



Direction territoriale du Nord – Pas de Calais

SEME / Cellule e-SAGE / pôle Gestion de l'Eau



BIEF FONTINETTES- FLANDRES

DIAGNOSTIC DES NIVEAUX DU BIEF

Date	Version	Référence du document	Réalisé par	Validé par
03/2020	1	Analyse_niveau_bief_fontinettes_flandres.docx	T.LASON E.FOURNIER (eSAGE)	JM FOURMAINTRAUX K. CHUQUET (eSAGE)

Table des matières

RAPPEL DU CONTEXTE.....	3
PRESENTATION DU BIEF FONTINETTES-FLANDRES	4
A. Présentation générale	4
B. Présentation de l'écluse des Fontinettes	4
C. Présentation de l'étang de Batavia	5
D. Présentation de l'écluse de Flandres.....	6
E. Présentation de l'écluse carrée d'arques	7
II. Présentation des stations de mesures du bief Fontinettes-Flandres et de l'étang de Batavia.....	8
A. Sondes mesurant le niveau du bief Fontinettes-Flandres.....	8
B. Sondes mesurant les bassinées de l'écluse de Fontinettes et de Flandres.....	8
C. Sonde mesurant le niveau de l'étang de batavia	9
III. ANALYSE DES DONNEES DE NIVEAU DU BIEF FONTINETTES-FLANDRES.....	10
A. Analyse des niveaux d'eau du bief Fontinettes-Flandres	10
B. Analyse des données du 1er mai 2019 au 6 mai 2019 sur la relation des niveaux du bief avec le fonctionnement de l'étang de Batavia.....	13
CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS D'ACTIONS.....	19

RAPPEL DU CONTEXTE

Lorsqu'une bassinée est rejetée dans le bief Fontinettes-Flandres qui est un bief très court (1.9 km), une vague d'intumescence se crée et donne naissance à une onde qui se propage dans tout le bief. Cette onde se réfléchit sur les portes de l'écluse de Flandres et engendre une onde de retour. Ces phénomènes ondulatoires peuvent induire des surélévations importantes du niveau du canal et poser des difficultés vis-à-vis des passages sous les ponts. Ce phénomène va s'accroître du fait de l'augmentation de trafic fluvial liée à l'arrivée de Seine Nord.

Afin de diminuer l'onde d'intumescence, les paliers d'ouverture des vannes d'aqueducs aval de Fontinettes ont été modifiés en avril 2015 suite à l'étude d'ISL.

Les effets concrets de cette pratique n'ont pas été réellement mesurés. Une vérification des niveaux mesurés est donc à réaliser pour confirmer ou non que cette gestion des niveaux du bief a permis la disparition de la récurrence des niveaux anormaux par rapport à la cote de restriction haute et au PBEN.

PRESENTATION DU BIEF FONTINETTES-FLANDRES

A. Présentation générale

Le bief étudié est situé entre les écluses des Fontinettes et de Flandres, il se trouve sur la commune d'Arques (62) et appartient au Canal de Neuffossé. Le bief est très court, de 1.9 km entre le PK 106 et le PK 107.9 et se divise en deux bras en amont de l'écluse de Flandres. Le bras principal correspond au canal à Grand Gabarit de Neuffossé. Le bras secondaire jusqu'à l'écluse de St Bertin correspond au parcours de l'ancien canal de Neuffossé où on y retrouve l'ouvrage de l'ancienne écluse carrée d'Arques présentée dans les chapitres suivants.

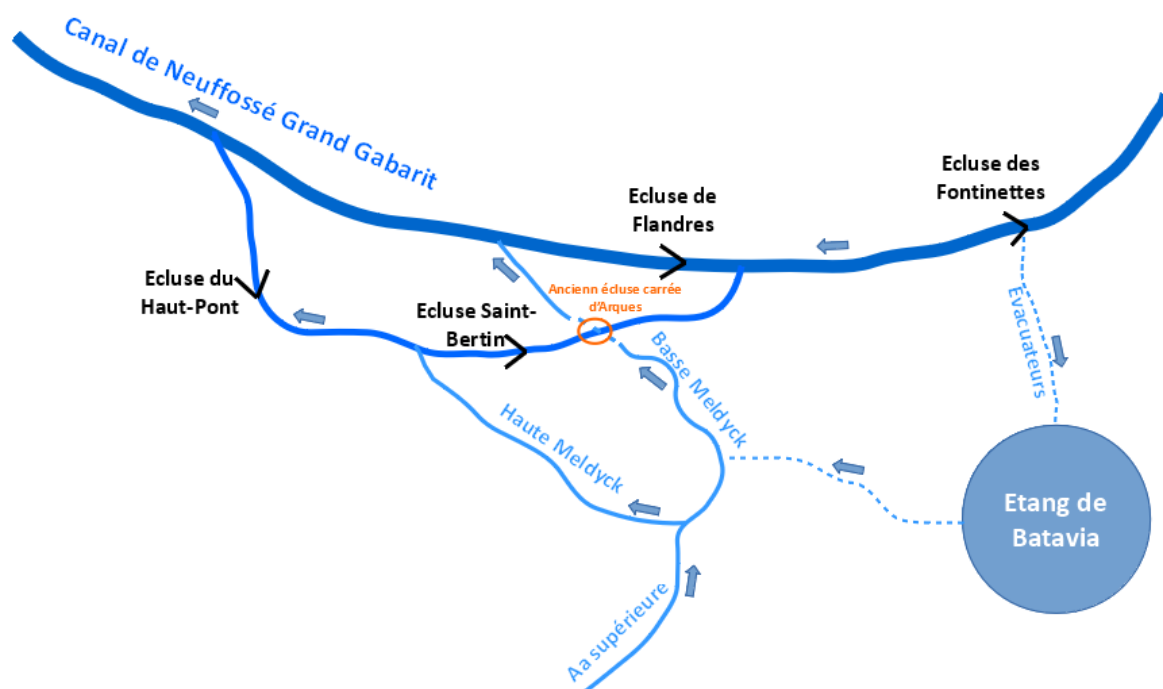


Figure 1 : Schéma du bief Fontinettes-Flandres

B. Présentation de l'écluse des Fontinettes

L'écluse des Fontinettes permet de passer d'un NNN amont de 19.42 m IGN au NNN aval de 6.39 m IGN. De ce fait, la hauteur de chute de l'écluse est de 13.03 m.

Le sas de l'écluse, de dimensions 144.6x12 m, est fermé en amont par une porte busquée et en aval par une porte levante. Il contient une autre porte busquée intermédiaire permettant de fractionner ce grand sas en un petit et un moyen. Le volume d'une bassinée est de 22 846 m³ pour le grand sas, 17 826 m³ pour le sas moyen et 7 020 m³ pour le petit sas.



Figure 2 : Sas de l'écluse de Fontinettes avec porte aval levante

Deux aqueducs latéraux permettent le remplissage et la vidange du sas ainsi qu'une conduite permettant de by passer l'écluse. Le sas de l'écluse est également pourvu de deux évacuateurs reliant l'écluse de Fontinettes à l'étang de Batavia. Le fonctionnement entre l'écluse de Fontinettes et l'étang de Batavia est explicité dans le chapitre suivant.

C. Présentation de l'étang de Batavia

L'écluse des Fontinettes est reliée à l'étang de Batavia en rive gauche via le sas.

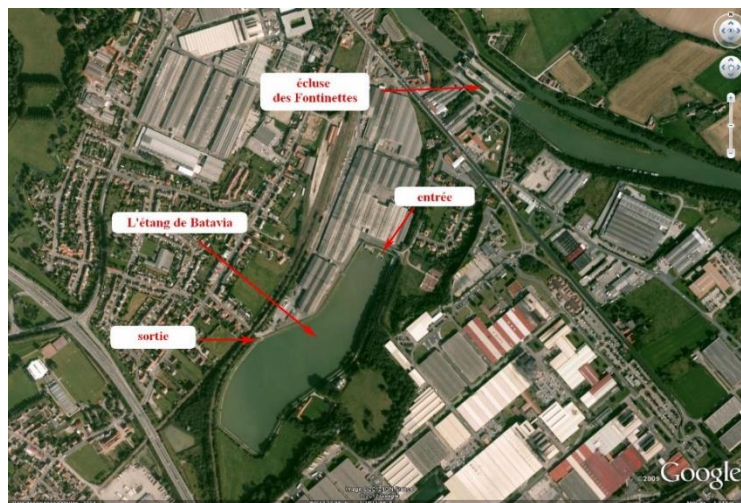
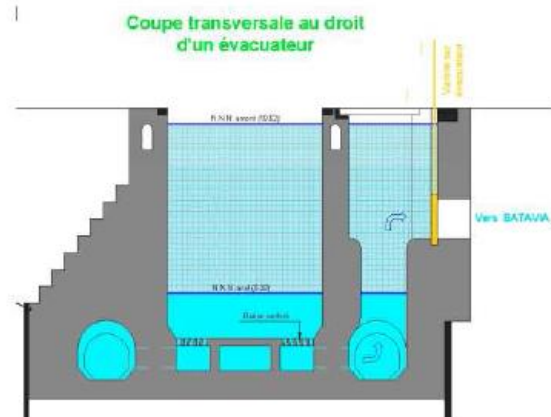


Figure 3 : localisation étang de Batavia

Le bief aval Fontinettes-Flandres est très court et ne peut pas accepter une bassinée complète (23 000 m³) de l'écluse des Fontinettes en fonctionnement normal. C'est pourquoi une partie (2/3) de cette bassinée est envoyée dans cet étang, le reste seulement (1/3) est évacué vers l'aval.



*Coupe transversale de l'écluse de Fontinettes au niveau des évacuateurs.
Figure 4 : coupe transversale au droit de l'évacuateur vers l'étang de Batavia*

En sortie de l'étang a été mise en place une vanne qui s'ouvre sur la Basse Meldyck, rivière qui se jette elle-même dans l'Aa en aval de l'écluse de Flandres. Les ouvrages de raccordement vers l'étang de Batavia sont constitués de conduites rectangulaires (3,85 x 3,85 m) vannées et équipées d'un seuil mis en place pour ne laisser passer que deux tiers du volume d'eau d'une bassinée.



Figure 5 : ouvrage d'arrivée d'eau dans l'étang de Batavia

La sortie de l'étang est constituée d'un ouvrage de trop-plein dont le fil d'eau est calé à 7,50 m IGN en entrée et 6,00 m IGN en sortie, au niveau de la Basse Meldyck. Cet ouvrage est constitué de deux conduites $\Phi 1000$. Des grilles à la sortie de l'étang permettent de stopper les flottants.

D. Présentation de l'écluse de Flandres

L'écluse de Flandres permet de passer d'un niveau amont théorique de 6.39 m IGN à un niveau aval théorique de 2.32 m IGN. De ce fait, la hauteur de chute de l'écluse est de 4.07 m. Elle est constituée d'un sas de même dimension que celui de l'écluse des Fontinettes (144.6x12 m).

Etant donnée la hauteur de chute de l'écluse, le volume d'eau évacué par bassinée est de 7 000 m³, valeur bien inférieure à celle de l'écluse des Fontinettes.



Figure 6 : Ecluse de Flandres vue de l'aval

Il faut noter qu'il y a déversement sur les portes dès que le NNN est atteint.

E. Présentation de l'écluse carrée d'Arques

L'écluse carrée d'Arques se situe dans le bras de l'ancien canal de Neuffossé en amont de l'écluse de St Bertin. Cette écluse n'est plus en fonctionnement aujourd'hui. Les portes de l'écluses ont été retirées pour laisser place à des batardeaux faisant office de seuil pour évacuer le trop plein du canal vers la Basse Meldyck. Les 2 seuils ou déversoirs sont calés au NNN du bief Fontinettes - Flandres soit 6.36 m NGF (nivellement réalisé par le SEME en 2009) et font environ 5 m de large chacun.

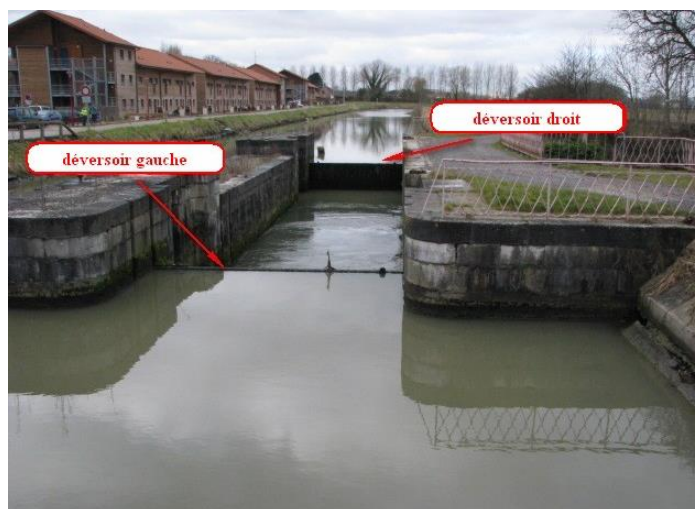


Figure 7 : Ecluse de Flandres vue de l'aval

- Pour Flandres : une unique sonde, du type Siemens Milltronics XPS10 avec un boîtier MultiRanger 100. La sonde mesure le niveau dans le sas toutes les minutes.

C. Sonde mesurant le niveau de l'étang de batavia

Le niveau de l'étang est suivi en continu par une sonde positionnée à la sortie des aqueducs d'amenée vers l'étang.

Les valeurs récupérées de cette sonde sont des valeurs moyennées, minimales et maximales sur 15 min (en mètres NGF). Le matériel de la sonde est du type Siemens Milltronics XPS10 avec un boîtier MultiRanger plus

Lorsque la sonde détecte un niveau supérieur au niveau seuil toléré (à 10.20m NGF), elle envoie l'information à l'écluse des Fontinettes qui ferme automatiquement les vannes d'amenée à l'étang. Tout le volume d'eau de la bassinée de l'écluse est alors transféré au bief aval vers l'écluse de Flandres.

BATAVIA

Pré-alerte à 9,80 m, information sur écran XBT de Fontinettes.

Niveau 10,20 m arrêt des évacuateurs, symbolisation "évacuateur en mode arrêt Batavia" sur écran

Les évacuateurs sont de nouveau exploités dès le retour du niveau à 10,00 m.

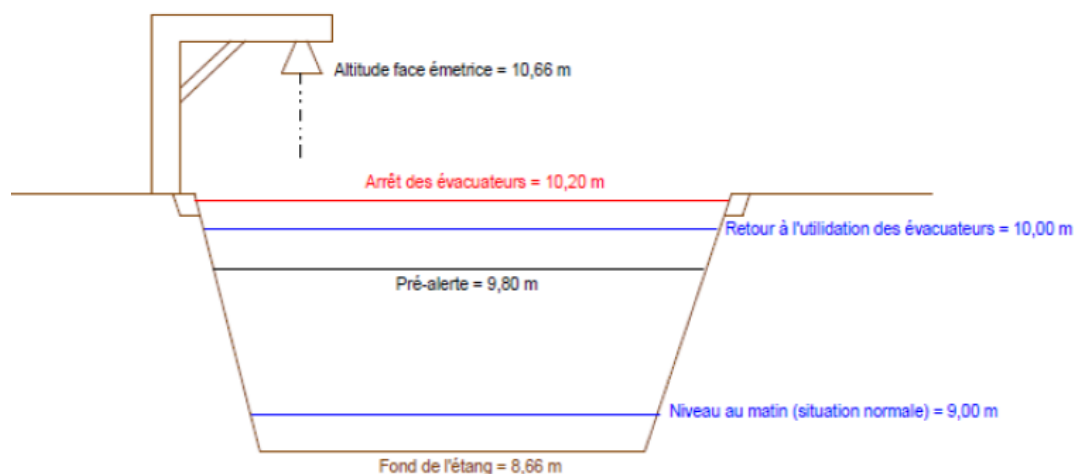


Figure 9 : Schéma des niveaux d'alertes de l'étang de batavia

III. ANALYSE DES DONNEES DE NIVEAU DU BIEF FONTINETTES-FLANDRES

Les sondes de Fontinettes et de Flandres précédemment citées nous ont permis d'obtenir des données de hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres.

Pour cette étude, nous avons choisi une période récente afin de voir si le phénomène de l'onde d'intumescence existe encore aujourd'hui. La période de données étudiée s'étend sur les 5 premiers mois de l'année 2019.

NB : nous avons fait le choix d'arrêter la période d'étude au 31 mai 2019, car en juin les données récoltées ont été perturbées par les travaux de chômage de l'écluse Fontinettes.

Suite à la fiabilisation des données (suppression des données non fiables après une analyse précise de la hauteur d'eau) nous obtenons un graphe fiabilisé (cf. fig.10) pour les 5 premiers mois de l'année 2019 dont une partie des données sera analysée dans les paragraphes suivants.

NB : les données de la sonde du Pont RFF n'ont pas été exploitées pour cette étude car elles ont été jugées non fiables du fait de nombreuses erreurs recensées lors de la fiabilisation de ses données.

A. Analyse des niveaux d'eau du bief Fontinettes-Flandres

L'analyse de ces données de hauteurs d'eau va nous permettre de savoir si la gestion actuelle du bief a permis de faire disparaître la récurrence des niveaux anormaux dépassant la cote de restriction (+20 cm/NNN) ou celle du PBEN (-20cm/NNN).

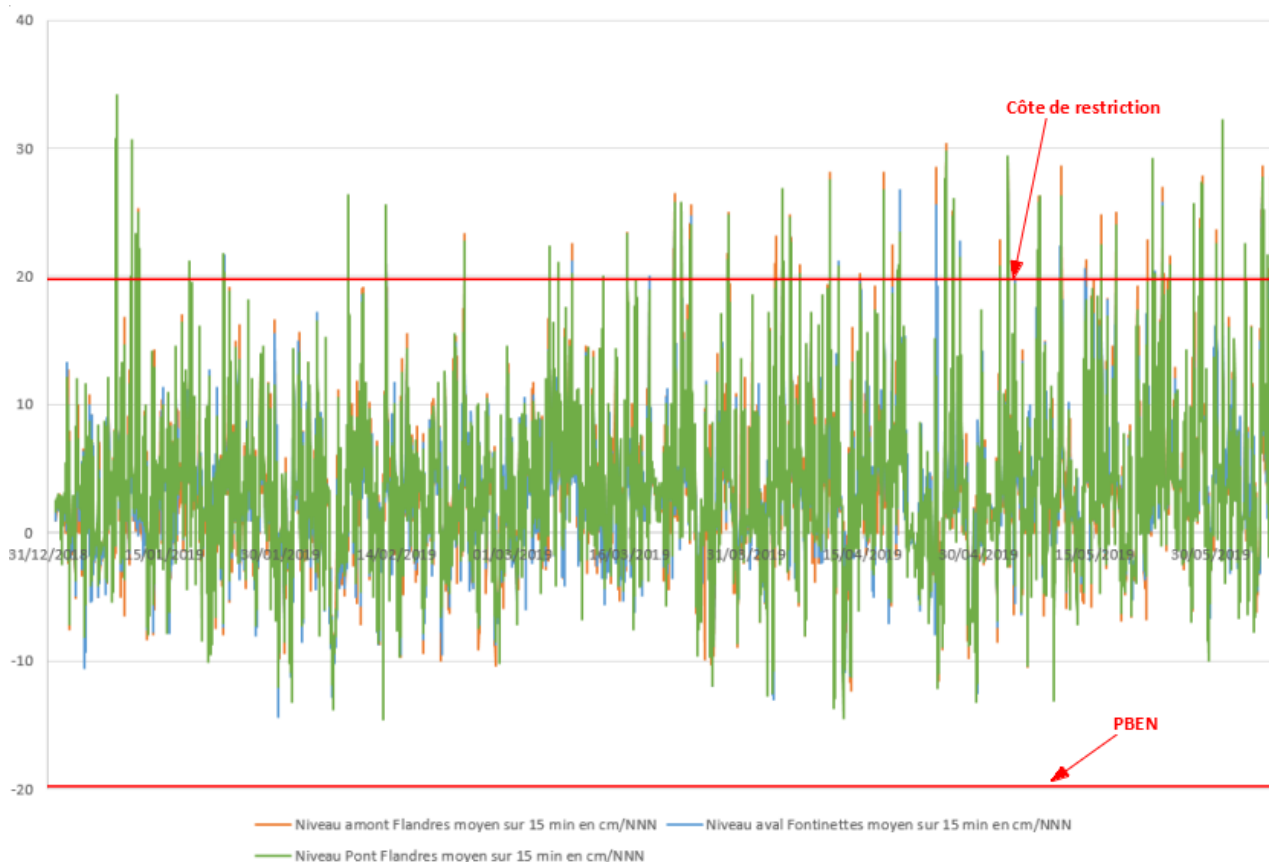


Figure 10 : Graphe des données moyennées fiabilisées des sondes de Fontinettes, Flandres et Pont de Flandres sur le 1^{er} semestre 2019

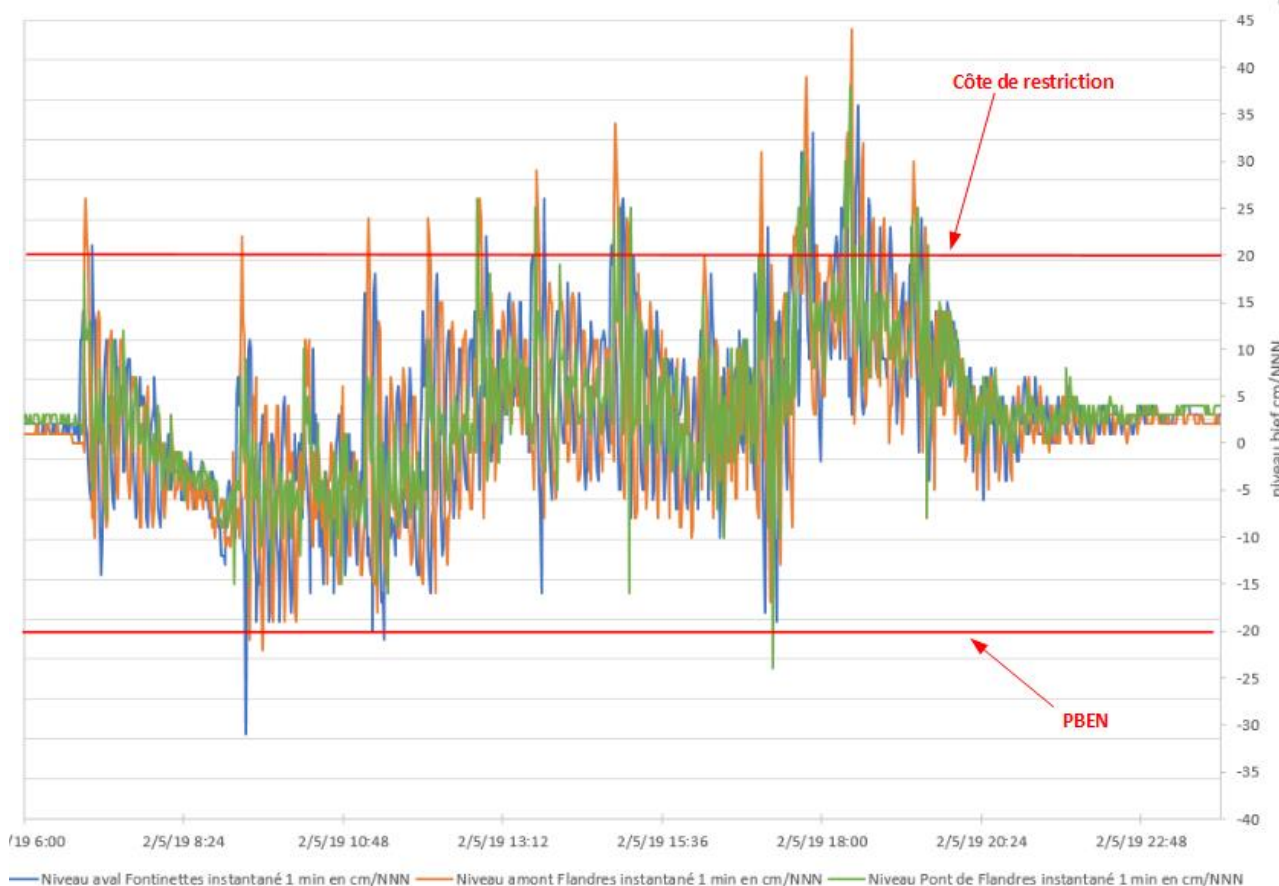
L'analyse des niveaux d'eau moyen, via le graphe fig.10, sur les 5 premiers mois de l'année 2019 révèle que :

- La côte de restriction à + 20 cm par rapport au NNN est régulièrement dépassée (entre 120 et 135 dépassements selon la sonde)
- La côte du PBEN (à - 20 cm) n'est pas atteinte sur cette période étudiée.

Il est à noter que les données moyennées lissent l'information enregistrée. Par conséquent, il se peut que les dépassements de la côte de restriction soient encore plus nombreux et qu'il existe également des dépassements du PBEN sur la période étudiée.

Afin d'avoir une idée de ce que peuvent donner les dépassements d'hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres sans lissage sur une journée de navigation, nous avons décidé d'analyser les données instantanées à la minute en notre possession sur le bief.

Nous avons fait le choix d'étudier la journée du 2 mai qui est une journée de forte navigation (13 bassinées à l'écluse de Fontinettes) faisant suite à un jour férié non navigué. Nous obtenons le graphe fig.11 ci-après :



Nous constatons que, sur la journée du 02 mai 2019, la cote de restriction et le PBEN sont dépassés plusieurs fois au cours de la journée.

En juxtaposant les bassinées de Fontinettes au niveau d'eau, nous remarquons que **la vidange de la bassinée de Fontinettes (1/3 de la bassinée vers Flandres) crée une onde représentée par un niveau haut accompagné d'un niveau bas qui peuvent atteindre voire dépasser le niveau de la cote de restriction et du PBEN** (cf. fig.12 et 13) (NB : phénomène également observé pour la journée du 03 mai 2019).

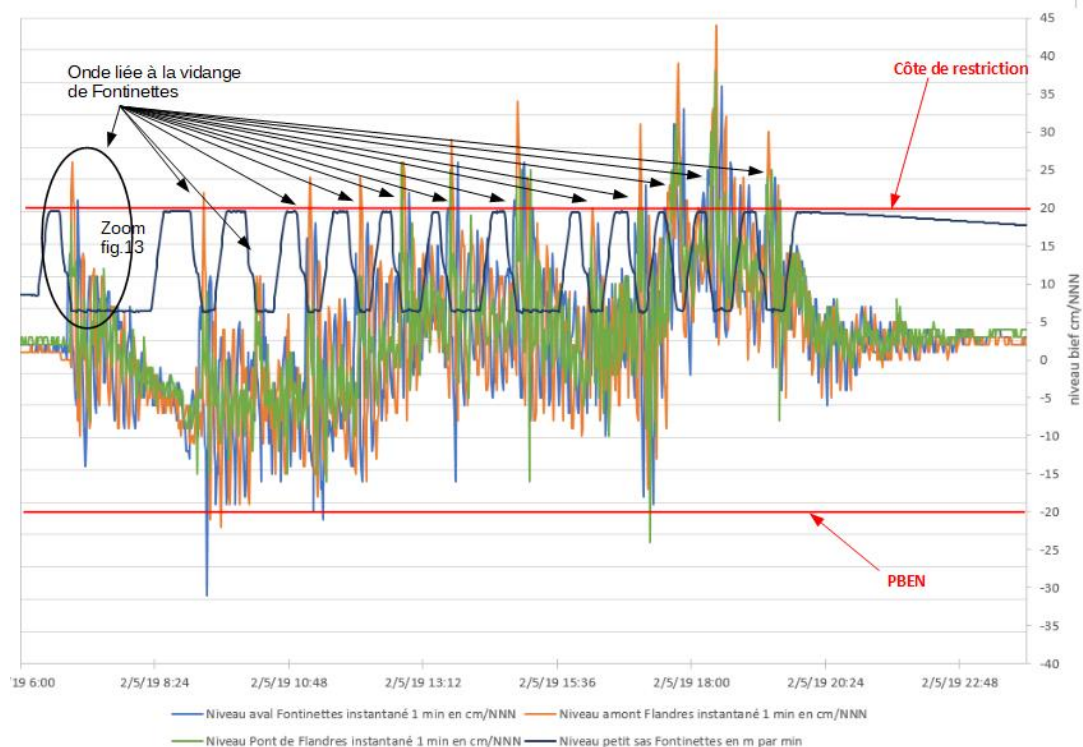


Figure 12 : Graphe des hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres juxtaposées aux bassinées de Fontinettes - 2mai 2019

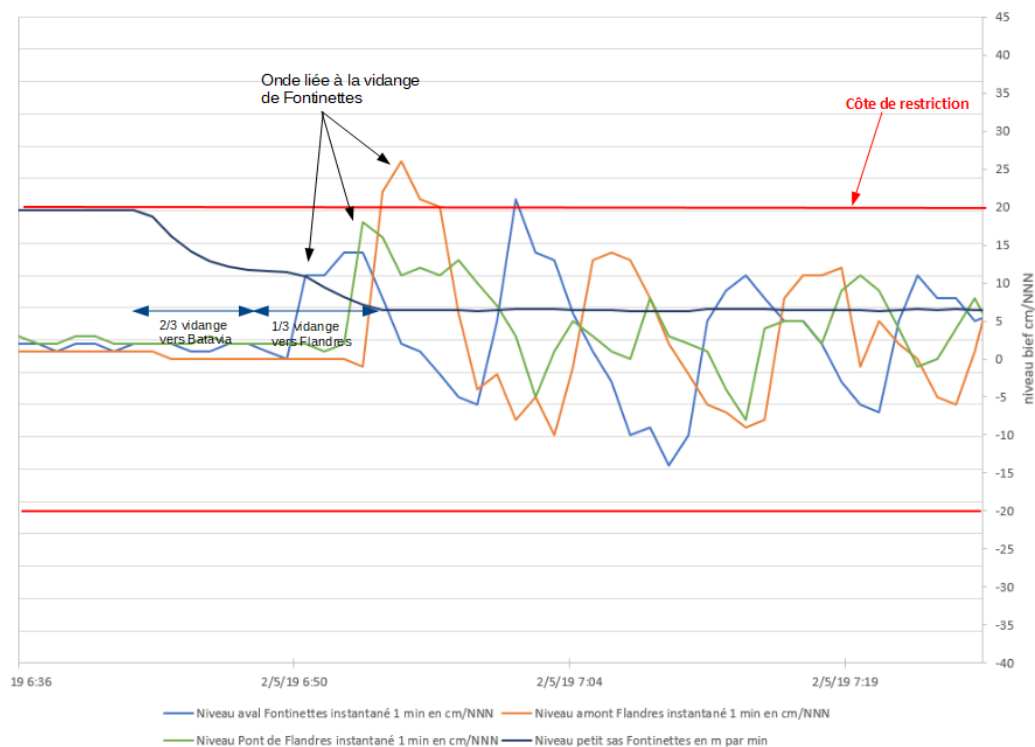


Figure 13 : Zoom sur une onde de hauteurs d'eau liée à la vidange de Fontinettes - 2mai 2019

NB : la limite de l'enregistrement à la minute est qu'il se peut que des niveaux très hauts ou très bas n'ont pu être enregistrés.

Lors de la vidange de Fontinettes, l'onde créée à l'aval de Fontinettes augmenterait jusqu'à se répercuter à l'amont de Flandres avec un intervalle de propagation entre les 2 sondes de 5 min de manière systématique. **La bassinée de Fontinettes aurait plus d'incidence à l'amont de Flandres qu'à l'aval de Fontinettes. A la vidange de Fontinettes, les dépassements de la cote de restriction seraient plus récurrents pour les niveaux en amont de Flandres (cf fig.12 pointes orange).**

En prenant en compte le niveau d'eau le plus pénalisant pour le dépassement de la cote de restriction pour la navigation soit le niveau au Pont de Flandres, la durée des dépassements (de l'ordre d'une dizaine de dépassements/j) serait d'1 min. (en se basant sur la journée du 02 mai 2019)

Les dépassements du PBEN, sur la journée du 2 mai 2019, pour les niveaux amont de Flandres et aval de Fontinettes (2 dépassements pour chacune des 2 sondes), durent chacun 1 min.

Conclusion : les dépassements de la cote de restriction (+20 cm/NNN) et du PBEN (-20cm/NNN) existent encore actuellement. La cote de restriction peut être dépassée plusieurs fois par jour, et seraient dues aux vidanges de l'écluse de Fontinettes.

B. Analyse des données du 1er mai 2019 au 6 mai 2019 sur la relation des niveaux du bief avec le fonctionnement de l'étang de Batavia

Afin de mieux appréhender la relation entre les niveaux d'eau du bief Fontinettes-Flandres et le fonctionnement de l'étang de Batavia, nous avons fait le choix de regarder au fil du temps sur une période choisie les niveaux de hauteurs d'eau de ce bief. A l'étude de ce comportement nous y associons une analyse des niveaux de l'étang de Batavia en lien avec les bassinées faites à l'écluse de Fontinettes.

Nous choisissons d'analyser le bief à partir du 1^{er} mai 2019 jusqu'au 6 mai. Cette période d'analyse nous permet d'avoir le comportement du bief pour:

- Des jours non navigués (le 1^{er} mai - jour férié servant de référence)
- Des jours peu navigué (le dimanche 5 mai)
- Des jours en semaine de navigation normale (le 4 mai)
- Des jours de forte navigation (le 2 mai, 3 mai et 6 mai)

Pour information, en moyenne sur l'année 2018 et sur mai 2019, le nombre de vidange de l'écluse de Fontinettes est de l'ordre de 9.

Nous faisons également le choix de prendre en compte dans nos analyses uniquement les hauteurs d'eau moyennées pour une lecture plus facile des graphes. En effet, nous considérons que si la situation du bief est défavorable pour des valeurs moyennées, elle le sera d'autant plus pour des valeurs prises de manière instantanée.

NB : A prendre en compte également, l'apparition de l'onde de niveau haut et bas (et donc la possibilité d'avoir ponctuellement des dépassements de la cote de restriction) à chaque vidange de Fontinettes qui n'est pas observable sur les données moyennées étudiées ci-après.

1) Analyse des hauteurs d'eau du bief et de l'étang de Batavia sur la journée du 1^{er} mai 2019 :

Le graphe fig.14 représente les données moyennées de hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres ainsi que le niveau de l'étang de Batavia au 1^{er} mai 2019.

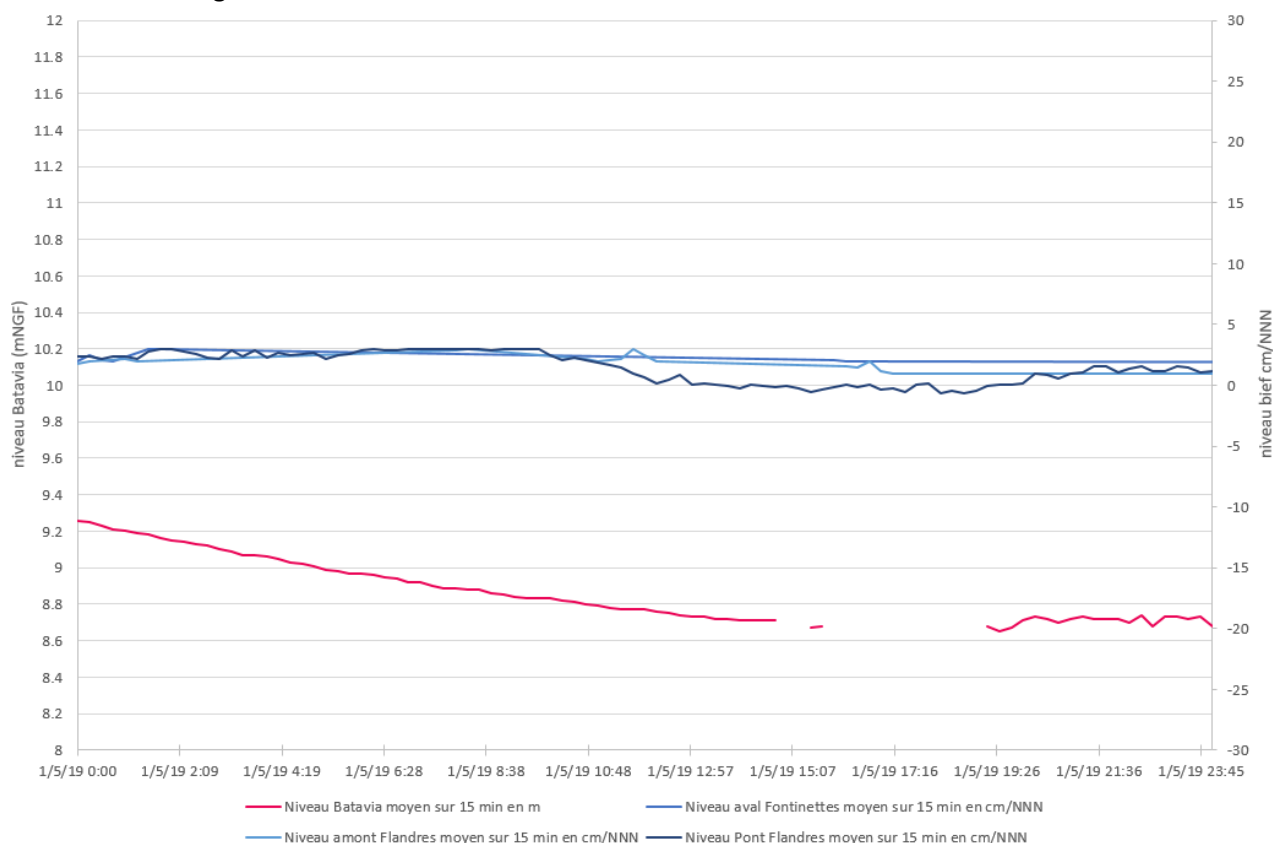


Figure 14 : Graphe des données moyennées des hauteurs d'eau du bief fontinettes-flandres et de l'étang de Batavia – 1^{er} mai 2019

Cette journée du 1^{er} mai 2019 est une journée sans navigation et donc sans bassinées. Nous constatons que le bief Fontinettes-Flandres est géré en moyenne à + 2cm /NNN (cf fig. 14) jusqu'à l'ouverture de la navigation le 2 mai.

Le bief Fontinettes-Flandres serait donc légèrement au-dessus de son NNN. Cette hypothèse sera à confirmer lors des autres jours étudiés.

Le niveau de l'étang de Batavia diminue tout au long de la journée pour arriver à un niveau très bas en fin de journée soit 8.66mNGF (niveau correspondant à un étang de Batavia quasi à sec).

Sans navigation, l'étang de Batavia se vide progressivement pour atteindre son niveau le plus bas.

2) Analyse des hauteurs d'eau du bief et de l'étang de Batavia sur la journée du 2 mai 2019 :

Le graphe fig.15 représente les données moyennées de hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres ainsi que le niveau de l'étang de Batavia sur la journée du 2 mai 2019.

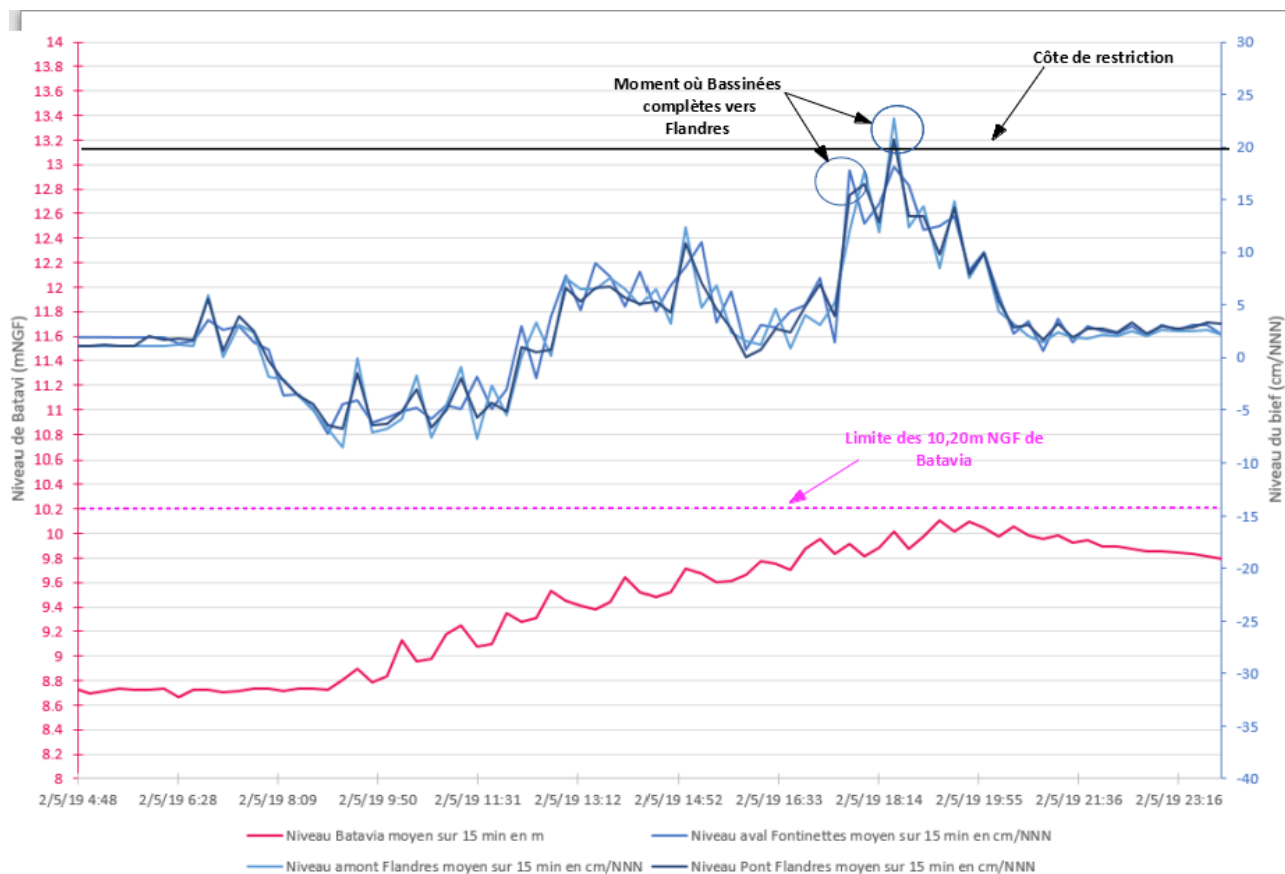


Figure 15 : Graphe des données moyennées des hauteurs d'eau du bief fontinettes-flandres et de l'étang de Batavia – 2 mai 2019

Pour cette journée du 2 mai, nous avons calculé 13 bassinées à l'écluse de Fontinettes, ce qui correspond à une journée de forte navigation.

Cette journée commence également à un bief géré à environ +2cm /NNN.

Nous constatons qu'en fin de journée de navigation, le niveau du bief augmente considérablement (fig.15).

Nous constatons que :

- Sur la base des analyses des bassinées de Fontinettes, il a été nécessaire de faire deux bassinées complètes vers le bief aval même si la limite seuil de capacité à 10.2NGF n'a pas toujours été atteinte
- Les bassinées complètes vers Flandres ont fait augmenter considérablement le niveau d'eau du bief Fontinettes-Flandres (fig. 15).

Pour la journée du 04 mai (pour une navigation moyenne soit 10 bassinées), nous remarquons le même comportement que celui du 02 mai 2019, lors de la bassinée complète vers le bief aval (atteinte de la limite seuil de l'étang de Batavia) le bief a également subi une forte augmentation de son niveau d'eau (fig. 16).

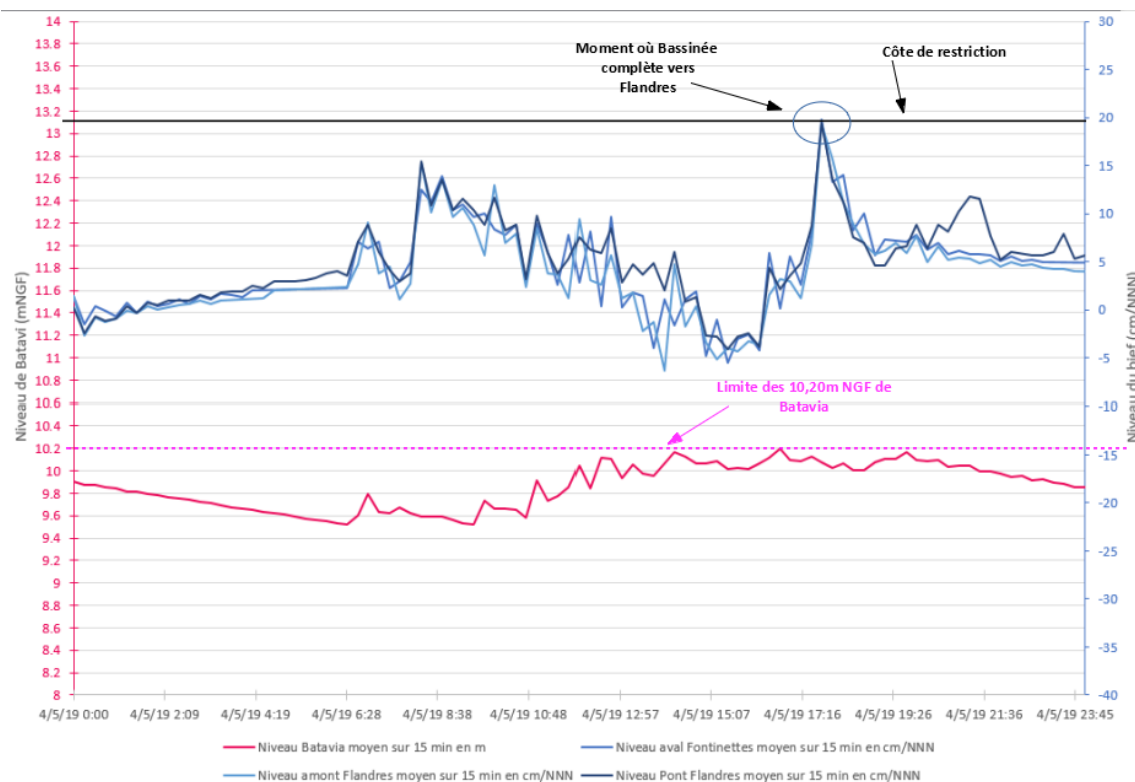


Figure 16 : Graphe des données moyennées des hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres et de l'étang de Batavia – 4 mai 2019

3) Analyse des hauteurs d'eau du bief et de l'étang de Batavia sur la journée du 3 mai 2019 :

Le graphe fig.17 représente les données moyennées de hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres ainsi que le niveau de l'étang de Batavia sur la journée du 3 mai 2019.

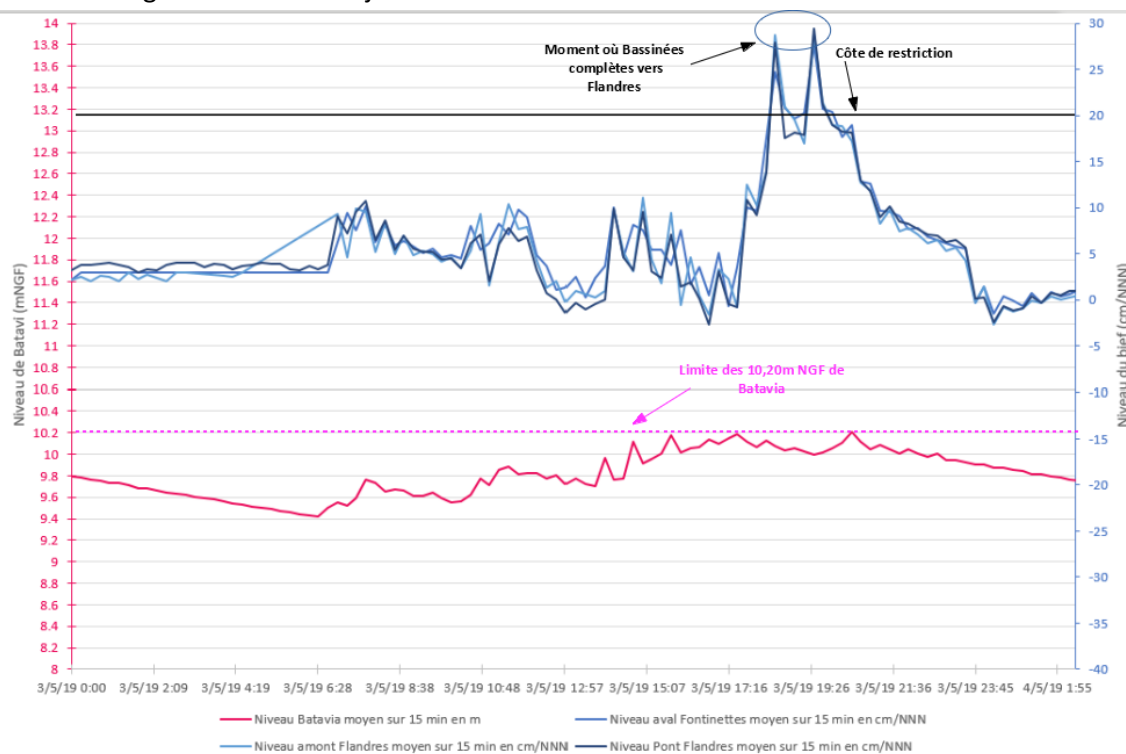


Figure 17 : Graphe des données moyennées des hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres et de l'étang de Batavia – 3 mai 2019

Pour la journée du 3 mai 2019, il a été comptabilisé 12 bassinées à l'écluse de Fontinettes. Comme le 2 mai, nous pouvons considérer que la journée du 3 mai est une journée de forte navigation.

Au 3 mai, comme pour les deux autres jours précédents, le bief commence sa journée à environ +2 cm/NNN.

Contrairement à la journée du 2 mai où le niveau de l'étang de Batavia commençait à un niveau bas de 8.66 m NGF, au 3 mai le niveau de l'étang est à un niveau beaucoup plus haut soit 9.42 m NGF (niveau correspondant à +74 cm par rapport à la veille et à la moitié du remplissage de l'étang de Batavia).

Nous constatons qu'en fin de journée de navigation :

- Sur la base des analyses des bassinées de Fontinettes, il a été nécessaire de faire deux bassinées complètes vers le bief aval avec un étang de Batavia qui atteignait sa limite seuil de capacité à 10.2NGF
- Qu'au moment des bassinées complètes vers Flandres, le niveau du bief a dépassé amplement la cote de restriction (fig. 17) (en valeurs moyennes sur 15 mn).
- En prenant en compte le niveau d'eau le plus pénalisant pour le dépassement de la cote de restriction (niveau du Pont des Flandres) au moment où l'étang de Batavia ne joue pas son rôle, les 2 dépassements observés sur le graphe durent en moyenne 42 min (sur la base des valeurs instantanées sur une minute)

4) Analyse des hauteurs d'eau du bief et de l'étang de Batavia sur la journée du 5 mai 2019 :

Le graphe fig.18 représente les données moyennées de hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres ainsi que le niveau de l'étang de Batavia sur la journée du 5 mai 2019.

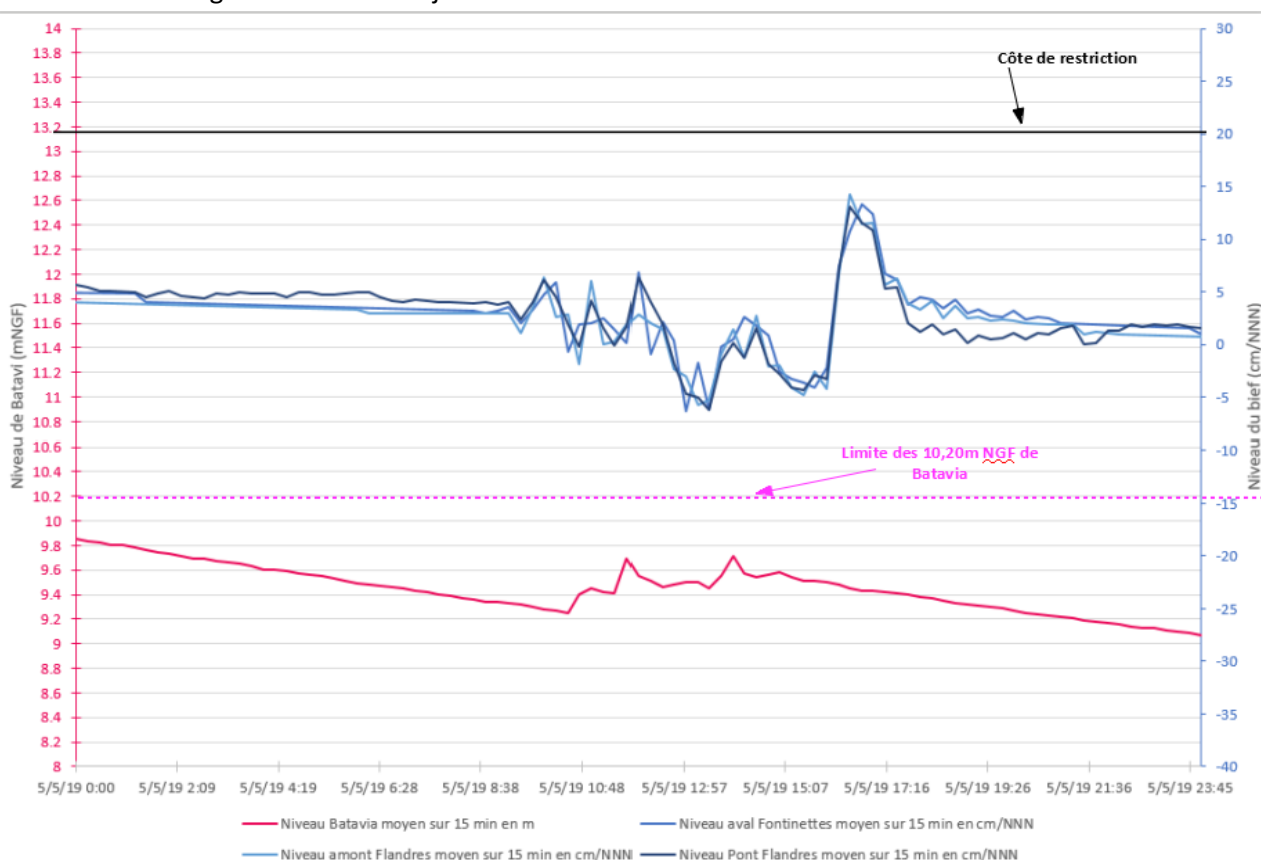


Figure 18 : Graphe des données moyennées des hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres et de l'étang de Batavia – 5 mai 2019

Pour la journée du 5 mai 2019, il a été comptabilisé 4 bassinées à l'écluse de Fontinettes. Cette baisse de la navigation par rapport aux jours précédents est dû au fait que le 5 mai 2019 était un dimanche.

De plus la première bassinée utilisant la décharge vers l'étang a été faite plus tardivement dans la matinée vers 10h30, ce qui a permis à l'étang de Batavia de commencer la journée à la cote de 9.25m NGF (contre 9.51 m NGF la veille).

Nous constatons que lorsqu'il a peu de navigation sur une journée, le bief ne poserait aucun problème de gestion (en valeurs moyennes sur 15 mn).

5) Analyse des hauteurs d'eau du bief et de l'étang de Batavia sur la journée du 6 mai 2019 :

Le graphe fig.19 représente les données moyennées de hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres ainsi que le niveau de l'étang de Batavia sur la journée du 6 mai 2019.

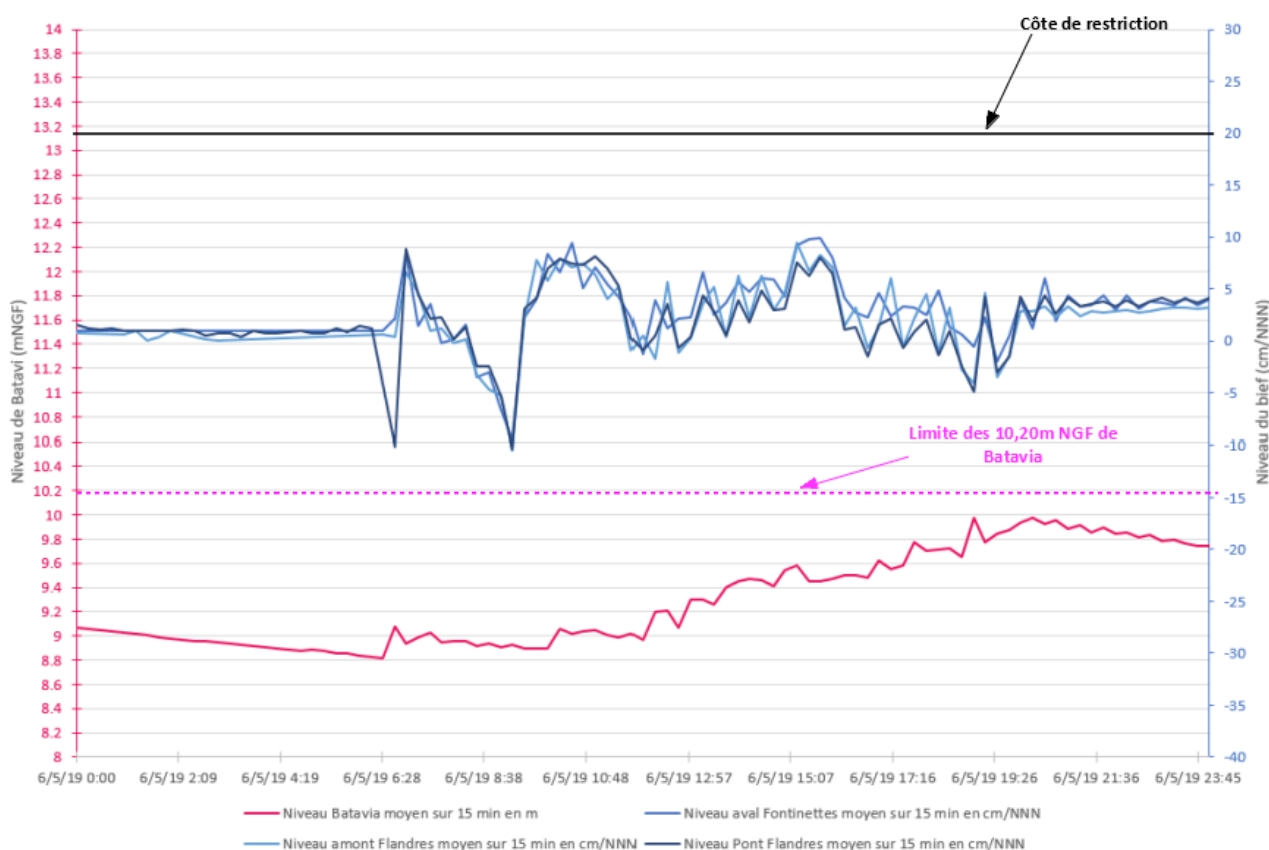


Figure 19 : Graphe des données moyennées des hauteurs d'eau du bief Fontinettes-Flandres et de l'étang de Batavia – 6 mai 2019

Pour la journée du 6 mai 2019, il a été comptabilisé 11 bassinées à l'écluse de Fontinettes. (Journée de forte navigation).

L'étang de Batavia a commencé la journée du 6 mai à 8.82 m NGF (soit 69 cm en dessous de la cote du début de journée du 04 mai).

En commençant la journée à un niveau très bas, l'étang de Batavia a joué son rôle de décharge de bassinées sans atteindre le seuil de 10,20 m NGF et sans que le bief Fontinettes-Flandres n'ait à subir une augmentation brutale de son niveau d'eau (en valeurs moyennes sur 15 mn).

CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS D'ACTIONS

Sur une analyse des données instantanées à la minute des niveaux d'eau du bief Fontinettes-Flandres, nous avons pu constater que le bief Fontinettes-Flandres a actuellement toujours des problèmes de niveaux d'eau anormaux pouvant dépasser la cote de restriction (de + 20 cm/NNN) et le PBEN (– 20 cm/NNN).

Les dépassements de la cote de restriction et du PBEN seraient dus à la vidange de l'écluse de Fontinettes. Les durées de dépassement de la cote de restriction et du PBEN sont d'1 minute (pour la journée du 2 mai 2019, sur la base de valeurs instantanées sur 1 min). Mais la fréquence des dépassements de la cote de restriction est amplement plus importante que celle du PBEN.

A ces oscillations très ponctuelles viennent s'ajouter de plus importantes augmentations de niveau et de durée de dépassement de la cote de restriction (42 mn le 03 mai) en lien avec la réalisation de bassinées complètes à Fontinettes sans utilisation de l'étang de Batavia.

Sur une analyse des données moyennées des niveaux d'eau du bief Fontinettes-Flandres et de l'étang de Batavia, nous avons pu établir que :

- le bief Fontinettes-Flandres est géré à + 2cm environ par rapport au NNN
- lorsque Batavia joue son rôle de décharge de bassinées de Fontinettes, le bief ne subirait pas d'augmentation anormale de niveau d'eau (en valeurs moyennes sur 15 mn).

Les actions suivantes à mener seraient de :

Action 1 : mener une étude complémentaire sur les moyens structurels à mettre en place pour résoudre ce problème de gestion du niveau du bief. Action DIMOA

Action 2 : à court terme, étudier différentes possibilités de gérer au mieux le bief Fontinettes-Flandres pour limiter les niveaux anormaux avec les ouvrages existants. Ces possibilités pourraient être :

- D'étudier la possibilité de réaliser, de manière plus fréquente, des fausses bassinées à Flandres avec une éventuelle gestion des niveaux d'eau plus basse que le NNN actuel à +2cm (à noter que cette solution restant un mode de gestion dégradé du bief) – action UTI/ e-SAGE PGE
- D'étudier la faisabilité d'une nouvelle modification des paliers d'ouverture des vannes d'aqueducs aval de Fontinettes – action UTI/ e-SAGE PSA