

CHAPITRE IX

PROBLEMES PARTICULIERS SANS INCIDENCE NOTABLE SUR LE REGIME DU FLEUVE

Lorsque l'expert a défini les limites du bassin du Sénégal, il a eu soin d'éliminer des zones qui, topographiquement, pourraient à l'extrême rigueur lui être attribuées, mais dont l'arésisme ou l'endorésisme est notoirement connu par n'importe quelle année, quelle qu'en soit l'hydraulicité.

Pour le reste, toutes les parties attribuées au bassin sont loin d'être équivalentes du point de vue de leur contribution au régime. La majeure partie d'apports au fleuve est drainée par les affluents issus du Fouta Djallon et du plateau mandingue. Le reste du bassin, sans être toujours inactif, correspond à des apports assez faibles pour que, si l'on venait à les supprimer, le régime du fleuve ne s'en trouve pas sérieusement altéré.

L'importance des superficies couvertes par ces régions hydrologiquement peu actives, justifie un classement à part dans l'ensemble des tributaires du Sénégal. Bien que l'étude en soit peu poussée, pour ne pas dire inexistante dans certains cas et embryonnaire dans les autres, il semble qu'il faille encore distinguer, parmi ces affluents deshérités, entre ceux qui apportent une contribution, faible en moyenne et à forte irrégularité interannuelle, mais réelle chaque année, et ceux dont les apports sont beaucoup plus sporadiques et nuls ou presque certaines années.

Au premier groupe appartiennent la Kolimbiné et le Gorgol, au second le Korakoro et la vallée du Serpent; au second groupe, on pourrait ajouter le bassin du Ferlo, mais le cas est particulier et il ne semble pas, jusqu'à plus ample informé, qu'on puisse y envisager le moindre aménagement hydraulique de surface.

1. GORGOL

C'est encore le mieux étudié des bassins versants faisant l'objet de ce chapitre. La superficie totale est de 19 500 km², mais la partie active s'arrête au confluent du Gorgol Noir et du Gorgol Blanc, les deux branches mères du Gorgol. A l'aval de ce confluent commence bientôt une zone largement inondable qui peut être considérée comme un prolongement du Ouallo Mauritanien; on l'appelle couramment le Ouallo du Gorgol.

Le mode d'alimentation du Ouallo du Gorgol est plus compliqué que celui d'un ouallo ordinaire du fait que les apports du Gorgol viennent plus ou moins se mêler

En territoire mauritanien, de nombreuses échelles et limnigraphes ont été installés sur le fleuve et dans les zones d'inondation de la zone Rosso-Keur Macène, en 1961, par le Génie Rural de Mauritanie. Ces stations sont destinées à des études à caractère sporadique en vue d'établir la statistique des terres inondées, d'une manière analogue à ce qui avait été fait dans le Leo et le Toro. En 1962, les observations ont été poursuivies dans cette zone et prolongées jusqu'à Saint-Louis. Les études sur le terrain sont complétées par des reconnaissances avion, soit par photos, soit par l'observation directe. Ces survols ont pour but de préciser le contour de l'inondation aux différentes phases de la crue.

L'eau du Sénégal disponible à l'entrée du Delta ne peut pas être entièrement utilisée par l'irrigation. Il est nécessaire d'en réserver une partie pour l'alimentation en eau de Saint-Louis.

Un autre problème qui se pose dans le Delta est celui de la langue salée, c'est-à-dire du coin enfoncé par la mer dans les eaux douces du fleuve pendant la période des basses eaux. L'inconvénient de ce phénomène est évident : risque de contamination des eaux douces destinées à l'alimentation, restriction du pompage pour les irrigations, salure des terres. L'étude de cette question a été commencée par l'ORSTOM, au cours d'une campagne destinée à dégrossir le problème et à mettre au point les méthodes d'étude. Un des principaux résultats annexes de ce premier contact avec la langue salée a été de trouver dans les différentes sections sondées une répartition du sel relativement homogène, la concentration étant par ailleurs largement variable dans le temps et suivant le profil en long.

À première vue, deux moyens peuvent être utilisés pour combattre la rentrée du sel dans le fleuve : laisser un débit permanent suffisant, ou faire un barrage à Saint-Louis. L'étude du débit permanent nécessaire pour repousser la langue salée dans des limites acceptables peut se faire en étudiant simultanément la progression de cette langue salée, au moyen de prélèvements systématiques, et le débit en un point stable non influencé par la marée : Rochette, chargé de l'étude, a pensé au seuil de Diouldé Diabé.

CHAPITRE VIII

PROBLEMES RELATIFS à l'ETUDE du DELTA

Le Delta, c'est-à-dire la zone comprise entre Rosso et l'océan dans laquelle le Sénégal se divise en de multiples bras qui inondent en hautes eaux de vastes superficies, est, de l'avis de la plupart des agronomes, voué à la culture du riz. Cette culture peut se comprendre avec une agronomie d'irrigation totalement contrôlée; l'alimentation se fait alors soit directement par l'amont avec écoulement par gravité, soit par pompage d'un débit régularisé. Dans les deux cas, il est nécessaire de disposer d'un barrage réservoir à l'amont de la zone : un site étudié, et probablement le seul possible, est celui de Dagana. Le problème hydrologique se ramène alors à l'étude des apports à Dagana, compte tenu des débits éventuellement dérivés dans le lac de Guiers pour une suralimentation de ce dernier, et des possibilités de stockage de la retenue ainsi créée.

Dans l'immédiat, et avant que les ouvrages de régularisation soient réalisés, on ne peut prendre pas mal d'années en admettant même que cette solution soit retenue, il est possible de commencer une mise en valeur agricole tenant compte de l'évolution naturelle des crues. Le problème présente une certaine analogie avec l'étude du lit majeur dans la vallée, mais avec des dénivelées beaucoup plus faibles et en utilisant une submersion contrôlée au moyen de digues.

Dans ce but, quelques échelles ont déjà été mises en place par la division agronomique de la MAS; elles ont été plus ou moins bien observées depuis 1955. Il s'agit :

- Sur le Sénégal, des stations de :

Diama

Debi (zéro à -0,89 m IGN)

Rong

- D'une échelle sur le Goron

- Sur le Lampsar, de la station de Ross Betio.

Les observations étaient effectuées par la division agronomique de la MAS.

Aux stades suivants, barrages digues puis régularisation totale avec pompage systématique ou alimentation par gravité dans certains cas, on retombe dans l'hydrologie du lit mineur avec influence des réservoirs et des différents plans d'eau.

Les éléments concernant les débits du Sénégal que l'on possède actuellement sont encore bien sommaires, ainsi qu'il a été dit à plusieurs reprises dans les chapitres précédents. On peut toutefois, avec ces éléments, se faire une idée de ce à quoi conduira un aménagement du Sénégal. Si, par exemple, le barrage de Gouina se construit, on s'apercevra rapidement que sa capacité est insuffisante et il faudra aménager d'autres sites en amont sur le Bakoy et le Bafing. On sera également conduit à créer des retenues sur la Falémé. Enfin, de proche en proche, on se verra contraint de réaliser sur la basse vallée tous les aménagements auxquels divers inventeurs ont déjà pensé, mettant ainsi un point final aux querelles de priorité qui ont longtemps fait hésiter les réalisateurs. Cet aspect de réactions en chaîne est bien particulier au Sénégal et tient à sa très grande irrégularité. C'est là un point de vue plutôt intuitif qui demanderait à être confirmé, ou infirmé, par un examen plus approfondi du régime.

remplissage en creusant un canal dans le bourrelet de rive du Sénégal, immédiatement à l'aval de Boghé; l'étude n'a pas encore été faite, mais on indique dans ce rapport la marche à suivre pour la mener à bien, en particulier quels sont les paramètres qui doivent faire l'objet de mesures sur le terrain.

Ce deuxième stade suppose qu'on a déjà fait un choix parmi les cuvettes cultivées ou à mettre en culture. Il serait en effet inconcevable de faire une étude hydraulique systématique de tout le Cuallo, dont les trois quarts ne serviraient à rien parce que les cuvettes étudiées ne seraient pas susceptibles d'amélioration. Ce choix est guidé par les campagnes de mesures effectuées au premier stade et par des considérations d'ordre pédologique et agronomique. Il faut, entre autres, pour que l'alimentation d'un collengal puisse être améliorée, que la hauteur maximale atteinte par le plan d'eau dans ce collengal soit nettement inférieure à celle du plan d'eau à l'amont du point où l'on se propose de provoquer ou d'améliorer l'alimentation. De même, une accélération de la vidange ne sera possible que s'il existe un décalage notable entre la baisse du plan d'eau dans la cuvette et celle du plan d'eau en aval du point de restitution.

2. - AMENAGEMENTS AVEC REGULARISATION :

La régularisation suppose un passage progressif de la culture de décrue à la culture totalement irriguée. Au départ, avant la construction de tout réservoir d'accumulation, il s'agit uniquement d'endiguer convenablement des surfaces sélectionnées atteintes par la crue naturelle et d'effectuer un contrôle des débits entrants et sortants. Le problème le plus important est celui du calage des digues; du point de vue hydrologique, c'est une question de statistique des hauteurs, analogue à celle qui se pose pour les cultures de décrue. En de nombreux cas, l'endiguement doit être complété par un canal d'amené : les éléments hydrologiques à prendre en compte sont les mêmes.

"unité hydraulique". On entend par cette dernière expression un ensemble naturel pour lequel on est capable de définir une zone d'entrée du flot d'inondation (ou alimentation) et une zone de sortie (ou exutoire). Une telle étude nécessite des relevés sur un nombre suffisant d'échelles limnimétriques, réparties judicieusement dans le Ouallo et correctement nivelées. Elle exige également de posséder des cartes de la région au moins au 1/50 000 avec des courbes de niveau équidistantes au plus de 1 m, condition réalisée dans la presque totalité de la vallée du Sénégal à l'aval de Bakel.

Ces campagnes de mesures, qui doivent correspondre, pour chaque zone étudiée, à au moins deux années d'hydraulicités très différentes, permettent de tracer le contour des zones inondées et d'évaluer leur superficie. Elles permettent également d'établir une corrélation, très grossière si le nombre de campagnes est faible mais, en général, suffisante pour les besoins de la cause, entre les différentes échelles du Ouallo et une station de base située sur le fleuve et observée depuis de nombreuses années. Pour établir les corrélations, il faut choisir un paramètre bien défini, par exemple la cote dépassée pendant 20 jours par an, ce qui correspond à la durée d'immersion requise pour la culture du mil de décrue dans les terres des colladés. A partir de ces corrélations et après étude statistique des hauteurs à la station de base, il est possible de tracer sur la carte l'extension des zones d'inondation correspondant à un certain nombre de fréquences, par exemple : 0,1 humide, 0,5 0,2 sèche, 0,1 sèche, 0,05 sèche et 0,02 sèche. Il ne reste plus qu'à tracer pour chaque "unité hydraulique", la courbe des surfaces inondées par la crue naturelle, planimétrées sur les cartes, en fonction des fréquences.

Une partie de cet inventaire a déjà été effectuée par le Génie Rural de Mauritanie dans les régions dites du Lao et du Toro, entre M'Bagne et Podor.

Le deuxième stade comporte l'étude hydraulique du remplissage et de la vidange des cuvettes de culture ou colladés. Cette étude doit être faite en l'état naturel afin de déterminer les éléments des ouvrages capables d'améliorer la situation de façon économique. Alors que, pour l'inventaire, on pouvait se contenter d'observer les cotes de l'eau, il faut maintenant effectuer des mesures de débits. Le but à atteindre est non seulement de faciliter le remplissage de la cuvette, mais aussi, en bien des cas, d'accélérer la vidange, après que la submersion ait duré suffisamment pour permettre la mise en culture. On cite, dans le rapport "Étude hydrologique du Toro" (M. ROCHE), le cas de la plaine de Boghé où il est possible d'améliorer le

C H A P I T R E VII

PROBLEMES RELATIFS A L'ETUDE DU LIT MAJEUR

1/ - AMENAGEMENTS SANS REGULARISATION DU FLEUVE :

Du point de vue hydrologique, la phase la plus importante de l'étude du lit majeur, avec ses répercussions sur les possibilités hydroagricoles de la vallée, se rapporte au comportement du fleuve en son état naturel. Tel qu'il est actuellement, le fleuve déborde tous les ans des limites étroites de son lit mineur et va inonder des superficies plus ou moins importantes. Les populations se sont adaptées aux caprices de la nature et les cultures suivent l'évolution des crues dans leur irrégularité interannuelle. C'est une méthode qui présente quelques avantages, tels que la mise en jachère naturelle plus ou moins aléatoire (et non périodique, ce qui serait préférable) d'une partie des terres arables. Par contre, elle présente le solide inconvénient de rendre l'étendue des surfaces cultivables chaque année très incertaine, ce qui se traduit par une production particulièrement anarchique.

Sans toucher au régime du fleuve proprement dit, il n'est pas impossible, dans un certain nombre de cas bien choisis, d'augmenter la superficie des terres inondées pendant les années les plus défavorisées, au moyen d'aménagements simples et relativement peu onéreux. On peut citer par exemple le cas de la mare de Bérel dans le Lao (Ouallo mauritanien) ; cette dépression, entourée de levées de terrain, n'était alimentée que lors des fortes crues. Le creusement d'un canal, sous l'égide du Génie Rural, a permis une alimentation régulière à partir du marigot de M'Bagne et la récupération à peu de frais de surfaces cultivables.

L'aménagement de la mare de Bérel est un cas particulièrement simple qui a demandé peu d'études préalables. D'autres possibilités peuvent être envisagées en divers points du Ouallo, pour lesquelles les études hydrauliques devront être poussées bien davantage si l'on veut intervenir avec succès. Une des premières choses à faire, avant toute étude de détail et pour "y voir clair", est le recensement des terres inondables, compte tenu de l'irrégularité interannuelle de l'inondation naturelle. Ceci revient à faire l'étude de la répartition statistique dans le temps des superficies inondées. Cette étude peut se faire par région, ou par

pour chaque seuil les débits limites correspondant aux hauteurs-limites au-dessus des seuils. Mais alors, si la régularisation est totale ou du moins très avancée, ces débits seront liés aux hauteurs non plus par des relations cycliques, mais par des relations univoques, l'écoulement dans le fleuve étant alors pratiquement permanent. Il faudra donc s'assurer qu'à chaque station de base utilisée le tarage du lit mineur correspond bien à une gamme de débits pour laquelle la loi hauteur-débit peut être considérée comme univoque ou, s'il n'en est pas ainsi, faire les corrections adéquates au moyen de formules à établir en tenant compte des variations de pente.

On n'a guère, pour ce problème, à se préoccuper des débits passant dans les zones d'inondation mais lorsque les effluents sont importants, et surtout permanents, tel le Doué, il faudra en tenir compte. Il faudrait également tenir compte, dans la mesure du possible, des pertes dans le lit mineur par évaporation et par infiltration, ou tout au moins s'assurer que ces facteurs sont négligeables.

- On déduit de ce débit moyen le débit maximal qui serait, selon Maurice, égal au double du débit moyen;
- à l'aide des différentes courbes de tarage, on en déduit les cotes correspondant aux différentes stations;
- lorsque le maximum est atteint en prévision à chacune des stations, on calcule le maximum à Bakel par corrélation avec les cotes maximales à Fidiira, Mahina et Dioubéba (ou Malé);
- à partir de Bakel, on détermine par corrélation les cotes maximales aux autres stations de la vallée.

La méthode est simple mais malheureusement les résultats ne sont pas brillants. Il fallait s'y attendre. En réalité, ce schéma est très insuffisant et la prévision hydro-pluviométrique devrait mettre en jeu des méthodes beaucoup plus complexes avec un nombre beaucoup plus grand de pluviomètres. On pourrait peut-être obtenir des résultats satisfaisants avec une méthode d'hydrogramme synthétique en disposant au bas mot d'une centaine d'appareils. Mais alors, la transmission immédiate des résultats poserait des problèmes quasi insolubles et, au bout de la chaîne, il faudrait un équipement de calcul moderne et très onéreux. L'expert ne pense pas que pour l'instant, et même avant longtemps, on puisse envisager une telle formule.

Il reste donc la prévision à court terme telle qu'elle se pratique actuellement; on peut sans doute l'améliorer un peu, mais on ne pourra guère, dans la perspective actuelle, aller plus loin. D'autre part, si la régularisation du fleuve est entreprise, même d'ici un certain nombre d'années, les efforts longs et dispendieux pour l'annonce des crues auraient été faits en pure perte.

3. Navigation sur le fleuve aménagé

Il paraît exclu à priori d'effectuer des barrages réservoirs uniquement pour la navigation. Un aménagement du fleuve ne peut être que multiple, et en priorité à but agricole ou hydroélectrique (pour le haut bassin). La navigation devra dès lors dépendre de la nature des aménagements qui auront été projetés et de l'utilisation qui en sera faite. Inversement, on peut concevoir que l'exploitation des ouvrages puisse être modifiée pour tenir compte de la navigation.

De toute manière, s'il est prématuré de fixer les conditions futures des aménagements, les éléments d'information hydrologiques à réunir, concernant une amélioration de la navigation, seront toujours les mêmes. Il faudra déterminer

TABIEAU IIIII

DUREE DE PROPAGATION (EN JOURS) DE BAKEL A :

	Katam	Kaédi	Boghé	Podor	Dagana
Valeur maximale	23	27	36	47	55
Valeur de fréquence 25 %	8	17	27	40	48
Valeur de fréquence 50 %	5 $\frac{1}{2}$	11	23	34	38
Valeur de fréquence 75 %	3	8 $\frac{1}{2}$	17	26	33
Valeur minimale	1	4	6 $\frac{1}{2}$	11	12

Le fait que la durée de la propagation augmente avec l'importance de la crue est certes un facteur favorable. Malgré cela, les délais d'alerte sont un peu courts. C'est pourquoi, certains se sont attachés à prévoir les cotes mêmes à Bakel. Ces cotes maximales dépendent à la fois de la propagation de la crue sur le Sénégal et sur la Falémé. Il est possible d'établir une corrélation multiple permettant de déduire le maximum à Bakel du limnigramme à Ambibédi et du limnigramme à Kidira, en tenant compte des décalages. Mais cela n'est encore que d'un faible secours et ne fait gagner que 24 à 48 h. En se reportant plus à l'amont, on peut essayer de tabler sur les cotes à Mahina (Bafing) et à Kalé (Bakoye). Mais pour gagner vraiment du temps, il faudrait prévoir même les cotes maximales à ces stations.

Maurice, dans une note annexée à son rapport de tournée de 1952, expose une méthode basée sur l'utilisation de la pluviométrie. Les bassins de la Falémé, du Bakoye et du Bafing sont divisés en un certain nombre de zones auxquelles on affecte un certain nombre de pluviomètres. Le schéma de l'annonce des crues est alors le suivant :

- les résultats journaliers obtenus aux pluviomètres sont transmis par radio à un poste central chargé de la prévision;
- on calcule chaque jour à partir du début de la montée des eaux les volumes cumulés des précipitations sur chacun des bassins.

On en déduit le débit moyen de la période par application d'un coefficient d'écoulement d'ailleurs variable suivant les mois.

On trouve comme équations de régression (cotes en centimètres aux échelles) :

$$\text{Entre Bakel et Matam} \quad H_B = \frac{9}{16} H_M + 270$$

$$\text{Entre Matam et Kaédi} \quad H_K = \frac{11}{12} H_M + 15$$

$$\text{Entre Kaédi et Boghé} \quad H_B = \frac{15}{14} H_K - 20$$

$$\text{Entre Boghé et Podor} \quad H_P = \frac{16}{17} H_B - 235$$

$$\text{Entre Podor et Dagana} \quad H_D = 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot H_P^2 - 0,675 H_P + 305$$

$$\text{Entre Dagana et St Louis} \quad H_{SL} = \frac{4}{25} H_D + 100$$

Les relations linéaires sont parfois contredites pour les faibles crues, mais alors la prévision ne présente plus d'intérêt pour la protection des escales. Dans un deuxième temps, le même auteur étudie la vitesse de propagation du maximum. Les très faibles crues (type 1944) se déplacent d'une façon analogue à une onde de translation et conservent de Bakel à Dagana une vitesse à peu près constante et relativement élevée (103 km/jour). Mais ceci est exceptionnel et la plupart des crues subissent un laminage dans le lit majeur qui ralentit considérablement la vitesse de propagation apparente du maximum. Cet effet est d'autant plus marqué que la crue est plus forte. Durant la période des observations, le cas extrême est représenté par la crue de 1936 pour laquelle la vitesse moyenne entre Bakel et Fodor a été seulement de 13 km/jour.

Cependant, la corrélation entre la vitesse de propagation et l'importance du maximum, défini par exemple par la hauteur maximale observée à l'échelle de Bakel, n'est pas très nette. Cela provient entre autres du fait que la forme même de l'onde de crue intervient. Le tableau suivant, établi par Touchebeuf sur données directes, donne une idée de la variation du temps de propagation entre les différentes stations de la basse vallée.

disponible. L'étude est effectuée pour différentes valeurs du tirant d'eau et se traduit par un graphique sur lequel on porte en ordonnées les nombres de jours de défaillance et en abscisses les probabilités. Sur le graphique sont tracées les courbes d'égal tirant d'eau.

On peut également se fixer un nombre de jours de défaillance et faire l'étude statistique des tirants d'eau correspondant à ce nombre. Le graphique portera alors en ordonnées les tirants d'eau et les courbes du graphique seront cotées en nombre de jours de défaillance, étant entendu que l'étude statistique aura porté sur plusieurs valeurs de cette dernière variable.

La considération de l'un ou l'autre de ces graphiques donne au spécialiste de la navigation tous les éléments hydrologiques désirables pour son étude économique. Les frais de l'opération peuvent être réduits en limitant les observations et les calculs aux périodes de l'année qui risquent de présenter quelque chance de défaillance et à des tirants d'eau raisonnables.

2. Annnonce des crues

Un service complet d'annonce des crues devrait prévoir à la fois les basses eaux pour orchestrer convenablement les départs des bateaux et éviter que l'un d'eux, parti d'une escale, ne puisse arriver à destination, et les hautes eaux pour permettre en temps utile de prendre les mesures de protection nécessaires à la sécurité des escales.

Pour le premier point, il suffit d'une prévision à court terme : deux jours est déjà un délai intéressant. Le problème technique est à peu près résolu pour la basse vallée, à l'aval de Bakel. Le service existe et fonctionne à la satisfaction générale.

Le second point est plus délicat. Les sites à protéger sont tous situés à l'aval de Bakel, mais la prévision à partir de Bakel ne laisse pas beaucoup de temps pour mettre en oeuvre les mesures de protection.

La propagation de la crue de Bakel à Saint-Louis a fait l'objet de nombreuses études, dont la dernière en date, qui constitue une mise au point à peu près définitive, est de P. Touchebeuf de Lussigny. Dans un premier temps, cet auteur étudie les corrélations, en général sensiblement linéaires, entre les hauteurs maximales annuelles aux couples successifs de stations, en se basant sur les relevés sûrs de la période 1935-59.

Au droit de chaque seuil, on disposera une échelle ou un limnigraphe et on établira d'une part la correspondance entre les lectures à cette échelle et le tirant d'eau minimal sur le seuil relatif à une largeur de passe à fixer par le spécialiste de la navigation, d'autre part la corrélation entre l'échelle du seuil et une échelle témoin observée sur une longue période; on choisira pour cette dernière la station du réseau de base la plus proche du seuil.

Lorsque le seuil est rocheux, l'étude de la correspondance entre la hauteur à l'échelle du seuil et le tirant d'eau minimal ne présente pas de difficultés. On a de plus, dans ce cas, la possibilité d'améliorer une passe particulièrement gênante par déroctage si l'opération peut se faire dans des conditions économiques acceptables.

Si au contraire le seuil est sableux, il y a de fortes chances pour que les fonds varient au cours de l'évolution de la crue et notamment que le point le plus haut du seuil change de position. Il sera alors nécessaire d'effectuer des séries de profils en long et en travers durant des périodes jugées critiques pour la navigation.

Les échelles installées sur les seuils ne sont pas permanentes : elles sont simplement destinées à établir les corrélations entre tirants d'eau et échelles du réseau de base. Il suffira de les observer pendant quelques années : 2 ou 3 pour les seuils rocheux, mais 4 à 6 ou même plus pour les seuils sableux suivant la manière dont varient les fonds au cours des ans, à moins que soient mises en oeuvre des techniques spéciales permettant de stabiliser les passes.

Ayant établi les corrélations entre tirants d'eau et hauteurs à l'échelle de base (on a vu que c'était possible assez simplement), on peut convertir l'étude statistique sur les hauteurs à l'échelle de base observée depuis très longtemps, en étude statistique sur les tirants d'eau. Il est préférable, pour cette opération, de commencer par convertir les hauteurs à l'échelle de base en tirants d'eau pour la période la plus longue et de faire ensuite l'étude statistique directement sur les tirants d'eau; en effet, tout au moins à l'aval de Bakel, les corrélations seront cycliques pour peu que l'échelle de base soit assez éloignée du seuil et les transformations ne peuvent pas être effectuées sur des données statistiques.

Pour l'étude statistique des tirants d'eau, on peut se fixer un tirant d'eau et étudier la répartition statistique du nombre de jours de défaillance, c'est-à-dire du nombre de jours dans l'année pour lequel le tirant d'eau fixé ne sera pas

CHAPITRE VI

PROBLEMES CONCERNANT LA NAVIGATION

Du point de vue hydrologique, les problèmes concernant la navigation se présentent sous deux aspects totalement différents suivant qu'on envisage de conserver le fleuve en son état naturel ou au contraire de le régulariser totalement ou partiellement.

Dans le premier cas, il importe, pour choisir au mieux, c'est-à-dire le plus économiquement possible, une flottille adaptée au tonnage et à la qualité des marchandises qu'on envisage de transporter, de déterminer les tirants d'eau disponibles en tout point du chenal navigable et d'en faire l'étude statistique. Il est évident que cette étude ne portera que sur quelques points particuliers, ceux qui sont susceptibles de gêner la navigation, c'est-à-dire les seuils. On améliorera l'exploitation de la flottille si l'on dispose d'un service d'annonce des crues efficaces.

Dans le second cas, les possibilités de navigation dépendront du programme des lâchers d'eau aux barrages de régularisation. La question se ramène à un problème de débit limite se traduisant par les hauteurs limites au-dessus des différents seuils. On ne pourra plus se contenter de la connaissance des hauteurs, mais il faudra également établir des relations tirant d'eau-débit.

On se propose, dans ce chapitre, de traiter sommairement ces différents points. Le problème de l'annonce des crues sera évoqué dans un paragraphe spécial, car il concerne non seulement la navigation, mais également la protection des différentes escales.

1. Navigation sur le fleuve non aménagé

Le problème est connu depuis de nombreuses années, puisque depuis fort longtemps des flottilles sont exploitées par des compagnies de navigation, en particulier les messageries du Sénégal. Les données recueillies ne concernent pas directement l'hydrologue et sont exposées par l'expert en navigation.

Si l'on veut améliorer l'exploitation des flottilles, il faut connaître avec le maximum de précision la longueur des périodes pendant lesquelles on peut naviguer, compte tenu du tirant d'eau choisi. Ce tirant d'eau peut être soit une caractéristique fixe de la navigation fluviale (par exemple le désir de disposer de bateaux capables d'effectuer en mer des voyages réguliers), soit une variable du problème. Dans tous les cas, l'étude hydrologique doit être menée de la façon suivante :

grave pour les matériaux très fins et les colloïdes, est prohibitif pour les matériaux relativement grossiers qui peuvent malgré tout se trouver en suspension; la bouteille de Delft, échantillonneur d'un type spécial, permet de pallier cet inconvénient. Ils présentent aussi l'inconvénient d'obliger l'opérateur à remonter la totalité de l'appareillage après chaque prélèvement, ce qui alourdit considérablement les mesures. Les prélèvements à la pompe ne présentent pas ces défauts, mais par contre on n'est pas assuré d'obtenir des concentrations correctes. Pour le charriage de fond, on pourra utiliser les nasses à sable et à gravier, mais on ne peut guère faire confiance à ces instruments; on pourra essayer aussi les traceurs radioactifs quoique ces derniers soient surtout efficaces pour étudier la progression des bancs de sable.

Quels que soient les procédés utilisés, il est conseillé de confier les mesures à des équipes spécialisées dont l'une sera installée en permanence à Bakel et l'autre en permanence à Dagana, chacune disposant d'un matériel complet de prélèvements et d'un laboratoire d'analyses. Il faudra également que ces équipes disposent de l'appareillage nécessaire aux mesures de la vitesse de l'eau qui doivent être faites en même temps que les prélèvements.

de façon toute particulière au problème de l'érosion des sols. Or le bassin expérimental, dont le nom prend alors toute sa signification, est un instrument bien adapté à l'étude de l'érosion et des moyens anti-érosifs. L'équipement doit être complété par une fosse à sédiments, aménagée sur un petit cours d'eau drainant une superficie de l'ordre de $0,5 \text{ km}^2$. Dans une première phase, on étudie le groupe de bassins dans son état naturel, comme pour une étude ordinaire de petits bassins, en mesurant simplement, en plus, les quantités de matériaux recueillis dans la fosse. Ensuite, on met l'ensemble en culture, en utilisant successivement différentes méthodes culturales et en faisant varier les procédés anti-érosifs. Les études ainsi entreprises peuvent durer une dizaine d'années, pour chaque groupe, ou même plus. Un autre procédé consiste à choisir deux bassins semblables dont l'un reste en l'état naturel tandis que l'autre est défriché et mis en culture, ou simplement muni de dispositifs anti-érosifs; on acquiert ainsi plus vite des renseignements utilisables mais la méthode est moins sûre.

Il faudrait équiper en Guinée au moins un groupe de tels bassins expérimentaux. Les résultats pourront être comparés à ceux qui ont été obtenue par l'Orstom dans le bassin du Konkouré, sur le plateau des Timbis (Fouta-Djallon). On ne pourra déterminer un emplacement favorable à ces études qu'après une prospection assez détaillée.

4. MESURES DE DÉBITS SOLIDES

Quelques prélèvements ont été effectués dans le fleuve en vue de la mesure des débits solides mais ce ne sont là que des tentatives disperates dont on ne peut rien tirer de sérieux. Le problème des débits solides du Sénégal doit être repris à la base.

Tout d'abord, où doit-on mesurer ces débits ? De l'avis de l'expert, il suffirait, tout au moins dans une première phase, d'installer deux stations de prélèvements, l'une à Bakel et l'autre à Dagana. On rejoindrait ainsi les études sur le débit liquide total du fleuve déjà effectuées.

Quant aux procédés à utiliser, il faudrait les mettre au point au cours de la première campagne. On sait que les prélèvements du débit solide en suspension peuvent se faire au moyen de différents échantillonneurs ou simplement à la pompe. Les échantillonneurs, lorsqu'ils ont été étudiés et construits avec soin, permettent un mode de prélèvement correct qui n'altère pratiquement pas la concentration, mais présentent l'inconvénient de fournir des échantillons de faible volume. Cet inconvénient, peu

L'étude de l'écoulement dans les cours d'eau alimentés par un bassin d'assez grande superficie doit être complétée par celle d'un réseau de petits bassins. Mais il n'est alors plus question d'installer un réseau permanent qui devrait être très touffu et dont l'exploitation serait extrêmement onéreuse. On procédera par bassins échantillons dits aussi bassins expérimentaux. Le but de ces bassins de taille restreinte est non seulement de fournir des renseignements immédiats sur le régime du cours d'eau étudié, mais de permettre l'analyse du ruissellement et l'étude du mécanisme par lequel une averse tombant sur le bassin se transforme en écoulement dans le cours d'eau. L'équipement d'un bassin échantillon comporte une station de jaugeage avec limnigraphe et un réseau de pluviomètres et de pluviographes.

Pour tirer de ces bassins le maximum de renseignements avec le minimum de frais, il est recommandé de les exploiter par groupes de plusieurs bassins (3 ou 4) imbriqués les uns dans les autres et de superficies différentes, par exemple 5, 25 et 100 km². L'équipement total d'un groupe comporte trois (ou quatre) stations de jaugeage avec limnigraphe, 15 à 20 pluviomètres et 5 ou 6 pluviographes. L'exploitation des résultats se fait habituellement par la méthode de l'hydrogramme unitaire.

Les études sur un groupe de bassins échantillons durent en principe trois ans. Pour une bonne utilisation du personnel très spécialisé chargé des études sur le terrain, il n'est pas question de lancer tous les petits bassins que l'on veut étudier la même année. Pour la partie du bassin du Sénégal qui fait l'objet de ce chapitre, une bonne solution consisterait à mettre en campagne simultanément 2 groupes de bassins expérimentaux, dans des régions géographiquement et climatiquement les plus différentes possibles. Au bout des trois années d'études, les mêmes équipes sont affectées à deux autres groupes de bassins choisis de la même manière. Si l'on envisageait un grand nombre de groupes, il serait tout indiqué de procéder suivant un échantillonnage au hasard; cela ne paraît pas souhaitable avec un nombre de groupes aussi restreint que celui qui vient d'être proposé. Au total, on pourra déclarer l'information recueillie satisfaisante au bout de 20 ans de cette pratique, mais il va sans dire que l'utilisation des résultats, même incomplets, pourra commencer dès la première campagne, surtout si l'on a eu soin de concilier le choix des emplacements avec les impératifs immédiats, ce qui est possible pour les bassins expérimentaux et ne l'est pas pour le réseau de base.

Du point de vue des bassins échantillons, la partie guinéenne du bassin du Bafing constitue un cas un peu spécial. Dans cette région, on s'intéresse en effet

par ailleurs assurer ou poursuivre l'étalonnage. Dans la partie guinéenne du bassin, il faudra reprendre la station de Balabori, installer une station à la route Timbo-Dabola, et deux autres respectivement sur le Téné et la Yicma.

Sur le Bakoy, une station installée à Fangala permettra de contrôler les apports à l'aval du confluent de la Baoulé. L'ancienne station de Dioubéba peut être remplacée définitivement par la station actuelle de Kalé: il ne sera pas nécessaire de la restaurer. A l'amont de Toukoto, on installera une station sur la piste Kita-Katabantankoto et une autre sur la piste Kita-Galé. Ces stations ne seront pas faciles à exploiter et on pourrait envisager de n'en conserver qu'une si les difficultés d'exploitation s'avéraient vraiment trop grandes. Il faudrait enfin installer 2 stations sur le haut bassin, en territoire guinéen; là encore, l'exploitation n'en sera pas aisée et leur emplacement devra faire l'objet d'une prospection soignée.

Sur le Baoulé, un emplacement de station s'impose; c'est celui du village de Baoulé desservi depuis Bamako à la fois par la piste et le chemin de fer. Plus à l'aval, il faudra sans doute se reporter à l'endroit où la piste Kolokani-Torodo longe le Baoulé pour implanter une station exploitable régulièrement. On pourra toutefois examiner de plus près la possibilité d'une station intermédiaire. On tâchera aussi de restaurer la station de Faréna, sans se cacher que son exploitation régulière sera difficile. Enfin, sur le Badinn-Ko, affluent rive gauche du Baoulé, il sera sans doute aisé d'installer une station, au droit de la piste Kita-Bamako, accessible à partir de Kita.

Ce programme n'a rien de définitif et sera sans doute modifié quand on passera à la réalisation après une prospection plus détaillée que l'examen rapide auquel l'expert a dû forcément se limiter.

Outre ce réseau régulier destiné à une observation permanente ou tout au moins d'assez longue durée pour la totalité des stations, des études particulières seront entreprises chaque fois qu'un aménagement sera envisagé. Le rôle du réseau de base est de fournir un canevas solide d'observations de longue durée destinées à permettre l'établissement de corrélations avec les observations effectuées aux stations provisoires implantées pour chaque cas particulier; il sera ainsi possible de valoriser des études sporadiques très limitées dans le temps et dont la durée risquerait d'être totalement insuffisante pour évaluer avec une approximation acceptable les caractéristiques du régime dont la connaissance est indispensable pour le calcul des ouvrages.

3. STATIONS HYDROLOGIQUES

La poursuite des études hydrologiques sur le bassin du Sénégal doit comporter d'abord, et en toute priorité, une exploitation exhaustive des observations déjà existantes. On a vu que, si cette exploitation est réalisée presque en totalité pour les stations limnimétriques de la basse vallée, c'est-à-dire entre Saint-Louis et Bakel, il n'en est pas du tout de même pour le haut bassin et les affluents. D'autre part, très peu des limnigrammes existant dans les archives ont été dépouillés.

Il serait souhaitable que ce travail de mise au point fût fait dans les brefs délais. De telles études ont déjà fait l'objet de contrats bilatéraux et cette formule devrait être poursuivie jusqu'à la mise en ordre définitive des archives. L'issue normale en serait l'établissement d'une monographie du Sénégal, ouvrage de base faisant le point des connaissances acquises critiquées par des hydrologues avertis parfaitement au courant des questions concernant le bassin du fleuve; cette présentation serait assortie d'une interprétation déjà poussée de toutes les données disponibles. Un tel ouvrage devrait être entrepris sous la responsabilité d'un organisme d'études hydrologiques de réputation internationale, habitué depuis de longues années aux méthodes de l'hydrologie tropicale.

Il faudra ensuite procéder à la réorganisation du réseau. Dans la vallée, le réseau régulier actuellement en service est suffisant. Il sera toutefois bon de revoir la question des limnigraphes et de ne maintenir en service que les appareils strictement indispensables, c'est-à-dire pour lesquels l'absence de tout village proche rend impossible la lecture régulière d'une échelle. Les contrôles devront être renforcés et il sera nécessaire de créer deux brigades permanentes chargées de l'entretien des stations, du contrôle des lecteurs et des mesures de débits. Une de ces brigades opérerait entre Saint Louis et Ouakoundé, et pourrait être basée à Kaédi. Le secteur de la seconde brigade s'étendrait de Bakel à Bafoulabé et elle pourrait être basée à Kayes.

Sur certains affluents, le réseau devra être renforcé. Les trois stations de la Falémé seront maintenues avec un contrôle plus serré des lecteurs d'échelles. La station de Kidira fera l'objet d'un réétalonnage complet et sérieux. Sur le Bafing, le réseau régulier actuel peut être considéré comme suffisant dans la partie maritime de son bassin, sous réserve d'un contrôle efficace de chaque station dont il faudra

première : l'expert la verrait volontiers installée à Kita où, s'il n'existe qu'un terrain de secours, on peut accéder en toutes saisons par le chemin de fer.

L'aménagement de deux stations principales constitue un programme minimal. Il serait préférable d'installer une troisième station représentative des zones sahéliennes du bassin en dehors de l'influence de la vallée : Niore du Sahel qui dispose d'un service aérien régulier serait tout indiqué. Dans les prévisions, on tiendra compte de trois stations principales.

Le rôle de ces stations principales ne se conçoit que dans le cadre d'un réseau plus complet comportant un certain nombre de stations secondaires à équipement plus réduit : bac carré enterré (l'expert le préfère au bac de Classe A), mesure de la température de l'eau et de l'air, de l'humidité, du vent (anémomètre totalisateur). Dans ces stations secondaires on se contentera pour l'étude du rayonnement d'un héliographe donnant la durée d'insolation. Elles peuvent être tenues par un agent moins spécialisé que pour les stations principales. On peut fixer leur nombre à une dizaine.

Dans chaque station d'évaporation, principale ou secondaire, on peut prévoir l'installation d'un pluviographe et d'un pluviomètre, sauf si ces appareils existent à proximité dans une station climatologique du réseau météorologique normal. De toutes manières, il est indispensable de disposer de pluviomètres dont les collecteurs soient calés à la même hauteur que les rebords des bacs pour lesquels ils doivent servir de correcteurs de pluie.

Le réseau d'évaporation ne doit pas être confié au service météorologique, du moins dans l'état actuel des choses, mais être exploité directement par l'organisme d'hydrologie sous la forme administrative qui sera choisie.

Ce réseau régulier, tel qu'il vient d'être décrit, est destiné à étudier les caractéristiques générales du phénomène évaporation en dehors de toute préoccupation immédiate concernant un quelconque aménagement. Pour les études particulières concernant tel ou tel aménagement, une station d'évaporation du type principal ou du type secondaire, suivant la nature des renseignements désirés, devra être installée de façon convenable à proximité du site choisi; elle ne sera observée que pendant une durée limitée et l'interprétation des résultats sera grandement facilitée par les résultats déjà obtenus sur le réseau de base.

minimum de 10 ans d'observations, établir avec les postes anciens des corrélations qui permettront d'homogénéiser l'ensemble du réseau, valorisant ainsi les données les plus récentes de façon à pouvoir les introduire dans les calculs de moyennes.

2. AUTRES DONNEES CLIMATIQUES

Dans toutes les études de projets qui ont déjà été effectuées dans le bassin du Sénégal, un point embarrassant pour la prévision de l'exploitation des retenues est l'estimation de l'évaporation. Certes des chiffres ont déjà été avancés, mais ils sont tous basés sur des mesures au Picie, appareil peu adapté à ce genre de phénomène. En dehors de ces mesures, aucune étude systématique de l'évaporation n'a été tentée dans le bassin du Sénégal.

Pour les études concernant l'évaporation, l'expert conseille la création d'au moins deux stations évaporométriques de base comportant la mesure du phénomène direct et de tous ses facteurs conditionnels habituellement reconnus. De telles stations seraient équipées :

- d'un bac carré enterré de 1 m de côté et 60 cm de profondeur
- d'un bac carré de même construction que le premier mais installé en surface
- d'un bac rond de classe A pour se rattacher à ce qui tend à devenir une norme internationale
- de l'équipement pour mesurer la température et l'humidité : thermomètres, thermographe, psychromètre à aspiration, hygromètre
- d'une herse néphoscopique
- d'un baromètre enregistreur
- d'un anémomètre du type dit Black Bellani
- d'un héliographe
- d'un actinomètre à thermopile avec enregistreur et intégrateur
- d'un anémomètre totalisateur.

L'équipement de ces stations pourrait être complété pour l'étude du bilan hydrique des sols.

Il faudrait que l'une d'elles soit installée dans la vallée, dans un centre suffisamment important doté d'un terrain d'aviation : on peut penser à Podor, Kaédi ou Matam. Les mêmes impératifs sont valables pour la seconde station qui doit en outre être située dans des conditions géographiques nettement différentes de la

c) REPUBLIQUE DU MALI

Le Mali est intéressé par le fleuve du confluent de la Falémé à Bafoulabé, par le bassin rive droite de la Falémé, par la plus grande partie du Bafing, la presque totalité du Bakoye, la totalité du Baoulé, y compris la Vallée du Serpent et le bassin de la Kolimbiné. Il faut ajouter, en rive droite du Bakoye, les bassins de la Kouaga et du Darouma qui n'ont fait encore l'objet d'aucune étude hydrologique.

Au sud de la ligne formée par le Sénégal, le Bakoye et le Baoulé, il doit être assez aisé de renforcer le réseau pluviométrique par un certain nombre de stations dont l'exploitation pourrait être confiée au service météorologique du Mali. L'expert pense qu'une quinzaine de postes pluviométriques supplémentaires, répartis dans cette région de la manière la plus homogène possible, représenterait un effort suffisant pour l'établissement de bilans assez précis. Au nord de cette ligne, le problème sera plus difficile, mais soluble : la densité des villages y est nettement supérieure à celle qu'on peut constater dans le bassin du Cergol ou du Korakoro. L'expert pense qu'on doit pouvoir y exploiter régulièrement une dizaine de stations en plus des quelques postes pluviométriques actuellement existants.

Il faudra également prévoir l'installation de 5 pluviographes journaliers.

d) REPUBLIQUE DE GUINEE

A l'échelle du bassin total, les précipitations en territoire guinéen jouent un rôle important mais non primordial. Par contre, la connaissance de ces précipitations est essentielle surtout pour le haut Bafing et le haut Bakoye. Du point de vue des disponibilités en observateurs, il sera difficile d'améliorer le réseau actuel. Il faudrait toutefois, dans la mesure du possible, créer 3 stations pluviométriques nouvelles dans le Bafing, et 2 dans le bassin du Bakoye.

Les propositions qui viennent d'être énumérées se rapportent au réseau général régulièrement structuré et observé de façon permanente en dehors de toute considération d'application directe. Les observations déjà disponibles présentent un intérêt capital, même si le réseau de stations n'est pas très serré; le facteur temps est en effet irremplaçable, quelque savants que soient les procédés d'interprétation. Pour les stations plus récentes ou à venir, on peut, au bout d'un

d'héberger un observateur étranger, on peut citer : Guédé, Baki, Kaskas, N'Goui, Ouaoundé. Ceci n'est qu'indicatif, comme toutes les propositions qui seront faites par la suite; il s'agit surtout de fournir des éléments permettant de chiffrer les dépenses à envisager dans l'avenir. Le passage à la réalisation demandera évidemment un examen plus détaillé des possibilités.

Dans la partie sénégalaise du bassin de la Falémé, l'étude de la pluviométrie intéresse directement l'hydrologue et, là encore, le réseau doit pouvoir faire l'objet d'une raisonnable extension. Des villages tels que Missira ou Saroudia, Balakonko, Kossanto, Tonkouto, Dalafi, Tomboura, Koussane etc, pourraient vraisemblablement accueillir des lecteurs.

Pour l'ensemble du Sénégal, si l'on exclut le Ferlo, il faudrait prévoir la création de 4 postes pluviométriques dans la vallée du fleuve et de 5 dans le bassin de la Falémé. Il serait bon également d'envisager l'installation de 2 pluviographes à mouvement journalier. L'exploitation de ces différentes stations devrait être confiée au Service météorologique, quitte à envisager une indemnisation totale ou partielle de ce service au cas où ses crédits normaux ne lui permettraient pas de supporter les dépenses supplémentaires ainsi occasionnées.

b) REPUBLIQUE DE MAURITANIE

Dans la vallée on peut prévoir la création de 3 ou 4 postes pluviométriques supplémentaires. Mais la contribution de cet état sera importante surtout pour l'étude du Gorgol et du Korakoro. Dans ces deux bassins, le réseau pluviométrique régulier est pratiquement inexistant et on ne voit pas comment on pourrait l'améliorer, à moins évidemment de consentir à des dépenses d'exploitation excessives ou de s'orienter vers des stations automatiques dont l'entretien poserait de sérieux problèmes. Dans une première phase, il semble raisonnable de s'en tenir à un réseau de totalisateurs qui seront mis en place au début de la saison des pluies et relevés à la fin. Un tel réseau doit être très bien protégé par des moyens de camouflage efficace si l'on veut que les appareils ne soient pas détériorés par les nomades. Son exploitation ne peut guère être confiée au Service météorologique ordinaire, mais devra être assurée par les hydrologues sous une forme administrative à préciser. On comptera une vingtaine d'appareils pour les deux bassins.

CHAPITRE V

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA POURSUITE DES ETUDES DANS LES DOMAINES FAISANT L'OBJET DES CHAPITRES I, II ET III

1. PLUVIOMETRIE

Un hydrologue ne trouvera jamais qu'un réseau pluviométrique est totalement satisfaisant. Il l'est rarement dans les pays très développés; il est évident que la situation ne peut pas être meilleure dans les pays en voie de développement. Il faut toutefois noter que la répartition spatiale de la pluie est moins irrégulière dans les zones tropicales continentales que dans les zones tempérées, sauf dans le cas d'un relief particulièrement accentué. A information égale, on a donc besoin d'une densité beaucoup plus faible de pluviomètres.

On a avancé, pour l'établissement ou la réorganisation d'un réseau pluviométrique, des critères basés sur la valeur économique des observations ou sur la densité de la population (Langbein). Ces critères, d'ailleurs difficiles à mettre en oeuvre lorsque l'information déjà acquise est sommaire, ne semblent guère convenir lorsque les études à prévoir ont justement pour but d'accélérer rapidement le développement du pays et de faire face à un accroissement rapide de sa population.

Dans le cas du bassin du Sénégal, qui comporte de vastes zones à faible densité de population dans lesquelles il est difficile de trouver des gens suffisamment lettrés pour faire office de lecteurs, il faut d'abord voir ce qu'il est possible de faire à brève échéance. On peut être assuré qu'après avoir épuisé les possibilités, on ne se trouvera pas en face d'un réseau suréquipé.

a) REPUBLIQUE DU SENEGAL

Dans la vallée du Sénégal, la densité des postes pluviométriques est très faible eu égard à la densité de la population. Du point de vue purement hydrologique, cette carence n'a guère d'importance car la pluviométrie propre à la vallée, vu les limites dans lesquelles elle est comprise, n'a qu'une influence négligeable sur le régime du fleuve. Il en va tout autrement pour les agronomes et même pour les études routières. Il serait bon de renforcer dans la mesure du possible le réseau existant. Parmi les villages susceptibles de fournir un lecteur, ou tout au moins

Tableau XLI

Débits moyens mensuels (m^3/s) à Gourbassy

ANNEES	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1954-55	(0)	(53)	296	1023	854	265	126	55	27	(13)	(5)	(0)
1955-56	(0)	(19)	(170)	1007	(872)	394	119	52	(28)	(14)	(5)	(0)
1956-57			117	651	1092	340	91	39	(22)	(10)	(5)	(0)
1957-58	(0)	(38)	118	534	693	423	120	48	(24)	(10)	(5)	(0)
1958-59	(3,7)	(17)	134	886	622	349	138	68	32	(15)	(5)	(0)
1959-60	(0)	(11)	137	596	808	228						
1960-61	(0)	(38)		(534)	1067	187	57	32	(19)	(10)	(0)	
1961-62	(0)	(26)	117	597	921							
Moyenne	0,52	(29)	(156)	(741)	(866)	312	109	49	(25)	(12)	(4,16)	(0)

Tableau XLII

Débits moyens mensuels (m^3/s) à Fadougou

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1952-53	(0)	(4)	(170)	200	368	384	91	22	(4)	(0)	(0)	(0)
1953-54	(0)	17	119	400		141	54	34	26	12	(4)	(0)
1954-55	(5,1)	60	258				86		(34)	14	(9,3)	(5,0)
1955-56	(6,2)	(10)	161	676	504	236	97	44	35	19	9,6	(3,9)
1956-57	(2)	(12,4)	120	546	612	228	78	44	25	14	7,5	(3,7)
1957-58	(1)	(26,6)	105	481	344	279	89	47	27	(15)	8,6	(4,0)
1958-59	(3,2)	21	104	652	410	211	110	61	61	(30)	(5)	(0)
1959-60	(2,9)	17	118	475	527	171	67	38	23	14	7,8	(2,6)
1960-61												
1961-62									17	(9,6)		
Moyenne	(2,6)	(21)	(144)	490	461	236	84	41	(28)	(14)	(6,5)	(2,4)

Le débit le plus fort observé à Gourbassy est de $1960 m^3/s$ le 9 septembre 1961. On ne possède pas les relevés à Kidira et à Fadougou correspondant à cette date. Une autre crue importante a été observée en août 1954 à Fadougou le débit du 18 août est de $1880 m^3/s$ mais les relevés antérieurs à cette date manquent, de même que les relevés postérieurs au 31 août. La même année, on avait $1825 m^3/s$ à Gourbassy le 2 septembre, et $3130 m^3/s$ à Kidira le 4 septembre. Pour l'établissement de projets il faudrait compter au moins sur $4000 m^3/s$ à Kidira et 2500 à $3000 m^3/s$ pour Gourbassy et Fadougou. Ici encore les chiffres pourront être précisés après étude critique des données existantes.

Il sera intéressant de réévaluer cette crue à partir de Gouina. Le débit maximal a dû atteindre entre 7500 et 8000 m³/s. Cette crue correspond à une crue très forte également à Bakel : avec 8170 m³/s, celle-ci se situe en deuxième position sur la liste des crues classées depuis 50 ans. Il faut s'attendre à ce que le débit de pointe à Galougo puisse atteindre et même dépasser très exceptionnellement 9000 m³/s. Pour le projet de Gouina, l'intérêt se porte du reste moins sur la valeur des débits de pointes que sur l'ensemble de l'hydrogramme de crue, par suite du laminage considérable qu'on peut espérer obtenir dans la retenue.

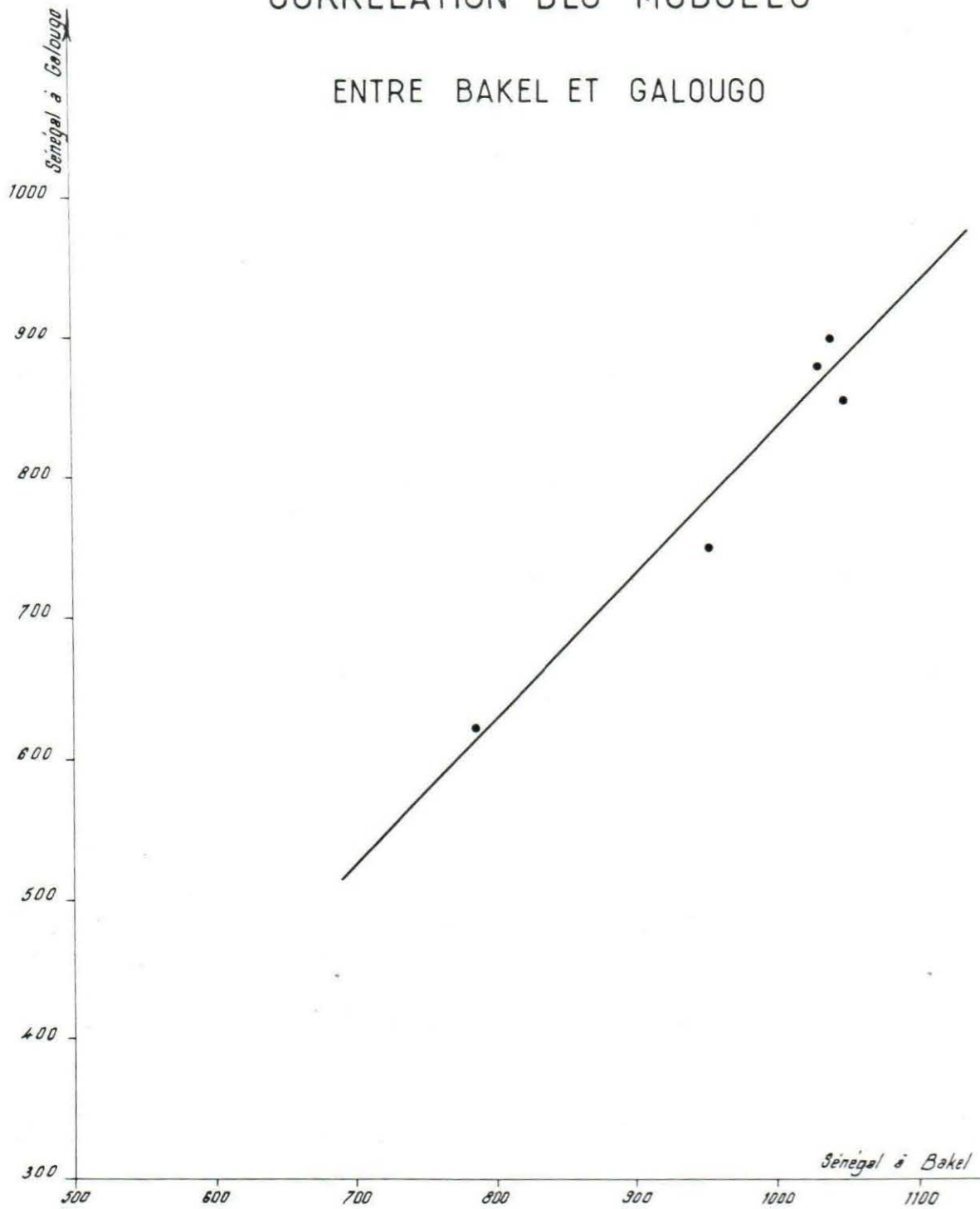
4. Quelques données sur le régime de la Falémé

On donne dans les tableaux XL à XLII les débits moyens mensuels déduits des observations à Kidira, Gourbassy et Fadougou.

Tableau XL
Débits moyens mensuels (m³/s) à Kidira

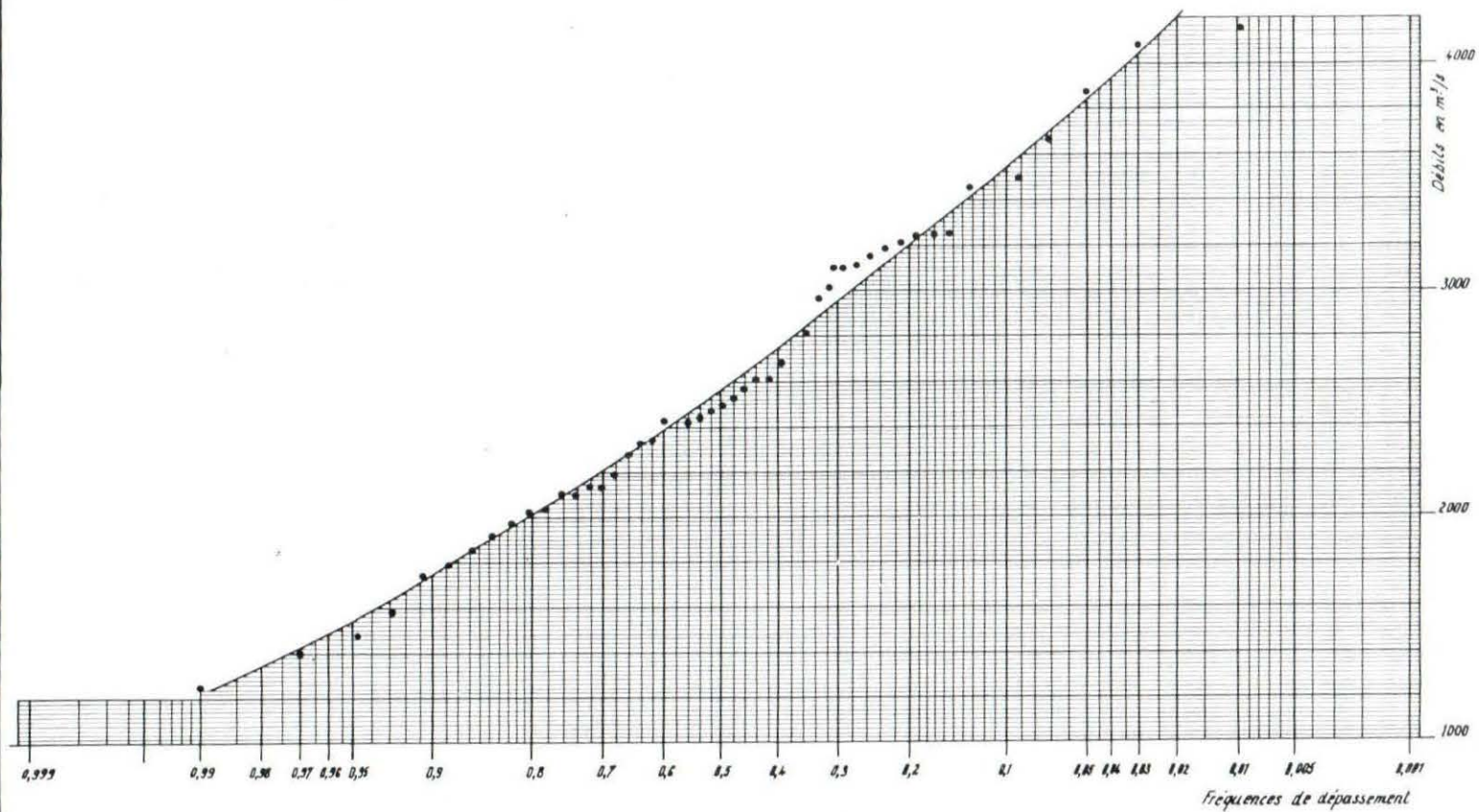
ANNEES	L	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1952-53	0	0	133	403	776	1215			12,6	(5,8)	2,0	0,75
1953-54	0	3,36	138	348	762	203	60	17				
1954-55		91	257	1142	1259	284	134	80	45	28	18	10
1955-56	6	54	191	1247	1015	578	140	70	44	28	19	11
1956-57	4	17	148	605	1902	380	111	57	30	23	14	7
1957-58	2	57	138	741	1179	522	144	67	29	19	8,4	(2)
1958-59	(2)	42	130	1043	779	357	135	73	33	20	13,1	(2,9)
1959-60	(0)	16	79	893	1124	242	79	34	18	15	6	(0)
1960-61	(0)	(7,6)	194	549	620	(240)	77	41	23	14,5	(5,7)	(0)
Moyenne	(1,8)	(32)	156	775	1046	(447)	120	55	29	(19)	(10,8)	(4,2)

CORRÉLATION DES MODULES
ENTRE BAKEL ET GALOUGO



LE SÉNÉGAL A DAGANA

DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MAXIMUMS JOURNALIERS



3. Quelques données sur le régime du Sénégal à Galougo

Dans cet aperçu, on se contentera de donner quelques résultats concernant les relevés les plus sûrs, effectués depuis 1955. C'est évidemment beaucoup trop juste pour étudier un projet, mais pour le dégrossissage des possibilités hydrauliques de Gouina on pourra faire les corrections d'hydraulicité qui s'imposent en se basant sur les résultats de Bakel. Le tableau XXXIX contient les débits mensuels et annuels calculés à Galougo.

Tableau XXXIX

Débits mensuels et annuels à Galougo (m³/s)

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	MODULE
1954-55									184	128	68	47	
1955-56	53	217	668	2960	3183	1798	636	316	185	119	72	32	855
1956-57	15	79	463	2315	3284	1728	506	253	149	96	(50)	22	750
1957-58	10	206	544	2631	3179	2472	766	317	182	113	64	30	880
1958-59	23	185	519	3994	2949	1566	674	372	210	127	80	36	900
1959-60	34	203	467	2117	2888	926	396	195	120	76	37	15	623
1960-61	8	105	853				411	187	111	74	37	13	

Une première idée de la régression est donnée graphiquement sur la figure 37. Si on désigne par Y un module à Galougo et par X un module à Bakel, exprimés en m³/s, on trouve très grossièrement la relation de régression :

$$Y = 1,04 X - 205$$

En supposant la corrélation très serrée (coefficient de corrélation voisin de 1), l'écart type du module à Galougo serait de l'ordre de 265 m³/s et sa moyenne voisine de 600 m³/s. Encore une fois, il s'agit de valeurs tout à fait provisoires de ces paramètres dont l'estimation peut être considérablement améliorée par une étude plus approfondie des données actuellement disponibles.

La crue la plus forte à Galougo durant la période indiquée plus haut a été observée en 1958. Le débit n'est pas connu exactement, non seulement parce que l'étalonnage de la station s'arrête bien au-dessous de la cote atteinte, mais aussi parce que la hauteur du plan d'eau a dépassé le sommet de l'échelle (11,00 m).

TABLEAU XXXVII

Crues du Sénégal à Dagana

ANNEE	DEBITS m ³ /s	ANNEE	DEBITS m ³ /s
1913	1 250	1938	2 570
1914	1 400	1939	2 100
1915	1 970	1940	1 580
1916	2 340	1941	1 790
1917	2 490	1942	1 850
1918	3 180	1943	2 420
1919	2 020	1944	1 480
1920	2 610	1945	3 100
1921	1 930	1946	2 420
1922	4 060	1947	2 190
1923	2 440	1948	2 040
1924	3 490	1949	2 100
1925	2 470	1950	3 870
1926	1 740	1951	2 530
1927	3 090	1952	2 420
1928	3 240	1953	2 130
1929	3 010	1954	3 210
1930	2 610	1955	3 240
1931	2 270	1956	3 480
1932	2 800	1957	3 140
1933	2 960	1958	3 450
1934	2 800	1959	2 680
1935	3 660	1960	2 130
1936	4 150	1961	3 240
1937	2 330		

TABLEAU XXXVI (suite)

Sénégal à Dagana

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MODULE ANNUEL
1951-52			473	1012	1779	2241	2474	1354					882
1952-53			533	1098	1676	2197	2147	600					777
1953-54				1271	1813	2005	969						697
1954-55			775	1657	2377	2963	1856						1005
1955-56			646	1630	2313	3079	2569	853					1030
1956-57			493	1223	2106	3129	2405	669					934
1957-58			678	1315	2168	2871	2681	1036					1003
1958-59			681	1412	2379	3310	2307	753					1011
1959-60			635	1119	2024	2548	1415	417					769
1960-61			683	1328	1901	2014	1032	415					705
1961-62			627	1545	2244	2973	1645	430					880
Moyennes			560	1269	2012	2397	1503	509					780

TABLEAU XXXVI

Sénégal à Dagana

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MODULE ANNUEL
1913-14			535	802	1208	940	550						450
1914-15				1057	1400	1187	521						495
1915-16			512	1064	1809	1770	634						579
1916-17			593	1315	1961	2988	1188						748
1917-18			490	1105	2140	2384	882						698
1918-19			550	1393	2161	2982	2083	519					915
1919-20			561	1219	1890	1749	654						620
1920-21			571	1123	2096	2511	1209						741
1921-22			560	888	1762	1442	455						536
1922-23			557	1249	2273	3715	2810	925					1081
1923-24			655	1320	1987	2351	1421						804
1924-25			844	1630	2389	3271	2333	671					1045
1925-26			512	1244	2021	2401	1945	518					822
1926-27				1213	1618	1375	522						558
1927-28			601	1325	2112	2851	2647	881					965
1928-29			573	1243	2260	3041	2261	655					951
1929-30			786	1415	2272	2850	1844						929
1930-31			649	1299	2218	2531	1695						860
1931-32			638	2869	1780	2176	1410						876
1932-33			689	1622	2284	2566	1261						851
1933-34			860	1815	2508	2801	1179						900
1934-35				1259	2223	2673	1485						810
1935-36			734	1499	2409	3343	2549	681					1040
1936-37			619	1479	2732	3925	2811	804					1155
1937-38			518	1104	1973	2264	1215						713
1938-39			771	1211	1981	2477	2012	595					856
1939-40			554	1080	1920	1983	932						644
1940-41				928	1499	1275	796						506
1941-42				849	1602	1396	470						478
1942-43			437	1070	1783	1067							452
1943-44			524	1151	1981	2265	1277						688
1944-45				735	1378	1079	469						398
1945-46				1220	2103	2922	1873						817
1946-47				1227	2036	2369	1592						742
1947-48				1094	1912	2099	775						603
1948-49			611	1095	1894	1841	828						664
1949-50				1131	1988	1683	529						576
1950-51			530	1268	2257	3595	2714	916					1048

L'utilisation de Dagana comme station hydrométrique est en outre gênée par le phénomène de la marée qui se fait sentir de façon prohibitive à partir d'un débit d'environ $500 \text{ m}^3/\text{s}$, de sorte qu'une grande partie des relevés de basses eaux sont inutilisables. Les débits correspondants ont été estimés de façon à pouvoir calculer les débits moyens annuels mais les chiffres n'ont en eux-mêmes aucune valeur et ne figurent pas sur le tableau XXXVI sur lequel sont consignés les débits moyens mensuels et annuels. Ce tableau montre qu'en moyenne les apports seraient les mêmes à Dagana qu'à Bakel, plus forts à Dagana les années de faible crue, plus faibles au contraire à cette même station les années de forte crue. Ceci impliquerait que les pertes par évapo-transpiration entre Bakel et Dagana sont en moyenne compensées par les apports directs dans le bief, provenant soit des précipitations sur la vallée, soit du Gorgol et des affluents de moindre importance qui se jettent dans le Sénégal entre Bakel et Dagana. Le fait que les débits à Dagana soient plus forts qu'à Bakel les années de faible crue, alors qu'ils sont plus faibles les années de forte crue, s'expliquerait par la moindre importance des inondations dans le premier cas; les apports du Gorgol et des autres affluents interviendraient alors comme un facteur aléatoire tendant à introduire dans la corrélation modules Bakel - modules Dagana une dispersion plus importante que celle qui pourrait être observée en l'absence de ces apports. En moyenne, cette dispersion ne peut évidemment se traduire que par un gain pour Dagana.

Il serait toutefois prématuré de conclure à ce sujet, tant qu'on ne sera pas sûr des débits avancés pour Dagana. Il n'est pas impossible en effet que la méthode adoptée pour les conversions hauteurs - débits se traduise par une surestimation systématique des débits à Dagana.

Les maximums journaliers annuels subissent quant à eux une très forte diminution qui s'explique aisément par le puissant laminage affectant la crue lors de son passage dans les champs d'inondation et dans le lit mineur même du Sénégal, entre Bakel et Dagana. C'est ainsi que la crue médiane, qui est de l'ordre de $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ à Bakel, est à peine supérieure à $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ à Dagana.

Les crues du Sénégal à Dagana sont données sur le tableau XXXVII et la figure 36 donne une idée de leur répartition statistique.

Au cours de nombreuses études sur la distribution des crues en régime tropical que l'expert a effectuées lui-même, il a remarqué que pour des bassins ayant une superficie ne dépassant pas 150.000 ou 200.000 km², la distribution des maximums est nettement dissymétrique avec, en graphique gaussien-linéaire, une concavité tournée vers l'ordonnée (débits). On peut alors appliquer avec succès des schémas statistiques tels que la loi de Gibrat Gauss, la loi de Pearson III ou celle de Goodrich; c'est en particulier le cas du Niger à Koulikoro. Au contraire, lorsque le bassin est très grand, et surtout s'il comporte de vastes zones d'inondations, la concavité de la courbe de répartition, tracée de la même manière, est tournée vers l'axe des fréquences. Il est fort probable que cette variation se fasse de façon continue et qu'en un point donné du fleuve la courbe de répartition se présente comme une droite. Il faut bien noter que, si la répartition des modules des bassins tropicaux est également normale, la plupart du temps, cela s'explique du point de vue théorique comme une conséquence du théorème central limite, alors que cette explication ne vaut pas pour les pointes de crues. La normalité de la distribution des crues à Bakel est donc une pure coïncidence, non justifiée par la nature physique du phénomène.

On aurait, d'après les paramètres calculés pour Bakel, les valeurs caractéristiques suivantes :

- Crue médiane (dite aussi annuelle)	4.910 m ³ /s	(arrondie à 10 m ³ /s)
- Crue décennale	7.100 m ³ /s	(arrondie à 50 m ³ /s)
- Crue centenaire	8.900 m ³ /s	(arrondie à 100 m ³ /s)

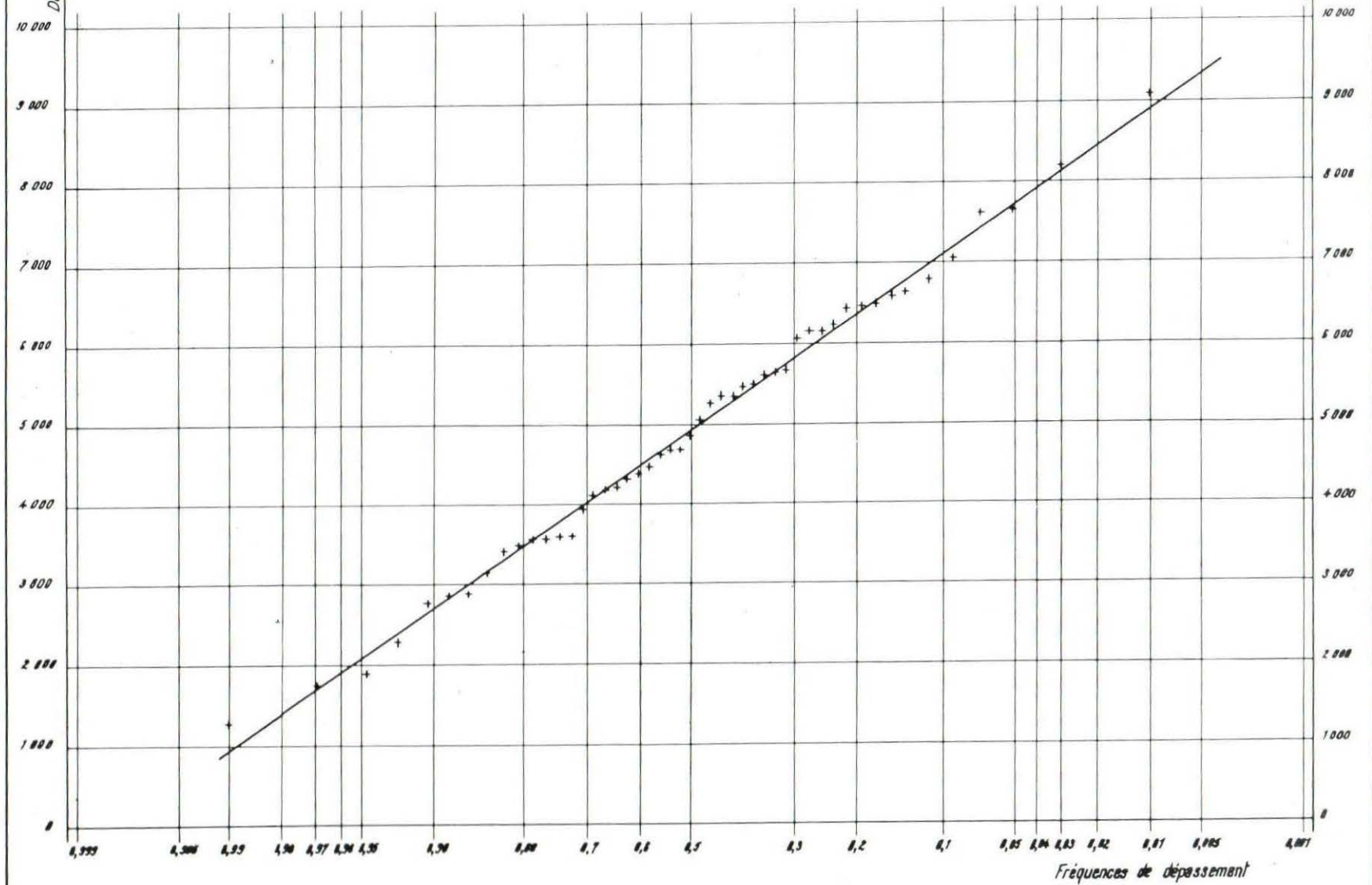
2. Quelques données sur le régime du Sénégal à Dagana

Le tarage de l'échelle de Dagana est plus imprécis que celui de Bakel, par suite de la traduction cyclique imposée par une relation hauteurs-débits non univoque. Cette relation n'est probablement pas tout à fait la même, en décrue, pour les différentes années mais, avec les mesures disponibles actuellement, il n'est guère possible de déterminer finement la loi de variation de cette courbe de décrue. C'est pourquoi il a été jugé préférable, en attendant une étude plus approfondie du phénomène, d'adopter une courbe unique de décrue. Le raccordement entre la crue, qui semble donner lieu à une courbe bien définie, et la décrue se fait par une courbe tracée chaque année en se basant sur la forme des courbes décrites réellement lors des campagnes de jaugeages. D'autre part, le tracé des courbes est assez mal défini pour les très hautes eaux.

LE SÉNÉGAL A BAKEL

Gr. 35

DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MAXIMUMS JOURNALIERS



SÉN 41 037

en effet, les lacunes affectent toujours les périodes de tarissement ou de basses eaux. Les erreurs sur les modules découlant de cette opération sont assez faibles, en général inférieures aux erreurs dues au tarage et à la revalorisation des relevés anciens. Par contre, les moyennes mensuelles interannuelles sont calculées à partir des chiffres existants; les résultats ne seraient pas améliorés si l'on tenait compte des débits de basses eaux reconstitués. Le module moyen interannuel calculé à partir des débits mensuels interannuels par moyenne arithmétique pondérée est de 778 m³/s. La moyenne des modules reconstitués est de 771 m³/s. Ces deux moyennes ne sont pas significativement différentes.

Le classement des modules et leur report sur un graphique gaussien-linéaire (fréquences en abscisses gaussiennes) montrent que la répartition statistique de ces modules peut être considérée comme normale avec une moyenne de 771 m³/s et un écart-type de 256 m³/s.

L'irrégularité interannuelle peut se définir par le coefficient de variation, égal ici à 0,33, ou par le coefficient K_3 qui est égal au rapport du module décennal humide au module décennal sec, soit ici : $\frac{1099}{443} = 2,49$. Ces chiffres sont bien supérieurs à ceux du Niger à Koulikoro pour lequel le coefficient de variation n'est que de 0,27 et $K_3 = 1,89$. Le fait est d'autant plus marqué que l'irrégularité interannuelle a plutôt tendance à décroître lorsque la superficie du bassin augmente. On peut en conclure que les eaux du Sénégal seront plus difficiles à utiliser que celle du Niger et que les réserves d'accumulation nécessaires pour une régularisation totale du fleuve devront être très importantes. Les techniciens qui se sont penchés sur l'exploitation d'un éventuel barrage à Gouina se sont déjà heurtés à cette difficulté au point qu'ils avaient renoncé à faire de la régularisation interannuelle. Il semble que la réserve nécessaire soit de l'ordre de 70 milliards de m³, ce qui sera difficile à satisfaire même en faisant appel à d'autres sites que celui de Gouina.

Sur le tableau XXXV on a classé les débits maximaux annuels observés à Bakel depuis 1913, par ordre décroissant. Les fréquences empiriques qui figurent dans la troisième colonne sont prises égales à $\frac{n - 1/2}{N}$, N étant le nombre total de crues annuelles observées et n le rang de la crue considérée dans le classement dégressif. Le report des données du tableau XXXV sur un graphique en abscisses gaussiennes pour les fréquences et en ordonnées linéaires pour les valeurs des débits, suggère une distribution normale dont les paramètres, calculés d'après l'échantillon seraient :

Moyenne	:	4909 m ³ /s
Ecart-Type	:	1724 m ³ /s

TABLEAU XXXIV (Suite)

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	MODULE	VOLUMES TRANSITES EN 10 ⁹ m ³
1936-37		(85)	598	4593	5825	2261	707	334	172	105	62	(25)	(1230)	38,8
1937-38			397	1748	3108	1339	504	205	106	(70)			(630)	19,9
1938-39			479	1826	3961	1870	800	247	106	46	21	8,2	(785)	24,8
1939-40	2,3	28	362	1935	2089	1377	414	160	85	(40)			(545)	17,2
1940-41		(50)	210	1316	1343	1254	528	169	89	53	36	21	(420)	13,2
1941-42			339	1158	2115	740	240	109	62	37	23	15	(405)	12,8
1942-43			385	1896	1715	539	262	116	62	28	13	(5)	(425)	13,4
1943-44			366	1867	2951	1801	443	169	78	41	22	9,5	(650)	20,5
1944-45			225	814	1444	661	336	124	64	(30)			(310)	9,8
1945-46			388	3260	4738	1909	458	175	96	63	41	(25)	(935)	29,5
1946-47			362	2524	3024	1816	579	237	102	54	18		(730)	23,0
1947-48			343	1860	3363	1487	388	123	53	28	12	4	(640)	20,2
1948-49		43	712	2041	2919	1104	495	178	88	52	28	8	(640)	20,2
1949-50			377	2272	2123	947	232	93	(65)				(515)	16,2
1950-51		(3)	540	2908	5899	3078	779	304	154	87	44	13	(1150)	36,3
1951-52	4	57	387	1418	2333	3627	1455	423	213	125	64	27	847	26,7
1952-53	5	22	524	1384	2421	3126	596	246	134	71	37	17	720	22,7
1953-54	3	101	788	1544	2926	1235	464	219	140	81	41	13	631	19,9
1954-55	12	253	963	3969	4419	1655	681	400	197	116	68	42	1069	33,7
1955-56	32	207	602	3563	4004	2631	770	341	203	119	69	34	1051	33,1
1956-57	13	40	495	2210	5237	2158	634	285	163	99	60	24	953	30,1
1957-58	8	215	608	2668	4227	2902	955	351	196	118	67	32	1032	32,5
1958-59	18	175	568	3985	4028	1916	785	444	237	139	84	40	1039	32,8
1959-60	19	164	583	2434	4047	1242	489	223	127	76	42	17	788	24,9
1960-61	5	82	789	1790	2508	1300	504	213	120	75	41	16	623	19,6
1961-62	4	102	781	2924	5195	1360	457	207	121				(940)	29,6
Moyenne	10	122	573	2363	3465	1703	558	230	129	77	46	22	771	24,3

TABLEAU XXXIV

Sénégal à Bakel

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)

ANNEE	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	MODULE	VOLUMES TRANSITES EN 10 ⁹ m ³
1913-14			497	902	1131	877	335	(110)					(340)	10,7
1914-15				(1300)	1423	1035	275	(110)					(410)	12,9
1915-16		(90)	636	1896	2442	1260	263	48					(560)	17,7
1916-17			(726)	1782	3223	1664	333	(110)					(670)	21,1
1917-18			250	2012	3218	1132	295	(110)					(600)	18,9
1918-19		(140)	686	3072	4628	2307	608	(300)					(1010)	31,9
1919-20		(140)	404	1704	2261	1026	356	(210)					(530)	16,7
1920-21			(540)	2535	4245	1311	596	(240)					(820)	25,9
1921-22			396	1201	2100	736	251	(125)					(420)	13,2
1922-23			402	3213	6746	2778	778	316	158				(1220)	38,5
1923-24		(90)	628	1808	3764	1463	741	272	138				(750)	23,7
1924-25		(243)	1421	4172	5602	2607	806	384					(1300)	41,0
1925-26		101	397	2280	3273	2506	765	309	167	120	76		(835)	26,3
1926-27		(130)	507	1607	1741	973	721	238	(100)				(510)	16,1
1927-28		(120)	777	2800	4745	2743	878	372	184	99	(50)		(1070)	33,7
1928-29		(100)	458	3296	5046	1874	825	326	173	97	(60)		(1025)	32,3
1929-30		(350)	992	3244	4857	1510	543	249	(130)				(1000)	31,5
1930-31		(170)	649	2621	3462	1929	605	252	118	67	(30)		(825)	26,0
1931-32		(170)	940	1755	2715	2119	537	243	164	124	94	(70)	(745)	23,5
1932-33		(130)	780	2780	3181	1369	445	227	132	(80)			(770)	24,3
1933-34		(153)	1087	3302	3572	1066	384	182	(115)				(830)	26,2
1934-35		(20)	270	2334	3496	1318	416	159	77	(40)			(680)	21,4
1935-36		(120)	896	4269	4971	2487	630	254	137	(78)	50	27	(1160)	36,6

1. REGIME DU SENEGAL A BAKEL

La saison des pluies débute au mois de mai avec quelques averses insuffisantes pour se traduire par une augmentation notable du débit à Bakel. La montée des eaux commence en juin et se poursuit en moyenne jusqu'au cours de la première quinzaine de septembre, donnant lieu à plusieurs pointes souvent assez individualisées. Durant la période des observations, actuellement mises à jour depuis 1913, le maximum annuel le plus précoce s'est produit le 7 août(1927) et le plus tardif s'est produit le 11 octobre(1952). Il s'agit là de dates extrêmes mais, dans 60 % des cas, la date du maximum se situe entre le 1er et le 20 septembre et, dans 35 % des cas, entre le 11 et le 20 septembre. La crue du Sénégal à Bakel est donc très en avance sur celle du Niger à Koulikoro, bien que le bassin contrôlé par cette station soit seulement de 120 000 km² contre 232 000 km² environ pour Bakel. En effet, à Koulikoro, le maximum ne se produit jamais en août et sa période d'arrivée la plus fréquente se situe entre le 21 et le 30 septembre; la fréquence d'apparition durant la première décade d'octobre est de plus de 30 % alors qu'elle est inférieure à 5 % pour Bakel. Il est à noter que ces deux stations jouent des rôles analogues, chacune pour son fleuve respectif.

La décroissance des débits après le maximum est assez rapide et, de septembre à janvier, les débits mensuels moyens interannuels tombent de 3465 m³/s à 129 m³/s. Les basses eaux et les étiages sont assez mal connus, tant à cause de la difficulté des mesures directes de ces débits que par suite de la carence des lectures d'échelle en basses eaux jusqu'à une période relativement récente (1951).

Le tableau XXXIV donne les débits moyens mensuels à Bakel année par année, ainsi que les valeurs interannuelles de ces paramètres, calculées sur la période. Les modules annuels qui figurent sur la droite du tableau sont estimés. lorsque l'année est incomplète, en adoptant pour les mois manquants des valeurs raisonnables tenant compte grossièrement de la loi de tarissement:

CHAPITRE IV

APERCU SUR LE REGIME DU SENEGAL

Bakel est considéré comme la station-clef pour l'étude du régime du bassin du Sénégal. On comprend parfaitement ce choix qui s'est imposé avec une telle évidence que nul n'a songé à le contester. A Bakel, la presque totalité des apports qui transiteront jusqu'à Saint-Louis se sont déjà déversés dans le lit du fleuve. De plus, les crues n'ont pas été encore déformées par un lit compliqué dans lequel les zones d'épandage amortissent considérablement les débits de pointe et consomment, par évaporation, une partie importante des apports. A l'amont de Bakel, l'évolution des débits est véritablement un problème hydrologique; à l'aval de Bakel, elle procède davantage de l'hydraulique fluviale. ^{1/} Enfin, Bakel est la dernière station vers l'aval à laquelle on puisse mesurer effectivement les débits totaux de la vallée sans mettre en oeuvre des procédés particuliers toujours onéreux et compliqués; l'inondation y est pratiquement inexistante, la loi hauteurs-débits peut y être considérée comme univoque.

Juste avant la zone deltaïque, la station de Dagana clot ce qu'il est convenu d'appeler la vallée ou basse-vallée. Peu après cette station, se posent les problèmes spécifiques du delta qui relèvent, eux aussi, de techniques spéciales. On a déjà signalé qu'à Dagana les débits mesurés représentent sensiblement la totalité des débits du fleuve. Mais ces débits ne sont pas connus avec la même précision qu'à Bakel et la loi hauteurs-débits est loin d'être univoque.

L'étude complète du régime du Sénégal, effectuée avec l'ensemble des données actuellement existantes, sort des limites de ce rapport. Cette étude, qui n'a pas encore été faite, demandera au moins un an à un bureau d'études spécialisé; elle doit être entreprise incessamment par l'O.R.S.T.O.M. dans le cadre d'une "Monographie du fleuve Sénégal".

En attendant, on devra se contenter d'exposer quelques conclusions concernant le régime à Bakel, la comparaison des apports observés à Bakel et à Dagana, et de donner quelques chiffres concernant les débits des affluents, sans esquisser la moindre interprétation.

^{1/} Bien que, ainsi qu'on le verra, les apports à l'aval de Bakel ne soient peut-être pas aussi faibles qu'on pourrait le croire à priori.

TABLEAU XXXII (suite)

Cours d'eau	Station	Surface du bassin versant km ²	Composition de la station (actuelle pour les stations encore en service)	Cote du zéro de l'échelle du limnigraphe act. en service ou le dernier en service
Sénégal	Kayes	168 900	Echelle	20,275 m I.G.N.
Sénégal	Férou	129 900	Limnigraphe Echelle	39,054 m I.G.N. 23,513 m I.G.N.
Sénégal	Gouina	127 000	Limnig. amort J Echelle princip. Limnig. aval	62,630 m I.G.N. 47,677 m I.G.N. 47,366 m I.G.N.
Sénégal	Galougo	126 900	Echelle	69,236 m I.G.N.
Sénégal	Bafoulabé	123 800	Echelle	88,83 m I.G.N.
Falémé	Kidira	28 200	Echelle J Limnigraphe	19,605 m I.G.N. 19,605 m I.G.N.
Falémé	Gourbassi	15 800	Echelle J Limnigraphe	
Falémé	Fadougou	5 700	Echelle J	119,03 m I.G.N.
Bafing	Mahina	37 800	Echelle J	90,017 m I.G.N.
Bafing	Déguéré	35 800	Limnigraphe	93,93 m I.G.N.
Bafing	Dibia	33 000	Limnigraphe	
Bafing	Makana	21 700	Echelle	
Bafing	Dakka Saïdou	15 500	Echelle J Limnigraphe	307,421 m I.G.N.
Bafing	Balabori	11 400	Echelle	
Bakoy	Kalé	85 400	Limnigraphe J	101,902 m I.G.N.
Bakoy	Dioubéba		Echelle	
Bakoy	Oualia	84 400	Echelle J	108,12 m I.G.N.
Bakoy	Toukoto	16 000	Echelle J	160,300 m I.G.N.
Bakoy	Djismoko		Echelle J	
Baoulé	Siramakana	58 400	Echelle	157,03 m I.G.N.
Baoulé	Faréna	50 000	Echelle	193,46 m M.E.F.S.

TABLÉAU XXXII

Réseau actif du SENEGAL

Liste des stations hydrométriques existant ou ayant existé

J : station de jaugeages

Cours d'eau	Station	Surface du bassin versant km ²	Composition de la station (actuelle pour les stations encore en service)	Cote du zéro de l'échelle ou du limnigraphe actuellement en service ou le dernier en service,
Sénégal	Saint-Louis		Marégraphe du Pont Faidherbe Marégraphe de Gandiol	- 0,455 m I.G.N.
Sénégal	Rosso		Echelle J	- 0,227 m I.G.N.
Sénégal	Richard Toll		Echelle	- 0,40 m I.G.N.
Lac de Guiers			Limnigraphe	- 0,48 m I.G.N.
Lac R'Kiz			Limnigraphe	- 0,455 m I.G.N.
Sénégal	Dagana	282 700	Echelle J	- 0,44 m I.G.N.
Sénégal	Podor	280 200	Echelle J	- 0,44 m I.G.N.
Sénégal	Sérépoli		Limnigraphe	- 0,21 m M.E.F.S.
Sénégal	Boghé	277 200	Echelle J	- 0,57 m I.G.N.
Sénégal	Diouldé-Diabé	274 200	Limnigraphe J	- 0,41 m I.G.N.
Sénégal	Saldé		Echelle J	1,32 m I.G.N.
Doué	Guédé		Echelle J	- 0,63 m I.G.N.
Doué	Madina		Limnigraphe J	- 0,50 m I.G.N.
Doué	M'Goui		Echelle J	- 0,45 m I.G.N.
Sénégal	Diorbivol		Echelle	2,14 m I.G.N.
Sénégal	Kaédi	267 400	Echelle J	3,85 m I.G.N.
Sénégal	M'Guiglione	246 800	Limnigraphe J	4,07 m I.G.N.
Sénégal	Matam	244 300	Echelle J	6,32 m I.G.N.
Sénégal	Ouaoundé	236 600	Limnigraphe Echelle J	8,48 m I.G.N. 8,48 m I.G.N.
Sénégal	Bakel	232 200	Echelle J	11,16 m I.G.N.
Sénégal	Koungari		Limnigraphe	11,61 m I.G.N.
Sénégal	Ségala	200 700	Limnigraphe	
Sénégal	Ambibédi	170 700	Echelle Limnigraphe	

LE BAKOY A TOUKOTO

COURBE DE TARAGE

