

VEILLE CLIMATIQUE SATELLITAIRE

SOMMAIRE

CITEAU J. <i>eau</i> CAMMAS J.P. GOURIOU Y. <i>ves</i>	Position de la zone intertropicale de convergence	page 5
PAGES J. <i>eau</i> TOURE D.	Les anomalies thermiques de la mer à Dakar	page 11
LAHUEC J.P. <i>eau</i> <i>ouillet, B.</i>	Convergences intertropicales	page 12
	Fronts thermiques en Afrique de l'Ouest, en mars-avril 1985	page 14
THIAO W.	Détermination des précipitations à partir de l'imagerie satellitaire	page 16
ALBERGEL J. <i>eau</i> CHARBONNEL J.P. GROUZIS M. <i>chah</i>	Sécheresse au Sahel	page 18
GAC J.Y.	Le phénomène des brumes sèches au Sénégal, en 1984-1985	page 31

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B* 16518 Ex: *unique*

à B* 16523

SECHERESSE AU SAHEL
Incidences sur les ressources en eau et les productions végétales
Cas du Burkina FASO
J. ALBERGEL*, J.P. CARBONNEL, M. GROUZIS***

Communication présentée
au séminaire télédétection spatiale
Centre AGRHYMET, NIAMEY, NIGER
13-15 mars 1985

INTRODUCTION

L'année 1983, particulièrement éprouvée sur le plan climatique, a conduit une équipe pluridisciplinaire (D.G.S.R.T. BURKINA - O.R.S.T.O.M.) à réaliser une étude sur les précipitations et l'évolution des ressources en eaux et des productions végétales au Burkina Faso (ALBERGEL et al., 1985).

Ce pays, encadré en altitude par les isohyètes interannuelles 400 mm et 1.300 mm, est représentatif de la zone soudano-sahélienne. De plus, son caractère continental permet de cerner la pluviométrie sous l'unique effet du déplacement de la zone de convergence intertropicale.

Ce travail met en évidence la tendance climatique observée sur le pays, sur la base de l'analyse de la pluviométrie annuelle et des fractions pluviométriques.

Il tente ensuite de montrer l'incidence de l'évolution de la situation pluviométrique sur l'évolution des ressources en eau (cours d'eau, retenue) et des productions végétales (céréales, cultures industrielles (coton) et pâturages herbacés sahéliens).

* Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, B.P. 182, OUAGADOUGOU, BURKINA FASO.

** Actuellement Département Géologie Dynamique, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 74230 PARIS CEDEX 05.



I. - EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE

1. 1. - ISOHYETES MOYENNES DECENNALES.

Le calcul des moyennes pluviométriques interannuelles par décennie permet d'observer des variations spatiales des isohyètes. Malgré l'arbitraire de ce découpage, on note (fig. 9) une remontée générale vers le nord des isohyètes entre 1920 et 1960, puis une descente sensible pour 1960-1970 et un record vers le sud pour la décennie 1970-1980.

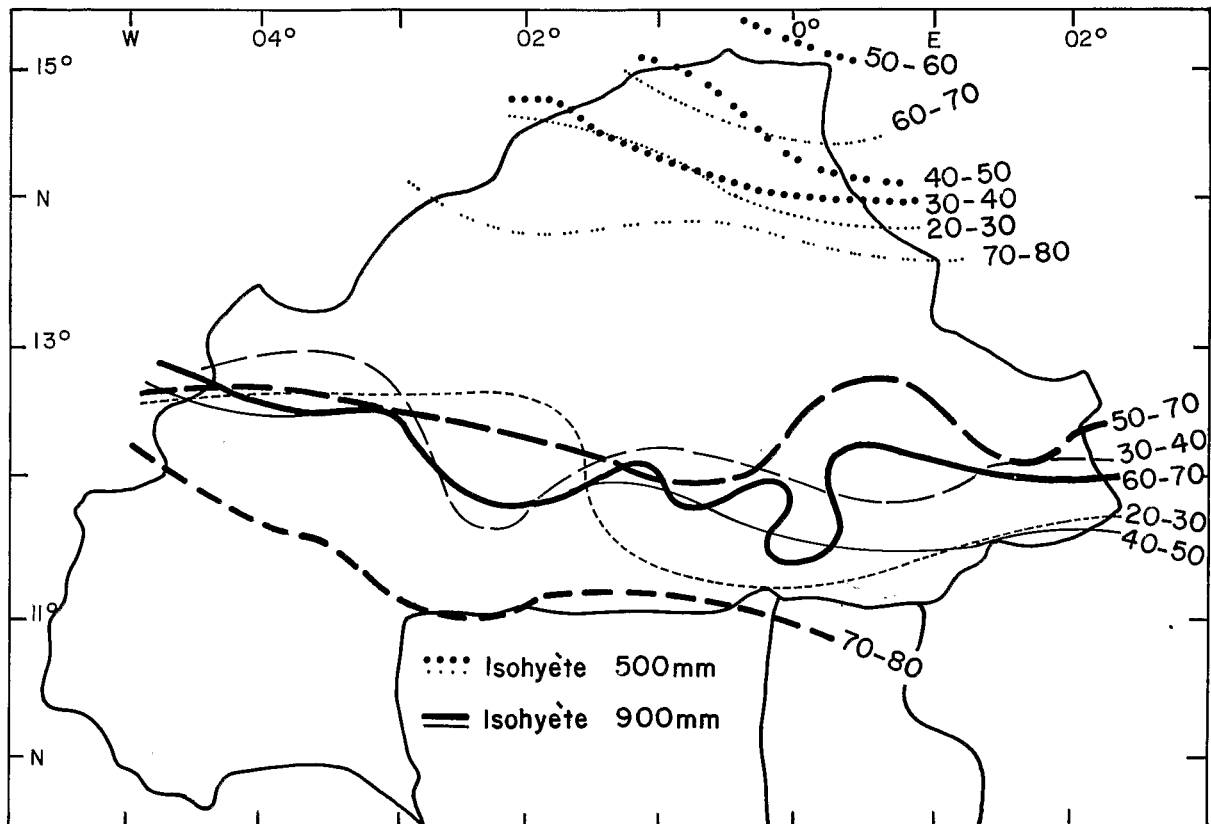


Figure 9. - Fluctuations de la situation des isohyètes 500 et 900 mm au cours des six dernières décennies.

L'isohyète 500 mm au nord de la frontière malo-burkinabé pour 1950-1960, se situe pour 1970-1980 à la latitude de Ouahigouya, soit une descente de plus de 200 kilomètres !

1. 2. - PLUVIOMETRIE ANNUELLE.

Cette analyse porte sur les données de sept stations réparties dans les différentes zones écologiques du pays (GUINKO, 1984) et observées depuis au moins 60 années.

121. - Analyse statistique.

Les sept stations étudiées dont trois figurent sur le graphique 10, présentent pratiquement la même déviation de la courbe de fréquence vers les basses valeurs des séries, corroborant ainsi les résultats d'OLIVRY (1983) pour les stations côtières du Sénégal.

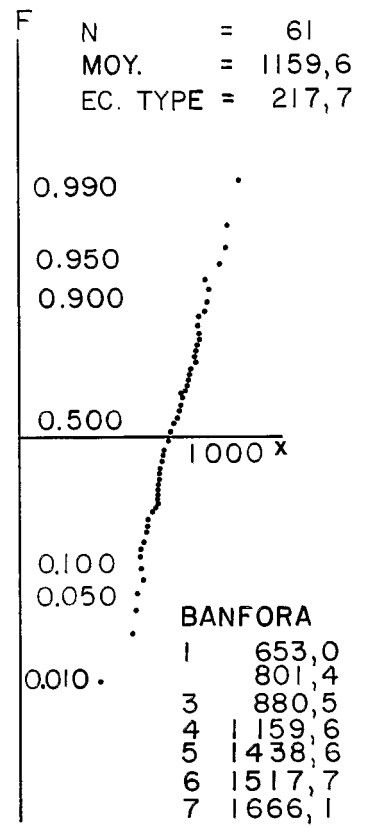
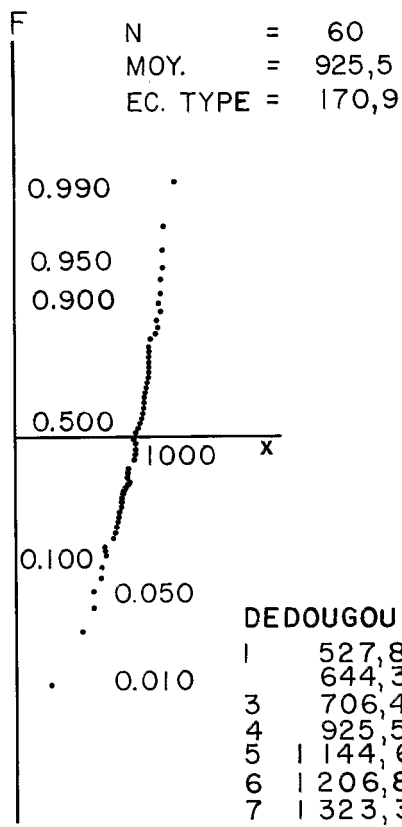
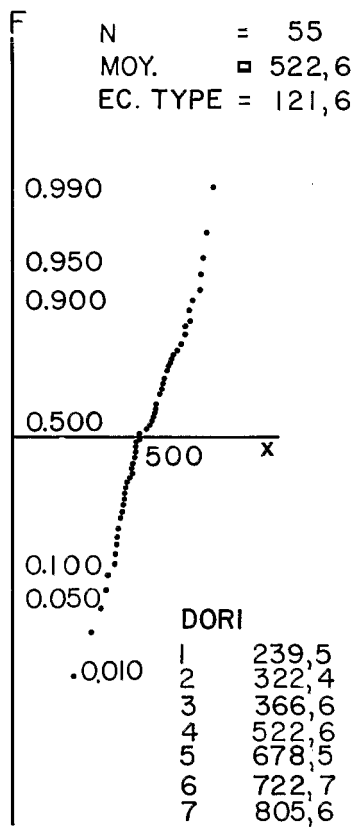


Figure 10. - Ajustement à une loi normale des pluviométries annuelles.

N = nombre d'années moy = moyenne : les chiffres indiquent les récurrences théoriques 1 2 3 : sèches 4 :

122. - Mise en évidence de la persistance de la phase sèche.

Cette distribution des années sèches nous a conduit à considérer qu'à l'échelle d'un pas de temps annuel, la pluviométrie est liée aux pluviométries précédentes par un processus markovien d'ordre 1, et à appliquer à la pluviométrie la méthode des moyennes mobiles pondérées (OLIVRY, loc. cit.).

Ainsi, la décomposition de la pluviométrie en une variable aléatoire et en une fonction dépendante de toutes les observations antérieures, permet de mettre en évidence (fig. 11) un phénomène de persistance de la période déficitaire.

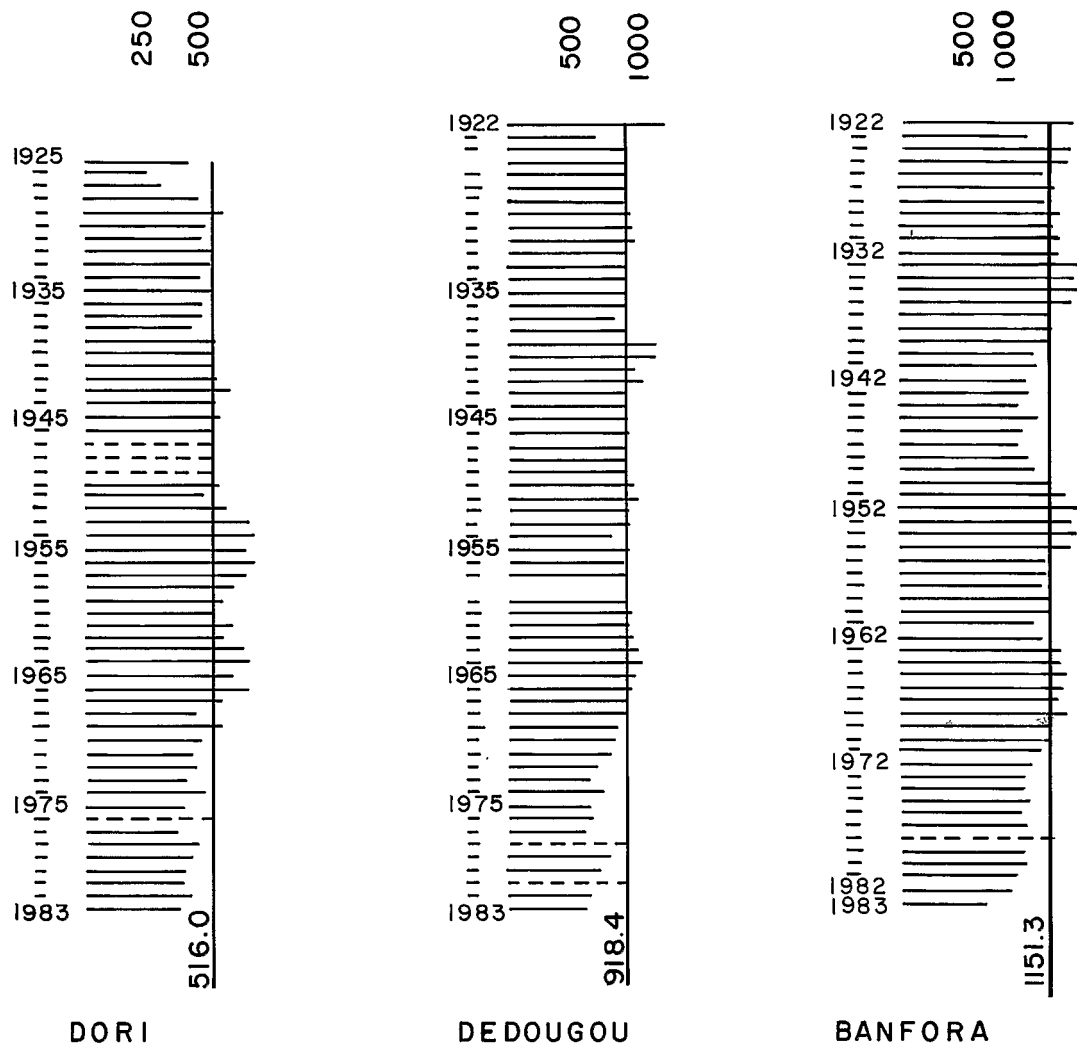


Figure 11. - Moyennes mobiles pondérées des pluviométries annuelles pour trois stations climatologiques.

An- née	Sta- tion	DORI	OUAHI- BOUYA	DEDOU- GOU	FADA	BOBO	BANFO- RA	GAOUA	+	0	-	T						
													-6	-4	-2	0	2	4
1930	-	+	+	+	+	+	+	0	5	1	1	4						
31	-	-	+	+	+	+	+	+	3	1	2	1						
32	0	-	+	0	+	+	+	0	3	3	1	1						
33	0	0	+	+	+	+	+	+	5	2	0	5						
34	-	-	+	0	0	+	+	+	3	2	2	1						
35	0	+	0	0	+	+	+	+	4	3	0	1						
36	-	+	+	-	+	+	+	+	5	0	2	3						
37	-	+	0	0	0	0	+	+	2	3	2	0						
38	-	+	0	0	0	0	+	+	2	4	1	1						
39	0	+	+	-	0	0	+	+	3	3	1	2						
1940	0	+	+	-	-	-	+	+	3	1	3	0						
41	0	+	+	+	-	-	+	+	3	3	1	2						
42	+	+	+	-	-	-	+	+	3	1	3	0						
43	+	+	+	0	-	-	+	+	4	1	2	2						
44	0	0	0	-	-	-	0	0	0	4	3	-3						
45	+	+	+	-	0	-	0	0	3	2	2	1						
46	0	+	+	-	+	-	0	0	3	2	2	1						
47	0	-	0	-	+	-	-	-	1	2	4	-3						
48	0	-	0	0	-	-	-	-	0	4	3	-3						
49	0	0	0	-	+	-	-	-	1	3	3	-2						
1950	+	+	+	-	-	0	-	-	3	1	3	0						
51	0	+	+	+	+	+	+	0	5	2	0	5						
52	+	+	+	+	+	+	+	0	6	1	0	6						
53	+	+	+	+	+	+	+	-	6	0	1	5						
54	+	+	-	+	+	+	+	-	5	2	0	5						
55	+	+	0	+	+	+	+	+	6	1	0	6						
56	+	+	+	+	+	+	-	+	6	0	1	5						
57	+	+	+	+	+	0	+	+	6	1	0	6						
58	+	+	+	+	+	0	0	0	5	2	0	5						
59	+	0	0	+	+	-	0	0	2	3	2	0						
1960	0	0	+	+	0	0	-	-	2	4	1	1						
61	+	+	-	+	0	-	-	-	3	1	3	0						
62	+	+	+	+	-	0	-	-	4	1	2	2						
63	+	+	+	+	0	+	0	0	5	2	0	3						
64	+	0	+	+	+	+	0	0	5	2	0	5						
65	+	+	+	+	0	+	0	0	5	2	0	5						
66	+	0	+	+	0	+	0	0	4	3	0	4						
67	+	+	-	+	0	+	-	-	4	1	2	4						
68	-	+	0	+	+	+	+	+	5	1	1	4						
69	+	0	-	+	+	0	+	+	4	2	1	3						
1970	-	-	-	-	+	0	+	+	2	1	4	-2						
71	-	-	-	-	0	-	0	0	0	2	5	-3						
72	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
73	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
74	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
75	-	-	-	0	-	-	-	-	0	1	6	-6						
76	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
77	-	-	-	0	-	-	-	-	0	1	6	-6						
78	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
79	-	-	-	0	-	-	-	-	0	1	6	-6						
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
81	-	+	-	-	-	-	-	-	1	0	6	-5						
82	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						
83	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	7	-7						

Tableau 2. - Comparaison entre la moyenne mobile et la moyenne interannuelle pour les différentes stations climatiques.

(+ excédentaire - déficitaire 0 normale T somme de + et -)

On observe :

- De 1930 à 1949, une période à pluviométrie proche de la moyenne ;
- De 1950 à 1968, des années successives largement excédentaires ;
- Depuis 1969, une tendance générale vers un régime déficitaire.

1. 3. – EVOLUTION DES FRACTIONS PLUVIOMETRIQUES.

Si l'étude des pluviométries annuelles met bien en évidence la tendance générale de l'évolution climatique récente, il est nécessaire de rechercher des paramètres supplémentaires dont les variations permettraient de mieux caractériser le phénomène.

La méthode des moyennes mobiles pondérées a été appliquée aux fractions pluviométriques annuelles définies par CARBONNEL (1983) à savoir :

- P1 : Somme des précipitations journalières inférieures à 20 mm :

PHASE HUMIDE

$$P = P1 + P2 + P3$$

avec $P1 \neq P2 \neq P3$

et N FAIBLE P/N ELEVE



RECURRENCES D'ANNEES SECHES
DE PLUS EN PLUS FREQUENTES
AVEC LE TEMPS



PHASE SECHE

$$P = P1 + P2 \searrow + P3 \searrow$$

avec $N \nearrow$ ELEVE $P/N \searrow$ FAIBLE

avec P : pluviométrie annuelle ; P1, P2, P3 : fractions pluviométriques ; N : nombre de jours de pluies.

II. – INCIDENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU.

2. 1. – HYDRAULICITE DES MOYENS ET GRANDS BASSINS VERSANTS.

Parallèlement à la pluviométrie annuelle, les modules des cours d'eau pour lesquels les séries d'observations hydrométriques d'assez longue durée sont disponibles (MONIOD et al., 1977), ont été analysés.

L'ajustement des modules de la VOLTA NOIRE et de la LERABA à une loi log-normale permet de remarquer (fig. 13) que les plus basses fréquences s'éloignent significativement de la droite d'ajustement en s'incurvant vers les plus bas modules et que la quasi-totalité des dix plus basses fréquences appartient à la période 1971-72 à 1983-1984.

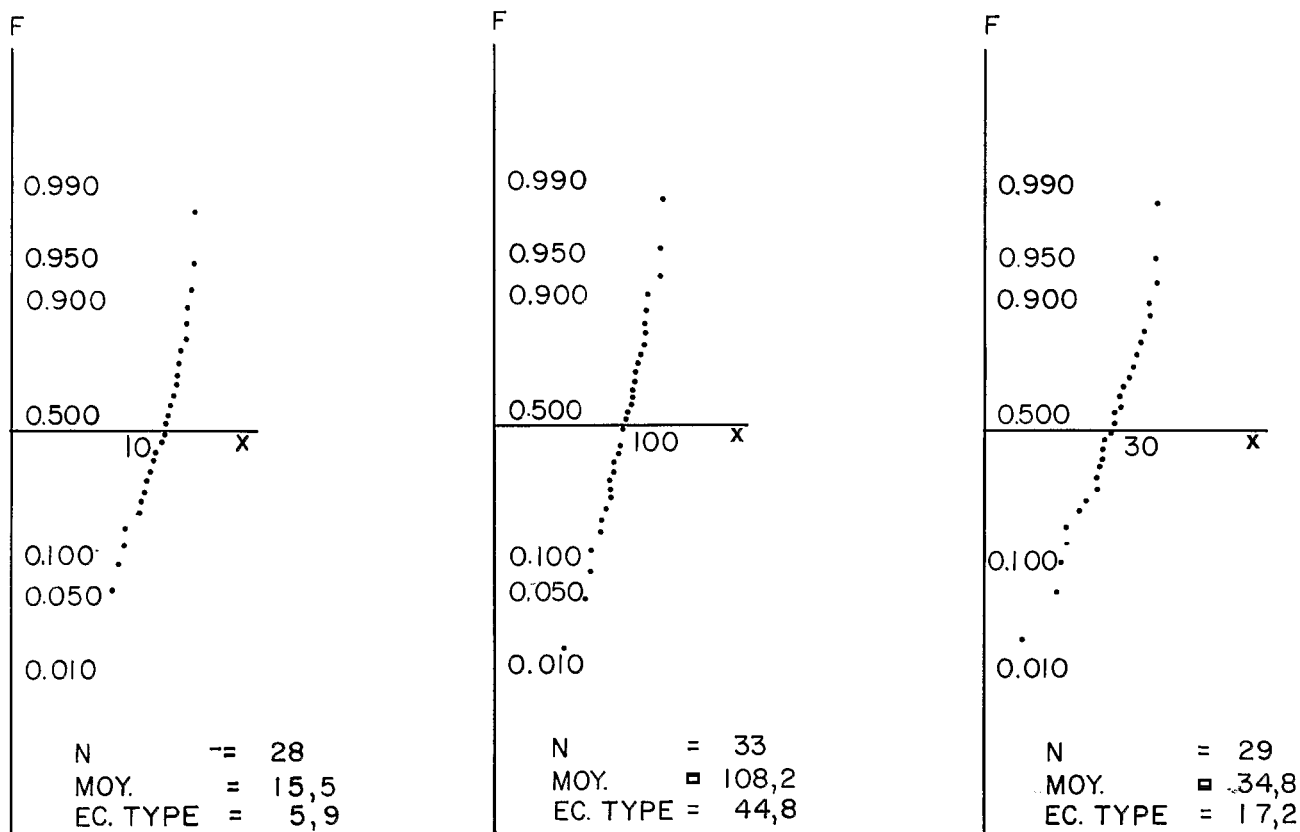


Figure 13. – Ajustement à une loi log-normale des modules interannuels de trois stations hydrométriques.

Par ailleurs, l'année 1983-1984 affiche à toutes les stations observées sur ces deux cours d'eau, le minimum minimum de la série et des récurrences exceptionnelles sèches.

La concentration des années à faible hydraulicité dans la période 1971 à 1984 nous a conduit à appliquer de nouveau la méthode des moyennes mobiles pondérées pour dégager les tendances.

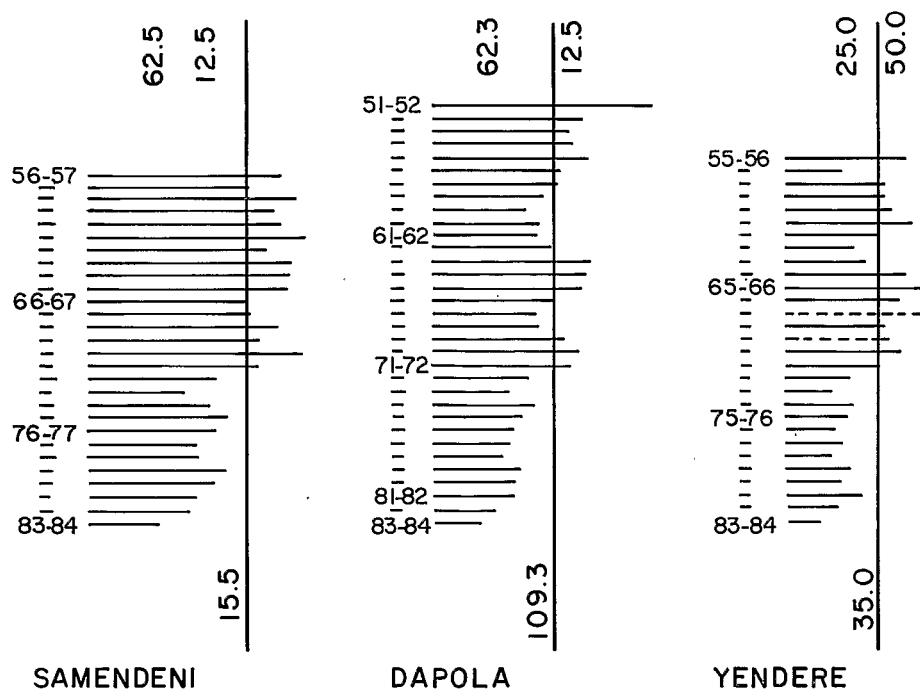


Figure 14. – Moyennes mobiles pondérées des modules annuels.

La figure 14 permet de distinguer deux périodes, l'une antérieure à 1971, globalement excédentaire, l'autre, systématiquement déficitaire depuis cette date.

Un décalage existe entre la « sécheresse pluviométrique » et l'affaiblissement de l'hydraulicité annuelle.

L'analyse des débits moyens mensuels montre des étiages plus faibles pendant la période déficitaire (tableau 3).

Années	YANDERE		DAPOLA		
	Module Septembre	Module Février	Années	Module Septembre	Module Février
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 3. – Décroissance du module moyen mensuel.

Ces faibles débits s'expliquent par une baisse des nappes phréatiques qui soutiennent moins la décrue. Dans ce contexte, il est à prévoir que, même si la pluviométrie devenait plus favorable, il y aurait un décalage dans le temps avant le retour de modules normaux.

2. 2. - RETENUES.

Le remplissage des retenues n'est pas nécessairement représentatif de la pluviosité de l'année, car une ou deux pluies importantes suffisent à les remplir en raison de la taille réduite de leur bassin versant. Cependant, il est intéressant de voir, à titre d'exemple, comment ces réserves d'eau, vitales pour le pays, se sont comportées dans le contexte des années sèches.

En 1983, les taux de remplissage ont été très médiocres dans le nord du pays, tandis que des cotes presque

3. 2. - LA PRODUCTION COTONNIERE.

L'évolution de la production annuelle du coton en fonction du temps (figure 16) montre une progression spectaculaire de la production. Celle-ci est davantage due aux progrès des rendements ($\times 6$ en 20 ans), qu'à l'extension des surfaces cultivées ($\times 1,2$).

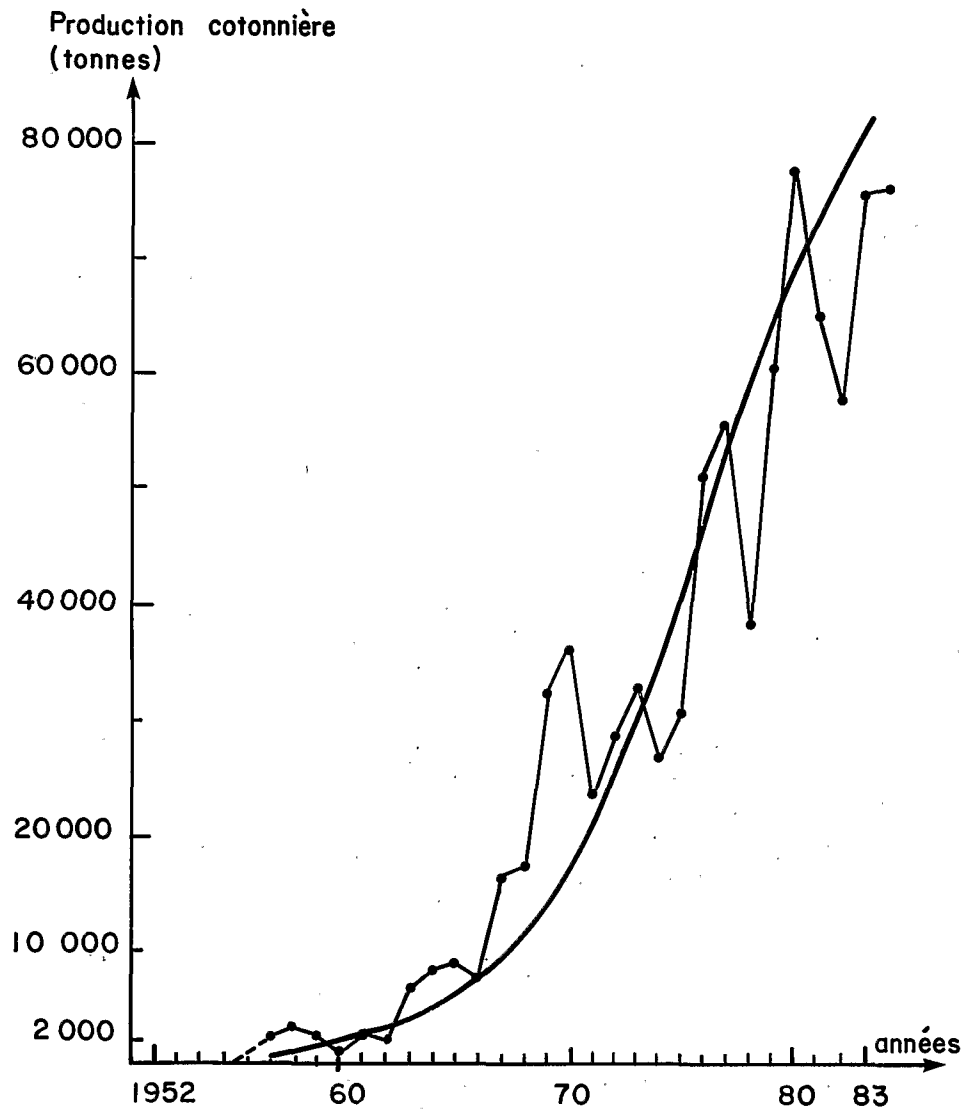


Figure 16. - Evolution de la production cotonnière au Burkina Faso (1957-1983), et ajustement à une courbe logistique.

La production annuelle et les rendements de coton ne peuvent être corrélés à la pluie annuelle, aussi bien à l'échelle nationale que régionale (ALBERGEL et al., 1984 ; LECAILLON et MORRISSON, loc. cit.). Par contre, les variations de la production annuelle peuvent être ajustées à une courbe logistique de la forme :

$$Y = \frac{K}{1 + me^{-at}}$$

Selon notre hypothèse, cette courbe représenterait l'effet des seuls paramètres maîtrisables (engrais, attelage, insecticides...), tandis que les écarts reflèteraient l'influence du facteur pluie.

Les fluctuations de la production observée autour de la courbe de progression théorique peuvent être importantes. Les écarts sont plutôt positifs ou faiblement négatifs pendant la période de pluviométrie fortement excédentaire (1954-1969) ; ils sont plutôt négatifs ou faiblement positifs depuis 1969, période de sécheresse mise en évidence précédemment.

3. 3. – LA PRODUCTION DES PATURAGES SAHELIENS DU BASSIN VERSANT DE LA MARE D'OURSIS.

A défaut de statistiques sur la production des pâturages, les données relatives aux herbages du bassin versant de la Mare d'Oursi (nord du Burkina Faso) ont été retenues (GROUZIS 1979, GROUZIS et SICOT 1980, GROUZIS et SICOT 1983, GROUZIS 1984).

Les mesures effectuées depuis 1976 sur la pluviométrie, le ruissellement (CLAUDE et al., 1976-1981) et la biomasse de la strate herbacée du bassin versant (GROUZIS et al.) ont permis de formuler pour le bassin versant de la Mare d'Oursi, la biomasse herbacée en fonction des précipitations moyennes du bassin par la relation linéaire :

$$Y_{\text{gms.m}^{-2}} = 0,22 P_m + 13,5$$

(SICOT et GROUZIS 1981).

L'application de cette relation à la pluviométrie moyenne du bassin donne (tableau 4) les variations interannuelles de la production de la strate herbacée et de la charge en bétail 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).

Année	Pluviométrie Djalafanka (mm)	Phytomasse g _{MSm} ⁻²	U.B.T. 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*
1984	252	68,9*	7.250*

Tableau 4. – 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.

Ne disposant pas encore de coefficient d'abattement permettant d'obtenir la pluie moyenne à partir de la pluie de la station météorologique de Djalafanka, les biomasses sont estimées à compter de l'année 1981 à l'aide de ce dernier paramètre.

L'analyse des valeurs portées dans le tableau 4 permet de noter la forte variabilité de la production annuelle puisque celle-ci varie pratiquement du simple au double en fonction des années.

Les années 1983 et 1984 fortement déficitaires sur le plan pluviométrique ont enregistré les productions les plus faibles.

La comparaison de l'année 1983, année exceptionnellement sèche à la production fréquentielle permet de situer la production des herbages de cette année à des valeurs inférieures à la centaine défavorable ($P = 60,6 \text{ gms m}^{-2}$; UBT : 6375).

Soulignons enfin que si l'on se réfère à l'effectif du cheptel présent au niveau de la Mare d'Oursi estimé par LHOSTE (1977), il y aurait en 1983 une surcharge d'au moins 9.000 UBT.

Ces résultats montrant l'influence des aléas climatiques sur la production des pâturages sont compréhensibles puisque les formations herbeuses sahéliennes sont essentiellement constituées de thérophytes, c'est-à-dire de plantes annuelles dont le cycle végétatif est étroitement lié au cycle pluviométrique.

CONCLUSION

L'analyse de la pluviométrie annuelle et des fractions pluviométriques permet de définir pour le Burkina Faso une période de sécheresse persistante depuis 1968. Cette phase sèche se caractérise par une forte diminution des pluies journalières supérieures à 40 mm.

Les conséquences de cette évolution sur les ressources en eau sont importantes. La persistance de la faiblesse de l'hydraulicité annuelle accompagne celle de la pluviosité et semble beaucoup plus accentuée.

Sur le plan des productions végétales, les résultats montrent que la très grande majorité des périodes de déficit céréalier coïncide avec des années à pluviométrie défavorable. La pluviométrie expliquerait près de la moitié des variations d'ensemble du volume de la production. Pour le coton, les fluctuations de la production observée autour de la courbe de progression théorique correspondent avec les différentes périodes climatiques définies. Bien que basées sur des données plus ponctuelles, les résultats recueillis au niveau du bassin versant d'Oursi sur les herbages, montrent que la production est fortement influencée par les déficits pluviométriques et qu'elle a atteint en 1983 un niveau inférieur à la centennale défavorable.

La dégradation des conditions climatiques et la persistance de la sécheresse depuis 1968 contribuent donc à expliquer les performances médiocres des productions agricoles burkinabé. Evitons toutefois d'incriminer les facteurs climatiques comme seuls responsables de cette situation, en raison de l'interdépendance des facteurs déterminant une production agricole, d'autant plus que ces facteurs sont non seulement d'ordre physique, tels que : répartition des pluies, nature du sol, mais encore liés aux stratégies individuelles des paysans définies par des contraintes socio-économiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBERGEL J., CARBONNEL J.P., GROUZIS M., 1984. – Pluies, eaux de surface et productions végétales en Haute-Volta (1920-1983). ORSTOM-DGRST, Ouagadougou, rapp. multigr., 64 p., tab. et fig. h.t.
- BOUDET G., 1975. – Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT, Ministère de la Coopération, 254 p.
- CARBONNEL J.P., 1983. – Evolution climatique récente en Haute-Volta. I. - Un paramètre pluviométrique peu utilisé : la pluie moyenne journalière annuelle. Notes et doc. voltaïques, XV, n° 3-4, 1983.
- CLAUDE J., BERNARD A., BARDIN E., LOINTIER M., SAADOUN N., 1976 à 1981. – Etude hydrologique des sept bassins versants alimentant la Mare d'Oursi. A.C.C. lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta). ORSTOM, rapport multigr.
- GROUŽIS M., 1979. – Structure, composition floristique et dynamique de la production de matière sèche de formations végétales sahéliennes. (Mare d'Oursi, Haute-Volta). A.C.C. Lutte contre l'aridité en Oudalan, DGRST-ORSTOM, rapp. multigr., Ouagadougou, 56 p.
- 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.
- GROUZIS M., 1984. – Pâturages sahéliens du Nord du Burkina Faso. Capacité de charge, production fréquentielle et dynamique de la qualité fourragère. ORD Sahel. FED, ORSTOM, Ouagadougou, rapport multigr., 25 p.
- GUINKU S., 1984. – Végétation de la Haute-Volta. Thèse Doctorat es Sciences, Université de Bordeaux III, tome I et 2, 394 p.
- LECAILLON J., MORRISSON Ch., 1984. – Politiques macroéconomiques et performances agricoles. Le cas de la Haute-Volta. OCDE, Centre de Développement, Paris, 146 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.
- MONIOD F., POUYAUD B., SECHET S., 1977. – Le bassin du fleuve Volta. Monographies hydrol. ORSTOM n° 5, 1 vol., 513 p.
- OLIVRY J.C., 1983. – Le point en 1982 sur la sécheresse en Sénégal et aux Iles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations). Cah. ORSTOM, sér. hydrol., XX, 1, 47-69.