

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DE OUAGADOUGOU B.P. 182

DIRECTION GENERALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
OUAGADOUGOU B.P. 7047

PLUIES - EAUX DE SURFACE -
PRODUCTIONS VEGETALES
HAUTE - VOLTA
(1920 - 1983)



J. ALBERGEL
J.P. CARBONNEL
M. GROUZIS

PREPRINT
MARS 1984

ERRATA

- Résumé 1. 24 lire.... le problème de la réactualisation des étude hydrologiques
au lieu
de normes hydrologiques
- p. 3, l. 15 lire.... pluviosité
au lieu
de pluviométrie
- p. 9, l. 21,28 lire.... phase sèche
p. 10 l. 18 au lieu
p. 11 l. 2,17 de décennie
- p. 10, l. 12 lire.... période
p. 11, l. 8 au lieu
de décennie
- p. 11, l. 17 lire.... dont on n'a
au lieu
de dont on a
- p. 13, l. 2 lire.... de celles des autres
au lieu
de de ceux des autres
- p. 18, l. 10 lire.... paraît justifiée
au lieu de justifier
- p. 18, l. 24 lire.... nous a été.... au lieu de..... nous ont été
- p. 24, l. 23 lire.... une analyse des relations
au lieu
de un modèle de...
- p. 25, l. 1 lire.... n'est pas...
au lieu
de ne sont pas
- p. 26, l. 6 lire.... paramètres
au lieu
de normes
- p. 26, l. 13 lire.... selon que l'on prend
au lieu
de prene
- p. 38, l. 7 lire.... mais aussi avec l'accroissement
au lieu
de aussi à....
- p. 41, l. 2 lire.... traditionnels
au lieu
de traditionnelles
- p. 51, l. 34 lire.... a provoqué
au lieu
de ont provoqué.

PREAMBULE

Le déficit pluviométrique quasi-général sur la Haute-Volta en 1983 et son impact socio-économique réactualisent la situation particulièrement défavorable qu'ont subi les pays sahéliens dans les années 1972-1973.

Quelle est la situation du pays en 1983 ? Quelle est l'évolution des paramètres climatiques, hydrologiques et quelles sont les conséquences de la variation de ces facteurs sur les productions agricoles et pastorales ?

La D.G.R.S.T. et l'O.R.S.T.O.M. se sont concertés pour rassembler des données souvent dispersées, en vue d'en présenter la critique et la synthèse et de permettre une meilleure utilisation de l'information.

Le présent rapport livre les résultats de cette collaboration.

I. KABORE
Directeur Général
Recherche Scientifique
et Technologique

M. GROUZIS
Directeur du Centre
ORSTOM de OUAGADOUGOU

PLUIES - EAUX DE SURFACE

ET

PRODUCTIONS VEGETALES

EN

HAUTE - VOLTA

(1920 - 1983)

par

J. ALBERGEL *

Hydro

J.P. CARBONNEL **

M. GROUZIS *

* OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

** DIRECTION GENERALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET
TECHNOLOGIQUE.

COPYRIGHT ORSTOM - DGRST

1984

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier vivement les organismes suivants pour leur accueil et pour avoir facilité la collecte des données de base :

AVV - IRAT - IRHO - ICRISAT - IITA - FSU - FDR - CISS-FAO -
SOFITEX - CIEH - CSPPA - PAM - ASECNA - SOMDIAA - SO.SU.HV -
DHER - INSD.

R E S U M E

Pour la zone soudano-sahélienne, la saison des pluies 1983 est la plus déficitaire jamais encore observée. Cette étude fait l'inventaire des données pluviométriques, hydrologiques et des productions agro-écologiques de la Haute-Volta, pays particulièrement éprouvé par la sécheresse de cette année. Ces données sont situées par rapport aux séries d'observations existantes, et en utilisant des outils mathématiques, disponibles ou mis au point dans le cadre de cette étude, les auteurs tentent de dégager les grandes lignes de l'évolution agro-climatique. Ils montrent que :

- La pluviométrie et l'hydrométrie de 1983 affichent dans la majorité des postes de mesures et surtout dans ceux du Sud Ouest du pays leur minimum minimorum. Ce minimum est parfois en dessous de la valeur qu'une étude statistique estimerait pour une année de récurrence centennale sèche, voire plus.

- La sécheresse de 1983 comme celle de 1972-1973 n'est que l'exagération d'un phénomène climatique persistant qui s'est amorcé vers 1968.

- Le déficit pluviométrique de la dernière décennie se traduit surtout par la raréfaction des fortes et très fortes pluies (> 40 mm) alors que le total pluviométrique annuel des petites et moyennes pluies reste constant dans le temps.

- La nette diminution de l'hydraulicité de la majorité des bassins versants depuis 1971-1972 pose le problème des normes hydrologiques pour les aménagements existants et futurs.

- Le déficit pluviométrique s'est repercuté sur les productions végétales et s'est soldé au niveau de la production céréalière par un déficit estimé à 100 000 tonnes par les autorités.

- La productivité des pâturages dans la région nord de la Haute-Volta, au niveau du bassin versant de la Mare d'Oursi a atteint des valeurs estimées inférieures à celle de la centennale défavorable.

- La production cotonnière ne semble pas avoir trop souffert des conditions pluviométriques de cette année,; au niveau national la production s'est maintenue par rapport à l'année 1982.

Mots-clefs : PLUVIOMETRIE HYDROLOGIE, PRODUCTIONS
AGRICOLES, PASTORALES, EVOLUTION CLIMATIQUE,
HAUTE-VOLTA.

S O M M A I R E

	pages
Introduction - - - - -	2
I - Les données pluviométriques- - - - -	3
I - 1 - <u>Choix des stations pluviométriques de référence</u>	3
I - 2 - <u>La Mousson 1983</u> - - - - -	4
2-1 - Isohyètes 1983 - - - - -	4
2-2 - Pluviométries journalières - - - - -	4
2-3 - Analyse statistique de quelques séries pluviométriques annuelles - Récurrences des valeurs de 1983. - - - - -	7
I - 3 - <u>Analyse des tendances climatiques</u> - - - - -	11
3-1 - Evolution des isohyètes moyens décennales	11
3-2 - Evolution de la pluviométrie annuelle	13
3-3 - Evolution des fractions pluviométriques	16
I - 4 - <u>Conclusion</u> - - - - -	17
II - Les données hydrologiques - - - - -	18
II - 1 - <u>Choix des stations</u> - - - - -	18
II - 2 - <u>Les cours d'eau</u> - - - - -	19
2-1 - Hydraulicité de l'année 1983 - - - - -	19
2-2 - Analyse de tendance - - - - -	21
2-3 - Conclusion- - - - -	24
II - 3 - <u>Les plans d'eau</u> - - - - -	24

III - Les productions végétales - - - - -	27
III - 1 - <u>Répartition géographique des ORD dans les zones climatiques</u> - - - - -	27
III - 2 - <u>Les données</u> - - - - -	28
III - 3 - <u>Les cultures</u> - - - - -	31
3-1 - Les céréales - - - - -	31
3-11- Evolution de la production céréalière en Haute-Volta- - - - -	31
3-12- Situation de l'année 1983- - - - -	38
3-2 - Les cultures industrielles- - - - -	39
3-21- Le coton - - - - -	41
3-22- La canne à sucre - - - - -	46
3-23- Les autres cultures- - - - -	47
III - 4 - <u>Les pâturages sahéliens du bassin versant de la mare d'Oursi-</u> - - - - -	49
4-1 - Les production de la strate herbeuse - charge en bétail- - - - -	49
4-2 - La phénologie des ligneux. - - - - -	53
III - 5 - <u>Conclusion.</u> - - - - -	54

INTRODUCTION

La sécheresse de l'année 1973 dans le Sahel a eu un retentissement mondial car le phénomène, orchestré de façon magistrale par les médias, a été présenté comme un sinistre régional au même titre qu'un tremblement de terre ou une éruption volcanique. Cela a permis le développement d'une solidarité dont l'ampleur a été souvent à la mesure des besoins. Cependant dans l'esprit de beaucoup, ces années étaient "exceptionnelles" et n'hypothéquaient en rien l'avenir.

En fait, avec plus de dix ans de recul, on cerne un peu mieux l'évènement et l'année 1983 permet de nous rendre compte de l'ampleur du phénomène en cause.

En Haute-Volta, cette année apparaît en effet comme une année particulièrement éprouvée non seulement d'un point de vue pluviométrique (un certain nombre de "records" y auront été battus) mais encore sur le plan hydrologique (débit de la Volta Noire, rivière permanente du pays, annulé, remplissage des plans d'eau fortement diminué, tarissement précoce des mares...)

Ces déficits pluvio-hydrométriques ont induit des conséquences importantes sur les productions végétales (déficit céréalier), pastorales (faible productivité des pâturages) et sur le comportement de certains groupes humains (migration précoce des éleveurs du Nord vers l'Est et le Sud).

A un moment où l'intérêt général se porte de nouveau sur les pays sahéliens, il nous a semblé nécessaire de rassembler une information souvent dispersée et d'établir, afin de mieux l'apprécier, l'état de la situation de la Haute-Volta d'un point de vue pluviométrique, hydrologique, et agro-écologique. En effet, mieux connaître, c'est faciliter la définition des stratégies d'adaptation et/ou de lutte contre les effets multiples de la sécheresse.

La première partie de ce travail présentera les données pluviométriques de l'année 1983 et sa situation par rapport aux séries disponibles. Une analyse de tendance climatique y sera par ailleurs tentée, sur la base des pluviométries annuelles et des fractions pluviométriques.

Les données hydrologiques : hydraulité de 1983 et tendances, seront discutés dans la deuxième partie.

La troisième partie tentera de cerner la situation des productions végétales (céréales, cultures industrielles, production des pâturages) de l'année 1983 dans le contexte de l'évolution des données disponibles.

I - LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

I-1 - Choix des stations pluviométriques de référence

Les stations pluviométriques retenues sont celles qui reflètent le plus fidèlement la pluviométrie de la Haute-Volta par leur étagement en latitudes et leur répartition Est-Ouest ainsi que par l'existence d'une longue série d'observations.

Les valeurs journalières, mensuelles et annuelles proviennent des relevés ASECNA, des bulletins Agrométéorologiques pour les années récentes (1966-83) et du recueil des données pluviométriques de l'Afrique de l'Ouest (ORSTOM-CIEH, 1977) pour les années antérieures à 1966.

Nous avons procédé à une critique des données en examinant les relevés journaliers et en s'appuyant sur le fichier opérationnel de la Monographie du bassin des Volta (MONIOD et al., 1977).

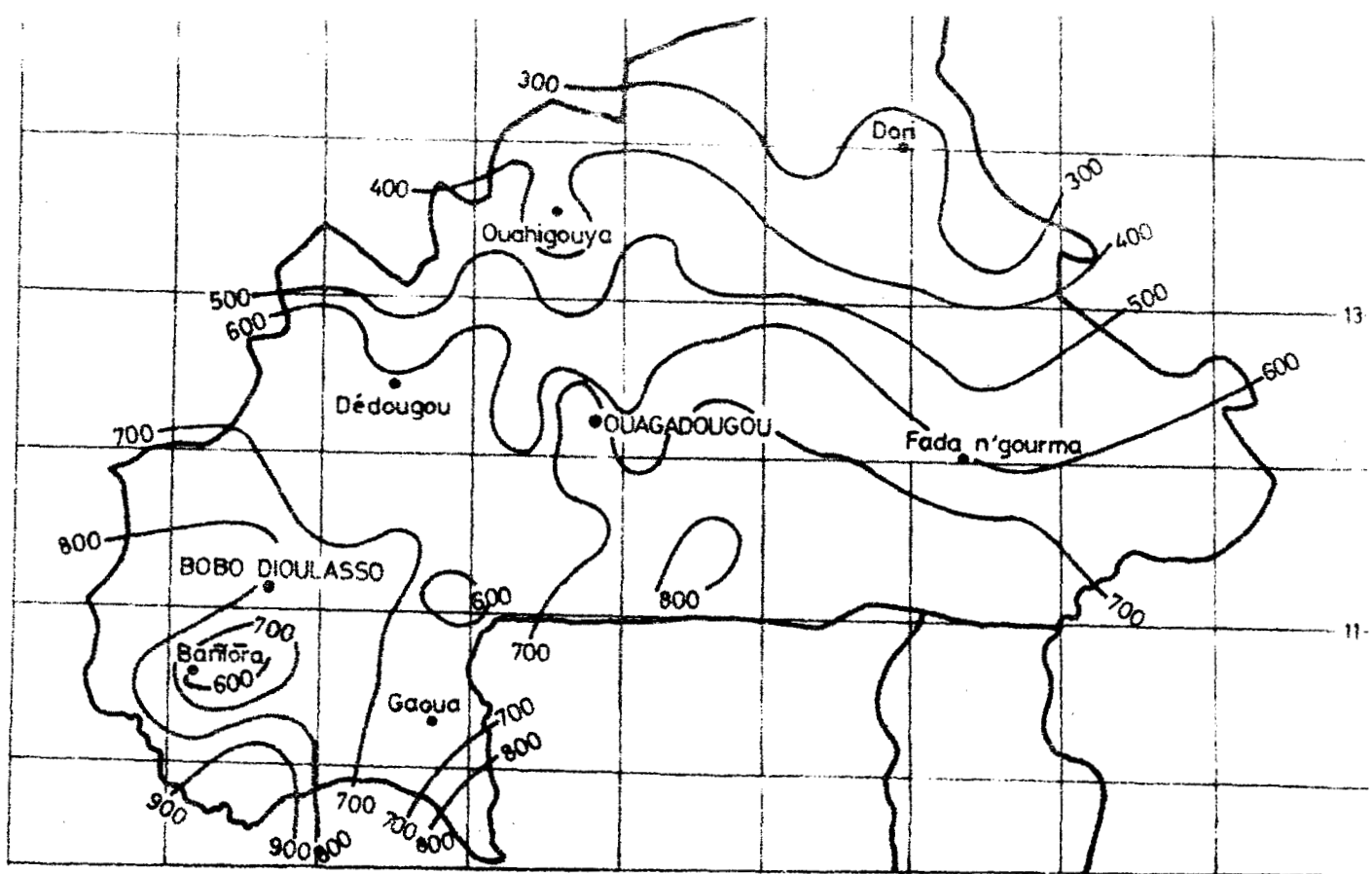


Fig. 1
 CUMUL PLUVIOMETRIQUE D'AVRIL A OCTOBRE 1983
 (Isohyètes en mm d'eau)

d'après AGRO-METEO

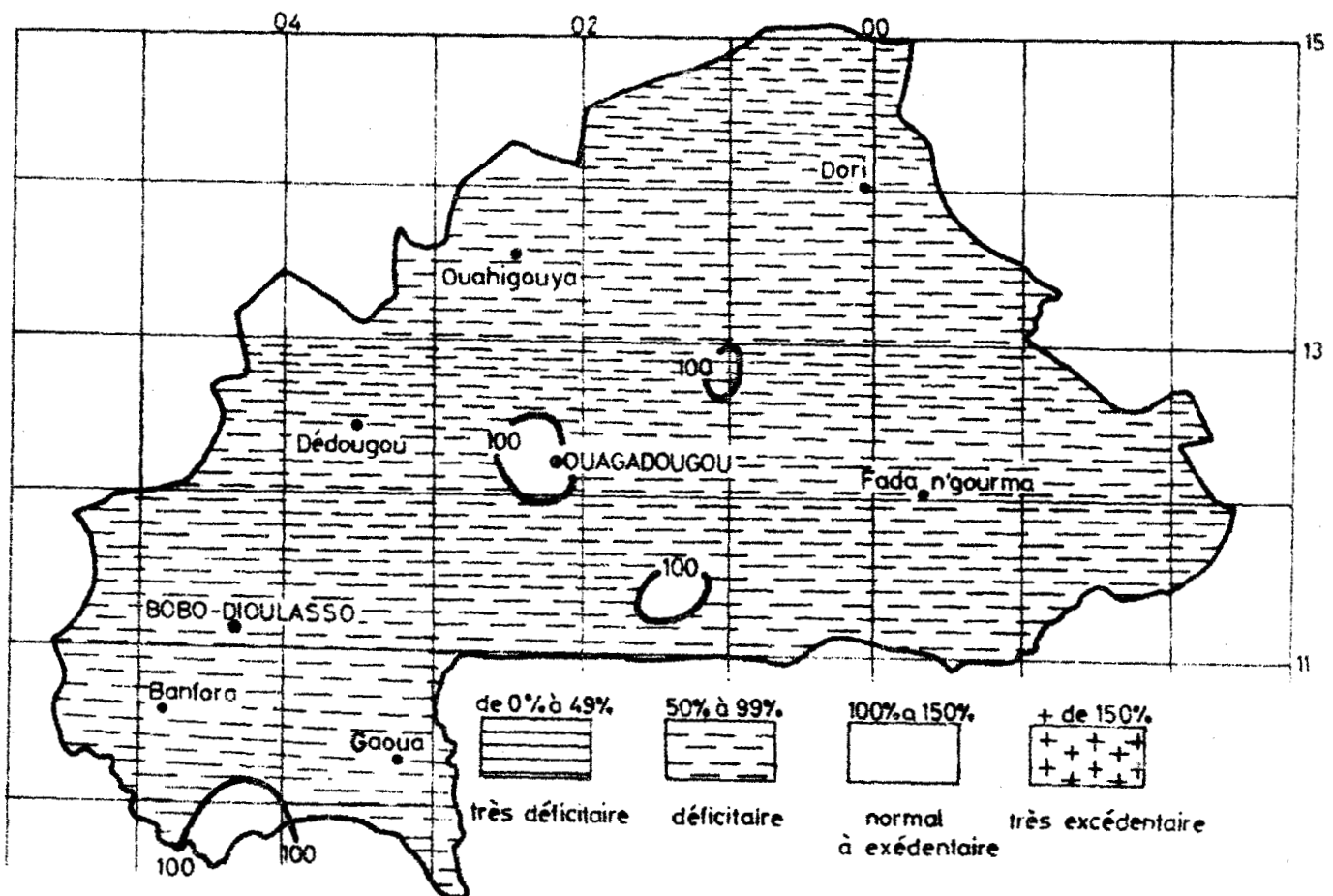
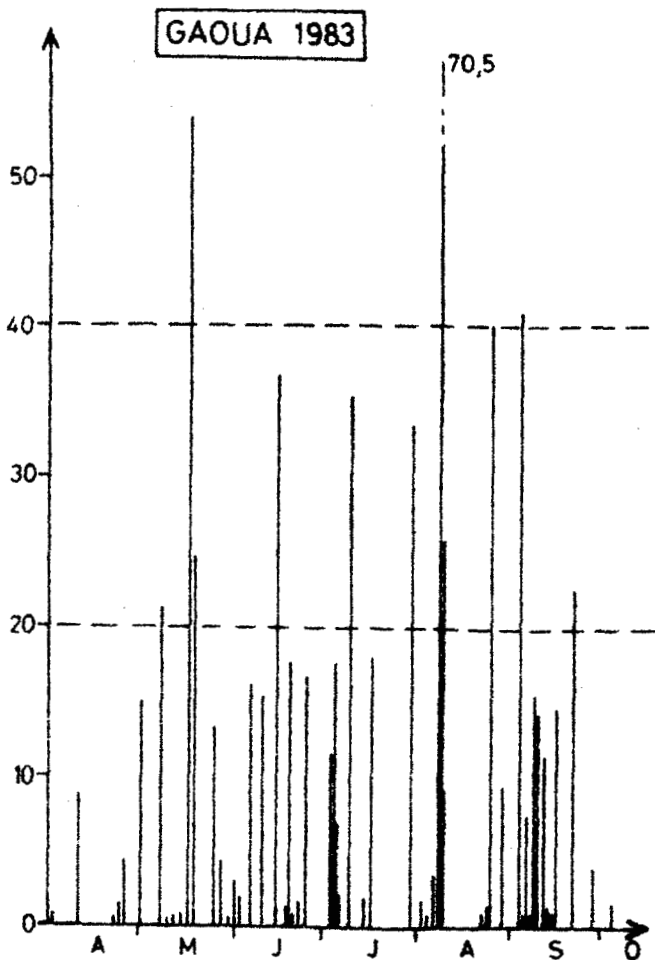
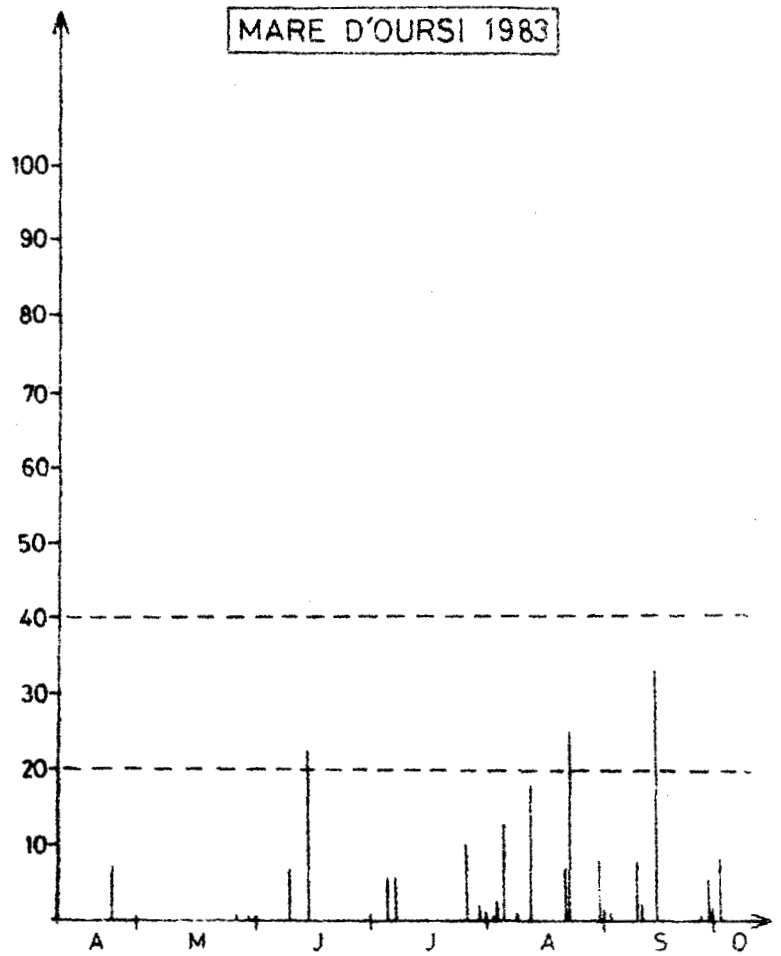
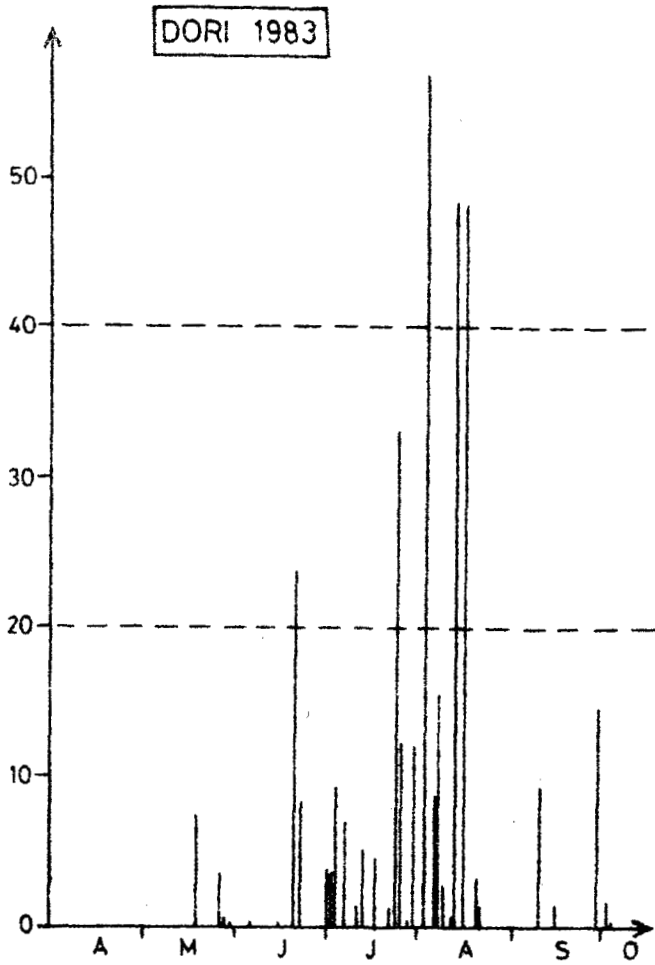
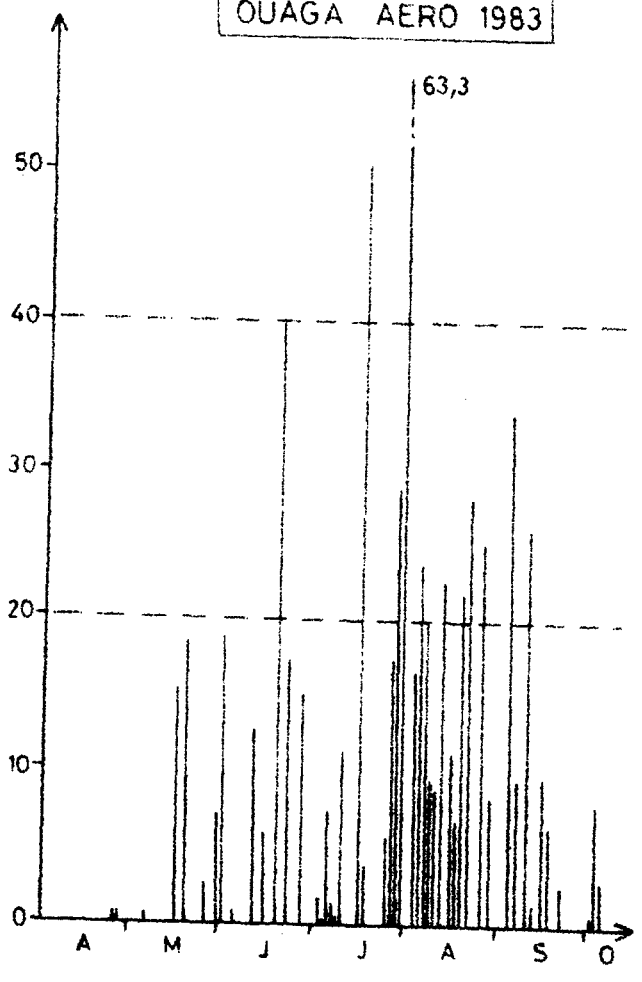


Fig 2
 PLUVIOMETRIE D'AVRIL A OCTOBRE 1983
 (% par rapport à la moyenne de la période 1971-1980)

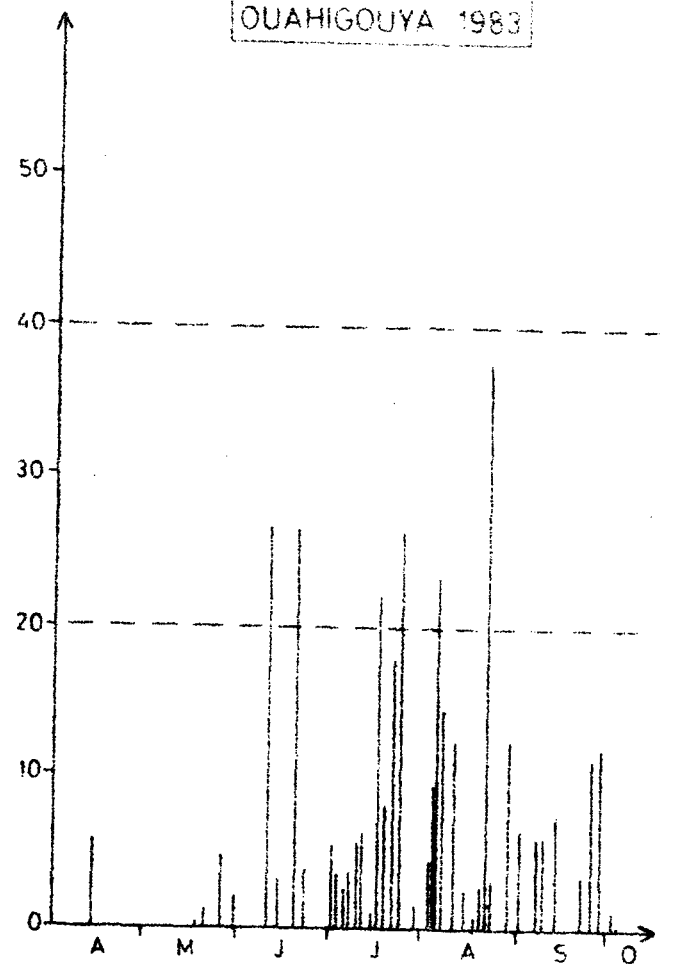


PLUVIOMETRIE JOURNALIERE
 AVRIL A OCTOBRE 1983
 Fig 3

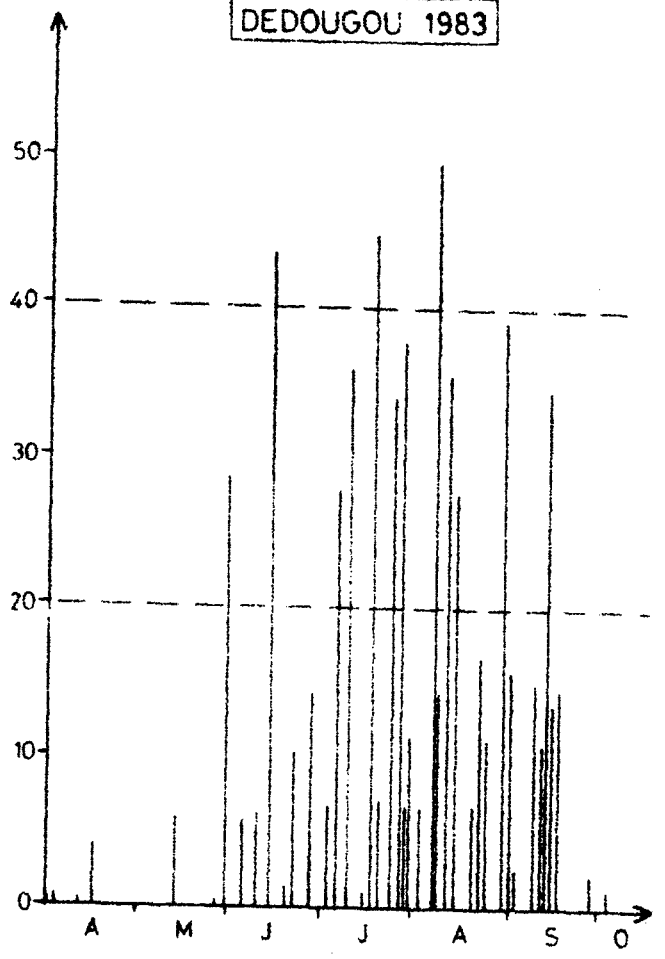
OUAGA AERO 1983



OUAHIGOUYA 1983



DEDOUGOU 1983



FADA N'GOURMA 1983

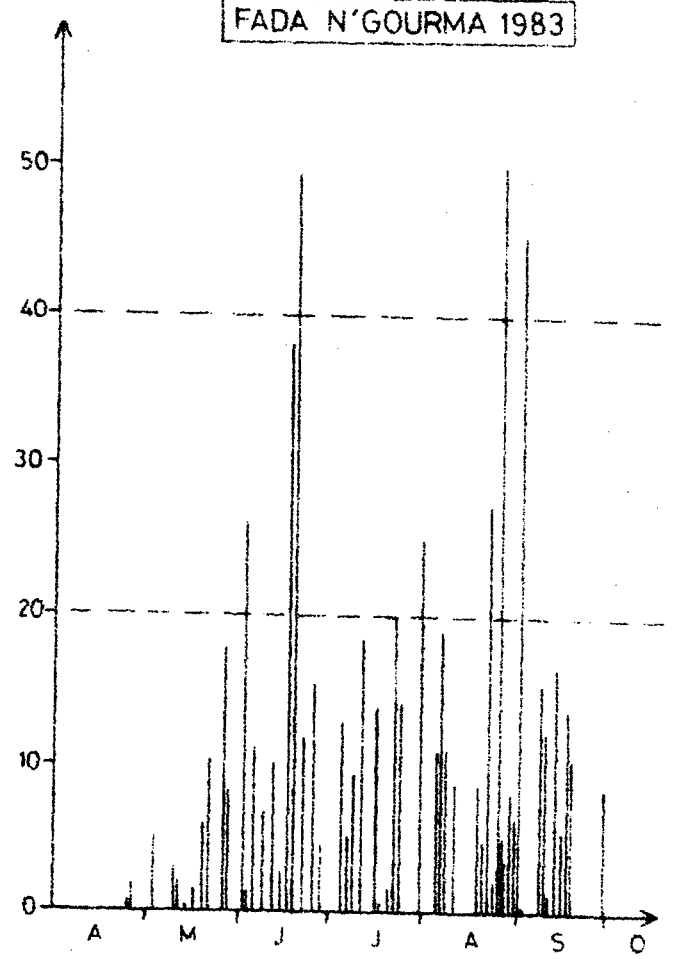
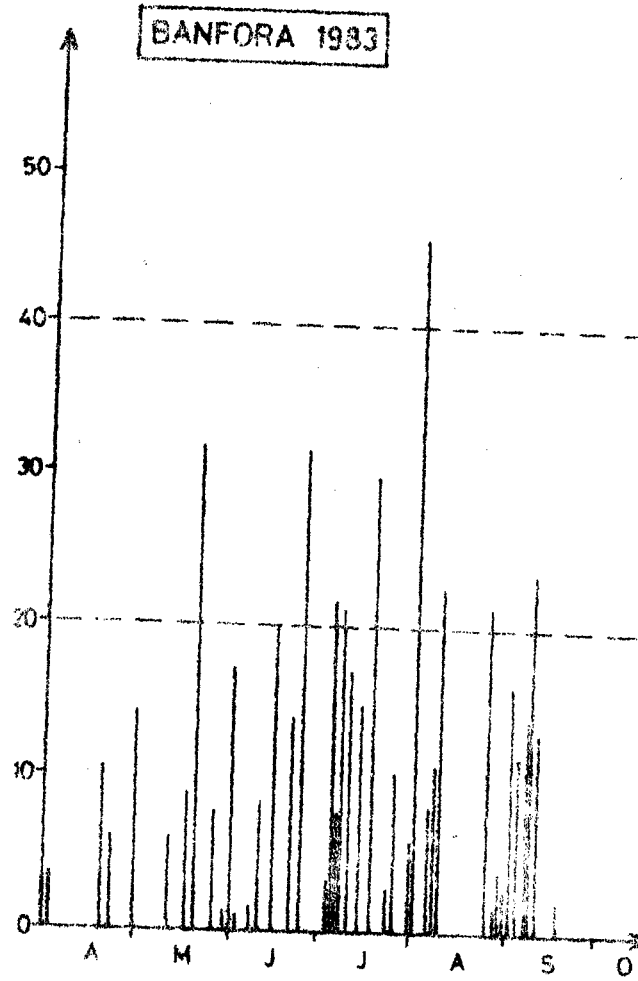
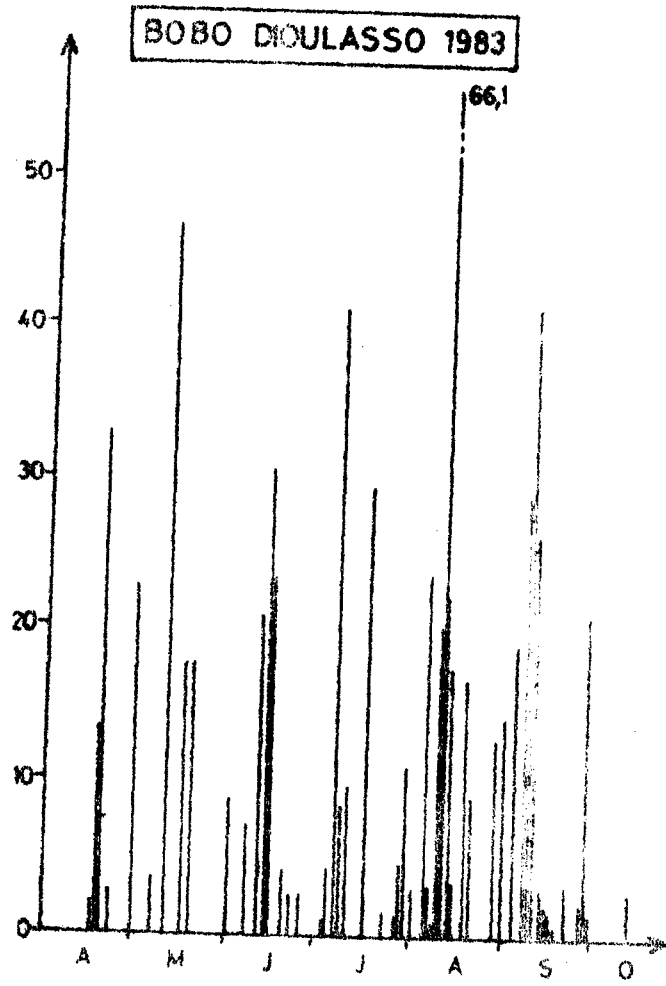


Fig. 3 suite



Les années présentant un manque d'observation partiel n'ont été prises en compte que lorsqu'une estimation fiable, pour les mois à faible pluviosité, a pu être faite.

I-2 - La Mousson 1983

I-2-1 - Isohyètes 1983

Nous présentons, extrait des documents ASECNA, la carte générale des isohyètes du pays pour 1983 (fig. 1) ainsi que celle des déficits - excédents par rapport à la décennie 1971-80 (fig. 2 et tableau 1).

- En 1983 tout le territoire voltaïque est compris entre les isohyètes 250 et 900 mm alors qu'en isohyètes inter-annuelles (1949-82) il est encadré par celles de 400 et 1 200 mm ; ce qui laisse supposer pour cette année un déficit global assez important.

- La figure 2 nous montre que ce déficit par rapport à la dernière décennie (1971-80) est général sur tout le pays exceptés trois minuscules îlots : autour de Ouagadougou, près de Pô et à l'extrême Sud Ouest près de Mangodara, pour lesquels la pluviométrie de 1983 est proche de la moyenne de la décennie. On notera, par ailleurs, que, si ce déficit est très important par rapport à la dernière décennie, il est encore plus accentué si on le calcule à partir de la moyenne générale des stations (de 22 à 54 %) (tableau 1).

I-2-2 - Pluviométries journalières

En plus d'un déficit annuel général, l'année 1983 se caractérise par une saison des pluies au démarrage tardif, une mauvaise répartition des pluies journalières (tableau 2) et dans l'ensemble des pluies journalières peu abondantes (fig. 3).

Le début de la saison des pluies a été pris arbitrairement à la première pluie de 10 mm suivie, dans la semaine, d'une seconde pluie ; les périodes sèches intra-mousson retenues sont celles présentant au moins cinq jours consécutifs sans

Stations	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
OURSI	204,0	31	8	372,3	480,5	403	41,0	-	-	-	-
DORI	356,4	34	56	243,9 (1926)	720,1 (1961)	509	45,8	444	44,8	30%	19,6%
OUAHIGOUYA	358,2	48	60	360,1 (1982)	971,4 (1936)	674	52,9	584	58,5	46,9%	38,7%
DEDCUGOU	648,1	44	58	512,2 (1975)	1519,4 (1939)	918	59,6	757	58,7	29,4%	14,4%
OUAGADOUGOU (Ouaga-aéro)	674,1	53	32	634,7 (1982)	1183,2 (1962)	856	72,2	799	70,0	21,3%	15,6%
FADA N'GOURMA	667,9	63	63	670,3 (1940)	1314,1 (1959)	872	70,8	823	72,2	24,4%	18,8%
BOBC-DIOULASSO	778,1	62	69	802,9 (1959)	1551,6 (1952)	1117	84,5	1020	85,1	30,3%	23,7%
BANFORA	544,3	42	60	813,1 (1979)	1693,6 (1924)	1170	70,4	1045	71,4	53,5%	47,9%
SAOUA	712,1	66	66	766,4 (1981)	2132,0 (1908)	1231	86,2	1028	91,9	42,2%	30,7%
PÔ	716,4	60	39	503,3 (1977)	1429,0 (1950)	956	-	867	-	25,1%	17,4%

Tableau 1 : Caractéristiques des stations principales de Haute-Volta et comparaison avec les données 1983 et antérieures.

Légende Tableau n° 1

- (1) = Pluviométrie 1983
- (2) = Nbre de jours de pluie 1983
- (3) = Nbre d'années d'observation
- (4) = Pluie annuelle minimale jusqu'en 1982
- (5) = Pluie annuelle maximale jusqu'en 1982
- (6) = Pluviométrie moyenne jusqu'en 1982

- (7) = Nbre de jours moyens jusqu'en 1982
- (8) = Pluviométrie moyenne de 1966 à 1982
- (9) = Nbre de jours moyen de 1966 à 1982
- (10) = Déficit de 1983 par rapport à 1920-1982
- (11) = Déficit de 1983 par rapport à 1966-1982

pluie ; la fin de la saison d'hivernage correspond, pour nous, à la dernière pluie supérieure ou égale à 10 mm. Le tableau n° 2 résume - à partir de ces critères - les principales caractéristiques de la saison pluvieuse 1983.

Stations	début Mousson	Périodes sèches (en jours)						fin de saison
		A	M	J	J	A	S	
OURSI	26 juillet					7	6	14 sept.
DORI	19 juin			8		18	13	28 sept.
OUAHIGOUYA	10 juin			5	5		5 5	29 sept.
DEDOUGOU	30 mai			5 5	5 5	5	5	17 sept.
FADA N'GOURMA	21 mai			5	5	6		18 sept.
BOBO DIOULASSO	18 avril	7	5 9	6	5	6		28 sept.
BANFORA	19 avril	18	6	5	7 5	5 5		11 sept.
GAOUA	1er mai		5		7 11	7 6		22 sept.

Tableau n° 2 : Répartition des pluies - Mousson 1983

Ce sont surtout les nombreux arrêts au cours de la mousson qui sont remarquables ; du 31 Mai au 14 Juin la station de Dédougou n'a reçu que deux pluies de 5,7 et 6,2 mm ; à cette même station en plein mois d'août la pluie cesse trois fois pendant 5 jours successifs, de même entre le 4 et le 9 septembre, et entre le 18 et le 29 septembre. A Dori la mousson est concentrée entre le 19 juin et le 21 août soit uniquement 74 jours encore que du 22 juin au 1er juillet il n'ait pas plu. A Gaoua il n'a pas plu du 26 juin au 3 juillet et du 18 au 30 juillet.

L'examen du tableau n° 3 montre que : les quantités d'eau apportées par les pluies inférieures à 20 mm représentent environ 50 % de la pluviométrie totale et que le nombre de pluies supérieures à 40 mm est particulièrement faible : pas une seule pluie supérieure à 40 mm à Ouahigouya et une seule à Banfora.

Or la hauteur de pluie journalière de probabilité annuelle (BRUNET-MORET, 1963 ; LAHAYE, 1982) à Ouahigouya est de 60 mm et à Banfora de 80 mm.

Ne passons pas sous silence le cas particulier de la station de Ouagadougou où on a noté en 1983 une pluie de 63,3 mm ce qui correspond approximativement à la récurrence annuelle et trois pluies qui atteignent ou dépassent 40 mm ; de plus son total annuel est proche de la moyenne de la station.

Si on ne peut négliger l'influence des essais de stimulation de pluies entrepris en début de saison 83 (PUECH, 1984), on observera cependant que déjà en 1973, SIRCOULON (1976) notait l'exception que constituait cette station.

Trois pluviomètres fonctionnent à Ouagadougou. (Aéro - Ville et Mission) ; l'homogénéisation de leurs données en vue de l'établissement d'une seule série s'annonce assez délicate mais même dans ces conditions, on est en droit de se poser la question de savoir dans quelle mesure Ouagadougou ne constitue pas un îlot pluviométrique particulier, bien qu'aucun argument connu (orographie, environnement particulier...) ne vienne appuyer une telle hypothèse.

I-2-3 - Analyse statistique de quelques séries pluviométriques annuelles - Récurrences des valeurs de 1983

Sur sept stations : Dori, Ouahigouya, Fada N'Gourma, Dédougou, Bobo-Dioulasso, Banfora et Gaoua, il a été tenté d'ajuster une répartition gaussienne des valeurs de la pluviométrie annuelle.

Les séries étudiées pour ces stations couvrent toutes la même période 1920-25 à 1983 soit une soixantaine d'années.

	P ₁ ≤ 20 mm			P ₂ = 20 à 40 mm			P ₃ = > 40 mm			P 83 mm	N 83	P/N 83
	P ₁ mm	N1	% P	P ₂ mm	N2	% P	P ₃ mm	N3	% P			
COURSI	118,6	28	58,2	85,4	3	41,8	0	0	0	204,0	31	6,6
DORI	145,3	29	40,7	56,2	2	15,8	154,9	3	43,5	356,4	34	10,5
OUAHIGOUYA	197,2	42	55,1	161,0	6	44,9	0	0	0	358,8	48	7,5
DEDOUGOU	238,4	33	36,8	271,5	9	41,9	138,2	3	21,3	648,1	44	14,7
OUAGADOUGOU	288,3	41	42,7	272,7	10	40,4	113,6	2	16,8	674,6	53	12,7
FADA N'GOURMA	387,2	55	58,0	135,9	5	20,3	114,8	3	21,8	667,9	63	10,6
BOBO-DIOULASSO	388,0	47	49,9	194,4	11	25,0	195,7	4	25,1	778,1	62	12,6
BANFORA	273,2	32	50,2	225,2	9	41,4	45,9	1	8,4	554,3	42	12,9
GAOUA	307,2	55	43,1	189,3	7	28,0	205,6	4	28,9	712,1	66	10,8
PÔ	303,5	49	42,4	205,6	7	28,7	207,3	4	28,9	716,4	60	11,9

Tableau n° 3

1983 - Répartition des fractions pluviométriques en 1983

(P₁ ≤ 20 mm ; 20 mm ≤ P₂ ≤ 40 mm ; P₃ > 40 mm)

AJUSTEMENT A UNE LOI NORMALE DES PLUVIOMETRIES ANNUELLES

DORI

OUAHIGOUYA

DEDOUGOU

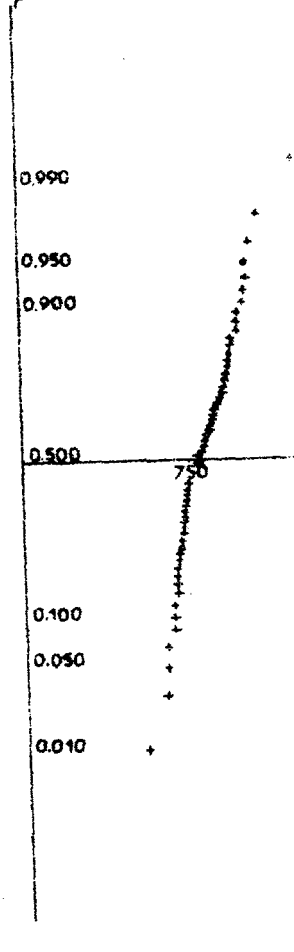
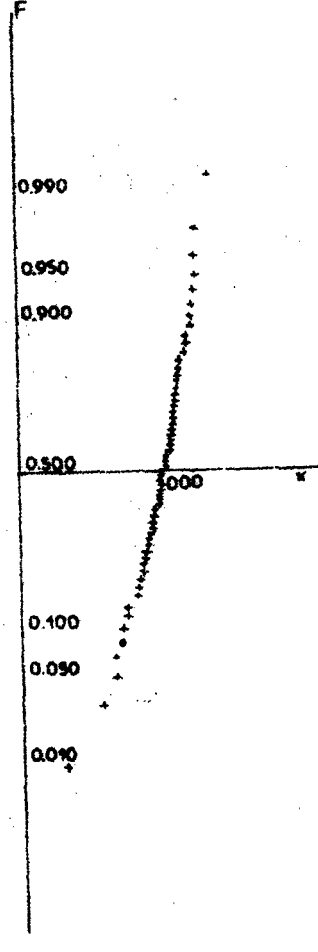
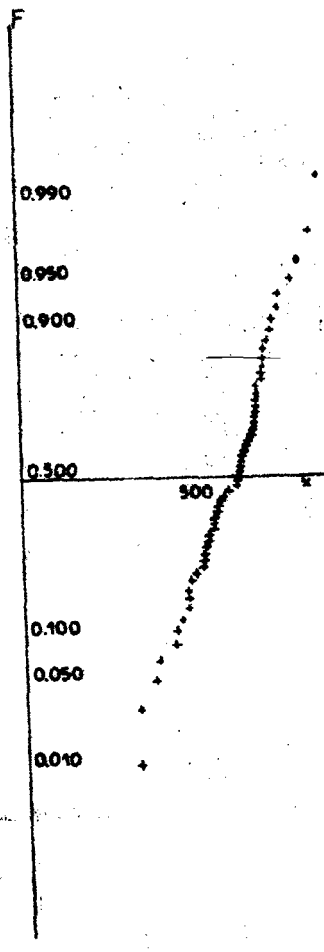
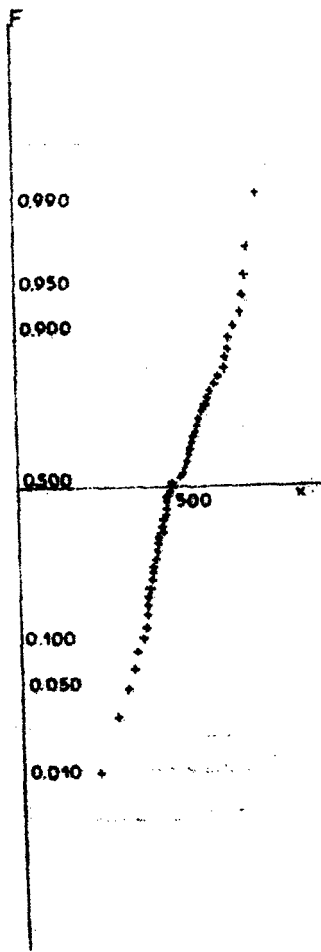
FADA N'GOURMA

N = 55
MOY. = 522,6
EC. TYPE = 121,6

N = 59
MOY. = 673,8
EC. TYPE = 136,3

N = 60
MOY. = 925,5
EC. TYPE = 170,9

N = 61
MOY. = 868,2
EC. TYPE = 142,8



RECURRENCES THEORIQUES (1,2,3: sèches - 4: annuelle - 5,6,7: humides)

1	239.5
2	322.4
3	366.6
4	522.6
5	678.5
6	722.7
7	805.6

1	356.5
2	449.5
3	499.0
4	673.8
5	848.5
6	898.1
7	991.1

1	527.8
2	644.3
3	706.4
4	925.5
5	1144.6
6	1206.8
7	1323.3

1	536.2
2	633.5
3	685.3
4	868.2
5	1051.1
6	1103.0
7	1200.2

AJUSTEMENT A UNE LOI NORMALE DES PLUVIOMETRIES ANNUELLES

BANFORA

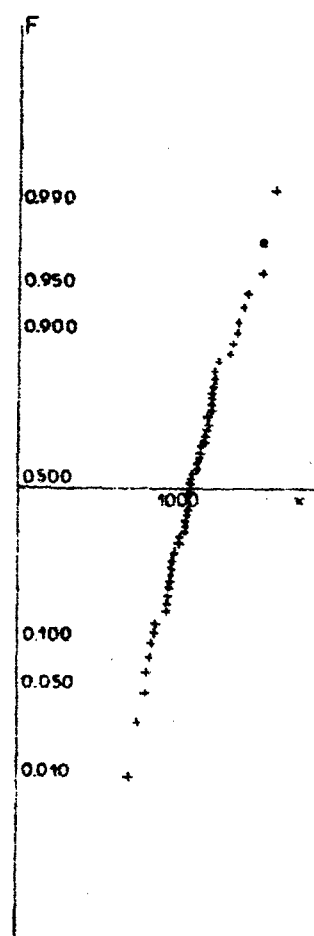
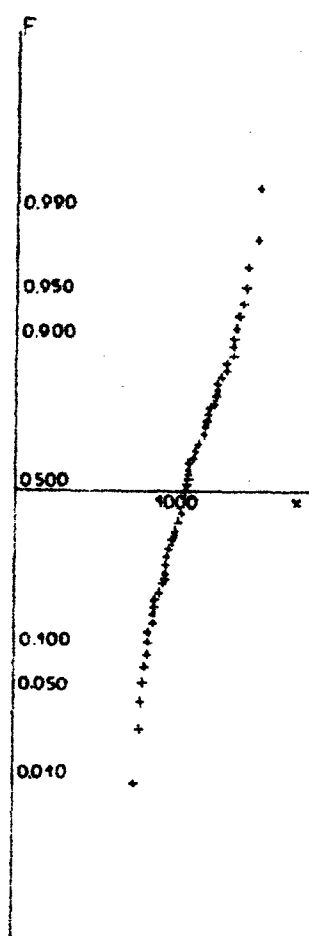
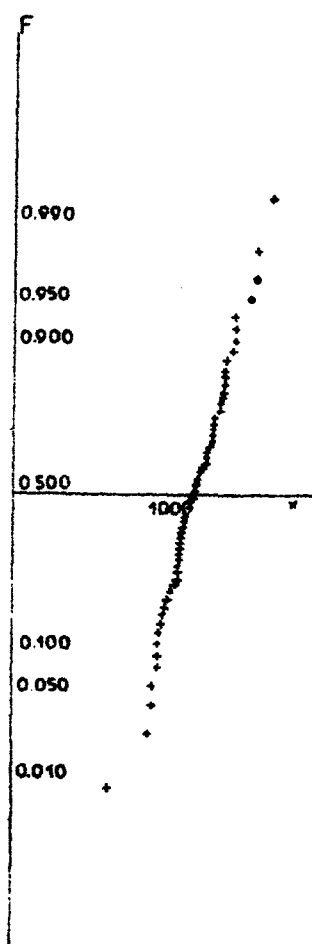
N = 61
MOY. = 1159,6
EC. TYPE = 217,7

BOBO DIULASSO

N = 67
MOY. = 1122,1
EC. TYPE = 201,0

GAOUA

N = 59
MOY. = 1133,1
EC. TYPE = 199,1



RECURRENCES THEORIQUES

cent. sec.	1	653.0
cinquant. sec.	2	801.4
decen. sec.	3	880.5
annuelle	4	1159.6
decen. hum.	5	1438.6
cinquant. hum.	6	1517.7
cent. hum.	7	1666.1

1	654.3
2	791.3
3	864.4
4	1122.1
5	1379.7
6	1452.8
7	1589.8

1	669.3
2	805.2
3	877.6
4	1133.1
5	1388.7
6	1461.1
7	1597.0

Les valeurs de P ont été classées, la fréquence expérimentale calculée suivant la formule préconisée par BRUNET-MORET (1969) pour les séries de moyenne durée : $f = \frac{r - 1/2}{n}$

(avec r = rang et n = nombre d'observations), et les courbes de fréquence expérimentale en fonction des valeurs observées tracées à l'aide d'un micro-ordinateur (fig. 4).

La valeur de la variable normale centrée réduite a été calculée à l'aide de l'approximation utilisée par BRUNET-MORET (1969) ainsi que les pluviométries de récurrence remarquable (100, 50, 10 ans sèche et humide).

Si approximativement l'ajustement sur le corps des échantillons à une droite de Henry paraît justifié, la loi de Gauss ne convient plus, pour les fréquences extrêmes et plutôt que de calculer les récurrences théoriques obtenues par la prolongation de la droite de Henry, nous les estimons à partir des données expérimentales. On observe pour chaque station les caractéristiques suivantes :

- DORI : les basses fréquences ($f < 0,150$) s'éloignent de la droite moyenne, elles correspondent à des valeurs observées trop faibles. Parmi les dix dernières fréquences ($f < 0,200$) on retrouve sept années de la dernière décennie ; 1983 est au quatrième rang et correspond sensiblement à une récurrence expérimentale de vingt ans.

- OUAHIGOUYA : la droite de Henry s'incurve là aussi vers les faibles fréquences, sauf pour la dernière fréquence, celle de 1983, qui tend à se réinsérer sur la droite moyenne. Pour les fréquences inférieures à 0,177, sur dix années, huit années appartiennent à la dernière décennie. L'année 1983 a une fréquence expérimentale de l'ordre de 50 ans.

- FADA N'GOURMA : l'ajustement expérimental s'éloigne légèrement de la droite de Henry en faisant un S sur sa droite moyenne. Cependant on observe toujours le même phénomène de dérive vers les basses fréquences, l'année 1944 étant la plus éloignée de la loi. 1983 présente dans ce contexte une récurrence sèche d'environ trente ans.

- DEDOUGOU : l'incurvation observée aux stations précédentes est ici très significative. Les valeurs pour les fréquences inférieures à 0,120 s'alignent sur une branche de parabole incurvée vers les basses valeurs de la pluviométrie.

Notons que l'année 1983 a une récurrence expérimentale de vingt ans sèche et que celle de 1975 est nettement inférieure à la centennale sèche.

- BOBO-DIOULASSO : Sur cette série on remarque une cassure de la droite de Henry pour les fréquences plus petites que 0,170 ; ces dernières s'alignent sur une droite de pente plus forte qui intéresse environ douze années parmi lesquelles six appartiennent à la décennie 1972-83.

Par ailleurs, 1983 présente une récurrence sèche presque centennale. C'est le minimum minimorum de la série.

- BANFORA : l'année 1983 s'écarte significativement de la droite moyenne. Elle se trouve à l'extrémité d'une courbe amorcée dès le rang 8. Sur ces huit années, quatre proviennent de la dernière décennie. 1983 a une pluviométrie 100 mm plus basse que la centennale sèche.

- GAOUA : la courbe de fréquence est plus régulière que celles des autres stations étudiées. Néanmoins on notera deux décrochements vers $f = 0,850$ et $f = 0,130$ mais sans la courbe caractéristique vers les basses fréquences observée précédemment.

L'année 1983 affiche le minimum minimorum de la série et une récurrence sèche d'environ 100 ans.

Les sept stations étudiées ici, présentent donc pratiquement les mêmes tendances qui se caractérisent par une déviation de la courbe de fréquence vers les basses valeurs des séries, et qui intéresse une dizaine d'années sur la soixantaine de chacune des stations. OLIVRY (1983) décrit le même phénomène pour les stations côtières du Sénégal.

On notera que parmi ces dix années "exceptionnellement" sèches on retrouve en majorité celles de la dernière décennie et systématiquement 1983 et 1973, mais aussi des années antérieures à la "sécheresse" de 1973 telle que la période des premières années 1940 ainsi que les années 1926-27 qu'on observe dans cinq stations sur sept. Cependant les années antérieures à 1973 qui figurent dans cette "série sèche" sont toujours des années isolées alors que pour la décennie 1973-83 c'est la majorité de ces années qui s'y retrouve (voir tableau 4).

Cette concentration des années de la période 1973-83 dans les premiers rangs de la série statistique soulève le problème de la signification de leur récurrence et de l'ajustement de la série complète à une même loi. On retrouve ce même problème pour l'ajustement des débits du Niger à Niamey qui, au courant des dernières années, n'a pas atteint deux fois la valeur d'étiage - limite calculée (PUECH, 1983).

Il semblerait donc qu'on se trouve avec la dernière décennie, en présence d'un phénomène de persistance dont on a aucun exemple précédemment tout du moins dans la série temporelle à notre disposition.

I-3 - Analyse des tendances climatiques

Pour tenter de cerner cette apparente persistance, il nous a semblé intéressant d'effectuer une analyse de l'évolution de chacune des séries précédentes à l'aide de méthodes qui permettraient de mettre en évidence les tendances climatiques générales.

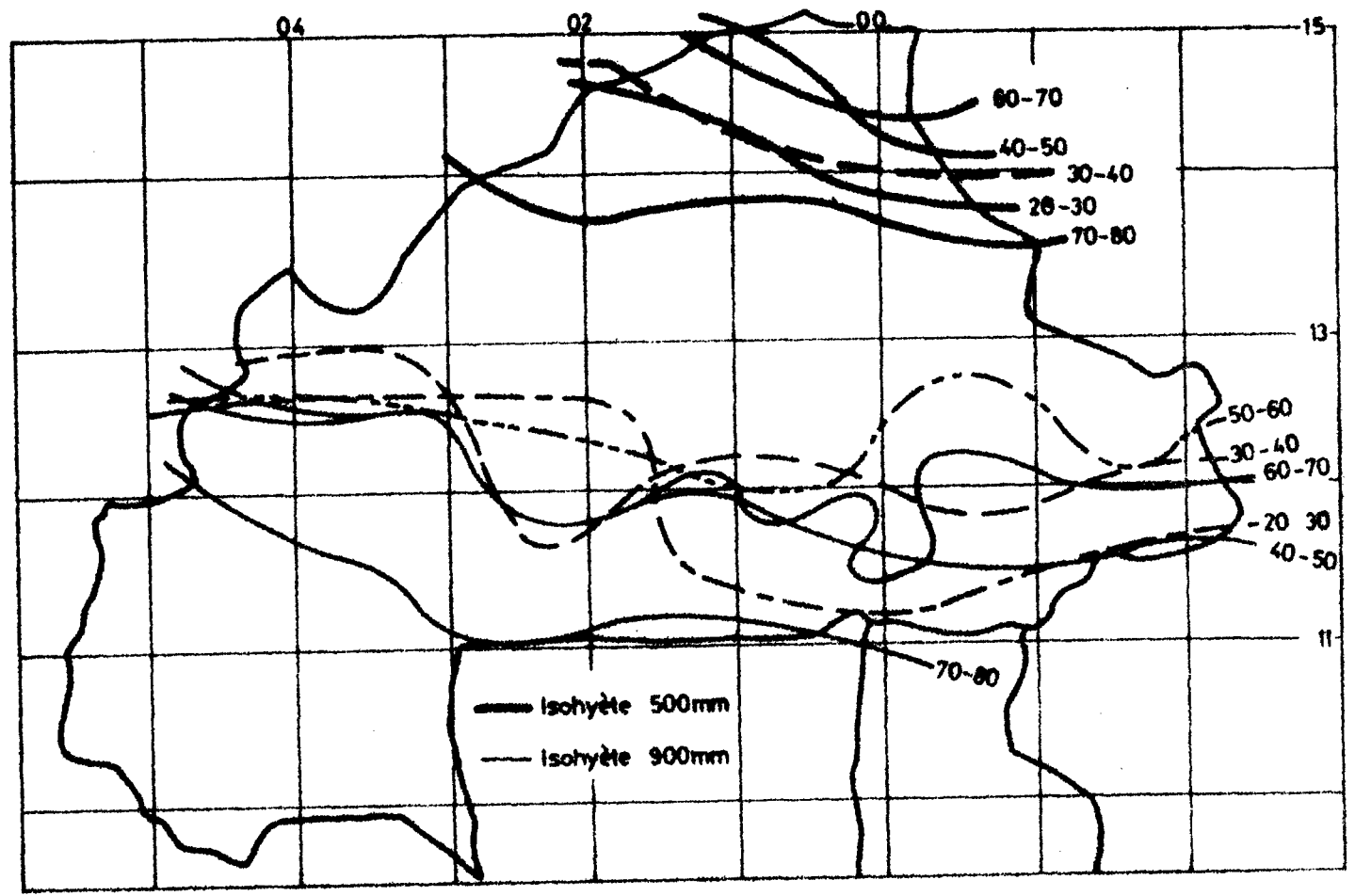
I-3-1 - Evolution des isohyètes moyennes décennales

- Si on considère les isohyètes (moyennes par décennies) 500 et 900 mm (fig. 5) et qu'on observe leurs variations spatiales depuis 1920, on remarque un déplacement latitudinal de plus d'un degré pour l'isohyète 500 et de presque deux degrés pour celle de 900 mm, vers le Sud.

DORI	P _{mm}	OUAHIGOUYA	DEDOUGOU	FADA N'GOURMA	BOBO-DIOULASSO	BANFORA	GAOUA						
Moy	523	674	926	868	1122	1160	1133						
1926	244	1983	358	1975	512	1944	569	1983	778	1983	544	1983	712
77	304	82	360	77	594	21	663	69	803	79	813	81	766
75	335	47	413	82	596	83	668	42	805	26	836	79	814
83	356	77	425	83	648	40	670	12	815	82	847	47	823
68	368	73	477	73	649	42	706	77	835	46	883	67	840
73	394	71	481	72	670	49	708	80	841	47	885	61	852
38	402	72	502	80	673	80	710	50	845	81	886	72	874
70	407	76	520	37	748	41	729	41	854	44	890	44	884
80	409	70	522	26	756	73	730	26	886	42	913	75	931
81	409	32	523	76	764	22	731	75	888	76	928	27	954
Nbre d'années de la dernière décennie													
6		5	7	3	4	5	4						
Rang de 1983													
4ème		1èm	4èm	3èm	1er	1er	1er						

Tableau 4 : Récapitulatif des dix récurrences les plus sèches.

Fig.5
VARIATIONS DES ISOHYETES 500 ET 900 mm
AU COURS DES SIX DERNIERES DECENNIES



Les isohyètes 500 et 900 de la décennie 70-80 se détachent nettement de ceux des autres décennies avec un recul notable vers le Sud. C'est la plus forte variation observée depuis 1920.

- Malgré l'arbitraire du découpage par décennies, on note une remontée générale vers le Nord de ces isohyètes entre 1920 et 1960 (l'isohyète 500 de la décennie 1950-60 est au Nord de la frontière malo-voltaïque), puis une descente sensible pour 1960-70 et un record vers le Sud pour la décennie suivante, l'isohyète 500 mm se trouvant presque à la latitude de Ouahigouya.

I-3-2 - Evolution de la pluviométrie annuelle

Bien que la pluviométrie annuelle soit habituellement considérée comme une variable aléatoire, les climatologues, depuis quelques années, ont tenté de trouver des méthodes permettant de mettre en évidence les phénomènes de cycles ou de persistance.

La première de ces méthodes a été la moyenne mobile arithmétique mais celle-ci centre artificiellement des phénomènes qui ne sont pas forcément en coincidence avec les phénomènes observés et induit de fausses périodicités ("effet Slutsky").

Récemment OLIVRY (1983) utilise l'hypothèse suivant laquelle, à l'échelle d'un pas de temps annuel, la pluviométrie est liée aux pluviométries précédentes par un processus markovien d'ordre 1 ; on peut dans ce cas écrire pour une année n :

$$P_n = Z_n + AP_{n-1} \quad (1)$$

Z_n traduit la variable aléatoire de l'année n et AP_{n-1} est un polynome fonction des P antérieurs.

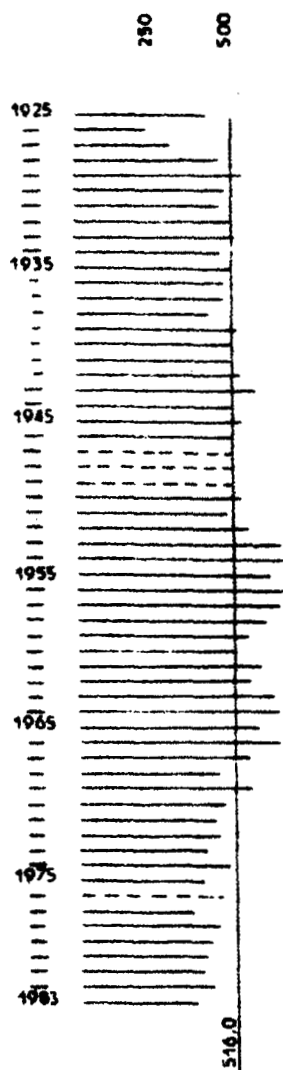
A partir de cette hypothèse, il construit une moyenne mobile pondérée de la forme :

$$P_0 = \frac{1}{a} \cdot P_0 + \frac{1}{a} \sum_{i=0}^{n-1} P_i \cdot \exp.-b(t_0-t_i)$$

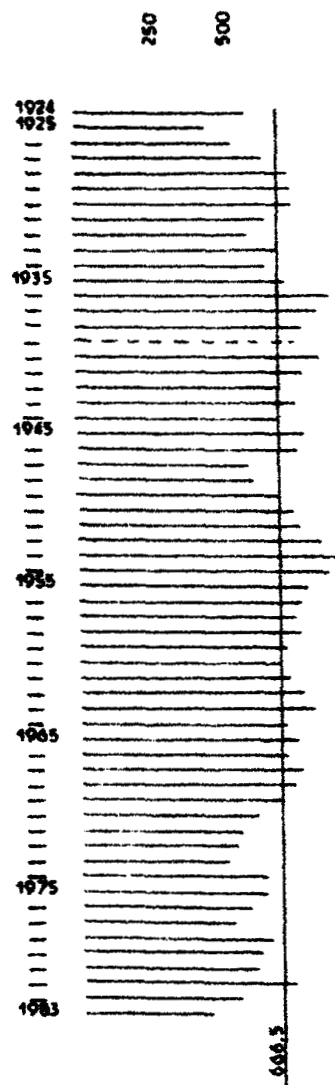
dans laquelle le premier terme est le terme aléatoire Z_n de la formule (1) et le second le terme "persistance" AP_{n-1} .

MOYENNES MOBILES PONDEREES PLUVIOMETRIES ANNUELLES

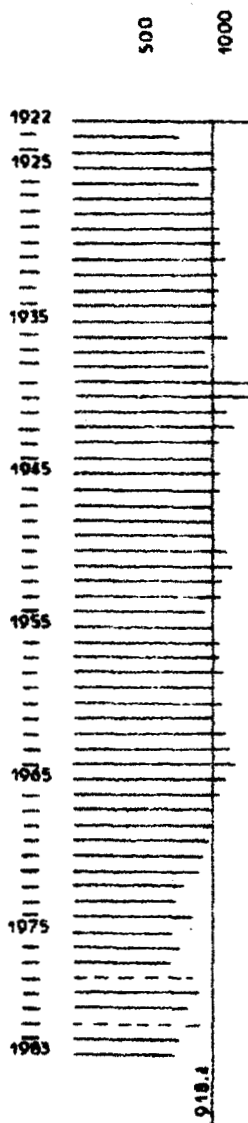
STATION: DORI



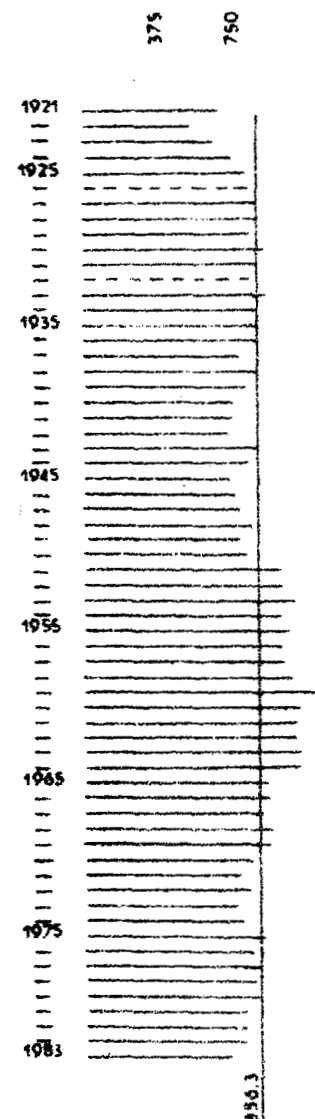
STATION: OUAHIGOUYA



STATION: DEDOUGOU



STATION: FADA



Nous retiendrons pour a et b les valeurs d'OLIVRY soit $a = 2$ et $b = 0,7$ tout en nous rendant compte qu'un ajustement spécifique à la zone climatique étudiée ici devrait intervenir.

Les figures 6 présentent cette moyenne mobile pour les sept stations précédemment étudiées durant la période 1920-25 à 1983 ainsi que la moyenne de ces valeurs pondérées qui est sensiblement inférieure à la moyenne arithmétique, à cause des années extrêmes.

Le tableau 5 résume les données des graphiques 6 à partir de 1930 (la moyenne mobile pondérée n'étant pas représentative pour les premières années des séries) et tente de dégager la tendance évolutive générale pour le pays.

On remarque :

- de 1930 à 1943 une période de pluviométrie normale
- de 1944 à 1949 une courte période déficitaire
- de 1950 à 1968 des années successives largement excédentaires.
- depuis 1968 une tendance générale à toutes les stations vers un régime très déficitaire.

Ainsi on retrouve ici les mêmes tendances déjà décrites par OLIVRY (1983) et SIRCOULON (1984) caractérisées par une période de pluies abondantes de 1950 à 1965 environ suivie d'une diminution surtout remarquable depuis 1968 mais déjà amorcée dès 1965 localement.

Cette dernière période déficitaire malgré les sursauts des années 75, 77 et 81 qui auraient pu faire croire à un retour vers des années plus clémentes, semble ainsi correspondre à la plus longue phase sèche jamais encore observée.

MOYENNES MOBILES PONDEREES PLUVIOMETRIES ANNUELLES

STATION: BOBO

STATION: BANFORA

STATION: GAOUA

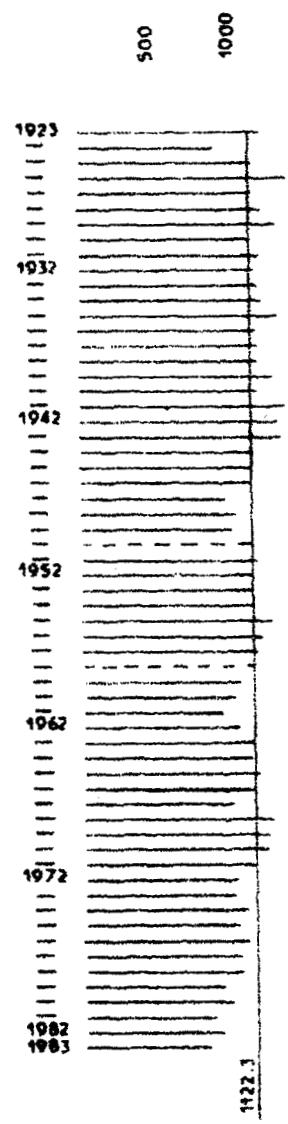
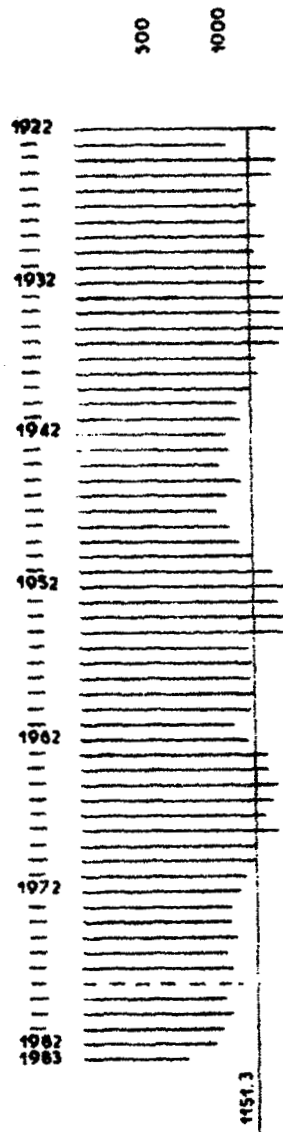
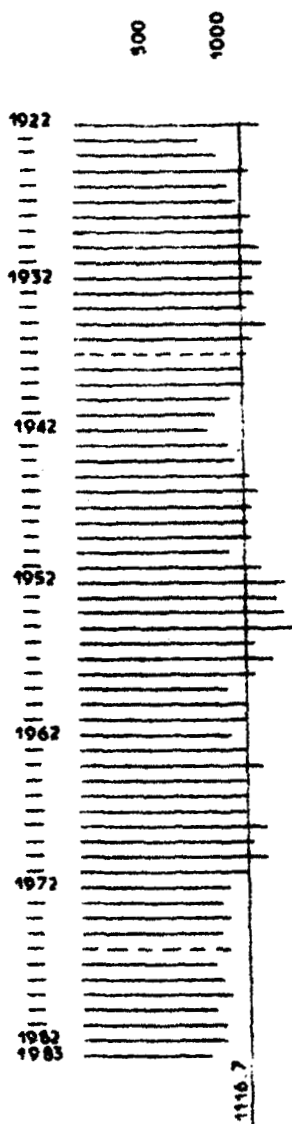
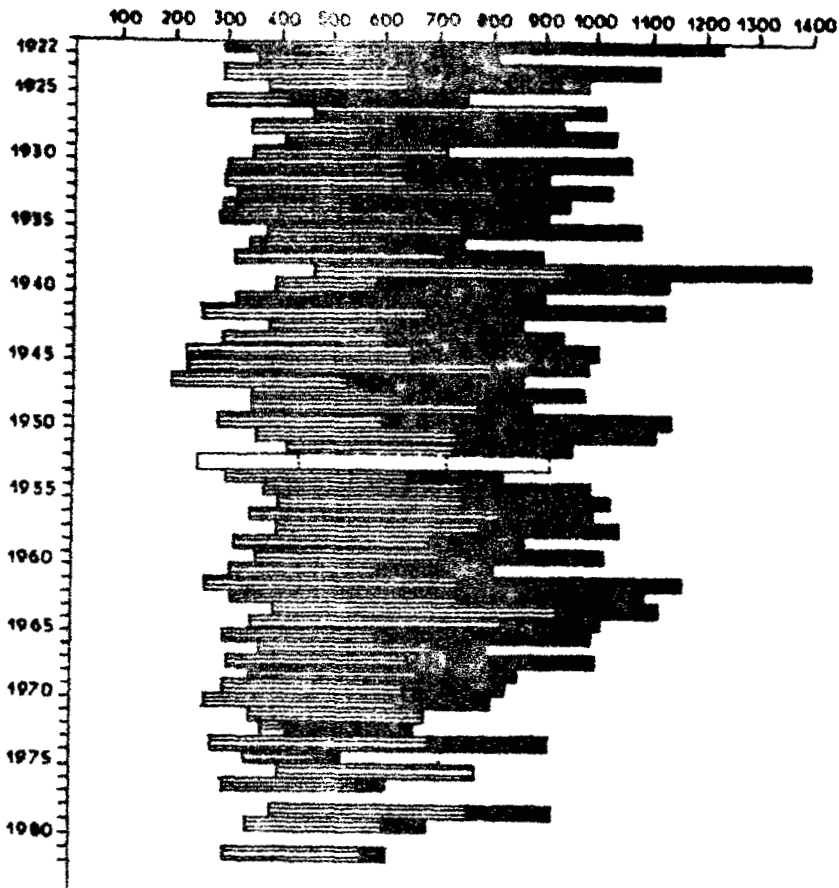
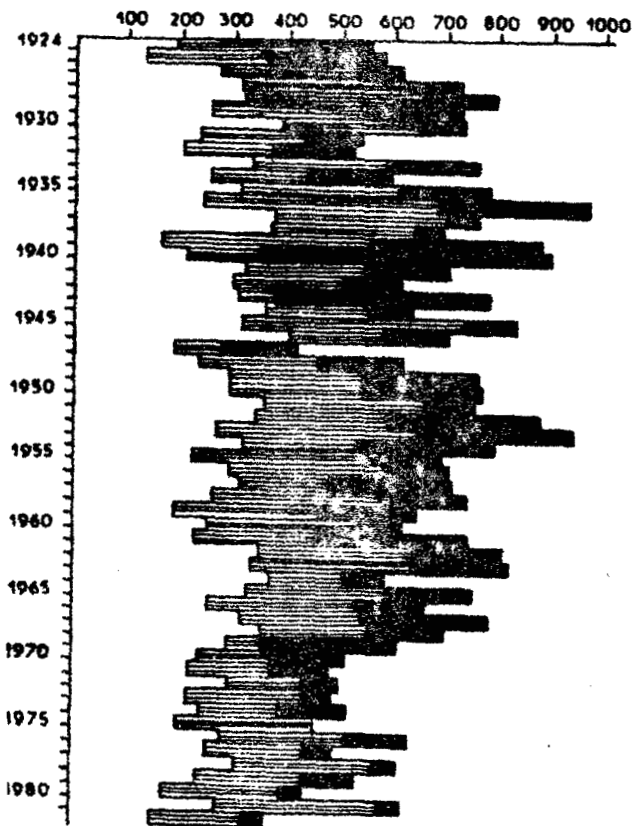
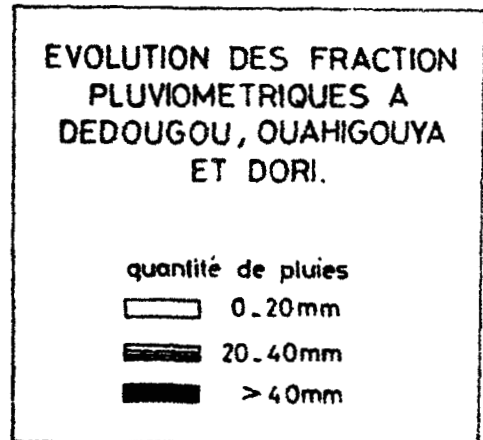


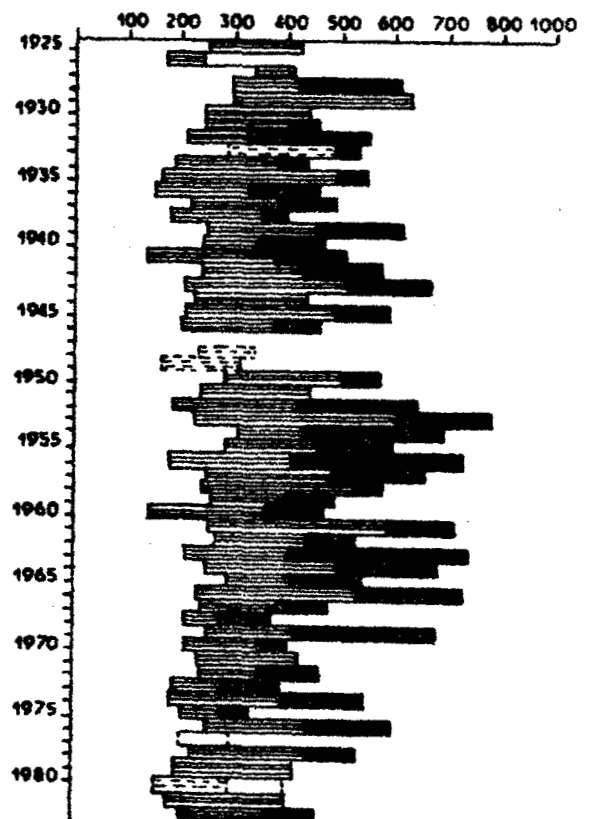
Fig. 7



DEDOUGOU



OUAHIGOUYA



DORI

Années	Dori	Gushig.	Dédougou	Fada	Bobo	Banfora	Gaoua	+	0	-		-6	-4	-2	0	2	4	6
1950	-	+	+	+	+	+	0	5	1	1	4							
51	-	-	+	0	+	+	0	3	1	2	1							
52	0	-	+	0	+	+	0	3	3	1	1							
53	0	0	+	0	+	+	+	5	2	0	5							
54	0	0	+	0	0	+	+	3	2	2	1							
55	0	+	0	0	+	+	+	4	3	0	1							
56	-	+	0	0	+	+	+	5	0	2	3							
57	-	+	0	0	0	0	+	2	3	2	0							
58	-	+	0	0	0	0	+	2	4	1	1							
59	0	+	+	-	0	0	+	3	3	1	2							
1960	0	+	+	-	-	-	+	3	1	3	0							
61	0	+	+	-	-	-	+	3	3	1	2							
62	+	0	+	0	-	-	+	3	1	3	0							
63	+	0	+	0	-	-	+	4	1	2	2							
64	0	+	0	-	0	-	0	3	4	3	3							
65	0	+	0	-	0	-	0	3	2	2	1							
66	0	+	+	-	+	-	0	3	2	2	1							
67	0	+	0	0	+	-	0	1	2	2	4							
68	0	0	0	0	0	-	-	0	0	3	3							
69	0	0	0	0	+	0	-	1	3	3	2							
1970	0	+	+	-	-	0	0	3	1	3	0							
71	+	+	+	+	+	+	0	5	2	0	5							
72	+	+	+	+	+	+	0	6	1	0	3							
73	+	+	+	+	+	+	0	6	2	0	5							
74	+	+	+	+	+	+	0	6	1	0	5							
75	+	+	+	+	+	0	0	6	0	0	5							
76	+	+	+	+	+	0	0	6	1	1	5							
77	+	+	+	+	+	0	0	6	0	0	5							
78	+	+	+	+	+	0	0	6	1	1	4							
79	+	+	+	+	+	0	0	6	0	0	5							
1980	+	+	+	+	+	+	0	0	0	7	3							
81	+	+	+	+	+	+	0	0	0	7	3							
82	+	+	+	+	+	+	0	0	0	7	3							
83	+	+	+	+	+	+	0	0	0	7	3							

Tableau n° 5 : Comparaison moyenne-mobile / moyenne interannuelle
 légende : + excédentaire
 - déficitaire
 0 normale

I-3-3 - Evolution des fractions pluviométriques

Si la méthode précédente met bien en évidence la tendance générale de l'évolution climatique récente, cette méthode essaie d'aller plus avant pour décrire le phénomène en recherchant quels sont les paramètres qui ont varié de façon significative.

L'un de nous (CARBONNEL, 1983) a, d'une part étudié simultanément les variations de la hauteur pluviométrique annuelle (P) et du nombre de jours de pluie (N), d'autre part la variation de trois fractions pluviométriques journalières : P1(0 - 20 mm), P2(20 - 40 mm) et P3(> 40 mm).

Pour les stations étudiées, le rapport P/N diminue globalement avec le temps, bien sûr à cause de la diminution de P mais aussi, à cause d'une augmentation du nombre de jours de pluie relativement moins importante que la décroissance de P. Plus significatives sont les évolutions des fractions P1, P2 et P3 qui semblent varier de façon indépendante : P1 reste constant dans le temps (sous forme d'une variable aléatoire à faible écart-type), P2 tend à diminuer à partir de 1965, quant à P3 sa diminution va jusqu'à l'annulation au cours de la dernière décennie. L'évolution climatique actuelle pouvant se traduire ainsi :

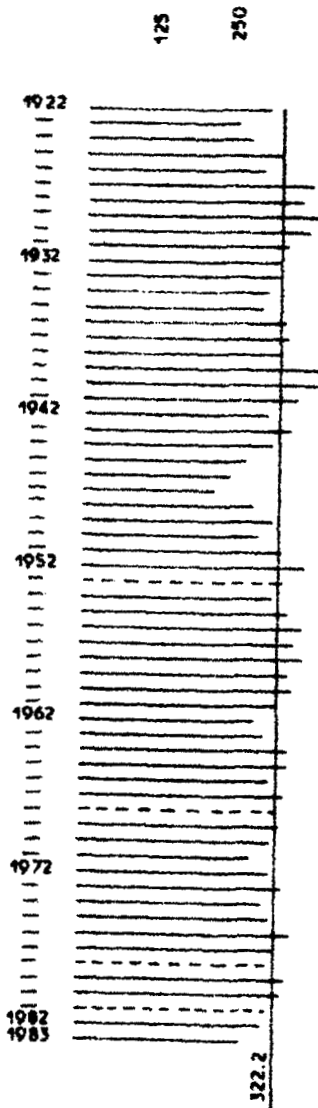
$$\frac{P}{(N)} = \left[\begin{matrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{matrix} \right] \begin{matrix} \text{Cte} \\ \\ 0 \end{matrix} + \dots + \dots$$

La fig. 7 illustre cette tendance évolutive pour trois stations.

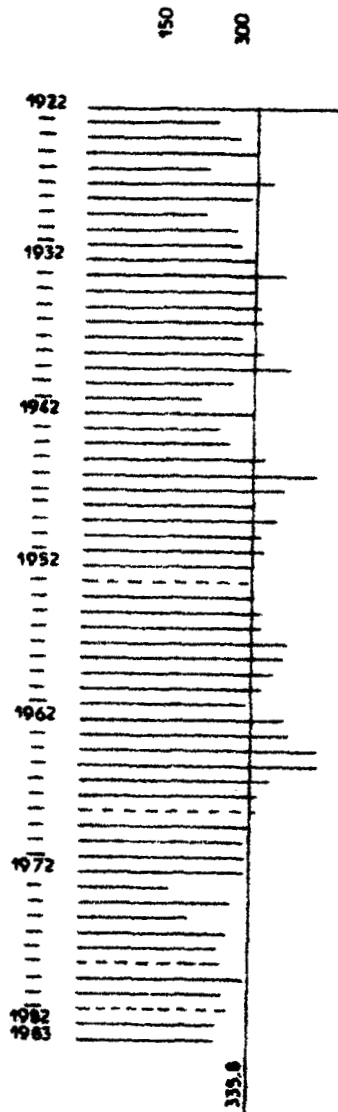
Pour mieux préciser la variabilité de ces 3 fractions nous avons appliqué la méthode de la moyenne mobile, précédemment décrite, à chacune d'elles (fig. 8)

MOYENNES MOBILES PONDEREES
DES FRACTIONS PLUVIOMETRIQUES
A LA STATION DE DEDOUGOU

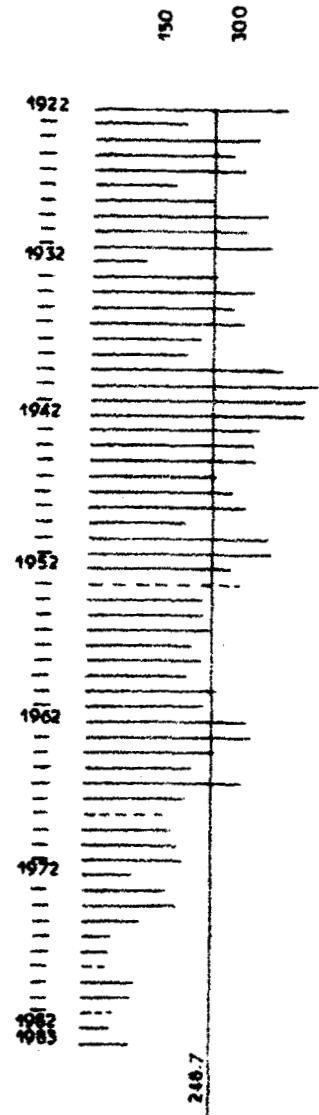
STATION DEDOUGOU P1



STATION DEDOUGOU P2



STATION DEDOUGOU P3



On notera la régularité de cette moyenne mobile appliquée à la fraction P1, et sa décroissance continue pour les 2 autres, surtout pour P3 (740 mm) qui, à elle seule, semble responsable de la variation climatique au niveau des précipitations annuelles.

Pour confirmer cette observation nous avons effectué le calcul du coefficient de corrélation entre P3 et P (tableau n° 6) pour les stations de Dori, Ouahigouya, Dédougou et Banfora. Ces coefficients sont significatifs de la corrélation $P = f(P3)$.

Stations	Nbre d'années	P3 moy.	P moy.	coef. corrél.	droite de régression
DORI	52	114,5	540,4	0,75	$P=1,04P3 +421,3$
OUAHIGOUYA	58	149,9	666,5	0,62	$P=0,87P3 +536,2$
DEDOUGOU	58	255,3	925,1	0,74	$P=0,95P3 +681,4$
BANFORA	57	343,3	1166,7	0,73	$P=0,95P3 +841,1$

Tableau n° 6 : Corrélation P3/P à quatre stations

Une extension spatiale de cette étude et un affinement des valeurs - limites des fractions pluviométriques devraient permettre d'estimer le minimum de pluviométrie (P1) sur lequel on pourrait compter pour toutes les zones écologiques de la région soudano-sahélienne (le "bruit de fond" de la mousson). De plus, la recherche des lois statistiques auxquelles pourraient s'ajuster les fractions P2 et P3 fournirait des récurrences plus opérationnelles pour les aménageurs. En particulier, en reprenant la méthode des moyennes mobiles on pourrait intégrer le terme P1 dans la variable "persistance" et P3 dans la variable aléatoire.

I-4 - Conclusion

La présentation et l'analyse de l'année pluviométrique 1983 met en évidence la rigueur de cet hivernage et confirme l'hypothèse de la persistance du déficit pluviométrique amorcée depuis 1968.

Les différentes analyses utilisées précédemment concourent à aboutir à cette même conclusion. Si nous retrouvons des résultats déjà observés par ailleurs, on notera cependant que c'est la première fois qu'on met en évidence le caractère significatif de l'évolution individuelle des fractions pluviométriques et en particulier l'importance des pluies supérieures à 40 mm dans ce processus.

Cette tentative de globaliser les données pluviométriques à des échelles qui dépassent le cadre de la station nous paraît justifier car, de ces conclusions, dépendent en grande partie les calculs de bilan hydrologique, les bilans agro-écologiques, en un mot le support de la vie économique de la région étudiée.

II - LES DONNÉES HYDROLOGIQUES

Comme pour les données pluviométriques, nous avons rassemblé les mesures hydrologiques disponibles en nous restreignant aux séries les plus longues.

II-1 - Choix des stations

D'une part nous présentons les modules aux stations hydrologiques des bassins versants les plus représentatifs (les 3 Volta, Léraba, Boli) et d'autre part le remplissage de quelques barrages ou retenues naturelles (Loumbila, Sourou, Bam et mare d'Oursi).

L'ensemble de ces données nous ont été fournies par la direction de l'Hydraulique et de l'Équipement rural à l'exception des données d'Oursi fournies par l'ORSTOM. Nous les avons prises telles quelles malgré un assez grand nombre d'estimations de modules mensuels.

A l'inverse des données pluviométriques, les mesures hydrologiques ne remontent au maximum qu'à 1951 et le nombre de stations est beaucoup plus limité.

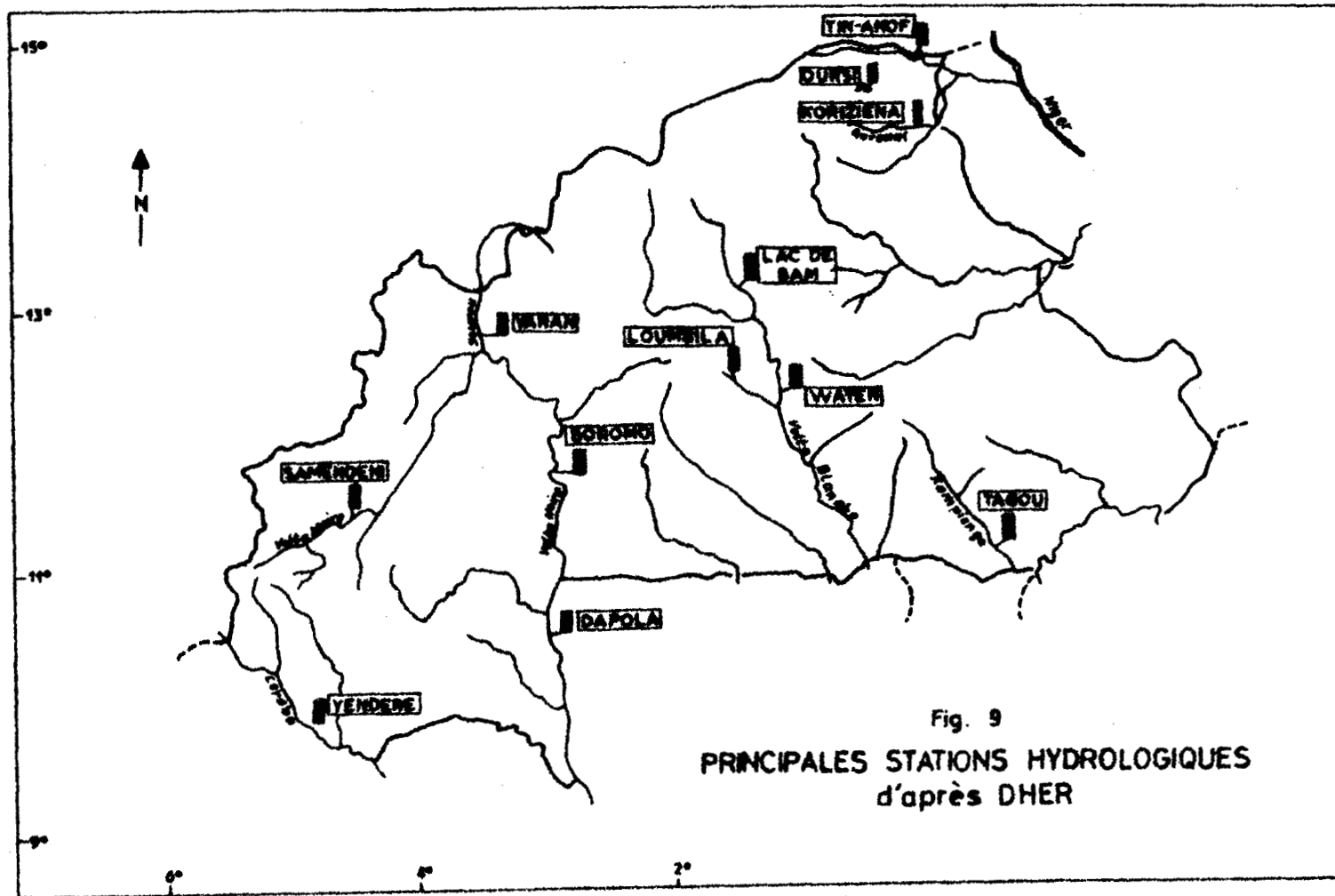
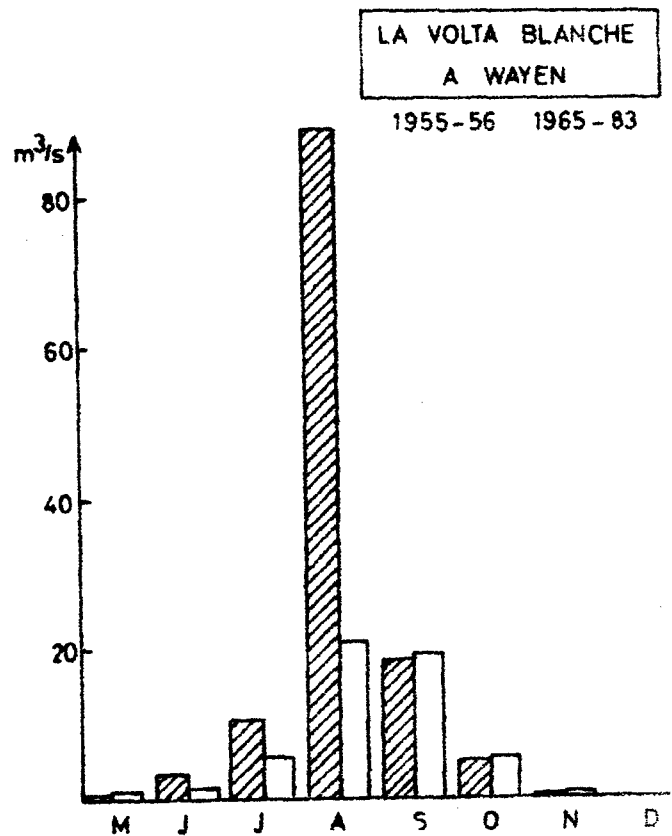
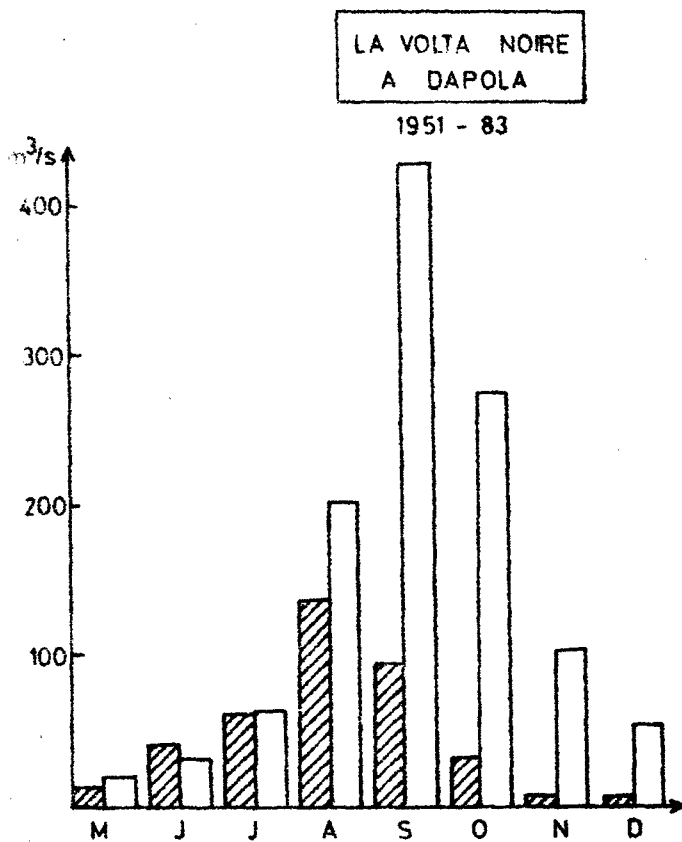
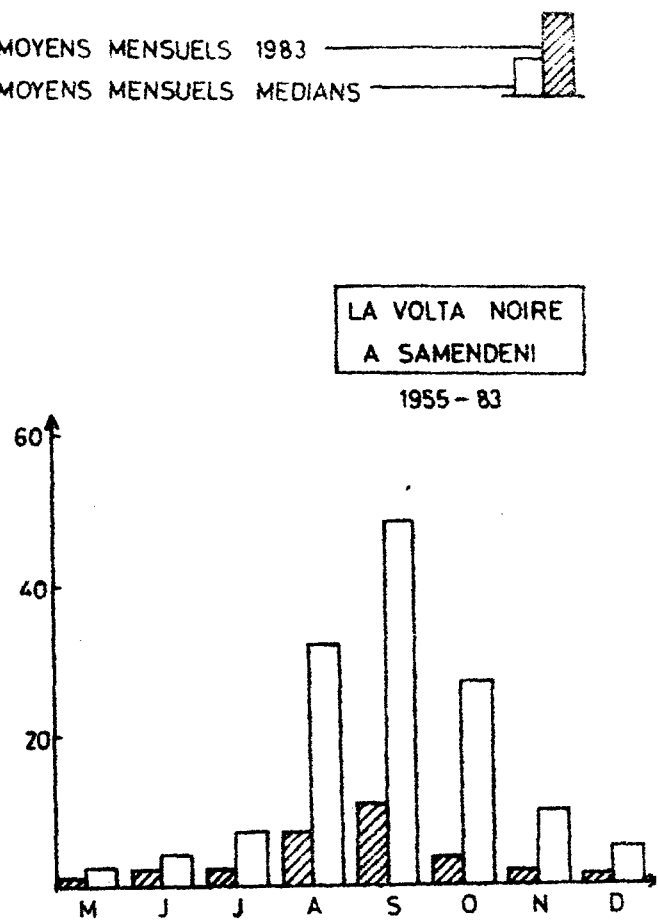
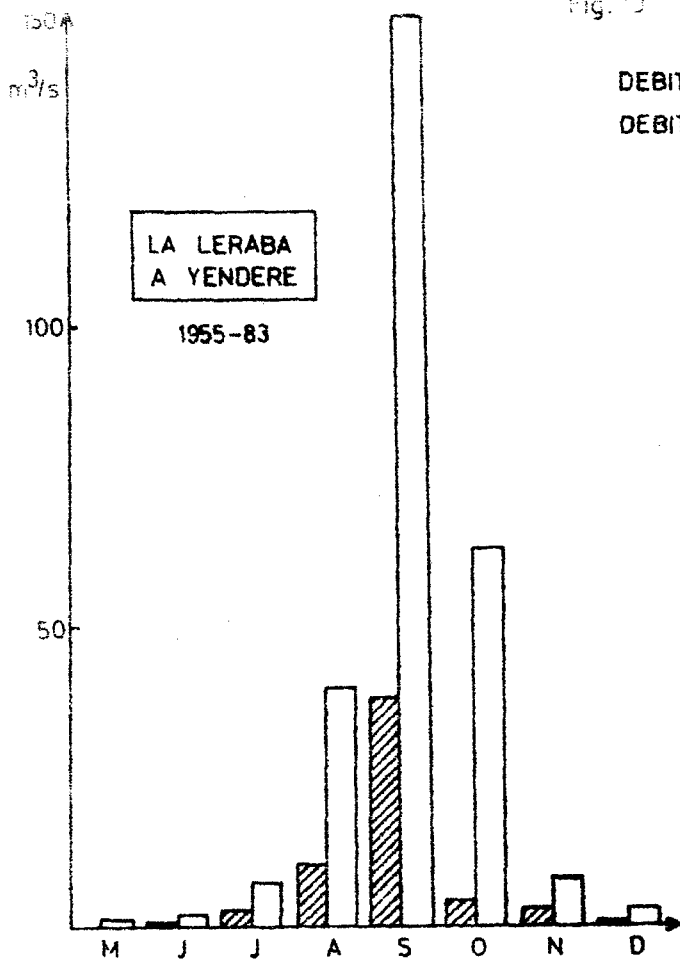


Fig. 9
 PRINCIPALES STATIONS HYDROLOGIQUES
 d'après DHER

Fig. 12



DEBIT MEDIAN DEBIT NON DEPASSE 50% DES ANNEES

(d'après DHER)

Cependant la Volta Noire et la Léraba sont suivies depuis presque trente ans ce qui nous a permis d'effectuer une étude statistique et une étude de tendance.

La figure n° 9 situe les principales stations hydrologiques.

II-2 - Les cours d'eau

II-2-1 - Hydraulicité de l'année 1983

Le tableau n° 7, la figure n° 10 mettent en évidence la faible hydraulicité de tous les cours d'eau voltaïques pour 1983 à l'exception de la Volta Blanche à Wayen qui a profité de la pluviométrie légèrement excédentaire de la région de Ouagadougou et surtout des pluies exceptionnellement fortes de la fin Juillet 1983 dans la région.

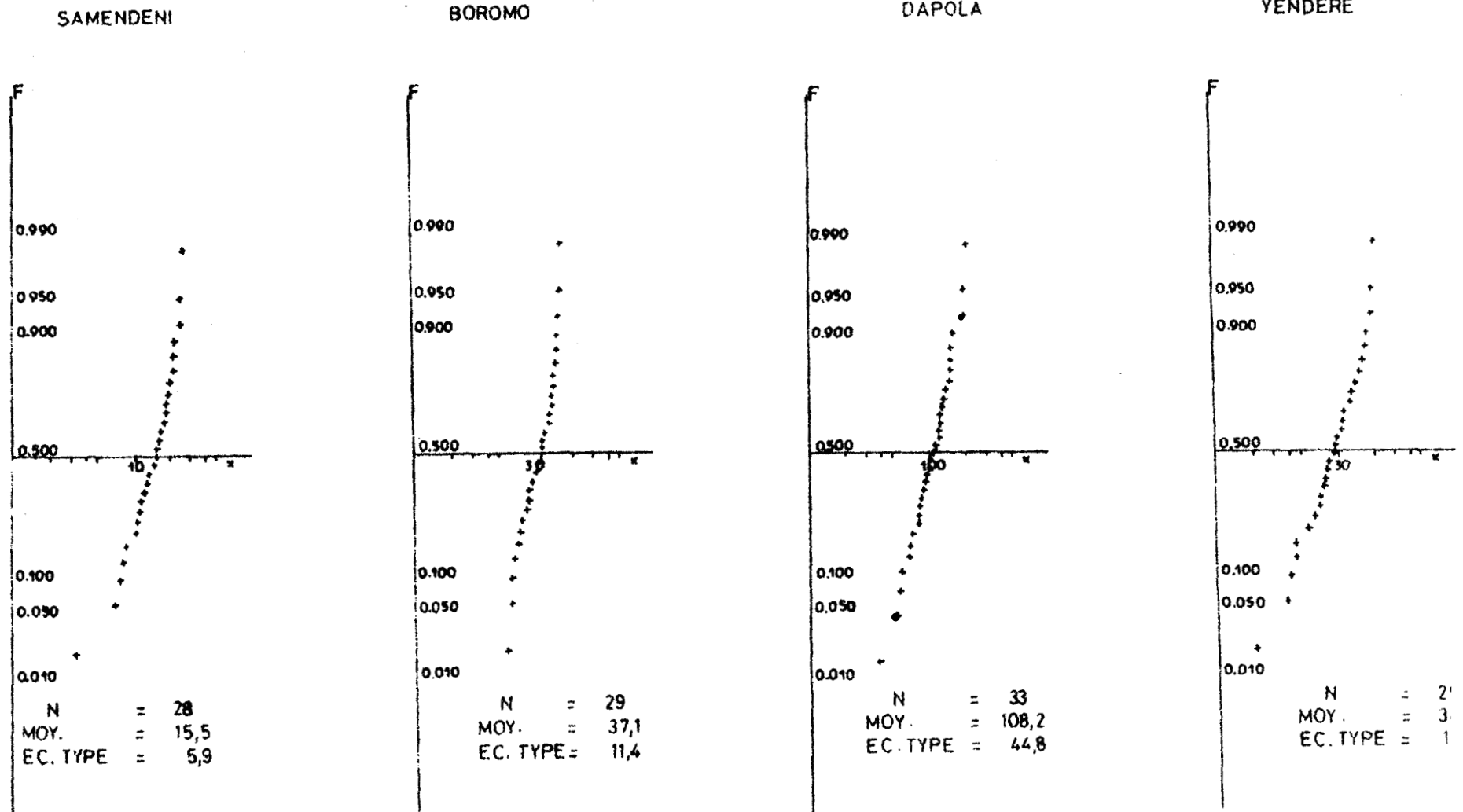
On possède peu de données sur les rivières sahéliennes tributaires du bassin du Niger. Peu de stations sont actuellement suivies ; celle de Koyra Zéna sur le Gorouol est inexploitable pour 1983 et pour celle de Tin Akof sur le Béli les hauteurs d'eau ne sont pas traduites en débits. Nous présentons donc (tableau n° 7) les hauteurs maximales à cette station. On s'aperçoit que le maximum de l'année 1983 est le plus faible observé (entre 1968 et 1983) après celui de 1971.

L'étude statistique s'est limitée aux stations de la Volta Noire et à la station de Yendéré sur la Léraba car elles présentent des séries d'assez longue durée pour que leurs résultats soient significatifs.

Sur ces quatre séries il a été tenté d'ajuster une loi gaussio-logarithmique (habituellement utilisée pour les fleuves de régime peu régulier) des modules inter-annuels suivant le même protocole que pour les pluviométries annuelles (fig. n° 11).

Si le corps de l'échantillon s'ajuste assez bien à la loi choisie, on observe :

AJUSTEMENT A UNE LOI GAUSSO-LOGARITHMIQUE DES MODULES INTER-ANNUELS



Cours d'eau	Station	B. v. km ²	Nombre d'années d'observa- tions	Module annuel moyen m ³ /sec	Module annuel mini. avant 1983	Module annuel maxi. avant 1983	Module annuel 1983	Observations
Volta Noire	Samendeni	4.575	29	15,5	7,02	26,8	3,3*	Station influencée depuis 1976 par barrage du Sourou idem mais moins sensible
"	Boromo	37.140	29	37,1	20,10	56,3	18,7*	
"	Dapola	66,540	33	108,2	46,40	214,0	32,2*	
Volta Blanche	Wayen	20.000	18	7,7	2,36	19,6	10,7	
Volta Rouge	Nobéré	7.600	14	5,8	2,04	13,0	2,76	
Léraba	Yendéré	5.930	29	34,8	12,00	68,9	6,6	
Beli	Tinakof	2.360	16	-	Hauteur Maxi. minimum	Hauteur Maxi. maximum	Hauteur Maxi. 1983	
					2,77 (1971)	4,0 (1980)	2,83	

Tableau n° 7 : - Caractéristiques des principales stations hydrologiques de Haute-Volta
(données D.H.E.R. Ouagadougou)

* Minimum minimorum en 1983.

- Samendéni : les plus basses fréquences ($f < 0,16$) s'éloignent significativement de la droite d'ajustement ; 1983-84 affiche le minimum des observations et aurait graphiquement une récurrence de 150 ans ! On notera que les dix plus basses valeurs sont toutes comprises entre 1971-72 et 1983-84.

- Boromo : Emettons toute suite un doute sur la signification de la statistique, le régime de la Volta Noire à cette station est, depuis 1976, significativement influencé, surtout en basses eaux, par le barrage de Léri qui retient les eaux dans la vallée du Sourou pendant la décrue de la Volta. Cependant, comme à Samendéni, l'année 1983-84 est la plus déficitaire de la série des observations et serait presque de récurrence centennale. Par rapport à la droite d'ajustement des fréquences supérieures à 0,5, on observe une dérive vers les faibles modules qui intègre certainement le phénomène "naturel" observé à Samendéni et l'influence du barrage.

- Dapola : C'est la station pour laquelle l'ajustement est le meilleur y compris dans les basses fréquences ; 1983-84 s'éloigne cependant légèrement de la droite d'ajustement et est là aussi le minimum minimorum de la série ; la quasi totalité des dix plus basses fréquences font partie de la dernière décennie.

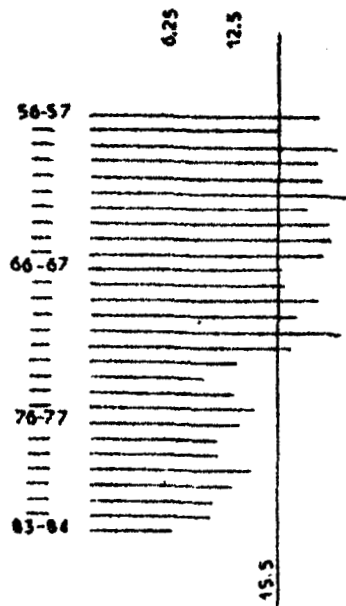
- Yendéré sur la Léraba : Pour $f < 0,20$, on observe un premier décrochement par rapport à la droite d'ajustement et un décrochement spectaculaire pour l'année 1983-84, qui, outre sa valeur minimale pour la série, afficherait une récurrence sèche bien au delà de ce qui est possible d'estimer avec la taille de l'échantillon.

II-2-2 - Analyse de tendance

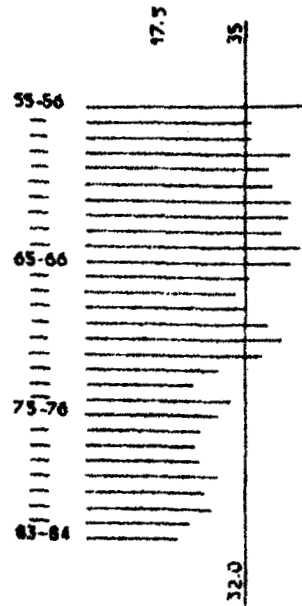
Comme pour la pluviométrie annuelle nous avons appliqué la méthode de la moyenne mobile pondérée aux modules des cinq stations précédemment étudiées (fig. n° 12).

MOYENNES MOBILES PONDEREES DES MODULES ANNUELS

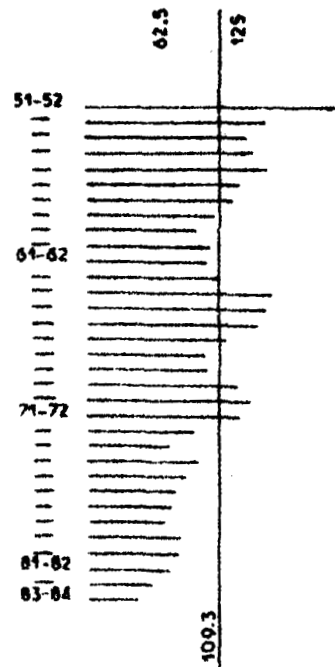
STATION: SAMENDENI



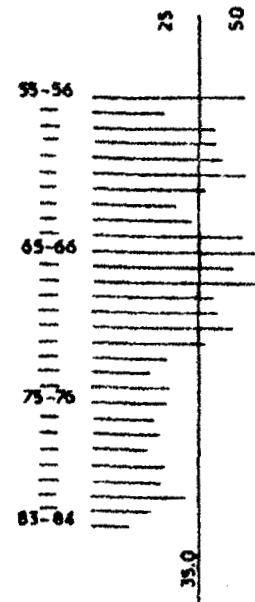
STATION: BOROMO



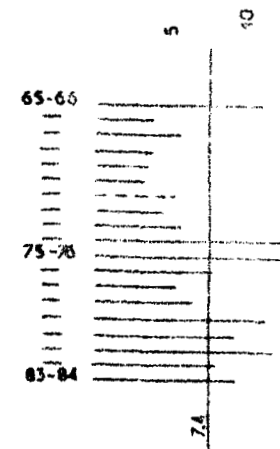
STATION: DAPOLA



STATION: YENDERE



STATION: WAYEN



	Samendéni	Boromo	Dapola	Wayen	Yendéré
1955					
1956		+	+		+
57	+	+	+		-
58	0	+	+		+
59	+	+	0		+
1960	+	+	-		+
61	+	+	-		+
62	+	+	-		+
63	+	+	+		-
64	+	+	+		0
65	+	+	+		+
66	+	+	+	+	+
67	+	+	+	-	+
68	+	0	-	-	+
69	+	0	0	-	+
1970	+	+	+	-	+
71	+	+	+	-	+
72	+	+	+	-	+
73	-	-	-	-	-
74	-	-	-	-	-
75	-	-	-	+	-
76	-	-	-	+	-
77	-	-	-	+	-
78	-	-	-	-	-
79	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	+	-
81	-	-	-	+	-
82	-	-	-	+	-
83	-	-	-	+	-
84	-	-	-	+	-

Tableau n° 8 : Déficit - Excédent pour les principales stations hydrologiques de Haute-Volta par rapport à la moyenne pondérée.

légende : + excédentaire
 - déficitaire
 0 normale

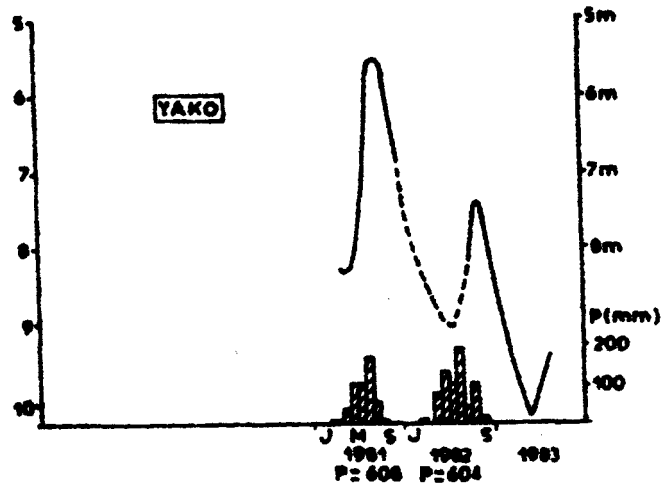
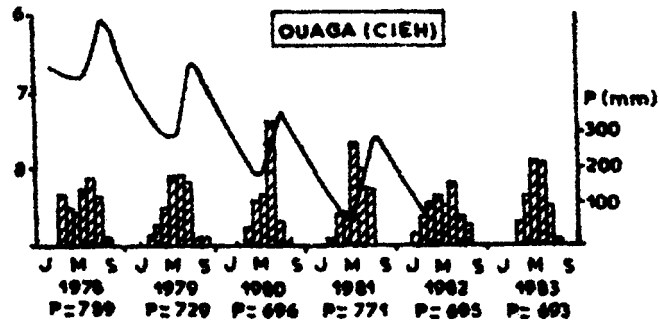


Fig.13 NIVEAUX PIEZOMETRIQUES
d'après LEUSING 1984

A l'exception de la station de Wayen sur la Volta Blanche où le faible nombre d'années d'observations ne permet pas à la moyenne d'être représentative, les quatre autres stations se comportent identiquement : une période antérieure à 1971-72 est globalement excédentaire, tandis que, depuis cette date, les modules sont de plus en plus systématiquement déficitaires.

Remarquons qu'au cours de cette dernière période les modules mensuels de décrue décroissent plus rapidement que pour la période antérieure (tableau n° 9).

Années	YENDERE		Année	DAPOLA	
	Module SEPTEMBRE	Module FEVRIER		Module SEPTEMBRE	Module FEVRIER
1955-56	171	4,2	1958-59	308	34,80
1968-69	128	2,4	1966-67	297	9,84
1979-80	230	0,9	1979-80	384	6,50
1981-82	198	0,6	1980-81	435	3,05

Tableau n° 9 : Décroissance du module moyen mensuel

Ces faibles modules de décrue depuis 1971-72 s'expliquent par un faible soutien de l'étiage par les nappes phréatiques qui, d'une année sur l'autre, accusent un déficit cumulatif.

Cette décroissance des niveaux piézométriques a été en effet mesurée à Ouagadougou et à Yako (LEUSING A., 1984) (fig. 13). Une étude plus complète de ce phénomène ne peut être menée faute d'un réseau piézométrique de longue durée.

Dans ce contexte, il est à prévoir que, même si la pluviométrie redevenait ce qu'elle a été au cours des années 50, il y aurait un décalage dans le temps entre cette pluviométrie et le retour de modules normaux de décrue des cours d'eau.

II-2-3 - Conclusions

L'année 1983-84, à travers l'étude statistique des modules des cours d'eau de Haute-Volta, semble avoir des récurrences expérimentales plus exceptionnelles que celles de la pluviométrie de cette même année. De même, les modules de la dernière décennie paraissent plus systématiquement se regrouper dans les basses fréquences.

La différence de taille des échantillons statistiques (60 et 30 ans maximum) permet certainement d'expliquer en partie cette constatation. Cependant nous pensons que la diminution significative des pluies fortes, supérieures à 40 mm, n'est pas étrangère à ce phénomène ; en effet ce sont ces pluies qui contribuent le plus au ruissellement.

Pour 1983-84, une autre cause peut être avancée : la mauvaise répartition des pluies et en particulier les périodes sèches de longue durée en pleine saison des pluies favorisent une diminution du ruissellement (nécessité de réhumidification des sols avant ruissellement et recharge des nappes superficielles qui soutiennent les décrues).

L'analyse de tendance par les moyennes mobiles pondérées montre également pour les modules le changement de régime des cours d'eau qui apparaît plus accentué que pour la pluviométrie.

Un modèle de relations pluies-débits au pas journalier devrait confirmer les hypothèses précédemment avancées.

II-3 - Les plans d'eau

La Haute-Volta possède quelques lacs ou mares naturels (Lac de Bam, de Déou, mare d'Oursi et mares du Nord Sahel) mais la grande majorité des réservoirs de surface sont constitués de barrages artificiels allant de la petite retenue villageoise aux barrages de moyenne et grande dimension (Loumbila, Manga, Ouagadougou). Au total plus de 400 ont été repertoriés principalement sur le plateau central mossi (Carte ONBI, 1983).

Le remplissage de ces barrages ne sont pas nécessairement représentatifs de la pluviosité de l'année ; en effet une ou deux pluies importantes peuvent souvent les remplir compte tenu de la taille souvent réduite de leur bassin versant.

Par ailleurs, pour les rares plans d'eau où il existe une information limnimétrique, celle ci n'est pas suffisante pour caractériser l'hydraulicité du bassin car dans aucun cas il existe de suivi du déversément. Cependant il est intéressant de voir comment, dans le contexte sec de 1983, ces réserves d'eau, vitales pour le pays, se sont comportées.

Le tableau 10 et les figures 14 et 15 donnent les caractéristiques de remplissage des réservoirs de Loumbila, Bam, Sourou et Oursi.

Aucune de ces réserves d'eau n'a obtenu sa cote maximale. Les remplissages de Loumbila et de Bam ont été cependant satisfaisants, assurant pour Loumbila l'alimentation en eau de la ville de Ouagadougou et pour Bam l'irrigation des périmètres maraichers.

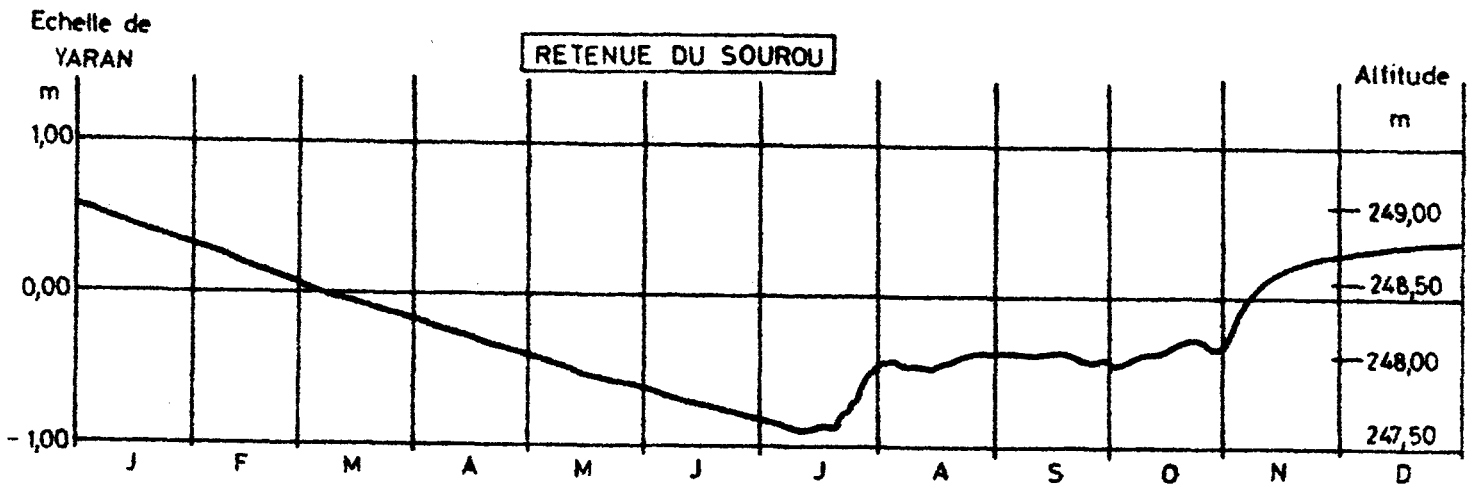
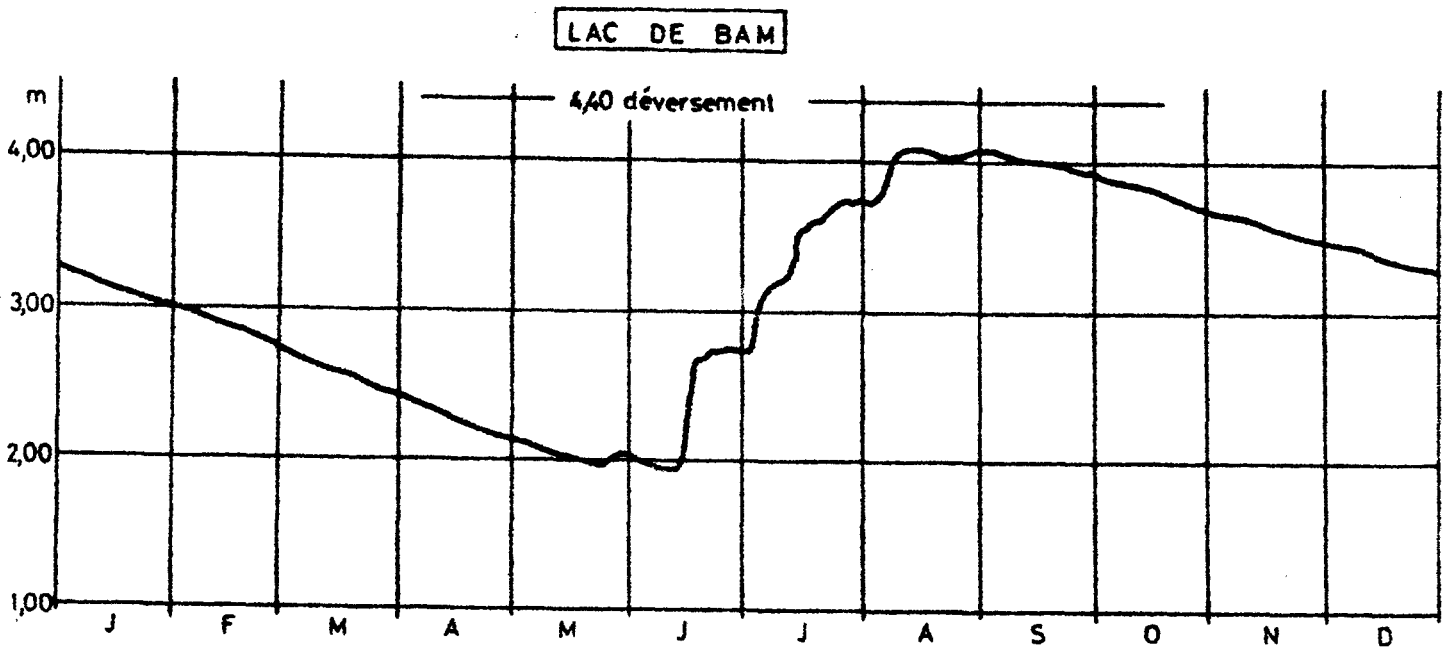
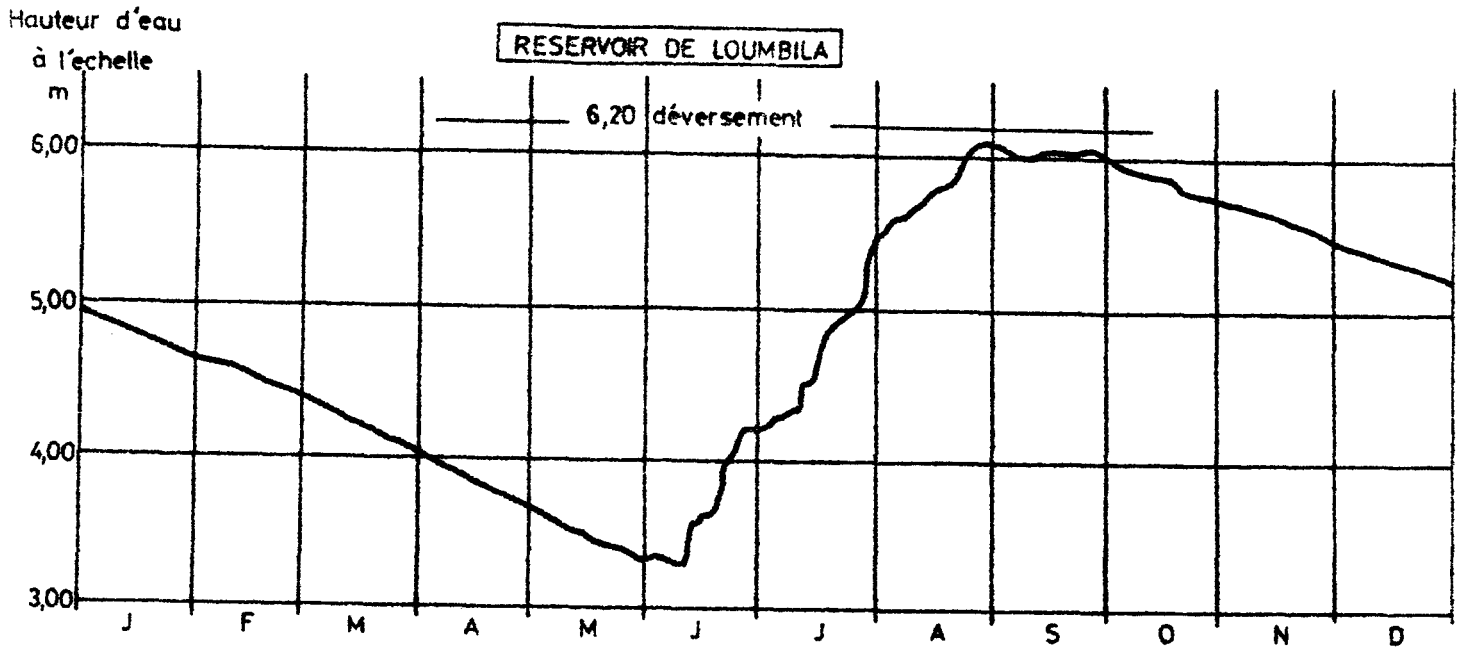
Il n'en est pas de même pour le Sourou où un plan d'urgence de détournement des eaux de la Volta Noire a été nécessaire pour sauver le minimum des cultures irriguées.

A Oursi, le remplissage tardif (2 Août 1983) et l'assèchement précoce de la mare, fin février 1984, ont été, en partie, à l'origine d'un exode des populations nomades.

Pour ces deux derniers réservoirs - Sourou et Oursi - les courbes de remplissage ont été les plus basses enregistrées depuis huit ans.

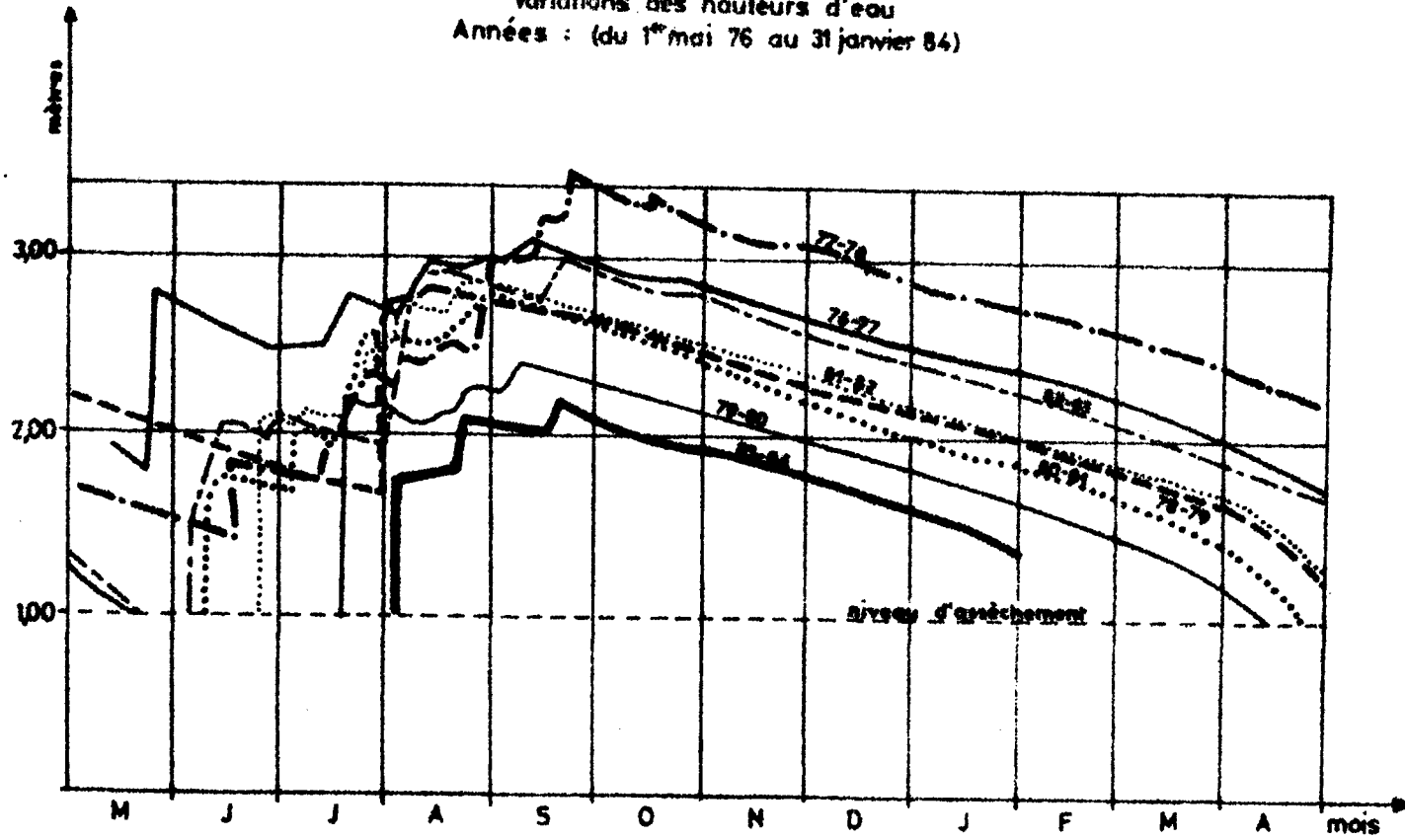
A l'échelle du pays, des enquêtes ont montré une très grande diversité de remplissage des nombreuses réserves de surface. Il semblerait que le Nord et le Sud Ouest (plaine inondée de Niéna-Dionkélé, Foullasso-Lélasso) aient été particulièrement éprouvés tandis qu'au centre du pays les barrages sans avoir atteints leur cote maximale, paraissent avoir joué leur rôle de réserves.

Fig. 14
VARIATION DU NIVEAU D'EAU EN 1983



d'après DHER

Fig.15
MARE D'OURSI
Variations des hauteurs d'eau
Années : (du 1^{er} mai 76 au 31 janvier 84)



(d'après A. BERNARD 1984)

Réserves	B.V.	Surface Km ²	Hauteur de- versement ou maxi observé	H.mini 1983	H.maxi 1983	V maxi 1983 10 ⁶ .m ³	V. mini 1983 10 ⁶ .m ³	V. maxi 10 ⁶ .m ³
LOUMBIA	Massili Volta Blanche	2.120	6,20	3,28 10 juin	6,09 27-28 Août	30,4	5,2	32,3
IAC de BAM	Volta Blanche	2.560	4,40	1,94 (13 juin)	4,15 16 Août	34,0	6,2	39,7
SOUROU	Volta Noire	-	3,56	- 0,91 20 juillet	0,38 31 Décembre	15,5	0,02	370,0
CTRSI	Niger	275	3,09 (1977)	0 22 juin	2,18 18 Sept.	(2,7)	0	(13,6)

Tableau n° 10 : Caractéristiques des principaux réservoirs de Haute-Volta

Ce déficit exceptionnel dans le Sud Ouest de la Haute-Volta s'est trouvé amplifié dans le Nord de la Côte-d'Ivoire où les grands barrages hydro-électriques ont dû arrêter leur production par manque d'eau.

La persistance de la sécheresse depuis 1971-72 pose le problème des normes à définir dans le cadre des grands aménagements. En effet dans les séries d'observations hydrologiques, débutant le plus souvent dans les années 50, le contraste entre les vingt premières années humides et les années sèches suivantes soulève pour les aménageurs un certain nombre de questions :

- pour la protection des ouvrages l'estimation de la crue décennale par méthode statistique se voit diminuée ou augmentée selon que l'on prenne la série hydrologique complète ou la série jusqu'en 1970 (en vigueur pour les projets actuels).

- de même, l'estimation des apports d'eau en vue de stockage, ne risque-t-elle pas d'être trop optimiste et d'induire de façon plus systématique des défaillances telle qu'on les a connues cette année en Côte-d'Ivoire ?

III - PRODUCTIONS VEGETALES

III-1 - Répartition géographique des CRD dans les zones climatiques.

Il nous semble utile de situer les organismes régionaux de développement, auxquels nous ferons souvent référence, dans les différentes zones climatiques du pays.

Deux récentes publications (FONTES 1983, GUINKO (1984) traitent des subdivisions climatiques en Haute-Volta. Nous retiendrons la seconde car celle de FONTES (loc. cit.), comme l'auteur lui-même le souligne, "résulte davantage de tranches rigides de la pluviométrie moyenne (100 mm) et de durée d'ailleurs théorique de végétation active, que de réalités phytogéographiques sur le terrain".

GUINKO (1984) distingue cinq climats en Haute-Volta. Ce sont très brièvement résumés :

- le climat sahélien, au Nord du 14^e parallèle, pluviosité maximale en année normale de 600 à 500 mm, durée de la saison sèche de 8 à 5 mois, culture d'une variété hâtive de Pennisetum americanum.
- le climat subsahélien, entre le 14^e et le 13^e parallèle ; pluviosité en année normale entre 750 mm et 600 mm ; saison sèche de 7 à 8 mois, culture d'une variété de petit mil apparemment distincte de la précédente.
- le climat nord soudanien, plus ou moins entre les parallèles 13° et 11°30' ; pluviosité en année normale entre 750 mm et 1000 mm ; saison sèche de 6 à 7 mois - culture de sorgho et d'une variété tardive de petit mil.
- le climat sud-soudanien, distribué en deux zones ; l'une à l'Ouest entre les parallèles 12° et 10°, pluviosité entre 1000 mm et 1200 mm ; saison sèche de 5 à 6 mois ; zone privilégiée de culture du coton mais aussi du maïs. La deuxième zone est située à l'Est et au Sud du parallèle 11°30'. La pluviosité en année normale est de 1000 à 1050 mm ; la saison sèche dure de 5 à 6 mois. L'igname (Dioscorea alata) y est cultivée
- le climat subsoudanien : climat de transition entre le climat guinéen à deux saisons des pluies et le climat soudanien à une seule. La pluviosité en année normale est de l'ordre de 1200 à 1400 mm ; la saison sèche dure de 4 à 5 mois. On y cultive différentes variétés d'ignames.

La carte 16 donne la situation des ORD dans les limites approximatives des zones climatiques ainsi définies.

III-2 - Les données

Les données relatives aux productions végétales sont beaucoup plus complexes que les données pluviométriques et même hydrométriques.

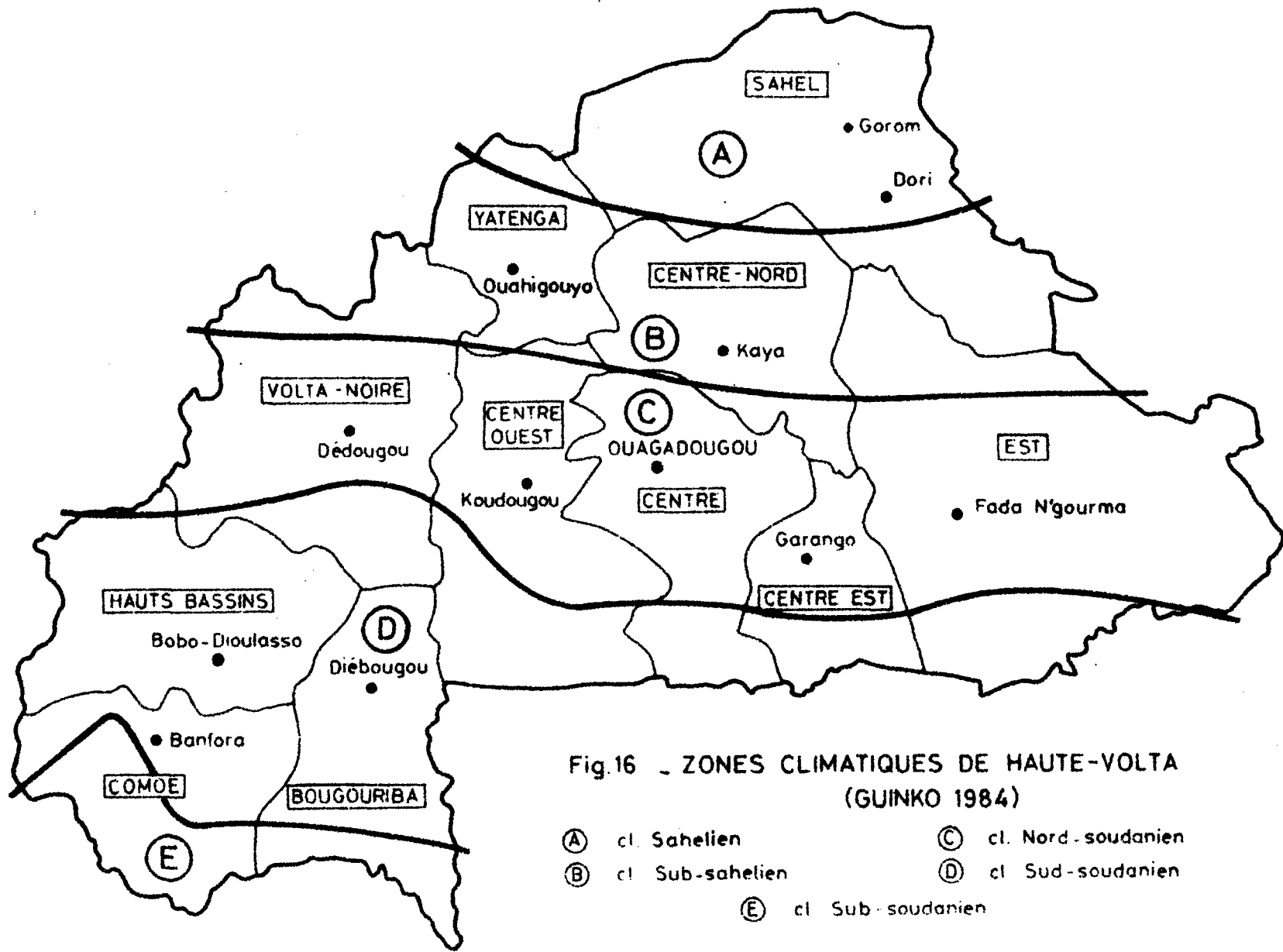


Fig.16 - ZONES CLIMATIQUES DE HAUTE-VOLTA (GUINKO 1984)

- (A) cl. Sahélien
- (B) cl. Sub-sahélien
- (C) cl. Nord-soudanien
- (D) cl. Sud-soudanien
- (E) cl. Sub-soudanien

En effet la production dépend non seulement de facteurs liés au milieu (climat, sol,...) mais encore des interactions de ceux-ci avec les décisions de production liées aux contraintes socio-économiques qui déterminent des stratégies individuelles. De ce fait ces données présentent une plus grande variabilité.

Les données utilisées dans cette étude proviennent :

- des statistiques agricoles nationales présentées ou reprises par les organismes tels que la Direction des Services Agricoles; le Comité Interétats de lutte contre la sécheresse au Sahel, le Programme Alimentaire Mondial, la Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest, la Caisse de Stabilisation des Prix des Produits Agricoles... Elles portent généralement sur de longues séries, concernent l'ensemble du pays et traitent des principales cultures. Bien que strictement nécessaires pour donner le sens de l'évolution, les valeurs absolues de ces données sont à considérer avec précaution, étant donné la part de l'estimation dans leur établissement. La comparaison de certaines données d'après plusieurs sources fait parfois apparaître certaines incohérences qui ne sont pas forcément imputables aux lacunes de l'appareil statistique (difficulté de la connaissance précise des surfaces cultivées, des rendements, des stocks...) mais aussi au fait que les variables retenues ne sont pas toujours explicitées (bilans différents en fonction de normes retenues, production brute ou production nette...)

- des résultats de différents organismes de recherche et de développement.

Ces données sont généralement ponctuelles dans l'espace et dans le temps (série de 2 à 3 ans, parfois un peu plus). Issues d'observations et de mesures à grande échelle (petite surface) on peut les considérer à priori comme plus significatives.

Complexité, variabilité, fiabilité des données relatives aux productions végétales nous incitent donc à les manipuler avec une certaine réserve. Nous avons néanmoins cru nécessaire de les mettre en regard des paramètres hydroclimatologiques de ces dernières décennies afin de situer l'année 1970 et de caractériser leurs tendances évolutives récentes.

Année agricole	Production x 1000 t		Ecart/Moyenne décennale	
1960	981 (a)			+ 3,5
1961	718		- 24,3	
1962	966			+ 1,9
1963	1.179			+24,4
1964	908		- 4,2	
1965	932		- 1,7	
1966	909		- 4,1	
1967	887		- 6,4	
1968	1.003			+ 5,8
1969	994			+ 4,9
Moyenne décennale		948		
1970	1.055			+ 0,5
1971	883		- 15,9	
1972	879		- 16,3	
1973	832		- 20,8	
1974	1.090			+ 3,8
1975	1.257			+19,7
1976	987		- 6,0	
1977	1.106			+ 5,3
1978	1.184			+12,8
1979	1.224			+16,6
Moyenne décennale		1050		
1980	1.020	1.040((b)	- 10,7	
1981	1.279	1.274		+ 9,5
1982	-	1.207		+ 3,7
1983	-	1.135 *	- 2,5	
Moyenne (4 ans)		1164		

Tableau 11 : Evolution de la production céréalière en Haute-Volta
(1960-1983)

établi d'après a) Programme Substantiel d'action 1980-1981 - RHV.
in ROCHETTE, OCDE - CILSS (1982)

b) VALEFE - GILLE, P.A.M. (1983).

* estimation

Nous avons retenus - les céréales (mil, maïs, sorgho...)
 - les cultures dites industrielles (coton, canne à sucre, karité (Vitellaria paradoxa), arachide...
 - la production de la strate herbacée et la phénologie des ligneux des pâturages sahéliens dans la zone nord du pays.

III-3 - Les cultures

Du fait de la nécessaire satisfaction des besoins alimentaires de la population les cultures céréalières occupent une grande place en Haute-Volta, puisqu'elles couvrent près de 90 % des surfaces cultivées soient environ 2 millions d'hectares (ROCHETTE, 1982).

Le sorgho, le mil avec respectivement plus de 50 % et 37 % des surfaces céréalières, et le maïs représentent les cultures céréalières dominantes tandis que le riz et le fonio (Digitaria exilis) assurent le complément.

III-3-1 - Les céréales

III-311- Evolution de la production céréalière en Haute-Volta.

311-1 - Evolution à l'échelle du pays

L'examen du tableau 11 relatif à l'évolution de la production céréalière depuis 1960, permet de noter l'importance de la variabilité annuelle (écart relatif à la moyenne décennale variant de - 21, - 24 % à + 17, + 24 %). Cette variabilité de la production indique la relative dépendance de la production aux aléas climatiques, bien que ceux-ci ne peuvent pas être considérés comme les seuls facteurs mis en jeu. Elle caractérise par ailleurs une certaine fragilité de la production céréalière. On observe aussi que les années déficitaires se succèdent (1964 à 1967). En 1971-1973 persiste un déficit de 15 à 20 %, déficit qui est à mettre en relation avec une période climatique particulièrement défavorable. On note depuis 1974 une tendance à la hausse.

Région	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983 *
SAHEL (Dori)	20	43	44	42	31	-	44(38,7)	(38,3)	(66,9)	(66,3)	(41,1)
NOED-YATENGA (Ouahigouya)	58	88	95	64	72	76	66(67,0)	(39(61,8)	(62,9)	(44,5)	(69,6)
CENTRE-NORD (Kaya)	102	114	125	93	116	112	95(114,4)	77(74,1)	(130,8)	(77,2)	(97,7)
CENTRE (Ouagadougou)	133	224	166	144	166	147	170(182,4)	149(167,1)	(195,2)	(187,3)	(190,7)
CENTRE - EST (Koupela)	54	51	83	54	55	-	(78,3)	68(68,7)	(81,8)	(65,5)	(87,9)
CENTRE -OUEST (Koudougou)	99	152	176	113	111		(121,5)	121(121,7)	(158,5)	(125,1)	(142,6)
EST (Fada-N'Gourma)	63	83	87	93	105	93	98(97,2)	84(97,2)	(91,1)	(103,1)	(86,4)
VOLTA NOIRE (Dédougou)	98	93	211	171	204	173	185(194,5)	150(154,6)	(175,3)	(199,0)	(174,9)
HAUTS-BASSINS (Bobo)	63	109	107	73	86	121	110(129,2)	119(130)	(132,0)	(144,9)	(118,2)
COMOE (Banfora)	51	42	44	36	47	66	60(83,4)	89(78,9)	(96,5)	(105,7)	(37,1)
BOUGOURIBA (Diébougou)	52	44	68	62	64	71	(86,7)	82(82,4)	(83,2)	(88,4)	(85,1)

Tableau 12 : Evolution de la production céréalière régionale
en milliers de tonnes. (1973-1983)

établi d'après - ROCHETTE, OCDE-CILSS (1982

VALERE - GILLE, PAM (1983

* estimation

La comparaison de l'évolution de la production céréalière à l'évolution de la population montre que globalement la production croît plus lentement que la population.

Ainsi dans les années 1960-65 la production était de l'ordre de 950 milliers de tonnes. Elle atteint en 1980-1983, 1164 milliers de tonnes, soit un accroissement annuel de l'ordre de 1,07 %. Pendant la même période la population résidente évoluait de : 4 349 000 en 1960 à 6 469 000 en 1983 (INSD, 1975) ce qui correspond à un accroissement annuel de l'ordre de 1,7 %.

Ce tableau montre par ailleurs que l'année 1983, bien que particulièrement déficitaire sur le plan climatique n'accuse qu'un déficit de 2,5 % par rapport à la moyenne de production des quatre dernières années. Cela ne veut pas dire pour autant que l'autosuffisance alimentaire soit assurée puisque la baisse de production d'environ 72 000 tonnes entre les années 1982 et 1983 correspond aux besoins de près de 400 000 individus au moins, en utilisant les normes F.A.O. (180 kg hab. an). Cette année, ce déficit céréalier est officiellement estimé à environ 100 000 tonnes.

311-2 - Evolution de la production régionale (1973-1983)

Le tableau 12 rassemble les données relatives à la production régionale de mil, maïs, sorgho (ROCHEPTE, 1982) et à l'ensemble des céréales (VALERE - GILLE, 1983).

Les ORD qui ont accusé un énorme déficit sont :

- les Hauts-Bassins (- 12 %) par rapport à la moyenne de la production des 4 années précédentes,
- le Sahel : - 21,7 % et surtout
- la Comoé : - 59 %

Ces déficits sont les reflets des énormes déficits pluviométriques enregistrées dans ces zones en 1983.

Une augmentation de la production a été enregistrée dans les ORD du Centre Est (+19,5 % par rapport à la moyenne des 4 années précédentes), le Centre Ouest (+8 %) et le Nord Yatenga (+18,7 %).

	LINOUGHIN		BANE		MOGTEDO		KAIBO Sud		TIEBELE		DJIPOLOGO		BOMBORE		MANGA Est		RAPADAMA	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983
Sorgho Blanc	1000	1005	450	NS	750	670	635	510	700	560	300	710	1000	765	1130	595	850	515
Sorgho Rouge	890	1155*	105	1175*	600	750	1090	965	-	-	730	855	700	-	1100	905	720	-
Mil	900	650	450	500	600	NS	600	NS	800	470	570	570!	-	-	600	NS	530	530!
Maïs	1000	NS	400	NS	840	NS	1250	610	1000	400	1000	1115	2140	315	1000	NS	1000	400

Tableau 13A : Variations annuelles des rendements en céréales dans les blocs A.V.V.
(établi d'après les données A.V.V.) * estimé.

Année		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Pluviométrie mm		793,8	699,3	811,4	757,2	699,0	748,1	646,1
Sorgho blanc	R kg·ha ⁻¹	-	700	800	815	870	(750)	670
	P t	-	238	251	233	335	(241)	-
Sorgho rouge	R kg·ha ⁻¹	-	-	500	980	700	(600)	750
	P t	-	-	11	117	27	(28)	-
Maïs	R	800	840	660	520	(900)	(840)	-
	P		42	47	59	96	110	

Tableau 13B - Variations annuelles de la production et des rendements
de quelques céréales dans le bloc A.V.V. de MOGTEDO
(établi d'après données A.V.V.)

Région	Village	Année	Pluviométrie (mm)	Rendement en kg. ha ⁻¹					
				Mil	Sorgho blanc	Sorgho rouge	Maïs	Riz	Fonio
DJIBO	Wouré	1981	449	542	422	-	427	-	1013
		1982	382	174	115	-	59	-	213
		1983	473						
	Silguy	1981	509	385	442	-	324	-	945
		1982	347	168	178	-	62	720	467
		1983	449						
YAKO	Kolbila	1981	707	540	756	1533	1649	1005	-
		1982	586	289	403	531	1702	-	-
		1983	650						
	Ouonon	1981	547	274	216	606	1258	-	-
		1982	552	214	200	476	668	-	-
		1983	-						
BCROMO	Sayero	1981	907	433	558	697	1513	2400	-
		1982	605	453	438	281	969	758	-
		1983	622						
	Koho	1981	-	190	139	221	872	291	-
		1982	849	-	-	-	-	-	-
		1983	778						

Tableau 14 : Pluviométrie et rendements des céréales dans trois zones écologiques de Haute-Volta
(établi d'après MATLON P.J., ICRISAT 1983)

Village	Années	Pluviométrie (mm)	Rendement kg.ha ⁻¹			
			Mil Témoin	Techn. améliorée	Sorgho	Maïs
Sabouna	1982	Ouahigouya 360,7	1033	1378	-	-
	1983	358,2	170	927	-	-
Saria	1982	699,9	-	-	1585	-
	1983	764,5	-	-	1227	-
Farakoba	1982	1212,3	-	-	-	2071
	1983	720,5	-	-	-	1440

Tableau 15 : Pluviométrie et rendements de céréales dans trois zones écologiques de Haute-Volta.

(établis d'après IRAT 1983 et résultats non publiés).

		Pluies mm	Production n bottes	Production moyenne par exploitant
Villages	82	412,7	205,5 (n = 52)	2013 kg
	83	280,3	61,5 (n = 53)	259,5
Campements	82	-id-	119 (34)	1185 kg
	83		23,5 (34)	129

Tableau 16A : Production comparée - de la saison des pluies 1982 et 1983 dans la Région d'Aribinda. (in DUPRE-GUILLAUD 1983).

Nbre de mois de nourriture	1982	1983
	n d'exploitations	
0 à - 1		18
1	1	27
2	6	21
3	1	9
4	2	9
5	2	1
6	4	-
7	5	-
8	16	1
9	7	-
10	3	-
11	6	-
12 et +	34	-
	87	86

Tableau 16B : Autosuffisance estimée en mois dans
le pays d'Aribinda.

(in DUPRE-GUILLAUD 1984)

	1980 - 81	1981 - 82	1982 - 83	1983 - 84
Maïs qx/ha ⁻¹	49,2	46,0	44,6	12,9
Soja q.ha ⁻¹	12,9	19	24	5,9
Riz q.ha ⁻¹			26,9	16,5

Tableau 17 : Evolution des rendements de quelques cultures
au Sourou

(Etabli d'après les données de la SOMDIAA.)

Il n'y a pas de différences fondamentales de production pour les autres ORD.

Par ailleurs ces données témoignent d'une progression sensible de la production céréalière au cours de cette décennie dans les ORD des Hauts-Bassins, de la Volta Noire et de l'Est. Ceci est à mettre en relation avec l'augmentation des emblavures dues aux migrations, mais aussi à l'accroissement des rendements. Dans les Hauts-Bassins par exemple, les rendements passent de $567 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ en 1973 à $790 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ en 1980, soit un gain de 223 kg.ha^{-1} (in ROCHETTE 1982).

Une progression lente de la production s'observe dans l'ORD du Sahel, en raison des limitations climatiques de cette zone.

Les ORD du Centre et du Yatenga stagnent en raison de la saturation de l'espace.

Rappelons que le coefficient d'intensité culturale atteint 71 % dans l'ORD du Yatenga, et plus de 50 % dans les ORD du Centre (FAO, perspectives du développement agricole à long terme de la Haute-Volta) témoignant ainsi de la dégradation des systèmes de cultures (régression des jachères) et des faibles disponibilités en terres libres de cette zone.

Notons enfin une certaine disparité dans la production céréalière régionale.

III-312 - Situation de l'année 1983

Les données reportées dans les tableaux 13 à 17 soulignent que les résultats agricoles en 1983 (toute culture et toute zone géographique confondues) sont dans 80 % des cas inférieurs à ceux de l'année 1982. La faible performance obtenue en 1983 est particulièrement notable pour la culture du mil à : LINOUGHIN : - 27 %, TIEBELE : - 41 %, le maïs à RAPADAMA, TIEBELE - 60 %, BOMBORE : - 86 % (Tableau 13A). Dans la région d'ARIBINDA (Tableau 16) la production moyenne par exploitation accuse en 1983 un déficit de près de 90 % par rapport à 1982.

Par ailleurs le nombre de mois d'autosuffisance (tableau 16B) indique nettement la situation défavorable de l'année 1983 dans le pays d'ARIBINDA.

Il faut cependant noter que l'infériorité de la production en 83 par rapport à 82 n'est pas toujours imputable à la quantité de pluie. C'est notamment le cas à la station de SARIA (Tableau 15) où le rendement en sorgho a chuté de 22 % alors que la quantité de pluie en 1983 est supérieure à celle de 1982 de 64,9 mm. C'est aussi le cas à SABOUNA (tableau 15) où la réduction du rendement en mil de l'année 1983 par rapport à 82 est respectivement de 83,5 % dans les conditions traditionnelles de cultures et de 32,7 % dans les conditions de techniques améliorées alors que la quantité de pluie est quasiment identique.

Ces faits soulignent nettement que la production dépend non seulement de la quantité de pluie mais encore de la qualité de celle-ci c'est-à-dire de sa répartition au cours de la saison.

Les données de la SOMDIAA (tableau 17), offrent aussi un bel exemple de l'effet du déficit hydrique de 1983 sur le rendement des cultures. Ces résultats concernent des petites surfaces et correspondent beaucoup plus à des essais agronomiques qu'à des cultures à petite échelle. Il s'agit d'ailleurs de cultures pluviales assistées d'irrigations qui n'ont pu être effectuées car le SOUROU était à sec en 1983 - (SOMDIAA comm. verb.).

III-3-2 - Les cultures industrielles

Les cultures industrielles représentent environ 10 % des surfaces cultivées. Les principales cultures sont l'arachide (150 000 ha), le coton (75 000 ha) et le sésame (30 000 ha) (in ROCHETTE 1982). Signalons aussi la canne à sucre dont la culture occupe environ 3 700 ha.

Bien que l'on ne puisse pas à proprement parler de culture dans le cas du karité, on peut le classer parmi les cultures industrielles.

Campagne	Production coton graine (t)	Ecart/moy. décennale %	Rendement kg. ha ⁻¹	Ecart/moy. décennale %
1951-52	52.000	-96,4	165	+53,3
52-53	136.000	-90,7	58	-46,1
53-54	254.000	-82,6	45	-58,1
54-55	610.000	-58,3	123	+14,3
55-56	824.000	-43,7	94	-12,6
56-57	2.605.000	+78	143	+32,9
57-58	3.490.000	+138,5	158	+46,8
58-59	2.875.000	+96,4	113	+5
59-60	1.018.000	-30,4	43	-60
60-61	2.772.000	+89,4	134	+24,5
Moyenne décennale	1.463.600	-	107,6	
61-62	2.341.000	-85,2	113	-55,4
62-63	6.600.000	-58,4	183	-27,7
63-64	8.048.220	-49,2	186	-26,5
64-65	8.769.405	-44,7	170	-32,9
65-66	7.463.147	-52,9	137	-45,9
66-67	16.296.945	+2,8	311	+22,8
67-68	17.274.788	+8,9	264	+4,2
68-69	32.027.291	+102	447	+76,5
69-70	36.248.249	+128,6	431	+70,2
70-71	23.484.037	+48,1	291	+14,9
Moyenne décennale	15.855.308	-	253,3	
71-72	28.126.336	-39,1	379	-40,5
72-73	32.574.251	-29,5	465	-26,9
73-74	26.668.596	-42,3	413	-35,1
74-75	30.562.703	-33,8	497	-21,9
75-76	50.694.961	+9,7	745	+17,1
76-77	55.253.548	+19,6	697	+9,5
77-78	38.043.013	-17,6	553	-13,1
78-79	59.956.674	+29,8	837	+31,5
79-80	77.520.247	+67,8	945	+48,5
80-81	62.538.692	+35,4	834	+31,0
Moyenne décennale	46.193.902		636,5	
1981-82	57.533.948	+11,5	882	+22,8
82-83	75.572.320	+46,4	1050	+46,2
83-84	76.040.000	+47,3	1040	+44,8
Moy. 71-83	51.621.945	-	718,2	-

Tableau 18 : Evolution de la production et des rendements en coton en Haute-Volta (1951-1983)

(établi d'après SOFITEX 1983).

La cueillette des amandes de cet arbre caractéristique des savanes soudaniennes et des agrosystèmes traditionnels fournit en effet aux paysans des revenus non négligeables et à la Haute-Volta des recettes en devises substantielles.

III-321 - Le coton

321-1 - Evolution de la production cotonnière en Haute-Volta (1952-1983)

Les variations interannuelles de la production cotonnière (tableau 18) sont très fortes. La répartition des écarts qui est à peu près symétrique par rapport au milieu de la décennie indique une progression régulière de la production, avec cependant des années difficiles. C'est notamment le cas en 1959-1960 et 1977-1978. Au cours de cette dernière année la baisse sensible de la production est liée essentiellement à la mauvaise qualité des semences, à la médiocrité des conditions pluviométriques qui ont provoqué une régression de l'utilisation d'engrais et à la diminution généralisée des superficies cultivées (SOFITEX, 1978).

L'évolution globale montre une progression spectaculaire aussi bien des productions que des rendements (tableau 18). Un calcul similaire à celui effectué pour les céréales montre qu'entre 1960-65 à 1980-83 la production a progressé de plus de 1000 %. Dans les Haute-Bassins le rendement a progressé de $646 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ en 1973 à $1204 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ en 1980, c'est-à-dire de $558 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. soit environ 2,5 fois plus que l'augmentation observée pour les céréales pendant la même période.

Remarquons enfin (tableau 18) que la culture cotonnière n'a pas subi globalement le contre coup du déficit pluviométrique de l'année 1983, puisque la production et le rendement à l'échelle nationale se sont maintenus par rapport à 1982 et a même progressé en comparaison des deux années précédentes. Nous verrons qu'il n'en sera pas de même sur le plan régional. Cette progression est due en partie à l'effet d'entraînement de l'année 1982 qui a été bonne mais aussi à une

Région	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A.V.V.		100	182	523	734	1 720	2 511	2 448	3 247	4 451	3 550
Centre Nord (Kaya)	1 224	795	772	1 706	780	1 779	1 583	589	517	451	424
Centre (Ouagadougou)	627	571	426	621	395	401	405	152	104	75	88
Centre Est (Koupela)	34	22	43	33	29	42	66	15	9	19	15
Centre Ouest (Koudougou)	2 746	2 049	2 665	3 420	1 613	2 253	2 914	1 624	1 221	1 305	1 575
Est (Fada N'gourma)	82	57	13	21	74	43	129	68	87	19	13
Volta Noire (Dédougou)	10 988	13 282	24 096	24 551	15 844	26 471	35 076	27 876	22 248	29 222	32 400
Hauts Bassins (Bobo)	9 470	12 626	20 682	21 895	16 738	23 652	29 814	25 522	25 775	34 960	33 000
Comoé (Banfora)	-	-	-	-	4	6	86	194	148	208	700
Bougouriba (Diébougou)	1 498	1 057	1 816	2 483	1 832	3 589	4 936	4 050	4 178	4 862	4 275

Tableau 19 : Evolution de la production régionale de coton (1973 - 1983)
(établi d'après SOFITEX 1983)

ORD.	Année	1973	1974	1975	1976	1978	1979	1980	1981	1982
	Ccmoé						907	555	800	1 261
	Bougouriba	301	264	434	496	701	705	593	629	693
	Hautes Bassins	646	849	1 083	867	1 149	1 174	1 204	1 276	1 344
	Volta Noire	445	547	968	808	871	1 040	813	849	1 043
	Centre Noir	126	85	100	232	316	353	146	154	161
	Centre Ouest	305	273	331	436	436	502	541	331	398
	Centre	186	163	136	281	138	150	85	67	56
	Centre Est	135	89	217	163	208	309	140	131	198
	Est	273	230	421	-	137	243	122	196	170

Tableau 20 : Evolution régionale des rendements en coton (kg·ha⁻¹)

(établi d'après rapport annuel SOFITEX)

intensification (rendement dépassant $1t.ha^{-1}$) de la culture plutôt qu'à son extension dans les zones où les conditions agronomiques, sociales et économiques sont favorables.

321-2 - Evolution régionale de la
production cotonnière (1973-1983)

La comparaison de la production régionale de l'année 1983 (tableau 19) par rapport à la moyenne de production des quatre précédentes années, comme dans le cas des céréales (§. 311.2) permet de constater que les ORD du Centre et de l'Est ont accusé, des déficits très importants. :

Centre Nord : -45,9 % ; Centre Est : -52 % ; Est : -82,8 %.

Les ORD, plus méridionaux ont par contre enregistré une progression de la production si l'on se réfère à la même norme :

Volta Noire : +13 % ; Hauts-Bassins +14 % ; Comoé : 340 % !

Deux situations peuvent être déduites de l'analyse de l'évolution de la production régionale au cours de ces dix dernières années.

- Les ORD de la région Centre et celui de l'Est voient leur production reculer sensiblement :

Centre, Est : -85 % par rapport à 1973 ; Centre Ouest, Centre Est, Centre-Nord : -65 à -42 %, par rapport à 1973.

Pour les ORD du Centre et de l'Est ces diminutions sont à mettre en relation avec des chutes de rendement (tab. 20).

- Les ORD de la Volta Noire (+195 % par rapport à 1973), Bougouriba (+185 %) , les Hauts-Bassins (+248 %) ainsi que les périmètres de l'AVV ont enregistré une progression spectaculaire de la production. Dans les trois ORD précitées, l'accroissement est dû non seulement à l'augmentation des emblavures mais encore à l'amélioration très nette des rendements qui ont pratiquement plus que doublé en dix ans (tableau 20).

En 1980, on observe en général une diminution de la production.

Année	Surface ha	Production t	Ecart/ %	Rend.t.ha ⁻¹	Ec / \bar{x} %	Pluviométrie mm
1974-75	937	67 368	-72,5	71,8	-6,8	1024,1
1975-76	2230	178 639	-27,2	80	+3,9	1074,9
1976-77	2513	211 441	-13,8	84,1	+9,2	927,9
1977-78	3776	287 485	+17,1	76,1	-1,2	1032,3
1978-79	3724	300 912	+22,6	80,8	+4,9	944,5
1979-80	3793	284 712	+16,1	75,1	-2,5	813,1
1980-81	≈ 3700	259 726	+ 5,8	69,4	-9,9	1045,5
1981-82	≈ 3700	290 040	+18,2	77,9	+1,2	886,3
1982-83	≈ 3700	296 226	+20,7	79,8	+3,6	847,2
1983-84	≈ 3700	277 500 *	+13,1	75 *	-2,6	544,3
Moyenne		245 406	-	77	-	-

Tableau 21 : Evolution de la production de cannes à sucre à BANFORA.

(établi d'après données SO.SU.HV.)

* estimation.

Il y a eu une reprise dans les zones écologiques plus favorables, par contre un maintien de la baisse ou même une accentuation dans les autres ORD.

Il a été dit que les rendements ont augmenté dans les ORD des Hauts-Bassins, Bougouriba et de la Volta Noire, alors que les quantités annuelles de pluie ont tendance à diminuer (chap. I). Ces évolutions contradictoires montrent déjà qu'il n'y a pas de relation univoque entre rendement et quantité de pluie. Les coefficients de corrélation entre ces deux paramètres ($r = -0,17 ; 0,04 ; -0,50$) dans les différents O.R.D. sont généralement non significatifs. Ceci indique que la quantité annuelle de pluie n'est pas le facteur déterminant du rendement.

Les résultats du tableau 19 soulignent enfin la très grande disparité régionale. Les trois ORD (Hauts-Bassins, Volta Noire Bougouriba) concentrent 92 % de la production globale. Ces ORD ont enregistré une légère progression de la production cette année ; c'est ce qui explique que le bilan national de la production cotonnière soit positif en 1983.

III-322 - La canne à sucre

La canne à sucre ne peut pas être considérée comme une culture pluviale parce qu'elle est irriguée de la mi-septembre à la mi-juillet de l'année suivante. Cependant une partie du cycle végétatif : croissance et développement du système racinaire, s'effectue au cours de la saison humide et se trouve de ce fait influencée par le cycle pluviométrique précédent. Par ailleurs les facilités d'irrigation sont fonction du débit de la Comoé et du Yanan, qui eux sont déterminés par la pluie et le ruissellement. Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons cru nécessaire de considérer cette culture.

Les résultats portés sur le tableau 21 montrent que la production 1983 est supérieure à la moyenne décennale si l'on excepte les trois premières années pour lesquelles les surfaces cultivées étaient nettement inférieures.

Pour ce qui concerne les rendements, les écarts par rapport à la moyenne sont relativement faibles (-10 à +10 %).

Le rendement et la production estimés en 1983 n'ont diminué que de 6 % par rapport à l'année 1982, alors que le déficit pluviométrique atteint plus de 300 mm à Banfora.

On constate un "effet retard" de la saison des pluies sur la production de canne. Ainsi la diminution des précipitations en 1976 ne se repercute que sur le rendement de l'année 1977. De même la baisse de la pluviométrie de 1979 ne se manifeste que sur le rendement de 1980.

Ces remarques sont d'ailleurs confirmées par la valeur et la signification statistique du coefficient de corrélation entre le rendement et la quantité annuelle de pluie qui est de 0,80*** lorsque l'on considère la pluie de l'année n avec le rendement de l'année $n+1$, et de 0,06 (NS, $p = 0,05$) lorsque les paramètres de la même année sont pris en compte. Il faut donc s'attendre à une réduction du rendement en 1984 et ce d'autant plus que les déficits pluviométriques se cumulent (1982, 1983) et que les possibilités d'irrigation sont réduites au cours de l'actuelle saison sèche, en raison du débit insuffisant de la Comoé et du Yanan, respectivement de 1600 l.s^{-1} et nul en Mars 84. Au cours de ce mois, seulement 75 % de la demande évaporative moyenne a pu être assuré (SO.SU.HV comm. verb.)

III-323 - Autres cultures

Les valeurs correspondantes à l'année 1983 n'étant pas toutes disponibles et les incohérences apparentes des données n'autorisent pas d'étudier la situation de l'année 1983 et l'évolution de la production des cultures dans le détail. Remarquons simplement que l'arachide perd son caractère de culture d'exportation puisque de 10 à 20 000 t exportées en 1970-1973, on passe à 500 - 1000 t en 1981-1982 (tableau 22). Il ne semble pas avoir de rapport entre production et exportation.

Cultures	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Arachides	1	69 993	66 182	60 408	62 900	98 900	87 200	72 686	57 073	74 867	69 934	53 000	-	-
	2								1 781	998	1 165	120	438	-
	3	10 031	9 564	15 922	18 457	19 491	14 897	4 241	1 790	998	1 126	120	481	1 306
Karité	1	14 407	15 804	44 500	<u>10 380</u>	50 192	<u>48 618</u>	32 402	<u>56 653</u>	42 385	<u>27 263</u>	60 000		48 000*
	2								<u>56 653</u>	6 989	<u>40 061</u>	49 606*	26 611	
	3	13 407	15 804	4 875	<u>10 380</u>	5 635	<u>48 618</u>	32 402	56 653	7 263	39 570	49 606	26 614	24 020

Tableau 22 : Variations annuelles de la production des Arachides décortiquées, Karité en tonnes

1 - Comptes nationaux et indicateurs économiques de la Haute-Volta de 1970 à 1979 - M.E.P/INSD, Ouagadougou 1981 in (ROCHETTE 1982) - Estimation pour le Karité - Production brute.

2 - Production commercialisée d'après B.C.E.A. n° 314, Mars 1983, + estimation

3 - Production commercialisée et exportée d'après CAISSE DE STABILISATION DES PRIX DES PRODUITS AGRICOLES

* Estimation IRHO

Pour le karité l'éventuel effet de la saison des pluies de 1983 ne se manifestera que sur la production 1984 en raison du cycle de la plante. Celui-ci s'est apparemment déjà manifesté par un retard de floraison dans les zones écologiques plus septentrionales de sa distribution (IRHO, Comm. verb.)

La production et la commercialisation des amandes de cette plante présente de fortes fluctuations (tableau 22) sous réserve du doute introduit par l'insuffisante fiabilité de ces données. C'est surtout pour cette plante que les données semblent critiquables : environ 40 000 tonnes exportées en 1979 pour 27 263 produites par exemple... Il serait pourtant nécessaire de suivre de près la production de cette plante vu la forte demande et l'évolution favorable des cours mondiaux.

III-4 - Les pâturages sahéliens du bassin versant de la mare d'Oursi.

La production de la strate herbacée des pâturages naturels est sûrement le meilleur critère d'étude des relations eau-production végétale car les formations herbacées sahéliennes, essentiellement constituées de thérophytes, ont un cycle végétatif étroitement lié au cycle pluviométrique.

Par ailleurs ces pâturages ne sont pas entretenus par l'homme et échappent de ce fait aux effets inhérents aux techniques agricoles (semis, sarclage, fertilisation...)

III-4-1 - Production de la strate herbacée - Charge en bétail.

Les mesures effectuées depuis 1976 dans le cadre de l'étude multidisciplinaire initiée par la DGRST (France) sur "les potentialités agro-sylvo-pastorales du bassin versant de la Mare d'Oursi", et du projet (ORD - FED - ORSTOM) Développement de l'Élevage dans l'ORD du Sahel (SICOT 1976, LEVANG-GROUZIS 1980, GROUZIS 1981, Rapports hydrologiques ORSTOM 76-80...) ont permis d'exprimer la phytomasse herbacée (Y en g de matière sèche m⁻²) en fonction de la moyenne des relevés pluviométriques du réseau (Pmm) par la relation (1) =

$$Y = 0,22 Pm + 13,5 \quad r = 0,59^{**} \quad (\text{SICOT-GROUZIS 1981}).$$

Année	Pluviométrie DJALAFANKA (mm)	Phytomasse $\text{g}_{\text{MS}} \cdot \text{m}^{-2}$	UBT 60 000 ha
1976	455,6	107,9	11 353
1977	480,5	104,9	11 037
1978	379,7	90,8	9 554
1979	372,3	82,0	8 628
1980	372,3	80,3	8 449
1981	379,4	96,9 *	10 194 *
1982	382	97,5 *	10 257 *
1983	204,2	58,4 *	6 144 *

Tableau 23 : Variations interannuelles de la production herbacée du bassin versant de la mare d'Oursi et de la charge en bétail.

* phytomasse estimée à l'aide de la pluviosité de la station météorologique de DJALAFANKA et charge en bétail correspondante.

Le tableau 23 donne les variations interannuelles de la pluviométrie à la station climatologique de DJALAFANKA (BERNARD, 1984) et les productions établies par la formulation (1).

Ne disposant pas encore des coefficients d'abattement permettant d'obtenir la pluie moyenne à partir de la pluie de la station météorologique (Rapport synthèse Hydrologie ORSTOM en cours) les phytomasses sont estimées à partir de 1981 à l'aide de cette dernière.

Cette manière de procéder n'est pas entièrement exacte et cela se retrouve dans les valeurs de phytomasse qui sont plus élevées que lorsque la pluie moyenne est utilisée. Il ne faut donc retenir que l'ordre de grandeur et l'évolution des valeurs.

En considérant les normes couramment utilisées en matière de pastoralisme (UBT = 250 kg, besoin d'entretien 6,25 kg de matière sèche.j⁻¹, taux d'utilisation du fourrage sur pied : 40 % : BOUDET 1975, ANONYME 1967, SEDES 1977) il est possible de calculer les charges en bétail.

L'ensemble de ces données reportées sur le tableau 23 montrent que la production de la strate herbeuse du bassin versant de la Mare d'Oursi est fortement réduite cette année. La comparaison de la valeur de 1983 à la production fréquentielle du bassin versant de la Mare d'Oursi établie d'après la réunion des chroniques pluviométriques de GOROM et de MARKOYE, et présentée dans GROUZIS-SICOT (1983), permet de situer la production herbacée et la charge en bétail de l'année 1983 à respectivement 22 kg.ha⁻¹ et 231 UBT en dessous des valeurs correspondantes à la centennale défavorable (P = 606 kg.ha⁻¹, UBT = 6375).

En nous référant à l'estimation de LHOSTE (1977) sur le cheptel présent au niveau de la Mare au mois d'Avril-Mai, il y aurait cette année une surcharge d'au moins 9000 UBT.

Le très mauvais état des pâturages associé à l'assèchement précoce de la Mare d'Oursi ont provoqué la migration des éleveurs vers Aribinda, Djibo d'une part et vers Kokoro au Niger d'autre part.

Station	Espèces	Feuillaison						floraison						Fructification					
		77	78	79	80	81	83	77	78	79	80	81	83	77	78	79	80	81	83
WINDE	<i>Combretum aculeatum</i>	100	100	100	70	100	100	2,9	0	0	0	0	0	34	77,7	71	5,8	25,0	6,0
	<i>Acacia adansonii</i>	100	100	100	100	100	100	90	22,8	7,7	0	0	61,0	76,2	34,2	40	20	0	0
	<i>Acacia seyal</i>	100	100	100	30	66,5	100	16,2	0	0	0	5,5	3,0	0	0	0	0	0	0
GOUN- TOURE	<i>Combretum aculeatum</i>	100	100	96,3	74	85,1	86,4	0	0	0	0	0	0	61,1	43,3	33,3	0	51,8	27,7
	<i>Acacia raddiana</i>	100	100	100	100	100	100	6,7	0	6,7	6,0	6,6	40,0	33,3	13,3	33,3	40,0	20,0	13,3
	<i>Guiera senegalensis</i>	100	100	100	100	100	100	34,8	21,7	29,2	8,3	0	0	75,0	52,1	70,8	66,0	84,0	8,0
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	100	100	100	100	100	100	15,4	6,7	30,8	0	7,6	8,3	69,2	69,7	69,2	76,0	76,9	8,3
KOLEL	<i>Acacia raddiana</i>	100	100	100	100	100	100	7,7	0	0	9,0	0	63,6	7,7	8,3	9,1	9,0	81,8	81,8
	<i>Piliostigma reticulatum</i>	100	100	100	93,0	100	100	20	0	43,8	12,0	6,7	46,2	6,7	0	12,5	12,0	13,3	0
Bas KOLEL	<i>Acacia raddiana</i>	87,1	100	100	83,0	100	100	0	0	0	3,0	0	20,7	3,2	0	6,6	12,0	3,3	44,8
OURSI	<i>Balanites aegyptiaca</i>	-	100	100	95,0	82	100	-	0	2,2	0	0	4,7	-	2,2	13,3	13,0	11,1	30,2
	<i>Guiera senegalensis</i>	-	100	100	100	100	100	-	0	70,8	0	0	0	-	50,0	40,0	50,0	60,0	0

Tableau 24 : Variations annuelles de la phénologie des ligneux à Oursi. Observations à la première décade d'octobre.

(établi d'après TRAORE (1978), GROUZIS - SICOT (1980), GROUZIS résultats non publiés)

Dès le mois de décembre 1983, il ne restait pratiquement au niveau du bassin que le petit pétail.

III-4-2 - Phénologie des ligneux

En milieu sahélien, les espèces ligneuses tiennent une place privilégiée dans l'alimentation animale, aussi bien en quantité (LE HOUËROU, 1979) qu'en qualité (BILLE, 1978). Au niveau du bassin versant de la Mare d'Oursi la phénologie de quelques ligneux a été suivie afin de connaître précisément les périodes d'activités de la végétation nécessaire aux mesures de productivité, et de caractériser les relations liant la périodicité de la végétation aux variables du milieu, en vue de déterminer les facteurs discriminants du comportement phénologique des espèces et de prévoir leur réaction aux fluctuations de ces variables écologiques.

Les variations interannuelles recueillies sur les différentes espèces en fonction des situations écologiques sont reportées sur le tableau 24. Le retard observé dans l'apparition des feuilles n'apparaît pas sur ce tableau, car les relevés représentent les valeurs du début du mois d'Octobre.

Il est par contre possible d'étudier cet effet sur les phases de floraison et de fructification puisqu'elles apparaissent plus tardivement dans le temps.

Ainsi le cycle pluviométrique particulièrement défavorable de cette année (début tardif, quantité faible...) a eu pour effet de réduire la floraison et la fructification de Combretum aculeatum aussi bien en situation de bas-fond (Windé) que de glaciais à pédiment (Gountouré) ; de Guiera senegalensis sur la dune (Oursi) et Gountouré, et de Ziziphys mauritiana (Gountouré).

Les résultats relatifs au comportement de ces espèces corroborent ceux obtenus par POUPON (1973), BILLE et POUPON (1974) lors de leur étude de l'influence de la sécheresse de l'année 1972 sur la strate ligneuse au Sénégal.

La floraison peut être tout simplement retardée. C'est les cas notamment de Acacia adansonii (Windé) d'Acacia raddiana (Gountouré), Piliostigma reticulatum (Kolel) pour lesquelles on observe un taux de floraison élevé en Octobre (61 %, 40 %, 46,2 %) avec des taux de fructification faible (0 ; 13,3 % ; 0). Il existe enfin des espèces pour lesquelles les phénomènes de reproduction (floraison, fructification) sont apparemment favorisés : c'est le cas de Balanites aegyptiaca (floraison 4,7 %, fructification 30,2 %) et Acacia raddiana (Bas Kolel : f = 20,7, et F = 45 %). C'est une réaction physiologique que l'on observe parfois à la suite d'un stress, comme en témoigne la technique d'induction de la floraison des agrumes ou des cultures maraichères par stress hydrique.

III-5 - Conclusions

Les pluviométries de l'année 1983 ont été en général parmi les plus basses enregistrées. Cette situation se repercute sur les productions agricoles. En nous référant aux résultats obtenus par les différents organismes de développement et de recherche on note que cette situation pluviométrique se manifeste par une réduction de la production en 1983 par rapport à 1982 dans 80 % des cas.

Les productions globales à l'échelle du pays ont relativement peu subi le contre coup de cette saison (-2,5 % par rapport aux 4 dernières années pour les céréales), maintien de la production pour le coton). Cependant de très grands déficits sont à enregistrer sur le plan régional. Citons à titre d'exemple pour les céréales le cas des Hauts Bassins (-12 %), du Sahel (-22 %) et surtout de la Comoé (-59 %), et pour le coton le cas de l'ORD de l'Est (-83 %) du Centre Est (-52 %) et du Centre Nord (-52 %).

La production de la canne à sucre n'a pas été fortement réduite cette année.

Mais, compte tenu de l'effet retard apparent, il faut s'attendre à une forte baisse de production en 1984, d'autant plus que l'irrigation au cours de la saison sèche actuelle est fortement diminuée en raison des disponibilités réduites des cours d'eaux (Comoé, Yanan). La production de la strate herbeuse du bassin versant de la Mare d'Oursi en zone sahélienne a nettement subi le déficit pluviométrique de l'année 1983. Cette production et la charge pastorale qui en découle se situent en effet en dessous de la valeur correspondante à la centennale sèche. L'effet dépressif du cycle pluviométrique s'est aussi manifesté sur la phénologie d'espèces ligneuses.

L'évolution des productions végétales se caractérise par une assez forte variabilité interannuelle, montrant ainsi que ces productions sont assez étroitement soumises aux aléas climatiques. A cet égard il y a lieu de noter que la production céréalière est beaucoup plus sujette aux variations aléatoires donc beaucoup plus fragile que la production cotonnière qui progresse régulièrement dans le temps, mais qui semble avoir atteint un palier.

On observe par ailleurs une assez forte disparité régionale aussi bien pour la production céréalière que pour la production du coton.

Remarquons cependant que l'évolution des productions végétales ne peut se limiter au seul jeu de la quantité pluviométrique. Elle résulte aussi de la répartition des pluies et des réactions de décision des producteurs par rapport à leur environnement socio-économique. Ce sont là des facteurs qui n'ont pas été considérés dans cette étude, qui voulait se limiter à la mise en parallèle des évolutions de la pluviométrie et des productions végétales.

CONCLUSIONS GENERALES

A la lumière de cette étude, l'année 1983 apparaît comme une année particulièrement déficitaire sur un plan hydro-pluviométrique, dans un contexte climatique de sécheresse depuis une quinzaine d'années.

Nous avons tenté d'extraire des données disponibles souvent disparates, particulièrement en ce qui concerne les productions végétales mais aussi au niveau des données hydrologiques, le maximum de renseignements sur l'évolution écologique du pays. On notera l'absence de données sur les eaux souterraines, la faiblesse du réseau hydrologique dans le Nord du pays et la relative difficulté d'interprétation des statistiques de productions agricoles.

Néanmoins, après avoir effectué un choix de données représentatives des zones écologiques du pays, nous avons pu mettre en évidence :

- la réalité de la notion de persistance de la sécheresse actuelle sans avoir pu cependant dégager des critères pertinents quant à une prospective sur son avenir.
- le fait que cette phase sèche soit caractérisée par une forte diminution des pluies supérieures à 40 mm et par un maintien de la fraction pluviométrique inférieure à 20 mm, la fraction intermédiaire réagissant de façon plus faible à la diminution de la pluviométrie totale. Cette observation permet d'envisager la détermination du minimum pluviométrique sur lequel compter dans chaque zone climatique.
- la gravité de la sécheresse de 1983 qui, même si elle n'a pas encore l'ampleur de celle de 1972-73 dans les médias, est identique sinon plus importante que cette dernière.
- la persistance de la faiblesse de l'hydraulicité annuelle est parallèle à celle de la pluviosité mais semble beaucoup plus accentuée et risque de constituer un "effet mémoire" qui se prolongera même dans l'optique d'un retour à la normale et ce,

principalement pour les eaux souterraines : baisse des nappes, impliquant des étiages plus rapides.

- le déficit céréalier global estimé par rapport à la moyenne de production des quatre dernières années est de l'ordre de 2,5 % ce qui équivaut d'après les données officielles à une centaine de milliers de tonnes.

- que le déficit climatique s'est surtout répercuté au niveau régional : l'ORD du Sahel (-22 %) où les conditions écologiques, sont en général limitatives, mais aussi les ORD des Hauts-Bassins (-12 %) et de la Comoé (-59 %) qui sont parmi les plus productifs et habituellement excédentaires.

- qu'à l'échelle du bilan national, le coton, n'a pas subi le contre-coup de la baisse pluviométrique bien que régionalement d'importants déficits ont pu être enregistrés (Est, Centre Est)

- dans les ORD des Hauts-Bassins, de la Comoé et de la Volta Noire, l'opposition entre d'une part les productions céréalières qui ont pâti directement des variations pluviométriques et d'autre part le coton qui ne semble pas avoir été affecté par la baisse pluviométrique. Cette différence de comportement peut s'interpréter par une meilleure efficacité en eau compte tenu des "intrants".

- que la production des pâturages du bassin de la Mare d'Oursi se situe à un niveau estimé inférieur à la centennale sèche.

La pluviométrie de l'année 1983 tend à perpétuer le déséquilibre entre ressources fourragères et bétail.

La stratégie d'adaptation à cette situation de déséquilibre écologique est la migration de l'homme et de son troupeau. Mais une telle stratégie est-elle encore possible dans un espace saturé ? Ne doit-on pas se demander si la diminution de la charge pastorale due à la mortalité du bétail au cours d'années exceptionnelles ou difficiles ne devient pas le principal facteur régulateur ?

Ce déséquilibre se retrouve aussi au niveau de l'écart grandissant entre croissance démographique d'une part et croissance de la production agricole d'autre part, et ce, malgré une progression de la production dans les régions du Sud-Ouest, du Sud et de l'Est.

Que faire donc dans cette période de crise écologique, sinon d'exploiter au mieux les ressources actuellement disponibles ? Quelques recommandations peuvent alors être avancées, en marge de ce travail.

Il nous semble nécessaire :

- de tendre vers une intensification des cultures, en particulier dans les zones où les coefficients d'intensité culturale ont atteint des niveaux entraînant la réduction de la jachère et même la culture continue. Cette intensification devrait être associée aux opérations de conservation des eaux et des sols - et de défense et restauration des sols, telles que celles pratiquées par le F.D.R.
- de veiller à ce que l'extension des cultures dans les zones encore favorables du Sud-Ouest s'effectue avec un souci de préservation des ressources renouvelables afin d'éviter d'atteindre des seuils de rupture des équilibres écologiques.
- de multiplier et de valoriser les aménagements de retenues d'eau de surface en vue du développement des cultures irriguées et de la réalimentation des nappes.
- de favoriser la diversification des cultures afin d'exploiter au mieux le spectre écologique du pays et parvenir à une véritable complémentarité régionale.

Intensification, aménagement, diversification doivent tendre à l'augmentation de l'efficacité de l'eau et à la valorisation du moindre millimètre de pluie.

A ces recommandations d'ordre technique il paraît nécessaire d'associer des mesures incitatives d'ordre socio-économique.

BIBLIOGRAPHIE CITEE

- Anonyme 1967. - National handbook for range and related grazing lands. US department of Agriculture soil conservation. Service SCS range, 7-67.
- Anonyme 1981. - Comptes nationaux et indicateurs économiques de la Haute-Volta de 1970 à 1979.
M.E.P. INSD, Ouagadougou 1981, in ROCHETTE 1982
- Anonyme 1983. - Statistiques économiques et monétaires
BCEAO, n° 314.
- Anonyme - Connaissance de la Caisse de stabilisation des prix de Haute-Volta. CSP PA, 38 p.
- Anonyme (1984). - Campagne de stimulation des précipitations. Ouagadougou - Haute-Volta 1983. SOFREAVIA, rapport ronéot., 20 p. + annexes.
- BARRAL H., BENOIT M., 1973. - Nature et genre de vie au Sahel. L'année 1973 dans le Nord de la Haute-Volta. Cah. ORSTOM., sér. Sc. hum., 93-112.
- BERNARD A., 1984. - Observations climatologiques à la station météorologique de Jalafanka - et Suivi de la Mare Centre ORSTOM, Ouagadougou, (à paraître).
- BILLE J.C., POUPON H., 1974. - Influence de la sécheresse sur la strate ligneuse, La terre et la vie, tome 28, n° 1, 49-75.
- BILLE J.C., 1978. - Le rôle des arbres et des arbustes en tant que sources de protéines dans la gestion des pâturages de l'Afrique tropicale. VIII congrès. Forest. Mondial. Jakarta, 21 p.

- BOUDET G., 1975. - Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT, Ministère de la Coopération, 254 p.
- BRUNET-MORET Y., 1969. - Etude de quelques lois statistiques utilisées en hydrologie. Cah. ORSTOM, Hydrol., VI, 3, 89 p.
- BRUNET-MORET Y., 1963. - Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. CIEH-ORSTOM, 1 rapp. ronéot., 20 p. + fig.
- CARBONNEL J.P., 1983-84. - Evolution climatique récente en Haute-Volta.
I. - Un paramètre pluviométrique peu utilisé : la pluie moyenne journalière annuelle.
Notes et Docum. Voltaïques, XIV, n° 3-4, 1983
II. - sur l'existence d'un "bruit de fond" dans les quantités d'eau apportées par la mousson.
Notes et Docum. Voltaïques, XV, n° 1, 1984.
(à paraître).
- C.I.E.H. - O.R.S.T.O.M., 1977. - Précipitations journalières de l'origine des stations à 1965. République de Haute-Volta. C.I.E.H., Paris, 1 vol. de 686 p.
- DUBREUIL P., 1974. - Initiation à l'analyse hydrologique - Masson et ORSTOM Ed., 1 vol. 216 p.
- DUPRE G., GUILLAUD D., 1984. - Rapport préliminaire sur la situation alimentaire dans le pays d'Aribinda.
ORSTOM, Ouagadougou. Rapp. multigr., 34 p.
- FONTES J., 1983. - Essais cartographiques de la végétation par télédétection, ; quelques exemples pris en Haute-Volta. Thèse 3ème cycle, Toulouse, III, 1 vol., 175 p.

- FAO, - Perspectives du développement agricole à long terme de la Haute-Volta.
- GROUZIS M., 1982. - Restauration des pâturages sahéliens. Mise en défens et reboisement, Rapport de Campagne 1981. ORSTOM Ouagadougou 37 p. ronéot.
- GROUZIS M., SICOT M., 1980. - A method for the phenological study of browse populations in the sahel : The influence of some ecological factors, in "Browse in Africa, the Current state of knowledge" Symposium International sur les fourrages ligneux en Afrique Addis-Abeba, 8-12 Avril 1980, LE HOUEROU Ed. p. 233-240.
- GROUZIS M., SICOT M., 1983. - Production fréquentielle du bassin versant de la Mare d'Oursi - Application à l'estimation des potentialités pastorales - in "Méthodes d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens - application au développement" Atelier FAO-ISRA Dakar, 11 p.
- GUINKO S., 1984. - Végétation de la Haute-Volta. Thèse Doctorat es Sciences, Université de Bordeaux III, Tome 1 et 2, 394 p.
- Institut National Statistique Démographique 1975., Recensement de la population Vol. 1.
- IRAT 1983. - Rapport de synthèse 1982. 208 p.
- LAHAYE, J.P., 1980. - Etude des pluies journalières de fréquence rare en Haute-Volta. C.I.E.H., sér. Climatologie, 89 p. ronéot.
- LE HOUEROU H.N., 1979. - Le rôle des arbres et des arbustes dans les pâturages sahéliens. C.D.I., 35 p.

- LEVANG P., GROUZIS M., 1980. - Méthodes d'études de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : Application à la Mare d'Oursi Haute-Volta - Acta Oecol., Oecol. Plant., Vol. 1, (15), 3, 231-244 p.
- LHOSTE P., 1977. - Etude zootechnique. Inventaire du cheptel. A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta). DGRST - IEMVT, Rapp. multigr. 49 p.
- MATLON P.J., 1983. - Highlights of 1983 annual report. Icrisat Economics cote. Upper Volta. 24 p.
- Météorologie nationale 1983. - Bulletin agrométéorologique décadaire. Minist. des Transport, Environnement et Tourisme, 18 bull. ronéot. de Mai à Octobre, Ouaga
- MONIOD F., POUYAUD B., et SECHET S., (1977). - Le bassin du fleuve Volta. Monographies Hydrol. ORSTOM n° 5, 1 vol. de 513 p.
- OLIVRY J.C., 1983. - Le point en 1982 sur la sécheresse en Sénégal et aux îles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations) Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., XX, 1, 47-69.
- POUPON H., 1973. - Influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la végétation d'une savanne sahélienne du Ferlo septentrional Sénégal, in "La désertification au sud du Sahara". Coll. Nouakchott, 17-19 Déc. 1979, Nile Ed. Africaines, 96-101.
- PUECH C., 1983. - Persistance de la sécheresse au Sahel. Conséquences sur normes hydrologiques et pluviométriques. C.I.E.H., sér. Hydrol., 24 p., 12 fig.

- PUECH C., 1984 . - Opération de pluie provoquée. Ouagadougou 1983. Rapport de synthèse. C.I.E.H., sér. Hydrol. 1 rapp. ronéot. 164 p.
- ROCHETTE R., 1982. - Le développement des cultures pluviales en Haute-Volta. OCDE - CILSS, Sahel D (82) 177, 218 p.
- SEDES 1977. - Réflexions sur l'avenir des systèmes pastoraux sahéliens et sahélo-soudaniens. in "Les systèmes pastoraux sahéliens", Etude FAO, n° 5, 223-376.
- Service de l'Hydrologie 1983. - Bulletin hydrologique mensuel. Minist. Développ. Rural, DHER, 7 bull. ronéot. (Mai à Décembre).
- Service de l'Hydrologie 1983 . - Aperçu sur l'écoulement des cours d'eau de Haute-Volta en 1982. Minist. du Développement Rural, DHER, 1 rapport ronéot. 23 p.
- SICOT M., 1976. - Evaluation de la production fourragère herbacée ACC Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta) - DGRST-ORSTOM, Rapp. multigr., 45 p. + ann.
- SICOT M., GROUZIS M., 1981. - Pluviométrie et production des pâturages naturels sahéliens - Etude méthodologique et application à l'estimation de la production fréquentielle du bassin versant de la Mare d'Oursi. Haute-Volta. ORSTOM Ouagadougou, 33 p. ronéot.
- SIRCOULON J., 1976 . - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940". Cah. ORSTOM, sér. hydrol., XIII, 2, 75-174.

SOFITEX : Rapport annuel sur les campagnes cotonnières
1973 à 1983.

VALERE-GILLE F., 1983. - Evaluation de la situation alimentaire
en Haute-Volta, P.A.M., 8 p. + ann. h.t.