

PEJORATION CLIMATIQUE AU BURKINA FASO : EFFETS SUR LES RESSOURCES
EN EAU ET LES PRODUCTIONS VEGETALES.

GROUZIS M.^{*}, ALBERGEL J.,^{**} CARBONNEL J.P.,^{***}

* ORSTOM actuellement Unité Biologie des Populations et des
Peuplements
CNRS Centre L. EMBERGER BP. 5051
34033 MONTPELLIER CEDEX

** ORSTOM
Laboratoire d'Hydrologie Miniparc 2.
Rue de la Croix Verte
34100 MONTPELLIER

*** Université P. et M. CURIE, Laboratoire de Géologie dynamique
4 Place Jussieu PARIS 05 ORSTOM Fonds Documentaire

05 OCT. 1989
11

N° : 26.816 ex 1

Cote : B. PAU9

INTRODUCTION

Situé entre le 9ème et le 15ème parallèle de latitude Nord, traversé en son milieu par le méridien de Greenwich, le BURKINA FASO est un pays continental du bouclier Ouest Africain. C'est une vaste pénéplaine dont le climat de type soudano-sahélien, est caractérisé par deux saisons très contrastées :

- la saison sèche (quatre mois au Sud à huit mois au Nord du pays) ;
- la saison humide, pendant laquelle la quasitotalité des précipitations a lieu.

L'agriculture, principale activité du pays, occupe environ 90 % de la population active totale et, représente plus de 50 % du P.I.B. Cette agriculture, dominée par les cultures céréalières (90 % des surfaces cultivées) et essentiellement pluviale, connaît depuis quelques années des difficultés liées à la péjoration des conditions climatiques.

L'année 1983, caractérisée par une pluviométrie très déficitaire nous a conduits à réaliser une étude sur l'évolution des précipitations, des ressources en eau et des productions végétales (ALBERGEL et al., 1984).

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 essaie de mesurer l'incidence des variations pluviométriques sur l'évolution des ressources en eau (cours d'eau, retenue) et des productions végétales (céréales, coton, pâturages sahéliens).

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. 1) 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.

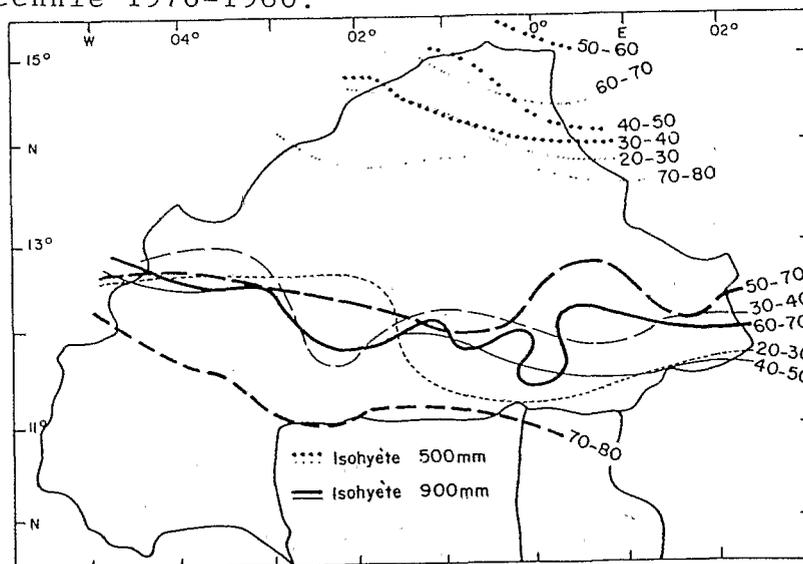


Figure 1 - Fluctuations de la situation des isohyètes 500 et 900 mm au cours des six dernières décennies.

L'isohyète 500 mm au nord de la frontière malo-burkinabe 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 2, présentent pratiquement la même déviation de la courbe de fréquence vers les basses valeurs des sécheresses, corroborant ainsi les résultats d'OLIVRY (1983) pour les stations côtières du Sénégal.

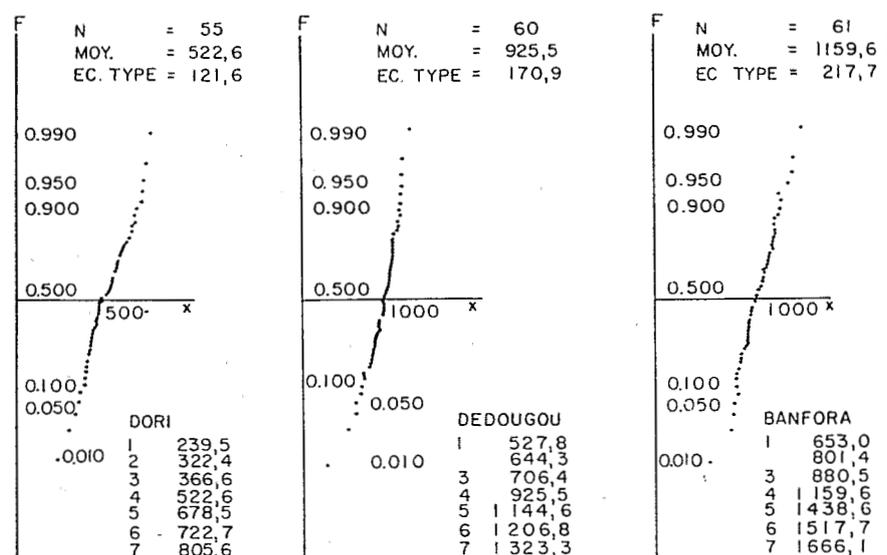


Figure 2. - Ajustement à une loi normale des pluviométries annuelles.

N = nombre d'années, moy. - Moyenne : les chiffres indiquent les récurrences théoriques. 1, 2, 3, : sèches ; 4 : annuelles ; 5, 6, 7 : humides.

Les données du tableau 1 montrant une concentration des années de la période 1970-1983 dans les dix plus basses fréquences, soulèvent le problème de l'adéquation d'un ajustement statistique de la série complète.

Station Moy. (en mm)	DORI 523	OUAHIGOUYA 674	DEDOUGOU 926	FADA N'GOURMA 868	BOBO DIULASSO 1122	BANFORA	GAOUA 1133
Années des réurrences les plus sèches	1926 244	1983 358	1976 512	1944 569	1983 778	1983 544	1983 712
	1977 304	1982 360	1977 594	1921 663	1969 803	1979 813	1981 766
	1979 335	1947 413	1982 596	1983 668	1942 805	1926 836	1979 814
	1983 356	1977 429	1983 648	1940 670	1912 815	1982 847	1947 823
	1968 368	1973 477	1973 649	1942 706	1977 835	1946 883	1967 840
	1973 394	1971 481	1972 670	1949 708	1980 841	1947 885	1961 852
	1938 402	1972 502	1980 673	1980 710	1950 845	1981 886	1972 874
	1970 407	1976 520	1937 748	1941 729	1941 854	1944 890	1944 884
	1980 409	1970 522	1926 756	1973 730	1926 886	1942 913	1975 951
	1981 409	1932 523	1976 764	1922 731	1975 888	1976 928	1927 954
Année de de la période 1970-1983	8	8	8	3	4	5	4
Rang de 1983	4 ^o	1 ^o	4 ^o	3 ^o	1 ^o	1 ^o	1 ^o

Tableau 1. - Récapitulatif des dix réurrences les plus sèches.

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

Cette distribution des années sèches nous a conduits 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, 1983).

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. 3) un phénomène de persistance de la période déficitaire.

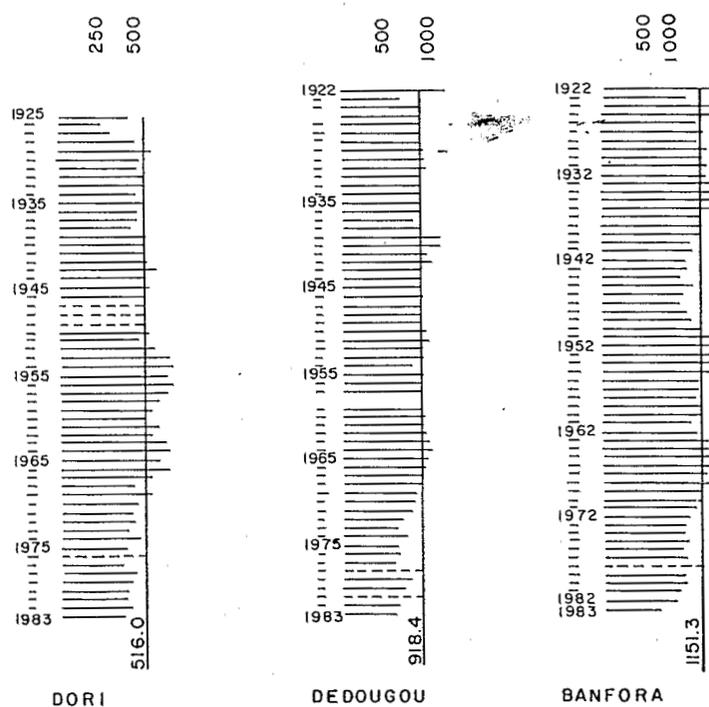


Figure 3. - Moyennes mobiles pondérées des pluviométries annuelles pour trois stations climatologiques.

Les résultats consignés dans le tableau 2 et qui comparent pour les sept stations les moyennes mobiles pondérées à la moyenne interannuelle donnent une image de l'évolution climatique pour l'ensemble du Burkina Faso.

AN	BOU	OUARI GOUTA	BECOU GOU	FADA	BOBO	BARTO BA	FADNA	+	0	-	T						
												- 0	- 4	- 2	0	2	4
1930							0	5	1	1	4						
31							0	3	1	2	1						
32							0	3	1	1	1						
33							0	5	2	0	5						
34							0	3	2	2	1						
35							0	4	3	0	1						
36							0	5	0	2	3						
37							0	2	3	2	0						
38							0	2	4	1	1						
39							0	3	3	1	2						
1940							0	3	1	3	0						
41							0	3	3	1	2						
42							0	3	1	3	0						
43							0	4	1	2	3						
44							0	0	4	3	3						
45							0	3	2	2	1						
46							0	3	2	2	1						
47							0	1	2	4	-3						
48							0	0	4	3	3						
49							0	1	3	1	-2						
1950							0	3	1	3	0						
51							0	5	2	0	5						
52							0	6	1	0	6						
53							0	6	0	1	5						
54							0	5	2	0	5						
55							0	6	1	0	6						
56							0	6	0	1	5						
57							0	6	1	0	6						
58							0	5	2	0	5						
59							0	2	3	2	0						
1960							0	2	4	1	0						
61							0	3	1	3	0						
62							0	4	1	3	2						
63							0	5	2	0	3						
64							0	5	2	0	5						
65							0	5	2	0	5						
66							0	4	3	0	4						
67							0	4	1	2	4						
68							0	5	1	1	4						
69							0	4	2	1	3						
1970							0	2	1	4	-2						
71							0	0	2	5	-3						
72							0	0	0	7	-7						
73							0	0	0	7	-7						
74							0	0	0	7	-7						
75							0	0	1	6	-6						
76							0	0	0	7	-7						
77							0	0	1	6	-6						
78							0	0	0	7	-7						
79							0	0	1	6	-6						
1980							0	0	0	7	-7						
81							0	1	0	6	-5						
82							0	0	0	7	-7						
83							0	0	0	7	-7						

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

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

Il y apparaît :

- 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.

Cette dernière phase, dont le début a été confirmé par l'application du test de LEE et HEGHINIAN (CARBONNEL et HUBERT 1985) correspond au plus long cycle sec observé au cours de la période historique récente. Elle se situe dans la période de sécheresse généralement observée dans toute l'Afrique de l'Ouest (SIRCOULON, 1976).

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 ;
- P2 : Somme des précipitations journalières comprises entre 20 et 40 mm ;
- P3 : Somme des précipitations journalières supérieures à 40 mm.

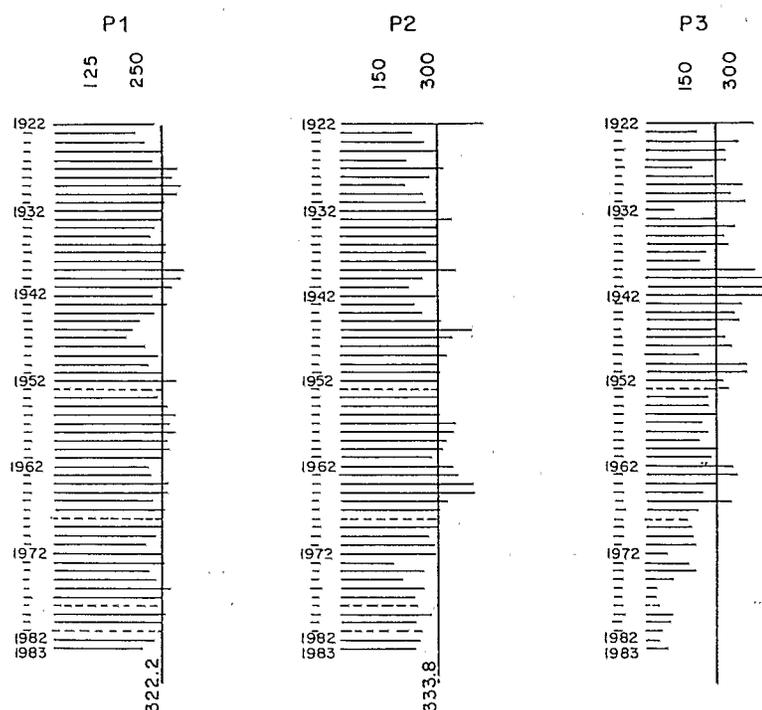
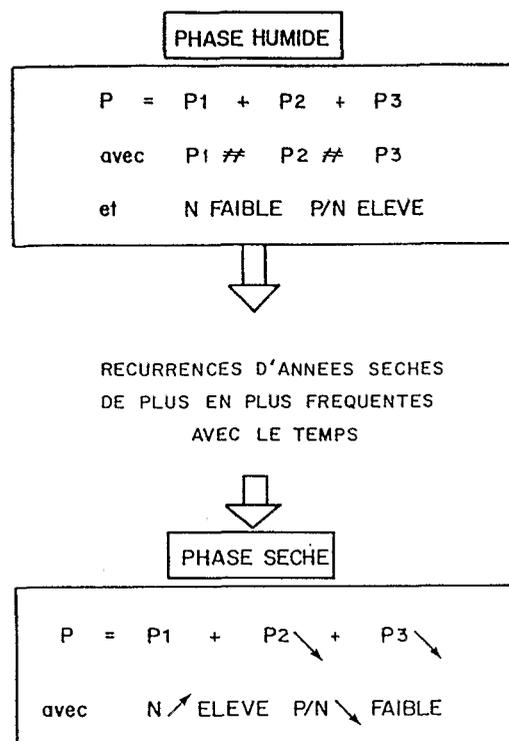


Figure 4. - Moyennes mobiles pondérées des fractions pluviométriques à la station de DEDOUGOU.

A titre d'exemple, la figure 4 montre pour la station de DEDOUGOU la régularité des moyennes mobiles de la fraction P1, la décroissance continue pour les deux autres, surtout pour P3 qui, à elle seule, explique 55 % de la variation de la pluviométrie annuelle. Pour les autres stations étudiées, les coefficients de détermination de la corrélation $P = f(P3)$ sont proches de 50 %.

Le modèle des variations des principaux paramètres pluviométriques lors du passage d'une phase humide à une phase sèche est donné ci-après :



avec P : pluviométrie annuelle ; P_1, P_2, P_3 : 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. 5) que les plus basses fréquences s'éloignent significativement de la droite d'ajustement en s'incurvant vers les plus bas modules et la quasi-totalité des dix plus basses fréquences appartient à la période 1971-72 à 1983-1984.

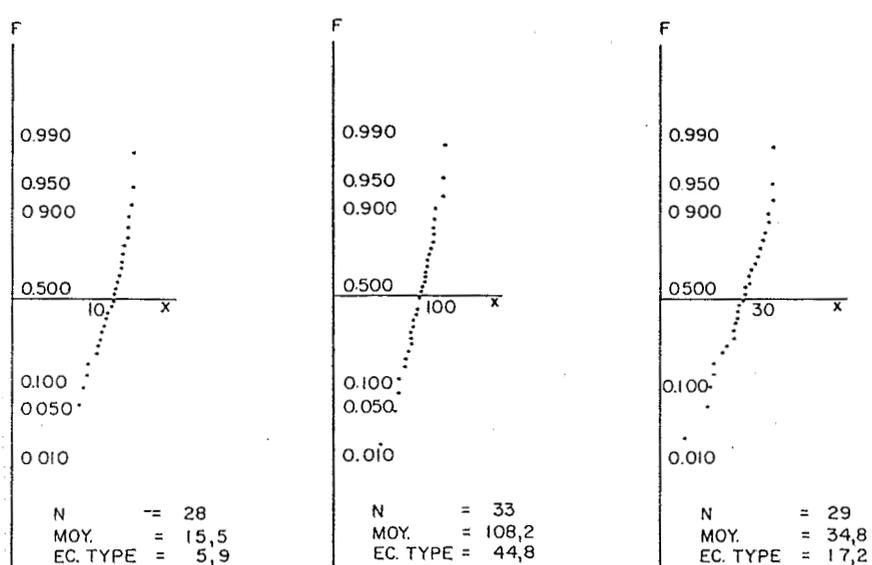


Figure 5. - Ajustement à une loi log-normale des modules interannuels de trois stations hydrométriques.

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 hydraulité dans la période 1971 à 1984 nous a conduits à appliquer de nouveau la méthode des moyennes mobiles pondérées pour dégager les tendances.

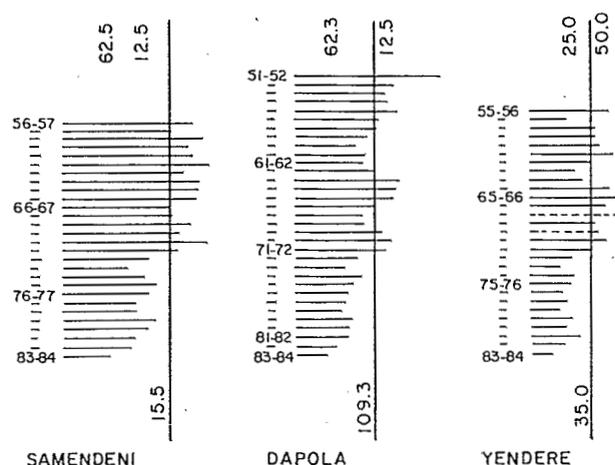


Figure 6. - Moyennes mobiles pondérées des modules annuels.

La figure 6 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 maximales ont été atteintes pour les barrages du centre. En 1984, la pluie exceptionnelle du 29 septembre dans le nord, a contribué à une bonne alimentation des mares sahéliennes, tandis qu'au centre la médiocrité de la pluviosité pendant toute la saison n'a pas permis le remplissage des principaux barrages.

III. - INCIDENCES SUR LES PRODUCTIONS VEGETALES.

3.1. - LA PRODUCTION CEREALIERE.

Malgré la forte variabilité, l'évolution de la production céréalière au Burkina Faso (figure 7), fait apparaître une progression lente de la production.

L'accroissement annuel de la production (1,07 % depuis 20 ans), ne permet pas de satisfaire les besoins d'une population dont l'accroissement annuel pendant la même période est de l'ordre de 1,7 %.

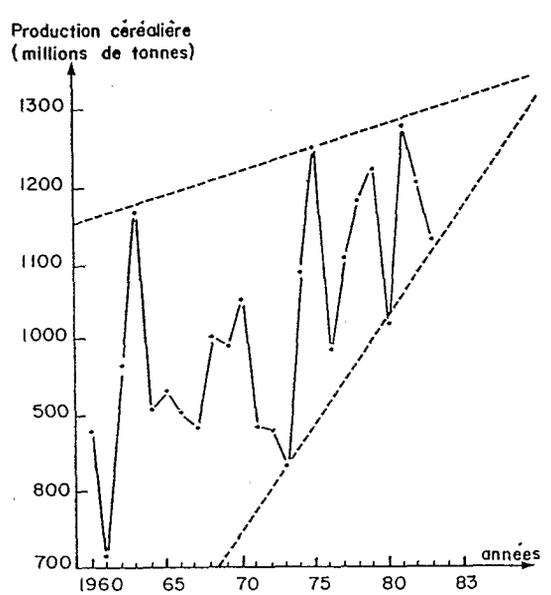


Figure 7. - Evolution de la production céréalière.

L'ajustement de cette progression à une loi statistique est impossible en raison de la très forte variabilité des valeurs due notamment à la nature même des données dont l'estimation comporte une marge d'erreur appréciable, et à la relative dépendance de la production aux aléas climatiques. Ainsi, la comparaison des variations de la production (figure 7) aux caractéristiques climatiques (tableau 2), permet de localiser la majorité des années de déficit céréalière dans les années sèches (1971-73, 76, 80, 83).

Cependant, la coïncidence d'années de déficit céréalière (1964-65-66) avec des périodes pluviométriques favorables, montre que toute la variation de la production n'est pas imputable au seul facteur pluviométrique. Pour le Burkina, LECAILLON et MORRISON (1984), montrent que les variations du volume total des productions des cultures sont liées aux variations annuelles de la pluviométrie, par une relation linéaire dans laquelle la pluviométrie expliquerait près de la moitié des variations d'ensemble. Pour les cultures (mil, sorgho) ces auteurs soulignent que les variations de la pluviométrie expliquent près de 60 % de la variance des rendements.

3.2. - LA PRODUCTION COTONNIERE.

L'évolution de la production annuelle du coton en fonction du temps (figure 8) montre une progression spectaculaire de la production. Celle-ci est davantage due à l'accroissement des rendements qu'à l'extension des surfaces cultivées.

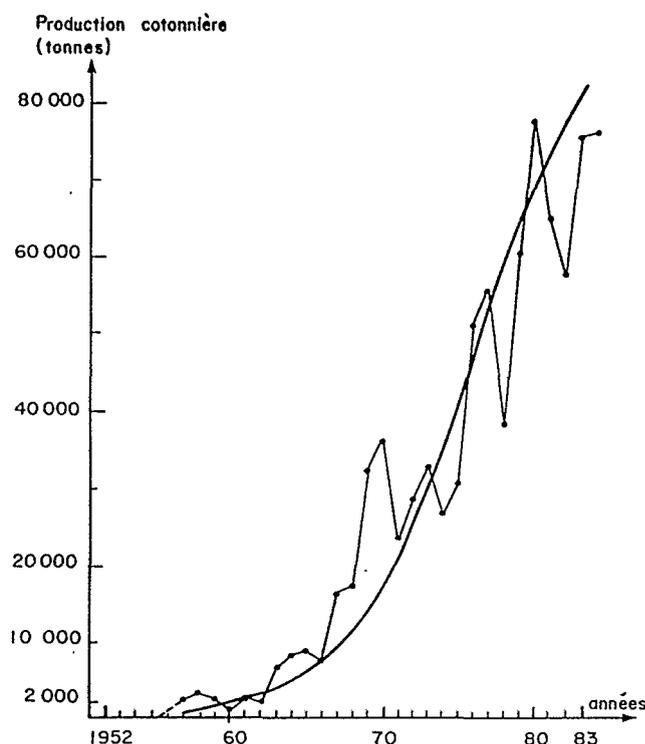


Figure 8. - Evolution de la production cotonnière au Burkina Faso (1957-1983), et ajustement à une courbe logistique.

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., 1985 ; LECAILLON et MORRISSON, loc. cit.). Par contre, les variations de la production annuelle peuvent être ajustées à une courbe logistique de la forme.

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

Cette courbe représenterait l'influence des seuls paramètres maîtrisables. En effet les coefficients de corrélation linéaire montrent que la production théorique définie par cet ajustement, est significativement liée à chacune des variables surface labourée ($r = 0,94$), engrais ($r = 0,95$) et insecticide ($r = 0,97$) pour 17 années d'observations (ALBERGEL et al., loc. cit.).

L'écart des productions observées à cette courbe logistique reflèterait l'influence du facteur pluie. En effet il peut être exprimé en fonction des pluies annuelles de trois postes pluviométriques de zones rurales à forte densité de culture cotonnière ($r = 0,67$, $n = 26$, seuil de signification inférieur à 1 %).

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).

Les mesures effectuées depuis 1976 sur la pluviométrie, le ruissellement (CHEVALLIER et al., 1985) et la biomasse de la strate herbacée du bassin versant (in GROUZIS 1984) 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.

$$Y_{g_{ms} \cdot m^{-2}} = 0,22 P_m + 13,5$$

(SICOT et GROUZIS 1981)

L'application de cette relation aux pluviométries moyennes annuelles du bassin publiées dans la synthèse hydrologique de 1985 (CHEVALLIER loc. cit.) 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 moy. annuelle du bassin (P _m)	Phytomasse gms.m ²	U.B.T. 60 000 ha
1976	(400)	101,5	10 676
1977	424,1	106,8	11 236
1978	358,2	92,3	9 711
1979	322,2	84,4	8 879
1980	307,7	81,2	8 543
1981	335,5	87,3	9 184
1982*	336,2	87,5	9 205
1983*	179,5	53,0	5 576
1984*	252,6	69,1	7 270

Tableau 4. - Variations interannuelles de la production herbacée du bassin versant de la Mare d'Oursi et de la charge en bétail.

* données estimées.

Il n'est pas possible d'évaluer la pluie moyenne sur le bassin pour les années 1982, 1983 et 1984 puisque le réseau pluviométrique couvrant le bassin a été retiré.

Les données relatives à ces années sont donc issues des mesures effectuées à la station météorologique de JALAFANKA auxquelles a été appliqué un coefficient d'abattement moyen de 0,88 (moyenne 1976 à 1981).

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 centennale 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

Le Burkina Faso, tout comme d'autres pays sahéliens, subit depuis 1969, une période de sécheresse persistante, caractérisée 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 être beaucoup plus accentuée.

L'évolution comparée des productions végétales et des conditions climatiques, permet de situer la majorité des périodes de déficit céréalier et de production des pâturages sahéliens dans les années à pluviométrie défavorable. Pour le coton il n'y a pas de relation univoque entre rendement et pluie annuels, mais les fluctuations de la production observée autour de la courbe de progression théorique correspondent aux différentes périodes climatiques définies.

Le caractère extensif de la production reflète sa dépendance vis à vis des aléas climatiques, tandis que le caractère intensif de la production peut être associé à une relative indépendance de la contrainte pluviométrique.

La dégradation des conditions climatiques et la persistance de la sécheresse depuis 1969, contribuent donc à expliquer les performances médiocres des productions agricoles burkinabe. 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.

Les conditions drastiques de 1983 et 1984 tendent à perpétuer une situation de déséquilibre entre les ressources et les besoins. Que faire donc dans cette période de crise écologique, sinon exploiter au mieux les ressources actuellement disponibles.

Pour cela, il nous semble nécessaire que l'agriculture burkinabe

- développe la connaissance des ressources (climat, sol, ressources en eau, statistiques agricoles...), car mieux connaître c'est améliorer la gestion et faciliter la définition de stratégies d'adaptation ou de lutte contre les effets multiples de la sécheresse,

- tende 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,

- draine les migrations spontanées et veille 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,

- multiplie et valorise les aménagements de retenues d'eau de surface en vue du développement des cultures irriguées et de la réalimentation des nappes,

- favorise 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.

Il est évident que ces moyens ne seront performants que si ils sont associés à des mesures incitatives d'ordre 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.
- ALBERGEL J., CARBONNEL J.P., VAUGELADE J., 1985. - Aléas climatiques et production agricole : le coton au Burkina. *Acta Oecologia, Oecol. Applic.*, 6, 3, 199-211.
- 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.
- CARBONNEL J.P., HUBERT P., 1985. - Sur la sécheresse au sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina Faso (ex. Haute-Volta). *C.R. Acad., Sc.*, sér. II, tome 301, n° 13, 941-944.
- CHEVALLIER P., CLAUDE J., POUYAUD B., BERNARD A., 1985. - Pluies et crues au sahel. Hydrologie de la Mare d'Oursi (Burkina Faso 1976-1984). Tr. et Doc., ORSTOM, Paris, n° 190, 251 p.
- GROUZIS M., 1979. - Structure, composition floristique et dynamique de la production de matière sèche 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., 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.
- 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.
- 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 îles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations). Cah. ORSTOM, sér. hydrol., XX, 1, 47-69.

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. multigr.

SIRCOULON J., 1976. - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940". Numéro spécial Sécheresse, Cah., ORSTOM, sér., hydrol., vol., XIII, n° 2.