

Le Niger à Niamey. Décrue et étiage 1985

B. BILLON (1)

RÉSUMÉ

Le fleuve Niger a connu en 1985, à l'aval de la cuvette lacustre, l'étiage le plus faible de la période historique. Le suivi à Niamey du tarissement des débits du fleuve a permis cinq mois à l'avance d'annoncer un arrêt de l'écoulement pour début juin 1985 si des pluies précoces ne se produisaient pas sur les affluents burkinabés.

La justesse des prévisions a conduit les autorités à construire un barrage provisoire au début de mai afin d'assurer un stockage d'eau suffisant pour les besoins des 400 000 habitants de Niamey.

Le présent article décrit cette situation hydrologique exceptionnelle.

MOTS-CLÉS : Etiage exceptionnel – Tarissement – Sécheresse – Décrue – Scuil de contrôle.

ABSTRACT

THE NIGER RIVER AT NIAMEY. RECESSION AND LOW WATER IN 1985

The Niger River has known in 1985, downstream the lacustrine zone, the weakest low water of the historical period. A continuous watching of the river discharge depletion at Niamey allowed to predict, five months in advance, that the flow would stop at the beginning of June 85 in the lack of early rainfalls on the Burkinan tributaries. The quality of prediction has conducted the authorities to build a temporary dam at the beginning of May in order to insure a sufficient water storage for the water needs of about 400,000 inhabitants.

This paper describes the hydrological behaviour of this exceptional event.

KEY WORDS : Exceptional low water – Depletion – Drought – Recession – Still control.

1. INTRODUCTION

Le Niger prend naissance au sud-est du massif du Fouta Djallon à la frontière Guinée-Sierra Leone, le massif, bien qu'il en soit très proche, ne faisant pas partie du bassin.

Le fleuve se constitue rapidement à partir de quatre branches-mères qui, en plus du Niger, ont pour noms le Niandan, le Milo et le Tinkisso. Après regroupement de ces cours d'eau le Niger se dirige vers le nord-est et reçoit ensuite un autre affluent important, le Sankarani (sur lequel a été construit le barrage de Sélingué), avant de s'étaler dans la cuvette lacustre en aval de Ségou.

La seconde branche importante du Niger a sa source dans l'extrême nord-ouest de la Côte d'Ivoire avec le Baoulé et la Bagoé qui se rejoignent en formant le Bani qui coule d'abord plein nord en direction de Ségou puis nord-est pour alimenter la cuvette lacustre au niveau de San.

L'ensemble de ces hauts bassins est bien arrosé avec des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1 500 à 2 000 mm.

Après avoir parcouru près de 1 000 km avec une direction générale nord-est, le Niger se répand dans la cuvette lacustre, appelée aussi delta intérieur, vaste zone d'épandage des eaux de crue. Les lits des deux principaux

(1) Mission ORSTOM, BP 11416, Niamey, Niger.

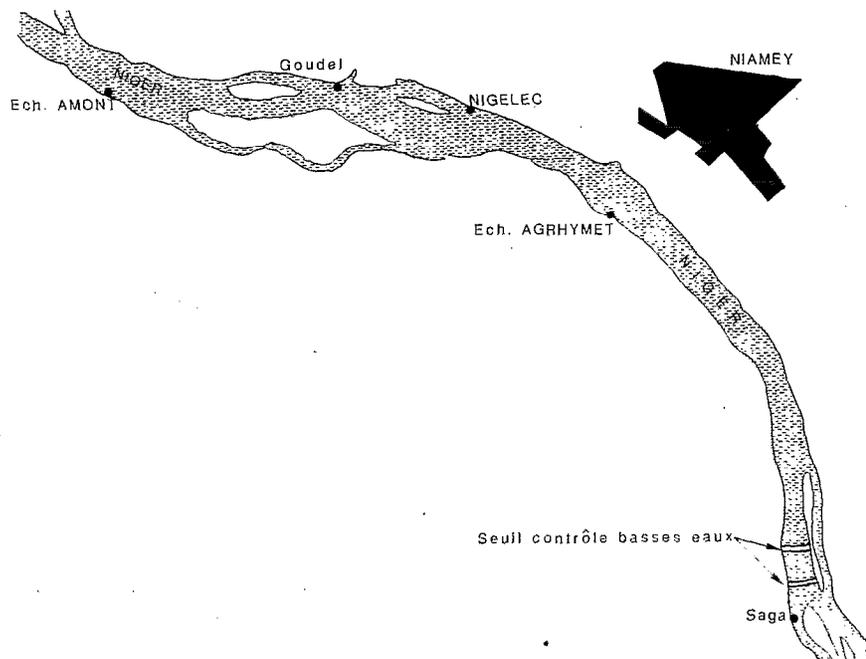


FIG. 2. - Équipement limnimétrique

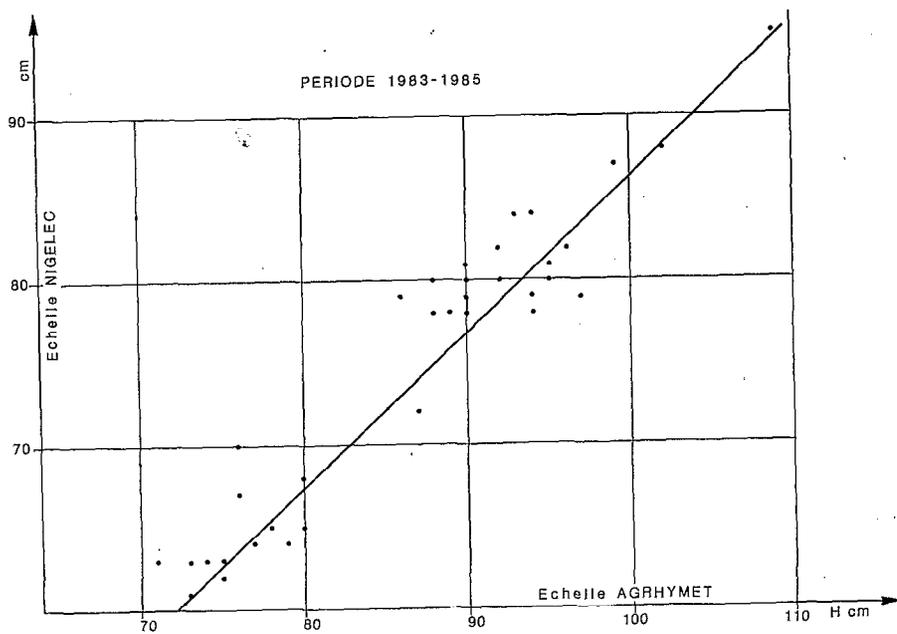


FIG. 3. - Dispersion de la correspondance entre échelles en basses eaux

2. ÉQUIPEMENT LIMNIMÉTRIQUE DE LA STATION

2.1. ÉQUIPEMENT LIMNIMÉTRIQUE DE BASE

Il existe depuis plusieurs années à Niamey 3 échelles de crue : Agrhymet, Nigelec et Goudel (fig. 2).

Cette dernière est peu suivie et non utilisée, nous y avons cependant effectué des relevés au cours de la première quinzaine de mai. Ceux-ci ont permis, en confirmation de l'échelle provisoire amont, de suivre la décrue alors que les cotes à l'échelle Nigelec augmentaient pendant les travaux de construction du batardeau.

L'échelle Agrhymet est en très bonne corrélation avec celle de Nigelec pour toutes les cotes supérieures à 100 cm à Agrhymet. En dessous de cette cote les observations sont moins satisfaisantes car l'élément 0-100 est loin de la berge, et déjà difficile à lire quand l'échelle est propre. Il s'ensuit une dispersion en basses eaux qui nuit à la précision souhaitées pour les étiages (fig. 3).

On note également, toujours en basses eaux, quelques anomalies de lecture par rapport à Nigelec.

L'échelle Nigelec, souvent contrôlée, est l'échelle de base pour l'élaboration habituelle des débits du Niger à Niamey.

2.2. ÉQUIPEMENT MIS EN PLACE POUR MESURER L'ÉTIAGE 1985

Devant le risque d'étiage très sévère, voire de tarissement du fleuve en 1985, dénoncé dès le mois de décembre 1984, il a été décidé de créer une petite retenue à Niamey pour couvrir les besoins humains minimaux en eau.

Il était prévisible qu'à partir de la construction du batardeau ces 3 échelles de crue n'auraient plus de signification au moins pendant certaines périodes, l'échelle Agrhymet à l'aval du batardeau en raison de la coupure du fleuve et les deux autres se trouvent dans le remous de la retenue.

Aussi dès le 26 avril, à la prise de décision de la construction de ce batardeau, a-t-on installé un élément 0-100 suffisamment à l'amont de Niamey pour être en dehors de la zone de remous (fig. 2).

Un autre élément a été mis en place par la DRE (1) à l'amont immédiat du batardeau.

3. ANALYSE DES DÉCRUES

Les décrues du fleuve Niger et Niamey peuvent se décomposer en deux parties :

- la décroissance naturelle des débits,
 - les influences externes,
- qui comprennent elles-mêmes :
- les précipitations,
 - les lâchers du barrage de Markala,
 - les prélèvements par pompage.

3.1. LA DÉCROISSANCE NATURELLE DES DÉBITS

3.1.1. La décrue du fleuve à Niamey se présente comme la vidange d'un très grand réservoir constitué par la cuvette lacustre du fleuve situé au Mali avec Mopti pour ville centrale.

Cette vidange s'exprime mathématiquement par une fonction exponentielle représentée par une droite sur un graphique semi-logarithmique (débit-temps). Le remplissage du réservoir ayant toujours lieu à la même période (août-octobre), le débit de vidange à une date donnée sera d'autant plus élevé que le remplissage du réservoir (lié à la puissance de la crue) aura été important.

Les courbes de décrue sont donc, toujours sur graphiques semi-logarithmiques, des droites parallèles d'autant plus précoces que la crue précédente du Niger a été faible.

Sur la figure 4, nous avons représenté les décrues correspondant aux quatre crues les plus faibles c'est-à-dire les décrues observées en 1974, 1983, 1984 et 1985. Pour une meilleure lecture, les courbes ont été décalées les unes par rapport aux autres mais également représentées en temps réel sur la figure 5.

Il apparaît que, globalement, les décrues sont peu perturbées et peuvent être assimilées à des droites parallèles depuis les débits élevés (les droites se prolongent au-dessus de 300 m³/s) jusque vers 10 m³/s.

(1) DRE : Direction des Ressources en Eau.

LE NIGER A NIAMEY

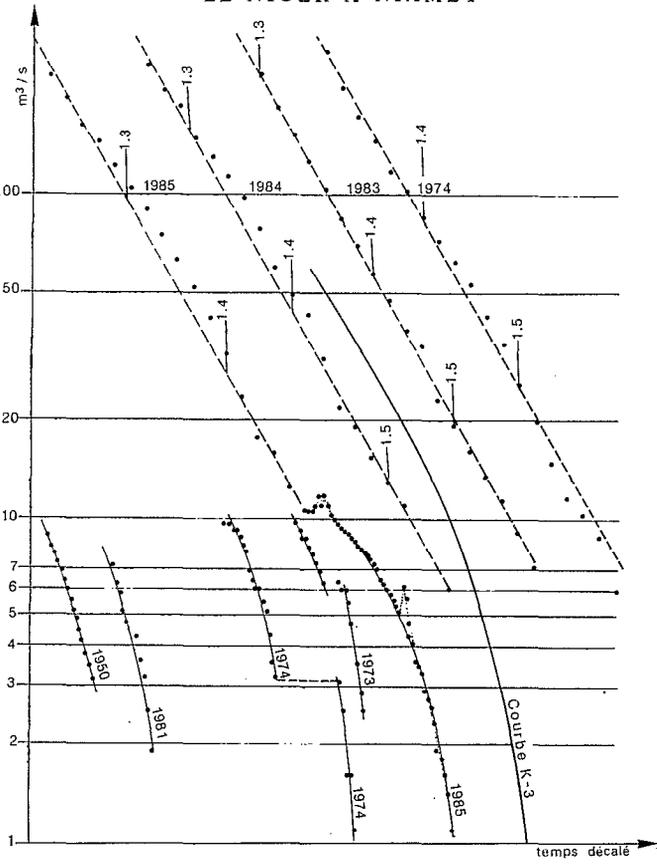


FIG. 4. - Comparaison des gradients de décrue en très basses eaux

LE NIGER A NIAMEY

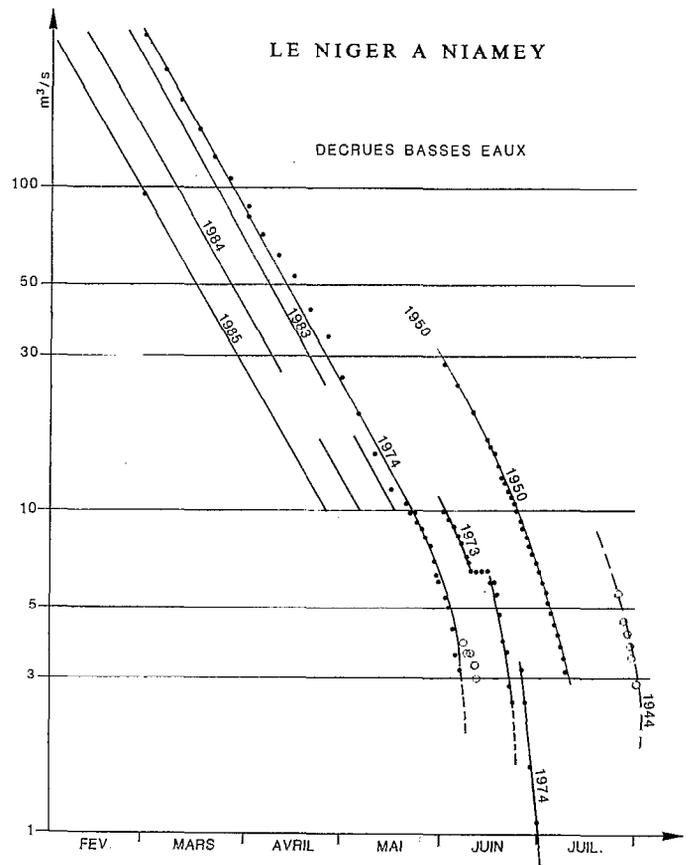


FIG. 5. - Décrues en temps réel

LE NIGER A NIAMEY

PERIODE 1967-1985

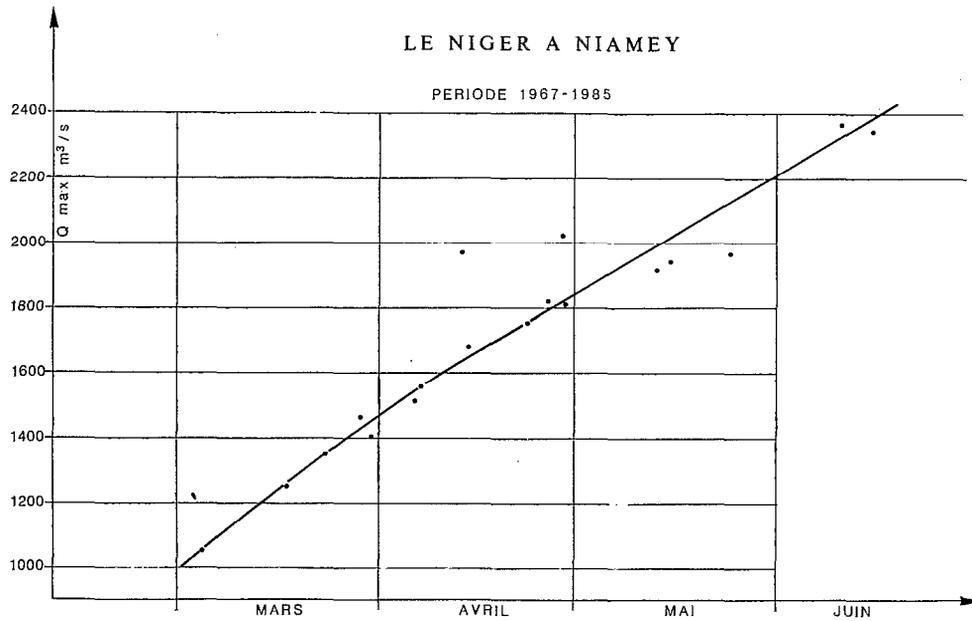


FIG. 6. - Date à laquelle le débit $100 m^3/s$ est atteint en décrue en fonction de Q_{max} .

Une décrue est d'autant plus précoce que le débit maximal de la crue précédente (donc le remplissage de la cuvette) est faible. C'est ce que la figure 6 montre qui présente la date d'apparition du débit $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ (d'autres débits auraient pu être choisis) en fonction du débit maximal précédent.

En dessous de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ les choses se compliquent car les débits surviennent généralement assez tardivement et les tarissements sont souvent contrariés par l'apparition de crues locales, ainsi n'avons-nous pu retenir que six décrues de décroissance régulière longue représentées sur les figures 4 et 5.

Ces décrues ont toutes la même caractéristique qui est une concavité tournée vers l'axe des temps, spécifique des cours d'eau susceptibles de s'arrêter de couler.

Il est vrai que lorsque l'on parle des débits du Niger à Niamey, les échelles de référence (Nigelec et plus récemment Agrhymet) se situent à l'aval des stations de pompage d'alimentation en eau de la capitale. Les débits aval « de référence » sont donc inférieurs de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ environ actuellement, et de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ avant la mise en service de Goudel, aux débits « naturels » à l'amont immédiat de Niamey. Ces valeurs sont trop faibles pour entraîner des modifications sensibles de la forme de la décrue.

Les pompages nécessaires aux périmètres irrigués en amont de Niamey mettent en jeu des débits beaucoup plus élevés mais ils sont de création récente et ont certainement peu influencé les décrues de 1974 (à cette date les surfaces irriguées étaient de l'ordre du quart des surfaces actuelles), de 1973 ou mieux encore celle de 1950. Autre décrue peu influencée en très basses eaux : celle de 1985 puisque les pompages ont été arrêtés à 80 % au cours de la première quinzaine de mai.

3.1.2. Il est intéressant de comparer ces formes de décrues à celles de Kandadji à 180 km en amont de Niamey.

LE NIGER A KANDADJI

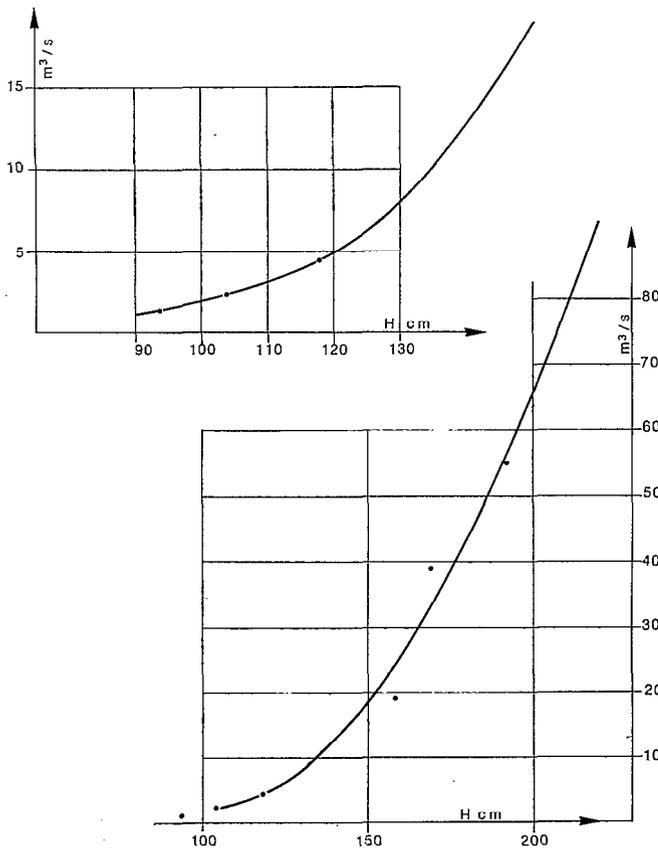


FIG. 7. - Courbes d'étalonnage de basses eaux

LE NIGER A KANDADJI

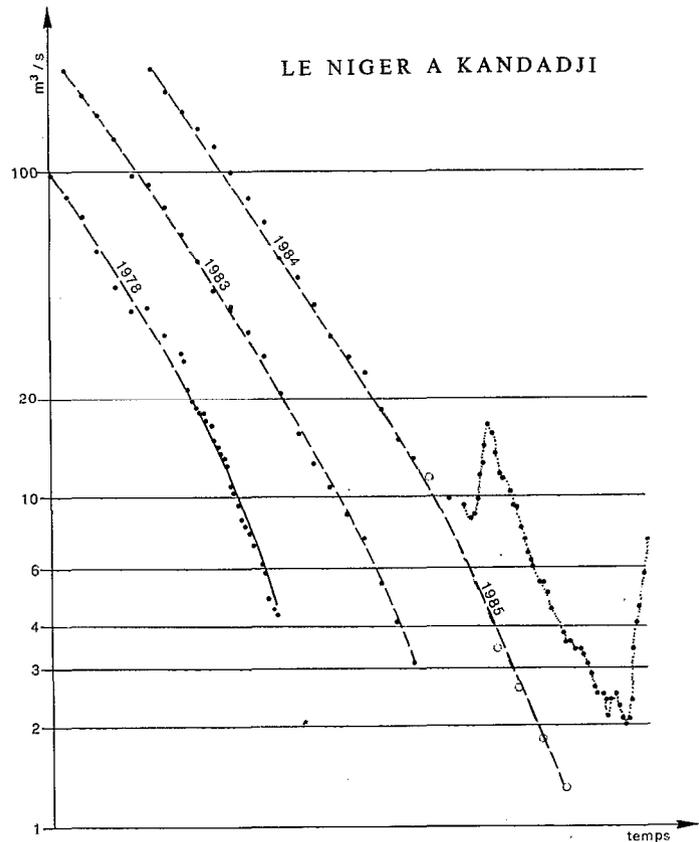


FIG. 8. - Décrues peu ou pas perturbées

De nouveaux jaugeages ont été réalisés à cette station, donnant :

$$\begin{array}{l} 12 \text{ juin } 1985 \quad H = 104 \quad Q = 2,4 \text{ m}^3/\text{s} \\ 24 \text{ juin } 1985 \quad H = 094 \quad Q = 1,3 \text{ m}^3/\text{s} \end{array}$$

Ils permettent de préciser la courbe de basses eaux représentée sur la figure 7.

A partir de cette courbe trois décrues : 1978, 1983 et 1984 ont été reportées sur la figure 8, les autres n'ayant pas été dessinées soit en raison de perturbations de la décrue dues aux pluies, soit parce que les débits ne sont pas descendus assez bas pour mettre en évidence la forme du tarissement en très basses eaux.

Comme à Niamey, les décrues sont également des droites parallèles s'incurvant vers l'axe des temps mais la pente de décrue est plus faible, l'amorce de la courbure vers le bas commence vers 20 m³/s au lieu de 10 m³/s à Niamey et la décrue semble se poursuivre par une droite en dessous de 6-8 m³/s.

La station de Kandadji n'a pas été suivie en 1985. Les quelques observations réalisées à partir de nos tournées ont été reportées sur la figure 8. Elles sont toutes postérieures au 15 mai 1985 donc postérieures à la crue en provenance de Markala. On notera qu'elles suivent une courbe parallèle aux autres tout en étant situées dans le prolongement de la décrue 1984. A Niamey les décrues 1984 et 1985 étaient décalées de 12 jours avant l'arrivée de la crue de Markala, et les relevés à Kandadji permettent de constater que les décrues sont confondues après le passage de la crue. Le phénomène n'est pas visible à Niamey car il est perturbé par l'arrêt des pompages mais l'examen des décrues sur les 2 stations conduit à conclure que l'intervention de Markala en 1985 a permis de décaler de 12 jours la décrue du Niger à Niamey.

3.1.3. Pour passer d'une décrue type Kandadji à une décrue type Niamey, il faut prendre en compte les pertes par évaporation entre les stations et les pompages. Pour le calcul de l'évaporation la superficie évaporante reste l'inconnue majeure et les pertes ne peuvent être évaluées qu'avec une large marge d'erreur, la fourchette se situant peut-être entre 1,5 et 3,5 m³/s. Les débits de pompage doivent être corrigés des débits de restitution par drainage qui sont peu ou pas connus.

On sait par l'ONAHA (1) qu'en 1985 les 3/4 des stations de pompage se sont arrêtées dans la première quinzaine de mai pour ne reprendre que partiellement la dernière décade de juin.

Après différents essais sur la décrue 1984 associée à 1985 à Kandadji un débit constant de 3 m³/s a été retiré des débits de cette station pour essayer de retrouver la décrue 1985 à Niamey.

Cette nouvelle décrue représentée par la courbe (K-3) sur la figure 4 est à comparer à Niamey 85. On constate que les parties rectilignes (100 à 15 m³/s) et les parties basses inférieures à 6 m³/s sont bien parallèles à la décrue à Niamey alors que la partie intermédiaire perturbée par la crue de Markala et les arrêts des pompages ne peut être rapprochée de celle de Niamey.

Ces 3 m³/s de pertes entre les 2 stations en 1985 ne peuvent prétendre à une grande précision.

3.1.4. Conclusions

Les décrues du Niger à Niamey sont de forme simple et régulière. Le schéma de fonctionnement (vidange de réservoir) permet, dès la connaissance du maximum de crue à Niamey, de prévoir le comportement de l'ensemble de la décrue tant que celle-ci ne subit pas d'influences extérieures sensibles étudiées dans le chapitre suivant. Les prévisions peuvent être faites avec 5 mois d'avance pour les petits débits (10 m³/s) lorsque la crue est faible donc la décrue précoce. Une prévision avec 1 ou 2 mois supplémentaires d'avance, mais plus précise, peut être réalisée à partir de Koulikoro dont les maximums de crue sont liés à ceux de Niamey par une corrélation significative.

Les décrues du fleuve aux stations en amont de Niamey, figure 9, n'ont pas la même allure. La quasi-stabilisation observée à Mopti s'effondre progressivement en aval en raison des ponctions importantes dues pour une grande part à l'évaporation. L'examen du fleuve montre que même en très basses eaux les superficies d'eau libre restent élevées. De vastes plans d'eau s'étalant sur plusieurs kilomètres avec une largeur atteignant parfois 200 à 300 mètres subsistent. Ils sont reliés par des goulets certes étroits mais de longueur limitée.

3.2. LES INFLUENCES EXTERNES

3.2.1. Les précipitations

Elles provoquent parfois des crues simples lorsque la pluie est circonscrite à une zone de faible étendue et que cette pluie est isolée. C'est le cas de la crue du 26 mai 1985 (fig. 10) due à des précipitations couvrant les

(1) ONAHA : Office National des Aménagements Hydro-Agricoles.

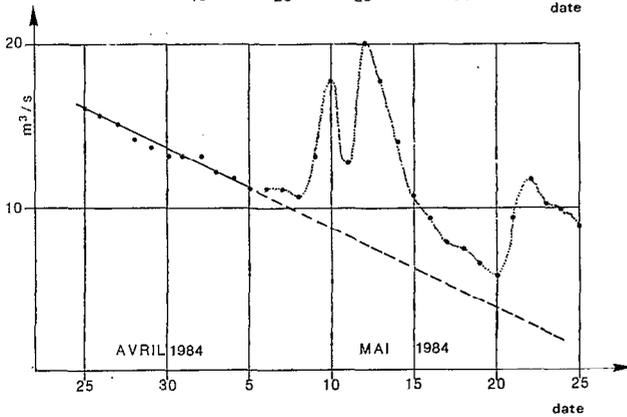
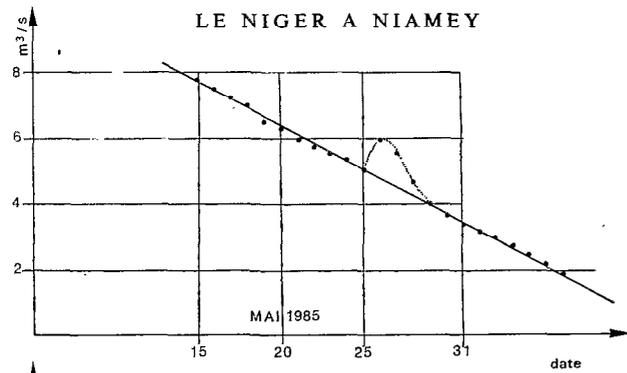
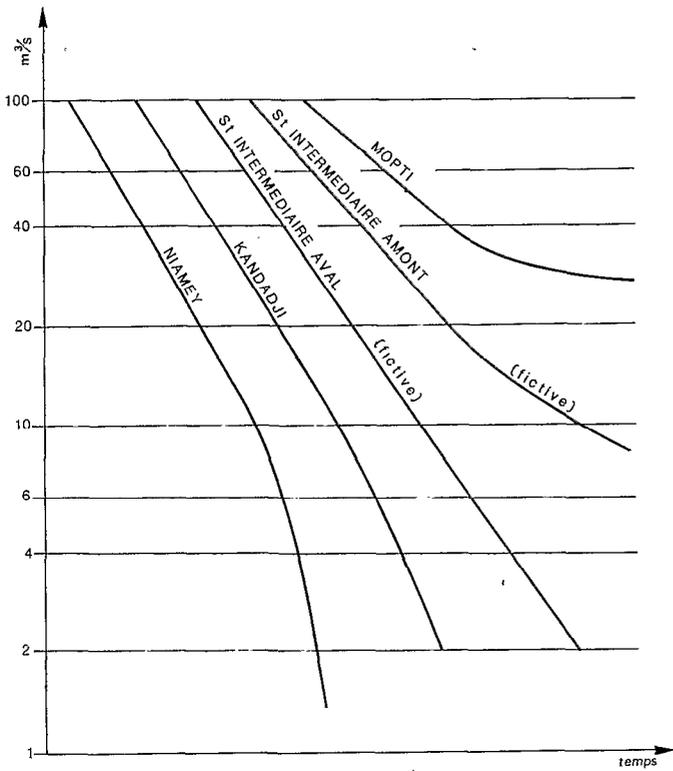


FIG. 10. - Effet de précipitations sur la décrue

FIG. 9. - Formes de décrue entre Mopti et Niamey

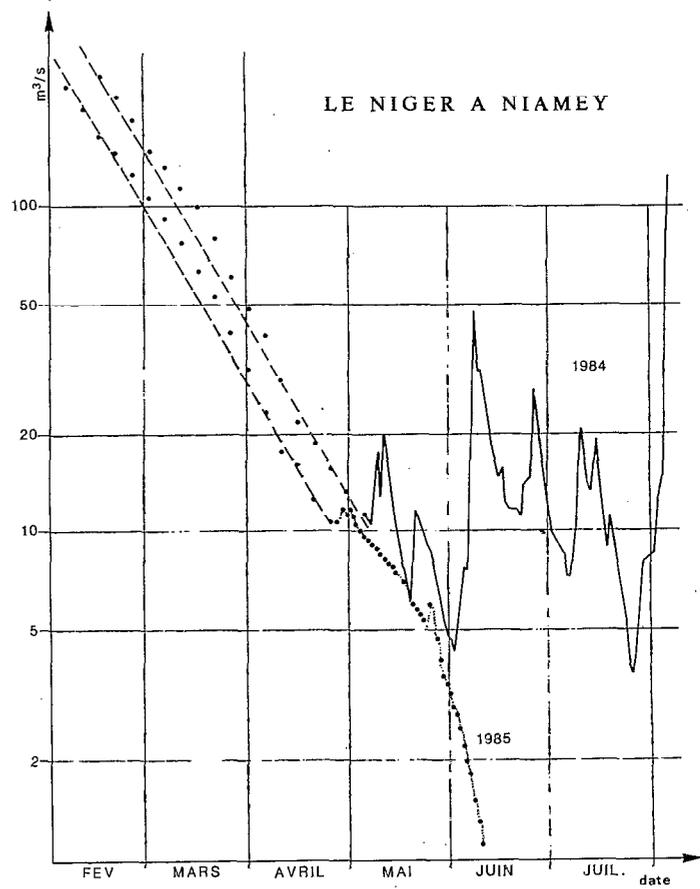


FIG. 11. - Exemple de reprise de l'écoulement en 1984

petits bassins situés dans les 30 à 40 premiers kilomètres en amont de Niamey. La crue est de courte durée et le débit rejoint rapidement le tarissement de base.

Les formes sont plus complexes lorsque la crue vient de bassins plus éloignés mais la tendance reste le retour au débit de base lorsque ces crues sont suivies de périodes assez longues sans précipitation.

Dans la plupart des cas d'autres crues surviennent avant le retour au débit de base (juin-juillet 1984 - fig. 11), les crues deviennent complexes, se superposent en provenance de bassins très divers, éloignés les uns des autres, et les séparations d'hydrogramme ne sont plus possibles.

3.2.2. Les ouvertures du barrage de Markala

Le barrage de Sélingué alimentant Bamako en électricité est amené à lâcher très régulièrement des débits soutenus (100 m³/s) pendant toute la saison sèche, permettant ainsi au barrage de Markala, situé à l'aval, de disposer de l'eau nécessaire, et même au-delà, y compris en année très sèche.

Nous n'avons pas les données de débit à l'aval de Markala mais 2 années d'observations récentes à Mopti permettent de préciser les effets de la gestion du barrage sur la décrue à Niamey.

L'examen des débits journaliers (données SOGREAH) montre :

- En 1984, un lâcher important élevant le débit à Mopti à plus de 100 m³/s pendant 5 jours, avec une pointe à 150 m³/s, entre le 5 et 9 février. Le temps de propagation de la crue jusqu'à Niamey étant de l'ordre de 50 jours il est visible que cette crue n'a provoqué aucune modification de la décrue à Niamey.
- En 1985, le débit à Mopti atteint 120 m³/s en restant supérieur à 100 m³/s pendant 4 jours du 5 au 8 mars. Bien que les débits mis en jeu soient apparemment moins importants l'effet sur la décrue à Niamey est notable puisque celle-ci est stoppée net le 25 avril. Les niveaux remontent ensuite jusqu'au 30 avril-2 mai pour redescendre ensuite. La décrue reprend avec 12 jours de retard sur la décrue non influencée.

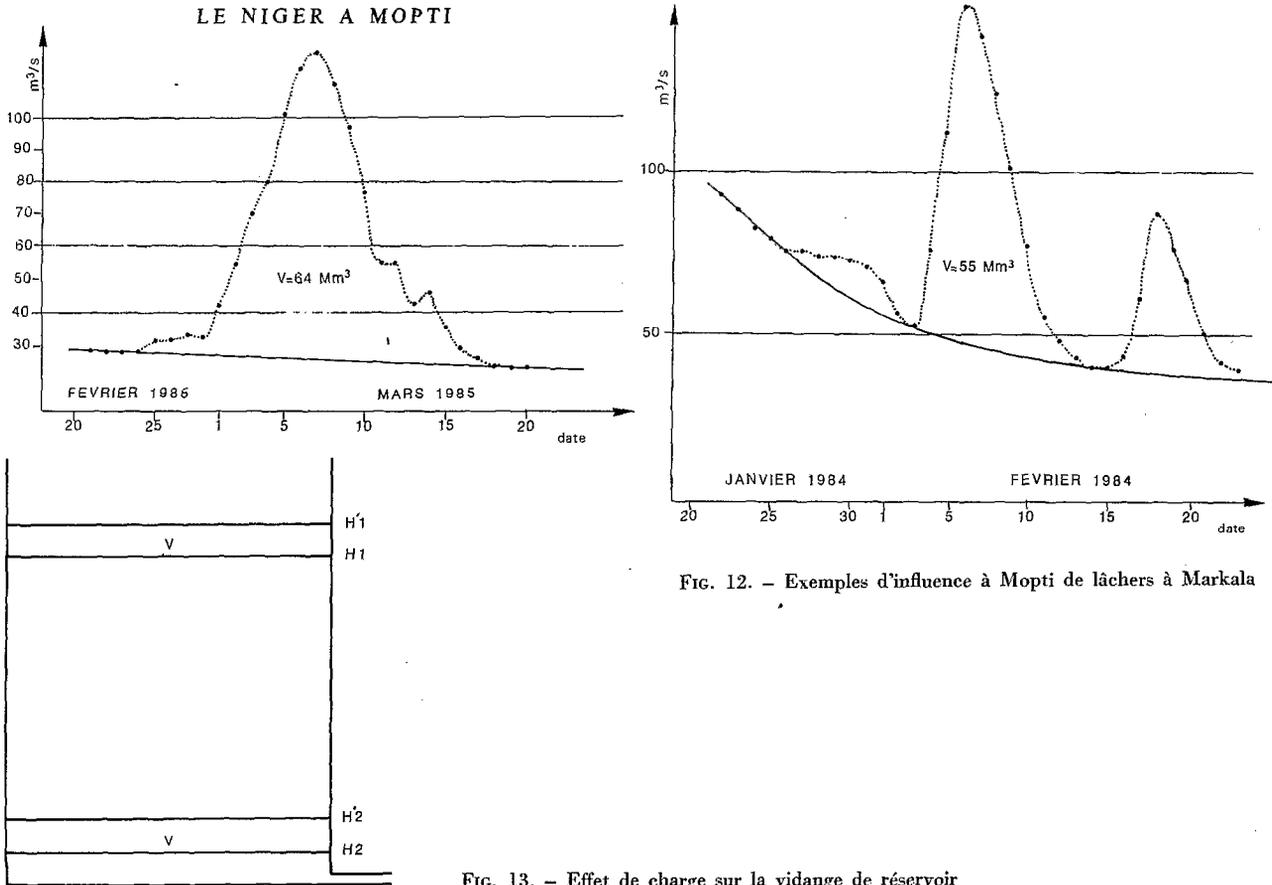


FIG. 12. - Exemples d'influence à Mopti de lâchers à Markala

FIG. 13. - Effet de charge sur la vidange de réservoir

Cette crue du 30 avril à Niamey a bien le Mali pour origine. En effet, aucune pluie n'a été enregistrée sur la région amont de Niamey au cours des jours (et même des semaines) précédents. Une tournée effectuée début mai sur les affluents du Burkina Faso a permis de constater que ceux-ci n'avaient pas encore coulé. Enfin la station hydrologique d'Ayorou a enregistré cette crue le 20 avril soit 10-12 jours avant Niamey.

Pour tenter d'expliquer cette anomalie apparente entre ces deux situations, 1984 et 1985, il convient d'abord de préciser les débits mis en jeu. En effet, une décrue simple se transmettra à l'aval sous forme simple.

Pour cela, nous avons représenté sur la figure 12 les deux périodes comparées en introduisant le débit de base de chacun des hydrogrammes. Par rapport à la décrue normale l'injection de débit supplémentaire correspond à :

55 millions de m³ en février 1984,
64 millions de m³ en mars 1985.

Contrairement à ce que pouvaient laisser croire les apparences les volumes mis en jeu sont plus importants en 1985 qu'en 1984. Cependant, l'écart entre les deux volumes paraît trop petit pour justifier de telles disparités dans les effets.

Deux explications complémentaires peuvent être avancées.

1. La première revient aux hypothèses de base de la décrue considérée comme vidange de réservoir. La figure 13 représente un réservoir en cours de vidange avec à un instant donné un niveau H1 élevé. La loi de vidange en fonction du temps est connue et dépend des caractéristiques du réservoir et de l'ajutage de sortie.

A cet instant, une injection instantanée d'eau de volume V fait monter le niveau en H'1. La charge étant forte le volume V est rapidement évacué et le niveau du réservoir redescend très vite en H1 où il retrouve la même loi de vidange que précédemment mais légèrement retardée dans le temps.

En appliquant le même raisonnement à partir du niveau H2 très bas, la séquence logique est la même mais le décalage de temps sera beaucoup plus long car le débit de vidange étant faible il faudra beaucoup plus de temps pour évacuer le même volume V et pour que le niveau redescende de H'2 à H2.

De ce schéma se dégagent donc 2 observations :

- Pour être efficaces les lâchers doivent avoir lieu avec un niveau de réservoir bas qui retardera davantage la décrue.
- La loi de tarissement après « injection » est parallèle à la loi d'origine.

A condition que l'apport supplémentaire puisse être considéré comme « instantané ».

Les possibilités de vérification sont peu nombreuses mais vont dans le sens de la confirmation.

Pour le premier point ci-dessus la comparaison des années 1984 et 1985 montre que pour des volumes injectés de même ordre de grandeur l'effet a été négligeable en 1984 avec un niveau de « réservoir » élevé (débit de base de 50 m³/s) alors qu'avec un débit de base réduit de moitié (25 m³/s) donc un réservoir moins plein en 1985, l'effet à Niamey a été très sensible.

La seconde observation trouve également sa justification. En effet, si le parallélisme des lois de tarissement n'a pu être observé à Niamey en 1985 car la décrue de mai a été perturbée par l'arrêt progressif des pompages pour les périmètres irrigués dans la première quinzaine de mai, par contre ce parallélisme est net à Kandadji où les débits de 1985, après la crue en provenance de Mopti, sont (par un pur hasard) dans le prolongement de la décrue 1984 (fig. 8).

Nous en déduisons donc que si les lâchers de Markala effectués au bon moment en 1985 ont permis de retarder la décrue à Niamey de 12 jours, par contre une gestion identique à celle de 1984 n'aurait eu que peu ou pas d'effet sur la décrue à Niamey.

2. Après cette première explication possible, une autre hypothèse peut être mise en avant pour comprendre les différences de résultats obtenus après deux lâchers relativement voisins en volume en 1984 et 1985.

Le tracé des décrues théoriques sans, et avec, les lâchers de Markala en 1985 permet d'évaluer à 10 millions de m³ le volume résiduel à Niamey des 64 millions passés à Mopti. Les pertes sont considérables : 54 millions de m³. Si, pour une raison qui n'apparaît pas clairement pour l'instant, ces pertes étaient assez constantes on obtiendrait alors un volume résiduel de :

1 million m³ en 1984,
10 millions m³ en 1985.

La différence devient conforme aux observations à Niamey. Il reste à expliquer pourquoi les volumes lâchés dans ces conditions particulières subiraient des pertes, spécifiques à ces lâchers, importantes et peu variables.

Il est à noter que les deux hypothèses développées ci-dessus ne s'excluent pas l'une l'autre.

3.2.3. Les pompages pour les périmètres irrigués

L'ensemble des périmètres irrigués entre Niamey et Kandadji couvrirait une superficie aménagée de 4 152 ha au cours de l'étiage 1985. Sur ce total les superficies réellement irriguées représentaient 1 850 ha pour la zone Tillabery et 1 240 ha pour la zone Niamey soit 3 090 ha au cours de cette période.

Le MDR-GR (1) qui nous a fourni les chiffres de ce paragraphe estimait les besoins en eau théoriques pour ces périmètres à :

2 ^e quinzaine	avril	4,42 m ³ /s
Mois de	mai	1,82 m ³ /s
Mois de	juin	0,00 m ³ /s.

Sur une partie de ces périmètres les heures de fonctionnement des pompes ont été soigneusement notées et permettent de déterminer de façon précise les quantités d'eau, ou débits, utilisés.

Le tableau I regroupe les observations sur 3 périmètres totalisant 1 695 ha soit 55 % des superficies irriguées en 1985. La dernière ligne du tableau présente une évaluation des débits consommés sur 3 090 ha, obtenue par extrapolation des résultats sur 1 695 ha.

TABLEAU I

Périmètres	Superficie ha	Débits pompés en m ³ /s			
		2 ^e quinz. avril	1 ^e quinz. mai	2 ^e quinz. mai	1 ^e quinz. juin
NAMARI GOUNGOU	1 268	2,22	1,52	0,22	0,80
YELEMANI	110	0,20	0,07	0,00	0,00
KOUTOUKALE	317	0,32	0,46	0,06	0,00
Totaux	1 695	2,74	2,05	0,28	0,80
Extrapolations	3 090	5,00	3,73	0,51	1,46

Les consommations effectives sont un peu plus importantes que les besoins théoriques en avril (5,00 contre 4,42 m³/s) et en mai (2,12 en moyenne contre 1,82 m³/s). Par contre les pompages qui devaient être nuls en juin se sont poursuivis au rythme élevé de 1,46 m³/s dans la 1^{re} quinzaine.

L'arrêt des pompages signalé par l'ONAHA au cours de la première quinzaine de mai ressort très nettement du tableau puisque l'on passe de 5,00 m³/s à 3,73 puis 0,51 m³/s. Au cours de la seconde quinzaine de mai, ce sont, par rapport à avril, 90 % des prélèvements qui sont annulés pour reprendre partiellement ensuite en juin.

Ces diminutions des volumes pompés s'effectuent simultanément par l'arrêt successif des pompes en service et la réduction du nombre d'heures quotidien de fonctionnement.

A Namari Goungou par exemple, on observe successivement :

15 au 25 avril	3 pompes pendant 14 h/jour
1 au 8 mai	3 pompes pendant 10 h/jour
9 au 16 mai	2 pompes pendant 8 h/jour
17 au 31 mai	1 pompe pendant 5 h/jour

Il est à noter enfin que les aménagements progressent chaque année et 300 ha supplémentaires seront mis en exploitation en 1985-1986 (périmètre de Daïberi). Les débits prélevés sur le fleuve en basses eaux continueront à croître d'autant plus que les calendriers de cultures changent d'une année à l'autre et d'un périmètre à l'autre conduisant à des pompages non négligeables même si les besoins théoriques sont nuls (juin).

(1) MDR-GR : Ministère du Développement Rural, section du Génie Rural.

4. LA DÉCRUE 1985, PRÉVISION, RÉALITÉ

4.1. PRÉVISION

Devant la faiblesse de la crue du Niger en 1984 les prévisions suivantes ont été publiées dans une note du 3 décembre 1984, « *Perspectives 1985* » :

La crue 1984-1985 du fleuve est sensiblement plus faible que celle de 1983-1984 puisqu'elle plafonne à 1 050 m³/s contre 1 250 m³/s l'année précédente. La décrue 1985 sera donc encore plus précoce que celle de 1984 et il faudra en mai-juin des pluies supérieures à la normale (comme en 1984) sur les bassins des affluents burkinabés de rive droite pour échapper à l'arrêt de l'écoulement du fleuve.

La figure 6 permet de prévoir comme date moyenne le 7 mars pour atteindre le débit de 100 m³/s en décrue. Sur 17 années les écarts expérimentaux de prévision sont répartis ainsi :

1 fois	27 jours (1975)
2 fois	compris entre 17 et 14 jours
14 fois	inférieurs à 8 jours.

Lorsque ce point est positionné sur un graphique analogue à la figure 5, il suffit de tracer la droite parallèle aux autres droites de décrue pour obtenir les débits à chaque date.

En l'absence de perturbations (pluies entre autres) le débit 10 m³/s serait atteint vers le 3 mai et l'arrêt de l'écoulement aurait lieu fin mai.

4.2. RÉALITÉ

En fait les 100 m³/s ont été atteints le 4 mars soit un écart de 3 jours sur la prévision faite 3 mois auparavant.

Le 25 mars une nouvelle note faisait le point sur la décrue en cours :

« Cet écart (de 3 jours) est conforme aux résultats antérieurs et ne modifie pas la prévision faite le 3 décembre d'un arrêt de l'écoulement du fleuve au cours de la seconde quinzaine de mai en l'absence de précipitations suffisantes à cette période ou d'un changement important dans la gestion des eaux au Mali (et au Niger). »

Parallèlement une nouvelle prévision (fig. 14) donnait 10,4 m³/s le 25 avril pour une réalisation qui a été de 10,6 m³/s ce jour-là.

C'est à cette date que se font sentir les perturbations amenées par deux modifications dans la gestion des eaux par rapport aux années antérieures 1983 et 1984 et qui ont permis de retarder la décrue en repoussant l'arrêt de l'écoulement au 15 juin.

Alors qu'en 1983 ou 1984 les lâchers de Markala n'avaient eu aucune influence sur la décrue, en 1985 celle-ci a été retardée de 12 jours en raison d'une date plus favorable pour des lâchers d'un volume un peu plus important.

Le second facteur favorable est venu de l'ONAHA qui, averti de la sévérité de l'étiage, a avancé de 2 mois environ les cultures sur périmètres irrigués ce qui a eu pour conséquence d'arrêter 80 % des pompages dans la première quinzaine de mai. Les débits ainsi libérés pour le fleuve représentent environ 7 m³/s pendant le fonctionnement des pompes soit 4 m³/s en débit moyen journalier. Sans cette mesure, l'écoulement s'arrêtait le 1^{er} juin et ce sont donc 15 jours supplémentaires qui ont été gagnés.

En définitive, une gestion des eaux identique à celle de 1984 conduisait à l'arrêt de l'écoulement le 20 mai alors que les mesures prises ont permis de repousser cet arrêt au 15 juin.

4.2.1. Évaluation des débits naturels entrant à Niamey

Sur l'échelle provisoire installée en amont de Niamey (§ 2.2.) la cote minimale est descendue à 053 le 26 juin, correspondant à 0,2 m³/s environ mais le chiffre n'est pas très précis car il est obtenu par extrapolation vers le bas de la courbe de tarage (courbe de la figure 15 à laquelle on ajoute 0,5 m³/s pour obtenir le débit en amont de Niamey).

Une autre estimation plus précise fera intervenir les variations de stock de la retenue et les prélèvements Nigelec :

$$Q \text{ NIGELEC} = Q \text{ Amont} + Q \text{ stock, ce dernier facteur étant positif lorsque le niveau de la retenue baisse.}$$

$$Q \text{ Amont} = 0,5 - Q \text{ stock.}$$

En admettant une évaporation de la retenue de 7 mm/jour fin juin, on obtient :

– du 23 au 26 juin, une moyenne sur 3 jours de :

$$Q_{\text{stock}} = 2,3 \cdot 10^6 (40-21) \cdot 10^{-3} : (86\,400 \times 3) = 0,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

soit en arrondissant :

$$Q_{\text{Amont}} = 0,5 - 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

- du 24 au 25 juin :

$$Q_{\text{stock}} = 2,3 \cdot 10^6 (20 - 7) \cdot 10^{-3} : 86\,400 = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{soit } Q_{\text{Amont}} = 0,50 - 0,35 = 0,15 \text{ m}^3/\text{s} \text{ arrondi à } 0,2 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le débit entrant à Niamey (0,2 m³/s) étant inférieur au débit prélevé par Nigelec (0,5 m³/s) le débit à l'aval de Niamey ne pouvait être que nul. Avec ou sans batardeau.

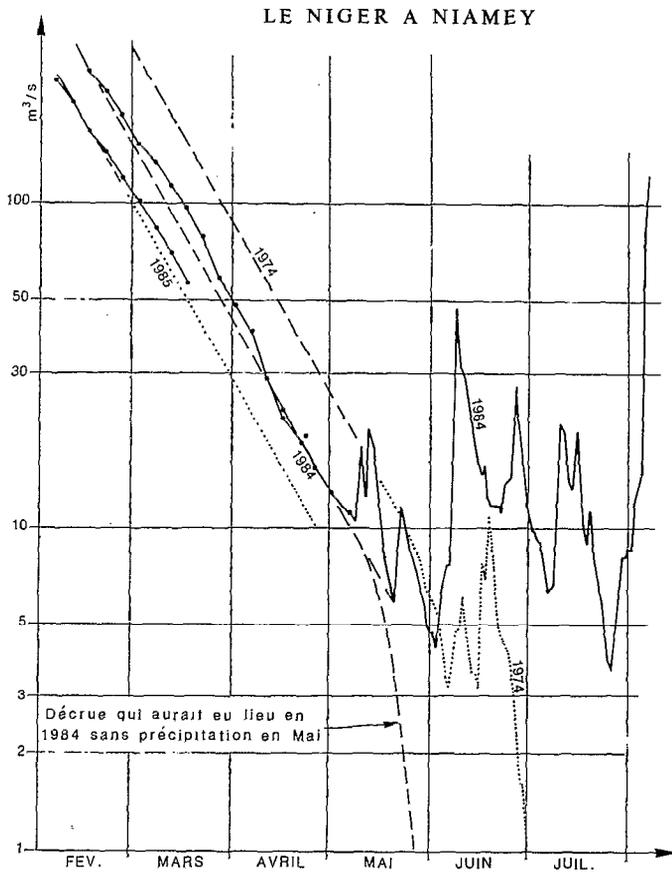


FIG. 14. - Prévion, en mars 1985, du débit d'étiage

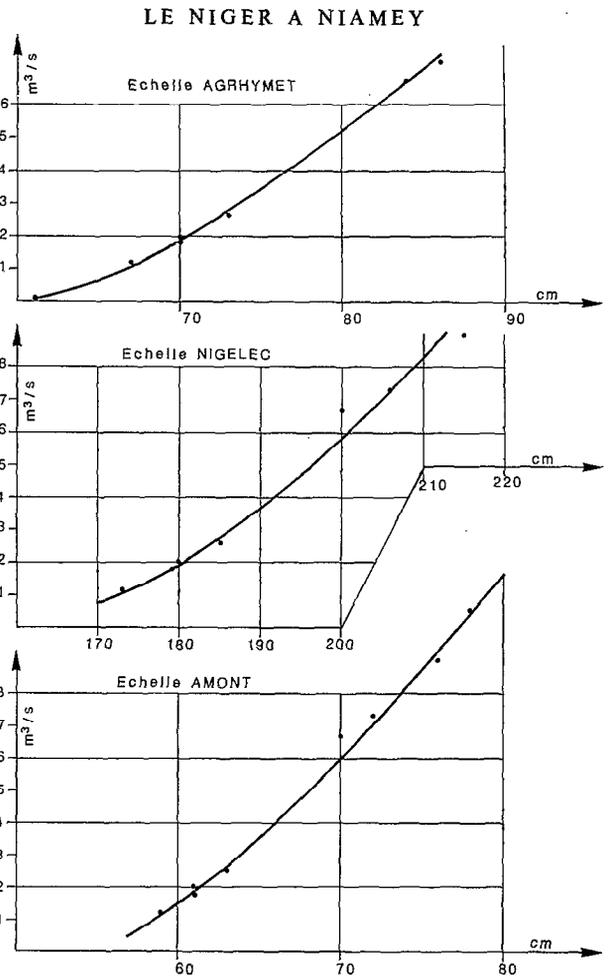


FIG. 15. - Tarage de très basses eaux

4.2.2. *Étiages observés a Kandadji, Tillabery, Malanville*

A Kandadji, un premier minimum est observé les 24 et 25 juin avec un débit de 1,3 m³/s correspondant d'ailleurs au jaugeage réalisé ces jours-là. Un autre minimum à 1,2 m³/s se produit quelques jours plus tard, le 7 juillet. Il s'agit du plus faible débit jamais enregistré à Kandadji.

A Tillabery, un représentant du FED (1) en mission dans la région a constaté dans le courant du mois de juin, l'arrêt de l'écoulement du fleuve près de Tillabery.

A Malanville, un représentant de l'OMM (2) en mission dans la région a observé un écoulement pratiquement nul du fleuve, également en juin.

4.2.3. *Comparaisons avec les décrues des années sèches précédentes*

Les figures 11, 16 et 17 présentent la décrue 1985 à Niamey comparée successivement aux années antérieures les plus sévères : 1984 (fig. 11), 1983 (fig. 17) et 1974 (fig. 16).

Jusqu'au 25 juin 1985 la courbe de décrue du fleuve est en dessous de toutes les courbes existant depuis 50 ans.

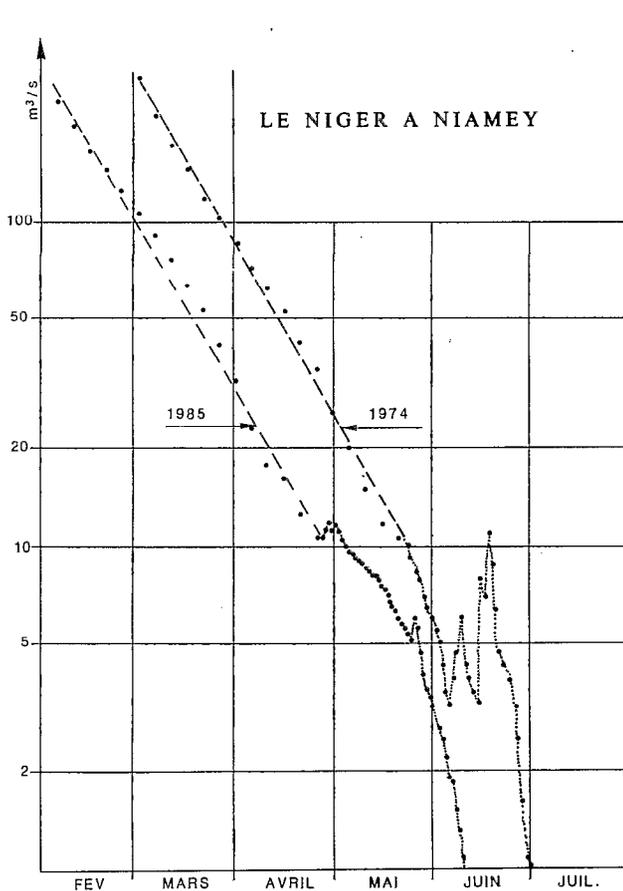


FIG. 16. - Comparaison des décrues 1985 et 1974

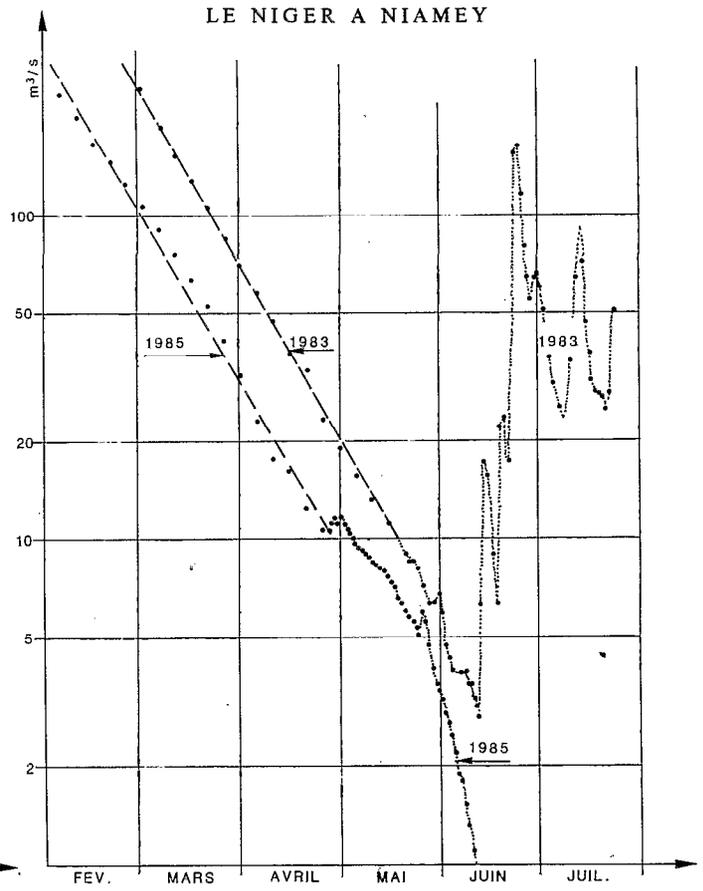


FIG. 17. - Comparaison des décrues 1985 et 1983

5. MODE DE DÉTERMINATION DE L'ÉTIAGE 1985

5.1. ÉVOLUTION DU PLAN D'EAU DURANT LA MISE EN PLACE DU BATARDEAU

Les travaux du batardeau commencent le 28 avril. Les cotes des différentes échelles montent un peu à l'arrivée de la crue en provenance de Markala jusqu'au 2 mai. La fermeture du lit progresse et le 3 mai l'échelle Nigelec enregistre encore une petite hausse quand les cotes de Goudel (non encore influencée) et Amont baissent.

La fermeture totale du lit a lieu le 9 mai dans l'après-midi entraînant une baisse à Aghrymet et une élévation rapide à Nigelec d'abord puis Goudel. L'échelle Amont continue de décroître mais très lentement en raison d'un manque de sensibilité dû (nous le verrons en très basses eaux) à un seuil de contrôle horizontal et long. Il apparaît par contre que le seuil en gabions qui sert de déversoir au batardeau constitue une section de contrôle très sensible pour la détermination des débits et il sera utilisé comme tel pendant quelque temps.

Après un remplissage complet de la retenue (cote 210 à Nigelec) le niveau d'eau se met à baisser jour après jour et des travaux partiels d'étanchement du seuil en gabions sont entrepris le 11 juin. Dès le 12 les débits redeviennent nuls à l'aval alors que la cote de la retenue remonte et que le niveau d'eau continue à baisser sur l'échelle Amont.

Une petite crue dans la journée du 13 juin remonte le niveau qui passe au-dessus de la terre mise en place pour étancher les gabions. L'écoulement aval reprend et se poursuit jusqu'au 18 juin en raison de l'érosion progressive du seuil de contrôle en terre des gabions. Alors que le 13 juin au matin l'écoulement aval était nul pour $H = 176$ Nigelec, le 18 juin un écoulement subsistait pour $H = 170$. Les travaux d'étanchement reprennent le 17 juin pour se terminer le 19, jour où l'écoulement aval s'arrête pour reprendre le 27 suite à la forte pluie du 26. Les modifications constantes du seuil conduisent à n'utiliser l'échelle Nigelec que pour des bilans pendant cette période.

5.1.1. Vérification oculaire du seuil naturel de contrôle des très basses eaux, découvert

Nous avons profité de son assèchement le 12 juin pour contrôler de visu le seuil de Saga qui en très basses eaux sert de seuil de contrôle aux deux échelles Agrhymet et Nigelec (sans batardeau). Pour $H = 061$ à l'échelle Agrhymet le débit est de l'ordre de 100 l/s. Le seuil est constitué de matériaux durs et cohérents, aucune trace de sable et la roche en place affleure. Compte tenu de ces caractéristiques il semble normal que les jaugeages de basses eaux effectués depuis plus de 10 ans se concentrent sur une seule courbe en dessous de 8-10 m³/s. Cette observation est importante car elle permet de lever le doute sur les basses eaux des années anciennes au cours desquelles aucun jaugeage n'avait été effectué.

5.2. TARAGE

La liste des jaugeages exécutés en 1985 par MM. GALLAIRE, NIONGA et CHAFIK est donnée par le tableau II.

Pour compléter le tarage de l'échelle Amont on ajoutera le débit connu et stable de 10,6 m³/s pour $H = 0,78$ le 26 avril.

Les courbes de tarage sont présentées sur les figures 18 et 15.

La détermination des débits s'effectuera successivement :

- Échelle Nigelec, tarage n° 1.85 jusqu'au 2 mai inclus.
- Échelle Amont du 3 au 13 mai. La décrue se présentant en escalier en raison du peu de sensibilité de la station, les débits ont été lissés.
- Échelle Nigelec, tarage n° 2.85 du 14 mai au 11 juin inclus.
- Échelle Agrhymet à partir du 11 juin et estimation par bilan pour l'estimation des débits « naturels » sans batardeau.

(1) FED : Fonds Européen de Développement.

(2) OMM : Organisation Météorologique Mondiale.

5.3. DÉBITS JOURNALIERS

Ils sont regroupés en tableaux annexes. Ils représentent d'une part les débits observés à l'aval du batardeau, d'autre part les débits « naturels » que l'on aurait observés sans l'existence du batardeau. En effet, les travaux réalisés sur ce dernier perturbent dans certains cas la signification des débits aval. Par exemple ceux-ci sont nuls les 12 et 13 juin uniquement en raison des travaux d'étanchement. En contrepartie alors que les débits « naturels » étaient nuls du 15 au 18 juin des infiltrations à travers les gabions ont maintenu un débit artificiel à l'aval durant la même période.

La détermination des débits du fleuve avec la présence du batardeau n'a pas pris en compte les variations du stock de la retenue du batardeau car les volumes mis en jeu jusqu'au 10 juin étaient faibles devant les débits entrant ou sortant.

Les débits en aval de Nigelec diminuant, les variations du volume stocké dans la retenue prennent de l'importance et conduisent à évaluer des débits « naturels » par opposition à ceux observés en aval du batardeau.

Le bilan de la retenue s'écrit :

Volume de sortie = Volume entrant - Volume prélevé (Nigelec + évaporation) + Volume de la retenue destocké entre les deux dates du bilan.

$$V \text{ sortie} = V \text{ entrant} - V (\text{NIG} + \text{EV}) + V \text{ stok}$$

d'où

$$V (\text{NIG} + \text{EV}) = V \text{ entrant} + (V \text{ stock} - V \text{ sortie})$$

TABLEAU II
Le Niger à Niamey. Jaugeages 1985

Dates	H Nigelec	Débit	H Amont	H Agrhymet
08/01/85	276	540		
23/01	234	370		
07/02	190	225		
07/03	138	91		
20/03	120	54		
27/03	109	42		
05/04	095	24		
11/04	088	16,5		
19/04	083	12,3		
26/04	078	10,9		
09/05	(215)	9,0	076	
17/05	206	7,3	072	086
22/05	200	6,7	070	084
03/06	185	2,6	063	073
06/06	180	2,0	061	070
07/06	179	1,8	061	070
10/06	173	1,2	059	067
12/06	(1)	0,1	(1)	061

(1) Cotes sans significations

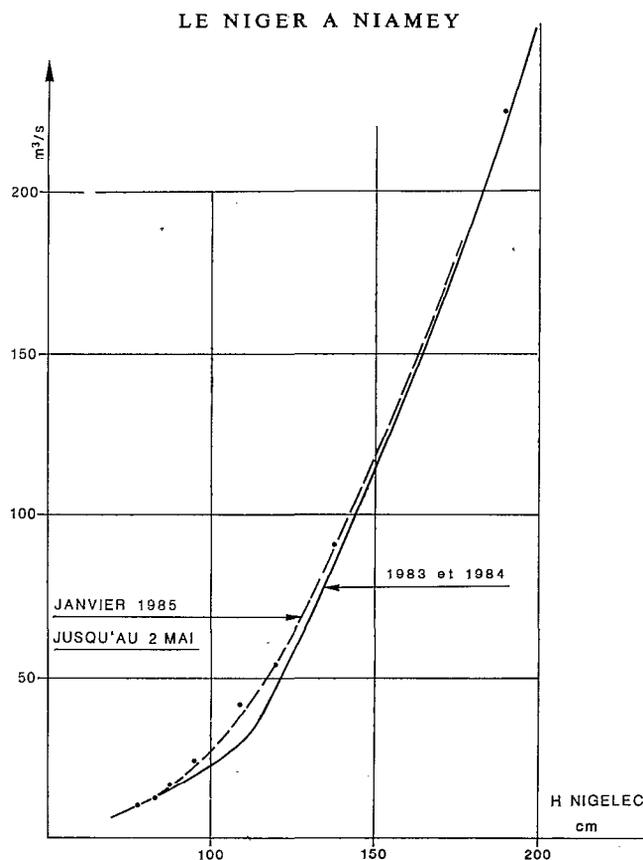


FIG. 18. - Étalonnage de basses eaux avant mai 1985



Seuil de Saga

Si la quantité ($V \text{ stock} - V \text{ sortie}$) est négative cela signifie que le volume d'eau arrivant à Niamey est supérieur aux prélèvements, il n'y a donc pas de problèmes d'alimentation en eau.

Si la quantité ($V \text{ stock} - V \text{ sortie}$) est nulle, cela signifie que les prélèvements accaparent la totalité des débits entrant à Niamey et le débit du fleuve devient nul à l'aval de Nigelec.

Si la quantité ($V \text{ stock} - V \text{ sortie}$) est positive, les débits entrant à Niamey sont inférieurs aux prélèvements et il y a pénurie.

Examinons les valeurs de la quantité :

$$A = (V \text{ stock} - V \text{ sortie})$$

Le calcul de la variation de stock fait intervenir la superficie de la retenue. D'après les chiffres fournis par le MDR-GR, l'interpolation pour $H = 1,75 \text{ m}$ à l'échelle Nigelec donne $S = 2,3 \text{ km}^2$ et $2,4 \text{ km}^2$ pour $H = 1,86 \text{ m}$.

On obtient donc :

Du 1 au 2 juin

$$V \text{ stock} = 2,4 \cdot 10^6 (1,88 - 1,86) = 48 \text{ Mm}^3 \text{ (milliers m}^3\text{)}$$

dans laquelle $2,4 \cdot 10^6$ est la superficie en mètres carrés et $1,88$ et $1,86 \text{ m}$ les cotes Nigelec les 1 et 2 juin.

$$V \text{ sortie} = (3,2 + 2,9) : 2 \times 86\,400 = 264 \text{ Mm}^3$$

dans laquelle $3,2$ et $2,9$ sont les débits de sortie les 1 et 2 juin et $86\,400$ le nombre de secondes par jour. D'où :

$$A = V \text{ stock} - V \text{ sortie} = 48 - 264 = -216 \text{ Mm}^3$$

Ce chiffre négatif fort signifie que les prélèvements Nigelec sont encore petits par rapport aux apports du fleuve.

Du 5 au 6 juin

$$\begin{aligned} V \text{ stock} &= 2,4 \cdot 10^6 (1,82 - 1,80) = 48 \text{ Mm}^3 \\ V \text{ sortie} &= (2,2 + 1,9) : 2 \times 86\,400 = 177 \text{ Mm}^3 \\ A &= 48 - 177 = -129. \text{ La valeur de } A \text{ augmente.} \end{aligned}$$

Du 10 au 11 juin

$$\begin{aligned} V \text{ stock} &= 2,3 \cdot 10^6 (1,73 - 1,71) = 46 \text{ Mm}^3 \\ V \text{ sortie} &= (1,1 + 0,8) : 2 \times 86\,400 = 82 \text{ Mm}^3 \\ A &= 46 - 82 = -36 \end{aligned}$$

Du 14 au 15 juin

$$\begin{aligned} V \text{ stock} &= 2,4 \cdot 10^6 (1,83 - 1,80) = 72 \text{ Mm}^3 \\ V \text{ sortie} &= (1,6 + 1,3) : 2 \times 86\,400 = 125 \text{ Mm}^3 \\ A &= 72 - 125 = -53 \end{aligned}$$

Du 15 au 16 juin

$$\begin{aligned} V \text{ stock} &= 2,3 \cdot 10^6 (1,80 - 1,75) = 115 \text{ Mm}^3 \\ V \text{ sortie} &= (1,3 + 1,1) : 2 \times 86\,400 = 104 \text{ Mm}^3 \\ A &= 115 - 104 = +11 \end{aligned}$$

Du 16 au 17 juin

$$\begin{aligned} V \text{ stock} &= 2,3 \cdot 10^6 (1,75 - 1,72) = 69 \text{ Mm}^3 \\ V \text{ sortie} &= (1,1 + 0,6) : 2 \times 86\,400 = 73 \text{ Mm}^3 \\ A &= 69 - 73 = -4 \end{aligned}$$

Du 17 au 18 juin

$$\begin{aligned} V \text{ stock} &= 2,3 \cdot 10^6 (1,72 - 1,70) = 46 \text{ Mm}^3 \\ V \text{ sortie} &= (0,6 + 0,2) : 2 \times 86\,400 = 35 \text{ Mm}^3 \\ A &= 46 - 35 = +11 \end{aligned}$$

Du 19 au 26 juin les débits de sortie sont nuls en raison des travaux d'étanchement réalisés et la valeur de A se réduit à V stock.

Du 18 au 19 juin

$$A = V \text{ stock} = 2,3 \cdot 10^6 (1,70 - 1,76) = -138 \text{ Mm}^3$$

et les jours suivants :

Jours	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Cotes	1,70	1,76	1,79	1,81	1,82	1,82	1,81	1,79	1,78
A	-138	-69	-48	-24	0	+24	+48	+24	

Par suite d'une petite crue le niveau d'eau s'élève dans la retenue du 19 au 22 juin ; les prélèvements sont inférieurs aux apports amont. Par contre le niveau se stabilise le 23 et redescend ensuite : les prélèvements sont redevenus supérieurs aux apports.

De nouvelles crues surviennent à partir du 27 juin.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction
le 27.12.1985

LE NIGER A NIAMEY - 1983									
Débits en m3/s									
JOURS	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.
1			246	70,2	18,8	5,9	59,6	104	
2			230	68,0	18,3	4,7	51,2	111	
3			215	65,9	17,8	4,3	43,0	106	
4			203	63,8	17,2	3,9	35,6	102	
5			191	61,7	16,7	3,9	29,8	104	
6			188	57,5	15,7	3,9	28,0	188	
7			186	55,4	15,2	3,9	25,4		
8			178	53,3	14,7	3,9	23,4		
9			169	51,2	14,2	3,6	45,0		
10			164	49,1	13,7	3,6	35,6		
11			156	47,0	13,2	3,2	43,0		
12			151	45,0	13,2	2,8	63,8		
13			146	43,0	12,2	6,3	90,0		
14			143	39,0	11,7	17,2	72,4		
15			138	37,0	11,2	15,7	47,0		
16			133	37,0	11,2	13,7	37,0		
17			128	35,6	11,2	8,9	31,2		
18			126	35,6	11,2	6,3	28,0		
19			121	34,1	11,2	22,0	28,0		
20			116	34,1	10,3	23,4	27,2		
21			113	32,7	8,9	17,2	24,7		
22			106	29,8	8,5	17,2	28,0		
23			102	28,0	8,5	156	51,2		
24			96,9	26,3	8,5	164	45,0		
25			92,3	24,7	8,0	118	37,0		
26			87,8	22,7	7,1	79,0	29,8		
27			83,4	21,4	7,1	63,8	25,4		
28			81,2	20,7	6,3	55,4	21,4		
29			81,2	20,7	6,3	63,8	22,0		
30			76,8	20,1	6,3	65,9	35,6		
31			72,4		6,7		68,0		

LE NIGER A NIAMEY - 1984									
Débits en m3/s									
JOURS	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.
1			154	49,1	13,2	4,7	10,7	8,5	
2			148	47,0	13,2	4,3	9,8	12,2	
3			146	45,0	12,2	5,5	9,4	13,2	
4			141	45,0	11,7	6,7	8,9	14,7	
5			138	43,0	11,2	7,6	7,6	83,4	
6			133	41,0	11,2	7,6	6,3	123	
7			131	39,0	11,2	19,4	6,3	154	
8			126	35,6	10,7	47,0	6,7	169	
9			123	34,1	13,2	31,2	10,7	180	
10			121	31,2	17,8	31,2	20,7	191	
11			118	28,9	12,7	26,3	19,4	200	
12			116	28,0	20,1	22,0	14,2	240	
13			113	27,2	17,8	19,4	13,2	246	
14			108	25,4	14,2	16,7	15,2	243	
15		252	104	23,4	10,7	15,7	19,4		
16		246	102	22,0	9,4	14,7	14,2		
17		237	99,2	22,0	8,0	15,7	10,3		
18		227	94,6	21,4	7,6	12,2	8,9		
19		215	90,0	20,7	6,7	11,7	11,2		
20		215	83,4	19,4	5,9	11,7	8,9		
21		212	81,2	18,8	9,4	11,7	7,6		
22		209	79,0	18,3	11,7	11,2	6,7		
23		203	74,6	17,2	10,3	13,7	5,9		
24		194	72,4	16,7	9,8	14,2	5,1		
25		186	68,0	16,2	8,9	14,2	3,9		
26		180	63,8	15,7	8,5	27,2	3,6		
27		175	59,6	15,2	8,0	22,0	4,7		
28		167	57,5	14,2	6,7	17,8	6,7		
29		159	53,3	13,7	5,9	14,2	8,0		
30			51,2	13,2	5,1	11,7	8,0		
31			51,2		4,7		8,5		

ANNEXES

LE NIGER A NIAMEY - 1985										
Débits en m ³ /s										
Débits en aval du batardeau										Débits "naturels" sans batardeau
JOURS	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	JUIN
1			111	32,0	11,1	3,2	25,0	222		
2			107	29,5	11,6	2,9	65,0	234		
3		252	102	27,4	11,0	2,7	63,0			
4		246	100	25,4	10,4	2,5	42,0			
5		237	97,3	24,4	10,0	2,2	26,0			
6		230	95,0	23,3	9,6	1,9	22,9			
7		221	90,8	21,3	9,4	1,8	20,8			
8		215	88,7	19,2	9,2	1,5	14,3			
9		210	84,5	18,4	9,0	1,3	10,5			
10		201	82,4	17,7	8,8	1,1	9,2			
11		196	78,2	17,7	8,5	0,8	9,2			
12		190	76,1	17,7	8,3	0,1	7,9			0,8
13		183	72,2	16,9	8,0	0,0	5,9			0,5
14		175	70,4	16,9	8,0	1,6	5,6			0,6
15		167	70,4	16,9	7,8	1,3	5,2			0,0
16		162	66,8	16,2	7,5	1,1	20,8			0,0
17		155	63,2	15,4	7,3	0,6	34,0			0,0
18		155	61,4	13,9	7,0	0,2	37,2			0,0
19		150	57,8	13,9	6,5	0,0	42,0			1,6
20		147	56,0	13,1	6,3	0,0	77,0			0,8
21		142	54,6	12,4	6,0	0,0	83,4			0,5
22		137	53,2	11,6	5,8	0,0	113			0,3
23		132	50,4	11,1	5,6	0,0	90,0			0,0
24		130	47,6	11,1	5,4	0,0	85,6			0,0
25		125	44,8	10,6	5,1	0,0	111			0,0
26		123	43,4	10,6	6,0	0,0	115			0,0
27		118	40,8	10,6	5,6	9,3	123			
28		118	39,5	10,6	4,7	13,9	222			
29			38,3	11,1	4,0	15,8	212			
30			35,8	11,6	3,6	19,9	222			
31			33,3		3,4		215			