

## Le Delta Intérieur du Niger souffre-t-il d'un faible débit pendant l'étiage?

A&W-rapport 1953



Commandité par



SWEDISH INTERNATIONAL DEVELOPMENT  
COOPERATION AGENCY



# Le Delta Intérieur du Niger souffre-t-il d'un faible débit pendant l'étiage?

A&W-report 1953

---

L. Zwarts  
J. van der Kamp

**Photo de couverture**

Plaines d'inondation sèches dans le Delta Intérieur du Niger en février 2007. Photo: Leo Zwarts

**L. Zwarts,, J. van der Kamp 2013**

Le Delta Interieur du Niger souffre-t-il d'un faible débit pendant l'étiage ? A&W-rapport 1953.  
Altenburg & Wymenga Consultants écologiques, Feanwâlden

**Commandité par :**

**Wetlands International**

Horapark 9  
6717 LZ Ede  
Pays-Bas  
Tel. +31 318 660910

**Réalisé par :**

**Altenburg & Wymenga Consultants écologiques**

B.P. 32  
9269 ZR Feanwâlden  
Pays-Bas  
Tel +31 511 47 47 64  
Fax +31 511 47 27 40  
info@altwym.nl  
[www.altwym.nl](http://www.altwym.nl)

---

**Numéro du projet**  
2110dar

**Chef de Projet**  
E. Wymenga

**Statut**  
Finale

---

**Autorisation**  
Approuvée

**Autographe**  
E. Wymenga

**Date**  
21-10-2013



## Sommaire

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | Remerciements  | 2         |
| <b>2</b> | <b>Variation saisonnière du débit du fleuve</b>                                  | <b>3</b>  |
| 2.1      | Données  | 3         |
| 2.2      | Impact de Sélingué et de Markala sur la variation saisonnière du débit du fleuve | 4         |
| <b>3</b> | <b>Variation annuelle du débit pendant la saison sèche</b>                       | <b>9</b>  |
| 3.1      | Impact de Sélingué   | 9         |
| 3.2      | Impact de Sélingué et de l'Office du Niger                                       | 10        |
| 3.3      | Impact de Talo   | 12        |
| 3.4      | Le débit combiné du Niger et du Bani   | 14        |
| <b>4</b> | <b>L'apport d'eau et le niveau d'eau en saison sèche</b>                         | <b>15</b> |
| 4.1      | L'étiage   | 15        |
| 4.2      | L'apport d'eau et le niveau de l'eau   | 16        |
| 4.3      | Fréquence des niveaux d'eau extrêmement bas                                      | 17        |
| 4.4      | Niveau de l'eau et inondation  | 20        |
| <b>5</b> | <b>L'impact écologique d'un faible apport d'eau</b>                              | <b>23</b> |
| <b>6</b> | <b>L'impact socio-économique d'un faible apport d'eau</b>                        | <b>28</b> |
| 6.1      | Transport  | 28        |
| 6.2      | Pêche  | 28        |
| 6.3      | Agriculture de décrue  | 31        |
| 6.4      | Irrigation   | 31        |
| <b>7</b> | <b>Discussion et résumé</b>  | <b>35</b> |
| 7.1      | La dynamique du fleuve et les plaines d'inondation saisonnières                  | 35        |
| 7.2      | Débit du fleuve et inondation pendant la période sèche                           | 36        |
| 7.3      | Valeurs écologiques  | 37        |
| 7.4      | Valeurs économiques : transport  | 37        |
| 7.5      | Valeurs économiques : pêche  | 37        |
| 7.6      | Valeurs économiques : agriculture de décrue                                      | 37        |
| 7.7      | Valeurs économiques : agriculture dans les projets d'irrigation                  | 37        |
| 7.8      | Santé  | 38        |
| 7.9      | Conclusion générale  | 38        |
| <b>8</b> | <b>Bibliographie</b>   | <b>39</b> |



# 1 Introduction

---

La pluviométrie en Afrique de l'Ouest, et par ricochet le débit des fleuves sahéliens, montre une grande variation annuelle et saisonnière. Les populations vivant le long du fleuve Niger et dans le Delta Intérieur du Niger s'adaptent à ces grandes fluctuations et en font le meilleur usage. Le débit de la plupart des fleuves, y compris, le Niger et le Bani, n'a plus libre cours depuis la construction des barrages, des réservoirs d'eau, et la réalisation des grands projets d'irrigation. Ceci nécessite une gestion de l'eau du bassin du Niger prenant en compte les différentes activités économiques et les différents intérêts écologiques internationaux dépendant du fleuve. Une évaluation intégrée a été menée par Zwarts *et al.* (2005) pour déterminer le rôle global des barrages et de l'irrigation dans l'économie générale et dans l'écologie du Bassin du Niger Supérieur, y compris le Delta Intérieur. Cependant, des informations plus détaillées s'avèrent nécessaires pour répondre aux questions spécifiques se rapportant à la gestion effective des infrastructures, telles que:

- Les riziculteurs du Delta Intérieur du Niger tireraient-ils des profits si Sélingué commençait, plus tard pendant la saison pluvieuse, à retenir l'eau, et quels seraient les coûts pour Sélingué?
- Que gagnerait le Delta Intérieur du Niger si pendant les années catastrophiques sèches (comme en 1984) le réservoir de Sélingué était partiellement rempli et contre quels coûts (moins l'électricité, moins l'irrigation dans l'Office du Niger pendant la saison sèche suivante) ?

La liste est beaucoup plus longue. Ce rapport traite d'une de ces questions spécifiques. L'Office du Niger prélève au barrage de Markala une grande partie de l'eau du fleuve pendant la saison sèche aux fins d'irrigation. Pour prévenir les problèmes en aval, le débit de 50 m<sup>3</sup>/s a été fixé comme débit minimum garanti en aval du barrage de Markala. Ce débit minimum figure, par exemple dans le document intitulé *Plan d'Action du Développement Durable (PADD) du Bassin du Fleuve Niger*. Par contre, la *Commission de Gestion des Eaux* trouve que le débit de 40 m<sup>3</sup>/s suffirait pour prévenir les problèmes écologiques et socio-économiques en aval. Cela crée une confusion pour l'Office du Niger en sa qualité de gestionnaire de l'eau du barrage de Markala.

Le présent document analyse les conséquences sur le Delta Intérieur du Niger si le débit pendant la saison sèche était réduit à 40 ou à 50 m<sup>3</sup>/s.

Le Chapitre 2 décrit d'abord l'impact moyen de Sélingué et de Markala sur la variation saisonnière du débit du fleuve Niger.

Le Chapitre 3 va plus dans les détails et analyse la manière dont l'impact de Sélingué et de Markala varie d'une année à l'autre et il compare aussi le débit naturel (avant 1982) à la situation actuelle (1982-2012). Le Chapitre 3 aussi traite de l'impact en aval du barrage de Talo et, finalement, montre la manière dont l'apport d'eau combiné se déversant dans le Niger et le Bani, a varié ces soixante (60) dernières années.

Le Chapitre 4 renseigne sur la relation entre le débit combiné du Niger et du Bani se déversant dans le Delta Intérieur du Niger, le niveau de l'eau dans le Delta Intérieur du Niger, et montre comment la survenance des niveaux extrêmement bas (étiage) a varié pendant ces soixante (60) dernières années. Finalement, le chapitre montre l'impact d'un débit de 40 et 50 m<sup>3</sup>/s sur le niveau de l'eau, mais aussi sur la superficie inondée dans le Delta Intérieur du Niger.

Le Chapitre 5 utilise les informations du Chapitre 4 pour décrire l'impact d'un faible débit pendant la saison sèche sur les valeurs écologiques du Delta Intérieur du Niger. La relation entre le nombre d'oiseaux d'eau et le niveau de l'eau pendant la saison sèche est montrée pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux.

Le Chapitre 6 fait une analyse montrant jusqu'à quel point les activités socio-économiques sont dépendantes d'un certain niveau d'eau. Cette analyse est faite pour le transport, la pêche, et l'agriculture pendant la décrue et pour l'agriculture dans les projets d'irrigation.

Le Chapitre 7 prend ensemble toutes les informations pour arriver à une conclusion stipulant si le débit minimum à Markala doit être maintenu à 50 ou abaissé à 40 m<sup>3</sup>/s.

## 1.1 Remerciements

Ce travail est réalisé dans le cadre du projet *Réhabilitation des Ecosystèmes Dégradés du Delta Intérieur du Niger* (REDDIN), un projet de l'UICN et de Wetlands International, financé par l'Agence Suédoise de Développement International (ASDI) / Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA).

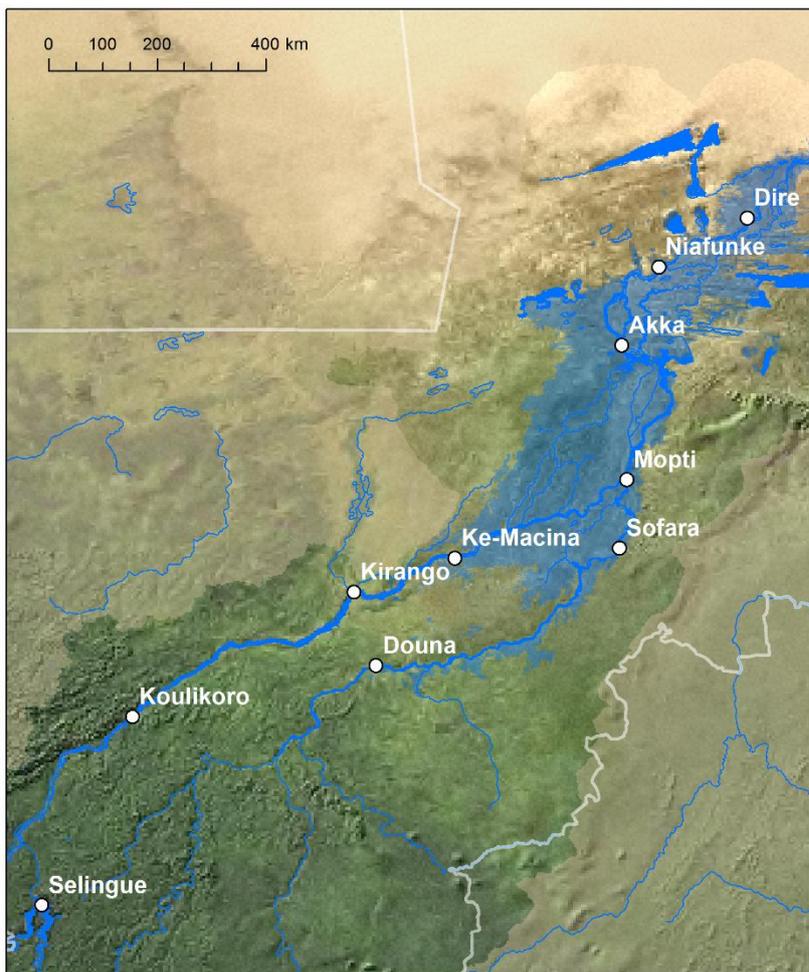
Nous remercions la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH), la Direction Nationale de l'Energie du Mali (EDM) et l'Office du Niger (ON) pour leur coopération et leur volonté de fournir les données. Ce rapport n'aurait pu être rédigé sans leurs efforts quotidiens depuis des douzaines d'années.

## 2 Variation saisonnière du débit du fleuve

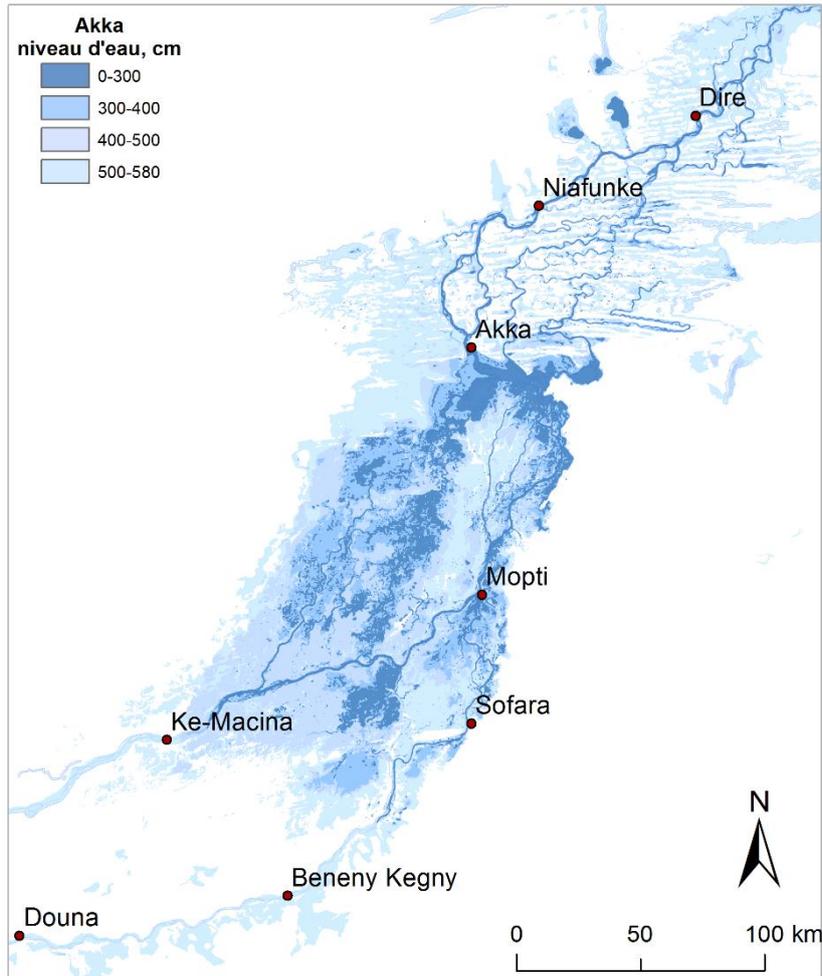
### 2.1 Données

Le niveau de l'eau dans le Delta Intérieur du Niger et dans le cours du fleuve Niger et du fleuve Baní, est quotidiennement mesuré par la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH). Ces mesures sont converties par la DNH en débits ( $m^3/s$ ) en utilisant des équations de régression curviligne. Le prélèvement au barrage de Sélingué est mesuré par l'EDM; l'apport d'eau vers le réservoir est estimé prenant en compte la perte d'eau due à l'irrigation et à l'évaporation. Le niveau de l'eau directement en amont et en aval du barrage de Markala est mesuré par l'Office du Niger (ON). Le prélèvement d'eau aux fins d'irrigation ainsi que le débit du fleuve en aval de Markala sont quotidiennement enregistrés par l'Office du Niger.

Ce rapport utilise les mesures quotidiennes effectuées par les stations indiquées dans la Fig. 1. L'analyse se limite à la période 1956 – 2012. Le barrage de Sélingué fut construit entre 1979 et 1981; l'apport quotidien en eau vers le fleuve et le prélèvement quotidien depuis le 1-1-1982 ont été utilisés dans l'analyse. Nous avons pu utiliser les mesures quotidiennes des prélèvements effectués à Markala depuis le 1-1-2000, complétées par les moyennes mensuelles pour la période d'août 1988 - décembre 1999.



**Fig. 1.** Ci-contre, les stations hydrométriques le long du fleuve Niger et du fleuve Bani et dans le Delta Intérieur du Niger, pertinentes pour cette étude.



**Fig. 2.** Ci-contre, les stations hydrométriques situées dans le Delta Intérieur du Niger, pertinentes pour cette étude. Les différentes couleurs bleues montrent la zone inondée à différents niveaux de crue à Akka.

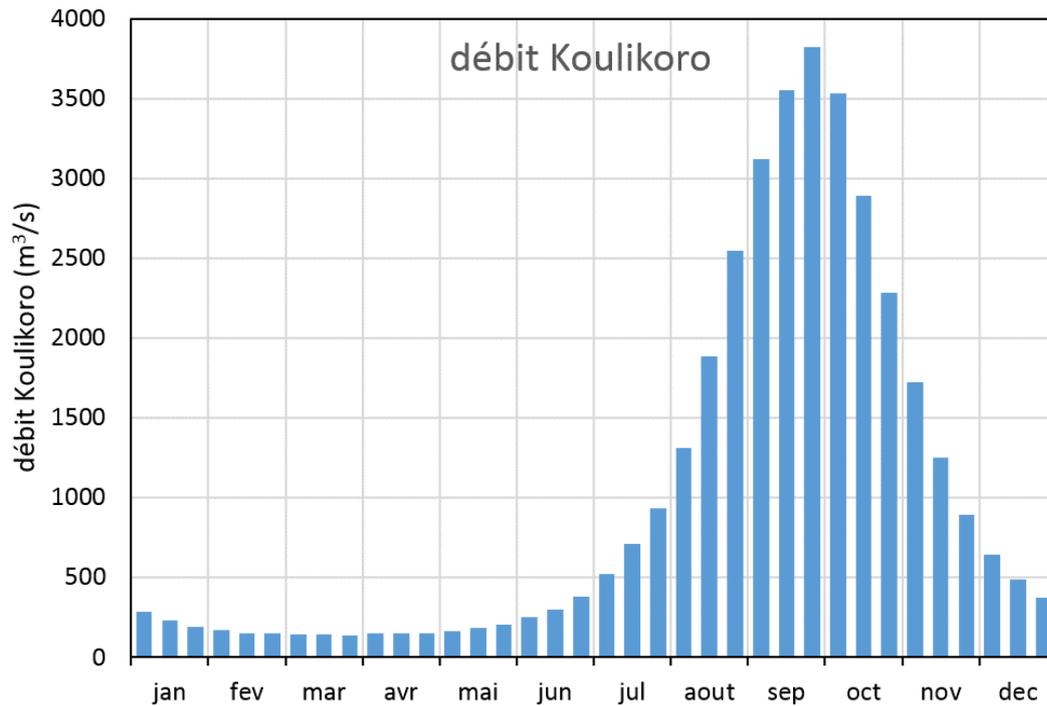
Les stations hydrométriques situées dans le Delta Intérieur du Niger et pertinentes pour cette étude sont montrées dans la Fig. 2. Toutes les données depuis 1956, sont utilisées dans l'analyse. L'échelle de mesure à Akka ne mesure pas les étiages (niveaux d'eau très bas), c'est à dire si le niveau de l'eau est inférieur à 0 cm à l'échelle locale. Heureusement, il y a une très forte corrélation entre les niveaux d'eau mesurés à Akka et à Niafunké, trois jours plus tard.

$$\text{Akka (cm)} = 0,89 * \text{Niafunké (cm)} - 29,8; (R= 0,998; \text{ sélection faite pour avril et mai 1955-2013}).$$

Cette fonction fut utilisée pour reconstruire les mesures manquantes d'Akka.

## 2.2 Impact de Sélingué et de Markala sur la variation saisonnière du débit du fleuve

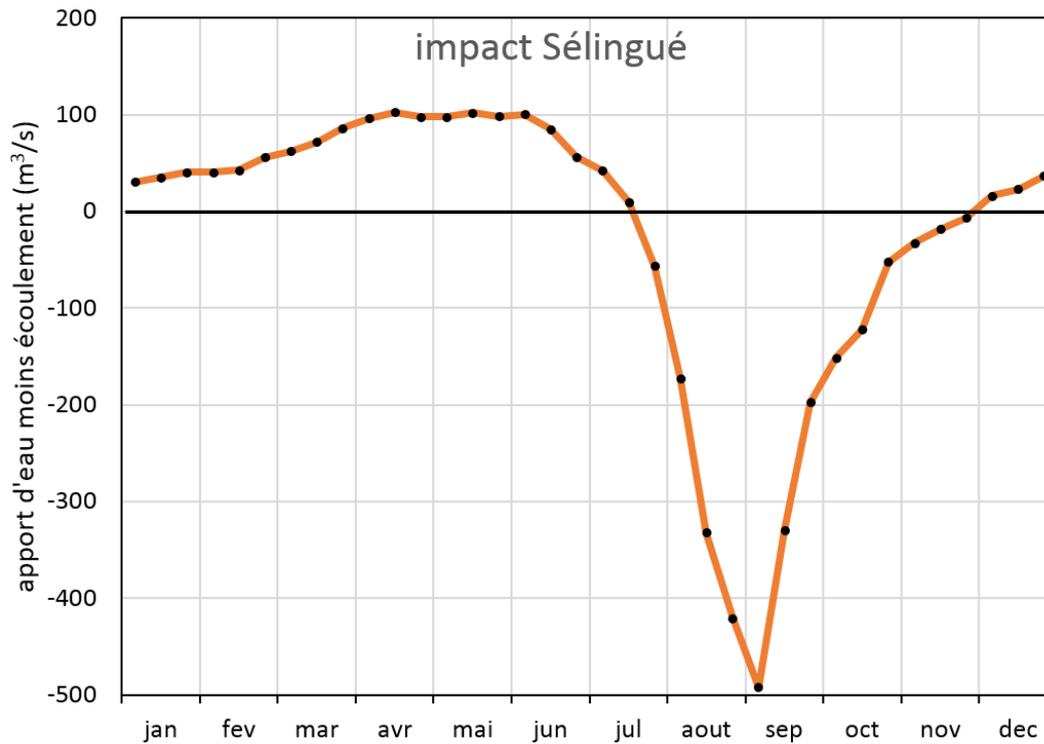
Le débit du fleuve Niger varie de façon saisonnière, atteignant un pic de 3800 m<sup>3</sup>/s, tard en septembre à Koulikoro (Fig. 3). Pendant la longue saison sèche, le débit du fleuve chute à son plus bas niveau (137 m<sup>3</sup>/s, en moyenne), tard en mars.



**Fig. 3.** Variation saisonnière du débit du fleuve Niger à Koulikoro ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), établie en moyenne pour les périodes décennales; 1956-2013. Données de la DNH.

La variation saisonnière montrée dans la Fig. 3 est due à la courte saison pluvieuse (juin-octobre), ayant une pluviométrie maximum en août. La forme de la courbe montrée dans la Fig. 3 a été changée depuis la construction du réservoir de Sélingué. Quand le réservoir est rempli dès la fin du mois de juillet jusqu'à la fin du mois de novembre, l'eau est retenue alors que l'apport d'eau vers le fleuve s'effectue lorsque le réservoir est vidé pendant le reste de l'année. La grande partie de l'eau est retenue au début du mois d'août, et est en moyenne de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  (Fig. 4), ce qui constitue 16% par rapport au débit du fleuve à Koulikoro. L'impact relatif de Sélingué est beaucoup plus grand pendant la saison sèche. En moyenne,  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  est lâché du réservoir entre le début du mois d'avril et la mi-juin (Fig. 4), ce qui est 47% du débit moyen du fleuve à Koulikoro à la même période ( $222 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Ainsi, pendant les mois de la saison sèche le débit du fleuve à Koulikoro se double, et cela est dû au réservoir de Sélingué.

Le barrage de Markala permet à l'Office du Niger d'irriguer le *Delta mort*. Le prélèvement total d'eau enregistré quotidiennement, varie de façon saisonnière et s'élève, en moyenne, à  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  de la mi-juin au début du mois de septembre. A la fin de la saison pluvieuse, la consommation d'eau augmente et passe de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  au début du mois de septembre à  $144 \text{ m}^3/\text{s}$  au début du mois d'octobre. Après cela, elle diminue progressivement jusqu'à  $43 \text{ m}^3/\text{s}$  au début du mois de décembre. Entre la mi-décembre et le début du mois de juin le prélèvement d'eau augmente progressivement, passant de  $46$  à  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ .

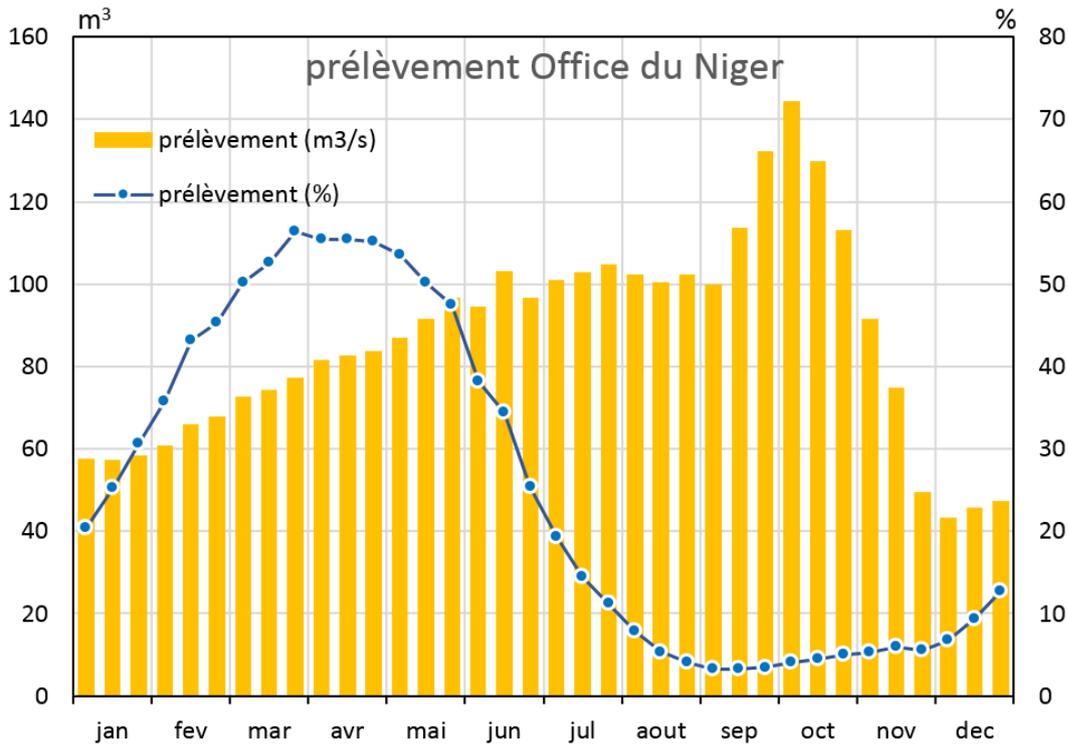


**Fig. 4.** L'impact en aval du réservoir de Sélingué sur le débit du fleuve ( $m^3/s$ ), calculé comme la différence entre l'apport d'eau vers le réservoir et le prélèvement sur le réservoir, établi en moyenne pour les périodes décennales; 1982-2013. Données de l' EDM. Pour vider le lac, l'eau est lâchée à partir du début du mois de décembre jusqu'à la mi-juillet (le prélèvement étant plus grand que l'apport d'eau). Le lac est rempli dès la fin du mois de juillet jusqu'en fin novembre (l'apport en eau est plus grand que le prélèvement).

Quand l'Office du Niger prélève  $100 m^3/s$  en août, cela ne représente que 3%, en moyenne, du débit du fleuve ; mais quand  $80 m^3/s$  sont prélevés entre mars et avril, cela équivaut à 55% du débit du fleuve. La ligne bleue de la Fig. 5 montre la consommation d'eau par l'Office du Niger en pourcentage du débit du fleuve.

Puisque l'impact des deux infrastructures est au maximum pendant les mois de la saison sèche, il mérite d'être analysé dans plus de détails (Fig. 6). L'eau lâchée à Sélingué augmente progressivement, passant de  $43 m^3/s$  au début du mois de février à  $102 m^3/s$  au début du mois de mars et demeure à ce niveau jusqu'en fin Mai. Le prélèvement d'eau par l'Office du Niger suit plus ou moins la même tendance saisonnière, s'augmentant, et passant de  $66 m^3/s$  au début du mois de février à  $100 m^3/s$  à la mi-juin.

Le prélèvement d'eau par l'Office du Niger en saison sèche a un grand impact sur le débit du fleuve en aval de Markala. Le débit du fleuve en aval du barrage est mesuré à deux stations hydrométriques : à la station de Kirango qui est très proche du barrage et à la station de Ké-Macina à 100 km en aval du barrage. Les mesures quotidiennes de débit des deux stations sont fortement corrélées et, en moyenne, ne sont pas différentes. Dans ce rapport, nous utilisons les mesures effectuées à Ké-Macina.

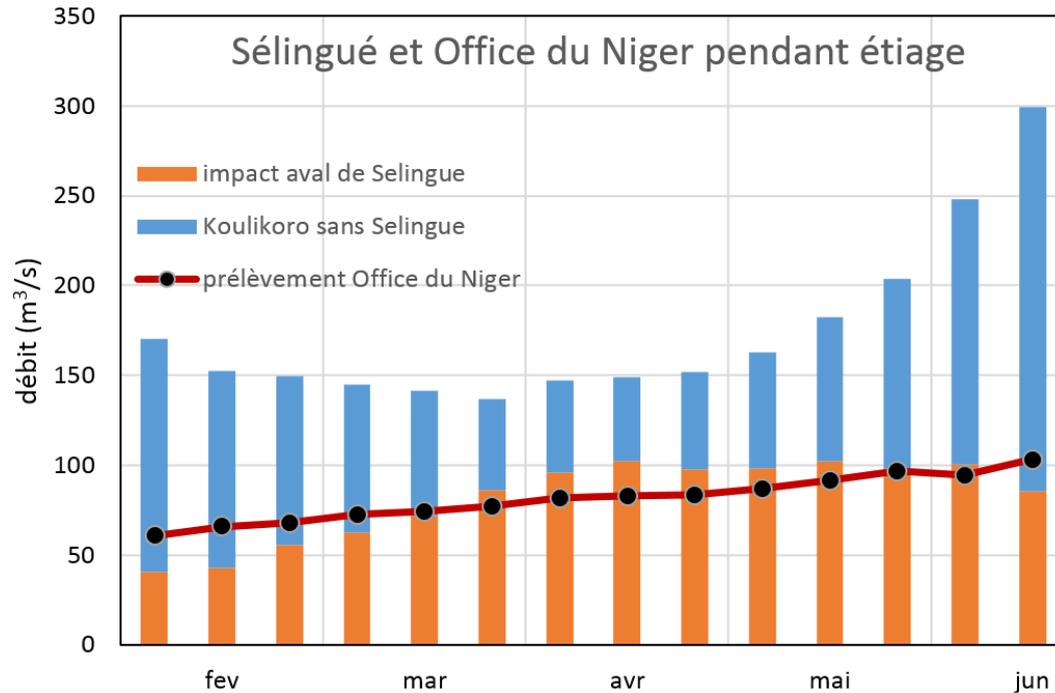


**Fig. 5.** Le prélèvement sur le fleuve Niger ( $m^3/s$ ) par l'Office du Niger près du barrage de Markala au point A établi en moyenne pour les périodes décennales; 2000-2013. Données de l'Office du Niger. Les barres jaunes donnent le prélèvement d'eau en  $m^3/s$  (axe gauche) et la ligne bleue montre le prélèvement d'eau en % par rapport au débit du fleuve à Koulikoro, trois jours auparavant (axe droit). Le retard de trois jours est fondé sur la différence moyenne entre le survenance du pic de la crue à Koulikoro et à Markala.

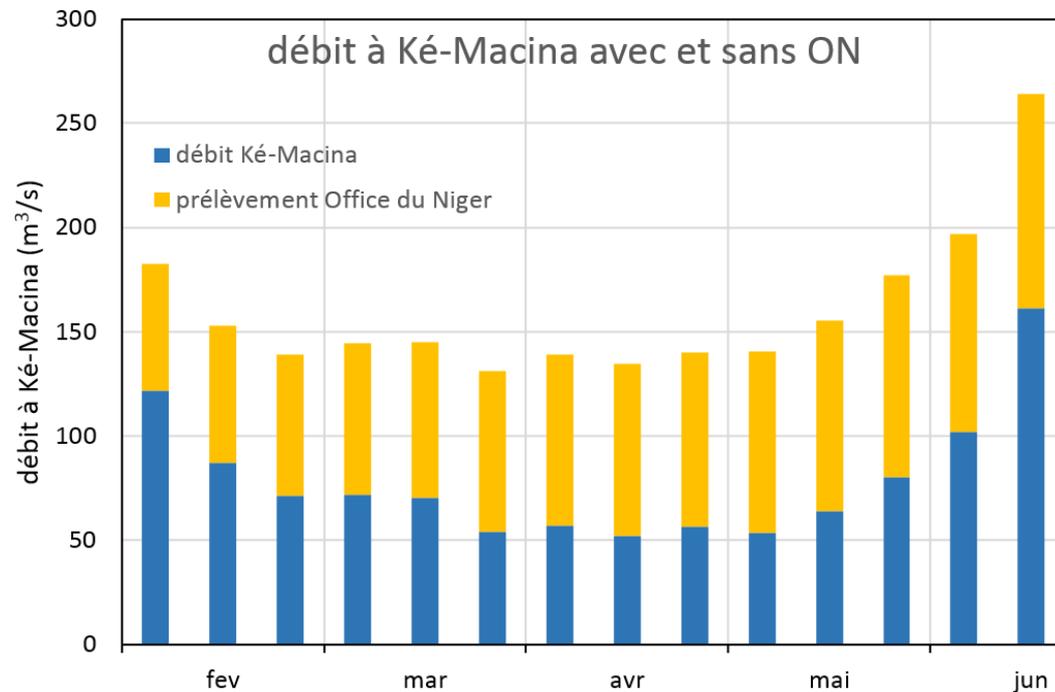
Le débit moyen à Ké-Macina se situe à 52-57  $m^3/s$  entre la mi-mars et le début du mois de mai (barres bleues de la Fig. 7). Sans le prélèvement d'eau par l'Office du Niger (barres jaunes de la Fig. 7), le débit pendant cette période aurait été de 140  $m^3/s$ .

**En conclusion:** (1) En moyenne, Sélingué et l'Office du Niger abaissent le pic de la crue en septembre de 500 et 100  $m^3/s$ , respectivement, (2) Sélingué ajoute 100  $m^3/s$  au débit du fleuve pendant les mois de la saison sèche, (3) L'Office du Niger prélève 100  $m^3/s$  du fleuve pendant les mois de la saison sèche. Donc, l'eau ajoutée par Sélingué en saison sèche est, en moyenne, entièrement consommée par l'Office du Niger.

Tous les graphiques de ce chapitre montrent la variation saisonnière, établie en moyenne sur bien d'années. Le chapitre suivant analyse la variation annuelle du débit du fleuve pendant la saison sèche et montre comment cette variation est due aux décisions prises par les gestionnaires de Sélingué et de l'Office du Niger.



**Fig. 6.** Le débit moyen du fleuve ( $m^3/s$ ) à Koulikoro et le prélèvement moyen par l'Office du Niger entre le début du mois de février et la mi-juin, établi en moyenne pour les périodes décennales 2000-2013. Mêmes données telles que données dans Fig. 1-3. Le débit à Koulikoro a été éclaté en débit naturel comme s'il n'y avait pas le réservoir Sélingué (barre bleue) et en eau supplémentaire lâchée du réservoir de Sélingué (barre brune). Il est évident que l'Office du Niger prélève, en moyenne, l'eau supplémentaire lâchée par le réservoir de Sélingué.

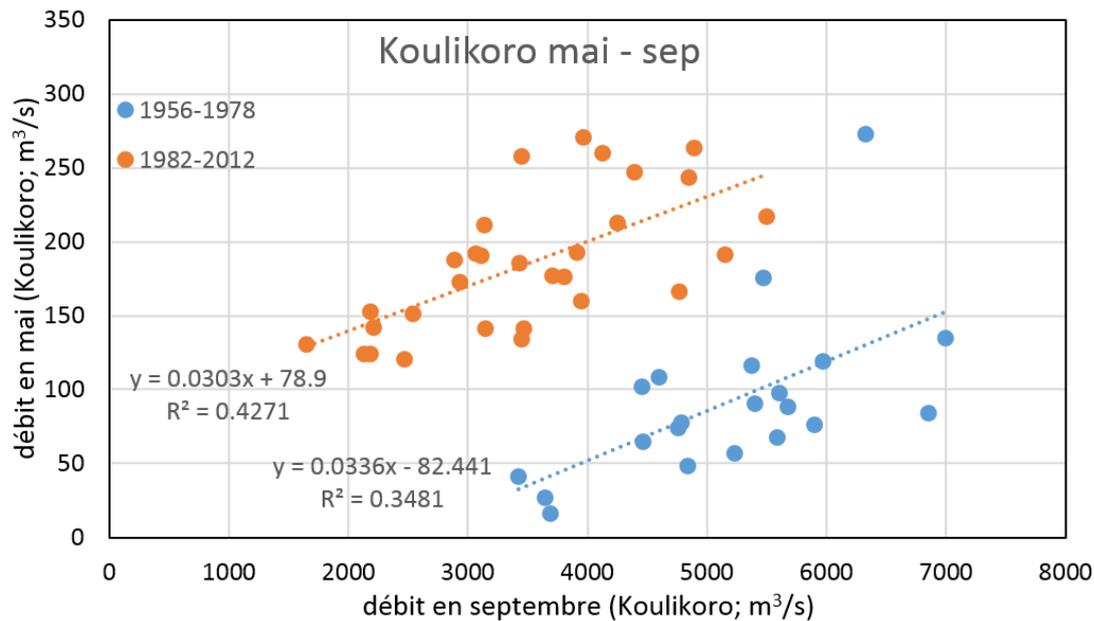


**Fig. 7.** Le débit réel du fleuve ( $m^3/s$ ) à Ké-Macina (barres bleues), entre le début du mois de février et la mi-juin, établi en moyenne pour les périodes décennales : 2000-2013. Les barres jaunes montrent l'eau prélevée du fleuve Niger à Markala. Le haut des barres jaunes montre le débit du fleuve sans prélèvement d'eau par l'Office du Niger.

### 3 Variation annuelle du débit pendant la saison sèche

#### 3.1 Impact de Sélingué

Le pic du débit du fleuve Niger en septembre est plus élevé pendant les années à pluies abondantes mais quand le pic du débit est élevé, la courbe saisonnière du débit est différente aussi. Quand le pic du débit est élevé en septembre, le débit est déjà élevé en août et quand le pic du débit est bas en septembre, le débit est aussi habituellement bas en août. Ce qui est plus important pour nous, est que le débit du fleuve d'une saison pluvieuse demeure à un niveau relativement élevé pendant les mois qui suivent la saison des pluies. Même en mai, la variation du débit du fleuve d'une année à l'autre est encore liée au pic du débit d'il y a huit (8) mois auparavant en septembre (Fig. 8).



**Fig. 8.** Le débit moyen du fleuve ( $m^3/s$ ) à Koulikoro en mai comme une fonction du débit à Koulikoro au mois de septembre de l'année précédente. La relation est donnée pour 1956-1978 (toujours sans le réservoir de Sélingué) et pour 1982-2012 (avec le réservoir de Sélingué). Il est évident que le pic élevé du débit en septembre a toujours un impact sur le débit du fleuve pendant 8 mois plus tard, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Sélingué.

Le débit du fleuve à Koulikoro en mai se triple presque (passant environ de 50 à 140  $m^3/s$ ) si le débit en septembre de l'année précédente se double en passant de 3500 à 7000  $m^3/s$ . C'est la tendance moyenne montrée par la ligne bleue dans la Fig. 8, mais la dispersion de la portée autour de cette ligne, montrée sous forme de points bleus est grande. Donc, bien qu'il y ait une tendance claire, le pic du débit en septembre n'est pas un bon indicateur du débit huit mois plus tard. Une raison de cette dispersion est que pendant certaines années le débit commence à augmenter déjà en mai et cela est dû au démarrage précoce de la saison des pluies (comme ce fut le cas en mai 1958 quand le débit en mai a atteint 263  $m^3/s$ ).

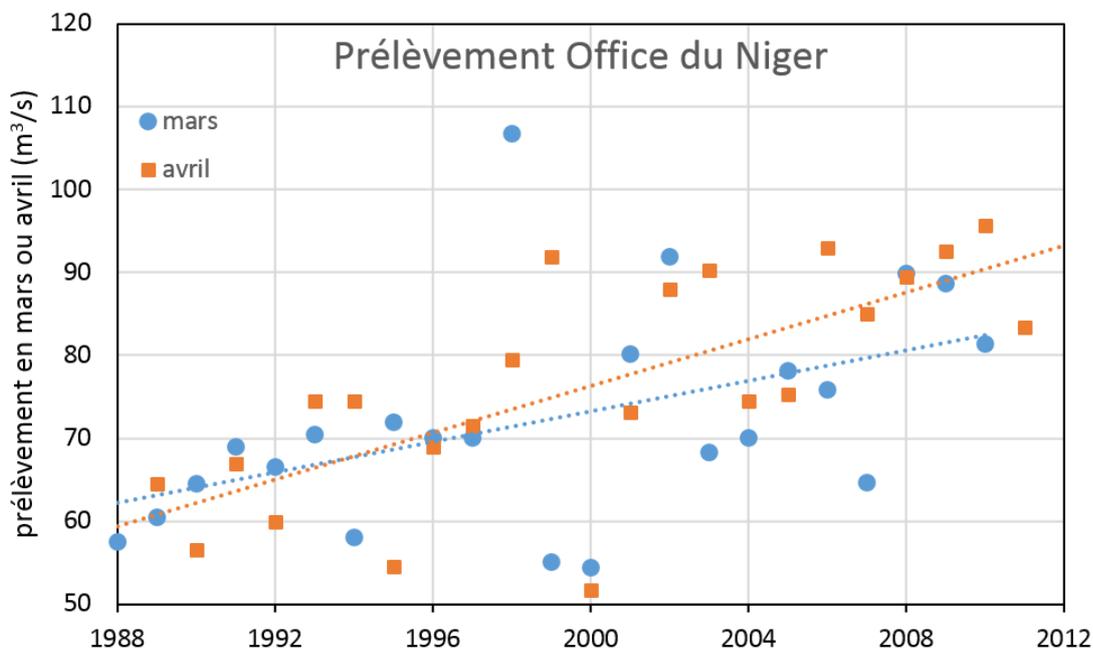
La Fig. 8 montre la relation entre le débit en mai et en septembre, séparément, pour les deux périodes: avant et après la construction de Sélingué. Après que le réservoir eût été construit, le débit du fleuve Niger devint plus grand à cause du lâcher d'eau de 100  $m^3/s$  en avril (Fig. 2). Depuis 1981, le débit du fleuve à Koulikoro en septembre, a varié entre 1650 et 5500  $m^3/s$ , tandis que le débit a varié en mai entre 121 et 171  $m^3/s$ . La ligne de tendance pour la période 1981-2012 est donnée en couleur brune. Remarquablement, les lignes de tendance avant et après la construction de Sélingué montrent la même pente: pendant les deux périodes, en mai le débit augmente de 3  $m^3/s$  si le débit du mois de septembre précédent est de 100  $m^3/s$  plus haut. Il est aussi remarquablement établi, qu'indépendamment du débit du fleuve en septembre, le débit du fleuve à Koulikoro en mai a

augmenté de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  après la construction de Sélingué. On s'attendrait à une différence de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  (la quantité d'eau lâchée), mais apparemment, les lâchers d'eau pendant plusieurs mois ont un impact cumulatif sur le débit à la fin de la saison sèche.

**En conclusion:** le débit du fleuve Niger à Koulikoro pendant la saison sèche dépend du pic du débit pendant la saison pluvieuse précédente, aussi bien avant qu'après la construction du réservoir de Sélingué. Les lâchers d'eau à Sélingué pendant la période sèche ont augmenté le débit pendant les mois de la saison sèche, indépendamment du pic du débit en septembre.

### 3.2 Impact de Sélingué et de l'Office du Niger

L'Office du Niger prélève annuellement du fleuve, en moyenne,  $87 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ceci a à peine varié depuis 1987. Le prélèvement annuel le plus bas était en 1994 ( $79 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et le plus élevé était en 2002 ( $96 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Le prélèvement d'eau est un peu plus élevé pendant les années ayant une pluviométrie locale réduite mais il n'y a pas d'augmentation pendant les dernières 24 années. Cependant quand les tendances à long terme sont analysées par mois, il semble y avoir une petite diminution du prélèvement d'eau en décembre. Par contre, il y a une augmentation au cours des années en mars et avril (Fig. 9). La consommation d'eau pendant tous les deux mois a varié entre 60 et  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  avant 1998, mais depuis 1997, elle a atteint 70 -  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  pendant la plupart des années.



**Fig. 9.** Le prélèvement mensuel d'eau par l'Office du Niger en mars (points bleus) ou en avril (points bruns) entre 1988 et 2012. Les lignes de tendance sont montrées, mais il ne semble pas y avoir une augmentation progressive au cours des années mais plutôt un prélèvement plus élevé depuis 1998, par rapport aux dix années précédentes.

Il y a une grande variation du débit du fleuve d'année en année en aval de Markala pendant la saison sèche. La Fig. 10 montre la variation annuelle d'avril et de mai, les deux mois durant lesquels le débit du fleuve est à son minimum qui est de  $51 \text{ m}^3/\text{s}$ , en moyenne, en avril aussi bien qu'en mai. Pendant les années ayant un faible débit en avril, le débit était habituellement bas aussi en mai mais la corrélation n'est pas forte ( $R = 0,68$ ). Le chapitre suivant fait une analyse plus poussée de la fréquence par laquelle le débit à Ké-Macina a été en dessous du niveau critique de 40 ou  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais cette partie essaie tout d'abord d'expliquer pourquoi la variation annuelle a été si grande.

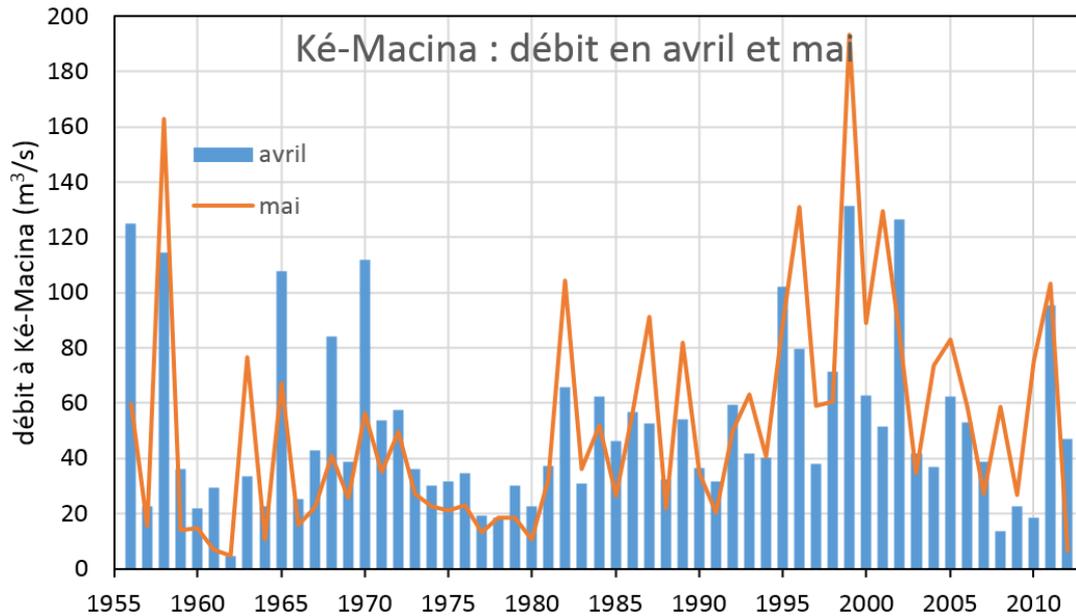


Fig. 10. La variation annuelle du débit du fleuve à Ké-Macina (m<sup>3</sup>/s) en avril (barres bleues) et en Mai (lignes brunes).

La Fig. 13 montre pour le mois de mai le degré de liaison de la variation annuelle au pic du débit pendant la saison pluvieuse précédente d'une part, et aux lâchers d'eau à Sélingué en mai ainsi qu'à la consommation d'eau par l'Office du Niger (en mai aussi), d'autre part. Comme à Koulikoro (Fig. 8), le débit du fleuve à Ké-Macina en mai est plus élevé quand le pic du fleuve du mois de septembre précédent était élevé lui aussi (Fig. 10). Et aussi, comme à Koulikoro (Fig. 8), l'impact de Sélingué est évident, puisqu'étant plus grand de 60 m<sup>3</sup>/s depuis sa construction, par rapport aux années avant sa construction. Comme décrit plus haut, cette différence était de 150 m<sup>3</sup>/s à Koulikoro. Cette petite différence est due au prélèvement d'eau par l'Office du Niger.

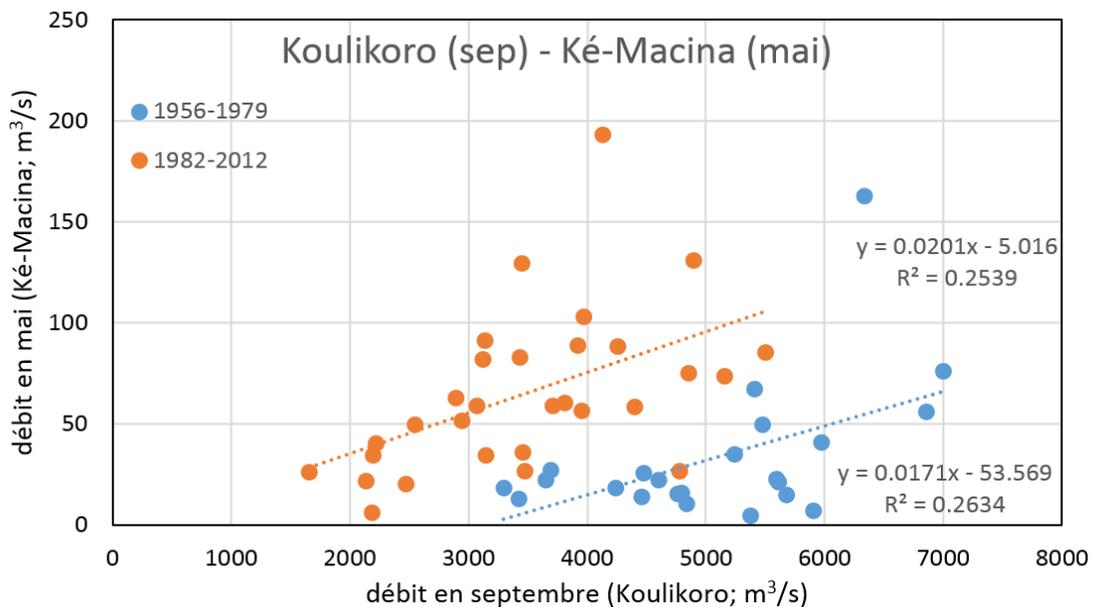
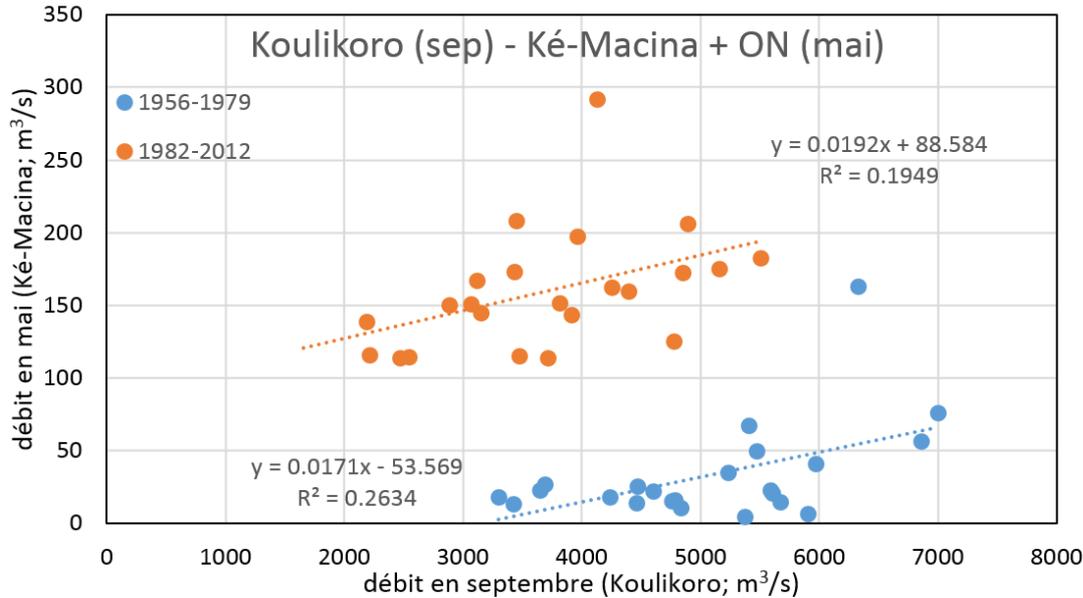


Fig. 11. La moyenne du débit du fleuve (m<sup>3</sup>/s) à Ké-Macina en mai comme une fonction du débit à Koulikoro pendant le mois de septembre de l'année précédente. La relation est donnée pour 1956-1980 (toujours sans Sélingué) et pour 1981-2012 (avec Sélingué). Il est évident que le pic élevé du débit en septembre a toujours un impact sur le débit du fleuve huit (8) mois plus tard, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Sélingué.



**Fig. 12.** Le même graphique que la Fig. 10, mais le prélèvement d'eau par l'Office du Niger a été ajouté au débit à Ké-Macina pour reconstruire le fleuve "naturel" sans l'Office du Niger. Comme à Koulikoro, la différence entre les deux lignes de tendance est de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ , comme étant l'impact de Sélingué, indépendant du pic du débit d'eau huit (8) mois auparavant.

Le débit théorique à Ké-Macina sans le prélèvement d'eau de l'Office du Niger peut être calculé en ajoutant le prélèvement moyen de l'Office du Niger en mai au débit du fleuve effectivement mesuré dans le même mois. Le débit du fleuve reconstruit à Ké-Macina en mai est montré dans la Fig. 12. Indépendant du pic du débit du mois de septembre précédent, le débit était plus élevé de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  après la construction de Sélingué, exactement le même qu'à Koulikoro (Fig. 8).

**En conclusion:** le débit du fleuve à Ké-Macina en saison sèche montre une grande variation d'année en année. Comme à Koulikoro, en saison sèche le débit dépend du pic du débit pendant la saison pluvieuse précédente, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Sélingué. Les lâchers d'eau à Sélingué pendant la saison sèche ont augmenté le débit pendant les mois de la saison sèche, indépendamment du pic du débit du mois de septembre précédent.

### 3.3 Impact de Talo

Le Bani est le principal affluent du fleuve Niger. La variation du débit du fleuve d'année en année pour le Bani est beaucoup plus grande que pour le Niger. Pendant les saisons pluvieuses des années 1950 et 1960, le débit du Bani était environ la moitié de celui du Niger mais pendant les années sèches 1970 et 1980, le débit du Bani a été sérieusement réduit à environ un dixième ( $1/10$ ) du débit du Niger. Aussi, la variation saisonnière du débit du Bani est plus grande que celle du Niger. L'écoulement de l'eau du Bani est presque arrêté pendant les années sèches.

La Fig. 13 montre la variation du débit du fleuve d'année en année pendant la saison sèche à Sofara. Sofara est situé le long du Bani Inférieur, à 60 km en amont de Mopti ou il se jette dans le Niger. Pendant la Grande Sécheresse (1969-1993), le débit du fleuve à Sofara a le plus souvent été réduit à un débit de moins de 10 et principalement à moins de  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  en avril et en mai. Le débit du fleuve en avril et en mai est fortement corrélé ( $R=0,92$ ). Donc, quand le débit est bas (ou élevé) en avril, il sera également bas (ou élevé) le mois suivant.

La grande variation du débit en mai peut s'expliquer par le pic élevé du débit huit (8) mois auparavant (Fig. 14). Les données ont été éclatées avant et après 2006/2007 quand à 150 km en

amont de Sofara le réservoir de Talo a été construit. A cause du barrage de Talo, le débit du fleuve en aval a augmenté d'environ 25 m<sup>3</sup>/s, indépendamment de tout effet du pic du débit pendant l'année précédente. Donc, l'accroissement du débit du Bani depuis 2007, passant, en moyenne, de 12 m<sup>3</sup>/s en avril avant 2007 à 40 m<sup>3</sup>/s après 2007, et de 8 à 35 m<sup>3</sup>/s en mai (Fig. 13) n'a rien avoir avec le pic du débit du mois de septembre précédent, mais tous ont un lien avec la construction du barrage de Talo.

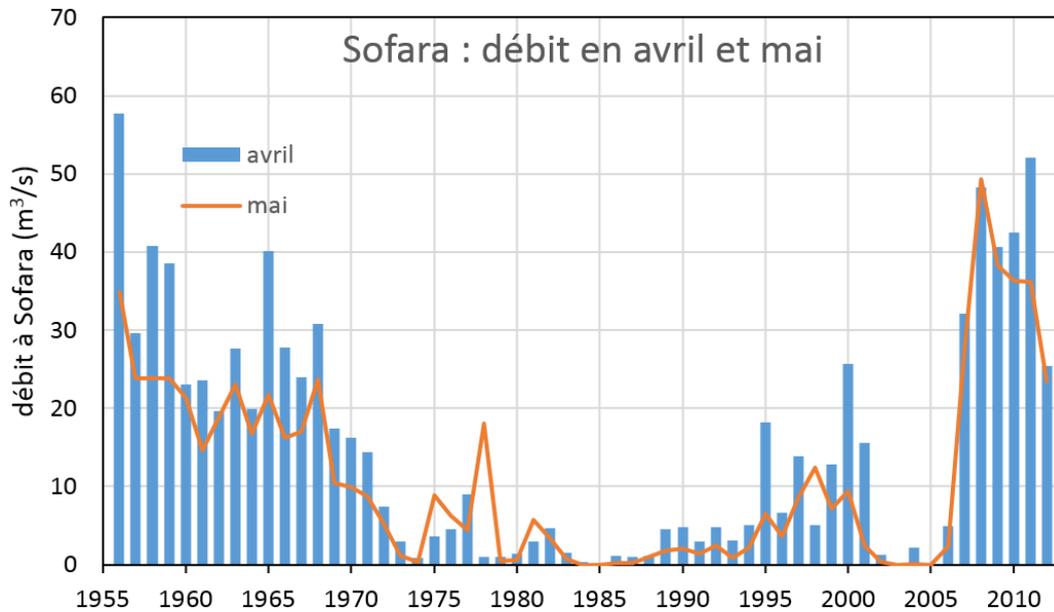
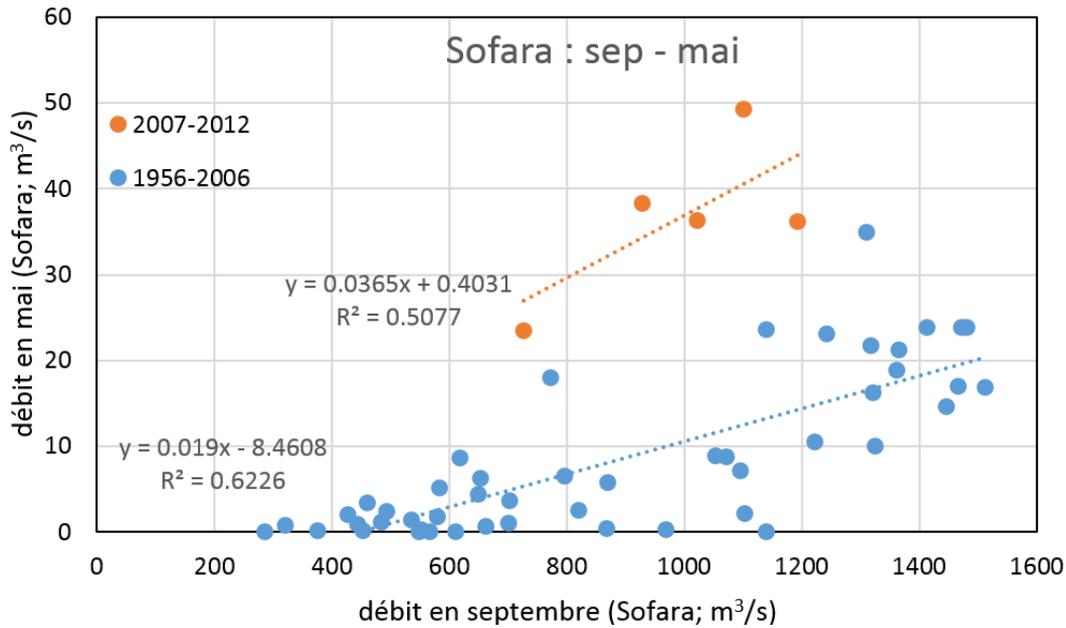


Fig. 13. La variation annuelle du débit du fleuve à Sofara (m<sup>3</sup>/s) en avril (barres bleues) et en mai (ligne brune).

Le barrage de Talo visait à la construction d'un réservoir d'une superficie maximum de 50 km<sup>2</sup> et devant être rempli avec 0,18 km<sup>3</sup> d'eau. En fait, depuis la construction du barrage de Talo, le lit du Bani bien plus haut au-delà de Douna (là où la route Ségou-Mopti traverse le Bani) est pleinement rempli pendant la saison sèche. Les mesures quotidiennes du niveau de l'eau à Douna (80 km en amont du barrage de Talo) montrent que le niveau de l'eau est monté de 3 m au début du mois de mars, et descendant jusqu'à 1,5-2 m au-dessus du niveau normal au début du mois de mai. Malheureusement, l'impact hydrologique du barrage de Talo était difficile à indiquer parce que les mesures quotidiennes du niveau de l'eau à Douna, depuis la construction du barrage de Talo, ne pouvaient plus être converties en débit de fleuve à cause de la survenance de l'étiage. Cependant, le changement saisonnier du débit en aval du barrage de Talo, tel que mesuré à Sofara, est une mesure indirecte mais bonne pour mesurer l'impact précis du barrage de Talo sur le débit du fleuve du bas Bani et par conséquent sur l'inondation du Delta Intérieur du Niger. La mesure est indirecte parce que l'eau lâchée pendant la saison sèche est équivalente à l'eau retenue pendant la saison humide.

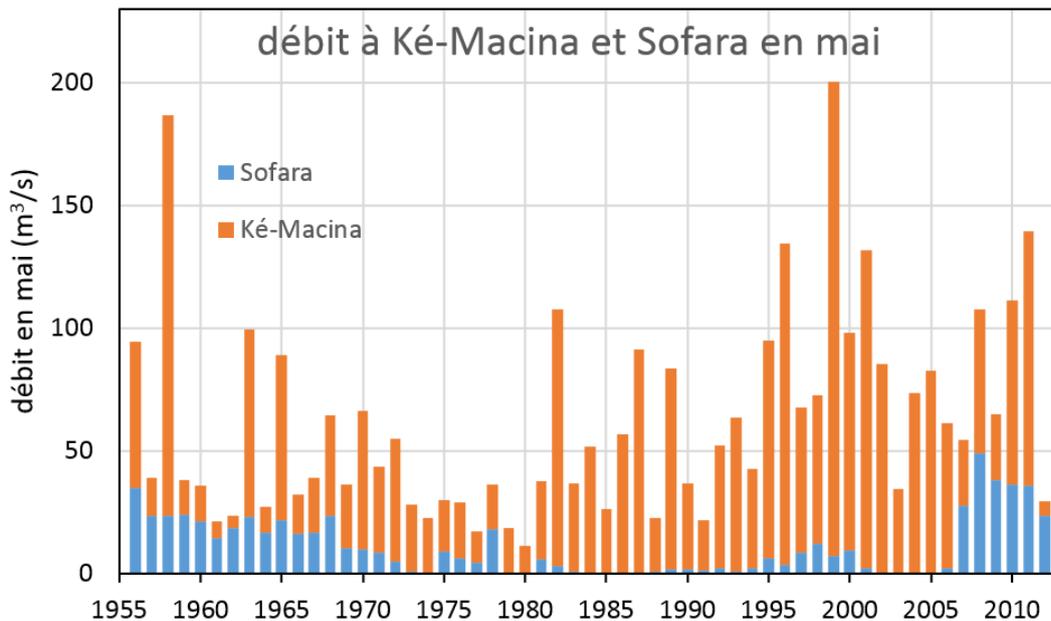
**En conclusion:** Le débit du Bani à Sofara pendant la saison sèche montre une grande variation d'une année à l'autre. Comme pour le fleuve Niger (à Koulikoro et Ké-Macina), le débit du Bani pendant la saison sèche dépend du pic du débit pendant la saison humide précédente, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Talo. Les lâchers d'eau à Talo pendant la saison sèche ont augmenté le débit pendant les mois de la saison sèche, indépendamment du pic du débit en septembre.



**Fig. 14.** Le débit moyen du fleuve ( $m^3/s$ ) à Sofara en mai comme une fonction du débit à Sofara en septembre de l'année précédente. La relation est donnée pour 1956-2006 (quand il n'y avait pas encore le réservoir Talo) et pour 2007-2012 (avec le réservoir de Talo). Il est évident que le pic élevé du débit en septembre a toujours un impact sur le débit du fleuve huit (8) mois plus tard, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Talo.

### 3.4 Le débit combiné du Niger et du Bani

La corrélation entre le débit du Bani et celui du Niger est bien établie : quand il pleut beaucoup dans le cours supérieur du Bani, une bonne pluviométrie est également enregistrée dans le Bassin du Haut Niger. Cependant, quand on compare les débits, il n'y a pas de relation ( $R=0,00$ ). Donc, les années ayant un débit bas en mai à Ké-Macina peuvent parfois enregistrer une compensation dudit débit par un débit élevé à Sofara, et vice versa (Fig. 15).



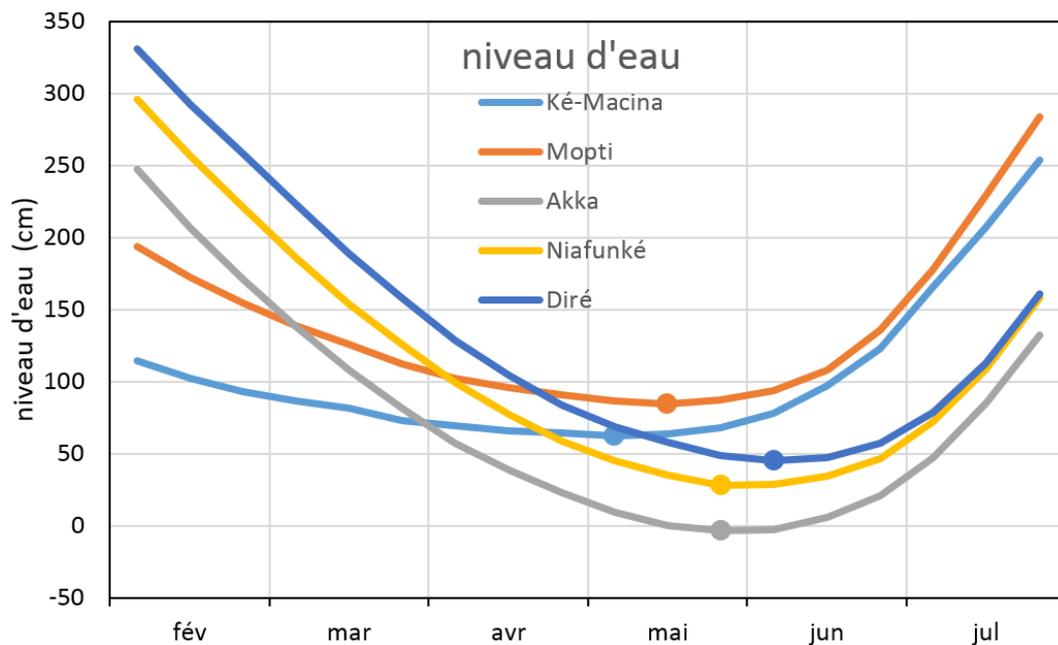
**Fig. 15.** La variation annuelle du débit du fleuve à Sofara (en bleu) et à Ké-Macina (en brun) ( $m^3/s$ ) en mai.

## 4 L'apport d' eau et le niveau d'eau en saison sèche

### 4.1 L'étiage

Il y a une forte corrélation entre l'apport d'eau vers le Niger et le Bani et le niveau d'eau tel qu'effectivement mesuré dans le Delta Intérieur du Niger. Le débit moyen du Bani et du Niger en août-octobre a varié entre 1850 et 7200 m<sup>3</sup>/s, ce qui est l'équivalent d'un débit saisonnier total de 14.7 et 57.2 km<sup>3</sup> pour le Bani et le Niger, respectivement. Pendant l'année sèche 1984, le niveau d'eau à l'échelle fluviométrique d'Akka au centre du Delta Intérieur du Niger a juste dépassé 3 mètres. Par contre, pendant les années humides de 1957 et de 1964, le niveau de l'eau à Akka a atteint le niveau très élevé de plus de 6 mètres. Concernant les mois de la saison sèche, nous avons trouvé une relation similaire entre le niveau de l'apport d'eau et le niveau de l'eau. Le niveau de l'eau est déterminé par l'apport effectif d'eau vers le fleuve, mais aussi par l'apport d'eau pendant les jours et même les semaines précédents. Par ailleurs, il y a lieu de prendre en compte que la vitesse d'écoulement est lente. La Fig. 16 montre la baisse moyenne du niveau de l'eau dans le Delta Intérieur du Niger à partir du mois de février. L'étiage à Ké-Macina est atteint au début du mois de mai. Il est atteint dix (10) jours plus tard à Mopti, vingt (20) jours plus tard à Akka, et trente (30) jours plus tard (début du mois de juin) à Diré.

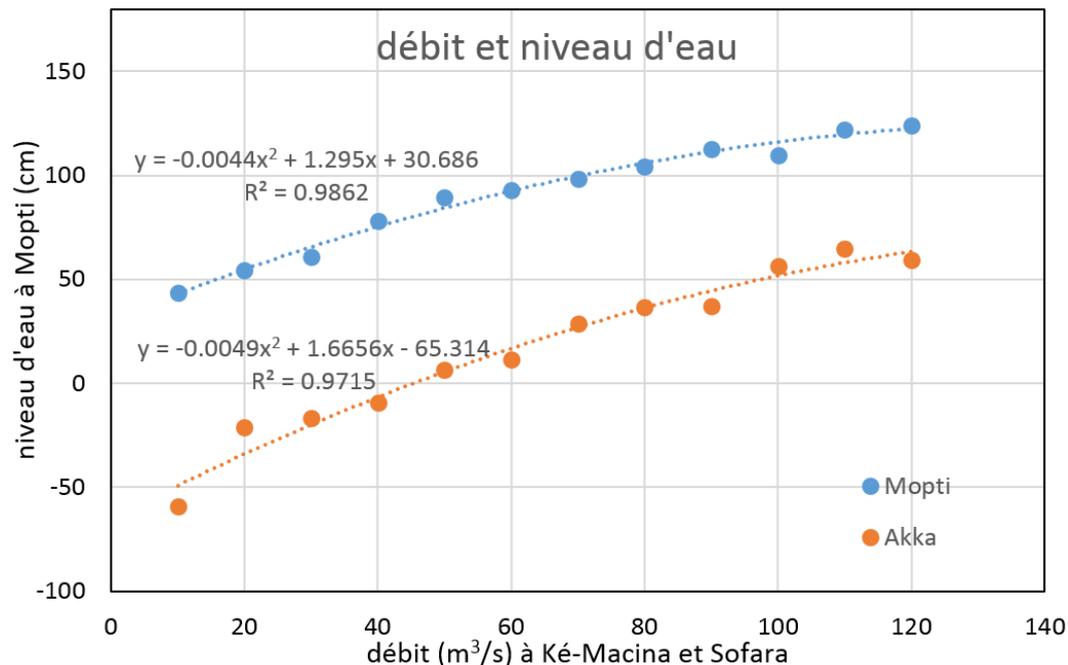
**En conclusion:** l'étiage Ké-Macina est mesuré au début du mois de mai et à Diré au début du mois de juin, et pour ce qui est des stations situées entre les deux, il est mesuré à la mi-mai (Mopti) et vers la fin du mois de mai (Akka, Niafunké).



**Fig. 16.** Le niveau moyen de l'eau (en cm) tel que mesuré au moyen des cinq (5) échelles fluviométriques du Delta Intérieur du Niger entre le début du mois de février et vers la fin du mois de juillet, établi en moyenne pour les périodes décennales : 1956-2013. Le point montre le moment où l'étiage est atteint. Les échelles de mesure des cinq (5) stations hydrométriques utilisent différentes graduations, ce qui explique le fait que la plus basse valeur est -4 cm à Akka et 85 cm à Mopti. Les mesures inférieures à 0 cm à Akka ont été reconstruites en utilisant l'échelle aux environs de Niafunké (et la très forte corrélation entre le niveau de l'eau à Akka et à Niafunké, trois jours plus tard).

## 4.2 L'apport d'eau et le niveau de l'eau

La relation entre l'apport d'eau, combiné pour Ké-Macina et Sofara, et le niveau de l'eau à Mopti et Akka, a été calculé de différentes manières. Il a été établi que le niveau de l'eau, établi en moyenne pour les périodes décennales, a une relation avec la moyenne des mêmes dix jours, des dix jours précédents, la moyenne des mêmes dix jours et des dix jours précédents, etc. Le meilleur moment se situait entre le niveau de l'eau et l'apport moyen d'eau pendant les mêmes périodes décennales et les périodes décennales précédentes combinées. La corrélation était forte ( $R=0,85$ ) mais il y avait toujours une dispersion autour de la ligne de régression calculée. Pour éliminer cette dispersion, les apports d'eau vers le fleuve ont été regroupés en 12 classes de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Les moyennes de ces 12 classes sont parsemées en ligne sous forme de points les uns après les autres dans la Fig. 17 ci-dessous.



**Fig. 17.** La relation entre le niveau de l'eau à Mopti et Akka (établie en moyenne pour les périodes décennales) et l'apport d'eau moyen ( $\text{m}^3/\text{s}$  pour Ké-Macina et pour Sofara combinés) pendant les mêmes périodes décennales et les périodes décennales précédentes (Mopti) ou les deux périodes décennales précédentes (Akka). Les valeurs moyennes sont calculées pour mars, avril et mai 1956 – 2013.

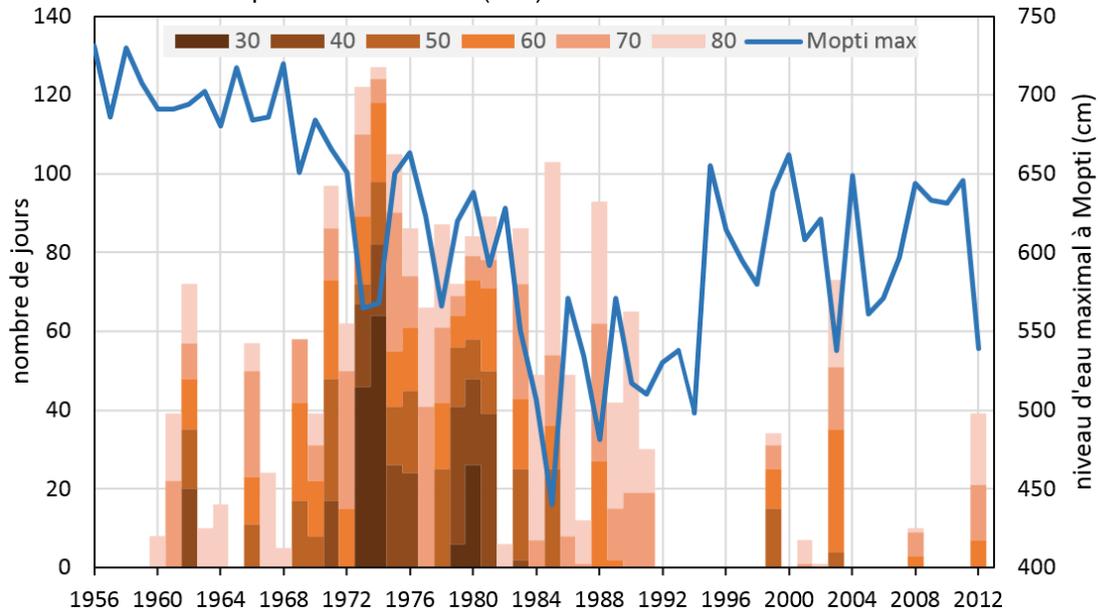
La relation a également été calculée pour Akka. Dans ce cas, le meilleur moment était celui de l'établissement du rapport du niveau de l'eau à Akka avec l'apport d'eau moyen des deux périodes décennales précédentes, comme attendu, vu le décalage de temps entre Ké-Macina + Sofara et Akka (Fig. 16).

La conclusion la plus importante à tirer de ce graphique est que le niveau de l'eau à Mopti sera de 84 cm et à Akka il sera de 6 cm à un apport d'eau combiné de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  pour le Niger et le Bani. Au stade d'un apport d'eau de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ , le niveau de l'eau descendra à 75 cm à Mopti et à -6 cm à Akka. Il est important de connaître cette relation puisque plusieurs fonctions écologiques et socio-économiques peuvent être liées au niveau de l'eau à Mopti et à Akka et aussi, en utilisation de ce graphique, à l'apport d'eau vers le fleuve.

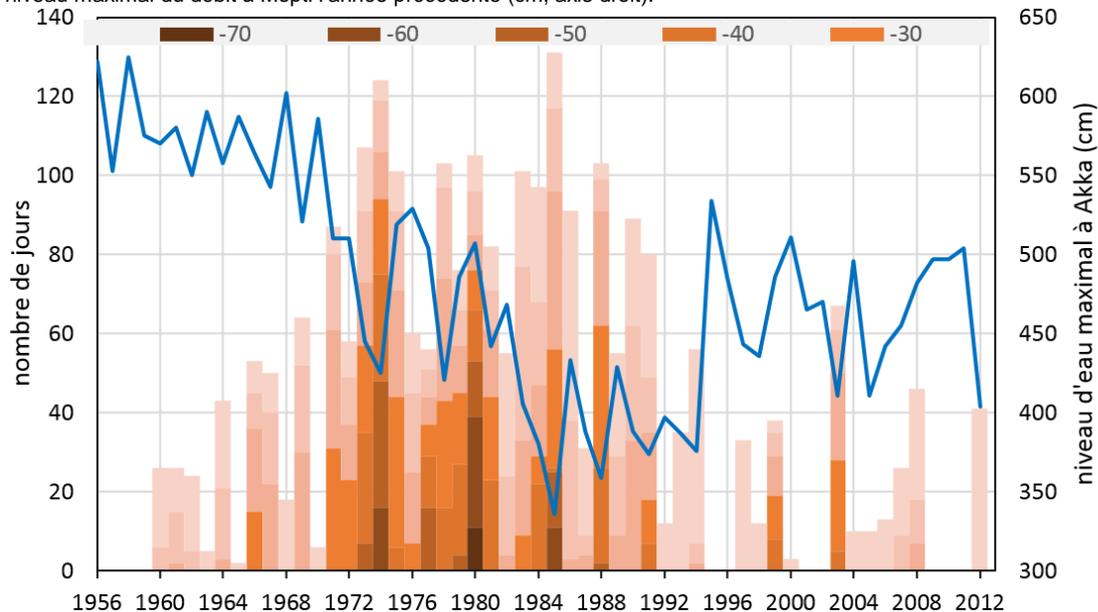
**En conclusion:** Le niveau de l'eau à Mopti pendant la saison sèche (mars-mai) est lié à l'apport d'eau combiné pour le Niger et le Bani et établi en moyenne pour les vingt (20) jours précédents. Le niveau de l'eau à Akka est lié à l'apport d'eau moyen survenu 10 à 30 jours auparavant.

### 4.3 Fréquence des niveaux d'eau extrêmement bas

Cette partie décrit la fréquence du niveau de l'eau du Delta Intérieur du Niger en dessous de certains niveaux. Le nombre de jours durant lesquels le niveau de l'eau à Mopti est au-dessous de 80, 70, 60, 50, 40 et 30 cm est montré dans la Fig. 18. La fréquence cumulative pour Akka (niveau d'eau en dessous de 0, -10, -20, -30, -40, -50, -60, -70 cm) est donnée dans la Fig. 19. Tous les deux graphiques montrent l'énorme variation d'année en année du nombre de jours durant lesquels le niveau de l'eau à Mopti ou à Akka a été (très) bas.



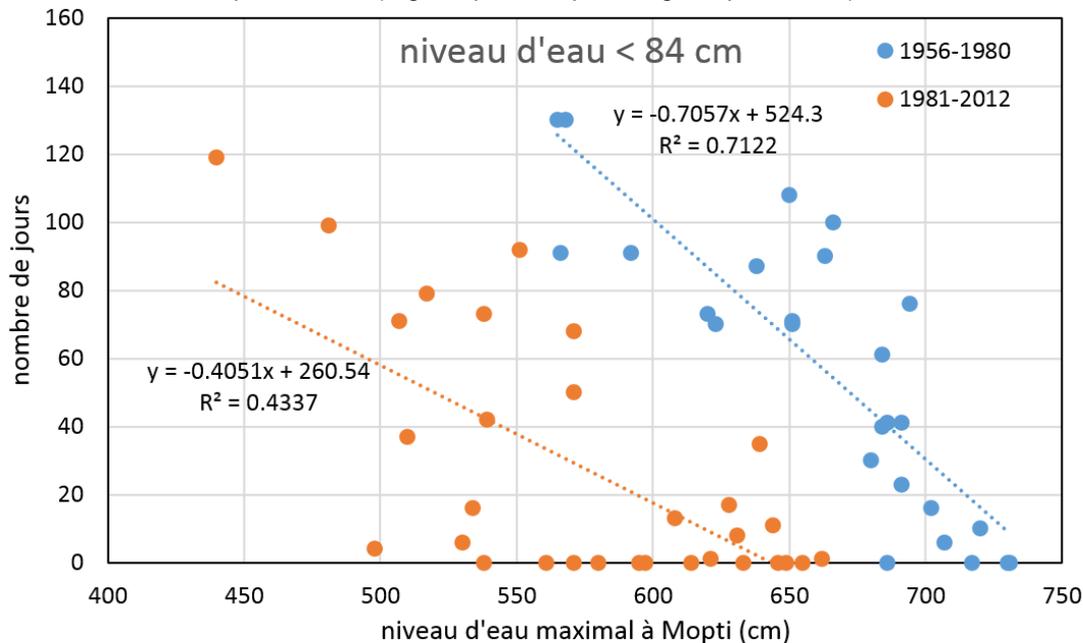
**Fig. 18.** Le nombre de jours d'une année durant lesquels le niveau de l'eau a été en dessous d'un certain niveau à l'échelle de Mopti; brun foncé: 30 cm ou moins, brun moins foncé : 30-40 cm, etc. (axis gauche). La ligne bleue donne le niveau maximal du débit à Mopti l'année précédente (cm; axis droit).



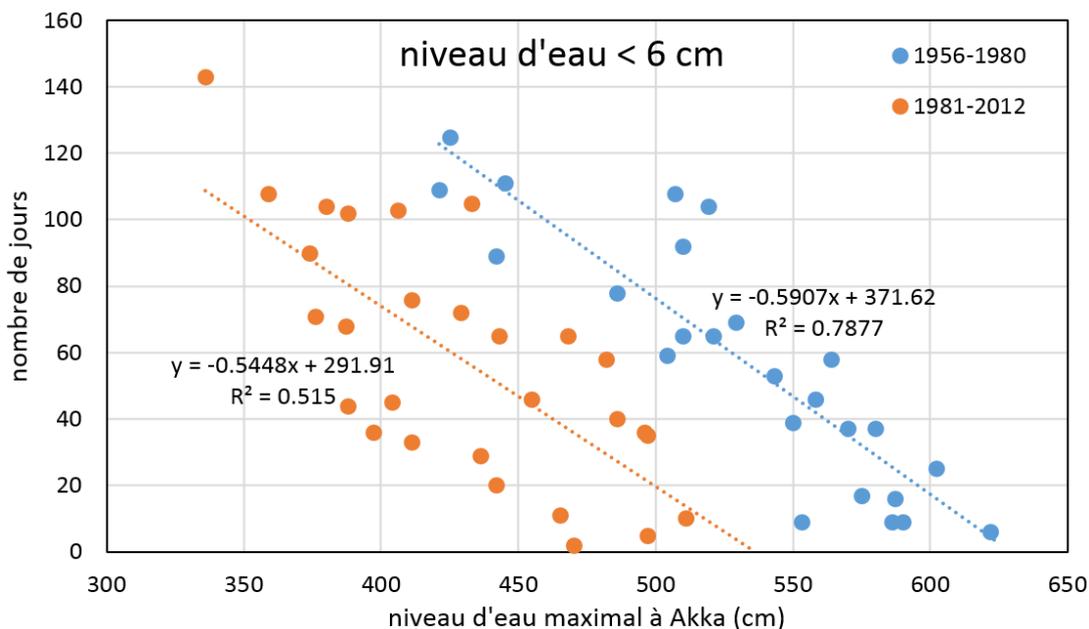
**Fig. 19.** Le nombre de jours d'une année durant lesquels le niveau de l'eau à Akka a été en dessous d'un certain niveau ; brun foncé: 30 cm ou moins, brun moins foncé: 30-40 cm, etc. (axis gauche). La ligne bleue donne le niveau maximal à Akka l'année précédente (cm; axis droit).

Comme montré dans les Fig. 12 et 14, l'apport d'eau dépendait du pic du débit de l'année précédente mais différent avant et après la construction du réservoir de Sélingué et de celui de Talo.

On peut donc s'attendre à une relation similaire pour la durée des périodes (très) sèches. La partie précédente du présent document a montré que si l'apport d'eau vers le fleuve descend au-dessous de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , le niveau de l'eau est égal à /ou inférieur à  $84 \text{ cm}$  à Mopti et égal à /ou inférieur à  $6 \text{ cm}$  à Akka. Nous avons donc compté le nombre de jours par an pendant lesquels le niveau de l'eau des deux stations était en dessous de ces niveaux et avons établi le rapport avec celui du pic du niveau de l'eau de l'année précédente (Fig. 20 pour Mopti et Fig. 21 pour Akka).



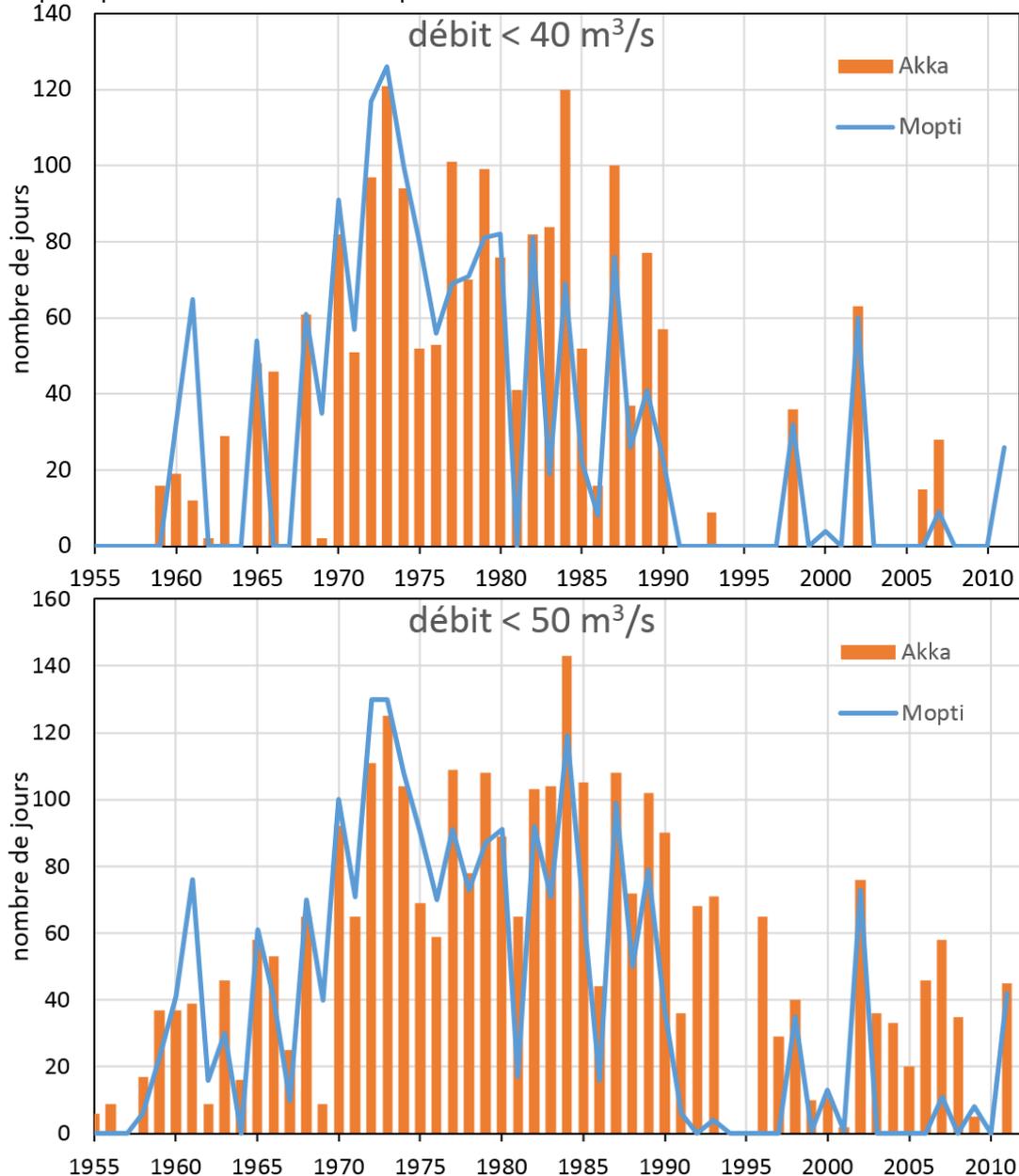
**Fig. 20.** Le nombre de jours d'une année durant lesquels le niveau de l'eau à Mopti a été inférieur à  $84 \text{ cm}$  comme une fonction du pic du niveau du débit de l'année précédente; les symboles bleu et brun sont relatifs aux années avant et après la construction de Sélingué en 1980, respectivement. Le niveau de l'eau  $84 \text{ cm}$  correspond à un apport d'eau vers le fleuve de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Fig. 21.** Le nombre de jours d'une année pendant lesquels le niveau de l'eau à Akka a été en dessous de  $6 \text{ cm}$  comme une fonction du pic du niveau du débit de l'année précédente; les symboles en bleu et brun sont relatifs aux années avant et après la construction de Sélingué en 1980, respectivement. Le niveau de l'eau de  $6 \text{ cm}$  correspond à un apport d'eau vers le fleuve de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avant la construction du réservoir de Sélingué, la durée de la période sèche était clairement liée au pic du débit de quelques mois auparavant. La corrélation est moins prononcée pendant ces récentes années mais ce qui est plus important, c'est que la durée de la période sèche est devenue plus courte, telle que montrée dans la Fig. 21.

La Fig. 21 montre la variation annuelle de la période pendant laquelle l'apport d'eau vers le fleuve est en dessous de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  et en dessous de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . Les calculs ont été faits séparément pour Mopti et pour Akka. Les tendances pour toutes les deux stations



**Fig. 22.** Le nombre de jours d'une année durant lesquels le niveau de l'eau à Akka (barre brune) et à Mopti (ligne bleue) a été inférieur à 75 et -6 cm, respectivement, correspondant à un apport d'eau vers le fleuve de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  (sommet) ou inférieur à 84 et 6 cm, respectivement, correspondant à un apport d'eau vers le fleuve de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  (base).

sont les mêmes. Les corrélations sont fortes ( $R=0,83$  pour  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $R=0,85$  pour  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La durée de la période sèche à  $40$  et  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  est également hautement corrélée ( $R=0,95$  pour Mopti et  $R=0,91$  pour Akka), En moyenne, la durée de la période sèche est de 20 jours plus longue, à Mopti aussi bien qu'à Akka si l'apport d'eau vers le fleuve n'est pas de  $50$  mais de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**En conclusion:** l'impact combiné de Sélingué et de l'Office du Niger sur l'apport d'eau vers le fleuve et sur la durée de la période sèche dans le Delta Intérieur du Niger est très grand. Les périodes sèches pendant lesquelles l'apport d'eau est en dessous de 40 ou 50 m<sup>3</sup>/s sont rares depuis la construction de Sélingué et ne surviennent que quand le pic du niveau du débit est bas.

#### 4.4 Niveau de l'eau et inondation

Pendant la période de décrue, le niveau de l'eau du réseau hydrographique chute de 2-3 cm par jour, mais au niveau des lacs qui sont isolés du réseau fluvial, il ne s'y produit qu'une évaporation d'eau entraînant seulement une baisse du niveau de l'eau de 0,7 cm par jour. Quand le niveau de l'eau à Akka recule de 300 à 100 cm, la moitié de la plaine d'inondation reste connectée au réseau hydrographique après une grande crue (comme en 1999), mais le faible niveau de la crue en 1984 était insuffisant pour atteindre beaucoup de lacs et de cuvettes qui par conséquent étaient privés de l'augmentation saisonnière de leurs eaux résultant des grandes crues.

Quand le pic de la crue est bas, la couverture d'eau pendant la période retrait des eaux et pendant la période de sécheresse est directement liée au niveau de l'eau tel que mesuré à Akka et à Mopti parce que la plupart des zones couvertes par l'eau sont encore connectées au réseau hydrographique. Cependant, quand le pic de la crue est élevé la couverture d'eau pendant la décrue est essentiellement déterminée par le niveau du pic de la crue. Plus la crue est grande, plus la superficie inondée est grande et plus les lacs et les petites cuvettes sont remplis d'eau. S'il arrive que ces lacs et ces cuvettes soient isolés du réseau hydrographique pendant la période de décrue, le niveau de l'eau baisse dans le réseau hydrographique plus rapidement que dans les cours d'eau isolés. Donc, le niveau du pic de la crue et le temps écoulé depuis que le niveau de l'eau ait atteint son pic, déterminent là où on peut trouver les lacs isolés et temporaires. Ceci signifie que pendant les années à grande crue, l'impact de l'apport d'eau pendant la saison sèche est limité à la petite partie du réseau d'inondation encore connectée au fleuve.

Les Fig. 23 et 24 montrent la couverture d'eau le 14 février et le 8 juillet 1985 de la moitié sud du Delta Intérieur du Niger. La crue de 1984 était extrêmement basse mais le niveau de l'eau en février était encore relativement élevé: 78 cm à Mopti, 14 cm à Akka et 89 cm à Diré. L'eau avait déjà commencé à monter le 8 juillet, au moins dans la partie sud du Delta : le niveau de l'eau à Mopti s'était élevé en passant de près de 50 cm à 137 cm, mais il avait quand même baissé de 16 cm à Akka (à -2 cm) et de presque 70 cm à Diré (à 20 cm).

Une comparaison des deux cartes montre que l'eau demeure présente dans les fleuves Niger et Bani mais le Diaka (joignant le Fleuve Niger près de Diafarabé et le Lac Walado près de Youvarou) est partiellement sec. Les autres plus petits affluents (appelés Mayos) sont partiellement secs aussi bien que presque toutes les plaines d'inondation. Le Lac Korientzé est profond et à peine se rétrécit à un niveau d'eau plus bas. Par contre, le Lac Débo devient plus petit et peut même être (presque entièrement) sans couverture d'eau à un faible niveau d'eau. Les deux cartes montrent que même après la très basse crue de 1984, une partie de l'eau n'est pas connectée au réseau d'inondation pendant la période de décrue

La couverture d'eau à un niveau plus bas ne peut être indiquée en raison du manque d'images satellitaires montrant un niveau d'eau plus bas. A partir de notre propre expérience sur le terrain et des histoires que racontent les populations locales, nous savons que même à l'étiage (50-60 cm plus bas que ce qui est montré dans la Fig. 23), le Niger et le Bani demeurent intacts (bien que peu profonds et par endroits même avec un fond presque émergent). Le Lac Korientzé reste un grand lac et le Lac Débo est devenu plus ou moins un grand fleuve. Donc les changements, par rapport à ce qui est montré dans les Fig. 23 et 24, sont vraiment mineurs.

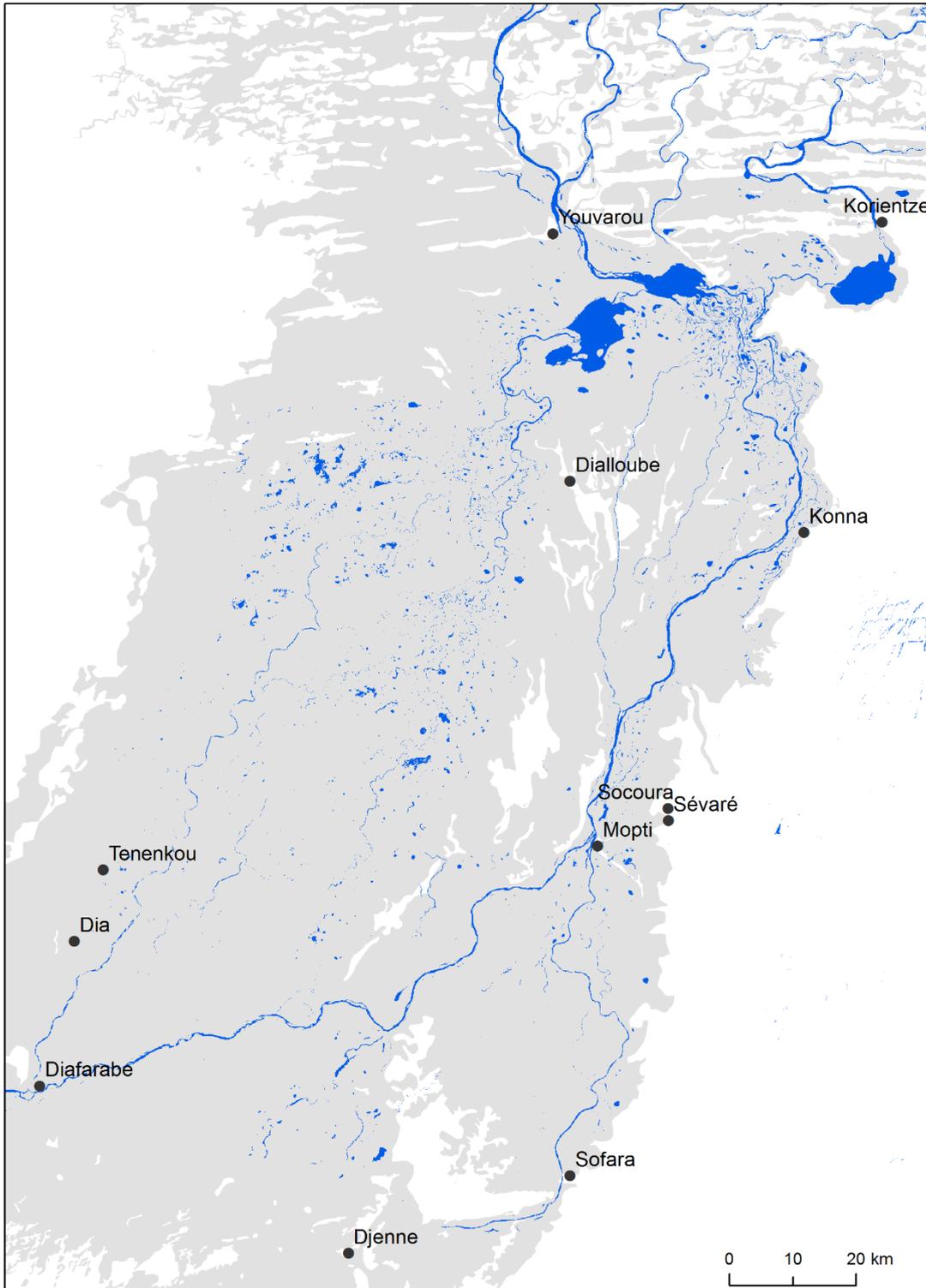


Fig. 23. La couverture d'eau le 14-2-1985, quand le niveau de l'eau à Mopti était de 78 cm et de 14 cm à Akka

**En conclusion:** la couverture d'eau pendant la saison sèche est déterminée principalement par le niveau du pic de la crue: plus la crue est élevée, plus les lacs et les cuvettes sont remplis. La couverture d'eau diminue pendant la décrue qui est relativement rapide dans les zones qui sont encore connectées au fleuve mais lente dans les cours d'eau qui ont été isolés. L'apport d'eau pendant la saison sèche n'a donc qu'un impact limité sur la couverture d'eau pendant cette période de l'année. Si le niveau de l'eau tombe à des niveaux extrêmement bas, la superficie couverte par l'eau diminue aussi mais pas énormément.

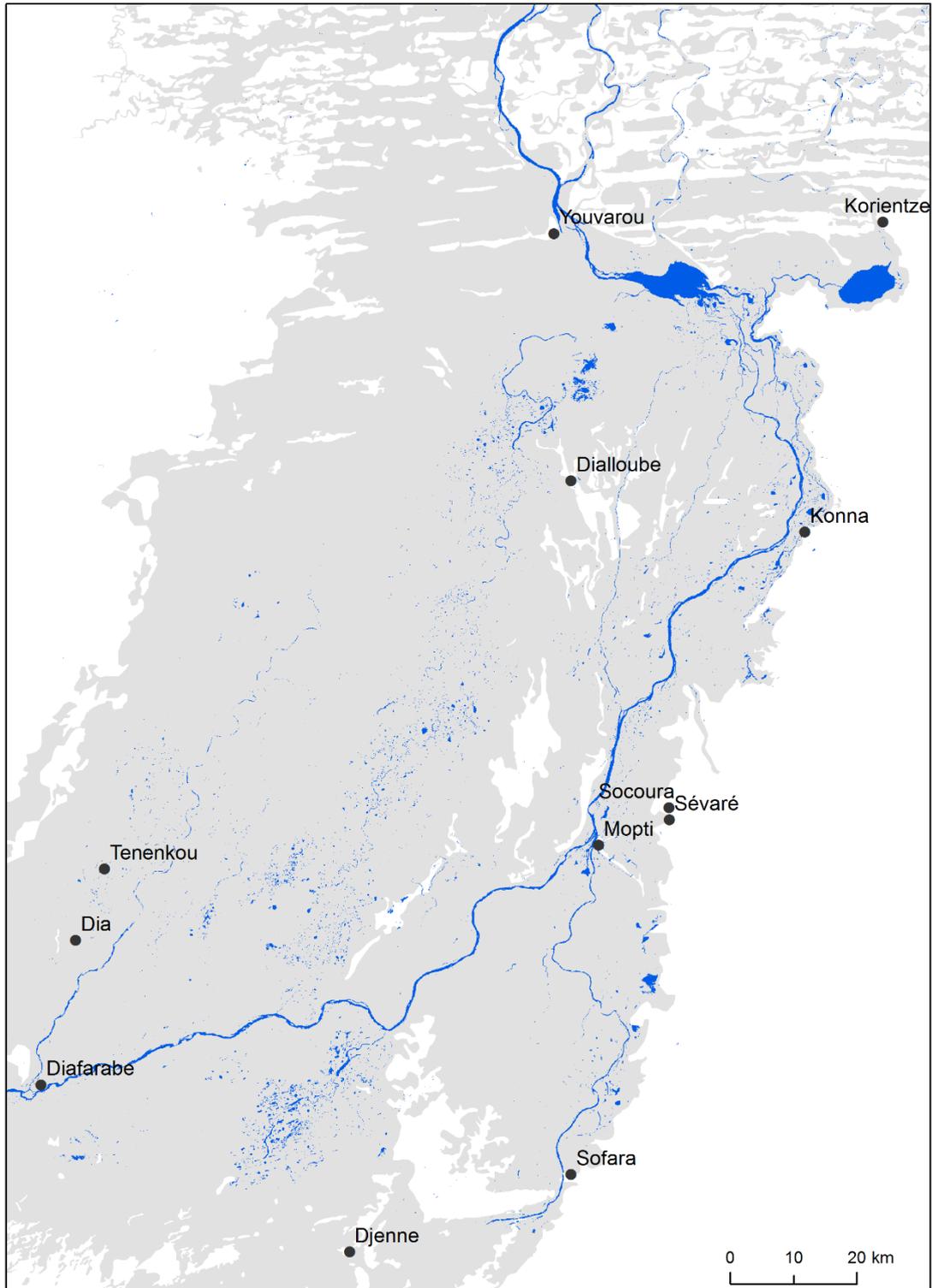


Fig. 24. La couverture d'eau le 8-7-1985, quand le niveau de l'eau à Mopti était de 137 cm et de -2 cm.

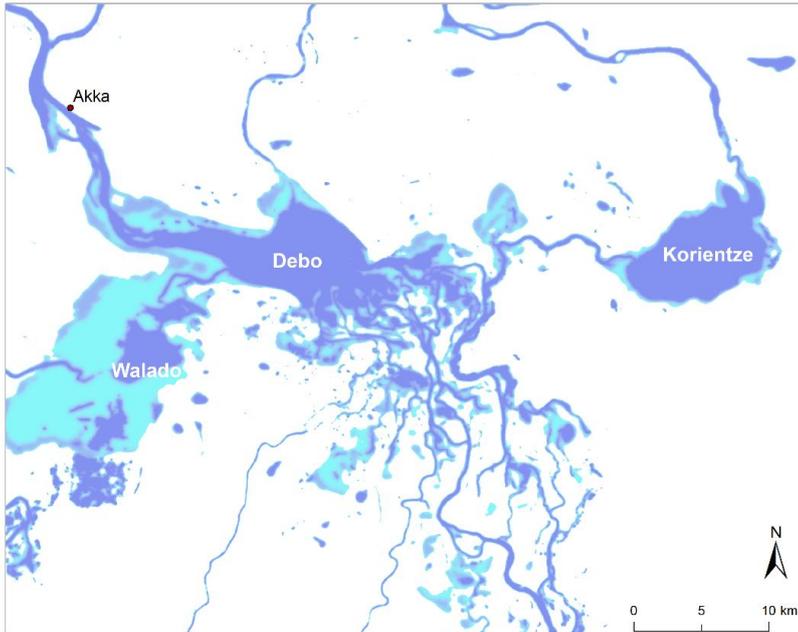
## 5 L'impact écologique d'un faible apport d'eau

---

La fonction écologique du Delta Intérieur du Niger dépend de façon prédominante de sa crue. Plus la crue est élevée, plus l'étendue de la crue est grande, et plus grandes sont les valeurs écologiques. Cependant, sa fonction écologique n'est pas principalement liée au niveau même du pic de la crue mais à *la variation du niveau de l'eau* pendant la crue et la décrue. Les plaines d'inondation sont si productives et constituent ces zones à hautes valeurs écologiques à cause de ce processus dynamique. Pour maintenir ces valeurs, pendant la saison sèche l'eau doit être à un niveau si bas que les plaines d'inondation s'assèchent entièrement. Si non, les superficies qui restent couvertes par l'eau sont envahies par des types de végétation considérées comme étant de moindre valeur ou même comme un nuisible (p. ex. le *Typha*). Le principal problème de la plupart des plaines d'inondation riveraines du monde n'est pas un niveau *trop bas* de l'eau pendant la saison sèche mais un niveau *trop élevé* dû à la régulation de l'eau dans les fleuves et à la construction des barrages.

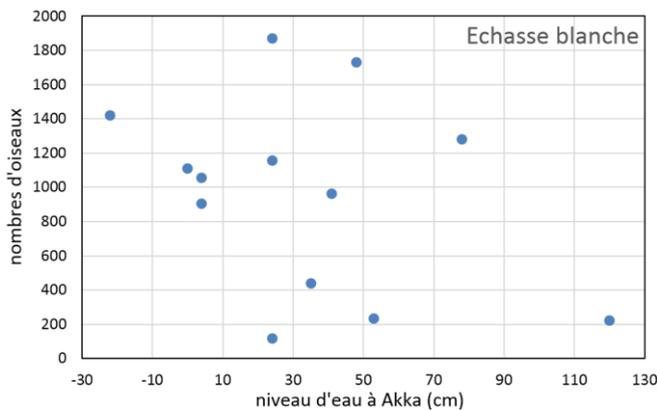
Le Delta Intérieur du Niger attire des millions d'oiseaux d'eau et d'oiseaux d'arbre et de buisson qui résident et se reproduisent en Europe et en Asie, et passent le temps de l'hiver au sud du Sahara. Beaucoup de ces oiseaux ne survivent pas à leur période hivernale si la crue est basse ; cette non survie est due, en partie, au manque de nourriture mais, surtout pour ce qui est des espèces de gros oiseaux, beaucoup sont tués par les populations locales. Pendant les années sèches, les oiseaux d'eau se concentrent forcément sur peu de sites ; ce qui les rend hautement vulnérables à la capture par les populations qui les piègent en dressant des filets à cet effet. Dans le Delta Intérieur du Niger très peu de Sarcelles d'été sont vendues sur le marché pendant les années humides mais jusqu'à 70.000 sont commercialisées pendant les années sèches. La même différence est stipulée dans le Combattant varié et le Canard pilet (Zwarts *et al.* 2009).

Les oiseaux d'eaux migrateurs quittent le Delta Intérieur du Niger en mars mais une partie y reste. En plus, les oiseaux d'eau africains restent dans le Delta du Niger pendant les mois secs. Ces oiseaux se concentrent sur les derniers plans d'eau restants. Des dénombrements d'oiseaux d'eau se font dans les lacs centraux (Lacs Débo, Walado, Korientzé) depuis 1992 (Fig. 25). La plupart de ces dénombrements ont été faits en janvier-mars, mais quinze (15) dénombrements sont disponibles pour les mois d'avril, mai et juin entre 1999 et 2006. Le niveau de l'eau à Akka a varié pour ces quinze (15) dénombrements entre -25 cm et 120 cm. Nous utiliserons ces données pour évaluer l'impact écologique du niveau de l'eau pendant les mois secs.



**Fig. 25.** Les lacs centraux (Débo, Walado et Korientzé). La couverture d'eau est montrée pour la fourchette 0 à 140 cm à Akka; 0 = bleu foncé, 140 = vert-bleu, avec des couleurs intercalaires pour les classes intermédiaires.

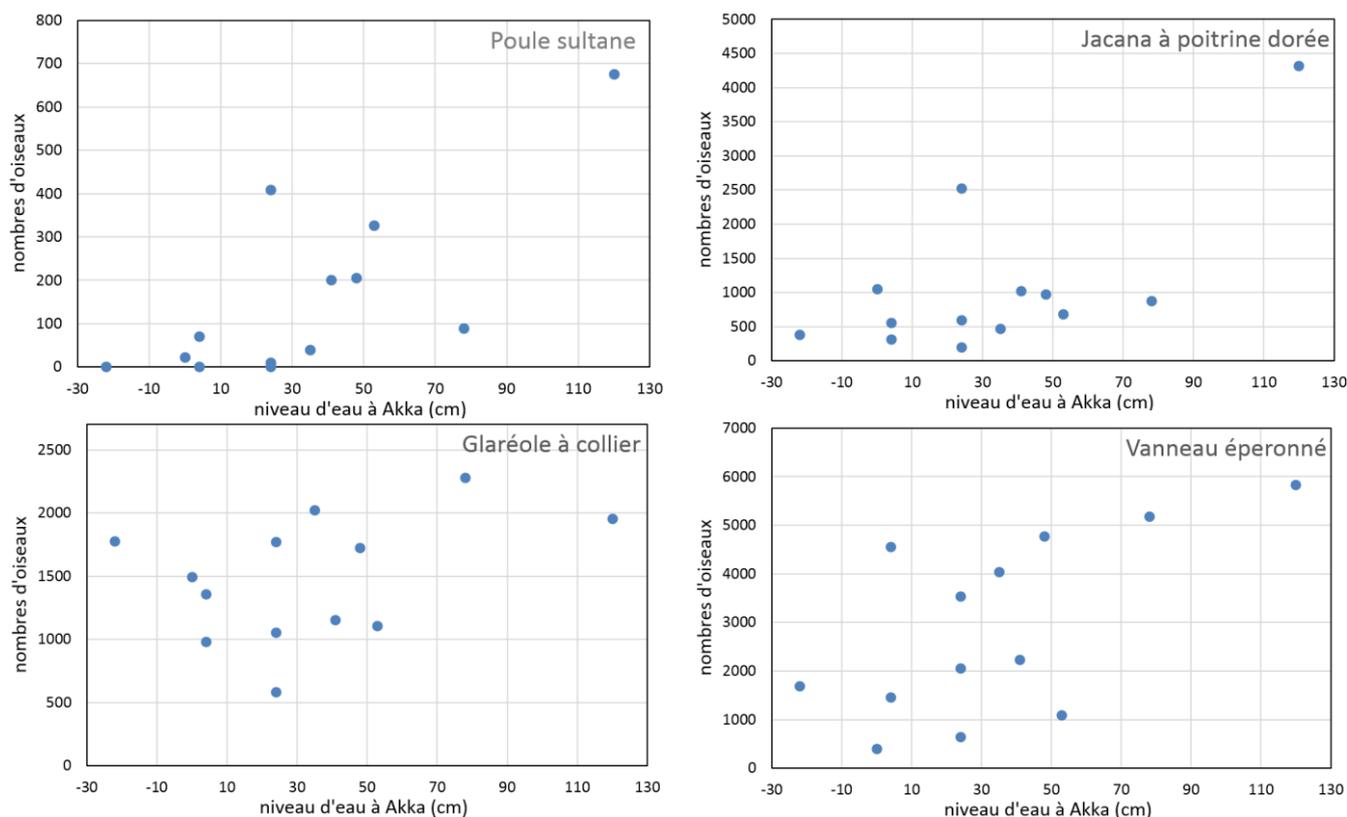
Les nombres d'oiseaux indiqués dans les graphiques (Fig. 26-28) sont les résultats des dénombrements des oiseaux effectués dans les trois lacs, selon les méthodes décrites par Van der Kamp *et al.* (2002, 2005).



**Fig. 26.** Le nombre d'Echasses blanches présentes dans les lacs centraux (Fig. 26) en avril-juin comme une fonction du niveau de l'eau à Akka.

L'Echasse blanche est une espèce d'oiseau d'eau se nourrissant dans les eaux peu profondes et peut se trouver même dans les plus petites cuvettes / dépressions peu profondes. Au moment de la baisse du niveau de l'eau, les nombres des oiseaux des lacs centraux augmentent puisque les derniers cours d'eau restants se trouvant ailleurs dans le Delta Intérieur tarissent et ne peuvent donc plus servir de lieu d'alimentation pour ces espèces d'oiseaux d'eau. Au stade de niveaux d'eau plus bas, on s'attendrait à une augmentation similaire du nombre des autres espèces d'oiseaux d'eau, mais cela n'est pas le cas

La Fig. 27 montre pour quatre (4) espèces d'oiseaux d'eau que les nombres en avril-juin ont diminué quand le niveau de l'eau est tombé plus bas. Ces quatre espèces ne se nourrissent pas dans l'eau comme l'Echasse blanche mais plutôt dans la végétation ou sur le sol ferme humide. Elles disparaissent des lacs centraux quand le niveau de l'eau est plus bas puisque leur zone d'alimentation disponible se rétrécit.



**Fig. 27.** Poule sultane, Jacana à poitrine dorée, Glaréole à collier et Vanneau éperonné : leurs effectifs présents dans les lacs centraux (Fig. 25) en avril-juin comme une fonction du niveau de l'eau à Akka.

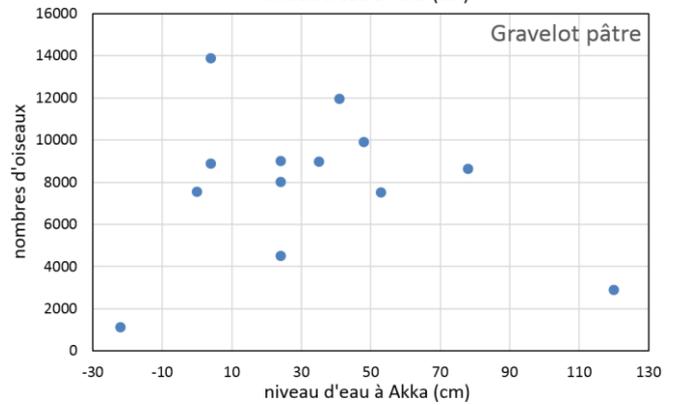
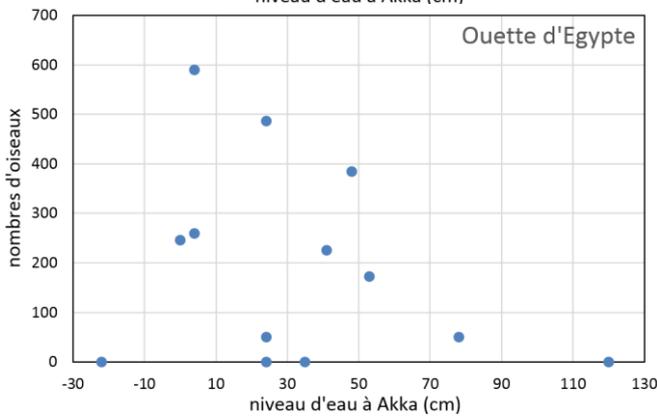
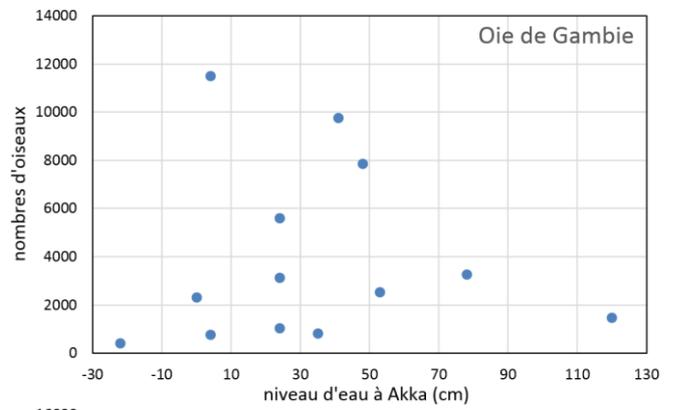
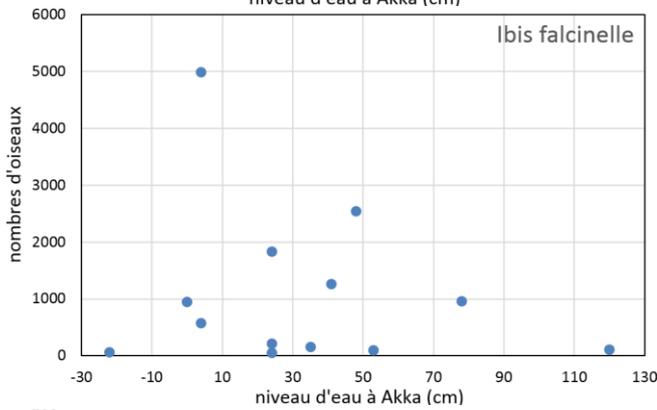
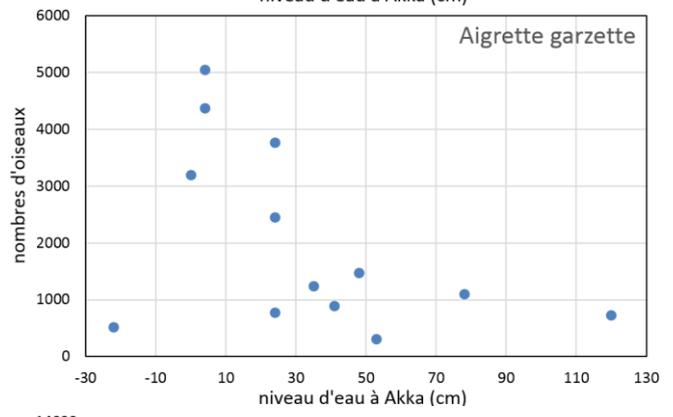
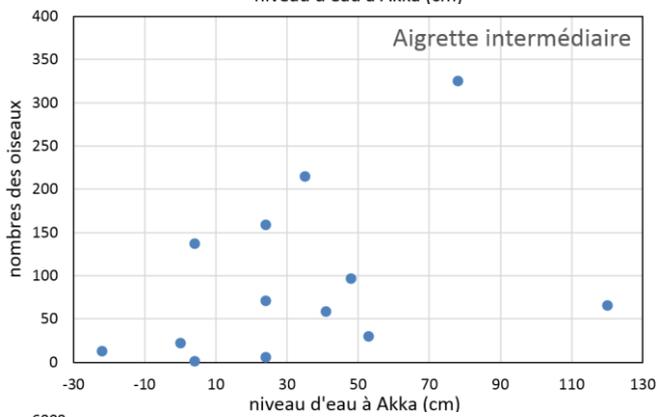
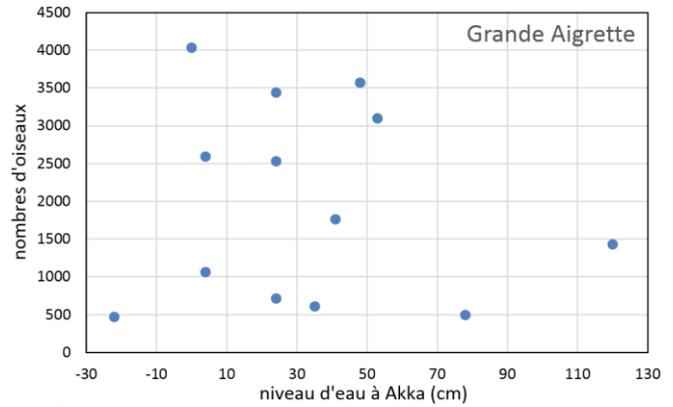
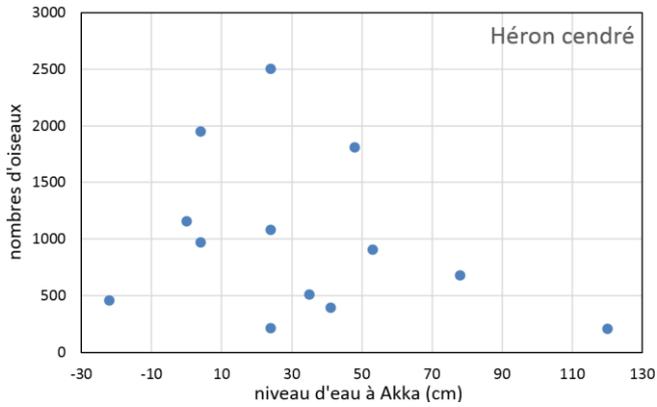
Chez la plupart des espèces oiseaux d'eau observées, les nombres sont déterminés par deux tendances opposées quand le stade du processus de baisse du niveau de l'eau est atteint. D'une part, une augmentation des nombres due à la perte des zones d'alimentation convenables ailleurs dans le Delta Intérieur du Niger quand le stade du processus de baisse du niveau de l'eau y est atteint. Par ailleurs, les lacs centraux perdent leurs fonctions de zones d'alimentation quand le niveau de l'eau descend à un niveau très bas à partir duquel les nombres des oiseaux commencent à baisser. En conséquence, les grands nombres de la plupart des espèces sont observées lors des niveaux d'eau intermédiaires et non lors de l'étiage ou lors du niveau d'eau le plus élevé pendant la saison sèche. La Fig. 28 montre pour onze (11) autres espèces d'oiseau le rapport entre les nombres d'oiseau dénombrés et le niveau de l'eau.

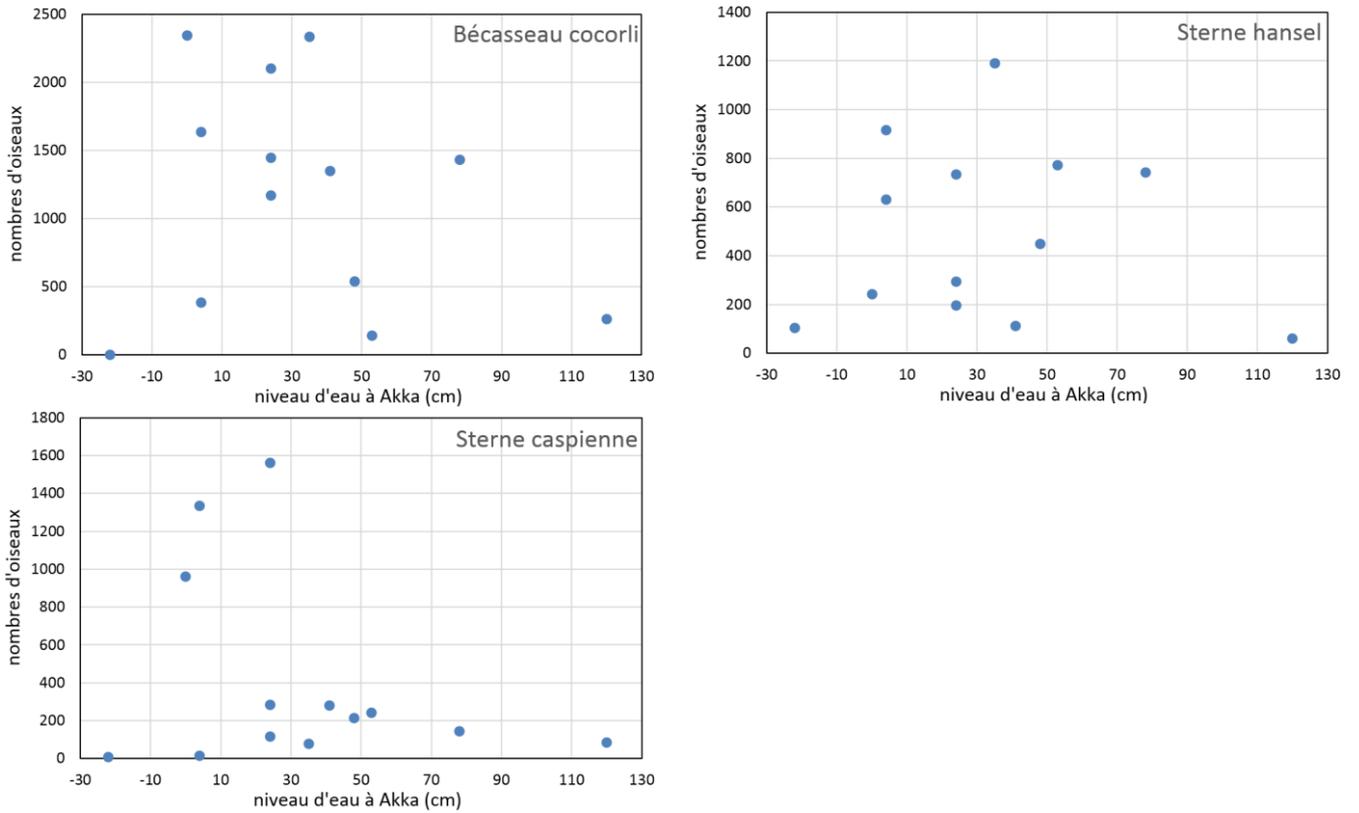
Où vont les oiseaux quand ils doivent quitter les lacs centraux se trouvant dans une situation de niveau d'eau très bas? En ce moment de l'année, tout le Sahel est sec. Alors, il n'y a presque pas d'alternative. La plupart de ces oiseaux sont susceptibles de mourir. Pour ce qui est de plusieurs espèces, elles se concentrent dans les lacs centraux. A titre d'exemple: Del Hoyo *et al.* (1995) mentionnent à propos de l'occurrence du Gravelot pâtre en Afrique « volées de 100-200 oiseaux signalées » mais dans les grands lacs on a pu dénombrer jusqu'à 14.000 oiseaux (Fig. 28)!

Les lacs centraux font toujours partie du réseau hydrographique même au stade de l'étiage. Donc, le niveau de l'eau est directement déterminé par le fleuve. Pour prévenir la mortalité massive des oiseaux d'eau concentrés dans ces derniers cours d'eau restants, des mesures y afférentes doivent être prises afin que le niveau de l'eau à Akka puisse descendre en dessous de -10 cm environ. Comme montré dans la Fig. 19, pour garantir un niveau d'eau de -10 cm, le débit de Ké-Macina + celui de Sofara doivent être de 40 m<sup>3</sup>/s.

**En conclusion:** D'un point de vue écologique, les plaines d'inondation fluviales doivent avoir une phase sans eau dans le cycle annuel des crues ; pour cela un bas débit fluvial en saison sèche s'avère nécessaire. Cependant, si le débit est très bas, les oiseaux d'eau du Delta Intérieur du Niger

perdent leurs zones restantes d'alimentation et probablement ne survivront pas à une telle période sèche.





**Fig. 28.** Héron cendré, Grande Aigrette, Aigrette intermédiaire, Aigrette garzette, Ibis falcinelle, Oie de Gambie, Oulette d’Egypte, Gravelot pâtre, Bécasseau cocorli, Sterne hansel et Sterne caspienne : les nombres présents dans les lacs centraux (Fig. 26) en avril-juin comme une fonction du niveau de l’eau à Akka.

Ceci ne survient pas à un niveau d’apport d’eau de 40 et certainement pas à un débit de 50 m<sup>3</sup>/s. Alors, écologiquement parlant, un débit minimal de 40 m<sup>3</sup>/s est encore acceptable. Cependant, une action de prévention s’avère nécessaire afin que le débit ne soit inférieur à cela.

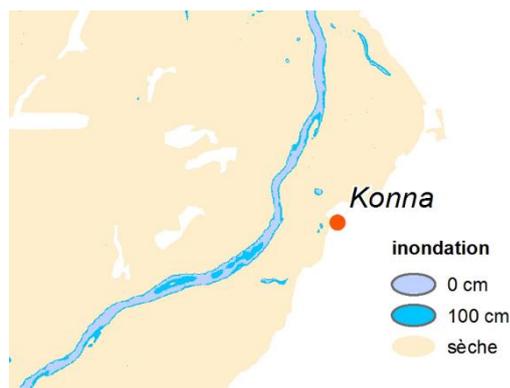
## 6 L'impact socio-économique d'un faible apport d'eau

### 6.1 Transport

Les bateaux sont le seul moyen de transport dans le Delta du Niger pendant la saison de crue. Le transport routier devient possible pendant la saison sèche, mais tant que le tirant d'eau est suffisant pour transporter les passagers et le fret, les bateaux sont utilisés, puisqu'étant moins chers que de voyager par voiture.

Les gros bateaux qui desservent les villes du Delta Intérieur du Niger ont une capacité de charge de 400 passagers et 350 tonnes de fret. Puisque ces bateaux ont besoin d'un tirant d'eau de 4 m, leur utilisation se limite à la saison de crue. Pendant la saison sèche, les petits bateaux peuvent toujours transporter les passagers et le fret vers toutes les villes le long du Bani et du Niger, et localement aussi ailleurs.

**En conclusion:** Un faible niveau d'eau limite sérieusement le transport par bateau. Alors, compte tenu de ce point de vue, chaque réduction du niveau de l'eau pendant la saison sèche limite le transport par bateau. Aussi, un débit minimal de 50 m<sup>3</sup>/s est préféré au débit d'eau de 40 m<sup>3</sup>/s.



**Fig. 29.** Ce qui reste du fleuve Niger, près de Konna (de 20 km en amont à 10 km en aval de Kona) quand le niveau d'eau à Akka baisse de 100 cm (bleu clair et bleu foncé) à 0 cm (bleu clair). A un niveau d'eau de 0 cm, beaucoup de rochers et de bancs de sable à proximité de Konna ne sont pas couverts d'eau et les bateaux doivent manœuvrer entre les bancs de sable. Il est à noter que la carte montre la couverture d'eau, indépendamment de la profondeur, même si la profondeur est de quelques cm. Source: Zwarts (2012).

### 6.2 Pêche

La prise quotidienne de poissons est faible quand les plaines d'inondation sont couvertes d'eau mais elle augmente progressivement pendant la décrue, quand les poissons doivent forcément quitter les plaines d'inondation pour aller se concentrer dans les derniers cours d'eau restants. Alors, la campagne de pêche commence en janvier-février et finit en mai-juin. Pendant la saison sèche, un niveau extrêmement bas du niveau de l'eau a des impacts directs et indirects sur la pêche dans le Delta Intérieur du Niger. Avant que ces impacts ne soient évalués, il y a raisonnablement lieu, d'abord, de décrire comment les méthodes et pratiques de pêche ont changé au fil du temps pendant ces cinquante (50) dernières années.

Kodio *et al.* (2002) ont trouvé que les pêcheurs particuliers ont capturé la plupart des poissons (35/kg/jour, en moyenne) quand le niveau de l'eau a baissé de 2-3 mètres; ce qui est habituellement le cas au début du mois de février. Plus tard pendant la saison, les poissons sont plus concentrés et plus faciles à capturer, mais au lieu d'une augmentation importante de la prise quotidienne, il y a plutôt une diminution progressive jusqu'à la maigre prise de 7 kg/jour vers la fin du mois de juin. Leur conclusion est que cette diminution est due à l'épuisement du stock halieutique des cours d'eau et que presque tous les poissons avaient été capturés vers la fin de la campagne de pêche. Cette conclusion est un enseignement de grande portée. Le stock halieutique d'une année dépend du frai

oeux et des alevins produits par les quelques poissons encore vivants à la fin de la première année de leur vie et les quelques poissons qui ont plus d'un an.

Quand Kodio *et al.* écrivaient leur document, le système d'exploitation avait déjà changé mais dès lors il y a eu plus de changements. La pêche est devenue beaucoup plus intensive après l'introduction des filets en nylon dans les années 1960. Les poissons à capturer devenaient plus petits et le maillage diminuait simultanément en passant de 5 cm avant 1975 à 3-4 cm dans les années 1980 (Laë *et al.* 1994). Actuellement, la plupart des filets ont même des mailles d'un (1) cm.

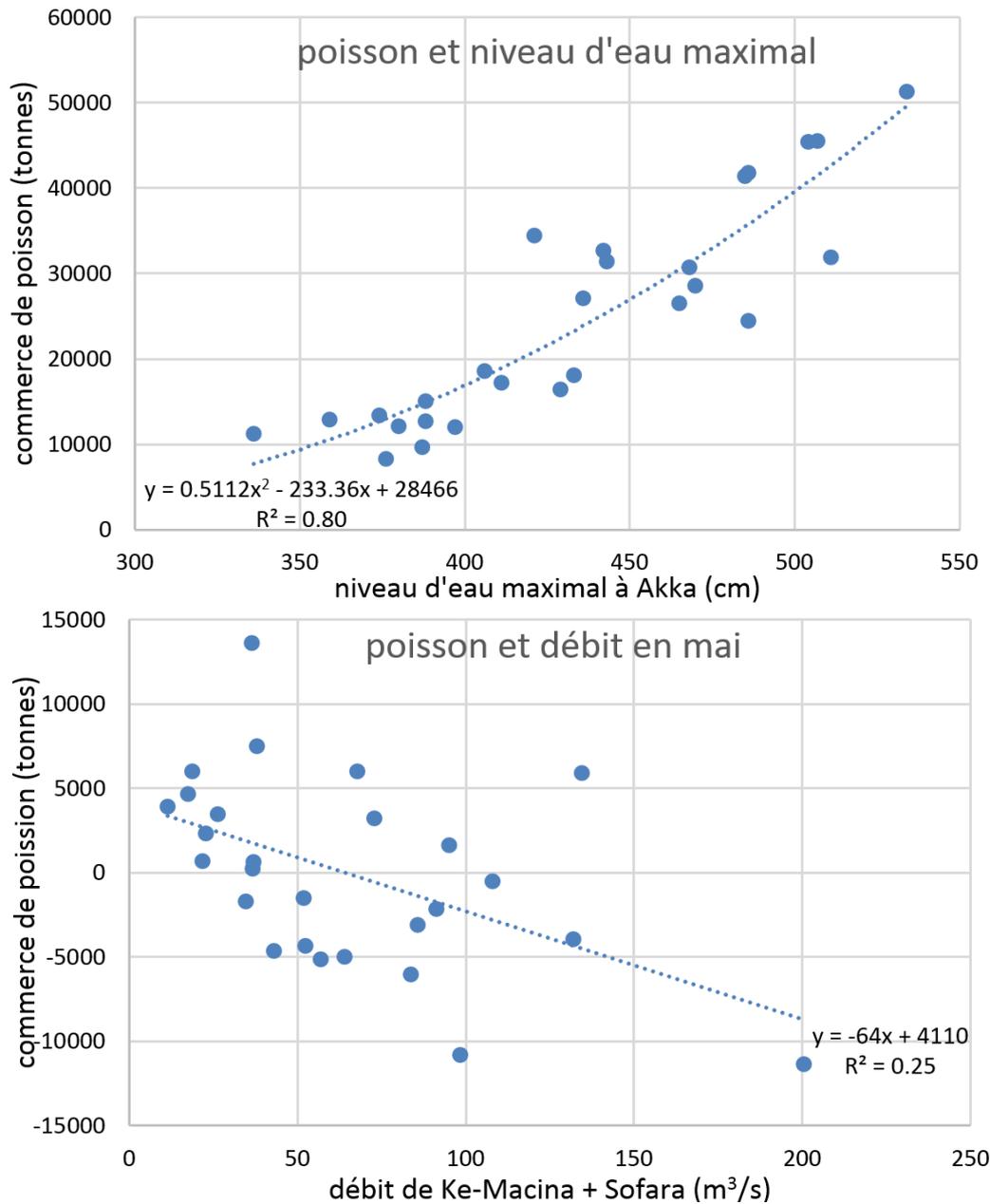
Les pêcheurs continuent, conséquemment, à adapter leurs techniques de pêche. Dans le passé, ils attendaient jusqu'à ce que les poissons eussent émigré des plaines d'inondation émergentes aux petits affluents et / ou que les poissons se fussent concentrés dans les eaux peu profondes des cours d'eau isolés. Collectivement, ils placent encore de grands verveux, c'est à dire des filets en forme d'entonnoir, dans les petits affluents mais, individuellement, les pêcheurs ont commencé à creuser des canaux de drainage (généralement < 1 m) dans les berges du fleuve pour capturer les poissons dans ces déversoirs et exutoires. De cette façon, individuellement, les pêcheurs peuvent capturer les poissons avant qu'ils n'arrivent aux barrages de pêche (souvent larges, communaux) dans les petits affluents. Bien que cette technique puisse sembler profitable au pêcheur individuel, il cause préjudice à la pêche dans son totalité puisqu'elle provoque un drainage plus rapide des plaines d'inondation dont la conséquence est la limitation de la saison de croissance des poissons et les poissons capturés sont plus petits.

Depuis quelques années, les pêcheurs ont commencé à clôturer les bourgoutières avec des très longs filets à mailles fines, avec l'intention que tous les poissons quittant les plaines d'inondation clôturées au moment de la décrue, seront capturés dans un verveux (un filet de pêche en forme d'entonnoir). Encore-là, bien qu'apparemment cela soit une manière profitable de capturer les petits poissons, cela est plutôt très préjudiciable puisque une fraction des poissons piégés est capturée et tous les autres poissons mourront quand la bourgoutière aura tari. Par ailleurs, les poissons sont capturés en début de saison et sont encore petits. La fraction des poissons survivant à la campagne de pêche pendant les dernières années doivent être même plus petits que ceux des années décrites par Kodio *et al.*

Tous ces changements ont eu un énorme impact sur le stock halieutique. Les poissons de plus d'un an d'âge deviennent de plus en plus rares dans le Delta Intérieur du Niger. Les espèces de poissons se sont adaptées à cette pression extrême prédatrice en avançant leur âge de reproduction. La capture dans une année dépend de la capacité reproductive du peu de poissons encore vivants après la campagne intensive de pêche. La campagne de pêche est plus intensive si pendant la saison sèche, le niveau de l'eau baisse trop. L'avantage de courte durée d'un très bas niveau d'eau dans les mois secs est évidente parce que plus de poissons peuvent être capturés (Fig. 30). Cependant, à long terme il n'y a pas beaucoup à y gagner puisque le risque augmente à tel point que la capacité de reproduction des poissons est tellement réduit que cela a un impact négatif sur la production halieutique de l'année suivante.

Il n'y a pas de règlements statutaires efficaces limitant la surexploitation des poissons dans le Delta Intérieur du Niger. La seule façon de limiter la surexploitation, c'est d'empêcher que le niveau de l'eau baisse trop pendant la saison sèche

La quantité de poissons pêchés est supérieure à la production annuelle (c'est à dire la biomasse récoltée) et la commercialisation annuelle donnée en tonnes. Une étude des rapports annuels de l'OPM pourrait révéler à quel point la composition des espèces a changé pendant ces dernières douzaines d'années. Bien que cette dimension soit importante, elle est hors de la portée de la présente étude.



**Fig. 30.** Graphique d'en haut : La commercialisation annuelle (équivalents en tonnes de poissons frais) comme une fonction du niveau du pic de la crue (Akka, cm) de l'année précédente; 1977-2003. Les données halieutiques de l'OPM; source: Zwarts *et al.* 2005.

Graphique d'en bas : L'écart entre de la commercialisation effective de poissons et la commercialisation prédite à partir du niveau du pic de la crue (en utilisant la fonction donnée dans le graphique d'en haut) comme une fonction du débit ( $m^3/s$ ) à Ké-Macina + Sofara en mai.

Un exemple pour clarifier ce que nous avons fait : la commercialisation annuelle en 1989 s'élevait à 16400 tonnes. Le niveau du pic de la crue en 1988 était 429 cm. La ligne de régression donne une commercialisation prédite de 22400 tonnes. Le niveau de la commercialisation réelle était de 6000 tonnes de moins que le niveau attendu. Dans le graphique d'en bas, cette quantité de -6000 tonnes est déterminée par rapport au débit du fleuve en mai. La même chose est faite pour toutes les données. Le graphique d'en bas peut être compris comme étant le débit de mai, après qu'une correction ait été faite pour le pic de la crue de l'année précédente. Si le débit de mai est moins de  $50 m^3/s$ , la prise annuelle de poissons est de 3000 tonnes au-dessus de la moyenne, et si le débit est moins de  $50 m^3/s$  la prise est de 2000 tonnes en dessous de la moyenne.

**En conclusion:** Un très bas niveau d'eau permet aux pêcheurs de capturer les derniers poissons restants. Cependant, pour protéger les pêcheurs contre eux-mêmes, il faut empêcher les très bas niveaux d'eau. Pour cette raison, un débit minimal de  $50 m^3/s$  est préféré à  $40 m^3/s$ .

### 6.3 Agriculture de décrue

La plupart des agriculteurs de la partie sud du Delta Intérieur du Niger cultivent le riz flottant sur les plaines d'inondation submergées. La plupart des terres agricoles de la partie sud du Delta du Niger, telles qu'indiqués dans la Fig. 31 sont des rizières sur les plaines d'inondation. La culture du riz flottant sur les plaines d'inondation n'est pas possible dans la partie nord du Delta Intérieur du Niger puisque la crue y arrive trop tard, la durée de l'inondation est trop courte (ou même inexistante) et la saison pluvieuse est trop courte et imprédictible. Beaucoup d'agriculteurs de la partie nord du Delta Intérieur du Niger commencent à préparer leurs terres immédiatement après que les plaines d'inondation soient émergées. Les premières cultures peuvent pousser dans le sol encore humide, mais ultérieurement les agriculteurs doivent faire le va-et-vient entre leurs terres de cultures ou jardins et le lac ou le fleuve proche pour arroser leurs cultures.

Ce système est utilisé partout dans le Delta Intérieur à petite échelle, par exemple dans les jardins à proximité des villages le long du fleuve mais cela est plus largement pratiqué dans les lacs du nord tels que dans le Lac Horo. Les opportunités pour ce genre de production agricole sont limitées quand la crue était maigre. Les lacs et les cuvettes/dépressions ne sont remplis d'eau quand le pic de la crue est bas, et par conséquent restent secs. Parmi les grands lacs dans les parties nord-est et nord-ouest du Delta Intérieur du Niger, le lac Horo est le seul grand lac rempli d'eau après une crue faible. Dans la région de Tombouctou, la *culture de bas-fonds* couvre une superficie emblavée de 40 km<sup>2</sup> et la *culture de décrue* (pratiquée sur les zones émergées, tels que les lacs) couvrent une superficie emblavée de 100 km<sup>2</sup> selon les estimations de DRAMR-Tombouctou; voir aussi la Fig. 32.

Pour plusieurs raisons, le débit du fleuve pendant la saison sèche a à peine un impact sur l'agriculture pendant la décrue. Premièrement, une grande partie des terres agricoles utilisées pendant la décrue sont situées le long de cours d'eau isolés du réseau fluvial pendant la saison sèche (Fig. 32). Ces lacs et cuvettes/dépressions sont préférés par les agriculteurs puisque le niveau de l'eau descend à un rythme lent (0,7 cm/jour dû à l'évaporation). La baisse du niveau de l'eau dans le réseau hydrographique (2-3 cm/jour) est si rapide que son utilisation n'a de sens que pour cultiver des légumes sur les terres émergées si le fleuve demeure proche plus tard pendant la saison. Il n'y a donc pas d'agriculture sur les plaines d'inondation extensives plates mais seulement sur les rives abruptes et étroites des fleuves. Deuxièmement, tant qu'il y a l'agriculture pendant la décrue dans les zones restant connectées réseau hydrographique, la récolte se fait avant ou pendant la saison sèche précoce.

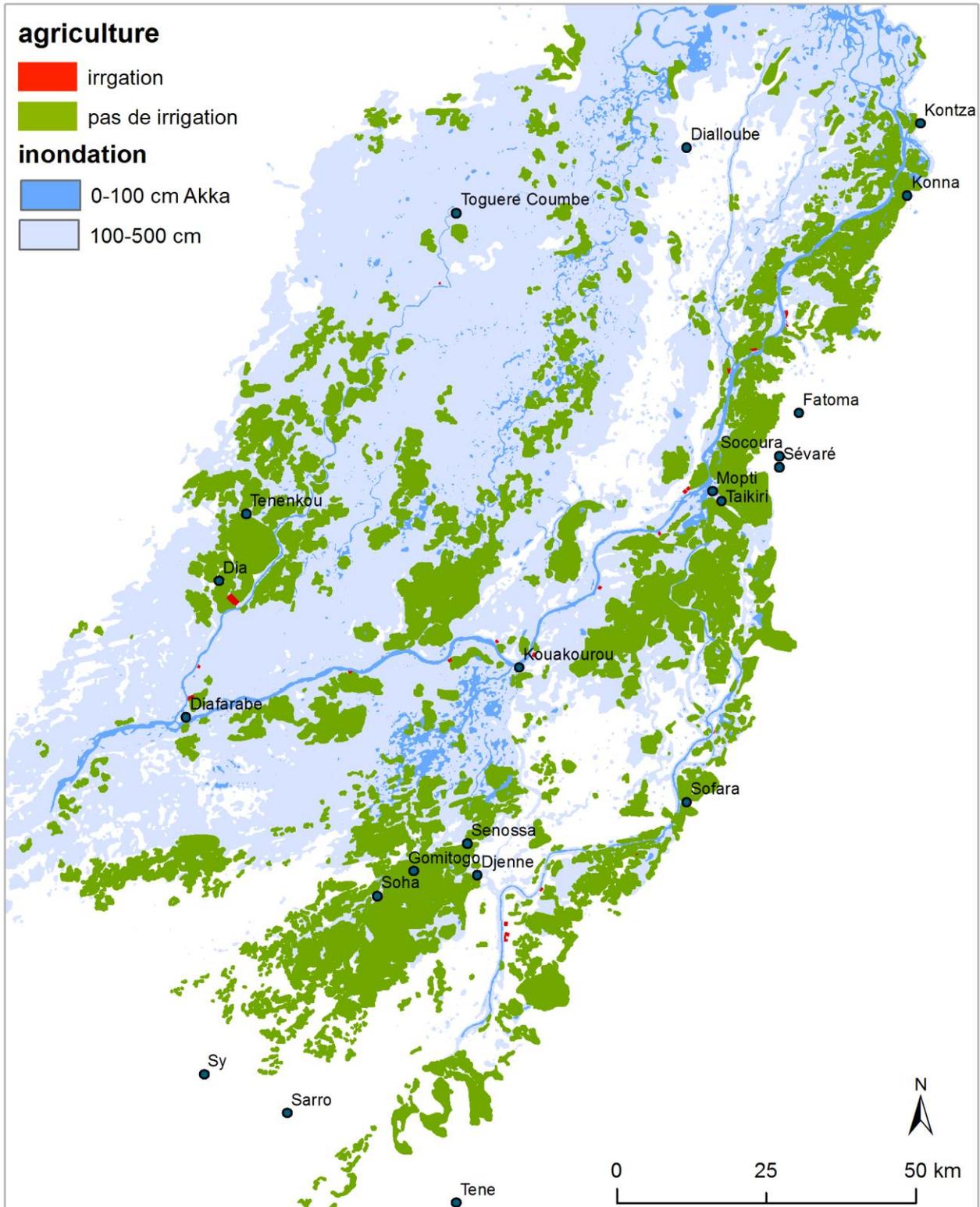
**En conclusion:** la plupart de l'agriculture pendant la décrue n'est pas affectée par le niveau de l'eau (et donc pas par le débit de l'eau) pendant la saison sèche.

### 6.4 Irrigation

La productivité agricole sur les plaines d'inondation du Delta Intérieur du Niger varie d'une année à l'autre puisque dépendante de la crue et de la pluviométrie locale. La plupart des superficies emblavées du Delta Intérieur du Niger sont inondées si le niveau de l'eau à Akka est entre 350 et 400 cm. Les moto-pompes permettent aux agriculteurs d'irriguer leurs terres. Presque tous ces champs d'irrigation sont situés le long du fleuve Niger sur les parties élevées des plaines d'inondation ou même sur des terres n'ayant jamais été inondées. Il n'y a que quelques petits projets d'irrigation dans la partie sud du Delta Intérieur du Niger (Fig. 31), mais des projets extensifs ont été mis sur pied ces dernières années dans la moitié nord (Straub 2007; Fig. 32). Presque toutes les terres agricoles le long du fleuve Niger dans la partie nord du Delta dépendent maintenant de l'irrigation. A quelques exceptions près, tous les projets d'irrigation se trouvent, même là où, pendant les années à très faible débit d'eau de fleuve pendant les mois secs, l'eau est encore disponible dans le voisinage immédiat.

L'irrigation est-elle plus onéreuse quand le niveau de l'eau du fleuve est bas ? La plupart des pompes sont situées à proximité du fleuve sur les berges élevées. Pendant la saison sèche, les populations pompent l'eau sur leurs terres se trouvant à 6 m de hauteur. A un faible débit de 40 au lieu de 50 m<sup>3</sup>/s, le niveau de l'eau sera de 12 cm plus bas (Fig. 17). Puisque la consommation de carburant pendant le pompage se détermine principalement en fonction de la quantité d'eau pompée, un niveau additionnel d'eau de 12 cm n'augmenterait pas la consommation de carburant de plus de 2%.

**En conclusion:** la plupart des projets d'irrigation sont situés le long du fleuve Niger là où même pendant l'étiage, il est encore possible de pomper l'eau à partir du fleuve dans le voisinage immédiat. Donc pour la plupart des agriculteurs pratiquant l'irrigation, le débit du fleuve, qu'il soit de 40 ou 50 m<sup>3</sup>/s, n'a presque pas d'importance pour eux.



**Fig. 31.** L'agriculture (rouge: irrigué; vert: non-irrigué) dans la partie sud du Delta Intérieur du Niger (zone d'inondation à 100 cm à Akka: bleu foncé ou à 500 cm: bleu clair). Les images Google Earth (2003-2013) ont été utilisées pour identifier les terres agricoles. Les terres agricoles sont clairement visibles sur les images satellitaires à haute résolution, pendant aussi bien qu'après la récolte. Les terres agricoles sont clairement visibles sur les images satellitaires pendant la saison sèche quand ils sont clairement visibles comme des îlots de verdure dans un monde sec et jaune. Cependant, il est plus difficile de distinguer les champs irrigués et les champs non-irrigués en saison humide quand tout est vert. La plupart des projets d'irrigation ont des ouvrages et digues rectangulaires et nous avons utilisé ces informations pour reconnaître les projets d'irrigation. Par ailleurs, nous pouvions utiliser l'atlas des projets d'irrigation de la moitié nord du Delta Intérieur du Niger (Straub 2007) pour indiquer les projets d'irrigation.



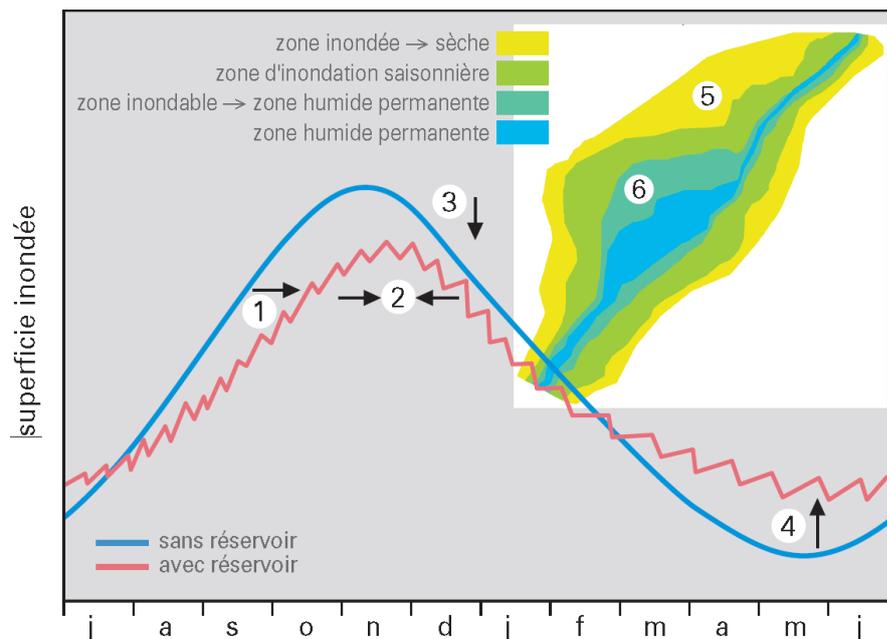
Fig. 32. L'agriculture (rouge: irrigué; vert: non-irrigué) dans la partie nord du Delta Intérieur du Niger (zone d'inondation à 100 cm à Akka: bleu foncé ou à 500 cm: bleu clair). Pour davantage d'explications : voir la légende de la Fig. 31

## 7 Discussion et résumé

### 7.1 La dynamique du fleuve et les plaines d'inondation saisonnières

La plupart des plaines d'inondation fluviales du monde se trouvent dans la zone subtropicale à cause de la saison pluvieuse courte et intense et la longue saison intermédiaire. Le niveau de l'eau dans la plupart des plaines d'inondation fluviales africaines varie entre 0,5 et 2,5 m au cours de l'année, mais le Delta Intérieur du Niger sort du lot puisque le niveau de l'eau varie de façon saisonnière entre 4 et 5 m (3,5 m étant le niveau pendant les années sèches et 6 m pendant les années humides).

Les barrages en amont amoindrissent la dynamique du fleuve et ont un impact sur les plaines d'inondation de plusieurs façons (Fig. 33). La Fig. 33 montre l'impact de Sélingué (et de Fomi, si construit) sur le Delta Intérieur du Niger. Le prélèvement d'eau par l'Office du Niger provoque une baisse plus importante du pic du débit et amoindrit le débit pendant la saison sèche. Alors, l'impact combiné des deux infrastructures sur le Delta Intérieur du Niger est une baisse plus importante du niveau du pic du débit, mais leur impact pendant la saison sèche est le contraire. L'eau additionnelle lâchée par Sélingué (100 m<sup>3</sup>/s) est entièrement captée par l'Office du Niger.



**Fig. 33.** Les réservoirs en amont ont un impact sur les plaines d'inondations de plusieurs façons. Quand le réservoir est rempli au début de la saison pluvieuse, il retarde la crue (1) et baisse le niveau du pic (3). Ceci réduit aussi l'étendue de la crue (5). Quelques mois plus tard, quand le réservoir est vidé, le bas niveau de l'eau monte (4), provoquant une extension des zones humides permanentes (6). Ces changements provoqués par l'être humain transforment les hautes plaines d'inondation en terres sèches (5) et les basses plaines d'inondation en terrains marécageux permanents. (6); les plaines d'inondation saisonnières restantes contiennent moins d'eau pour une courte période (2). Les lâchers irréguliers de l'eau à partir du réservoir provoque des fluctuations non uniformes de courte durée, à la différence de l'augmentation et de la diminution quotidiennes normalement graduelles du niveau de l'eau associées à la crue et à la décrue ayant libre cours.  
De : Zwarts *et al.* 2009/2012.

L'impact de Fomi sur le Delta Intérieur de Niger ressemblera à celui de Sélingué, bien que la quantité d'eau retenue pendant la saison sèche et les lâchers d'eau pendant la saison sèche seront deux fois autant grands qu'à Sélingué. Fomi permettra à l'Office du Niger d'augmenter la capacité d'irrigation pendant la saison sèche mais le prélèvement d'eau pendant la saison sèche deviendra -t-il trois fois autant grand que le prélèvement actuel? Si oui, nous pouvons supposer que cela prendra plusieurs années pour que cette quantité soit prélevée. Nous devons donc garder à l'esprit qu'après

la construction du barrage de Fomi, le niveau d'eau du Delta Intérieur du Niger augmentera considérablement pendant la saison sèche.

## 7.2 Débit du fleuve et inondation pendant la période sèche

Tant que Fomi n'est pas construit, l'Office du Niger ne peut pas augmenter son prélèvement d'eau pendant la saison sèche, sans mettre en cause les intérêts en aval. Ce rapport a analysé la relation entre le débit pendant la saison sèche et les fonctions écologiques et socio-économiques du Delta Intérieur du Niger dans une tentative de réponse à la question de savoir si le débit d'eau garanti à Markala/ Ké-Macina doit être fixé à 40 ou 50 m<sup>3</sup>/s. Les principales conclusions sont résumées ci-dessous :

En moyenne, Sélingué et l'Office du Niger baissent le pic du débit du Niger à l'entrée de l'Office du Niger en septembre de 500 et 100 m<sup>3</sup>/s, respectivement. Sélingué ajoute 100 m<sup>3</sup>/s au débit du fleuve pendant les mois secs alors que l'Office du Niger prélève 100 m<sup>3</sup>/s du fleuve pendant les mêmes mois secs. D'où, l'eau ajoutée par Sélingué en saison sèche est, en moyenne, entièrement consommée par l'Office du Niger.

Le débit du fleuve Niger à Koulikoro en saison sèche, dépend du pic de la crue pendant la saison humide précédente, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Sélingué. Les lâchers d'eau à Sélingué pendant la saison sèche augmentent les débits pendant les mois secs, indépendamment du pic de la crue en septembre

Le débit du fleuve à Ké-Macina pendant la saison sèche, montre une grande variation d'une année à l'autre. Comme à Koulikoro, le débit pendant la saison sèche, dépend du pic de la crue de la saison humide précédente, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Sélingué. Les lâchers d'eau à Sélingué pendant la saison sèche augmentent le débit des mois secs, indépendamment du pic de la crue en septembre.

Le débit du fleuve Bani à Sofara pendant la saison sèche, montre une grande variation d'une année à l'autre. Comme le débit du fleuve Niger (à Koulikoro et Ké-Macina), le débit du fleuve Bani pendant la saison sèche dépend du pic de la crue de la saison humide précédente, avant aussi bien qu'après la construction du réservoir de Talo. Les lâchers d'eau à Talo pendant la saison sèche augmentent le débit pendant les mois secs, indépendamment du pic de la crue en septembre.

La corrélation entre le pic du débit du Bani et celui du Niger est bien établi: quand il y a beaucoup d'eau dans le cours supérieur du Bani, il y a aussi habituellement beaucoup de pluies dans le Bassin du haut Niger. Cependant quand on compare les débits des deux fleuves, il n'y a pas de relation. D'où, des années à bas débit en mai à Ké-Macina, peuvent parfois compenser un haut débit à Sofara, et vice versa.

L'étiage à Ké-Macina est mesuré au début du mois de mai et à Diré il est mesuré au début du mois de Juin. En ce qui concerne les stations intermédiaires, l'étiage y est mesuré en mi-Mai (à Mopti) et vers la fin du mois de mai (à Akka et Niafunké).

Le niveau de l'eau à Mopti pendant la saison sèche (mars-mai) est lié à l'apport d'eau combiné du Niger et du Bani, établi en moyenne pour les 20 jours précédents. Le niveau de l'eau à Akka est lié à l'apport d'eau moyen des 10 à 30 jours précédents.

L'impact combiné de Sélingué et de l'Office du Niger sur l'apport d'eau et sur la durée de la période sèche dans le Delta Intérieur du Niger est très grand. Les périodes sèches pendant lesquelles l'apport d'eau est inférieur à 40 ou 50 m<sup>3</sup>/s sont rares depuis la construction de Sélingué et ne surviennent que quand le niveau maximum de la crue a été bas.

La couverture d'eau pendant la saison sèche est principalement mesurée par le niveau du pic de la crue: plus la crue est élevée, plus les lacs et les cuvettes/dépressions sont remplis. La couverture d'eau baisse pendant la décrue ; cela est relativement rapide dans les parties encore connectées au fleuve, mais lent dans les cours d'eau qui ont été isolés. Alors, l'apport d'eau pendant la saison sèche n'a qu'un impact limité sur la couverture d'eau en ce moment de l'année. Si le niveau de l'eau tombe extrêmement bas, la superficie couverte par l'eau diminue aussi, mais pas beaucoup.

### 7.3 Valeurs écologiques

D'un point de vue écologique, la dynamique de la crue doit être préservée autant que possible. Une partie essentielle de la dynamique est que les plaines d'inondation soient effectivement sèches pendant au moins quelques mois afin d'empêcher que ne se créent des marécages permanents. Pour le Delta Intérieur du Niger, cela implique que le niveau de l'eau doit baisser à environ 0 cm à Akka. Selon nos calculs, à un débit minimal moyen de 40 et 50 m<sup>3</sup>/s, le niveau de l'eau doit descendre à -6 et 6 cm à Akka, respectivement. Cette différence est trop petite pour être source d'inquiétude. Cependant, il y a une raison de préférer un débit minimum de 50 m<sup>3</sup>/s : les oiseaux d'eau se concentrent pendant la saison sèche dans les derniers plans d'eau restants, mais si le niveau tombe au-dessous de 0 cm à Akka, les nombres d'oiseaux diminuent, plus probablement à cause d'une plus haute mortalité.

### 7.4 Valeurs économiques : transport

Pendant la décrue du Delta du Niger, le transport par bateau diminue mais les voitures sont plus utilisées. Le transport par bateau est relativement moins cher. Donc, un niveau d'eau plus élevé pendant la saison sèche rend le transport, en moyenne, plus rentable. La différence n'est pas grande puisque les grands bateaux desservant les villes du Delta Intérieur du Niger ne sont utilisées que pendant la période des hautes eaux (où le niveau de l'eau est plus élevé)

### 7.5 Valeurs économiques : pêche

Un faible niveau d'eau du Delta Intérieur du Niger permet aux pêcheurs de capturer plus de poissons pendant la saison sèche. Ils tirent donc profit de la prévalence d'un débit réduit à 40 au lieu de 50 m<sup>3</sup>/s. Cependant, pour prévenir un préjudice à long terme au stock halieutique et aussi dans l'optique d'une perspective à long terme, il faut maintenir le niveau minimal du fleuve à 50 m<sup>3</sup>/s.

### 7.6 Valeurs économiques : agriculture de décrue

La plupart des terres agricoles utilisées pendant la décrue sont situées dans des mares (cuvettes/dépressions) et le long des rives des grands lacs. L'inondation de ces plans d'eau est déterminée par le pic de la crue. Pour ce type d'agriculture, un pic élevé de crue est essentiel mais le débit du fleuve ainsi que le niveau de l'eau du fleuve, des rivières, ruisseaux et lacs pendant les mois secs, n'a pas d'impact sur les dépressions/cuvettes et lacs dont on vient de faire état et où se trouvent la plupart des terres agricoles. Donc, que le débit du fleuve pendant la saison sèche soit de 40 ou 50 m<sup>3</sup>/s n'a presque pas d'impact sur l'agriculture pendant la décrue.

### 7.7 Valeurs économiques : agriculture dans les projets d'irrigation

Presque tous les projets d'irrigation du Delta Intérieur du Niger sont établis à proximité de l'eau profonde où, même à un niveau d'eau très bas, l'eau du fleuve peut être pompée vers le projet

d'irrigation. Par conséquent, que le débit du fleuve pendant la saison sèche soit 40 ou 50 m<sup>3</sup>/s, n'a presque pas d'impact sur l'agriculture dans les projets d'irrigation.

## 7.8 Santé

Ce rapport n'a pas pris en compte la relation entre la santé et le débit minimal d'eau, en raison du manque de données. Cependant, l'impact ne doit pas être ignoré. Le choléra ne peut pas être considéré comme n'étant pas courant dans le Delta Intérieur du Niger. Le risque de choléra est plus grand pendant la saison sèche quand les populations sont concentrées autour des derniers plans d'eau restants. Il est concevable que le risque de cette maladie et d'autres maladies endémiques pendant la saison sèche devienne plus grand pendant les années à faible débit d'eau. Les données quantitative sur la relation entre la santé et le niveau minimal d'eau manquent mais il est évident que les très bas débits d'eau doivent être évités.

## 7.9 Conclusion générale

Il est recommandé de ne pas baisser l'apport total d'eau vers le Delta de 50 à 40 m<sup>3</sup>/s, vu l'impact négatif que ceci aura sur certains (pas tous) acteurs. Cependant, puisque Talo lâche un débit additionnel d'eau de 20-30 m<sup>3</sup>/s pendant la saison sèche, le débit minimal à Markala peut, sans risque, être réduit en le passant de 50 à 40 m<sup>3</sup>/s.

## 8 Bibliographie

---

del Hoyo, J., Elliott, A. & Sargatal, J. eds. 1996. Handbook of the world. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Edicions, Barcelona.

Kamp van der, J., Diallo, M. & Fofana, B. 2002. Dynamique des populations d'oiseaux d'eau. - In: Wymenga, E., Kone, B., Kamp van der, J. & Zwarts, L. (éds.), Delta intérieur du fleuve Niger: écologie et gestion durable des ressources naturelles. A&W/Wetlands International/Rijkswaterstaat, pp. 87-138.

[http://www.altwym.nl/uploads/file/392\\_1294302275.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/392_1294302275.pdf)

Kamp van der, J., Fofana, B. & Wymenga, E. 2005. Ecological values of the Inner Niger Delta. - In: Zwarts, L., Beukering van, P., Kone, B. & Wymenga, E. (éds.), The Niger, a lifeline. Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W, pp. 156-176. [http://www.altwym.nl/uploads/file/361\\_1289481552.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf)

Kamp van der, J., Fofana, B. & Wymenga, E. 2005. Valeurs écologique des barrages et d'irrigation du Haut Niger. - In: Zwarts, L., Beukering van, P., Kone, B. & Wymenga, E. (éds.), Le Niger, une artère vitale. Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W, pp. 156-176.

[http://www.altwym.nl/uploads/file/361\\_1289481552.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf)

Kodio, A., Morand, P., Diénépo, K. & Laë, R. 2002. Dynamique de la pêcherie du delta intérieur du Niger revisitée à la lumière des données récentes. - In: Orange, D, Arfi, R., Kuper, M., Morand, P. & Poncet, Y. (éds.), Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales. IRD, pp. 431-453.

[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers09-03/010030381.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010030381.pdf)

Laë, R., Maïga, M., Raffray, J. & Troubat, J. 1994. Évolution de la pêche. - In: Quensière, J (éd.), La Pêche dans le Delta Central du Niger. Karthala, pp. 143-163.

Zwarts, L., Beukering van, P., Kone, B. & Wymenga, E. 2005. The Niger, a lifeline: effective water management in the Upper Niger Basin. - Rijkswaterstaat/IVM/Wetlands International/A&W.

[http://www.altwym.nl/uploads/file/361\\_1289481552.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf)

Zwarts, L., Beukering van, P, Kone, B. & Wymenga, E. 2005. Le Niger, une artère vitale. Gestion de l'eau efficiente dans le bassin du Niger Supérieur. 304 p. [http://www.altwym.nl/uploads/file/361\\_1289481552.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/361_1289481552.pdf)

Zwarts, L., Bijlsma, R., van der Kamp, J. & Wymenga, E. 2009. Living on the Edge: Wetlands and birds in a changing Sahel. KNNV Publishing. 564 p.

Zwarts, L., Bijlsma, R., van der Kamp, J. & Wymenga, E. 2012. Les ailes du Sahel: Zones humides et oiseaux migrants dans un environnement en mutation. KNNV Publishing. 564 p.

Zwarts 2012. The impact of a lower river flow on the inundation, vegetation and land use of the Inner Niger Delta. A&W-rapport 1868. Altenburg & Wymenga ecological consultants, Feanwâlden.

[http://www.altwym.nl/uploads/file/489\\_1369388731.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/489_1369388731.pdf)

Zwarts L. 2012. L'impact d'un faible débit du fleuve sur l'inondation, la végétation et l'utilisation des terres dans le Delta Intérieur du Niger. Rapport A&W 1877. Altenburg & Wymenga, ecological consultants, Feanwâlden.

[http://www.altwym.nl/uploads/file/488\\_1369388423.pdf](http://www.altwym.nl/uploads/file/488_1369388423.pdf)



**Adresse de Visite**

Suderwei 2  
9269 TZ Feanwâlden  
Pays-Bas

**Adresse postale**

Boîte Postale 32  
9269 ZR Feanwâlden  
Pays-Bas  
Tel. +511 47 47 64  
Fax +511 47 27 40  
[info@altwym.nl](mailto:info@altwym.nl)

