

EVOLUTION DU CLIMAT DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL
(BAKEL) DEPUIS LE MILIEU DU XIXÈME SIECLE.
(Essai d'extension de la période d'observations hydropluviométriques à partir de données historiques).

J.C. OLIVRY* et M. CHASTANET**

ORSTOM, 213 rue Lafayette 75010 PARIS

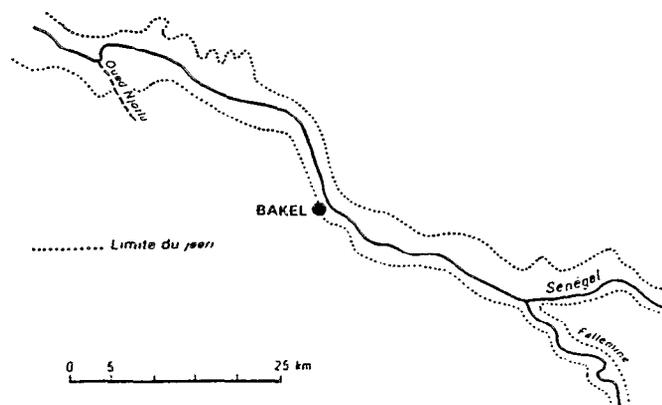
Parmi les séries chronologiques de paramètres climatiques les plus longues observées en Afrique de l'Ouest, celle des débits du Fleuve Sénégal à Bakel occupe une place de choix par l'intégration spatiale du régime des précipitations qu'elle suppose sur l'ensemble du bassin versant (218 000 Km²). A la répétitivité de deux séquences sèches-humides s'ajoute pour la période actuelle une persistance de la sécheresse dont le caractère exceptionnel n'est plus à démontrer. Sans rentrer dans le détail d'une évolution bien connue depuis le début du XXème siècle, rappelons les épisodes déficitaires majeurs de 1913 et 1914, puis du début des années 1940 et le phénomène actuel qui par son amplitude et sa durée a eu les graves conséquences que l'on sait sur les régions soudano-sahéliennes et pose aux Etats et aux développeurs le problème d'un éventuel "changement global climatique" et leur adaptation à de nouvelles stratégies du développement socio-économique de ces pays.

L'aspect majeur de la sécheresse actuelle est particulièrement ressenti sur le Sénégal à Bakel. Pour un module interannuel de 715 m³s⁻¹ sur 82 ans (1903-1984), le module des années 1970 à 1984 tombe à 421 m³s⁻¹ et le phénomène n'a fait que s'accroître jusqu'à aujourd'hui (57% de déficit pour un module de 314 m³s⁻¹ sur 5 ans et 70% de déficit sur 1983 et 1984). L'évolution des maximums annuels de crue est comparable à celle des modules ($r=0,92$) avec un minimum minimum inférieur à 1000 m³s⁻¹ en 1984 pour une crue moyenne de 4500 m³s⁻¹ et un maximum en 1985 qui n'a pas dépassé 2500 m³s⁻¹. Il est plus difficile de suivre l'évolution du régime des précipitations sur un seul poste d'observations, les tendances n'apparaissant pas toujours nettement; pour les 15 dernières années, le déficit a bien atteint 35% aux stations de Matam, Podor et St. Louis, mais seulement 9% à Bakel; il y est cependant de 67% en 1984, record absolu de la série observée qui remonte à 1920.

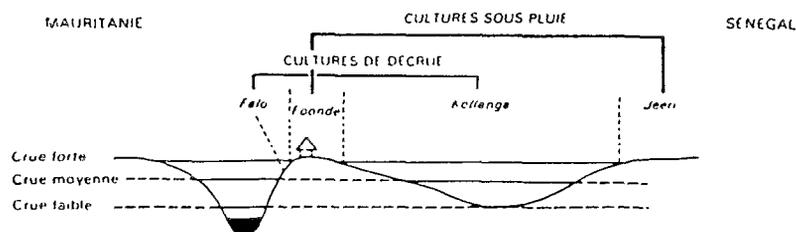
L'interprétation de phénomènes extrêmes aussi marqués, au niveau de leur récurrence ou dans le sens d'une tendance déterminée, supposerait que l'analyse porte sur des séries d'observations quantitatives beaucoup plus longues que celles des échantillons dont on dispose. Le recours aux enquêtes historiques constitue une approche qualitative classique d'extension de l'information: les "crises climatiques" sont fréquemment à l'origine des crises de subsistance dont l'historien tente de reconstituer la chronologie par la confrontation des sources écrites et des sources orales. C'est ce travail qui a été fait pour Bakel et la région du Goy, province du vieil empire soninke. Au niveau des sources orales, on se heurte au risque d'"aplatissement historique" des témoignages sur des faits remontant au delà des années 1880; de plus, le chercheur doit tenir compte d'une éventuelle "charge idéologique" des traditions dans la relation des crises; par ailleurs, ces données orales se prêtent mal à l'élaboration d'une typologie, dans la mesure où elles ne permettent pas d'affecter un indice de gravité à l'ensemble des crises. Elles n'interviennent qu'à titre de complément dans l'élaboration d'une chronologie qui repose pour l'essentiel sur les sources écrites. Celles-ci, bien que très marquées par des préoccupations administratives ou commerciales, permettent de retenir comme crises de subsis-

tance celles qui sont signalées explicitement par les termes de "pénurie", de "disette" ou de "famine", et celles qui apparaissent à travers une demande d'exonération d'impôts pour manque de ressources, formulée par la population ou le commandant de cercle. Les rapports périodiques du cercle de Bakel ont servi de base à ce repérage des crises, signalées généralement que lorsque celles-ci atteignent leur paroxysme. Des lacunes ont pu être comblées par des récits de voyage; les informations ont été systématiquement recoupées ce qui n'a pas toujours permis de trancher; bien évidemment ces crises ont été rapportées à leur origine: invasions acridiennes, sécheresses, inondations dévastatrices. Enfin il est apparu que le seul critère opératoire de l'intensité des crises était celui de leur durée mensuelle.

La vallée du fleuve Sénégal, et en particulier la région de Bakel, est caractérisée par l'existence d'une double culture. Les cultures de "jeeri" ou cultures pluviales sont liées à la hauteur et à la répartition des pluies pendant la saison humide (juin à novembre); celles des terres de "waalo" dépendent de la crue du fleuve et sont pratiquées en contre-saison (novembre à février) après le retrait des eaux, leur importance variant selon la superficie inondée et le rythme de la décrue (temps d'inondation). La figure 1 illustre ces conditions culturelles.



Les terres de culture de *waalo* dans la région de Bakel. (D'après LERICOLLAIS, DIALLO & SANTOIR 1980 : 2.)



Coupe schématique de la vallée dans la région de Bakel

Figure 1 : Les pratiques culturelles dans la vallée du Fleuve Sénégal

Les variations de production de ces deux types de cultures traduisent à priori assez bien celles de deux paramètres climatiques: les débits du fleuve, les précipitations à Bakel. Reprenant une méthodologie utilisée par CLARENCE-SMITH (1983) en Zambie, l'enquête historique a été valorisée année par année par l'estimation d'un indice hydrologique et d'un indice pluviométrique K variant de 1 à 5 pour des années "très déficitaires", "déficitaires", "moyennes", "excédentaires", "très excédentaires". Cette détermination à partir des données historiques chevauche la période d'observation réelle des débits et des précipitations. Cette période commune permet de faire la liaison entre les indices déterminés et les paramètres observés et de valider la méthode utilisée à des fins d'extension des séries climatiques.

Pour ce qui est des débits, l'indice K (variable x) a été mis en régression successivement avec, pour variable y, le module (Qmoy), le débit maximum annuel (Qmax), la hauteur maximale annuelle (Hmax), le débit moyen d'août, de septembre (Qm8 et Qm9) et les hauteurs caractéristiques de crues (dépassées pendant 40, 50, 60 jours). Les coefficients de corrélation obtenus sur la période commune de 1904 à 1939 (35 ans avec 1918 douteux) sont indiqués ci-après:

$$\begin{aligned} (K, Q_{moy}): r=0,620 & \quad ; (K, H_{max}): r=0,774 & \quad ; (K, Q_{max}): r=0,754 \\ (K, Q_{m8}): r=0,649 & \quad ; (K, Q_{m9}): r=0,641 & \quad ; (K, H_{40j}): r=0,659 \\ (K, H_{50j}): r=0,610 & \quad ; (K, H_{60j}): r=0,513 \end{aligned}$$

Les coefficients les plus représentatifs se rapportent aux relations obtenues avec Hmax, Qmax et H40j, hiérarchie qui traduit bien l'importance du niveau d'inondation et de sa durée dans la production vivrière du "waalo".

On a finalement retenu les variables Qmax, Hmax et également le module pour son intérêt hydrologique global; les caractéristiques des relations sont données ci-après:

- Hauteurs maximales de crue (en cm. à l'échelle de Bakel)
 $y = 135 x + 652$; $x = 3,06$ $s_x = 0,968$; $y = 1064$ $s_y = 168$;
 Intervalle de confiance à 80% : + ou - 152 pour K = 1 , 143 pour K = 3 , 151 pour K = 5 .
- Débits maximums de crue (en m^3s^{-1})
 $y = 1400 x + 483$; $x = 3,05$ $s_x = 0,955$; $y = 4755$ $s_y = 1830$;
 Intervalle de confiance à 80% : + ou - 1607 pour K = 1, 1538 pour K = 3 , 1597 pour K = 5 .
- Modules du fleuve Sénégal à Bakel (m^3s^{-1})
 $y = 158 x + 288$; $x = 3,06$ $s_x = 0,97$; $y = 772$ $s_y = 247$;
 Intervalle de confiance à 80% : + ou - 300 pour K = 1 , 273 pour K = 3 , 276 pour K = 5

La figure 2 illustre la relation de $H_{max} = f(K)$ et montre la dispersion à laquelle on doit s'attendre (faibles valeurs de r) lorsque la variable x est limitée à un petit nombre de classes.

Pour ce qui est des précipitations à Bakel, l'étude s'est faite à partir d'un échantillon revalorisé par rapport aux données publiées; la méthode des doubles cumuls a en effet mis en évidence une anomalie entre 1936 et 1949 par rapport à la station de Matam dont l'échantillon a été validé par ailleurs. Après valorisation de la période incriminée, la hauteur interannuelle des précipitations calculée sur 65 ans (1920-1984) est de 470 mm et l'écart-type vaut 130 mm (normale 1951-1980 = 499 mm). La période commune, 1920-1939, permet d'établir une relation entre P (variable y) et K (variable x) indiquée ci-après:

- Hauteurs annuelles de précipitations à Bakel (mm)

$$y = 76 x + 226 ; r = 0,665 ; x = 3,2 \quad s_x = 0,894 ; y = 469 \quad s_y = 102$$

Intervalle de confiance à 80% : + ou - 119 pour K = 1, 104 pour K = 3 , 114 pour K = 5 .

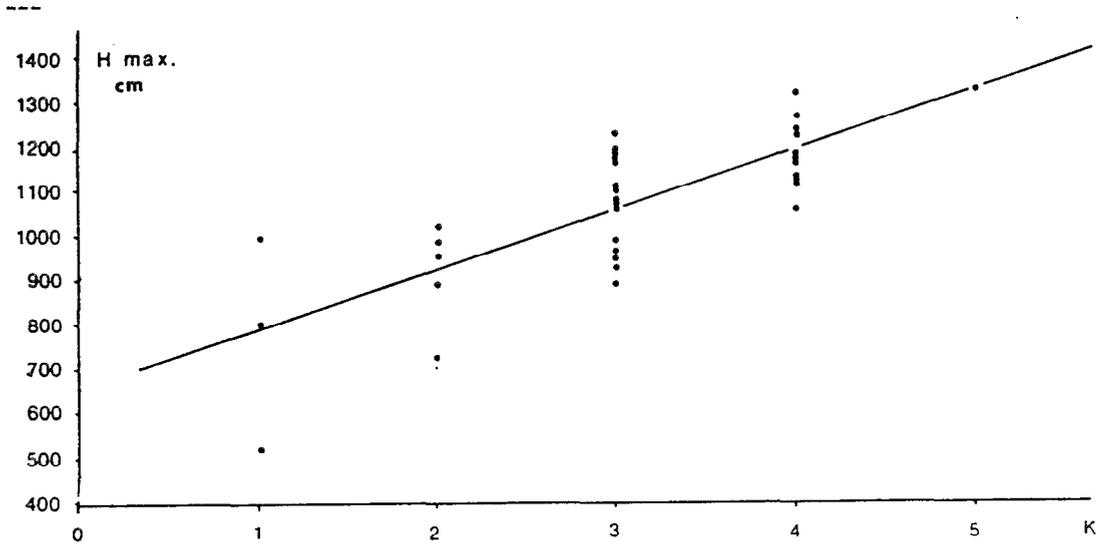


Figure 2 : Relation entre l'estimation "historique" de l'évolution du climat et la hauteur maximale de la crue annuelle réellement observée.

L'étude de ces relations peut être résumée en donnant pour chaque classe d'indice K la valeur correspondante du "barycentre" de la variable considérée.

K	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Hmax (cm)	787	922	1056	1191	1325	Qmax (m ³ s ⁻¹)	1797	3201	4604	6002	7411
Qmoy(m ³ s ⁻¹)	446	605	763	921	1079	Pann (mm)	302	378	454	530	606

La comparaison de l'échantillon reconstitué et de l'échantillon observé sur la période commune a permis le calcul des intervalles de confiance (par la variance des écarts);ces derniers montrent que la reconstitution obtenue ne peut être assimilée à une réelle extension de l'échantillon;elle prend par contre toute sa signification dans l'approche globale du niveau et de la forme des fluctuations climatiques observées à Bakel durant la seconde moitié du XIXème siècle.Le nombre de classes K est nettement trop insuffisant pour permettre d'aboutir à une certaine précision dans la reconstitution des données.C'est sans doute ce qui explique un certain tassement de l'information et que les déterminations de K pour les pluies et les débits aboutissent à un coefficient de corrélation de 0,686, ce qui traduit une liaison certaine entre ces indices sur la période 1860-1939 (60 ans),alors que sur les valeurs observées de 1920 à 1984 (63 ans) on est en présence de 2 variables pratiquement indépendantes (r = 0,370).

L'extension de la série chronologique a été faite en portant pour chaque année les intervalles de variations correspondant aux différentes valeurs de K; la période d'extension se raccorde naturellement à celle des observations. Les figures 3, 4 et 5 illustrent l'évolution de ces séries rendant compte des fluctuations pluviométriques du poste de Bakel et hydrométriques du bassin supérieur du fleuve Sénégal.

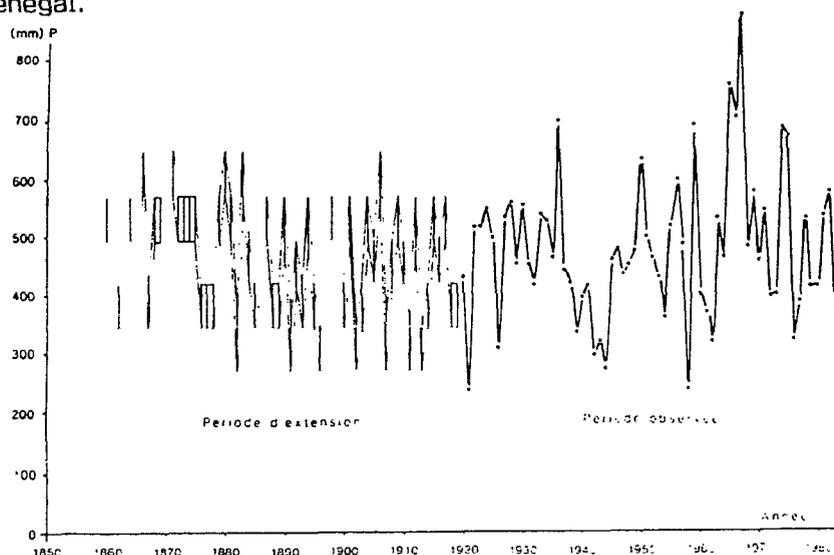


Figure 3 : Evolution des hauteurs de précipitations annuelles à Bakel

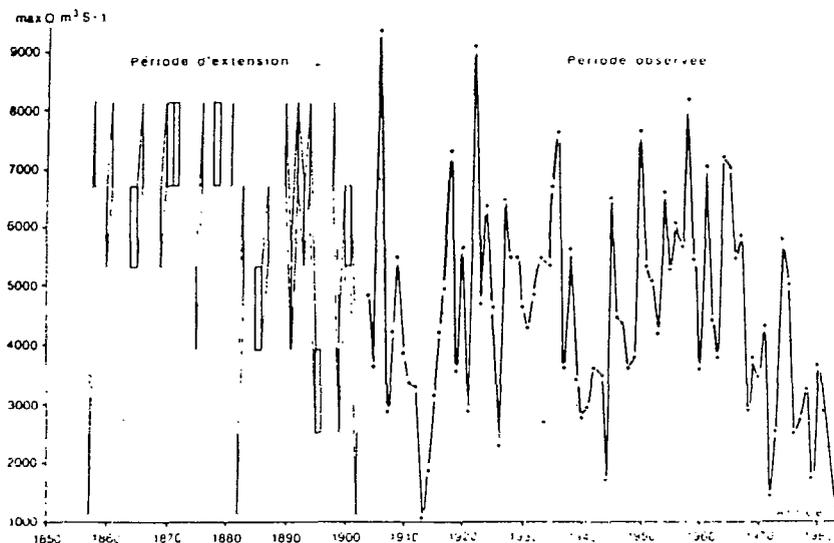


Figure 4 : Evolution des hauteurs maximales annuelles de crue à Bakel

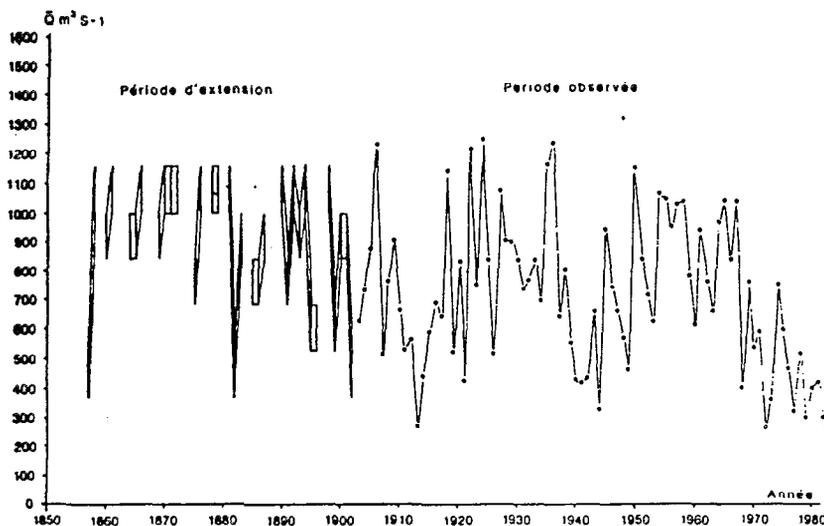


Figure 5 : Evolution des modules du fleuve Sénégal à Bakel

Les variations du paramètre "pluies à Bakel" apparaissent comme essentiellement aléatoires; seuls les phénomènes extrêmes, secs ou humides, sont nets et se rattachent à ce que l'on observe dans la région; la période reconstituée semble montrer de 1860 à 1880 un niveau moyen de précipitations supérieur à la moyenne actuelle, puis une période moyenne se poursuivant jusqu'à la fin des années 1930. La période la plus récente montre des fluctuations plus grandes (maximum de la série en 1967 et minimum en 1984).

Les variations des débits (Q_{max} et modules) sont nettement plus significatives; elles montrent globalement des conditions beaucoup plus humides entre 1857 et 1902 : la moyenne des débits maximums de crue pourrait se situer aux environs de $5500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et le module interannuel aurait pu être voisin de $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Les périodes de fort déficit se situent en 1857, 1882, au milieu des années 1890 et en 1902. La période la plus humide se situe de 1860 à 1880. Une concordance assez nette apparaît avec les événements signalés pour cette période en Afrique soudano-sahélienne (Maley, Nicholson) et aux îles du Cap Vert (Olivry).

L'apport de la méthode utilisée ici pourrait être de montrer, grâce à une quantification relative des données, qu'à travers des fluctuations pseudo-cycliques, on assiste en fait, depuis la seconde moitié du XIX^{ème} siècle à une tendance persistante à la baisse des variables climatiques étudiées ici et à une diminution croissante de la ressource en eau dans les régions tropicales.

 * Docteur es Sciences, Responsable de l'UR "Géodynamique de l'hydrosphère continentale."
 ** Chargée de Recherches, Sociologue au Département "Indépendance Alimentaire".

Références bibliographiques sommaires: -Chastanet, M., 1983, Les crises de subsistance dans les villages soninke du cercle de Bakel de 1858 à 1945, Cah. Et. Af 89-90 XXIII: pp5-36.
 -Clarence-Smith, W.G., 1983, Climatic variations and natural disasters in Bulozoy, in African History Seminar Report, ICS London. -Maley, J., 1981, Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie, TD129 Orstom Paris. -Nicholson, S.E., Saharan climates in historic times, in The Sahara and the Nile, Rotterdam 1980 pp173-200. -Olivry, J.C., 1983, Evolution de la sécheresse en Sénégambie et aux îles du Cap-Vert, cah. Orstom Hydr. vol XX].