importants. Ceci ne pourrait être possible que grâce à une assistance des pays industrialisés: (voir figures 15, 16, 17, 18, 19 et 20)

FIGURE 15

ECHELLE DES INDICES NVI





VALEURS DE L'INDICE A LA FIN AOUT

FIGURE 16

FIGURE 17

EXEMPLE DE RELATION ENTRE NVI ET BIOMASSE

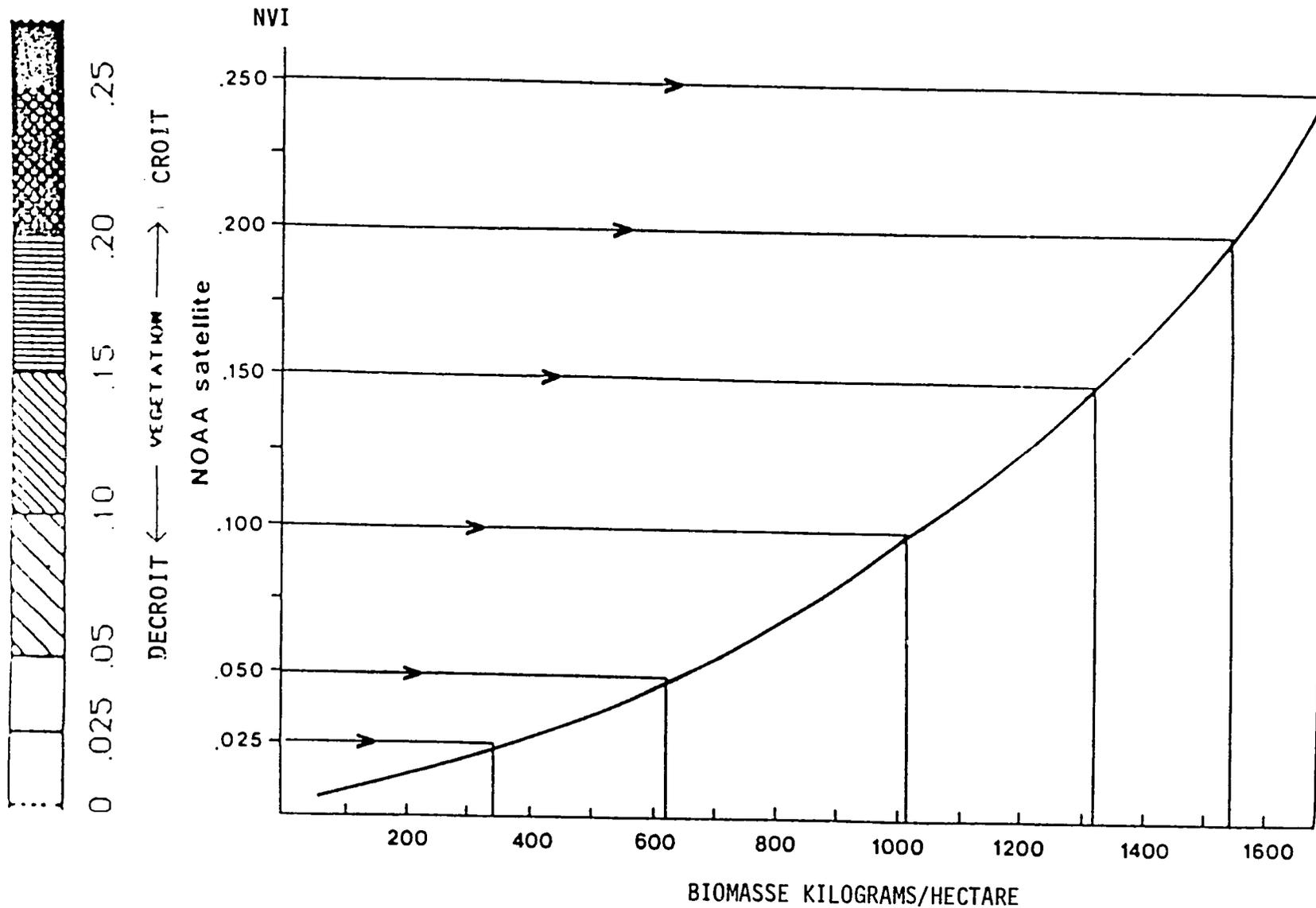


FIGURE 18

RELATION ENTRE BIOMASSE ET CHARGE
(D'APRES BOUDET 1975)

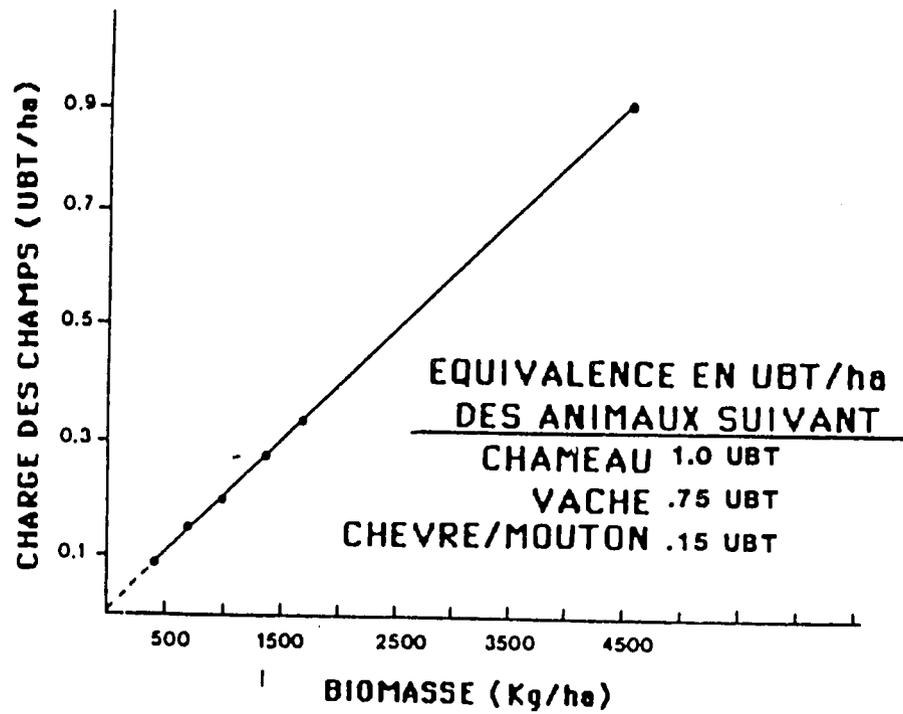


FIGURE 19

RELATION ENTRE BIOMASSE ET CHARGE DES PARCOURS

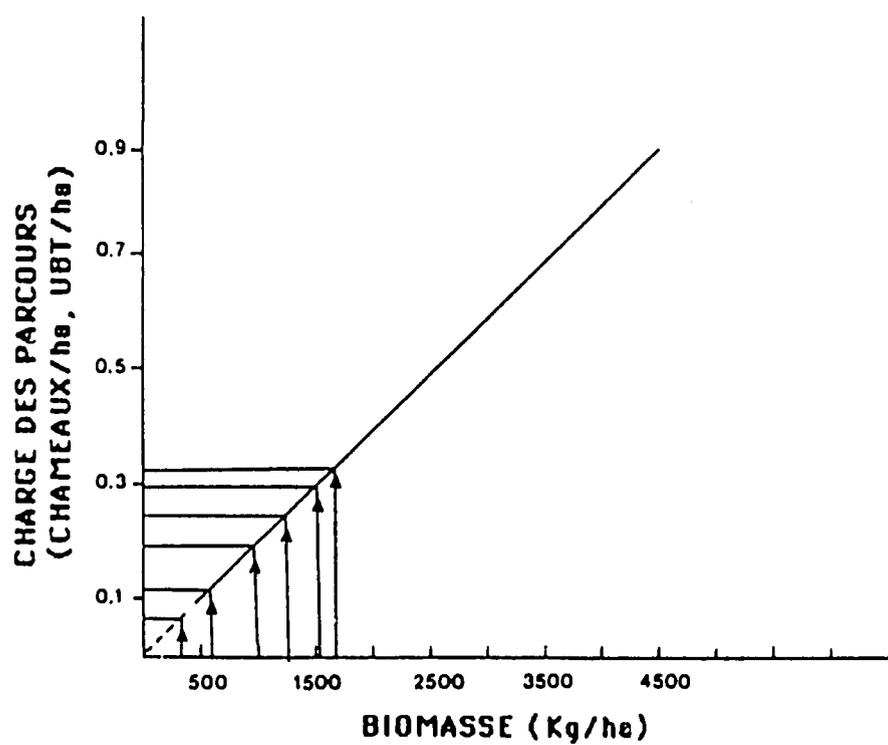
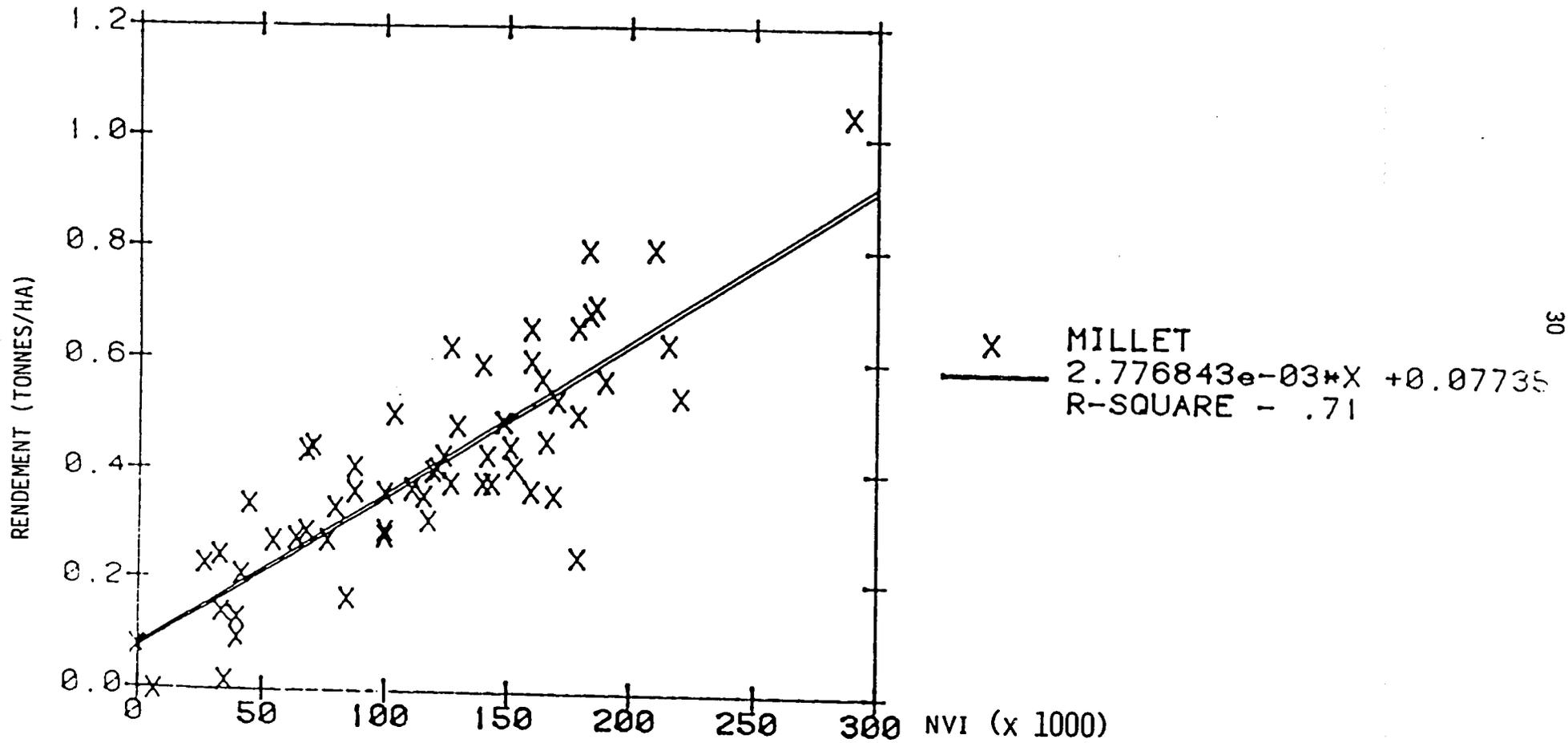


FIGURE 20

REGRESSION ENTRE LE NVI ET LE RENDEMENT
EN MIL AU SAHEL (1983 ET 1984)

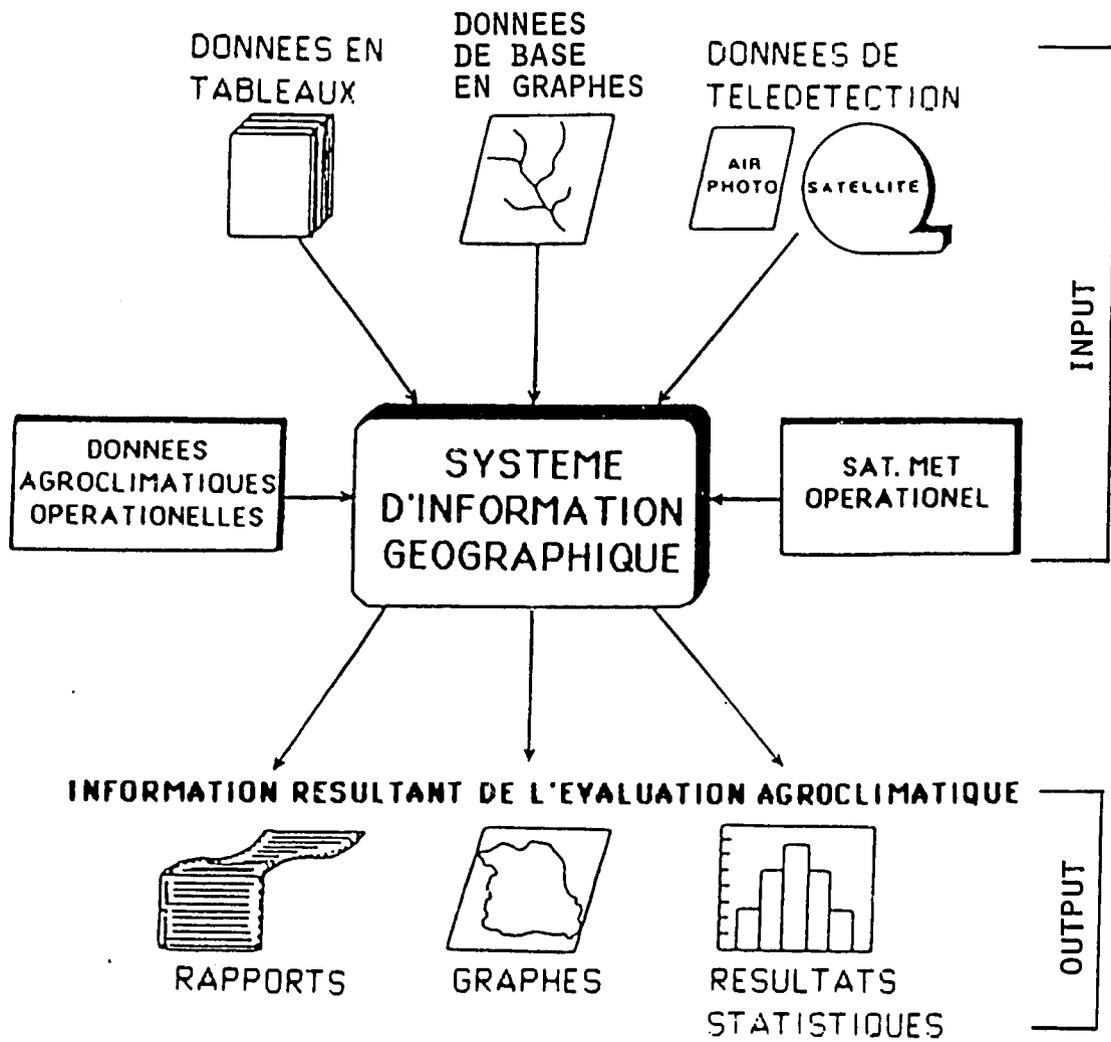


C. Description et analyse de l'état des cultures et des pâturages à l'aide du Système d'Information Géographique (SIG)

Un Système d'Information Géographique peut être conçu comme un système uniquement manuel ou bien être informatisé. Il doit permettre d'acquérir, d'organiser, d'analyser statistiquement et de montrer plusieurs types d'informations spatiales qui sont cartographiées à la même échelle et selon la même projection. Les figures 21 et 22 illustrent la structure conceptuelle d'un tel système.

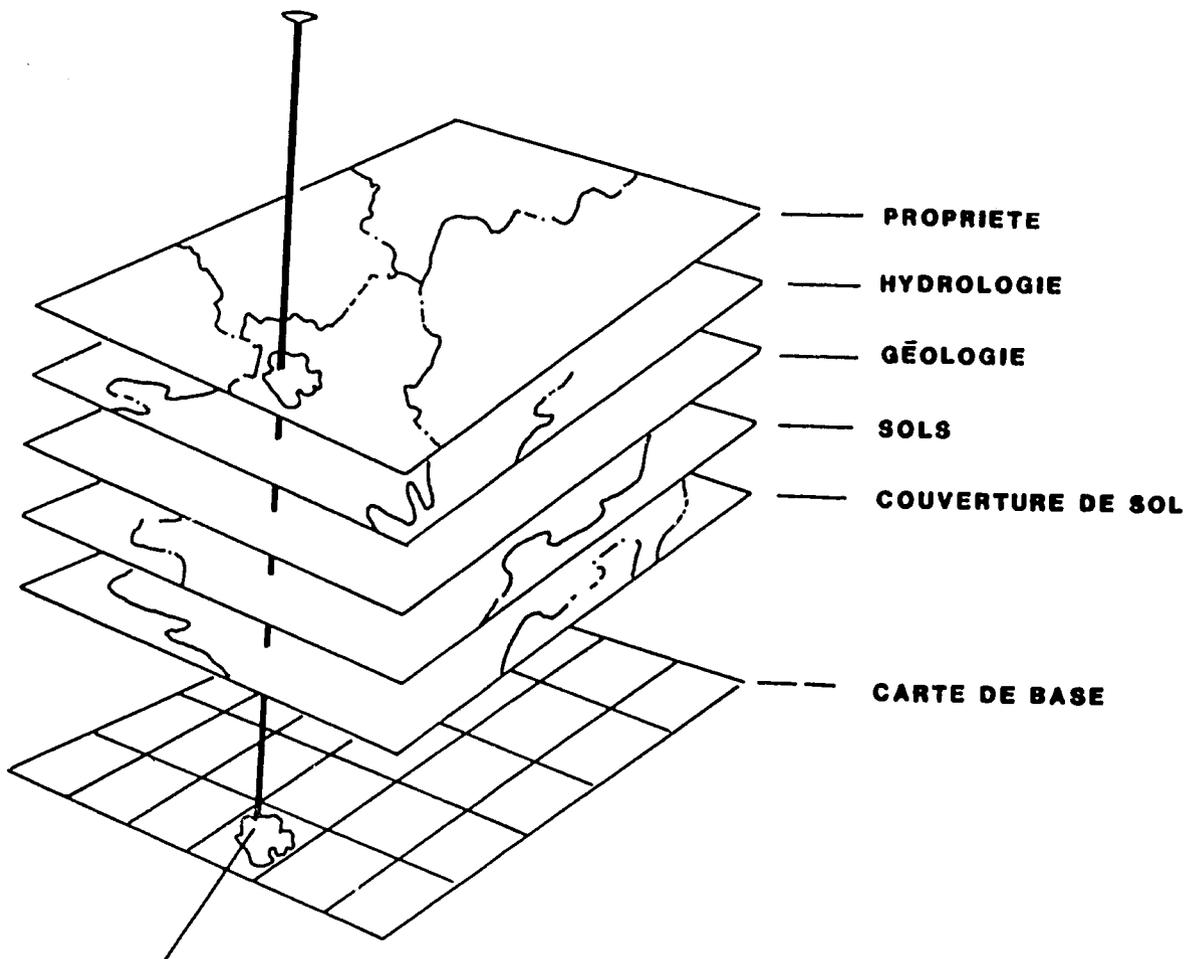
La superposition manuelle préconisée par le CIAD appelée aussi "technique de la table lumineuse" du Système d'Information Géographique (SIG) consiste d'abord à la préparation de l'information sur des fonds de carte et ensuite à la superposition manuelle des "couches" élémentaires qui sont des composantes relatives à chaque type de données SIG. Une liste des informations à inclure dans un tel système pour une évaluation agroclimatique est suggérée dans la figure 23. Ces informations comprennent les images satellitaires AVHRR, les estimations pluviométriques basées sur l'analyse des données de précipitation et sur celle des images satellitaires, la répartition spatiale et temporelle des indices de végétation évalués à partir des données des satellites, des données pluviométriques décennales et mensuelles enregistrées dans les postes pluviométriques, les résultats des divers modèles d'indice agroclimatique et de l'information événementielle.

Une version simplifiée de la procédure SIG est montrée à la figure 24 qui illustre les résultats d'une évaluation spéciale d'une situation au Mali en 1984. Les principales informations utilisées sont aussi montrées. Des évaluations similaires ont été faites pour le Soudan où on a considéré la densité de la population comme une information additionnelle complémentaire dans la



SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

FIGURE 21

FIGURE 22**SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE**

**UN POINT OU UNE RÉGION RÉFÉRENCÉ(E)
GÉOGRAPHIQUEMENT**

Figure - Un GIS peut être visualisé comme une carte de base accompagnée par plusieurs recouvertes enregistrées. Pour n'importe quel point ou n'importe quelle région, les données de ressource peuvent être analysées.

FIGURE 23

INVENTAIRE DES COMPOSANTES DU MANUEL SIG

Liste de Vérification

Manuel des Ressources

- _____ Carte des Régions Administratives
- _____ Calendrier Cultural
- _____ Réseau de Station
- _____ Pluviométrie Mensuelle Normale
- _____ Histogrammes de la Pluviométrie
- _____ Cartes de Surfaces Utilisables
- _____ Régions de Production Agricole
- _____ Statistiques Historiques des Cultures
- _____ Autres(_____)

Données Pluviométriques

- _____ Pluviométrie Décadaire Actuelle
- _____ Pluviométrie Mensuelle Actuelle
- _____ Pluviométrie Mensuelle Cumulative

Indices des Conditions Culturelles

- _____ Indice Décadaire du Bilan Hydrique
- _____ Autres(_____)

Modèles Régionaux des Récoltes

- Mil
 Sorgho
 Maïs
 Arachides
 Niébés
 Coton
 Autres(_____)

Imagerie Satellitaire de NOAA

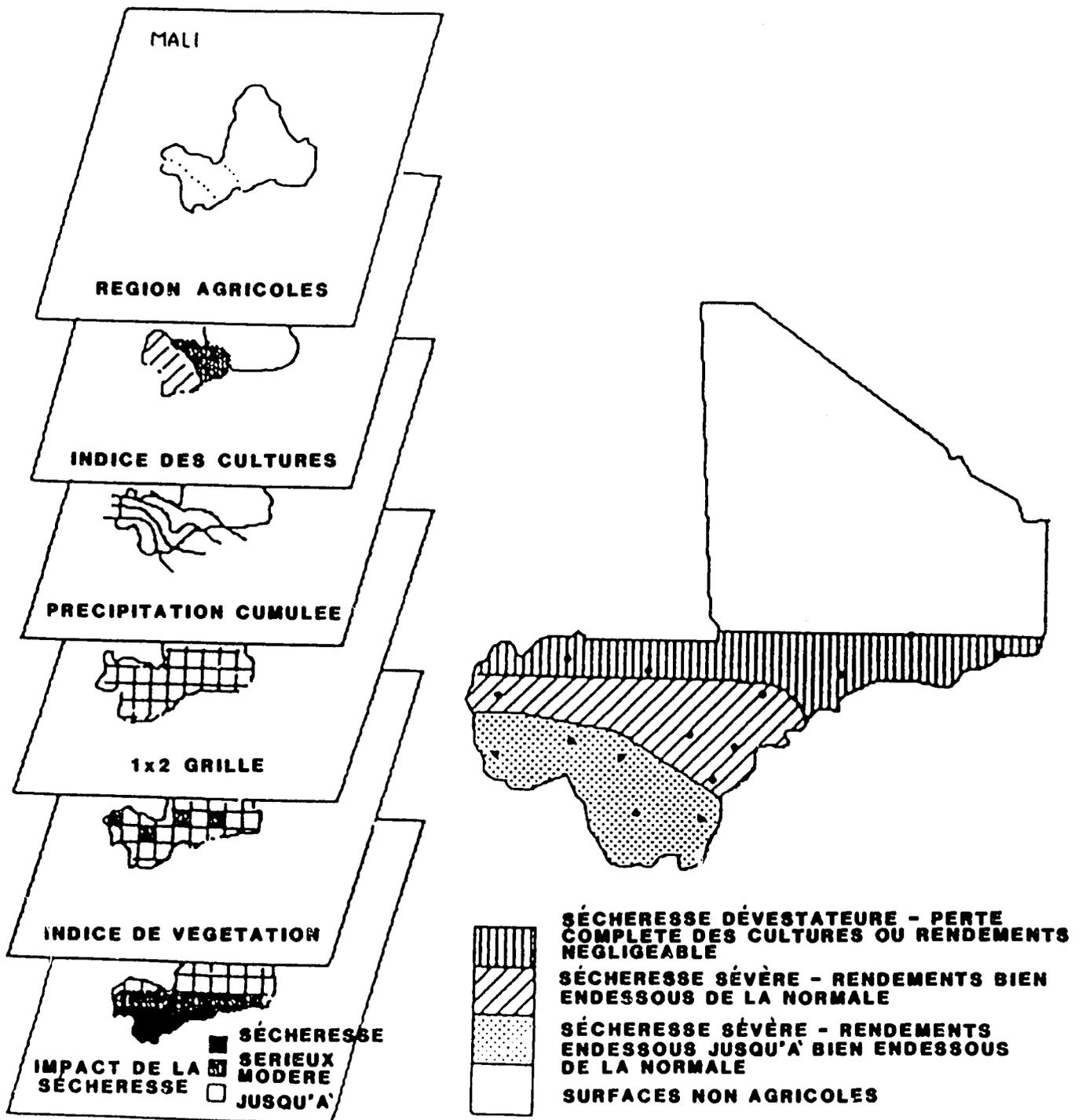
- Image Composite Actuelle
 Images Composites Précédantes

Données de l'Indice Normalisé de Végétation (NVI)

- Séries Statistiques Hebdomadaires Lissés (Série Chronologique)
 Carte Hebdomadaire Régionale de NVI
 Carte Hebdomadaire Nationale de NVI

Autres Données

- Données des Evénements Episodiques
 Autres Données Ancillaires



SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

EXEMPLE D'APPLICATION = CAS DU MALI

FIGURE 24

procédure SIG. Ainsi dans le cas du Soudan, les problèmes liés à la sécheresse ont été analysés en terme d'impact sur la population des régions affectées.

La technique SIG de "la table lumineuse" peut être utilisée pour vérifier des problèmes identifiés au cours de la procédure d'évaluation ou encore pour identifier des problèmes potentiels qui pourront être vérifiés avec d'autres données disponibles par ailleurs. L'avantage principal de la technique GIS est d'intégrer les données dans un contexte spatial. Cette approche, cependant, ne peut pas être faite seule; elle complète l'analyse classique des données de l'environnement disponibles.

D. Techniques de prévision des rendements

1. Analyse des statistiques agricoles

a) Procédures d'échantillonnage utilisées au Niger

Jusqu'en 1984 l'échantillonnage utilisé pour l'estimation des productions agricoles était basé sur le découpage du pays en zones. A l'intérieur de chaque zone, les villages, les hameaux et campements étaient regroupés en agglomérations. L'échantillon d'exploitation était tiré selon un mode de tirage à 3 degrés.

- les unités primaires sont constituées par les zones (obtenues à partir du recensement démographique de 1977.

- les unités secondaires sont les agglomérations.

- les unités tertiaires sont les exploitations.

Le tirage des exploitations était considéré comme équiprobable (on a supposé que le nombre d'exploitations par zone ou par agglomération était approximativement proportionnel au nombre d'habitants) ce qui permettait de faire des extrapolations au niveau des arrondissements, des départements et au niveau national.

A partir de 1985 un nouvel échantillon a été tiré. Il comprend un nombre constant de villages (12) par arrondissement et un nombre constant d'exploitations (5) par village. Le tirage de l'échantillon est à 2 degrés

- les unités primaires sont les villages.
- les unités secondaires sont les exploitations.

Les villages ont été tirés par arrondissement et suivant 3 strates.

1ère strate: villages de moins de 300 habitants.

2ème strate: villages de 300 à 500 habitants.

3ème strate: villages de plus 500 habitants.

Le tirage des villages à l'intérieur de chaque strate se fait avec une probabilité proportionnelle à la taille et dans chaque village échantillon le tirage des exploitations se fait à probabilité égale. Les observations se font au niveau de toutes les exploitations échantillons par les agents de l'agriculture aidés par des commis de la statistique. La mesure des superficies se fait à l'aide de carrés de rendements (de 10m x 10m pour le mil, le sorgho et le niébé en culture associé et 5m x 5m pour le niébé, l'arachide en culture pure) posés de façon aléatoire dans toutes les parcelles des exploitations échantillons.

Pour la prévision des récoltes qui se fait environ un mois avant la récolte, on compte le nombre d'épis potentiels à l'intérieur de chaque carré, on le multiplie par le poids moyen des épis (obtenu à partir des pesées d'épis de la récolte précédente), on apporte une correction de 20% à ce résultat:

$$R_p = P_e \times N_e \times 80\%$$

R_p = Rendement prévisionnel

P_e = poids moyen des épis

N_e = nombre d'épis potentiels

C'est ce rendement prévisionnel qu'on multiplie par les superficies estimées pour obtenir la production prévisionnelle.

Mais la valeur statistique de cette méthodologie n'a pas encore été testée.

b) Les données disponibles

Il existe des données sur les productions de mil, sorgho, niébé, arachide, riz de 1964 à 1985 par arrondissement, département et aussi au niveau national.

c) Autres techniques pouvant produire des éléments statistiques

Techniques utilisées par le ministère américain de l'agriculture pour estimer les rendements.

Les données nécessaires pour l'utilisation de ces techniques sont

- le stade de maturation: on considère 7 niveaux de maturation et à chaque niveau correspond un type de modèle.

- le nombre de plants
- le nombre d'épis
- le nombre de plants ayant des épis
- la longueur des épis
- Le poids des épis à la récolte
- la teneur en eau des grains

Si par exemple on veut estimer le rendement juste avant la maturité, on utilise le modèle suivant.

Rendement = nombre d'épis x poids des grains des épis.

Le nombre d'épis étant obtenu par observation sur le terrain et le poids des grains des épis par estimation.

L'estimation du poids des grains se fait de la façon suivante:

$M_1 = A + B$ (longueur d'une rangée de graines sur l'épi)

A et B sont des coefficients calculés par le modèle de régression.

B est une fonction de la longueur des rangées de grains.

$$M_2 = A + B \text{ (longueur des spathes)}$$

B est une fonction de la longueur des spathes.

Le poids estimé des grains = $W_1 (M_1) + W_2 (M_2)$ avec $W_1 + W_2 = 1$

Dans le cas où on ne peut pas compter le nombre d'épis sur le terrain on fait une estimation au niveau du nombre d'épis et au niveau du poids des épis.

En ce qui concerne le poids des épis on prend celui des données historiques.

Pour estimer le nombre d'épis on procède de la façon suivante:

$$M_1 = A + B \text{ (nombre de plants)}$$

$$M_2 = \frac{\text{nombre de plants} + \text{nombre de bourgeons}}{A + B \left(\frac{\text{nombre de plants ayant des épis}}{\text{nombre de plants}} \right)}$$

estimation nombre d'épis = $W_1 (M_1) + W_2 (M_2)$ avec $W_1 + W_2 = 1$.

2. Autres modèles de statistiques agricoles

a) Le triangle de la matrice de corrélation

Ce triangle qui est situé à la partie supérieure droite de la matrice de corrélation est un des premiers outils utilisés pour développer des modèles de régression. Chaque élément du triangle constitue un coefficient de corrélation simple, qui permet de mesurer la relation linéaire entre deux variables

x = précipitation et y = rendement

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}}$$

$$-1 \leq r \leq 1$$

si $r > 0$ = Il existe une relation entre les précipitations et le rendement; on prend la plus grande valeur de r dans le triangle et c'est à partir de cette valeur qu'on détermine la période dont le cumul pluviométrique explique le rendement.

Si $r < 0$ = Il n'existe pas de relation entre les précipitations et le rendement.

Pour vérifier cette corrélation on doit examiner alors:

- les données (précipitation et rendement)
- les diagrammes de dispersion
- les représentations graphiques des séries chronologiques
- vérification des données par rapport aux sources d'information.

Des années peuvent être éliminées si les données sont douteuses.

Le coefficient de corrélation peut être faible, même s'il existe une relation entre les deux variables, lorsqu'une tendance n'existe qu'au niveau de rendement.

Le triangle de corrélation se présente comme suit:

	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre
mai	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{15}	r_{16}
juin		r_{22}	r_{23}	r_{24}	r_{25}	r_{26}
juillet			r_{33}	r_{34}	r_{35}	r_{36}
août				r_{44}	r_{45}	r_{46}
septembre					r_{55}	r_{56}
octobre						r_{66}

r_{11} = coefficient de corrélation entre le rendement en fin de saison et la pluviométrie du mois de mai.

r_{12} = coefficient de corrélation entre le rendement en fin de saison et la pluviométrie cumulée mai-juin.

r_{34} = coefficient de corrélation entre le rendement en fin de saison et la pluviométrie cumulée juillet - août.

exemple: Maradi culture = mil

Le coefficient de corrélation est parfois appelé coefficient de corrélation de Pearson.

S'il y'a des points extrêmes ou si la relation n'est pas linéaire, il est préférable d'utiliser un coefficient non paramétrique.

$$r = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - t_i)^2}{n^3 - n}$$

Coefficients de corrélation entre le rendement et les précipitations cumulées

Période	Niger						
	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre
avril	0.0542	-0.5627	0.4199	0.5038	0.7193	0.7719	0.7685
mai		-0.5941	0.4141	0.5117	0.7193	0.7707	0.7673
juin			0.6050	0.6015	0.7719	0.8096	0.8038
juillet				0.4290	0.7322	0.7543	0.7489
août					0.6128	0.6911	0.6642
septembre						0.3743	0.3312
octobre							0.1371

10 années utilisées dans l'analyse. Période de registre: 1975-84.

Example: n = 5

<u>n</u>	<u>x</u>	<u>y</u>	<u>s</u>	<u>t</u>	<u>s-t</u>
1	50	3,0	3	2,5	0,5
2	45	2,5	1	1	0
3	47	3,0	2	2,5	-0,5
4	60	3,5	4	4	0
5	70	3,6	5	5	0

Spearman

$$r = 1 - \frac{0,50}{125-5} = 0,996$$

b) Les modèles de régression rendement/pluviométrie

Le modèle de régression "multiple linear regression" est un outil utilisé pour estimer les récoltes. Il permet de déterminer le rapport entre le climat et les rendements. La technique générale est la suivante:

Pour des séries chronologiques de rendement et de pluviométrie, on cherche à détecter les périodes pour lesquelles il existe des tendances. Ensuite, on construit les triangles de corrélation pour les périodes ayant une tendance. On examine les coefficients de corrélation pour pouvoir déterminer la variable pour laquelle la corrélation avec le rendement est la meilleure. Au Sahel cette variable ne peut être que la pluviométrie qui est le seul facteur limitant pour l'agriculture.

Après avoir choisi cette variable, on fait une analyse de régression avec le rendement pour les périodes de tendance. On cherche alors la période pour laquelle le modèle est bon.

Exemple sur le mil à Maradi:

la variable pour laquelle la corrélation avec le rendement est la meilleure, est la pluviométrie cumulée de juin à septembre; en d'autres termes c'est cette pluviométrie cumulée de juin à septembre qui explique le rendement à Maradi.

L'analyse de régression nous permet de déterminer les coefficients \hat{a} et \hat{b} contenus dans l'équation d'estimation du rendement et aussi la variance qui intervient dans le calcul de l'intervalle de confiance.

$$\bar{Y} = \hat{a} + \hat{b} x$$

\bar{Y} est le rendement estimé

X est la pluviométrie

Pour estimer le rendement, on procède par élimination des années: c'est la méthode "Jackknife"

Si la période est constituée de n années par exemple, pour estimer le rendement de

- l'année 1: on élimine les données sur le rendement de cette année et on fait l'analyse de régression sur les (n-1) années pour déterminer les coefficients \hat{a} et \hat{b} . Le rendement estimé sera alors

$$\bar{Y}_1 = \hat{a} + \hat{b} x_1$$

x_1 = pluviométrie de l'année 1

- de l'année 2: on reprend les données de rendement de l'année 1 et des autres années de 3 à n, car on élimine celles de l'année 2. L'estimation du rendement se fait de la même manière que précédemment

$$\bar{Y}_2 = \hat{a} + \hat{b} X_2$$

X_2 = pluviométrie de l'année 2

Les paramètres statistiques de la régression dans les modèles de culture pour le Niger dans la région de Maradi pour la culture de mil se présentent comme suit:

<u>Source</u>	<u>Degrés de liberté</u>	<u>Somme des carrés</u>	<u>Moyene des carrés</u>	<u>Valeur de F</u>	<u>Prob > F</u>
Modèle	1	0.042622	0.042622	15.218541	0.0048
Incertitude	8	0.022405	0.002801		
Total	9	0.065027			

Racine carrée de la moyenne des carrés de l'incertitude				0.0529
R-Carré	0.6554	Coefficient de variation *	100.00	12.3706
R-Carré ajouté	0.6124	Moyenne de la variable dépendante		0.4278

<u>Variable</u>	<u>Estimation des paramètres</u>	<u>Mesure de dispersion</u>	<u>Test de Student Paramètre = 0</u>	<u>Prob > T </u>
Segm. Droite	0.207778	0.058832	3.531744	0.0078
jun-sep	0.000532	0.000136	3.901020	0.0048

<u>Année</u>	<u>Rndmnt effectif</u>	<u>jun-sep</u>	<u>Rndmnt prédit</u>	<u>Résidus</u>
1975	0.2950	310.0	0.3726	-0.0776
1976	0.4540	473.0	0.4593	-0.0053
1977	0.5320	608.0	0.5311	0.0009
1978	0.4970	479.0	0.4625	0.0345
1979	0.4680	575.0	0.5136	-0.0456
1980	0.4980	494.0	0.4705	0.0275
1981	0.4320	382.0	0.4109	0.0211
1982	0.4240	271.0	0.3519	0.0721
1983	0.4050	291.0	0.3625	0.0425
1984	0.2730	254.0	0.3429	-0.0699

On continue le même procédé jusqu'à l'année n ensuite on calcule les différences entre les rendements estimés et les rendements effectifs pour tester la validité du modèle. Le modèle testé permet de prévoir le rendement de l'année $n + 1$, mais il faut auparavant connaître la pluviométrie de l'année et on peut aussi déterminer l'intervalle de confiance pour le rendement. La formule utilisée est la suivante:

$$\bar{Y} + b (x_{n+1} - \bar{x}) \pm \hat{\sigma} t_{n-2} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_{n+1})^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2}}$$

Examinons toujours l'exemple du mil à Maradi.

$$n = 10 \quad t_{n-2} = t_8 = 2,752 \quad b = 0,000532$$

$$s^2 = 0,002801 \quad = \Rightarrow \quad \hat{\sigma} = 0,0529245$$

le rendement moyen sur 10 ans est $\bar{y} = 0,428$

la pluviométrie moyenne sur 10 ans est $\bar{x} = 418$

pour estimer le rendement de 1985, sachant que la pluviométrie cumulée de juin à septembre est 378 mm nous avons

$$0,428 + 0,000532 (378 - 418) \pm 0,0529245 \times 2,752 \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{(418 - 378)^2}{161.588}}$$

$$\Rightarrow y = 0,407 \pm 0,048$$

Il est possible de confectionner plusieurs types de modèle, mais leur utilisation suppose une critique du modèle et une bonne connaissance de ses limites. Pour un modèle qui fait intervenir la pluviométrie cumulée d'une période donnée par exemple, il est bon de savoir la répartition de cette pluviométrie dans le temps. Il est aussi bon de garder en mémoire qu'un modèle,

conçu pour une zone bien déterminée, ne peut être applicable ailleurs qu'après réajustement des coefficients et même parfois la reprise complète du modèle pour le choix d'autres variables qui expliquent mieux ce que nous cherchons à expliquer.

Les modèles statistiques sont un bon outil de travail mais ils doivent être bien compris et bien interprétés quand on les utilise.

CHAPITRE III

EVALUATION DE LA SAISON 1985

A. Situation générale

D'une manière générale le régime pluviométrique a été bon à normal sur la majeure partie du pays excepté la région d'Agadez et quelques poches isolées. La saison s'est normalement installée de la 3^{ème} décade de mai à la 3^{ème} décade de juin, et ceci progressivement du sud vers le nord.

L'analyse des coupes chronologiques des indices de végétation et des images satellitaires montre une évolution normale des cultures et de la biomasse (figure 25). L'arrêt des précipitations sur la majeure partie du pays, à la deuxième décade de septembre aura certainement un impact négatif sur les rendements des cultures à cycle long. Les conditions de pâturages sont bonnes sur l'ensemble des zones pastorales, eu égard aux bonnes précipitations tombées dans ces zones.

B. Condition des pâturages et biomasse

L'analyse des images satellitaires et des indices NVI par cellule pour la saison 1985 fait apparaître la situation suivante (figures 26 and 27):

A l'ouest du pays (région Niamey-Dosso) on assiste à un démarrage de la saison à la même période sauf à Gaya où la saison a démarré en mai, mais tard par rapport à 1984.

L'évolution de la biomasse est meilleure à 1984 mais moins bonne qu'en 1983 dans les régions Niamey-Dosso, sauf dans la région de Gaya où malgré une installation tardive de la saison, la situation est meilleure aux deux dernières années.

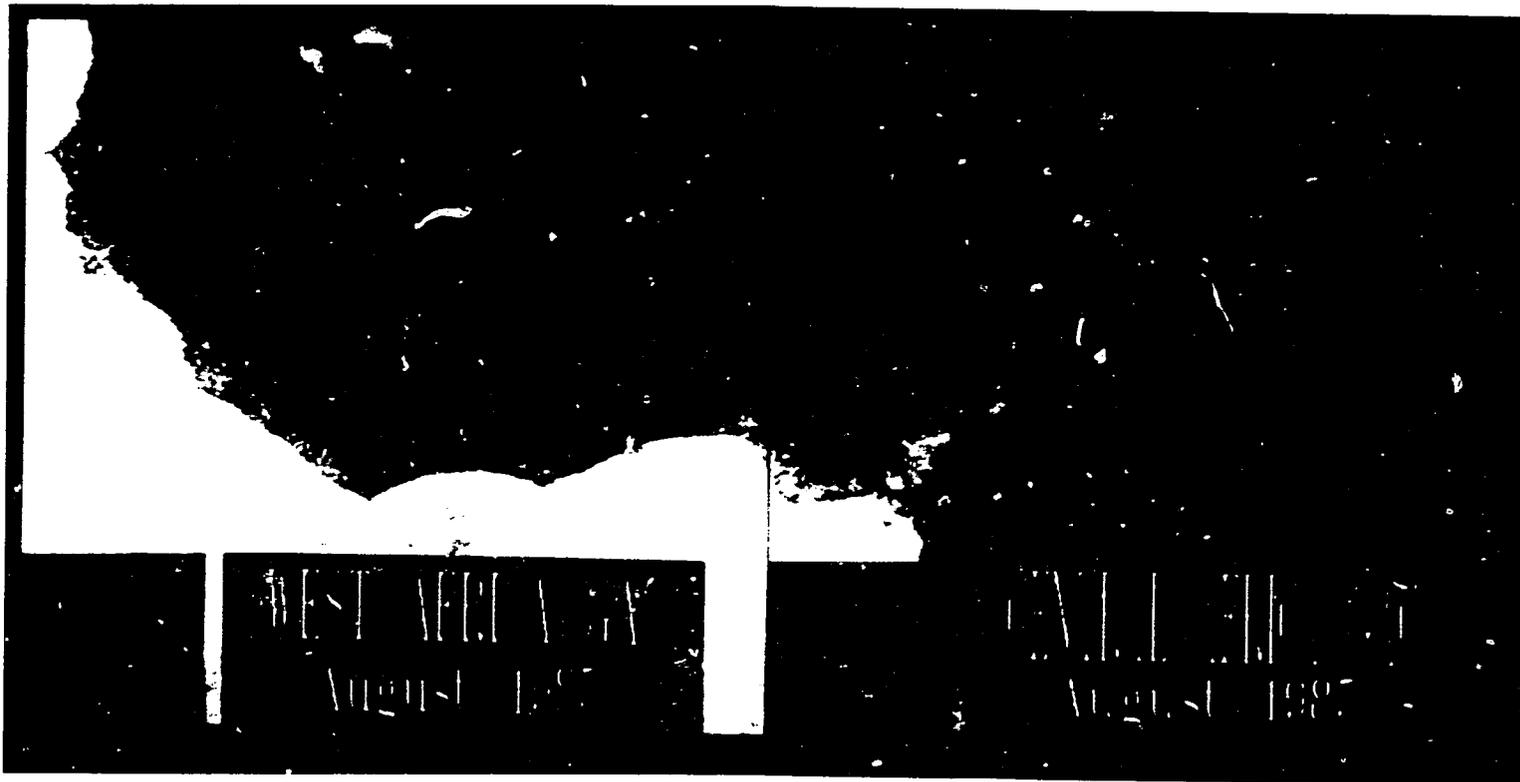


IMAGE SATELLITE

FIGURE 25

NOAA SATELLITE VEGETATION/BIOMASS INDEX
 NORMALIZED AVHRR DATA
 SECOND WEEK OF AUGUST

NIGER

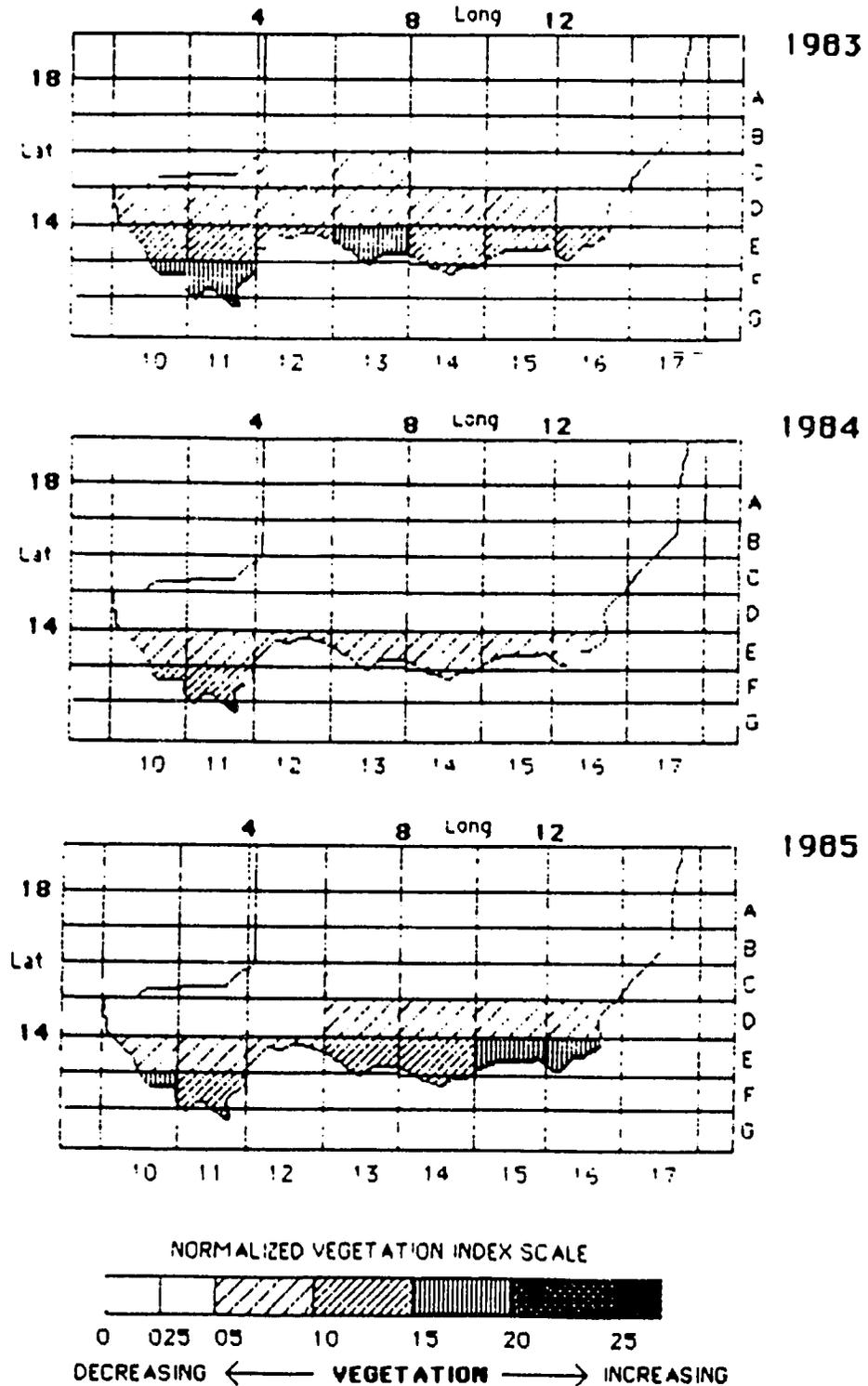
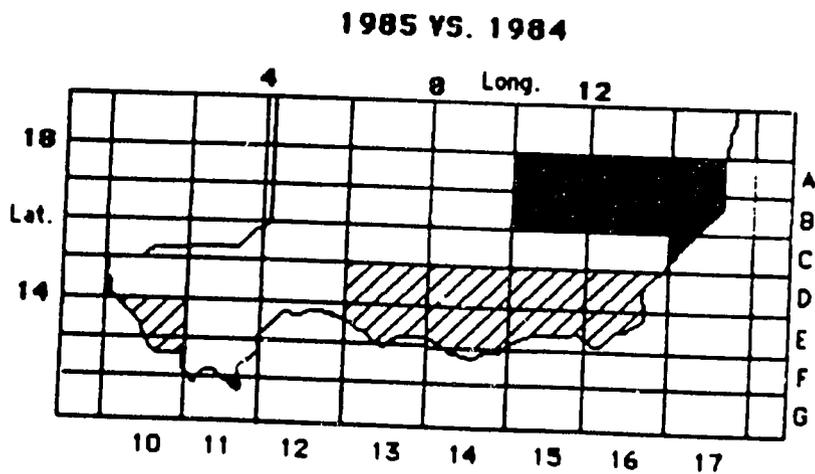
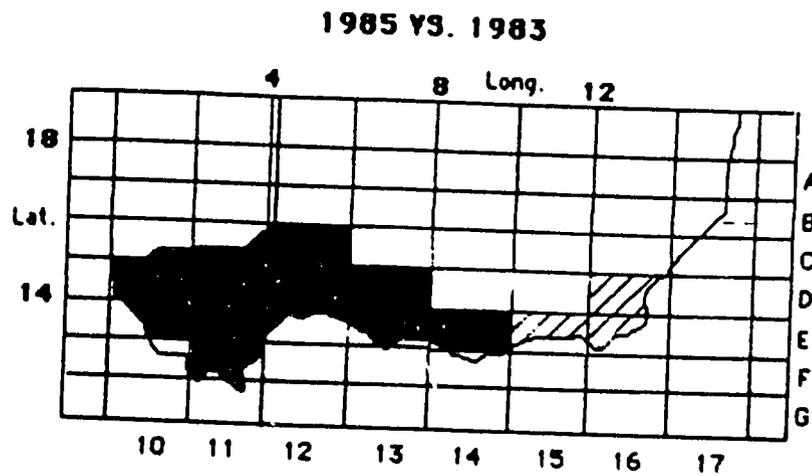


FIGURE 26

FIGURE 27
COMPARATIVE NOAA VEGETATION/BIO MASS INDEX
NORMALIZED AVHRR DATA
SECOND WEEK OF AUGUST
NIGER



- 1985 LESS GREEN THAN PREVIOUS YEAR**
- NO DIFFERENCE FROM PREVIOUS YEAR**
- 1985 GREENER THAN PREVIOUS YEAR**

Dans les régions de Tahoua, Maradi et Zinder (centre du pays) il y a eu une installation tardive de la saison par rapport à 1983, mais l'évolution de la végétation est meilleure aux deux dernières années, sauf dans le sud des régions Maradi et Zinder où cette évolution est comparable à celle de 1983. A l'est, dans les régions de Gouré, Mainé et N'Guigni il y a eu une installation précoce de la saison par rapport à 1983, sauf au nord de Gouré et N'Guigni, et l'évolution de la végétation est meilleure aux deux dernières années sauf au nord de Gouré où l'évolution est comparable à celle de 1983. (Voir coupes chronologiques des NVI - figures 28, 29, 30 and 31)

C. Conditions des cultures

Les indices du bilan hydrique des cultures (FAO: Frère et Popov) analysés en fin de cycle, font apparaître une situation assez bonne au sud du 14^{ème} Nord, sauf à l'est du pays où l'indice présente une situation passable (voir tableau de l'indice du bilan hydrique - figure 4).

A l'ouest du pays, l'évolution croissante de la courbe des NVI laisse présager une bonne campagne agricole car les cultures n'ont pas souffert de stress important, donc des rendements normaux sont à attendre. L'analyse de régression rendement - indice de végétation normalisée nous donne les résultats suivants: 0,475 tonnes de sorgho/ha et 0,550 tonnes de mil/ha.

Au centre du pays, les cultures ont évolué normalement, car alimentées régulièrement en eau sauf dans les régions de Konni à Zinder où un stress s'est fait sentir dans la deuxième et troisième décade de juillet. Mais ce stress n'a pas causé beaucoup de dégâts aux cultures car l'analyse des coupes chronologiques des indices de végétation normalisés correspondantes ne font pas apparaître ce stress.

REGIONAL AVERAGE SMOOTHED NVI

+ = 1983
 * = 1984
 0 = 1985

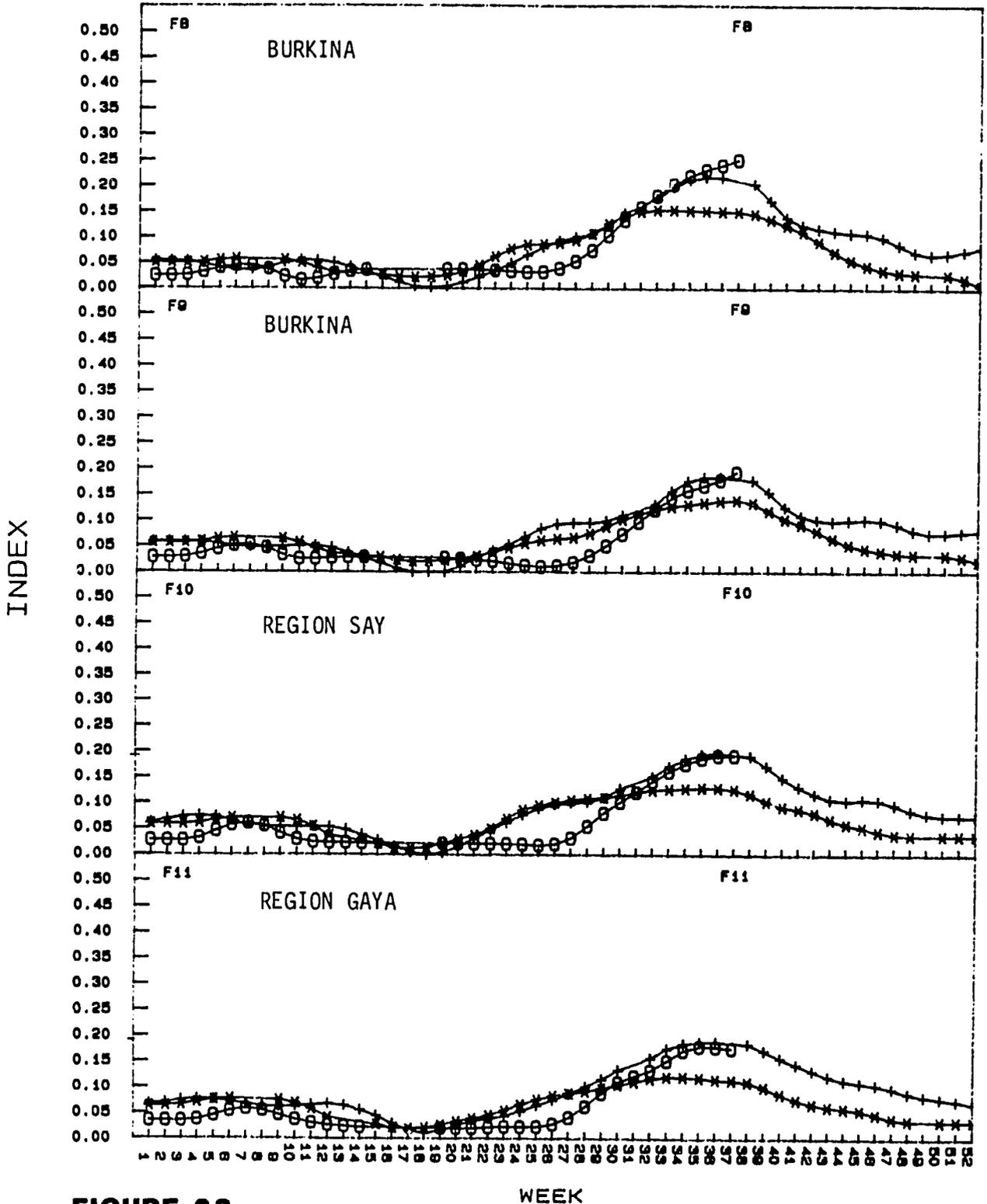


FIGURE 28

WEEK

REGIONAL AVERAGE SMOOTHED NVI

+ = 1983
 * = 1984
 0 = 1985

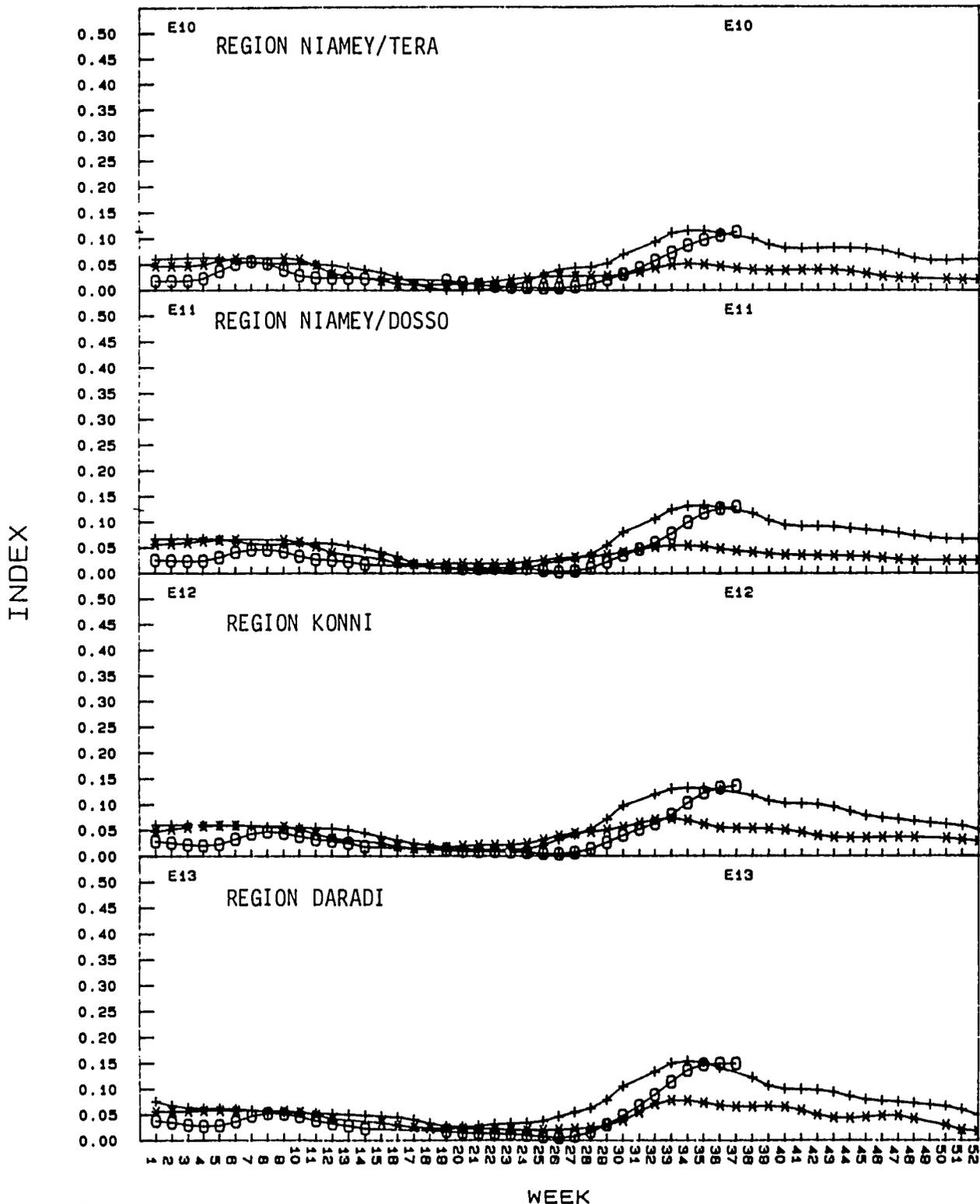


FIGURE 29

REGIONAL AVERAGE SMOOTHED NVI

+ = 1983
x = 1984
o = 1985

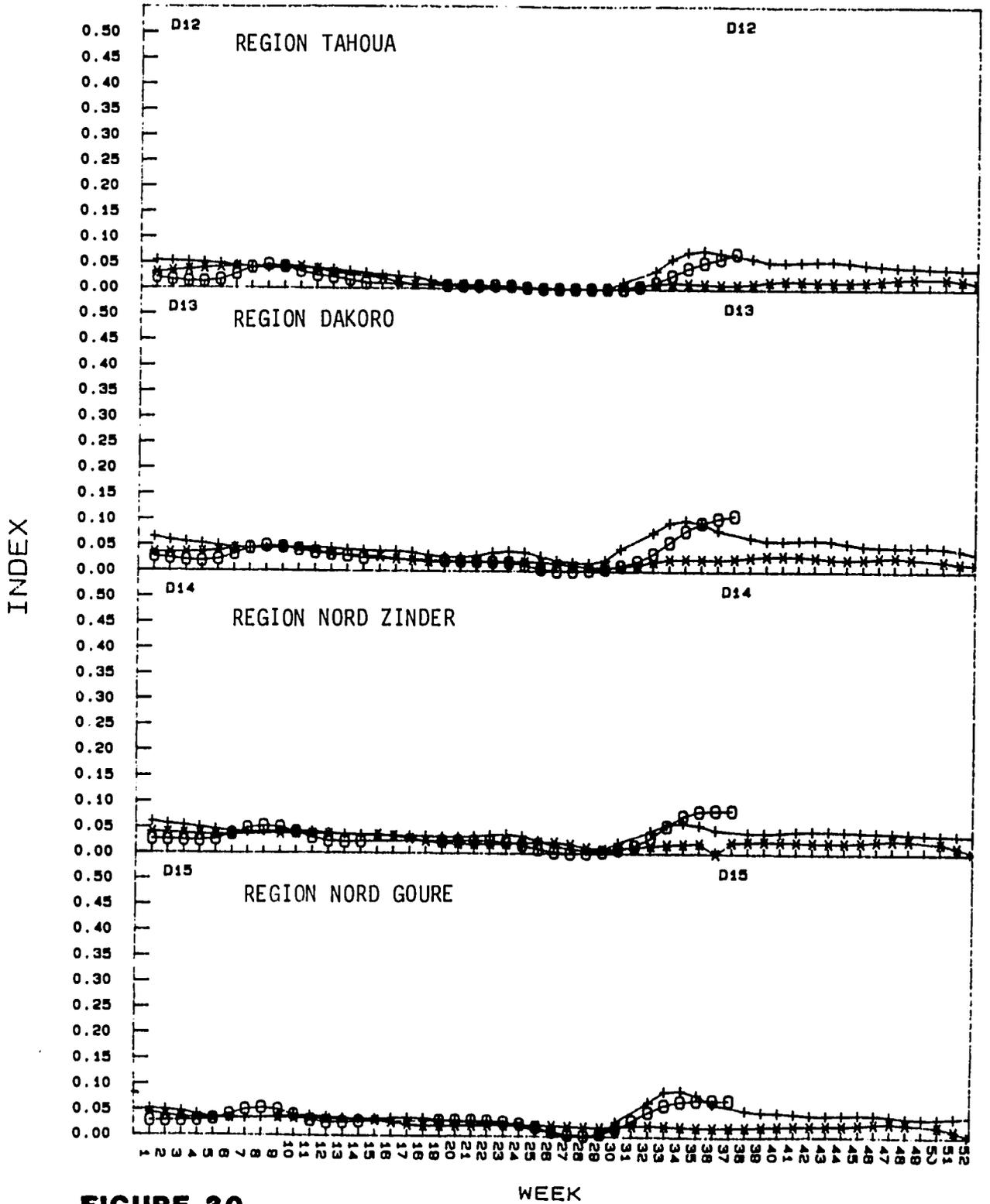


FIGURE 30

WEEK

REGIONAL AVERAGE SMOOTHED NVI

+ = 1983
* = 1984
o = 1985

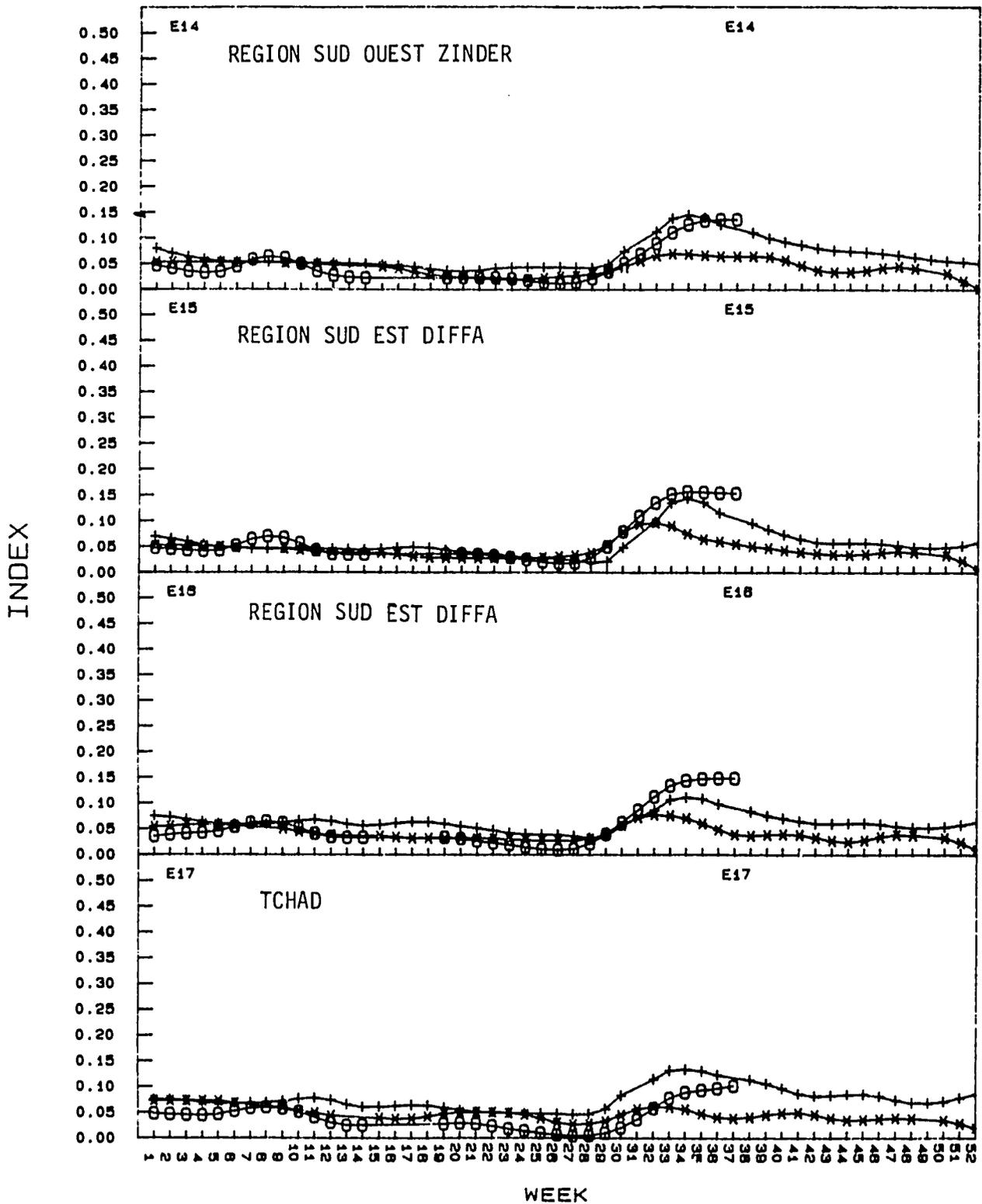


FIGURE 31

A l'est du pays, l'analyse de la pluviométrie et des indices de végétation normalisés, indique des conditions favorables jusqu'à la fin de la deuxième décade de septembre où les cultures ont souffert de la fin brutale de la saison, alors que certaines cultures n'ont pas achevé leur cycle. Le rendement attendu peut être affecté par cette rupture d'eau. En faisant l'analyse de régression rendement-indice de végétation normalisé, nous obtenons les résultats suivants: 0,300 tonnes de mil/ha et 0,320 tonnes de sorgho/ha.

D. Analyse des précipitations

D'une façon générale, ce n'est qu'au mois de juin que la saison s'est installée sur la majeure partie du pays, permettant alors un semis généralisé sur tout le pays. Mais à Gaya et à l'est du pays les premières pluies de la saison sont tombées au mois de mai (voir tableaux des pluviométries décadaires et mensuelles - figures 32, 33 and 34). L'analyse des pluviométries mensuelles cumulées jusqu'en fin septembre indique que cette pluviométrie a été normale ou proche de la normale sur la majeure partie de la zone agricole du pays (voir carte des % de pluviométrie par rapport à la normale - figures 35 and 36).

En début de saison les régions de Konni, Tahoua et Tillabery ont enregistré des quantités de pluie faibles par rapport à la normale (10 à 45%) alors que la région de N'Guigni dépassait la normale en pluviométrie cumulée mai-juin.

En fin de saison l'arrêt des précipitations dans la deuxième décade de septembre peut être néfaste aux cultures n'ayant pas fini leur cycle surtout à l'est du pays.

TABLEAU 32

Sahel-Horn Decadal Precipitation for the Current Rainy Season

Country: Niger Year: 1985

Station Name	May (5)				June (6)				July (7)				August (8)				September (9)				October (10)			
	1	2	3	Mon	1	2	3	Mon	1	2	3	Mon	1	2	3	Mon	1	2	3	Mon	1	2	3	Mon
Agadez	0	0	0	0	0	3	8	11	0	9	1	10	18	17	0	35	2	5	0	7	0	0	0	0
Birni N°Konni	0	1	2	3	1	7	8	16	41	7	9	57	55	64	44	183	74	26	0	100	0	0	0	0
Gaya	8	4	53	65	3	25	57	85	124	58	32	214	143	60	111	314	72	27	9	108	5	0	0	5
Magaria	0	6	1	7	20	13	25	58	81	8	6	95	83	29	50	162	39	20	2	61	0	0	0	0
Maine-Soroa	0	0	0	0	0	18	16	34	28	33	18	79	54	16	49	119	34	4	0	38	0	0	0	0
Maradi	0	5	0	5	0	42	29	71	62	4	60	126	57	80	12	149	10	3	7	20	0	0	0	0
N°Guigmi	0	0	5	5	1	26	5	32	31	6	28	65	58	32	3	93	32	5	0	37	3	0	0	3
Niamey Aeroport	0	0	1	1	2	23	44	69	24	72	13	109	50	40	25	115	67	9	13	89	0	0	0	0
Tahoua	0	0	0	0	16	4	13	33	22	17	23	62	3	40	38	81	19	34	0	53	0	0	0	0
Tillaberi	0	0	0	0	3	3	15	21	10	4	95	109	36	25	29	90	19	9	0	28	0	0	0	0
Zinder Aeroport	0	4	32	36	0	3	12	15	88	5	17	110	60	62	50	172	47	23	19	89	0	0	0	0

TABLEAU 33

Monthly Rainfall

Expressed in Millimeters (mm), Percent of Normal (%) and Percentiles (Rnk, on Scale of 0 to 100)

Country: Niger Year: 1985

Station	May (5)			June (6)			July (7)			August (8)			September (9)			October (10)		
	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk
Agadez	0	0	3	11	92	67	10	24	11	35	51	28	12	92	67			
Birni N°Konni	1	3	6	12	18	3	57	40	8	183	96	47	97	104	64			
Gaya	59	82	44	85	67	22	214	111	64	314	136	86	116	70	17			
Magaria	7	25	22	58	95	53	95	54	17	162	74	36	69	76	33			
Maine-Soroa	0	0	3	34	103	61	79	75	31	119	72	42	58	102	56			
Maradi	5	21	17	71	108	61	126	82	44	149	72	28	32	38	17			
N°Guigmi	5	71	69	32	320	92	65	107	67	93	69	44	57	317	92			
Niamey Aeroport	0	0	3	69	91	53	109	65	31	115	60	19	102	111	75			
Tahoua	0	0	3	33	58	25	62	53	17	81	59	19	71	116	64			
Tillaberi	0	0	3	21	42	21	109	87	41	90	58	17	49	72	31			
Zinder Aeroport	36	157	81	20	43	28	110	83	33	172	86	50	130	210	94			

otes:

" " = No data for calculations.

"???" = Percent of normal not calculated because average rainfall is zero.

"***" = Percentiles not calculated because less than 15 years of historical data exist on file.

TABLEAU 34

Cumulative Seasonal Rainfall

Expressed in Millimeters (mm), Percent of Normal (%) and Percentiles (Rnk, on Scale of 0 to 100)

Country: Niger Year: 1985

Station	May (5)			May - Jun (5-6)			May - Jul (5-7)			May - Aug (5-8)			May - Sep (5-9)			May - Oct (5-10)		
	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk	mm	%	Rnk
Agadez	0	0	3	11	55	44	21	34	11	56	43	8	68	48	11			
Birni N°Kenni	1	3	6	13	13	3	70	29	3	253	58	6	350	66	11			
Gaya	59	82	44	144	73	31	358	92	44	672	108	64	788	100	47			
Magaria	7	25	22	65	73	42	160	60	17	322	66	11	391	68	19			
Maine-Soroa	0	0	3	34	79	47	113	76	36	232	74	22	290	78	25			
Maradi	5	21	17	76	84	50	202	83	39	351	78	28	383	72	22			
N°Guigmi	5	71	69	37	218	81	102	131	65	195	92	53	252	110	67			
Niamey Aeroport	0	0	3	69	61	22	178	63	15	293	62	11	395	70	19			
Tahoua	0	0	3	33	44	17	95	50	8	176	54	3	247	63	11			
Tillaberi	0	0	3	21	30	7	130	67	21	220	63	14	269	65	10			
Zinder Aeroport	36	157	81	56	81	56	166	82	33	338	84	36	468	101	53			

tes:

" " = No data for calculations.

"???" = Percent of normal not calculated because average rainfall is zero.

"***" = Percentiles not calculated because less than 15 years of historical data exist on file.

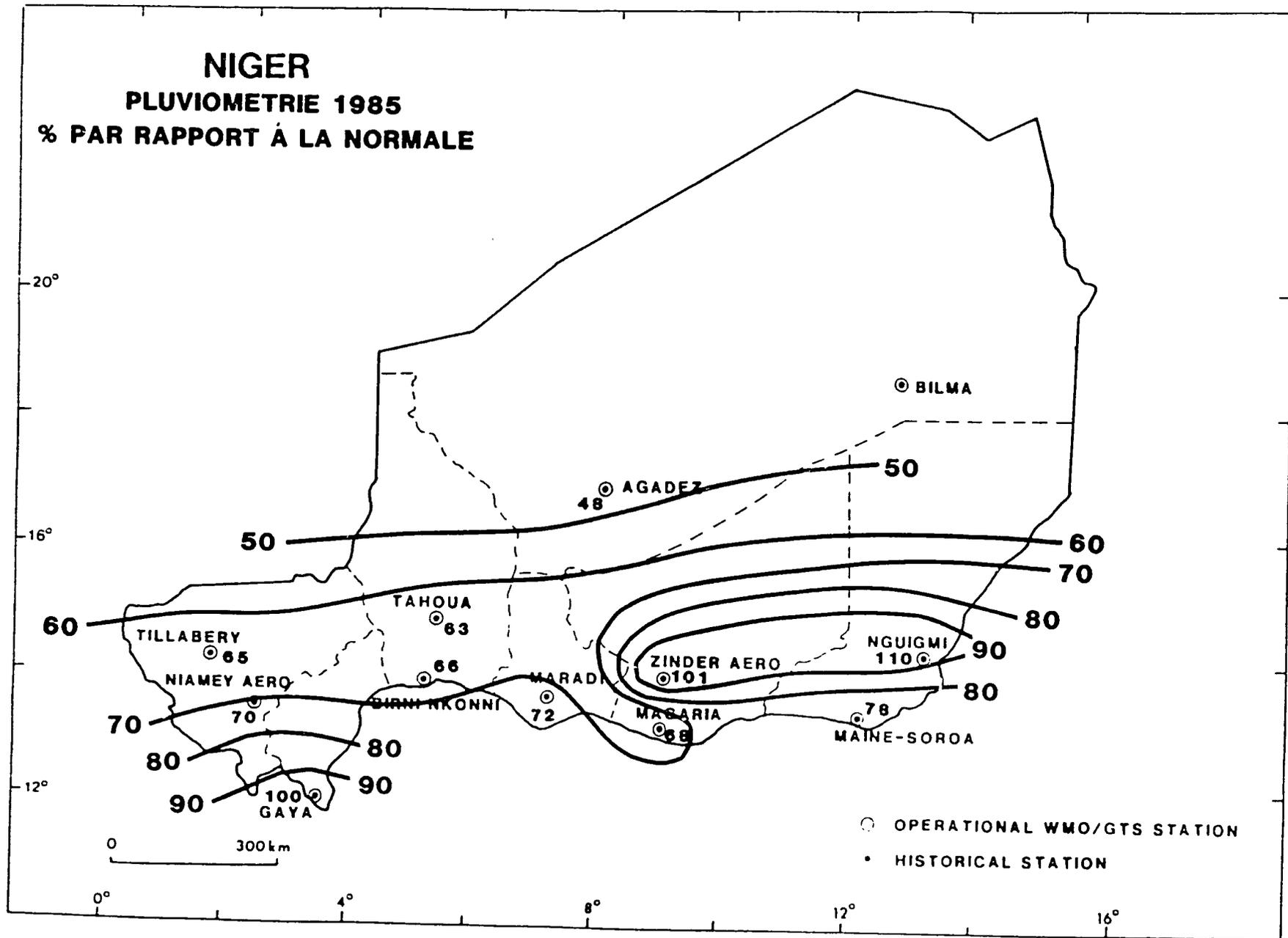


FIGURE 35

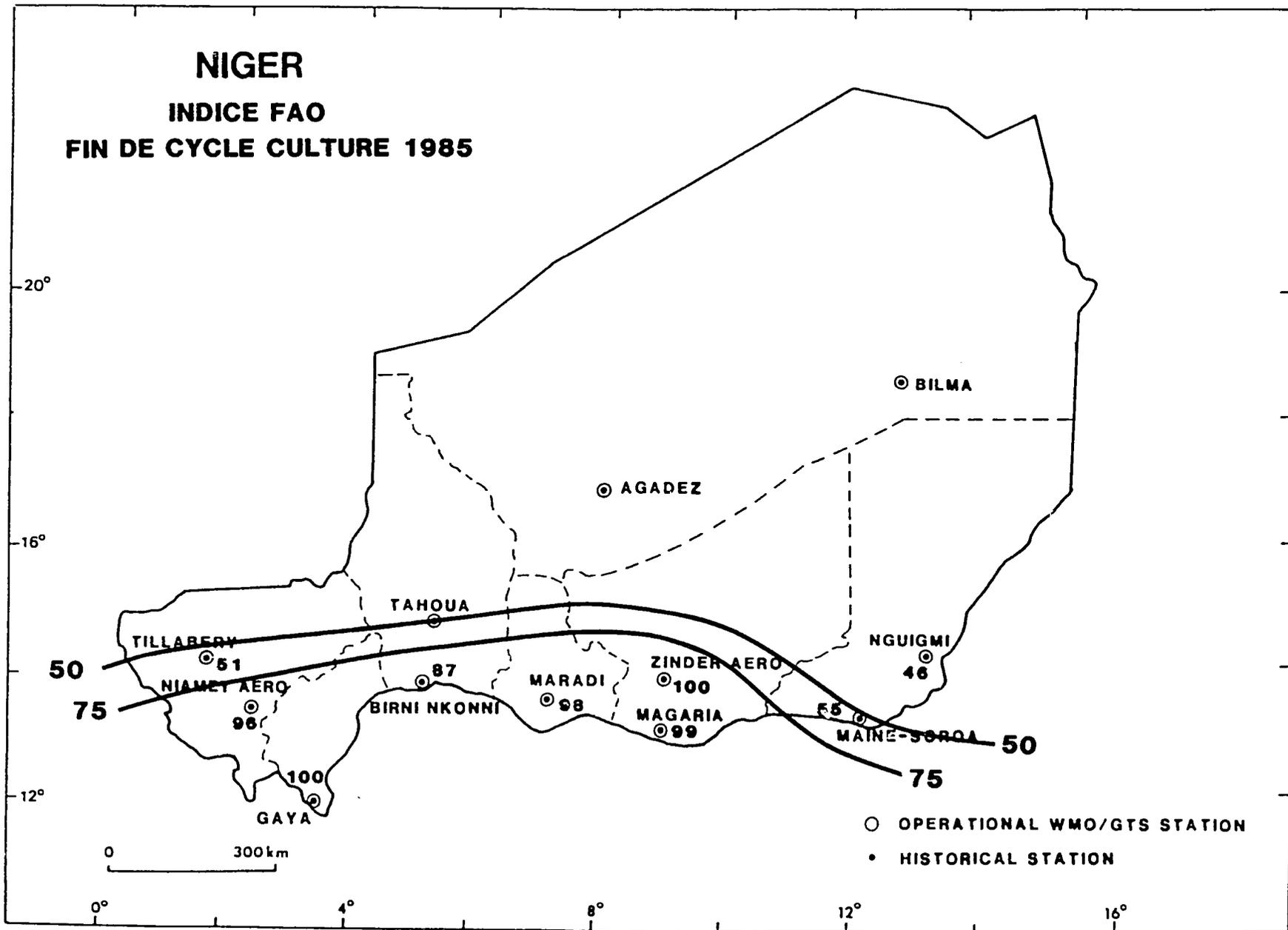


FIGURE 36

ANNEXE 1

ACTIVITES DU GTP

ACTIVITES DU GTP AU NIGER

1) Collecte des données pluviométriques.

Au Niger la concentration des données pluviométriques se fait de la façon suivante:

- a) Par Réseau B.L.U. (bande latérale unique) pour les stations synoptiques et agrométéorologiques (16 stations).
- b) Par Radio Présidence ou Gendarmerie pour tous les autres postes pluviométriques (120 postes environ).

Donc environ 120 postes pluviométriques et stations météorologiques envoient leur relevé pluviométrique du jour J, le jour J + 1 au niveau national après une concentration départementale d'abord pour les postes pluviométriques (voir carte du réseau - figure 37).

2) Suivi des cultures "Fiche 01"

Environ 40 localités participent au suivi des cultures pendant la saison pluvieuse. Toutes ces localités font des observations sur l'état moyen des cultures, les problèmes phytosanitaires, les apports d'eau ... et transmettent ces informations à la portion centrale par le même canal de transmission. Ces observations sont effectuées par décade.

3) Analyse et diffusion des informations

Sur la base des informations pluviométrique reçues, des fiches de suivi des cultures et d'autres données disponibles, l'analyse et la rédaction des bulletins décadaires sont organisées de la façon suivante:

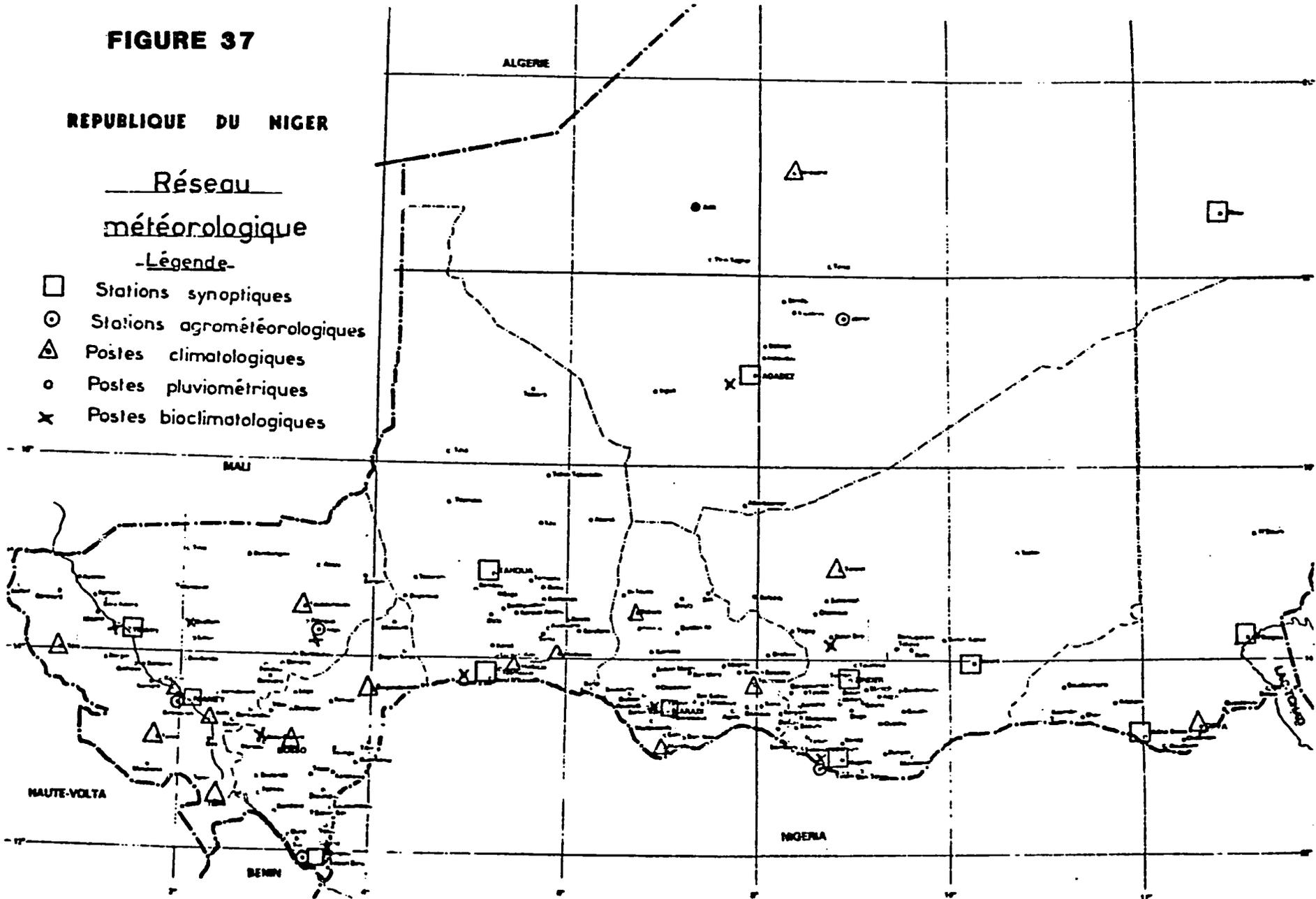
FIGURE 37

REPUBLIQUE DU NIGER

Réseau
météorologique

-Légende-

- Stations synoptiques
- ⊙ Stations agrométéorologiques
- △ Postes climatologiques
- Postes pluviométriques
- × Postes bioclimatologiques



a) La direction de la météorologie nationale rédige tous dix jours un bulletin agrométéorologique (environ 250 exemplaires).

b) La direction de l'agriculture rédige un bulletin bi-mensuel appelé "situation des cultures" (environ 200 exemplaires).

Tous ces bulletins sont diffusés aux usagers nationaux et internationaux suivants:

- Membres du Gouvernement: Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Transport; Ministère de l'Agriculture (voir organigrammes - figures 38 et 39).
- Préfets
- Autorités (Maires, Sous-Préfets)
- Directions techniques concernées
- Services techniques concernés
- Organismes régionaux (AGRHYMET ...)
- Organismes Internationaux (PNUD ...)

Et tous les pays CILSS en ce qui concerne le bulletin agrométéorologique. L'obtention des moyens suivants peut permettre d'améliorer la qualité des évaluations faites par le GTP.

- Moyens de Transmission (BLU, groupes électrogènes)
- Moyens d'acquisition et d'interprétation des images satellitaires

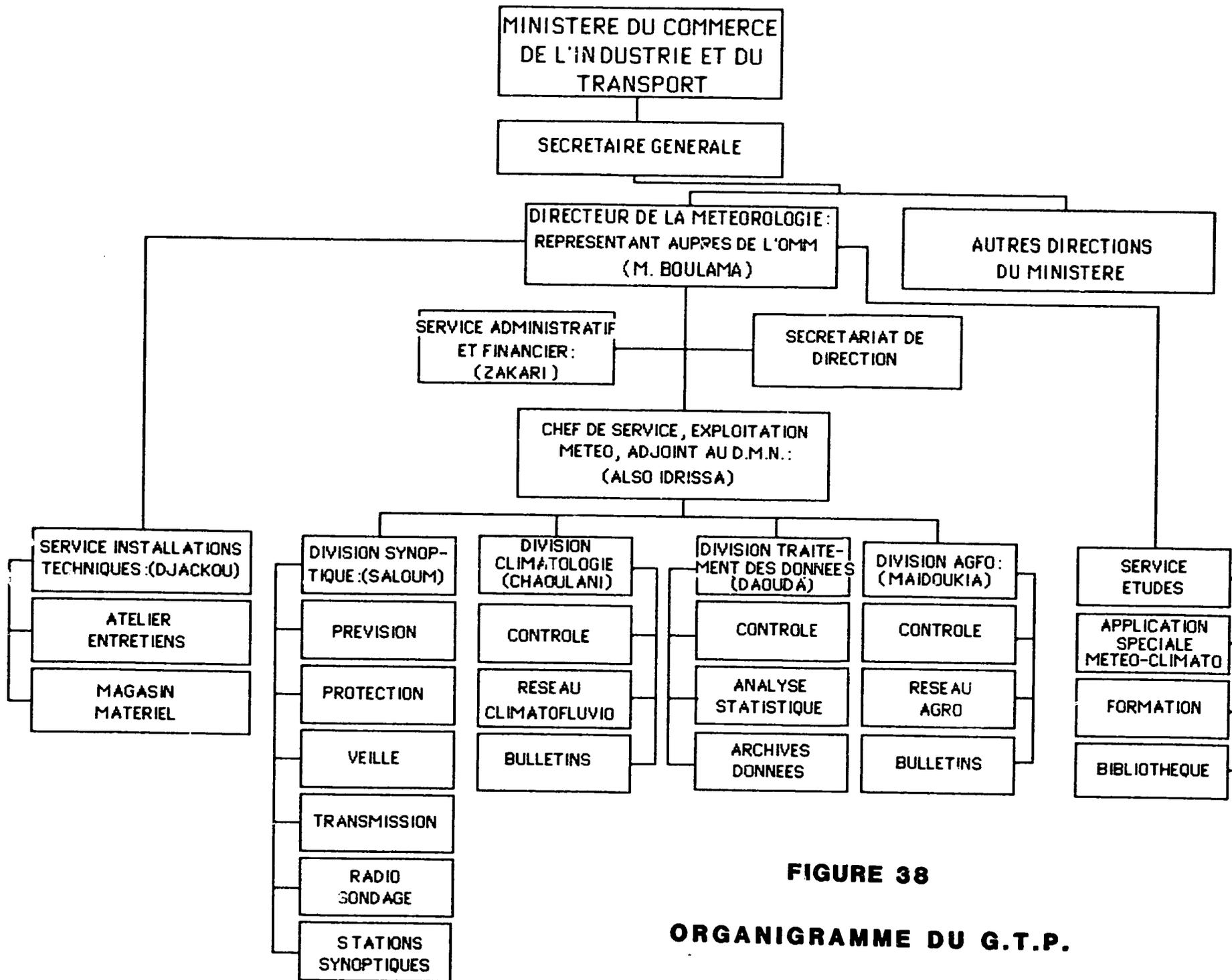
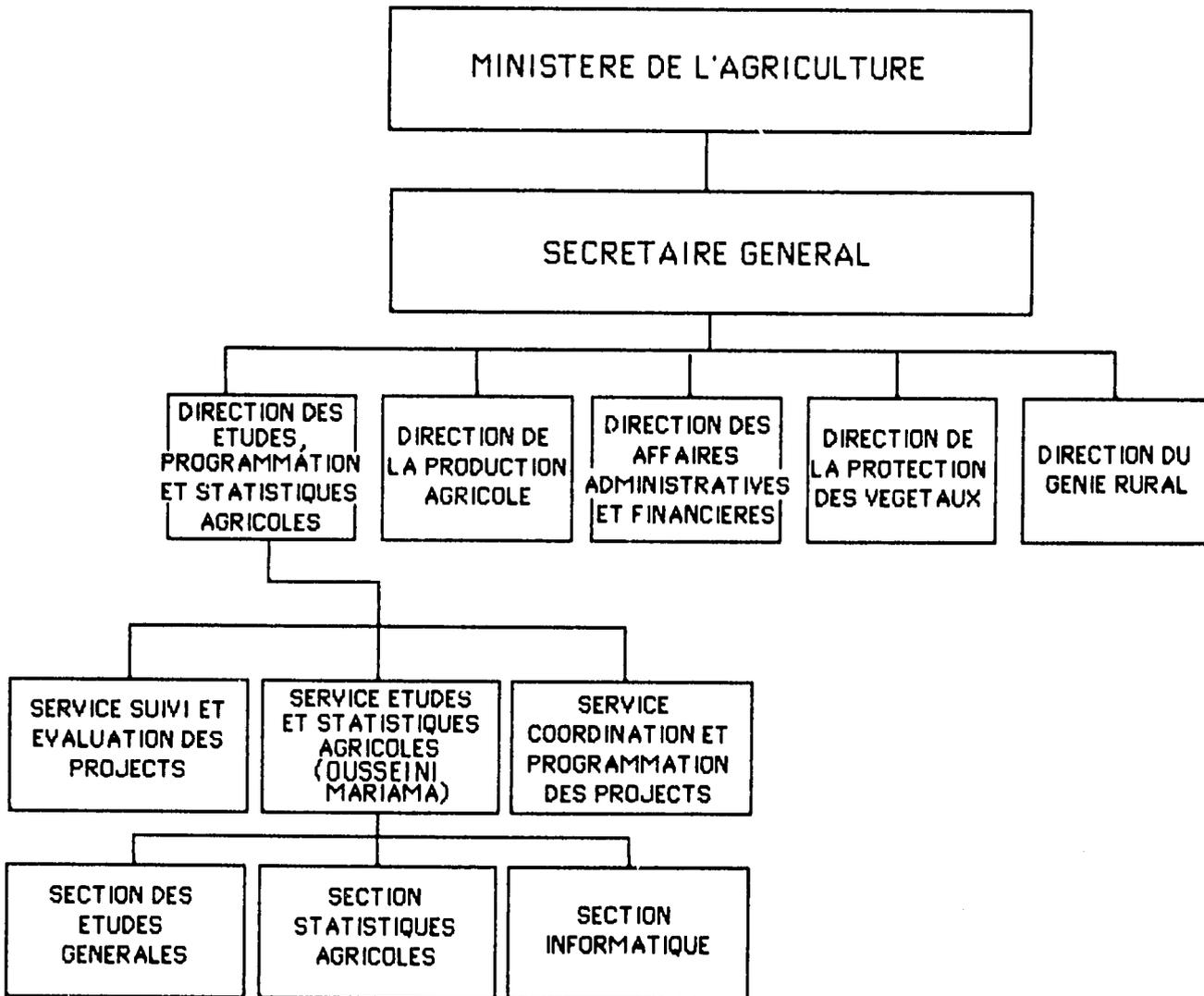


FIGURE 38
ORGANIGRAMME DU G.T.P.

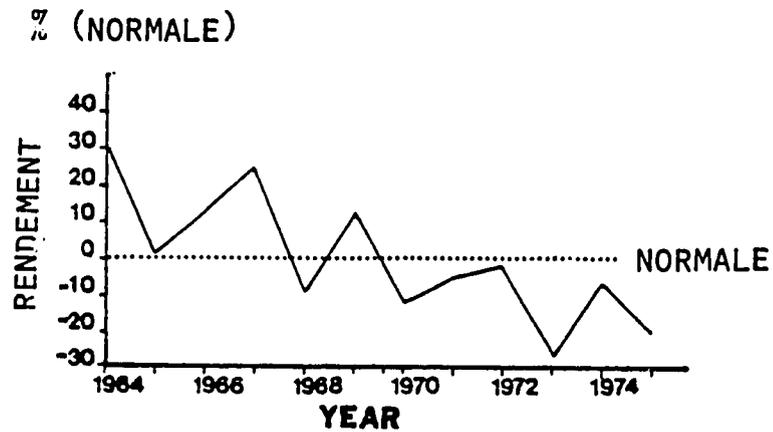
FIGURE 39

ORGANIGRAMME du MINISTERE du L'AGRICULTURE

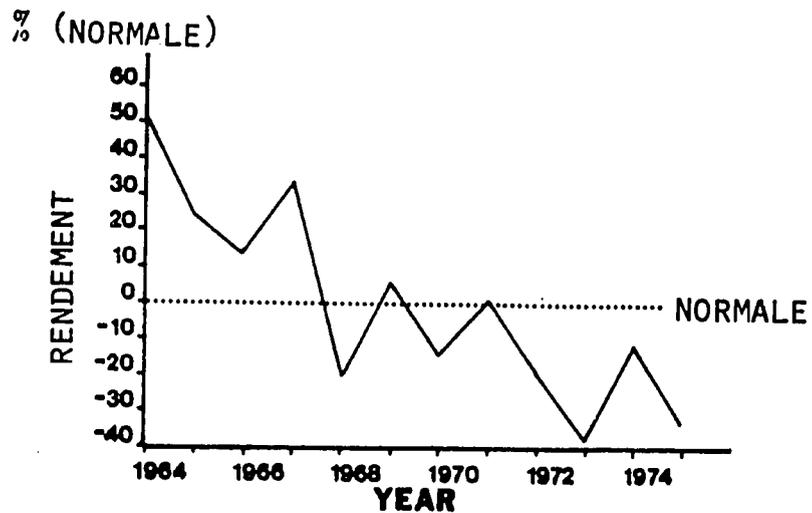
ANNEXE 2

DONNEES SUR LES CULTURES

NIGER - MILLET



NIGER - SORGHUM



EVOLUTION GLOBALE DE LA PRODUCTION

FIGURE 40

NIGER CROP DATA**COUNTRY CROP DATA FOR NIGER****MILLET**

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
1964	1777000	1013450	0.570
1965	1810290	789465	0.436
1966	1743200	841808	0.483
1967	1865193	1000145	0.536
1968	1895217	732648	0.387
1969	2271949	1095426	0.482
1970	2309830	870895	0.377
1971	2355800	958475	0.407
1972	2369511	918801	0.388
1973	2007649	626938	0.312
1974	2229997	882587	0.396
1975	1692900	581300	0.343
1976	2431150	977740	0.402
1977	2728530	1130325	0.414
1978	2746800	1122735	0.409
1979	2922085	1255133	0.430
1980	3072420	1363635	0.444
1981	3037263	1313864	0.433
1982	3083804	1292538	0.419
1983	3135446	1324950	0.423
1984	3030021	779237	0.257

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER AGADEZ REGION**MILLET**

1978	100	175	1.750
1979	75	130	1.733
1980	120	230	1.917
1981	163	312	1.914
1982	180	362	2.011
1983	7	0	0.000
1984	0	0	0.000

NIGER CROP DATA

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER DIFFA REGION
MILLET

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
1964	50000	26000	0.520
1965	45000	20250	0.450
1966	42500	17650	0.415
1967	28050	15925	0.568
1968	45820	13321	0.291
1969	51312	12203	0.238
1970	59500	28610	0.481
1971	88200	48010	0.544
1972	13573	4952	0.365
1973	15500	5100	0.329
1974	15500	5100	0.329
1975	28600	10800	0.378
1976	37250	6250	0.168
1977	43890	16253	0.370
1978	29700	6705	0.226
1979	40860	12558	0.307
1980	40360	15545	0.385
1981	45370	16800	0.370
1982	53234	19886	0.374
1983	22315	6441	0.289
1984	43777	799	0.018

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER DOSSO REGION
MILLET

1964	408000	228000	0.559
1965	354000	161250	0.456
1966	355000	164250	0.463
1967	384500	195450	0.508
1968	390700	145260	0.372
1969	376000	170100	0.452
1970	415500	166650	0.401
1971	420000	176400	0.420
1972	430000	222500	0.517
1973	390658	162885	0.417
1974	441062	164928	0.374
1975	436600	169200	0.388
1976	488400	194210	0.398
1977	512000	197100	0.385
1978	60000	211230	0.352
1979	603000	219250	0.364
1980	604940	247120	0.409
1981	605500	255770	0.422
1982	592200	253685	0.428
1983	623936	269172	0.431
1984	588893	160992	0.273

NIGER CROP DATA

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER MARADI REGION
MILLET

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
--------	--------	--------------	---------

1964	216030	130500	0.604
1965	223000	92300	0.414
1966	260000	132510	0.510
1967	274000	145175	0.530
1968	292000	124825	0.428
1969	296900	177705	0.599
1970	264500	126775	0.479
1971	282000	135150	0.479
1972	297000	101900	0.343
1973	316642	83419	0.264
1974	355300	154705	0.435
1975	268900	79200	0.295
1976	364100	165100	0.454
1977	401640	213724	0.532
1978	451200	224210	0.497
1979	514900	241180	0.468
1980	580300	288900	0.498
1981	612730	264970	0.432
1982	632690	268234	0.424
1983	659429	267205	0.405
1984	632613	172367	0.273

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER NIAMEY REGION
MILLET

1964	585000	317750	0.543
1965	603220	252750	0.419
1966	587000	296050	0.504
1967	611543	332895	0.544
1968	614597	217229	0.353
1969	969810	442853	0.457
1970	971670	294230	0.303
1971	759900	246177	0.324
1972	895246	378301	0.423
1973	719670	245163	0.341
1974	728630	227438	0.312
1975	488100	149800	0.307
1976	736000	225400	0.306
1977	873000	272055	0.312
1978	820600	296670	0.362
1979	881400	327510	0.372
1980	932700	325245	0.349
1981	804300	321700	0.400
1982	808100	318633	0.394
1983	827917	338502	0.409
1984	743061	182220	0.245

NIGER CROP DATA

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER TAHOUA REGION
MILLET

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
1964	238000	131000	0.550
1965	238290	86315	0.362
1966	227200	101073	0.445
1967	233600	154900	0.663
1968	221600	87060	0.393
1969	236000	108430	0.459
1970	244000	92350	0.379
1971	253000	64325	0.254
1972	258000	64435	0.250
1973	251600	36995	0.147
1974	280905	117181	0.417
1975	134900	35900	0.266
1976	316400	138780	0.439
1977	342000	172680	0.505
1978	315200	157620	0.500
1979	310250	161805	0.522
1980	333000	183260	0.550
1981	367100	169990	0.463
1982	398300	156547	0.393
1983	421100	184138	0.437
1984	415908	95385	0.229

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER ZINDER REGION
MILLET

1964	316000	173450	0.549
1965	346000	176600	0.510
1966	271500	130275	0.480
1967	333000	155800	0.468
1968	330500	144954	0.439
1969	341925	184135	0.539
1970	384660	162280	0.422
1971	382610	185840	0.486
1972	375692	146713	0.391
1973	313500	81145	0.259
1974	408600	213235	0.522
1975	335800	136400	0.406
1976	489000	248000	0.507
1977	580000	243475	0.420
1978	530000	226125	0.427
1979	571600	292720	0.512
1980	581000	303335	0.522
1981	603100	284322	0.471
1982	599100	275193	0.459
1983	580742	259492	0.447
1984	605769	167474	0.277

NIGER CROP DATA

COUNTRY CROP DATA FOR NIGER
SORGHUM

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
1964	453000	315425	0.696
1965	465020	265619	0.571
1966	545700	277082	0.508
1967	530203	342162	0.645
1968	556840	215053	0.386
1969	595642	289334	0.486
1970	593080	230235	0.388
1971	579315	266790	0.461
1972	580794	208357	0.359
1973	447996	126134	0.282
1974	541660	218850	0.404
1975	790900	253800	0.321
1976	598340	279690	0.467
1977	732480	336037	0.459
1978	795860	371220	0.466
1979	716660	350795	0.490
1980	768070	367945	0.479
1981	982320	321650	0.327
1982	1135520	356998	0.314
1983	1113875	362082	0.325
1984	1097550	240109	0.219

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER DIFFA REGION
SORGHUM

1965	3300	2920	0.885
1966	4500	1900	0.422
1967	4000	2900	0.725
1968	4000	2847	0.712
1969	4250	2888	0.680
1970	5150	5180	1.006
1971	1940	670	0.345
1972	1987	468	0.236
1973	2520	520	0.206
1974	20120	20270	1.008
1975	8800	9300	1.057
1976	11500	8310	0.723
1977	14730	20265	1.376
1978	20210	20230	1.001
1979	23360	21765	0.932
1980	26610	32370	1.217
1981	21700	12670	0.584
1982	18150	12731	0.701
1983	2850	1271	0.446
1984	318	3	0.009

NIGER CROP DATA

NIGER CROP DATA

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER DOSSO REGION
SORGHUM

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
1965	57900	41380	0.715
1966	56200	35682	0.539
1967	63200	49720	0.787
1968	66220	19533	0.295
1969	70450	22075	0.313
1970	70600	20285	0.287
1971	72600	38930	0.536
1972	75500	40348	0.534
1973	85980	37004	0.430
1974	32230	9100	0.282
1975	31700	12100	0.382
1976	27600	15300	0.554
1977	28700	12195	0.425
1978	56000	21350	0.381
1979	54450	18690	0.343
1980	43460	20265	0.466
1981	44600	17950	0.403
1982	59750	24338	0.407
1983	66145	22742	0.344
1984	62794	21603	0.344

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER MARADI REGION
SORGHUM

1965	95600	45460	0.476
1966	95000	51970	0.547
1967	109500	54256	0.496
1968	122600	39706	0.324
1969	137500	69400	0.505
1970	138400	53561	0.387
1971	155400	79610	0.512
1972	147000	35720	0.243
1973	139571	29784	0.213
1974	162210	50935	0.314
1975	264600	74500	0.282
1976	182690	65750	0.360
1977	199400	81416	0.408
1978	244300	90480	0.370
1979	234300	81895	0.350
1980	237700	69900	0.294
1981	412140	81800	0.199
1982	408840	89227	0.218
1983	441387	85328	0.193
1984	403723	61788	0.153

NIGER CROP DATA

NIGER CROP DATA

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER NIAMEY REGION
SORGHUM

1 YEAR	2 AREA	3 PRODUCTION	4 YIELD
1965	52220	26004	0.498
1966	77000	35590	0.462
1967	87003	43541	0.501
1968	87720	32659	0.372
1969	123780	60307	0.487
1970	113570	33800	0.298
1971	55960	27630	0.494
1972	62506	38838	0.621
1973	23675	9637	0.407
1974	102200	47470	0.465
1975	98400	38000	0.386
1976	60900	28920	0.475
1977	82900	27389	0.330
1978	86000	51900	0.604
1979	81800	44060	0.539
1980	88000	42200	0.480
1981	81400	32460	0.399
1982	70200	27152	0.387
1983	73827	31952	0.433
1984	76417	25449	0.333

REGIONAL CROP DATA FOR NIGER TAHOUA REGION
SORGHUM

1965	160000	105055	0.657
1966	163000	67700	0.415
1967	165500	153925	0.930
1968	153000	79750	0.521
1969	131723	77955	0.592
1970	129500	62200	0.480
1971	104000	39250	0.377
1972	113000	41067	0.363
1973	116600	28335	0.243
1974	136220	56225	0.413
1975	148300	31500	0.212
1976	146650	71510	0.488
1977	211450	104487	0.494
1978	156350	95560	0.611
1979	166100	100200	0.603
1980	175000	111850	0.639
1981	192150	115220	0.600
1982	259390	110975	0.428
1983	243462	123017	0.505
1984	223392	78807	0.353

REFERENCES

- Frère, M. and G.F. Popov. 1979. Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting: plant production and protection paper 17, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1979.
- Gray, T.I., Jr. and D.G. McCrary. 1981. The Environmental Vegetation Index, a Tool Potentially Useful for Arid Land Management. AgRISTARS Report EW-N1-04076, JSC-17132.
- Sahel Course Lesson Plans. 1986. NOAA, AISC, CIAD, Models Branch, Columbia, MO.
- Van Dyk, Albert, C. Sakamoto and S. Callis. Crop Condition Assessment with NOAA Satellite Data, NOAA, Columbia, Missouri, 1986.