

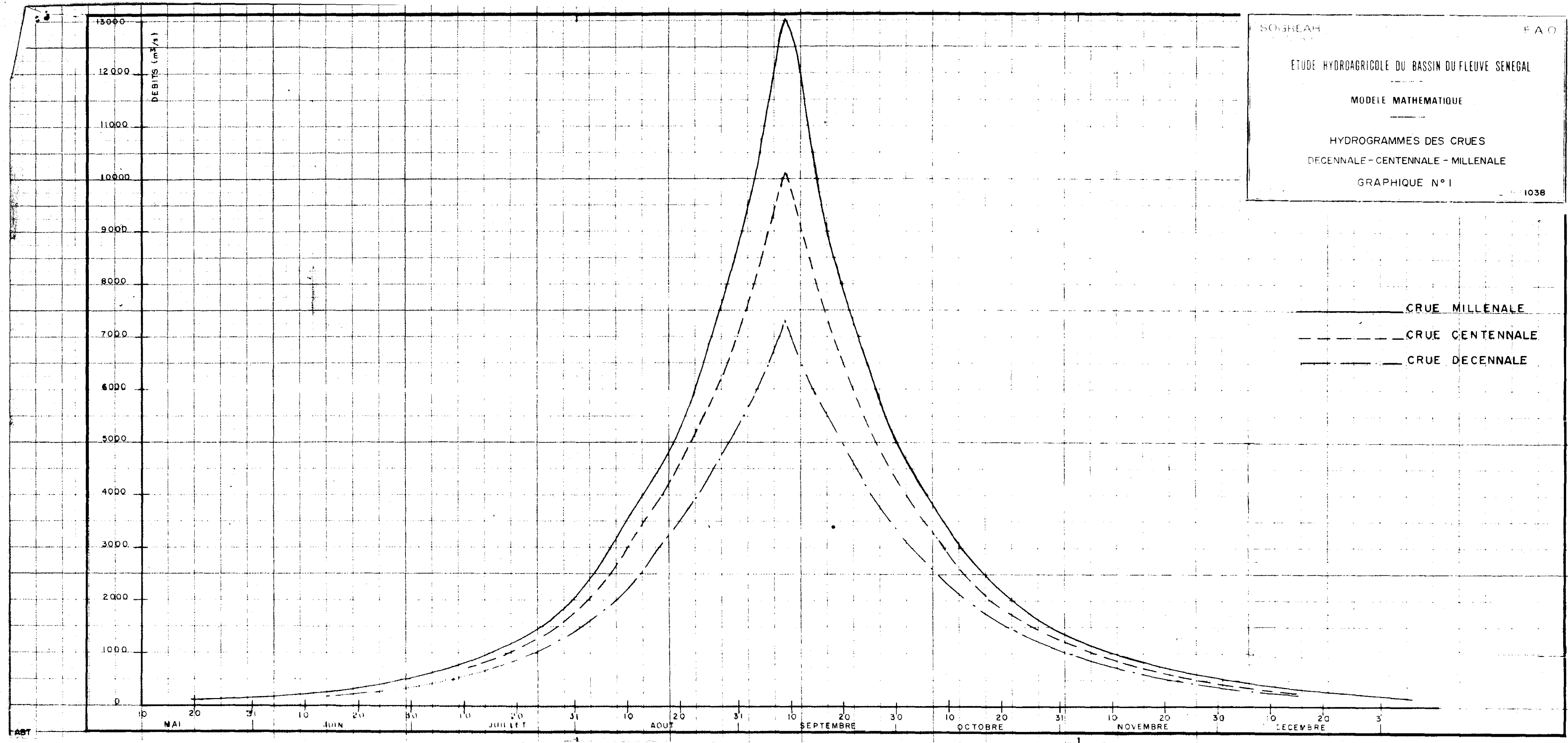
ETUDE HYDROAGRICOLE DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

MODELE MATHEMATIQUE

HYDROGRAMMES DES CRUES
DECENNALE - CENTENNALE - MILLENALE

GRAPHIQUE N°1

1038



ETUDE HYDROAGRICOLE DE LA VALLEE
DU SENEGAL

MODELE MATHEMATIQUE DE
LA VALLEE DU SENEGAL

ETUDE DE L'INFLUENCE DES PERIMETRES
HYDRO AGRICOLES SUR LES NIVEAUX

NOTE PRELIMINAIRE

I - BUT DE L'ETUDE

Le schéma de l'aménagement de la Vallée du Sénégal entre Bakel et le delta a conduit à la définition d'un certain nombre de périmètres qui seront entièrement isolés du fleuve. Ces endiguements devront assurer une protection totale jusqu'à la crue centennale. Les casiers concernés ne sont pas les casiers pilotes mais les casiers définitifs qui auront une influence sur les niveaux et la répartition des débits dans le Sénégal et le lit majeur. Nous aurons donc localement des exhaussements de niveaux et des partages de débits différents entre les lits mineur et majeur. Le but de l'étude est donc de définir les enveloppes des niveaux maximaux dans le Sénégal et en amont et en aval des digues non parallèles au fleuve.

Les paragraphes suivants préciseront les hypothèses et les résultats ; nous aurons successivement :

- le modèle et ses modifications
- définition de la crue centennale
- analyse des résultats

II - LE MODELE ET SES MODIFICATIONS

Le modèle de base utilisé est le modèle ayant pour limite amont Bakel et pour limite aval Saint-Louis. C'est donc le modèle qui a été utilisé pour de nombreux calculs relatifs à l'exploitation du modèle mathématique de la Vallée du Sénégal.

Cependant, pour tenir compte des aménagements prévus, nous avons supprimé un certain nombre de casiers et de liaisons qui sont précisés sur les figures 1, 2 et 3 hors texte.

Voyons ces modifications d'amont en aval :

. Région de Matam

- suppression de la liaison entre les casiers G 28 et G 29,
- modification des lois de surface en fonction de la cote des casiers G 29 et G 30 pour tenir compte des parties non isolées du fleuve,
- modification des liaisons S 29 - G 29 et G 29 - G 30 en relation avec la diminution de surface des casiers G 29 et G 30.

. Région de Kaedi

Le casier D 36 représentant le oualo du Gorgol est entièrement isolé du fleuve, ce qui entraîne la suppression des liaisons S 36 - D 36, D 35 - D 36 et D 36 - D 37

. Région de Saldé

Les aménagements se trouvant dans la partie amont de l'île A Morphil, nous avons isolé du Sénégal et du Doué les casiers G 41 et G 42 ; les liaisons suivantes sont alors supprimées : G 402 - G 41, S 41 - G 41, H 41 - G 41, S 42 - G 42, H 42 - G 42, G 42 - G 43

.../...

. Région de Boghé

Le casier D 472 est isolé du Sénégal, ce qui entraîne la suppression des liaisons S 47 - D 472 et D 472 - D 48. En amont du casier D 472 nous n'avons pas eu à supprimer la liaison D 471 - D 472 car du fait de la route cette liaison n'avait pas été mise dans le modèle

. Région de Nianga

Les casiers J 52, J 531, J 532 et L 53 sont endigués et les liaisons H 52 - J 52, H 53 - J 531, H 53 - J 532, J 532 - J 54 sont supprimées

. Région de Dagana - Guidakar

Il s'agit de l'aménagement des cuvettes de rive gauche amont de Dagana et de Guidakar. On isole alors les casiers G 581, G 582 et G 59 du fleuve, ce qui revient à supprimer les liaisons G 57 - G 581, S 58 - G 581, S 58 - G 582, S 59 - G 59

. Région de Rosso

On isole les casiers de M'Pourié qui sont déjà aménagés. Ce sont les casiers D 621 et D 622 ce qui conduit à supprimer les liaisons D 61 - D 621, D 61 - D 622, S 62 - D 621, S 62 - D 622 et D 622 - D 623

III - CRUE ETUDIEE

En accord avec le projet à Saint - Louis, il a été décidé de ne considérer que l'étude de la crue centennale qui a été précisée lors de l'étude du barrage du delta. La crue centennale est définie par une loi de débit en fonction du temps à Bakel.

La bande donnée crue centennale comporte les éléments suivants :

- loi de débit du Sénégal à Bakel

Elle est établie par l'analyse des crues connues depuis 1903 et le graphique 1 donne son évolution en fonction du temps. La durée prise en considération va du 1er juillet au 31 décembre et le débit maximum, égal à 10100 m³/s, se produit le 9 septembre,

- loi de débit des affluents mauritaniens

Ces affluents, qui rejoignent le Sénégal en rive droite, sont le Niordé, le Ghorfa et le Gorgol. Nous ne possédons pas d'éléments permettant de définir leurs hydrogrammes et la localisation dans le temps des débits. Aussi, nous n'en avons pas tenu compte. Le fait de les négliger doit avoir des conséquences locales sur les débits et les niveaux puisque les casiers où ils débouchent seront alimentés par le Sénégal. Ceci n'est plus vrai, d'ailleurs, pour le oualo du Gorgol, à Kaédi, qui est à présent isolé entièrement du fleuve. Comme les apports principaux venaient du Gorgol les conséquences seront encore moindres.

- loi de débit des défluent aval

Ces défluent sont le lac de R'Kiz, le lac de Guiers, les ouvrages de la rive gauche du delta du Sénégal et l'Aftout Es Sahel. On se retrouve encore une fois devant les mêmes problèmes que pour les affluents mauritaniens. Cependant, comme les débits dérivés sont mieux situés dans le

.../...

temps, nous avons retenu les valeurs calculées pour la crue de 1964. Ce n'est évidemment qu'un palliatif mais nous pensons que ces hypothèses restent raisonnables.

- pluvio évaporation

Les données manquent pour définir valablement ces paramètres. Nous avons donc retenu les valeurs moyennes définies pour la crue de 1969.

- loi de niveau à Saint-Louis

L'exécution des calculs demande la connaissance des niveaux à Saint-Louis, limite aval du modèle. Si, pour certaines années, il existe des marégrammes qui permettent de définir les lois de variation des niveaux moyens en fonction du temps, il n'en est évidemment pas de même pour la crue centennale et nous avons été obligés de procéder d'une autre manière. Nous avons établi une loi hauteur-débit basée sur l'analyse des points niveau-débit des crues de réglage, de la variation de la pente et des lois de débitance. Cette loi conduit à des niveaux raisonnables pour les débits moyens et supérieurs mais semble donner des niveaux trop bas pour les petits débits. Comme nous nous intéressons aux niveaux supérieurs, nous n'avons pas jugé utile de reprendre la définition de la courbe pour les faibles débits.

En conclusion, la crue définie n'est pas complète, mais elle tient compte des éléments disponibles.

IV - RESULTATS DU CALCUL

Les résultats du calcul qui nous intéressent plus particulièrement sont ceux concernant les niveaux puisqu'ils conditionnent directement les cotes de calage des digues.

Avant de définir pour chaque aménagement les cotes de calage des digues, nous présenterons rapidement les graphiques n° 2 et 3 hors texte qui donnent pour le Sénégal et le Doué :

- l'enveloppe des niveaux maximaux atteints par la crue centennale sur le modèle de l'état naturel,
- l'enveloppe des niveaux maximaux atteints lors de la même crue en prenant en compte les périmètres aménagés ou dont l'aménagement est prévu entre Matam et M'Pourié,
- l'enveloppe de la crue millénale sur le modèle de l'état naturel.

L'examen de ces graphiques montre clairement que les exhaussements par rapport à la crue naturelle sont d'autant plus importants que les modifications apportées aux schémas des écoulements sont grandes. Il en est ainsi à Matam où l'exhaussement atteint près de 0,70 m. Notons que localement la cassure de pente naturelle existant entre Waoundé et Matam a été accentuée et qu'entre ces deux stations l'exhaussement maximal atteint 0,90 m environ. On peut d'ailleurs voir que dans cette zone on trouve des niveaux assez proches de ceux obtenus avec la crue millénale de l'état naturel. Plus en aval les exhaussements sont plus modestes et atteignent au maximum 0,65 m à N'Goui sur le Doué, 0,50 m à Saldé et 0,25 m à Podor sur le Sénégal, 0,35 m à Guédé sur le Doué.

.../...

Ces considérations générales étant faites, nous allons à présent définir pour chaque périmètre les cotes maximales atteintes par les écoulements, cotes auxquelles il conviendra d'ajouter une revanche appropriée pour tenir compte du "set up" dû au vent ainsi que des vagues.

1 - Périmètre de Matam

L'endiguement du périmètre de Matam suit à peu près la limite des casiers G 28 et G 29 du modèle et parvient au fleuve au niveau de Navel. Ensuite, il suit le fleuve jusqu'à Matam où, après avoir longé la ville, il s'éloigne du fleuve pour rejoindre la rive gauche du marigot de Tialougueuil dans le casier G 30.

Cet endiguement modifie complètement le schéma d'écoulement de la rive gauche puisque les débits qui empruntaient les ponts de la route de Matam (débits non négligeables) devront revenir dans le fleuve en amont de la ville. Comme il en est de même en rive droite pour des conditions naturelles, on va donc trouver dans le lit mineur du Sénégal tout le débit qui a transité. Comme il se produit un stockage supplémentaire, on ne retrouvera d'ailleurs pas le même débit maximal qui, dans l'état naturel, comprend celui qui transite en rive gauche.

Pour ce qui est des cotes atteintes dans les différentes mailles qui bordent l'endiguement général, on ne peut obtenir une homogénéité totale du fait des différences de niveaux obligatoires pour que les échanges de débits puissent se faire entre le lit majeur et le lit mineur.

Dans la maille G 28 le niveau au centre est supérieur à celui existant dans le Sénégal en raison du retour vers le fleuve des débits circulant dans le lit majeur rive gauche. Si on tient compte également des mises en vitesses locales inhérentes au changement de direction de l'écoulement, élément dont le modèle ne tient pas compte, on parvient à la cote 18,30 IGN comme cote maximale atteinte par l'eau. C'est donc à cette cote qu'il faudra ajouter la revanche pour mettre le périmètre hors d'eau.

La digue qui suit le fleuve entre Navel et Matam pourra avoir une cote variable puisqu'elle suit la ligne d'eau maximale du fleuve. Puisque la digue Est sera à la cote 18,30 IGN plus la revanche, cette cote sera prise également à l'origine et la crête de la digue pourra s'abaisser jusqu'à la cote 17,70 IGN plus la revanche à Matam.

En aval de Matam, dans les casiers G 29 et G 30, les niveaux donnés par le modèle sont inférieurs à ceux du Sénégal puisqu'une dénivellation est nécessaire pour que le Sénégal alimente le lit majeur rive gauche. Aussi, nous pensons que cette digue ne devra pas être horizontale et pourra s'abaisser vers l'aval jusqu'à ce qu'elle rejoigne le diéri sénégalais. Nous proposons donc que la digue, entre Matam et le marigot, ait une cote variable entre 17,70 IGN plus la revanche à 17,0 IGN plus la revanche quand elle arrive au marigot et ensuite de 17,0 IGN à 16,50 IGN plus la revanche sur le diéri.

En conclusion, les revanches étant à ajouter aux cotes indiquées, les cotes maximales des niveaux d'eau seront les suivantes :

.../...

- digue de fermeture Est entre les casiers G 28 et G 29 du modèle :
cote 18,30 IGN
- digue le long du fleuve entre Navel et Matam : cotes variables entre
18,30 et 17,70 IGN
- digue de fermeture Ouest :
 - . de Matam au marigot : cotes variables de 17,70 à 17,0 IGN,
 - . du marigot au diéri sénégalais, en rive gauche de ce marigot :
cotes variables de 17,0 à 16,50 IGN.

2 - Périmètre de Kaédi

Dans le calcul nous avons supposé que le cunéo du Gorgol était entièrement endigué. Les revanches étant toujours à ajouter aux valeurs ci-dessous, les cotes maximales des niveaux d'eau sont les suivantes :

- digue de fermeture Est : cote 14,5 IGN
- digue longitudinale au fleuve : cotes variables de 14,5 à 14,0 IGN
- digue de fermeture Ouest : cote 14,0 IGN

3 - Périmètre de Saldé

Les limites Est et Ouest des endiguements prévus ne correspondent pas exactement avec les limites des casiers. Les différences sont cependant assez petites et les résultats du calcul restent valables.

Toujours sans tenir compte des revanches à prévoir, les niveaux maximaux atteints par les écoulements sont les suivants :

- digue de fermeture Est : cote 13,10 IGN
- digue longitudinale au Sénégal entre Saldé et Wala : cotes variables entre 13,10 et 12,30 IGN,
- digue longitudinale au Doué entre l'amont de N'Goui et l'aplomb de Wala : cotes variables entre 13,10 et 12,30 IGN,
- digue de fermeture Ouest au niveau de Wala : cote 12,3 IGN.

4 - Périmètre de Boghé

Le schéma de l'endiguement intègre, à l'Est, la route parvenant à Boghé. Il faudra cependant s'assurer que les cotes de remblai sont suffisantes. Les niveaux maximaux atteints pour les écoulements sont les suivants et il conviendra pour le calage de la crête des digues de leur ajouter une revanche.

- Digue-route de fermeture Est : cote 10,15 IGN
- Digue longitudinale au Sénégal entre Boghé et Ngorol : cotes variables entre 10,15 et 9,65 IGN
- Digue de fermeture Ouest entre Ngorol et Saré N'Dogou : cote 9,65 IGN

5 - Périmètre de Nianga

Le tracé de la digue, entre le diéri et Guia-Wali Diala est confondu

avec la tracé de la route qui rejoindra Podor.

Ici il nous faut tenir compte d'un élément nouveau qui est la construction du remblai routier qui barre l'île A Morphil pour rejoindre Podor. Bien que des passages soient prévus, il s'ensuivra des modifications dans le schéma des écoulements et les niveaux atteints. Aussi, la revanche étant à fixer par ailleurs, les cotes maximales atteintes par les écoulements seront les suivantes :

- digue route entre le Diéri et Guia-Wali Diala passant par M'Bantou Meir, Diambo et Dioundo : cote 8,0 IGN
- digue longitudinale au Doué entre Wali Diala et Niandane : cotes variables de 8,0 à 7,5 IGN
- digue de fermeture Ouest de Niandane à Ndiayène : cote 7,5 IGN.

6 - Périmètre de Dagana

Nous devons considérer le casier amont rive gauche de Dagana et les casiers de Guidakar situés en aval immédiat de Dagana, toujours en rive gauche.

Pour le premier, les endiguements définis lors de l'étude des cuvettes de Dagana (rapport technique 2 du modèle mathématique) sont encore valables, mais il faut noter que le calcul actuel ne prend pas en considération le barrage du delta et les endiguements qui en découlent dans le delta.

Pour ce qui est des casiers de Guidakar, les niveaux maximaux atteints pour l'écoulement varient entre les cotes 5 et 4,6 IGN. La digue longitudinale devrait donc être calée en rajoutant à ces cotes une revanche appropriée. Quant à la digue de fermeture Ouest elle devrait être à la cote 4,60 IGN plus la revanche.