

Du risque climatique à la contrainte écologique

Incidence de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso

Michel GROUZIS * et Jean ALBERGEL **

INTRODUCTION

La sécheresse de l'année 1973 dans le Sahel a eu un retentissement mondial car le phénomène 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 à risque étaient exceptionnelles et n'hypothéquaient en rien l'avenir.

En effet, dans la période historique récente, le Sahel a subi des périodes de sécheresse dramatiques (1913, 1939, 1970), généralement suivies par des années relativement plus favorables. C'est d'ailleurs ce qui a conduit FAURE (1983) à considérer le Sahel comme un milieu semi-aride dont l'état actuel « est le résultat cumulé d'une série de fluctuations périodiques à plusieurs échelles de temps et qui se superposent ».

Cependant, la sévérité des sécheresses 1983 et 84, et leur généralisation géographique ont fait prendre conscience de la persistance particulièrement forte de la sécheresse depuis les années 1970.

En prenant l'exemple du Burkina Faso, pays continental du bouclier Ouest Africain, ce travail tente, à l'aide d'une étude de la pluviométrie annuelle, de mettre en évidence les variations climatiques récentes. Il montre l'incidence de cette évolution sur les productions végétales et mesure ses conséquences sur le milieu, compte tenu des pratiques d'exploitation et de la croissance démographique galopante.

1. ÉVOLUTION DE LA PLUVIOMÉTRIE

1.1. Isohyètes moyennes décennales

Le calcul des moyennes pluviométriques interannuelles par décennie de 1920, date des premières observations pluviométriques, à nos jours, permet d'observer des variations spatiales des isohyètes (fig. 1).

* Écologue ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

** Hydrologue ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

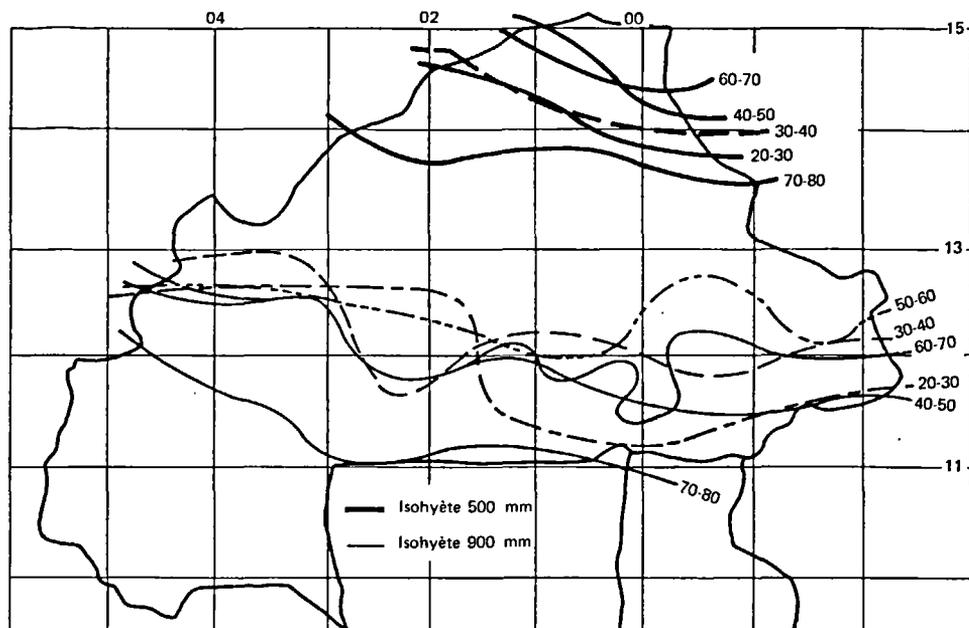


FIG. 1. — Fluctuations de la situation des isohyètes 500 et 900 mm au cours des six dernières décennies

Malgré l'arbitraire de ce découpage, on note 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.

L'isohyète 500 mm au nord de la frontière malo-burkinabe pour 1950-1960 se situe à la latitude de Ouahigouya, soit une descente de plus de 200 kilomètres! L'isohyète 500 mm relatif aux années 1983 et 1984 atteint pratiquement la latitude de Ouagadougou.

1.2. Mise en évidence de la persistance de la phase sèche

L'analyse fréquentielle des totaux pluviométriques annuels de sept stations réparties dans les différentes zones écologiques du pays (GUINKO, 1984) et observées depuis au moins 60 ans, a mis en évidence les faits suivants (ALBERGEL *et al*, 1985 a) :

- une concentration des années de la période 1970-1984 dans les dix plus basses fréquences.

- les courbes de fréquence en fonction des hauteurs pluviométriques présentent une forte déviation vers les valeurs les plus basses des séries.

Cette distribution des années sèches nous a conduits à rechercher à l'échelle du pays, un modèle permettant de mettre en évidence les grandes tendances climatiques en lissant les variations interannuelles. La méthode des moyennes mobiles pondérées (OLIVRY, 1983) a été appliquée aux sept séries pluviométriques retenues. Inspirée des chaînes de Markov d'ordre 1, cette moyenne mobile pondérée considère chaque pluviométrie comme la somme d'une variable aléatoire et d'un polynôme fonction de l'ensemble des observations antérieures.

Les résultats portés sur la figure 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. On observe :

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

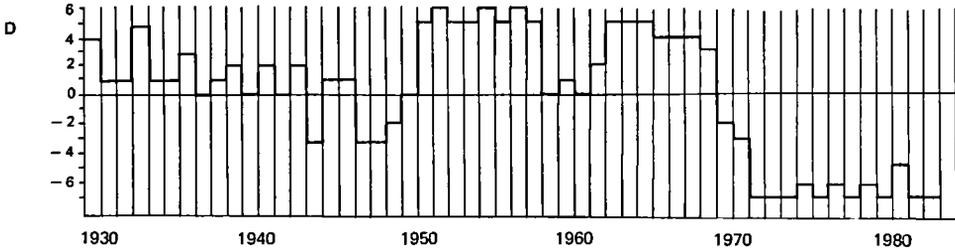


Fig. 2. — Comparaison entre la moyenne mobile et la moyenne interannuelle pour les différentes stations climatologiques (D = différence entre le nombre de stations excédentaires et déficitaires)

En appliquant le test de LEE et HEGHINIAN (1977) à ces mêmes séries CARBONNEL et HUBERT (1985) montrent que la série statistique des pluviométries annuelles n'est pas stationnaire et que la probabilité maximale d'avoir dans cette série deux chronologies dont les moyennes sont significativement différentes se situe en 1969-70. La non stationnarité du régime pluviométrique annuel est confirmé par SNIJDERS (1986) à l'aide d'un indice pluviométrique régional construit sur la base des données des stations pluviométriques du nord et du centre du pays. Il est d'autre part intéressant de constater que la probabilité de déviation est pratiquement nulle entre les deux premières périodes précédemment décrites, alors qu'elle est maximale entre la seconde et la troisième. Ce résultat confère un caractère de singularité à la sécheresse actuelle par son poids dans les séries pluviométriques observées.

Pour comparer le régime pluviométrique qui prévaut actuellement à celui décrit dans les années 1970, nous avons compté, pour quelques stations sahéliennes, le nombre d'années de la période 1970-1984 pour lesquelles le total pluviométrique est inférieur ou égal à la décennale sèche établie par RODIER (1975) sur la base des données de la période antérieure à la sécheresse.

TABLEAU I

Comparaison des pluviométries de la période 1970-1984 à la décennale sèche établie par RODIER (1975)

Station	GOROM GOROM	DORI	Ouahigouya	KAYA
Moyenne en mm (1920-1983)	462	535	674	707
Décennale sèche RODIER (1975) en mm	320	361	522	542
Nombre d'années de 1970-84 où P est inférieur à la valeur de la décennale sèche	6	4	8	5

Les résultats consignés dans le tableau I montrent qu'un risque de sécheresse qui avait une occurrence décennale dans la période antérieure à 1970, apparaît en moyenne 6 fois en 15 ans pour la période 1970-84.

Cette sécheresse concerne non seulement les régions sahéliennes mais atteint aussi la zone sub-guinéenne : Banfora par exemple n'a reçu que 545 mm de pluie en 1983 pour une moyenne (1920-82) de 1170 mm.

La persistance d'années pluviométriquement déficitaires, associée à la répétitivité d'années exceptionnellement sèches aggrave le risque de sécheresse.

2. INCIDENCE SUR LES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

L'examen des variations interannuelles de la production des pâturages, des céréales et du coton, permet d'analyser l'effet d'une période sèche sur des types de « cultures » très différentes. On opposera les « cultures » extensives : pâturages naturels, culture céréalière pour laquelle le seul intrant est la force de travail, aux cultures intensives reposant sur une utilisation importante d'intrants : engrais, insecticides, travail du sol...

2.1. La production céréalière

Malgré la forte variabilité, l'évolution de la production céréalière au Burkina Faso (fig. 3), 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 %.

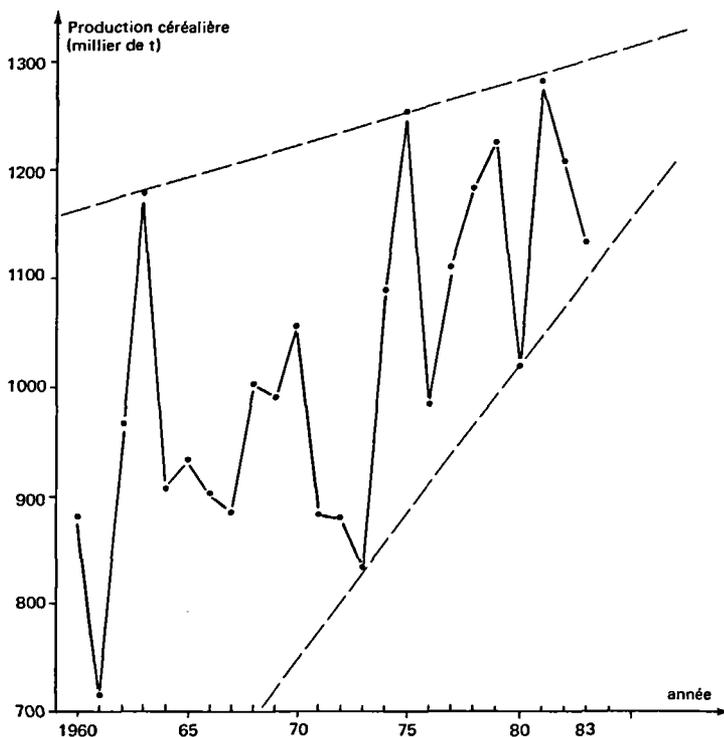


FIG. 3. — Évolution de la production céréalière

L'ajustement de cette production à un modèle 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 notoire, et à la relative dépendance de la production aux aléas climatiques. Ainsi, la comparaison des variations de la production (fig. 3) aux caractéristiques climatiques (fig. 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.

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

À 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).

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.

$$Y_{gms.m^2} = 0.22 P_m + 13,5 \text{ (SICOT et GROUZIS, 1981)}$$

L'application de cette relation aux pluviométries moyennes annuelles du bassin publiées dans la synthèse hydrologique de 1985 (*loc. cit.*) donne (tabl. II) 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. J¹ ; taux d'utilisation du fourrage sur pied : 40 % BOUDET 1975).

On notera à la lecture du tableau II, la très forte variabilité de la production annuelle (du simple au double). Les années 1983 et 1984 fortement

TABLEAU II
Variations interannuelles de la production herbacée du bassin versant de la Mare d'Oursi et de la charge en bétail

Année	Pluviométrie moyenne 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

* Le réseau pluviométrique couvrant le bassin ayant été retiré, les données relatives à ces années sont issues des mesures de la station météorologique de Jalafanka auxquelles a été appliqué un coefficient d'abattement moyen de 0,88 (moyenne 1976 à 1981)

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, n'ont rien d'étonnant 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.

2.3. La production cotonnière

L'évolution de la production et des rendements annuels du coton en fonction du temps (fig. 4 a, b) montre une progression spectaculaire de la production. Celle-ci est davantage due à l'accroissement des rendements qu'à

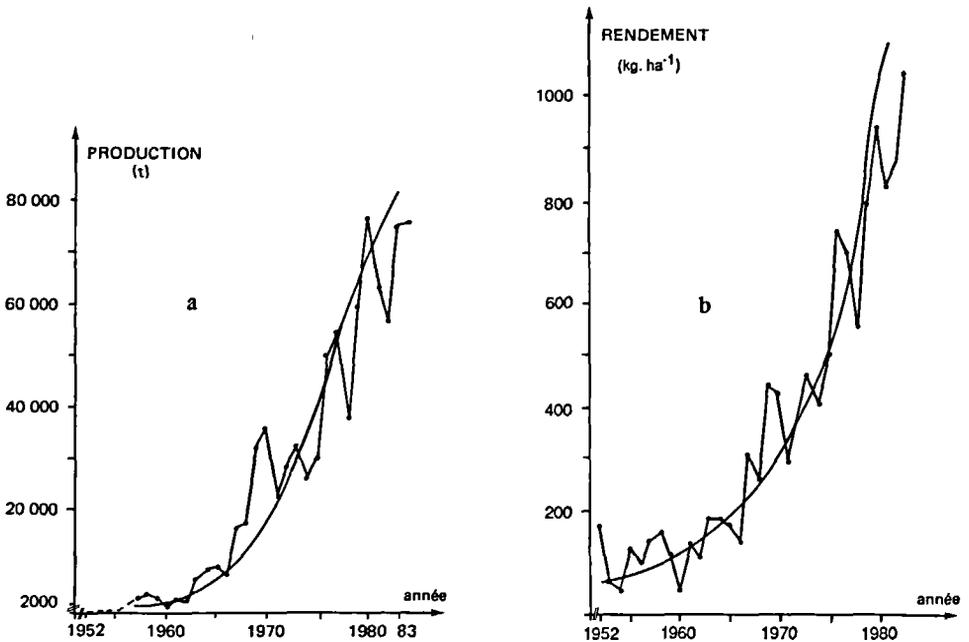


FIG. 4. — Évolution de la production et du rendement du coton

l'extension des surfaces cultivées. Ces dernières se sont stabilisées à 72 000 ha en moyenne depuis l'année 1967-68, alors que le taux d'accroissement annuel moyen du rendement est de 12 % depuis la même année (ALBERGEL *et al.*, 1985 b).

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.*, *loc. cit.*, LECAILLON & MORRISSON, 1984).

Par contre, les variations de la production annuelle peuvent être ajustées à une courbe logistique (croissante en S) de la forme :

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

Cette courbe représente 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 reflète l'influence du facteur pluie. En effet, cet écart peut être exprimé en fonction des pluies annuelles de trois postes pluviométriques de zones rurales à forte densité de culture cotonnière par la relation :

$$E = 0,37 P_1 + 1,62 P_2 + 1,19 P_3 - 2,59$$

dans laquelle :

E = (production ajustée — production observée)/production ajustée

P = pluie annuelle en mètre de P1 (Houndé), P2 (Dionkélé), P3 (Tougan)

Le coefficient de corrélation est de 0,67 pour 26 valeurs (seuil de signification 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.

Cette comparaison de l'incidence de la sécheresse sur les productions des pâturages, des céréales et du coton, montre bien qu'à risque climatique de même intensité, les conséquences sur les productions agricoles seront d'autant plus significatives que le caractère extensif du système d'exploitation est marqué.

3. IMPACT SUR LE MILIEU

3.1. Pratiques paysannes : sources de nouvelles contraintes

Pour faire face aux besoins d'une population de plus en plus importante en raison de la forte croissance démographique et pour s'adapter aux conditions de plus en plus drastiques de ces dernières années, le paysan développe des techniques extensives d'exploitation.

Les cultures s'étendent au dépens des jachères, des bas-fonds (peu cultivés au Sahel jusqu'à la récente période de sécheresse) et des zones sensibles à l'érosion. Ainsi TOUTAIN et DEWISPELAERE (1978) notent pour le Sahel burkinabe, entre 1955 et 1974, un accroissement des surfaces cultivées au rythme de 2,25 % par an, chiffre très voisin de la croissance démographique.

Parallèlement, on peut affirmer que le système de culture se dégrade :

- recul des jachères, développement des cultures continues (BERNUS *et al.*, 1984)
- abandon de la gestion collective des terroirs villageois (MARCHAL, 1982).
- évolution des pratiques culturales intensives sous parc à *Acacia albida* vers une agriculture extensive sur champs de brousse (HERVOUET, 1980).

accroissement de 3 % par an pour un taux de croissance démographique de 2,6 % par an. L'extension des cultures s'est surtout faite aux dépens des bas-fonds et des zones à aptitude agricole marginale : cuirasses et surfaces gravillonnaires et sables grossiers à termitières. Les jachères récentes ont regressé de moitié et ont complètement disparu des zones traditionnellement réservées à l'agriculture (sols tropicaux ferrugineux), ce qui indique nettement le développement d'une culture continue.

La figure 6 donne l'évolution des zones très érodées, c'est-à-dire des zones nues à forte réorganisation superficielle (pellicule peu perméable due à la battance), et impropres à la culture dans leur état actuel.

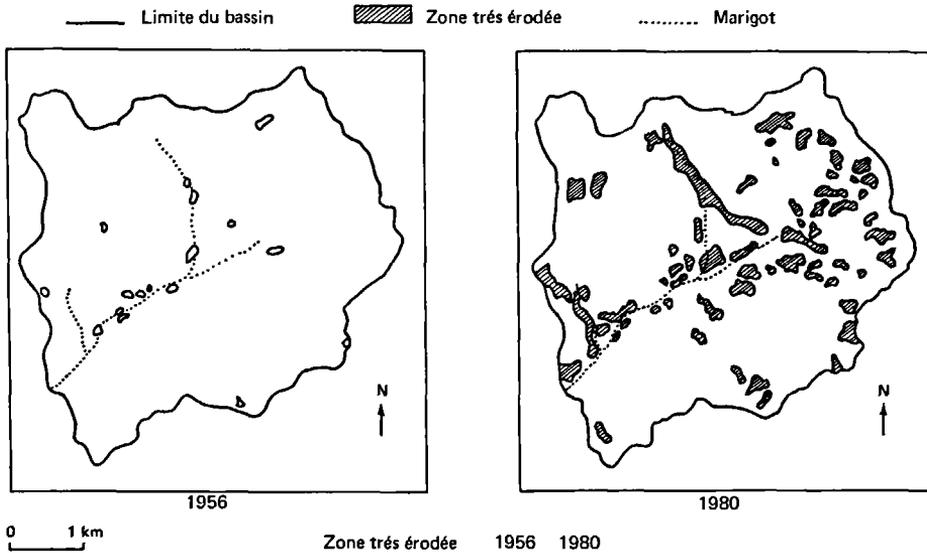


FIG. 6. — Évolution de la superficie des zones très érodées. D'après VALENTIN et ALBERGEL, 1986

Ces surfaces ont été multipliées par 20 de 1956 à 1980. De plus, si l'on excepte quelques zones naturellement fragiles et déjà érodées en sommet de versant, la quasi totalité de cette augmentation est d'origine anthropique.

Ces transformations du paysage sous l'action conjuguée de la sécheresse et de l'extension des zones de cultures modifient beaucoup les conditions de ruissellement (ALBERGEL *et al.*, 1985, c).

À titre d'illustration nous avons rassemblé dans le tableau III les caractéristiques annuelles de l'écoulement pour deux périodes à 20 ans

TABLEAU III
Comparaison des écoulements annuels pour les 2 périodes étudiées

	1960	1961	1962	1984
Pluviométrie moyenne annuelle (mm)	725	685	1140	591
Lame écoulée (mm)	29	17	126	20
Coefficient d'écoulement (Σ)	4.0	2.5	11.0	3.4

d'intervalles. Il en ressort que malgré une pluviométrie déficitaire en 1984 (cinquantennale sèche) l'écoulement annuel reste comparable celui observé pour les années plus humides de la période des années 1960.

Le coefficient d'écoulement de 1984 est égal à celui prévu pour une année où la pluviométrie serait médiane dans une étude antérieure à la période sèche (RODIER 1975).

Par ailleurs, l'étude du ruissellement crue par crue (ALBERGEL et VALENTIN, 1986) montre une augmentation très sensible de l'aptitude au ruissellement de ce bassin en 1984 par rapport aux années 1960.

Il ressort de cet exemple que l'imperméabilisation relative du milieu engendre deux conséquences contraignantes pour l'agriculture, d'une part, la réduction de la disponibilité en eau du sol, et d'autre part, le risque de submersion dans les bas-fonds.

CONCLUSION

La persistance d'années pluviométriquement déficitaires depuis 1970, la répétitivité d'années exceptionnellement sèches, la généralisation géographique du déficit pluviométrique caractérisent les variations récentes du climat au Burkina Faso.

La comparaison des productions végétales aux variations pluviométriques, fait apparaître une relative dépendance de la production céréalière et des pâturages sahéliens aux aléas climatiques. Par contre la production cotonnière continue de progresser malgré des déficits pluviométriques importants. Ce sont les écarts à la tendance générale imputable aux facteurs maîtrisables, qui reflètent les variations pluviométriques.

L'exemple du coton a été retenu pour illustrer le caractère intensif de la culture en raison de la disponibilité des données. Il est vrai que comparer cultures vivrières et végétation naturelle à la culture du coton paraît critiquable en raison de la sensibilité différente des espèces à la sécheresse, et de l'influence de la répartition pluviométrique sur les rendements. La considération de ces facteurs demande des investigations beaucoup plus poussées, qui ne sont pas intégrées dans notre niveau de perception, qui s'adresse à un bilan annuel à l'échelle du pays. Localement, des pratiques intensives plus traditionnelles (culture continue au niveau des auréoles villageoises soit sous parc à *Acacia albida*, soit sous fumure avec gestion collective) se sont montrées plus performantes que les pratiques extensives pour la même céréale.

À notre niveau d'étude, le facteur pluie annuelle s'avère être discriminant et l'analyse des trois productions végétales retenues montre que l'effet du risque se manifeste beaucoup plus dans le cas des systèmes extensifs d'exploitation.

De plus il apparaît que les techniques actuelles d'exploitation, caractérisées par une consommation d'espace, sont responsables de la dégradation du milieu : régression du couvert végétal, augmentation des phénomènes érosifs, chute de la capacité de rétention (accroissement du ruissellement) et baisse de fertilité (lixiviation). Ces derniers caractères liés au substrat édaphique deviennent de nouveaux facteurs contraignants non aléatoires et qui viennent exacerber les effets du risque sécheresse. L'influence de ces nouveaux facteurs contraignants sera d'autant plus accentué que le seuil de l'équilibre écologique sera atteint ou même dépassé.

Pour atténuer les effets du risque sécheresse qui est réel, et limiter la généralisation des contraintes liées au substrat, il serait vital de transformer les

techniques d'exploitation pour les adapter davantage à la situation de dégradation actuelle.

Des solutions techniques telles que : fumure, lutte anti-érosive, économie de l'eau..., éprouvées expérimentalement et déjà divulguées ne se sont pas révélées à la hauteur des résultats escomptés. En effet, elles ne sont pas suffisamment intégrés dans les préoccupations paysannes ni adaptées à leurs moyens. Une convergence entre ces solutions techniques et les pratiques paysannes devraient permettre d'améliorer la situation ou tout au moins limiter les effets de la contrainte écologique.

Sources des données utilisées :

- Pluviométrie : ASECNA, Bull. Agrométéorologiques, ORSTOM-CIEH
- Productions céréalières : OCDE-CILSS, Statistiques nationales
- Productions cotonnières : SOFITEX

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL (J.), CARBONNEL (J. P.), GROUZIS (M.), 1985 a. — Sécheresse au Sahel : incidences sur les ressources en eau et les productions végétales. *Veille climatique satellitaire*, n° 7 : 18-30.
- ALBERGEL (J.), CARBONNEL (J. P.), VAUGELADE (J.), 1985 b. — Aléas climatiques et production agricole : le coton au Burkina. *Acta Oecologia, Oecol. Applic.*, 6, 3 : 199-211.
- ALBERGEL (J.), RIBSTEIN (P.), VALENTIN (C.), 1985 c. — L'infiltration : quels facteurs explicatifs ? Analyse des résultats acquis sur 48 parcelles soumises à des simulations de pluies au Burkina Faso. Journées hydrologiques, Montpellier, ORSTOM, 24 p.
- ALBERGEL (J.), VALENTIN (C.), 1986. — « Sahélisation » d'un petit bassin versant soudanien : Kognere-Boulsa au Burkina-Faso. Colloque Nordeste-Sahel, IHEAL, Paris, 14 p.
- BERNUS (E.), FAUCK (R.), MARCHAL (J. Y.), 1984. — Le Sahel et ses problèmes : l'apport de la recherche. Afrique contemporaine. *La Doc. Française*, 129 : 11-17.
- BOUDET (G.), 1975. — Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT. Ministère de la Coopération, 254 p.
- 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). *Trav. et Doc.*, ORSTOM, Paris, n° 190, 251 p.
- DEWISPELAERE (G.), TOUTAIN (B.), 1976 a. — Un exemple de dégradation du couvert végétal sur une dune continentale fixée dans le Sahel voltaïque. *Photointerprétation*, n° 3, fasc. 1.
- DEWISPELAERE (G.), TOUTAIN (B.), 1976 b. — Estimation de l'évolution du couvert végétal en 20 ans, consécutivement à la sécheresse dans le Sahel voltaïque. *Photointerprétation*, n° 3, fasc. 2.
- FAURE (H.), 1983. — Cycles arides et cycles humides au Sahara et au Sahel. Colloque CNRS paléo-écologie des régions sahariennes. Benni-Abbes Algérie.
- GROUZIS (M.), 1979. — Structure, composition floristique et dynamique de la production de matière sèche de formation 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, *rapp. multigr.*, 35 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 fourrage ligneux en Afrique. Addis-Abeba, 8-12 avril 1980. Le Houerou Ed., p : 233-240.
- GUINKO (S.), 1984. — Végétation de la Haute-Volta. Thèse Doctorat es Sciences. Université de Bordeaux III, tome I et 2. 394 p.
- HERVOUET (J. P.), 1980. — Du *Faidherbia* à la brousse. Modifications culturelles et dégradation sanitaire. ORSTOM, Ouagadougou, 26 p. *multigr.*

- LECAILLON (J.), MORRISSON (Ch.), 1984. — Politiques macroéconomiques et performances agricoles. Le cas de la Haute-Volta. OCDE. Centre de Développement, Paris, 146 p.
- LEE (A.F.S.), HEGHINIAN (S. M.), 1977. — A shift of the mean level in a sequence of independant normal random variables. A bayesian approach. *Technometrics*. Vol. 19, n° 4 : 503-506.
- 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.
- MARCHAL (J. Y.), 1982. — Facteurs climatiques limitants et calamités agricoles en région de savane : Yatenga, Pays Mossi, Haute-Volta, Hérodote. 24, 68-94.
- 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.*, vol. XX, n° 1 : 47-69.
- RODIER (J. A.), 1975. — Évaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain. *Trav. et doc. ORSTOM n° 43* Paris.
- ROOSE (E.), 1977. — Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. *Trav. et doc., ORSTOM*, Paris, n° 78, 108 p.
- SICOT (M.), GROUZIS (M.), 1981. — Pluviométrie et production des pâturages naturels sahéliens. Étude méthodologiquement et application à l'estimation de la production fréquentielle du Bassin Versant de la Mare d'Oursi. Haute-Volta, ORSTOM, Ouagadougou, 33 p. *multigr.*
- SNIJDERS (T.A.B.), 1986. — Interstation correlation and nonstationarity of Burkina Faso rainfall. *Journal of Climate and applied meteorology*, 25 : 524-531.
- TERRIBLE (M.), 1982. — Occupation du sol en Haute-Volta, son évolution entre 1952-1956 et 1975. Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou. 31 p. *multigr.*
- TOUTAIN (B.), DE WISPELAERE (G.), 1978. — Pâturages de l'ORD du Sahel et de la zone de délestage au Nord-Est de Fada N'Gourma (Haute-Volta). 3 tomes. IEMVT, *Études agrostologiques n° 51*.
- UNSO, 1983. — Plan national de lutte contre la désertification en Haute Volta. 56 p. + ann. doc. préparé par Grouzis M., Skoury.