

Crue, inondation et production halieutique

Un modèle prédictif des captures
dans le delta intérieur du Niger

Raymond Laë

Halieute

Gil Mahé

Hydrologue

La gestion de la pêche dans les écosystèmes aquatiques repose sur une bonne connaissance de la ressource disponible et des moyens mis en œuvre pour son exploitation. Pendant de nombreuses années, la science halieutique s'est focalisée sur l'étude de l'impact de l'activité de pêche sur l'abondance et la composition des peuplements. A cet effet, un certain nombre de modèles ont été développés, accordant tous une importance primordiale à la pression de pêche comme variable explicative de l'évolution des stocks de poisson (Ricker, 1954, Beverton et Holt, 1957 ; Schaefer, 1967 ; Fox, 1970).

Ces modèles se sont toutefois révélés peu efficaces pour les écosystèmes marins caractérisés par une forte instabilité environnementale de même que pour les écosystèmes aquatiques continentaux. Dans ce dernier cas, c'est généralement la prise en compte de la capacité biotique de l'écosystème, exprimée à travers un modèle empirique, qui fournit la meilleure prédiction du potentiel de captures et même celle des captures effectivement réalisées (Fryer et Iles, 1972 ; Henderson et Welcomme, 1974 ; Melack, 1976 ; Youngs et Heimbuch, 1982 ; Bernacsek et Lopes, 1984 ; Marshall, 1984 ; Moreau et De Silva, 1991 ; De Silva *et al.*, 1991 ; Crul, 1992). Pour les plans d'eau, les modèles empiriques sont basés sur des paramètres ou des indices composites

(e.g. l'indice morpho-édaphique) qui intègrent la superficie en eau, la profondeur moyenne, la concentration en nutriments, en pigments chlorophylliens, etc. Dans le cas des rivières, les modèles empiriques prennent en compte les surfaces des bassins versants, la longueur des cours d'eau ou le régime des crues (Krykhtin, 1975 ; Holcik et Bastl, 1976 ; Welcomme, 1985).

Cependant, ces modèles basés sur les conditions moyennes des écosystèmes ne peuvent en aucun cas prédire les variations interannuelles, lesquelles constituent pourtant l'information la plus intéressante une fois que le contexte géographique est posé, et cela aussi bien pour les gestionnaires des pêches que pour les pêcheurs eux-mêmes.

Dans le delta intérieur du Niger au Mali, la pêche est liée au phénomène de crue/décru (Welcomme, 1986 ; Laë, 1992 ; Sagua, 1999), lui-même dépendant des précipitations qui sont très variables d'une année à l'autre. La question traitée ici porte sur l'identification du ou des meilleur(s) indicateur(s) statistiques permettant de prévoir les captures à partir des données hydroclimatiques.

L'utilisation de jeux de valeurs observées de précipitations ou de débits des fleuves, qui sont plus ou moins disponibles en amont des zones de pêche, va donc être testée de manière à extraire une corrélation prédictive. Un point d'attention particulier doit être accordé à l'identification du meilleur décalage temporel à introduire (entre l'entrée du modèle – les variables hydroclimatiques – et sa sortie – les captures) pour améliorer la qualité de la prévision.

La finalité de cette étude doit être rapprochée de celle qui motive la mise en place d'un observatoire de la pêche orienté vers le soutien à la prise de décision dans cette même région du delta intérieur du Niger (Morand *et al.*, ce volume¹). Une capacité de prédiction précoce des variations prochaines du niveau des captures constitue en effet un élément susceptible de contribuer à une meilleure gestion de cette grande pêcherie sahélienne.

¹ Morand P., Kodio A., Niaré T., ce volume – « Vers un observatoire de la pêche dans le delta intérieur du Niger : méthodes, résultats et enseignements d'un dispositif expérimental ». In : partie 4.

L'environnement

Le réseau hydrographique des tributaires du delta intérieur du Niger s'organise autour du Niger et de son affluent principal, le Bani. Le haut Niger se forme sur le territoire guinéen en amont de Siguiri avec quatre affluents importants : le Tinkisso en rive gauche issu du Fouta Djallon, le Niandan et le Milo en rive droite drainant le sud du Pays et la branche mère du Niger dont la station la plus importante est Kouroussa. Parvenu au Mali et en amont de Bamako, le Niger reçoit en rive droite, le Sankarani d'origine essentiellement guinéenne. Le Bani qui rejoint le Niger à Mopti est constitué de trois branches majeures : le Baoulé qui prend sa source vers Odienné et arrose la région de Bougouni, la Bagoé venue de Boundiali et le Banifing qui draine la région de Sikasso.

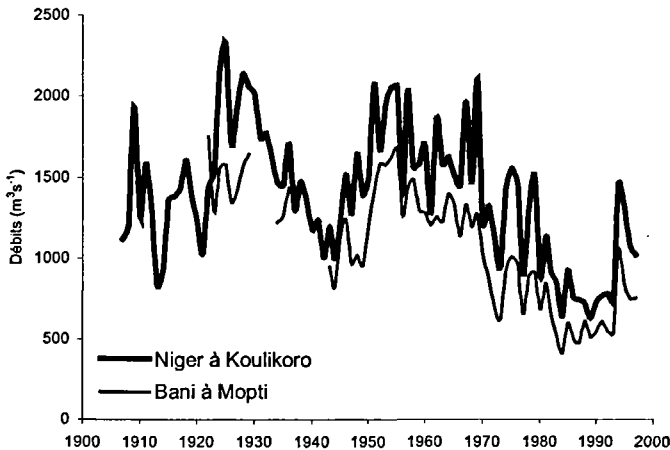
L'ensemble drainé concerne le Sud du Mali et le Nord de la Côte d'Ivoire. Les précipitations y sont moins abondantes qu'en Guinée et le volume d'eau tombé sur le bassin du Bani représente 39 % des pluies sur l'ensemble du bassin du Niger à Douna et Koulikoro en année moyenne (période de référence 1951-1990) (Mahé *et al.*, 1997 ; Bamba *et al.*, 1997). Cette part des pluies sur le bassin du Bani est approximativement stable si l'on considère les décennies 50 à 80. Toutefois, la part de l'écoulement total vers le delta provenant du bassin du Bani (enregistré à Douna) passe de 34 % à 20 % entre les décennies 50 et 80, avec une moyenne de 19 % pour la période 1971-1990. Ces résultats sont confirmés par les données plus récentes (Quensiere *et al.*, 1994 ; Marieu *et al.*, 1998). On peut donc considérer que depuis 30 ans de 80 % de la ressource hydrique du Niger provient du château d'eau de l'Afrique de l'Ouest que constitue la Guinée. Les pluies sur le delta intérieur au Mali n'interviennent quant à elles que pour 5 % en moyenne dans l'inondation du delta intérieur (Mahé *et al.*, ce volume²).

Le déficit pluviométrique enregistré en Guinée et en Côte d'Ivoire à différentes reprises depuis le début du siècle est responsable d'une baisse considérable des débits moyens annuels de ces deux fleuves (fig. 1). Sur le Bani, les moyennes décennales, fortes en 1950-1959

² Mahé G., Bamba F., Orange D., Fofana L., Kuper M., Marieu B., Soumaguel A., Cissé N., ce volume – « Dynamique hydrologique du delta intérieur du Niger (Mali) ». In : *partie 2*.

($1\,467\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$), décroissent régulièrement pour atteindre $589\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ en 1980-1988. Sur le Niger, le phénomène est identique et l'on peut opposer les années de forte hydraulité (1920-1929; 1950-1959) et de faible hydraulité (1910-1919; 1970-1979). A partir des années 1960, il existe une tendance continue à la baisse, les débits de la décennie 1980-1990 ($831\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$) étant de loin les plus faibles enregistrés depuis le début du siècle (Mahé *et al.*, 1997).

Cette diminution des débits entraîne des modifications dans le processus d'inondation du delta, avec des surfaces en eau au moment du pic de crue qui ont tendance à se réduire en même temps que se raccourcit la durée de submersion en chaque point. Ainsi, depuis le milieu du siècle, Quensièrre *et al.* (1994) estime que l'extension de l'inondation (au moment du pic de crue) a varié selon les années dans une gamme de valeurs allant de $43\,900\text{ km}^2$ (en 1957) à $9\,500\text{ km}^2$ (en 1984). Il s'ensuit des changements dans les formations végétales des plaines inondables (Deceuninck, 1989). Par exemple, dès lors que la durée d'inondation devient inférieure à trois mois par an, *Vetiveria nigrita* (graminée vivace) remplace *Echinochloa stagnina* et *Oryza longistaminata*. La conséquence est une modification des capacités biotiques des plaines qui offrent normalement à chaque crue une nourriture abondante et variée aux poissons.



■ Figure 1
Evolution des débits annuels du Niger et du Bani,
respectivement aux stations de Koulikoro et de Mopti.

I Les poissons et la pêche

Les communautés ichtyologiques des cours d'eau africains sont très riches (Lévêque et Paugy, 1999). De nombreuses espèces sont adaptées à la survenue de conditions défavorables, notamment à la contraction de leur habitat durant la saison sèche. L'alimentation, la croissance et la mortalité dépendent de la saison. Ainsi, chez la plupart des espèces, la reproduction a lieu au début de la crue, la croissance est limitée à la période de montée des eaux et le taux de mortalité est plus élevé en étiage. L'abondance des poissons varie donc positivement au cours d'un cycle hydrologique en fonction des superficies en eau (Welcomme, 1989).

Bien qu'artisanale, la pêche est intensive et elle est caractérisée par des variations saisonnières nettes, avec un ralentissement de l'activité aux alentours du pic de crue, au moment où les poissons sont dispersés dans la plaine d'inondation. Les pêcheurs du delta intérieur du Niger déploient ainsi leur effort selon un schéma très contrasté dans l'espace et le temps, calé sur le cycle annuel des saisons hydrologiques (Daget, 1949 ; Laë, 1994 a ; Laë et Morand, 1994). Ce cycle est en effet le déterminant majeur des dynamiques de reproduction et de migration du poisson et, par voie de conséquence, des variations de sa disponibilité (abondance et vulnérabilité). Et le pêcheur a tout intérêt à tirer parti de ces variations, largement prévisibles, pour augmenter ses captures, en combinant mobilité et diversification des techniques de pêche.

La dégradation des conditions environnementales a entraîné au cours des dernières décennies un certain nombre d'adaptations qui se traduisent par une diversification des engins, par la recherche de nouvelles technologies adaptées au rajeunissement des stocks cibles et par l'exploitation de milieux jusqu'alors peu accessibles. Il semble ainsi que les périodes de sécheresse voient les activités se renforcer à la décrue et se ralentir à l'étiage, puisqu'un grand nombre de milieux – qui restaient toute l'année en eau durant les années de forte hydraulité – se retrouvent alors temporairement asséchés. Dans les conditions actuelles de forte exploitation, cela entraîne une concentration des efforts et des captures (fig. 2) dans les trois secteurs (ou strates) encore régulièrement inondés sur les six que compte la région du delta (voir carte en figure 1 *in* Morand *et al.*, ce volume).

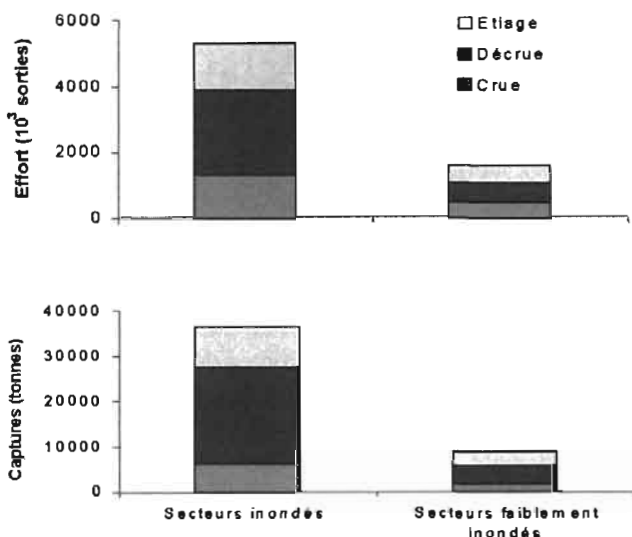


Figure 2
Répartition spatiale et temporelle des efforts de pêche
et des captures dans le delta intérieur du Niger.

Méthode

Les premières études sur la pêche dans le delta datent des années 1955. Elles consistaient en des opérations d'ampleur limitée dans l'espace et dans le temps (Daget, 1949 ; Blanc *et al.*, 1955 ; Cantrelle et Laurent, 1961 ; Scet-Sedes, 1964, Daget, 1973). A partir de 1966, des études spécialisées sont menées par l'Opération pêche de Mopti (OPM) visant particulièrement les circuits commerciaux (OPM, 1989). Depuis cette période, des statistiques de pêche annuelles sont enregistrées sur le port de Mopti, qui constitue un point de rupture de charge pour le transfert des cargaisons (depuis les pinasses vers les camions) et qui joue aussi un rôle de marché de gros. Sur la base de ces statistiques de quantités en transit, un mode d'estimation des captures totales dans la région peut être proposé (Laë, 1992). Il passe par l'évaluation d'une composante « consommation locale et autoconsommation », indispensable pour la reconstitution d'une estimation de production totale à partir des flux partiels enregistrés par l'OPM à Mopti. Cette évaluation a pu être obtenue par calage sur

une autre estimation des captures totales, obtenue pour une période limitée (1989-91) mais selon une méthode beaucoup plus directe. Il s'agit en effet de données collectées par une enquête cadre à fort taux d'échantillonnage et par un suivi des quantités mises à terre sur un réseau échantillon de 36 sites de production, au cours de deux campagnes successives³.

Tableau 1

Captures annuelles de poisson (en tonnes)
estimées pour le delta intérieur du Niger
et débits annuels (en $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) du Niger à Koulikoro
et du Bani à Mopti.
Les résultats sont donnés de juillet de l'année n
à juin de l'année n+1.

Années	Niger à Koulikoro $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Bani à Mopti $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Captures tonnes	Années	Niger à Koulikoro $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Bani à Mopti $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Captures tonnes
1966-67	2 675	1 999	77 343	1979-80	3 677	1 802	68 501
1967-68	3 428	2 366	76 879	1980-81	2 000	1 358	61 603
1968-69	2 993	2 089	81 578	1981-82	2 754	1 769	57 025
1969-70	4 170	2 346	83 191	1982-83	2 077	1 295	47 829
1970-71	2 756	1 882	75 913	1983-84	1 897	1 049	40 860
1971-72	3 227	1 810	67 339	1984-85	1 313	811	35 551
1972-73	2 487	1 413	56 550	1985-86	2 154	1 284	46 877
1973-74	2 258	1 293	44 865	1986-87	1 573	1 046	43 276
1974-75	3 330	1 985	55 103	1987-88	1 354	948	42 597
1975-76	3 333	2 069	67 114	1988-89	1 762	1 304	47 289
1976-77	2 258	1 754	68 310	1989-90	1 208	1 058	45 000
1977-78	1 827	1 235	60 842	1990-91	1 535	1 136	48 600
1978-79	2 643	1 822	59 798				

Pour la reconstitution d'une série de 25 ans de valeurs de production totale (tableau 1), il a bien sûr été pris en compte le fait que la composante « consommation locale et autoconsommation » devait diminuer en remontant le temps, compte-tenu de l'évolution

³ Ces enquêtes ont permis l'estimation, d'une part, du nombre de ménages de pêcheurs dans le delta, ventilés par types et par zones, et d'autre part, de leur niveau d'activité et des prises qu'ils réalisent par unité d'effort (Laë et Raffray, 1990 ; Laë *et al.*, 1994 a ; Laë *et al.*, 1994 b).

démographique. C'est cette série de 25 valeurs qui est utilisée dans le modèle prédictif présenté ci-après.

Les données de pluviométrie et d'hydrologie proviennent des annuaires de l'IRD (CIEH, 1974, 1989 ; Mahé, 1996 ; Mahé *et al.*, ce volume). Pour la pluviométrie, elles concernent les stations du Niger à Banankoro, Kouroussa, Faranah et Siguiri, du Niandan à Baro, du Milo à Kankan, du Sankarani à Mandiana et Sélingué, du Tinkisso à Ouaran, du Baoulé à Bougouni et Dioila, du Banifing à Pankourou, du Bani à Douna. Les données de crue concernent deux stations (Koulikoro et Mopti) pour lesquelles la chronique des débits remonte au début du 20^e siècle (Marieu *et al.*, 1998). La station de Mopti est représentative du sud et du centre de la cuvette lacustre. Située en amont de la cuvette, la station de Koulikoro présente un grand intérêt car elle enregistre les débits venant du Niger. Compte-tenu du déplacement de l'onde de crue entre le sud et le nord du delta, le pic de crue se situe en septembre, soit trois mois avant celui qui sera perçu en décembre à l'extrémité nord du delta. Pour les années de faible hydraullicité, ce décalage est ramené à un mois : pics en septembre dans le Sud et en octobre dans le Nord (fig. 3).

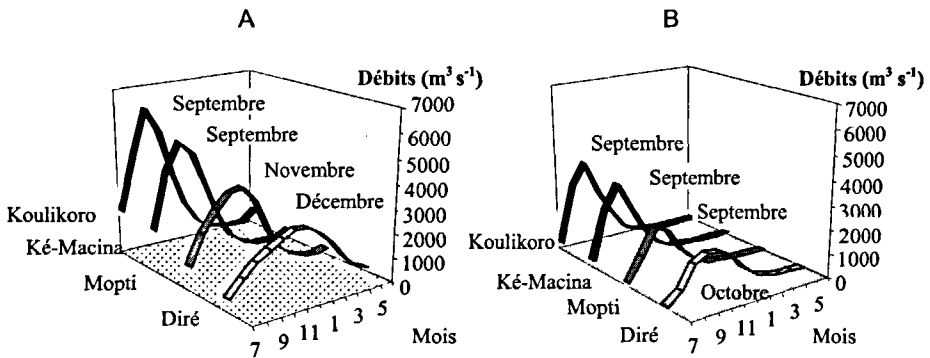


Figure 3

Déplacement de l'onde de crue entre le sud et le nord du delta intérieur du Niger en années de bonne crue (A) et mauvaise crue (B).

La présentation des résultats est faite suivant l'année hydrologique (de juillet à juin), solution qui semble bien adaptée au cas du delta intérieur puisque le cycle biologique du poisson – ponte en début de

crue, reproduction et nutrition dans les zones inondées – ainsi que son exploitation halieutique – pêche intensive à la décrue (de novembre à février) et pêche collective à l'étiage (mars à juin) – sont étroitement liés aux paramètres hydrologiques.

Résultats

Relation pluie/production halieutique

Considérant que la ressource hydrique du Niger provient principalement du bassin du Niger et plus particulièrement de sa composante guinéenne, une relation a été recherchée entre les pluies sur la Guinée et les captures annuelles dans le delta intérieur du Niger. Les histogrammes réunis en figure 4 montrent que les précipitations maximales sur la Guinée interviennent aux mois d'août et de septembre, les mois d'octobre et de novembre montrant déjà un net ralentissement de la pluviométrie. Ces pluies sur la Guinée vont déterminer l'importance des crues entrant dans le delta avec un décalage d'une quinzaine de jours. Il semblait donc possible dès le mois de septembre de prévoir l'importance de l'inondation dans le delta et par voie de conséquence le volume des captures en poisson.

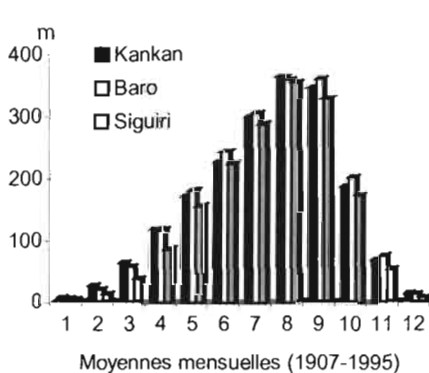


Figure 4
Cycles annuels
de la pluviométrie (en mm)
sur le bassin supérieur
du fleuve Niger
en amont du delta intérieur
du Niger,
aux stations guinéennes
de Kankan, Baro et Siguiri.

En fait les relations obtenues en utilisant comme variable explicative une station de Guinée (tableau 2), différentes

combinaisons de stations en Guinée ou différentes combinaisons de stations entre la Guinée et la Côte d'Ivoire, se sont toutes révélées non significatives ou caractérisées par des coefficients de détermination R^2 relativement faibles (tableau 2).

Tableau 2

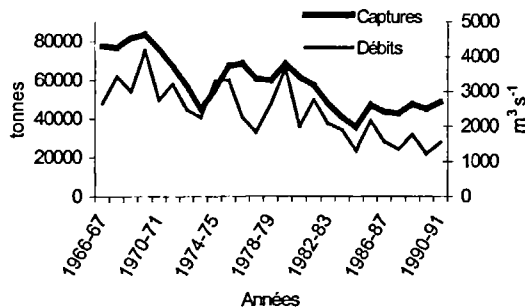
Résultats de trois essais de régressions prédictives des captures de poisson dans le delta intérieur du Niger, à partir de données de pluie en Guinée.

Variable dépendante	Variable indépendante 1	Variable indépendante 2	R^2 ajusté	p <
Captures (juillet-juin) année n	Pluies à Kankan (mai-septembre) année n	Pluies à Kankan année n-1	0,32	0,110
Captures (juillet-juin) année n	Pluies à Baro (Mai-Septembre) année n	Pluies à Baro année n-1	0,53	0,003
Captures (juillet-juin) année n	Pluies à Siguiri (mai-septembre) année n	Pluies à Siguiri année n-1	0,64	0,001

Relation crue/production halieutique

L'analyse de la série des productions totales estimées pour la période 1967-1991 fait apparaître de fortes fluctuations inter-annuelles, avec une tendance générale orientée à la baisse. Le maximum est de 87 000 tonnes en 1969/70 et le minimum de 37 000 tonnes en 1984/85 (fig. 5).

Figure 5
Evolution interannuelle (de 1966 à 1991) des débits du fleuve Niger à Koulikoro (en $m^3 s^{-1}$) et des captures totales de pêche dans le delta intérieur (en 10^3 tonnes).



La station de Mopti permet de prendre en compte les arrivées d'eau provenant du Niger et du Bani. La crue s'étend du mois de juillet au mois de décembre, période de référence pour les apports en eau dans le delta intérieur (fig. 6). Le maximum de crue (moyenne 1907-1995) y est enregistré ($2\,804\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$) au mois d'octobre mais les débits y sont fortement réduits compte tenu de l'étalement des eaux dans les plaines inondées. La corrélation a été testée pour l'année n et l'année $n-1$ car les captures interviennent principalement sur des individus nouvellement recrutés ou recrutés l'année précédente – d'où la nécessité de prendre en compte un possible effet des conditions environnementales survenues au cours de l'année $n-1$.

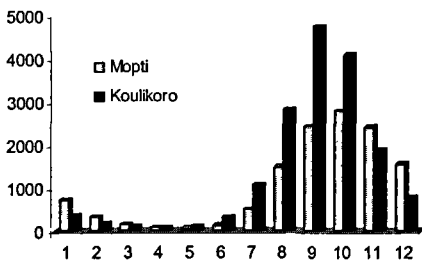


Figure 6
Débits mensuels
moyens (période
1907-1995)
du fleuve Niger
à Koulikoro
et du Bani à Mopti
(en $\text{m}^3\text{ s}^{-1}$).

Si l'on analyse les variations des captures annuelles de 1966 à 1991 en fonction des débits moyens observés à Mopti de juillet à décembre de l'année en cours et de juillet à décembre de l'année précédente, on obtient un coefficient de détermination R^2 très élevé, égal à 0,93 ($p < 0,0006$), ce qui traduit une excellente capacité prédictive du modèle.

L'objectif du modèle étant d'obtenir une prédiction aussi précoce que possible, nous avons également testé la prédiction des captures à partir des débits enregistrés à la station de Koulikoro (fig. 5), située en amont du delta. Le pic de crue ($4\,770\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$) y intervient en effet en septembre, soit un peu plus tôt qu'à Mopti (fig. 6). Dans ce cas, au lieu d'utiliser comme précédemment toute la période de crue de l'année n (juillet à décembre) et dans l'espoir de réduire la période d'observation nécessaire à la prédiction, nous nous sommes limités pour l'année n à l'utilisation des données de juillet à septembre. Le résultat obtenu reste hautement significatif: $p < 0,0011$ avec un R^2 égal à 0,82 (fig. 7).

Le modèle s'écrit alors :

$$\text{Prises}_{\text{annuelles}} = 0,51 \text{ Déb}(\text{juil-sep}) + 0,54 \text{ Déb}^{-1}(\text{juil-déc}) + 15\,281$$

Cette relation permet de prédire les captures annuelles de poisson dès le mois de septembre, avant même que la campagne de pêche n'ait commencé.

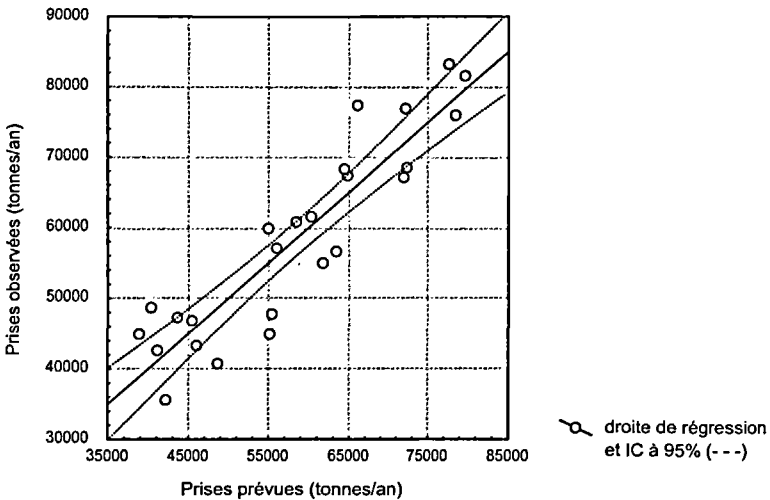


Figure 7

Modèle de prédiction des prises de pêche dans le delta intérieur en fonction des débits du Niger à Koulikoro : corrélation entre les valeurs observées et les valeurs prévues par le modèle.

Discussion

Au début de cette étude, nous pensions que les données de pluie sur la Guinée et la Côte d'Ivoire permettraient d'obtenir la prédiction la plus précoce possible. Il n'en a rien été. La faible qualité de la relation entre la pluviométrie sur la Guinée et les captures dans le delta intérieur peut provenir soit d'une mauvaise

identification de la station ou des stations représentatives de la pluviométrie sur le bassin versant, soit de la mauvaise qualité de la relation statistique (considérée dans le long terme) entre la pluviométrie et la crue du Niger. Cette dernière hypothèse peut être évoquée puisqu'il existe un certain décalage entre l'évolution à long terme de la pluviométrie sur les régions soudaniennes et l'évolution de l'hydraulicité du fleuve. L'explication du phénomène tiendrait dans l'épuisement progressif des aquifères des bassins qui a entraîné une accélération considérable de la phase de tarissement (Olivry, 1993).

Par contre, il existe de bonnes relations entre les débits du Niger et les captures annuelles de poisson. Cette première conclusion n'est pas originale puisque de nombreux auteurs ont déjà noté la relation existant entre les débits à la crue et l'abondance des populations de poisson. On considère généralement que la production des pêcheries pour une année n dépend de l'intensité des crues des années $n-1$, $n-2$ ou $n-3$, dont les effets interviennent avec des pondérations décroissantes (Wimpenny, 1934; Krykhtin, 1975; Holcik et Bastl, 1977; Welcomme et Hagborg, 1977; Durand, 1978; Welcomme, 1979; Welcomme, 1986; Bénech et Quensière, 1987; Laë, 1992; Sagua, 1999). Toutefois, dans le cas du delta intérieur du Niger – et contrairement à ce qui a été observé dans les travaux précédemment cités – le niveau des captures semble être totalement expliqué par les deux crues les plus récentes. Et l'on peut avancer plusieurs raisons pour expliquer cela.

Tout d'abord il faut rappeler que la population du delta intérieur double tous les 20 ans. Ceci, combiné à l'amélioration des matériaux et techniques de pêche, a conduit à une augmentation spectaculaire de l'effort de pêche (Laë *et al.*, 1994 a). Dans ces conditions de très forte mortalité, les stocks sont en renouvellement rapides, constitués majoritairement de jeunes poissons, et les activités de pêche intensives qui se déroulent en période de décrue exercent un prélèvement important sur le recrutement de l'année. L'examen des poissons débarqués montre d'ailleurs que 70 % d'entre eux ont moins d'un an (Laë, 1992), ce qui signifie qu'ils ont été pondus et se sont développés lors de la crue immédiatement précédente, dont l'intensité a déterminé en grande partie leur niveau d'abondance.

Par ailleurs, les fortes variations saisonnières du delta intérieur du Niger font qu'il n'y a pas d'effet durable de la pression de pêche sur le niveau des stocks. Ceci pour deux raisons.

D'une part, la vulnérabilité des poissons est moindre en période de crue et de hautes-eaux lorsqu'ils sont dispersés dans les plaines inondées. Pour chaque espèce, cette période représente une phase de reproduction et de croissance importante et, au niveau global, cela entraîne une augmentation considérable de la biomasse. Dans ce contexte, une forte inondation sur plusieurs mois permet une reconstitution totale de la biomasse quelque soit la faiblesse de celle-ci en fin de la campagne de pêche précédente (c'est-à-dire en juillet au moment de l'amorce de la nouvelle crue).

D'autre part, malgré les adaptations des espèces à la variabilité de leur environnement, les capacités biotiques de l'écosystème aquatique se réduisent tellement en étiage que les mortalités naturelles sont alors extrêmement fortes, accrues encore par la présence de nombreux oiseaux qui profitent des faibles hauteurs d'eau pour harponner aisément les poissons. De telles mortalités naturelles masquent l'impact éventuel de la pêche, puisque tout se passe comme si celle-ci ne faisait que prélever en décrue les poissons qui n'auraient pas survécu, quelques semaines ou mois plus tard, à la période d'étiage.

Compte-tenu de ce qui précède, et à condition qu'un stock minimal de reproducteurs survive en fin d'étiage, on comprend que toute modification du volume des captures peut être associée à une variation immédiatement antérieure des capacités biotiques de l'écosystème. Ce qui explique que cette modification soit largement prévisible à partir de la seule connaissance des volumes d'eau entrant dans la cuvette lacustre.

Conclusion

Le facteur déterminant l'abondance des stocks ichtyologiques dans le delta intérieur semble bien être l'étendue et la durée de l'inondation provoquée par la crue. L'effet est d'ailleurs immédiat puisqu'une mauvaise crue entraîne une diminution des débarquements pour la campagne de pêche qui suit alors qu'un retour à la normale de l'hydrologie permet au stock de se reconstituer sans qu'aucun délai ou presque ne soit nécessaire.

L'utilisation d'un modèle de prédiction des captures basé sur l'utilisation des données de pluies sur la Guinée ou la Côte d'Ivoire s'est avérée peu concluante à ce stade de nos analyses. De plus la mise en place opérationnelle d'un tel modèle exigerait le fonctionnement régulier d'un réseau de suivi pluviométrique sur tout le bassin versant du Niger. Or, l'implémentation d'un tel dispositif paraît une contrainte technique excessivement lourde pour un observatoire de la pêche. De plus, nous avons vu que la relation statistique pluies-débits souffre d'un défaut de stabilité dans le long terme.

Par contre, l'utilisation directe des données de débits du Niger à Koulikoro est simple à mettre en œuvre et permet une prédiction réaliste des captures avec plusieurs mois d'avance⁴. Ce modèle relativement simple pourrait être intégré au bulletin de l'observatoire de manière à prévoir dans un premier temps le volume global de captures pour la campagne à venir.

Dans un second temps, il semble possible d'estimer à partir des données hydrologiques la répartition des captures dans les différentes zones du delta. De ce point de vue, ce type de prédiction rejoindrait les objectifs de l'observatoire, à savoir :

- *prévoir les possibilités spatiales d'exploitation à la décrue et à l'étiage* en évaluant, au niveau local et pour les prochains mois, la mise en eau et la durée d'inondation des zones et secteurs de pêche répertoriés ;
- *prévoir le résultat de la pêche en matière de volumes par zone* : intervenant bien avant le démarrage de la campagne de pêche, la rapidité de la prévision permettrait d'envisager, au niveau local, la répartition de la demande de travail entre pêche intra-deltaïque, agriculture et pêche à l'extérieure du delta ;
- *prévoir les difficultés de valorisation du produit de la pêche en fonction du volume des captures escomptées.*

Ce type de modèle représente donc un outil qui peut venir en appui à la gestion à court terme, pour prévenir les situations de dysfonctionnement, de tension ou de crise.

⁴ Il faut noter toutefois que la haute valeur prédictive de la série de Koulikoro est en partie due au fait que les débits du Bani ont considérablement diminué depuis 30 ans par rapport à ceux du Niger, ce qui fait qu'aujourd'hui plus de 80 % de l'apport hydrique au delta est originaire du Niger en provenance de Guinée.

Bibliographie

- Bamba F., Diabaté M., Mahé G., Diarra M., 1997 –
« Bilans hydrologiques pour des affluents majeurs du fleuve Niger : le Bani, le Sankarani, le Tinkisso et le Milo ». In : *Atelier sc. Friend-AOC Unesco-PHI*, Cotonou, 14-15 déc. 1995, Doc. techn. en hydrologie, Unesco-PHI-V, 16 : 65-82.
- Bénech V., Quensièrre J., 1987 –
Dynamique des peuplements ichtyologiques de la région du lac Tchad (1966-78). Influence de la sécheresse sahélienne. Thèse doct. Etat, univ. Lille-Flandre-Artois, 410 p.
- Bernacsek G. M., Lopes S., 1984 –
Mozambique. Investigations into the fisheries and limnology of Cahora Bassa Reservoir seven years after dam closure. FAO-GCP-MOZ-006-SWE, Field Doc. 9, FAO, Rome, 145 p.
- Beverton R. J. H., Holt S. J., 1957 –
On the dynamics of exploited fish populations. U.K., Min. Agric. Fish., Fish. Invest., sér. 2., vol. 19.
- Blanc M., Daget J., Aubenton F. (d'), 1955 –
Recherches hydrobiologiques dans le bassin du moyen Niger. *Bull. Ifan*, 17, sér. A, 17 p.
- Cantrelle P., Laurent C., 1961 –
Le poisson de fleuve dans l'ouest africain. Ministère de la Coopération française, 69 p.
- CIEH, 1974 –
Annales des précipitations journalières de l'origine des stations à 1965. CIEH-SEAE/Coop-Orstom, Côte d'Ivoire, 1973, 688 p ; Mali, 1974, 1082 p.
- CIEH, 1989 –
Annales des précipitations journalières de 1966 à 1980. CIEH-Asecna-Orstom, Côte d'Ivoire, 1989, 609 p ; Mali, 1989, 782 p.
- Crul R. C. M., 1992 –
Models for estimating potential fish yields of African inland waters. Doc. FAO, CIFA Occas. Pap. 16, 22 p.
- Daget J., 1949 –
La pêche dans le delta central du Niger. *Journal de la société des africanistes*, 19 (1) : 1-79.
- Daget J., 1973 –
La pêche dans le fleuve Niger. *Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish.*, special issue II : 107-114.
- Deceuninck V., 1989 –
Etudes nationales pour le développement de l'aquaculture en Afrique : Mali. Doc. FAO, circulaire sur les pêches, FIRI/770.24, Rome, 98 p.
- De Silva S. S., Moreau J., Amarasinghe U. S., Chookajorn T., Guerrero R. D., 1991 –
A comparative assessment of the fisheries in lacustrine inland waters in three Asian countries based on catch and effort data. *Fish. Res.*, 11 : 177-189.
- Durand J. R., 1978 –
Biologie et dynamique des populations d'*Alestes baremoze* (Pisces, Characidae) du bassin tchadien. *Trav. doc. Orstom*, 98, 332 p.
- Fox W. W. Jr., 1970 –
An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish Soc.*, 99 : 80-88.
- Fryer G., Iles T. D., 1972 –
The cichlid fishes of the great lakes of Africa. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Henderson H. F., Welcomme R. L., 1974 –
The relationship of yield to morpho-edaphic index and numbers of fishermen in African inland fisheries. Doc. FAO, CIFA Occas. Pap. 1, 19 p.

- Holcik J., Bastl I., 1976 – Ecological effects of water level fluctuations upon the fish populations in the Danube River floodplain in Czechoslovakia. *Acta Sci. Nat. Acad. Sci., Bohemoslov, Brno*, 10 (9), 46 p.
- Krykhtin K. L., 1975 – Causes of periodic fluctuations in the abundance of the non-anadromous fishes in the Amur River. *J. Ichthyol.*, 15 (5) : 826-829.
- Laë R., Raffray J., 1990 – « Les pêcheries artisanales du secteur de Mopti: ressource, communautés de pêcheurs et stratégies d'exploitation ». In : *Etude des pêches artisanales*, actes Atelier de Bamako, 20-23 novembre 1990, ORSTOM-IER, 37 p.
- Laë R., 1992 – Influence de l'hydrologie sur l'évolution des pêcheries du delta central du Niger de 1966 à 1989. *Aquatic living resources*, 5 (2) : 115-126.
- Laë R., Maiga M., Raffray J., Troubat J. J., 1994 a – « Evolution de la pêche ». In Quensièrre J. (éd.) : *La pêche dans le delta central du Niger*, Paris, IER-Orstom-Karthala : 143-163.
- Laë R., Morand P., 1994 – « Typologie des cycles d'activités halieutiques : ménages sédentaires et petits migrants du secteur de Mopti ». In Quensièrre J. (éd.) : *La pêche dans le delta central du Niger*, Paris, IER-Orstom-Karthala : 287-294.
- Laë R., Morand P., Herry C., Weigel J. Y., 1994 b – « Méthodes quantitatives : échantillonnage et traitement des données ». In Quensièrre J. (éd.) : *La pêche dans le delta central du Niger*, Paris, IER-Orstom-Karthala : 449-477.
- Lévêque C., Paugy D. (éd.), 1999 – *Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. IRD, 521 p.
- Mahé G., 1996 – *Annuaire des précipitations mensuelles et annuelles de la Guinée Konakry de l'origine des stations à 1995*. Doc. Orstom, Projet Friend-AOC, Bamako, 62 p.
- Mahé G., Bricquet J.-P., Soumaguel A., Bamba F., Diabaté M., Diarra M., Henry des Tureaux T., Kondé C., Leroux J.-F., Mahieux A., Olivry J.-C., Orange D., Picouet C., 1997 – « Bilan hydrologique du Niger à Koulikoro depuis le début du siècle ». In : *Proceedings of oral presentation, international conference FRIEND'97*, Postojna, Slovenia, Sep.-Oct. 1997, *Acta Hydrotechnica*, Ljublana, Slovénie, 15/18 : 191-200.
- Marieu B., Bamba F., Bricquet J.-P., Cissé N., Gréard M., Henry des Tureaux T., Mahé G., Mahieux A., Olivry J.-C., Orange D., Picouet C., Sidibé M., Touré M., 1998 – *Actualisation des données hydrométriques du fleuve Niger au Mali pour Equanis*. Etudes et rapports Gihrex, ER32, IRD, Bamako, Mali, 81 p.
- Marshall B. E., 1984 – *Towards predicting ecology and fish yields in African reservoirs from pre-impoundment physico-chemical data*. Doc. FAO, CIFA Tech.Pap., 12, 36 p.
- Melack J. M., 1976 – Primary productivity and fish yields in tropical lakes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 105 : 575-580.
- OPM, 1989 – « Ministère des ressources naturelles et de l'élevage, 1966-1989 ». In : *Opération Pêche Mopti, rapport annuel*, Direction nationale des eaux et forêts, Mopti, Mali.
- Moreau J., De Silva S. S., 1991 – *Predictive fish yield models for lakes and reservoirs of the Philippines, Sri Lanka and Thailand*. Doc. FAO, Fish. Tech. Pap., 319, 42 p.

- Olivry J.-C., 1993 – « Evolution récente des régimes hydrologiques en Afrique intertropicale ». In Griselin M. (éd.) : *L'eau, la terre et les hommes, hommage à René Frecaut*, Presses universitaires de Nancy : 181-190.
- Quensièrre J., Olivry J.-C., Poncet Y., Wuillot J., 1994 – « Environnement deltaïque ». In Quensièrre J. (éd.) : *La pêche dans le delta central du Niger*, Paris, IER-Orstom-Karthala : 29-80.
- Ricker W. E., 1954 – Stock and recruitment. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 11 : 559-653.
- Sagua V. O., 1999 – *The effects of climate change on the fisheries of the Sahel*. Doc. FAO, Rome, 63 p.
- Schaefer M. B., 1967 – Fishery dynamics and present status of the yellowfin tuna population of the eastern Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 12 : 89-136.
- Scet-Sedes, 1964 – *Traitement et commercialisation du poisson pêché dans le delta central du Niger. Tome I: analyse de la situation actuelle*. Mission française de coopération, Paris.
- Welcomme R. L., Hagborg D., 1977 – Towards a model of a floodplain fish population and its fishery. *Environ. Biol. Fish.*, 2 : 7-22.
- Welcomme R. L., 1979 – *Fisheries ecology of floodplain rivers*. London, Longman, 317 p.
- Welcomme R. L., 1985 – *River fisheries*. Doc. FAO, Fish. Tech. Pap., 262; 330 p.
- Welcomme R. L., 1986 – The effects of the sahelian drought on the fishery of the central delta of the Niger river. *Aquac. Fish. Management*, 17 : 147-154.
- Welcomme R. L., 1989 – "Review of the present state of knowledge of fish stocks and fisheries of African rivers". In Dodge (éd.) : *Large River Symposium*, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 106 : 515-532.
- Wimpenny R. S., 1934 – The fisheries of Egypt. *Scientific Progress in the Twentieth Century*, London, 29 : 210-227.
- Youngs W. D., Heimbuch D. G., 1982 – Another consideration of the Morphoedaphic Index. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111 : 151-153.