

A - 12313
11700

NORBERT BEYRARD FRANCE

L'ÉVOLUTION DE L'HYDRAULICITÉ DU FLEUVE SÉNÉGAL

*

Janvier 1976

NBF 68, RUE PIERRE CHARRON - 75008 PARIS - TEL. 359.40.92 ++ - TELEX 65944 NOBEYPARIS

NORBERT BEYRARD FRANCE

L'ÉVOLUTION DE L'HYDRAULICITÉ DU FLEUVE SÉNÉGAL

*

DE QUEL DÉLAI DISPOSONS-NOUS POUR AMÉNAGER LE SÉNÉGAL ?

*

I. GÉNÉRALITÉS

La sécheresse qui a dévasté le Sahel au cours des dernières années a provoqué une prise de conscience générale.

Les pays concernés ont créé des organismes régionaux chargés de rendre leurs économies moins vulnérables aux aléas climatiques. De vastes projets ont été étudiés ; des financements sont disponibles.

Cependant une question cruciale nous est posée :

«De combien de temps disposons-nous pour réaliser ces projets si nous voulons traverser la prochaine sécheresse dans des conditions relativement acceptables ?»

Pour répondre à cette question, dans le cas de la Vallée du Sénégal, nous proposons la méthodologie suivante :

1) On établira, compte tenu de la croissance de la population, quelle est, année par année, la production minimale de grains à obtenir dans la vallée.

Compte tenu des relations existant entre production de grains et surfaces cultivées d'une part et entre surfaces cultivées et débit du fleuve à Bakel, d'autre part, on en déduira, pour chaque année, un débit minimum du fleuve permettant d'assurer la subsistance des populations.

Nous qualifierons ce débit de débit d'alerte.

2) Au moyen des méthodes statistiques les plus perfectionnées, nous établirons une prévision sur les débits du fleuve à Bakel au cours des prochaines décennies.

3) Il existe un grave danger de famine lorsque le débit prévu est largement inférieur pendant plusieurs années consécutives au débit d'alerte.

Nous considérerons que le barrage doit être terminé et que des surfaces suffisantes doivent être cultivées en double culture lors de la première menace de famine.

II. LES BESOINS DES POPULATIONS ET LES DÉBITS D'ALERTE

Les hypothèses simplificatrices suivantes sont retenues :

1) Production de grains : 0,4 tonne par hectare cultivé en décrue.

2) Proportionalité entre le débit du fleuve à Bakel et le carré de la hauteur de la crue (source ORSTOM = Monographie du fleuve Sénégal).

3) Relation linéaire entre la surface cultivée et la hauteur de la crue.

... / ...

- 4) Des deux hypothèses précédentes, on déduit l'existence d'une relation linéaire entre la surface cultivée et la racine carrée du débit à Bakel. Cette relation peut être ajustée sur les observations suivantes :

	Surface cultivée (Hectares)	Débit à Bakel (m³/an)
Année très sèche	10.000	12 milliards
Année très humide	110.000	34 milliards

Ce qui conduit à la relation suivante :

$$S (\text{has}) = 1,33 \sqrt{Q (\text{m}^3/\text{an})} - 136.300$$

- 5) La population et donc les besoins en grains croissent au rythme de 3 % par an.
6) La production de 1974 a été juste suffisante pour satisfaire les besoins de la population.

Ces hypothèses nous permettent de calculer les débits d'alerte :

La production minimale de l'année n est :

$$P_n^a = P_{74} (1,03)^n - 74$$

De même la surface minimale à cultiver l'année n est :

$$S_n^a = S_{74} (1,03)^n - 74$$

et le débit minimal du fleuve (débit d'alerte) l'année n doit être :

$$Q_n^a = [\frac{(1,33 \sqrt{Q_{74}} - 136.300) 1,03^{n-74} + 136.300}{1,33}]^2$$

Les débits d'alerte sont calculés dans la table 1.

III. LA PRÉVISION DES DÉBITS DU SÉNÉGAL

La méthode de Box et Jenkins (Box et Jenkins - Time Series Analysis Forecasting and Control - Holden Day) a réalisé un grand progrès dans l'étude des séries chronologiques. Elle permet de choisir dans une classe très générale de modèles, le modèle le mieux adapté à la série considérée, d'en estimer les coefficients par la méthode du maximum de vraisemblance et d'obtenir des prévisions munies d'un intervalle de confiance.

Nous avons utilisé cette méthode grâce au package SPX/TIME diffusé par la Société CSS/FRANCE pour prévoir les débits futurs du Sénégal.

Cette méthode d'analyse a été utilisée en deux étapes :

- a) Au cours d'une première étape, un modèle a été établi sur la base des informations disponibles en 1968 (années 1903 à 1968).
Ce modèle a montré que l'on pouvait prévoir la sécheresse de 1972 avec une très grande certitude.
- b) La technique ayant ainsi mis en évidence la possibilité de construire des modèles prévisionnels, une étude-diagnostic a été effectuée en utilisant les données de la période 1903/1974.

On est conduit dans ces conditions au modèle suivant :

$$Q(t) = Q(t-29) + a(t) - 0,5 a(t-1) - 1,12 a(t-29) + 0,56 a(t-30) + 0,52 a(t-58) - 0,27 a(t-59)$$

où les $a(t)$ représentent un «bruit blanc», c'est-à-dire une suite de variables aléatoires indépendantes et de moyenne nulle.

Ce modèle permet une prévision du débit du fleuve qui est représentée sur la figure 3.

Le caractère périodique des phénomènes de sécheresse apparaît clairement dans ces prévisions qui mettent en évidence un cycle de 29/30 ans.

Ceci confirme nos études précédentes qui, sur la base des observations disponibles avaient montré l'existence, dans l'ensemble du Sahel, d'un cycle trentenaire de sécheresse.

La confirmation mathématique qu'offre aujourd'hui les nouveaux procédés statistiques et informatiques est particulièrement importante parce qu'elle autorise des prévisions à moyen et long terme sur l'évolution cyclique du débit du Sénégal.

L'objectif fondamental du Programme Intégré qui est de mettre en place, avant l'an 2000, un système de production évolué permettant d'attendre les grandes sécheresses du début du siècle prochain dans les meilleures conditions, se trouve en quelque sorte définitivement justifié.

Mais comme nous le verrons par l'examen plus précis que nous venons d'effectuer sur ce plan, la comparaison des débits prévus et des débits d'alerte conduit à des conclusions particulièrement significatives.

IV. COMPARAISON DES DÉBITS PRÉVUS ET DES DÉBITS D'ALERTE

En effet, les cultures de décrue devront permettre de nourrir une population croissante et si la subsistance de la population actuelle est à peu près assurée en année moyenne ou médiocre, il n'en ira plus du tout de même pour la population accrue des années 90.

C'est donc la comparaison du débit prévu et du débit d'alerte qui permet de déterminer la date ultime d'entrée en production du système d'agriculture irriguée.

Cette comparaison est effectuée sur la figure 4. Elle montre que dès 1988, il existera un déficit permanent de production qui ne disparaîtra que très temporairement en 1996 et deviendra dramatique très rapidement.

C'est donc au plus tard en 1986 que l'agriculture de décrue devra être abandonnée. La substitution par la culture irriguée devra être entièrement terminée à ce moment-là.

V. CONCLUSION

Compte tenu des délais de construction et de remplissage des ouvrages, il apparaît indispensable, sous peine de condamner les habitants de la vallée à une catastrophe pire que celle qu'ils viennent de subir, de terminer au plus tard en 1982, la construction du barrage de Manantali.

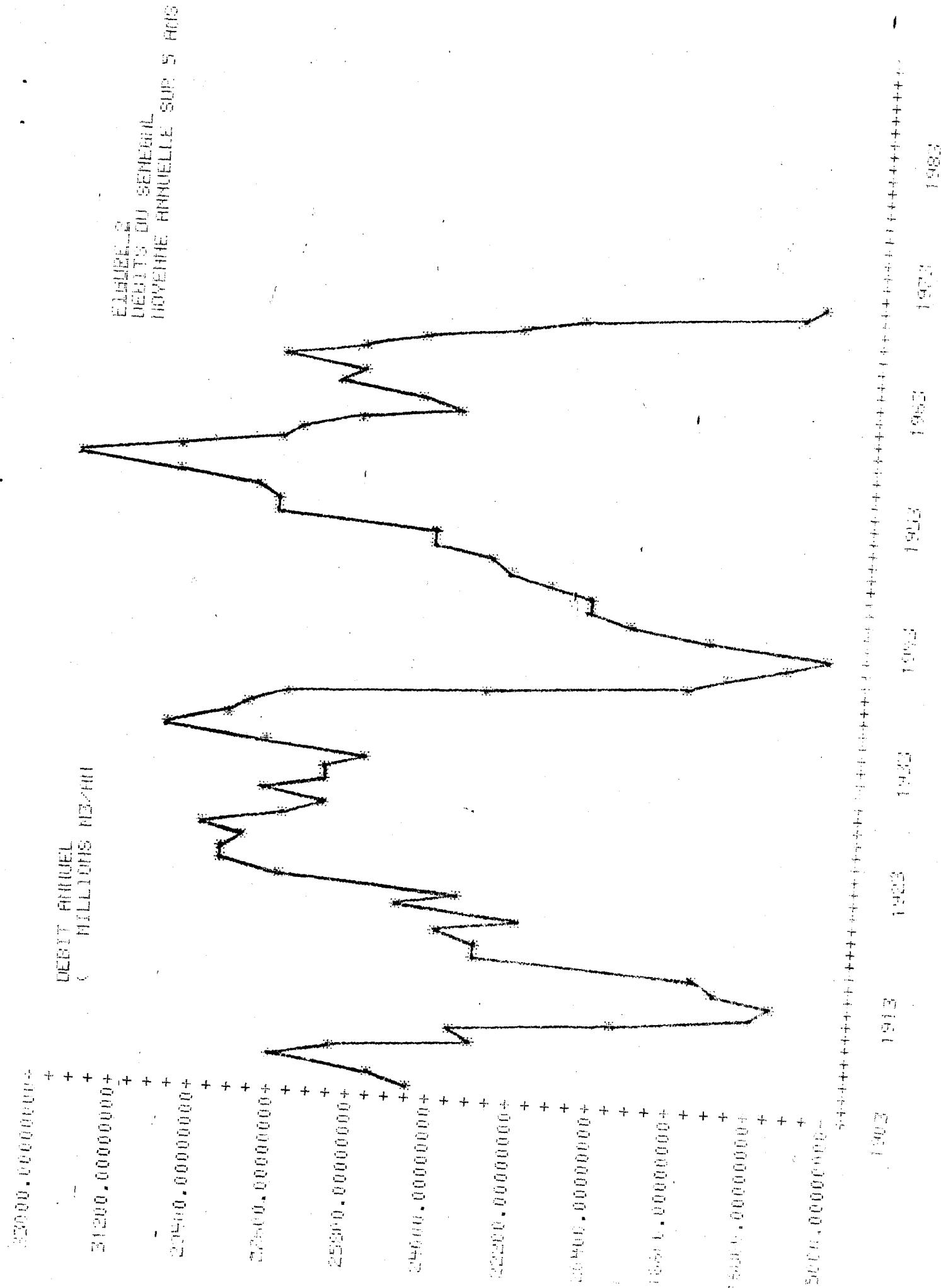
Il convient naturellement de souligner que le calcul présenté dans cette note est un calcul de dates au plus tard. Il ne doit pas faire perdre de vue l'avantage économique évident qui résultera pour les trois pays d'un démarrage rapide des opérations.

*

A N N E X E S

*

ANNEE	DEBIT D'EAU EN MM
1975	19.69
1976	20.12
1977	20.47
1978	20.82
1979	21.19
1980	21.57
1981	21.97
1982	22.38
1983	22.81
1984	23.25
1985	23.72
1986	24.20
1987	24.70
1988	25.23
1989	25.77
1990	26.34
1991	26.93
1992	27.54
1993	28.18
1994	28.85
1995	29.55
1996	30.27
1997	31.03
1998	31.82
1999	32.64
2000	33.50
2001	34.40
2002	35.33
2003	36.31
2004	37.33
2005	38.39
2006	39.50
2007	40.66
2008	41.88
2009	43.15
2010	44.48
2011	45.87
2012	47.32
2013	48.84
2014	50.43



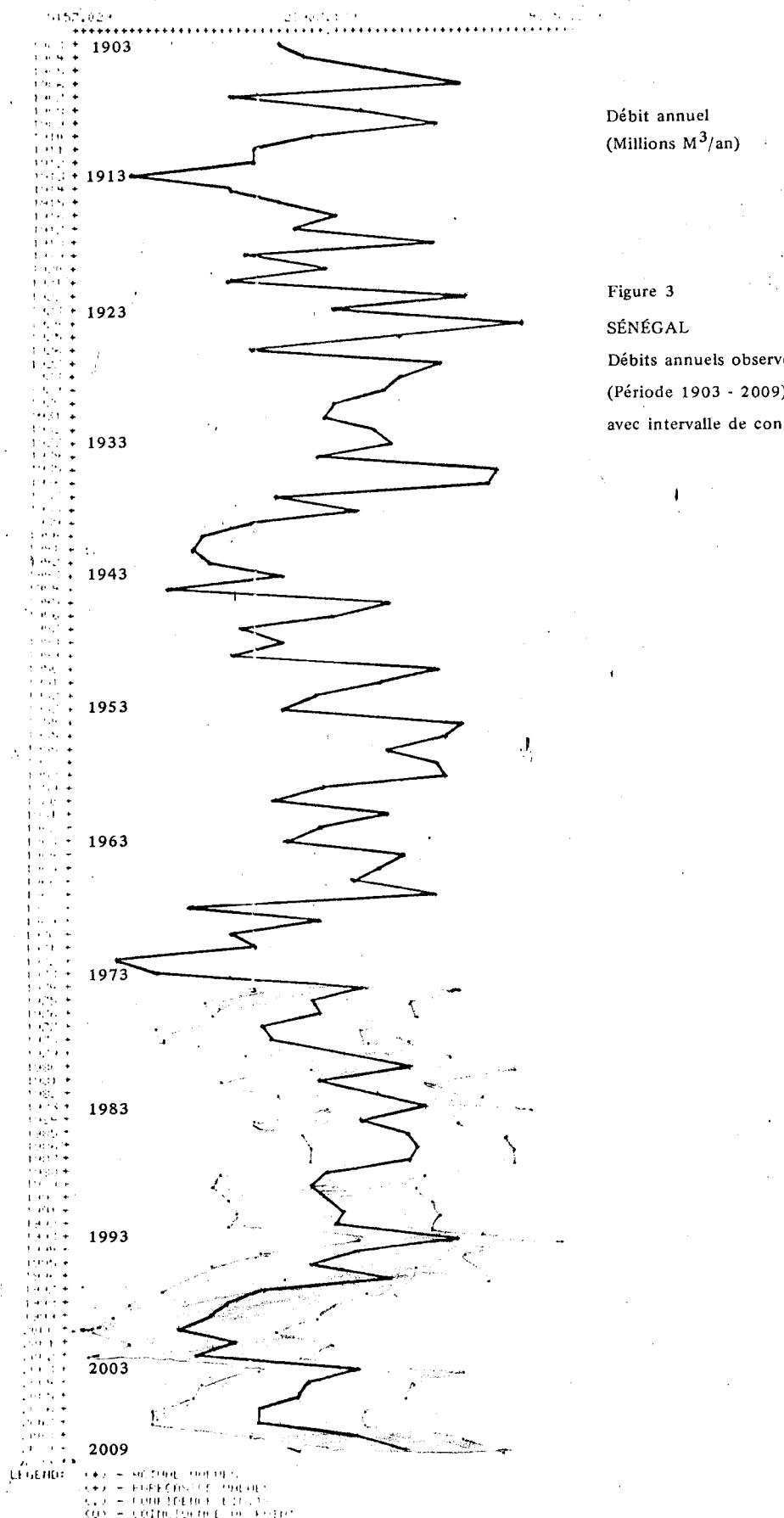


Figure 3

SÉNÉGAL

Débits annuels observés et prévus

(Période 1903 - 2009)

avec intervalle de confiance à 80 %

NORBERT BEYRARD FRANCE

DÉBIT

GIGAHERTS DE HZ

FREQUENCE

DÉBIT DU SÉNUCIL EN GIGAHERTS

35

30

25

24

15

1970

1980

1990

2000

Année

LE DÉBIT FREQUENT
LE DÉBIT D'ÉMISSION

© Norbert Beyrard 1976

