

**PEJORATION CLIMATIQUE AU BURKINA FASO :
EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU
ET LES PRODUCTIONS VÉGÉTALES**

M. GROUZIS*, J. ALBERGEL, J.P. CARBONNEL*****

*ORSTOM, **ORSTOM, ***Université P. et M. Curie

Situé entre le 9ème et le 15ème parallèle de latitude, le BURKINA-FASO, pays continental du bouclier Ouest-Africain, 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 quasi-totalité 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.

On se propose ici de mettre en évidence la tendance climatique observée dans le pays sur la base de l'analyse de la pluviométrie annuelle et des fractions pluviométriques, et de mesurer l'incidence des variations pluviométriques sur l'évolution des ressources en eau (cours d'eau) et des productions végétales (céréales, coton, pâturages sahéliens).

I – ÉVOLUTION DE LA PLUVIOMÉTRIE

Isohyètes moyennes décennales

Le report sur une carte (fig. 1) des isohyètes moyennes par décennie, permet d'observer leur descente sensible vers le Sud.

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 !

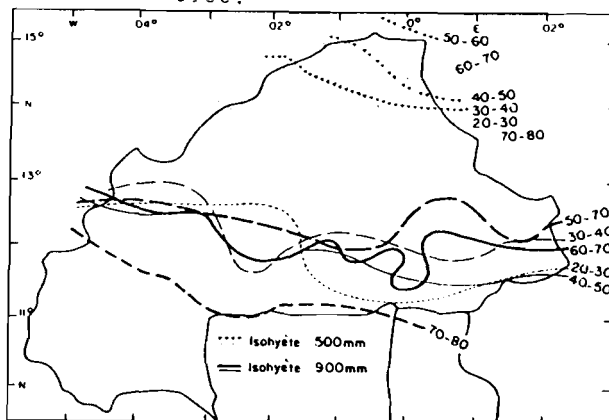


Figure 1

Pluviométrie 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.

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 séries, corroborant ainsi les résultats d'OLIVRY (1983) pour les stations côtières du Sénégal.

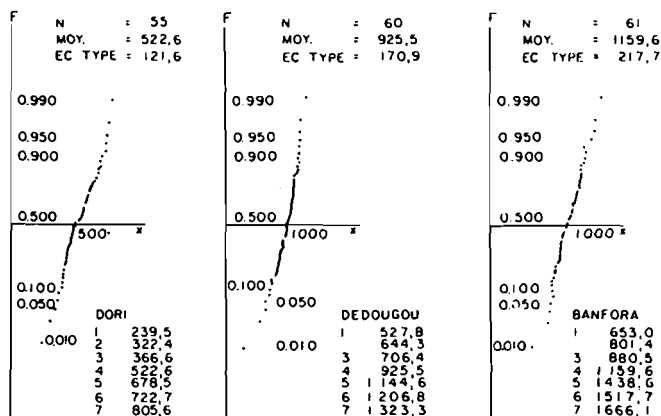


Figure 2

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

Station Moy. (en mm)	DORI	OUAHI-GOUYA	DEDOU-GOU	FADA N'GOURMA	BOBO DIOU-LASSO	BANFORA	GAOUA
	523	674	926	868	1122	1160	1133
Années des récurrences les plus sèches	1926 244 1977 304 1979 335 1983 356 1968 368 1973 394 1938 402 1970 407 1980 409 1981 409	1983 358 1982 360 1947 413 1977 429 1973 477 1971 481 1972 502 1976 520 1970 522 1932 523	1976 512 1977 594 1982 596 1983 648 1973 649 1972 670 1980 673 1937 748 1926 756 1976 764	1944 569 1921 663 1983 668 1940 670 1942 706 1949 708 1980 710 1941 729 1973 730 1922 731	1983 778 1969 803 1942 805 1912 815 1977 835 1980 841 1950 845 1941 854 1926 886 1975 888	1983 544 1979 813 1926 836 1982 847 1946 883 1947 885 1981 886 1944 890 1942 913 1976 928	1983 712 1981 766 1979 814 1947 823 1967 840 1961 852 1972 874 1944 884 1975 951 1927 954
Année de la période 1970-83	8	8	8	3	4	5	4
rang de 1983	4ème	1er	4ème	3ème	1er	1er	1er

Tableau 1. Récapitulatif des dix récurrences les plus sèches

Mise en évidence de la persistance de la phase sèche.

L'application à la pluviométrie de la méthode des moyennes mobiles pondérées (OLIVRY, 1983) permet de mettre en évidence (fig. 3) un phénomène de persistance de la période déficitaire.

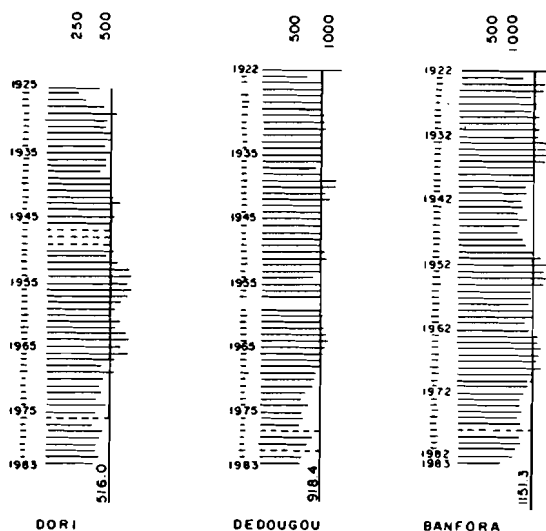


Figure 3

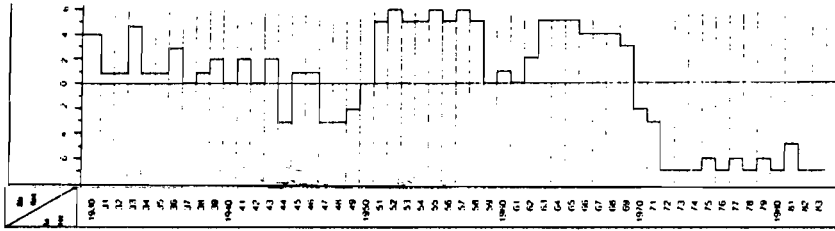


Figure 4

La comparaison pour les sept stations (fig. 4) des moyennes mobiles pondérées à la moyenne annuelle fait apparaître :

- 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).

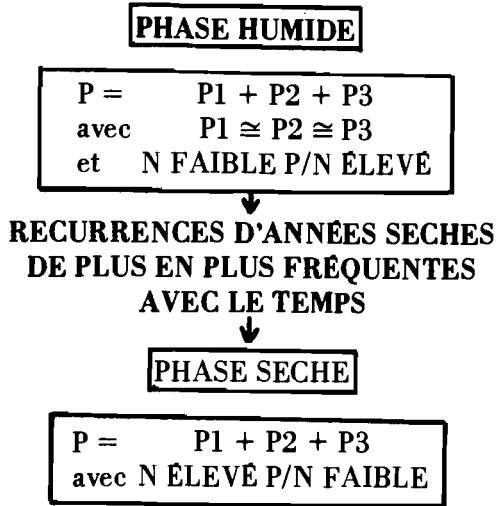
Évolution des fractions pluviométriques

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.

L'application de la méthode des moyennes mobiles pondérées 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,
- permet d'observer 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 ; P1, P2, P3 : fractions pluviométriques ;
N : nombre de jours de pluies.

Figure 5

II – INCIDENCES SUR LES RESSOURCES EN EAU

Hydraulicité 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 noter 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 1983-84.

Par ailleurs, l'année 1983-84 affiche à toutes les stations observées sur ces deux cours d'eau, le minimum minimorum de la série et des récurrences exceptionnelles sèches.

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

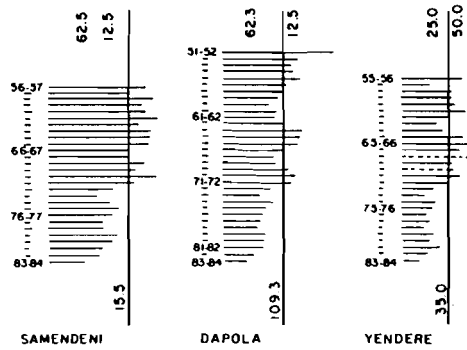


Figure 6

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		Années	DAPOLA	
	Module Septembre	Module Février		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.

III – INCIDENCES SUR LES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

La production céréalière

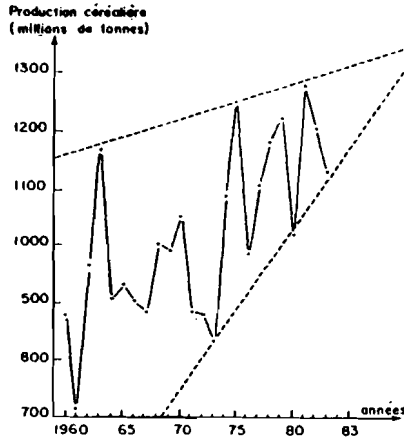


Figure 7

Malgré la forte variabilité, l'évolution de la production céréalière au Burkina Faso (fig. 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 %.

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 (fig. 7) aux caractéristiques climatiques (fig. 4), permet de localiser la majorité des années de déficit céréalier dans les années sèches (1971-73, 76, 80, 83).

Cependant, la coïncidence d'années de déficit céréalier (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 MORRISSON (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.

La production cotonnière

L'évolution de la production annuelle du coton en fonction du temps (fig. 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.

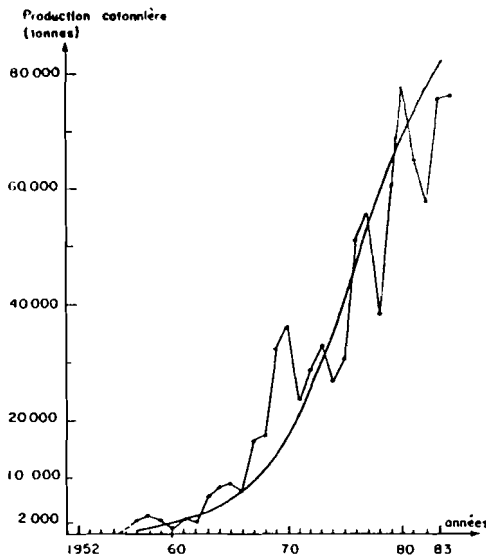


Figure 8

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 qui représenterait l'influence des seuls paramètres maîtrisables (production théorique définie par cet ajustement, 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 reflète-rait 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.

La production des pâturages sahéliens du bassin versant de la Mare d'Oursi

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 (CHEVALIER 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 :

$$Y = 0,22 P_m + 13,5$$

-2

g .m

m

(SICOT et GROUZIS, 1981)

L'application de cette relation aux pluviométries moyennes annuelles du bassin publiées dans la synthèse hydrologique de 1985 (CHEVALIER 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 (BOUDET, 1975).

Année	Pluviométrie Moy. annuelle du bassin (Pm)	Phytomasse -2 gms.m	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

Les pluies moyennes sur le bassin, relatives aux années 1982, 1983 et 1984, sont estimées à partir 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).

Les valeurs portées dans le tableau 4 montrent 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 ($P = 60,6$ m-2 ; UBT : 6375).

gms

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.

La dégradation des conditions climatiques et la persistance de la sécheresse depuis 1969, contribuent donc à expliquer les performances médiocres des productions agricoles burkinabe. Évitions 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...), afin d'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. 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 s'ils sont associés à des mesures incitatives d'ordre socio-économiques.

BIBLIOGRAPHIE

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. tabl. et fig. t.t.

ALBERGEL J., CARBONNEL J.P., VAUGELADE J., 1985
Aléas climatiques et production agricole : le coton au Burkina. Acta Oecologia, Oecol. Applic., 6, 2, 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
Évolution climatique récente en Haute-Volta. I. Un paramètre pluviométrique peu utilisé : la pluie moyenne journalière annuelle. Notes et doc. voltaïques, XV, n°34, 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 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., 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-Abeda, 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 en «Méthodes d'inven-

taire 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

Étude 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 Sénégambie 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. Étude 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.