

Etude de l'influence d'un abaissement préventif des barrages de l'Oise sur les niveaux de crue



© VNF

Barrage de Pontoise

Décembre 2011

Sommaire

Introduction	3
I. Généralités hydrauliques	4
A. L'écoulement dans une rivière	4
B. L'écoulement en crue	4
C. L'écoulement dans un bief	5
II. Fonctionnement manuel des barrages de l'Oise	7
A. Principe du fonctionnement manuel	7
B. Analyse des niveaux relevés pour la crue de mars 2001	8
III. Pré requis pour la simulation	14
A. Le modèle HydraRiv	14
B. Fonctionnement automatique des barrages	17
C. Principe de l'abaissement préventif	18
D. Caractéristiques des barrages de l'Oise	20
IV. La crue de mars 2001	21
A. Le barrage de Venette	21
B. Le barrage de Pontoise	25
C. Volume de débordement	28
D. Niveaux d'eau maximum	32
E. La vidange partielle	33
F. Abaissement préventif plus important	35
V. Sensibilité à une crue de la Seine	40
A. Condition limite aval	40
B. Condition limite aval maximisée	41
C. Sensibilité de l'abaissement préventif	42
VI. La crue de février 1995	46
A. Le barrage de Venette	46
B. Le barrage de Pontoise	49
C. Volume de débordement	51
D. Niveaux d'eau maximum	53
E. La vidange partielle	54
Conclusion	55

Introduction

L'Entente Oise-Aisne, institution interdépartementale pour la lutte contre les inondations et la préservation de l'environnement, a été saisie par l'Union Oise 95 pour réaliser une étude afin d'apprécier l'influence d'un abaissement préventif des barrages de l'Oise entre Compiègne et la confluence avec la Seine en cas d'annonce de crue.

Des simulations hydrauliques ont été effectuées à l'aide du logiciel HydraRiv, développé par le bureau d'étude Hydratec. Le modèle utilisé est celui de l'Oise et de l'Aisne pour les crues de février 1995 et mars 2001.

Les barrages considérés sont : Venette, Verberie, Sarron, Creil, Boran, Isle-Adam et Pontoise. Ces ouvrages servent à maintenir un niveau constant en amont afin de permettre la navigation. Ils sont exploités par Voies Navigables de France, établissement public placé sous la tutelle du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

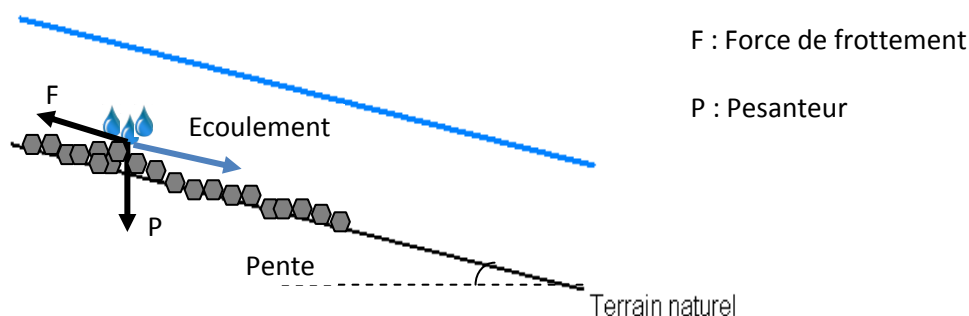
Dans un premier temps, quelques principes hydrauliques aidant à la compréhension des phénomènes se produisant dans une rivière en crue sont présentés. Puis, les valeurs relevées par les barragistes lors de la crue de mars 2001 sont commentées et, enfin, une comparaison est effectuée entre le mode de gestion actuel des barrages de l'Oise et un abaissement préventif lors d'une annonce de crue.

I. Généralités hydrauliques

A. L'écoulement dans une rivière

L'écoulement dans une rivière est caractérisé par deux types de forces contraires :

- la pesanteur qui entraîne l'eau vers le bas et qui produit un écoulement en présence d'une pente non nulle,
- les forces de frottement entre l'eau et les matériaux constitutifs du lit de la rivière qui ont tendance à retenir l'écoulement.

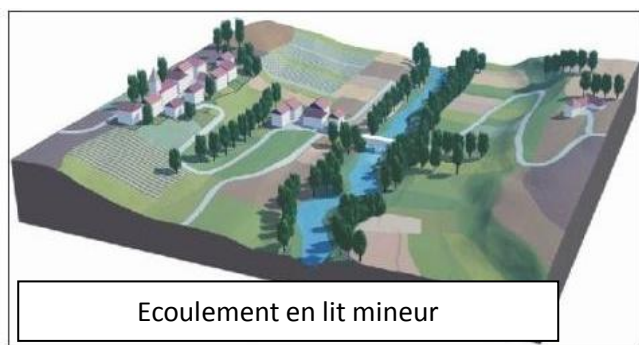


La pente et les forces de frottement déterminent les conditions dans lesquelles le débit va passer. Le débit passe toujours, ce qui est inconnu c'est le niveau d'eau qui va lui permettre de passer.

Par exemple, dès qu'un obstacle est présent dans le lit mineur, le niveau d'eau augmente localement pour que le débit puisse passer.

B. L'écoulement en crue

Une crue correspond à un volume d'eau qui transite de l'amont vers l'aval d'une rivière pendant un intervalle de temps donné. La vitesse de l'écoulement dépend de la pente du lit de la rivière et des matériaux constitutifs du fond du lit.



En crue, au-delà d'un certain débit, la rivière déborde et s'écoule alors dans son lit majeur.

L'occupation du sol dans le lit majeur freinent l'écoulement, on dit que la crue est laminée : l'écoulement est alors ralenti mais la crue en débordant inonde les terrains avoisinants et, parfois, des zones habitées.

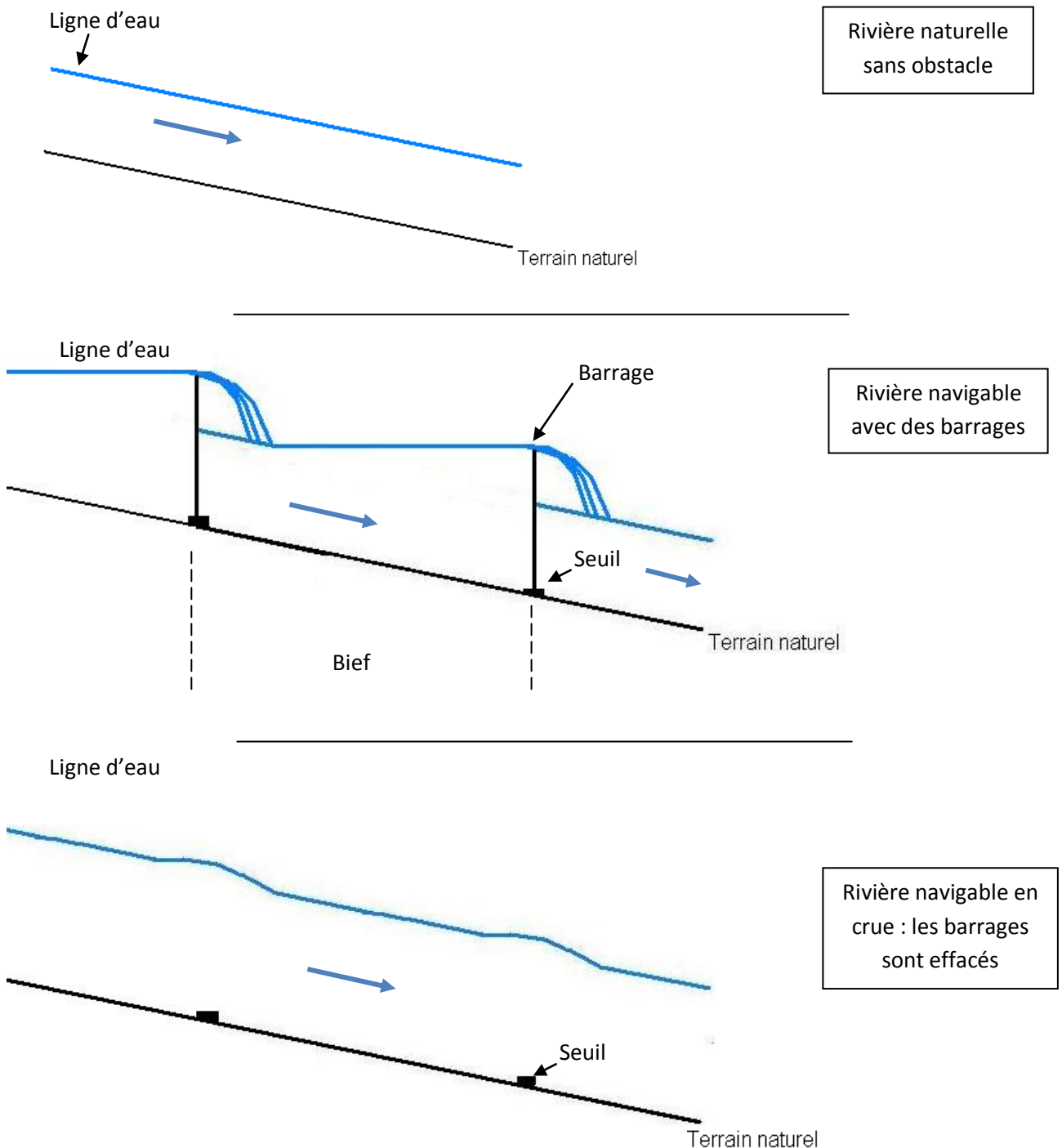
C. L'écoulement dans un bief

Dans cette étude, un bief est défini comme étant un tronçon de rivière canalisée compris entre deux écluses (ou deux barrages).

Comme dans une rivière naturelle, la pente du fond d'un bief contribue à la vitesse de l'écoulement. La présence de barrages n'annule pas cette pente donc même si la différence du niveau de l'eau dans un même bief n'est que de quelques centimètres, l'écoulement est toujours présent.

Les barrages de l'Oise laissent passer le débit qui arrive de l'amont par déversement au-dessus des vannes ou des clapets.

Les schémas ci-dessous illustrent le fait que la présence de barrages modifie la pente de la ligne d'eau mais pas celle du fond d'un bief.



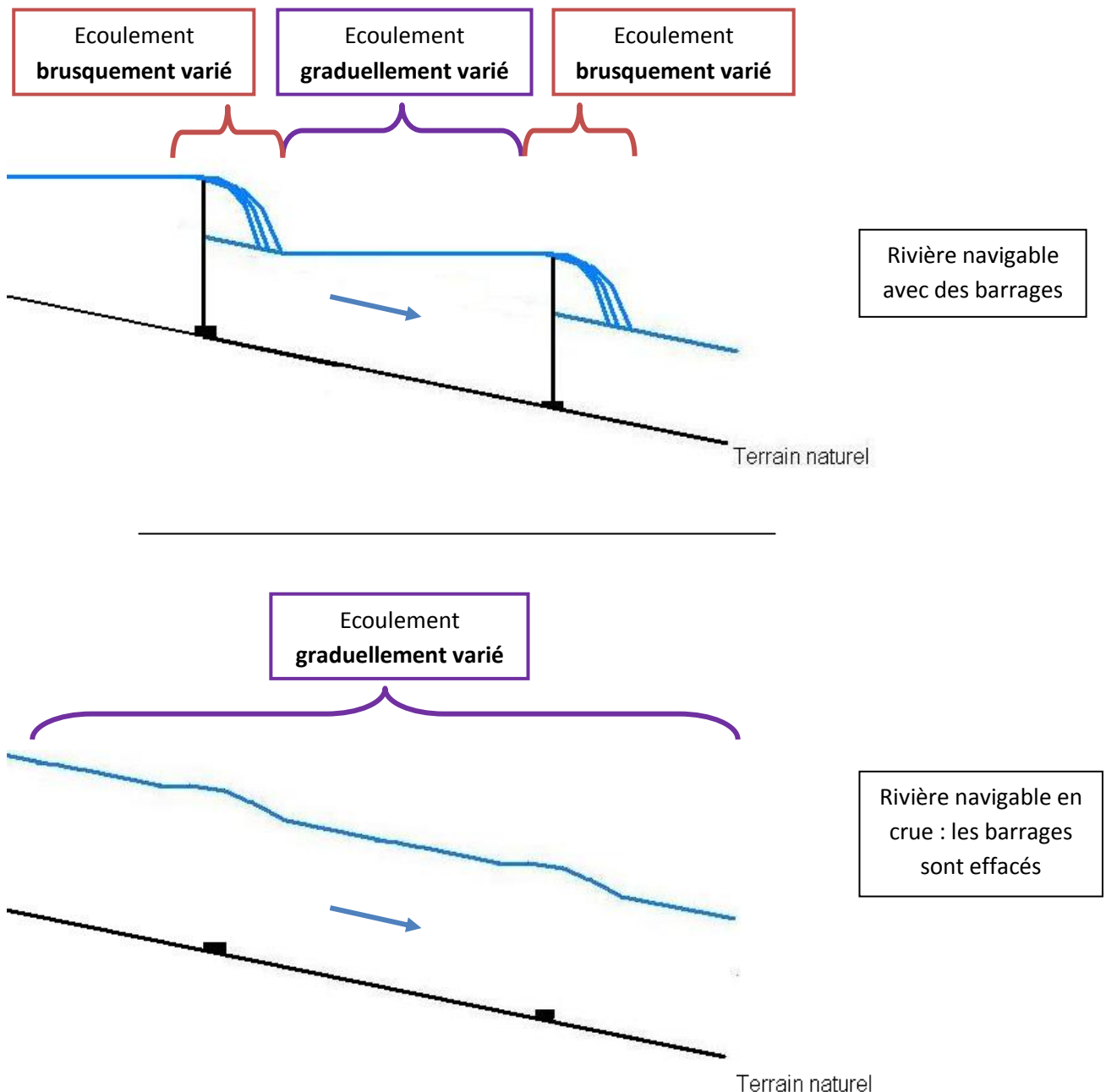
Les schémas ci-dessous présentent deux types d'écoulement présents dans une rivière navigable.

Le niveau d'eau en amont de chaque barrage est régi par une loi qui tient compte du fait que les vannes constituent un obstacle à l'écoulement.

Au niveau des barrages, le régime d'écoulement est dit brusquement varié : le niveau d'eau varie brusquement d'une section à l'autre de la rivière ; les barrages créent une chute d'eau.

En l'absence de barrages ou lorsque les vannes sont toutes retirées, le niveau d'eau varie progressivement d'une section à l'autre, le régime est dit graduellement varié.

Lorsqu'on retire les obstacles que sont les vannes, l'écoulement qui était auparavant brusquement varié au niveau du barrage va devenir graduellement varié. Le passage d'un régime d'écoulement à l'autre n'est pas instantané.



II. Fonctionnement manuel des barrages de l'Oise

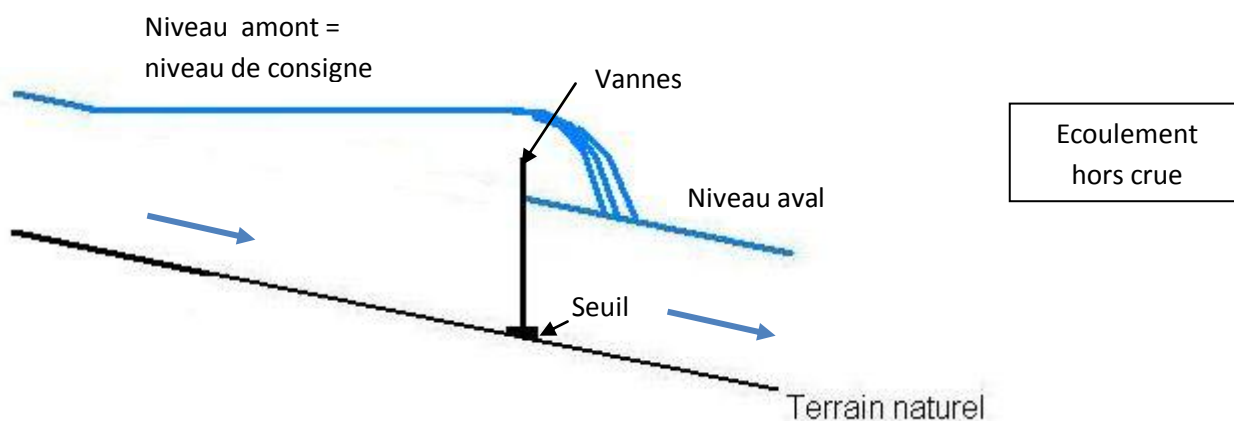
A. Principe du fonctionnement manuel

Les barrages de l'Oise permettent de maintenir un certain niveau d'eau dans les biefs. Ce niveau, qui permet la navigation, est appelé niveau de consigne.

Avant le lancement du programme de modernisation des 7 barrages de l'Oise entre Venette et Pontoise par VNF, les vannes des barrages étaient manœuvrées manuellement pour maintenir le niveau de consigne. Le fonctionnement manuel de ces barrages est décrit ci-dessous.

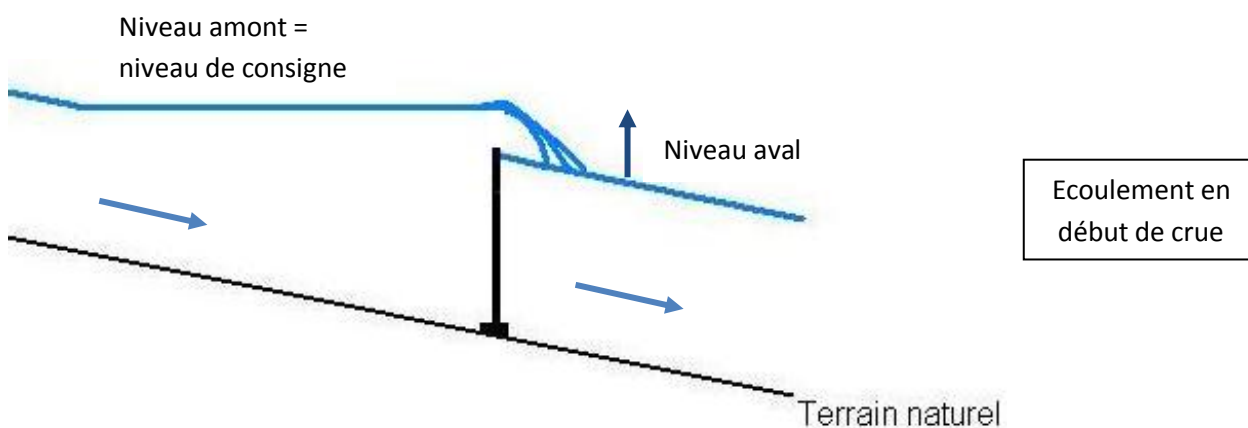
Hors crue

Le niveau aval est inférieur au niveau de consigne amont. Le niveau amont est régulé par manœuvre des vannes afin d'être égal au niveau de consigne. Un niveau amont supérieur d'environ 30 à 50 cm (suivant les barrages) au-dessus du niveau de consigne est autorisé.



Début de crue

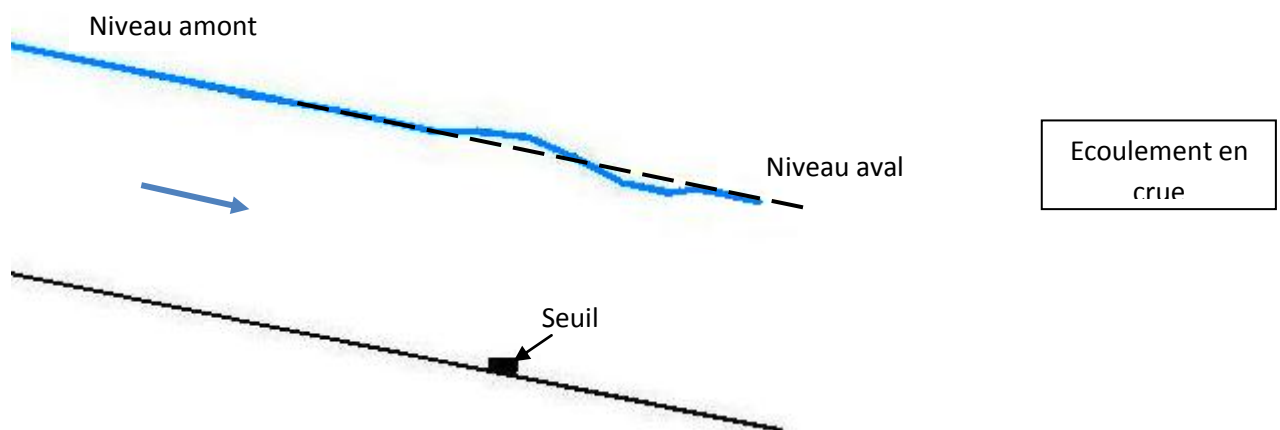
En début de crue, les vannes sont retirées petit à petit afin de conserver le niveau de consigne à l'amont. Comme le débit qui arrive de l'amont augmente, il est nécessaire de retirer les obstacles pour conserver le niveau de consigne amont.



En crue

Dès que le niveau aval est égal au niveau de consigne amont, le barrage est effacé : toutes les vannes sont retirées. Ainsi toute augmentation du débit entraîne une augmentation du niveau d'eau.

Il subsiste localement un écart entre les niveaux amont et aval dû à la présence de certains éléments de génie civil (seuil, pile de pont, heurtoirs,...) qui constituent le barrage. En effet, tout obstacle à l'écoulement (pont, barrage, seuil, ...), appelé aussi singularité hydraulique, implique des pertes de pression que l'eau doit compenser pour permettre au débit de passer. Cela se traduit par une augmentation du niveau amont et, très localement, on observe une diminution du niveau aval. Ces pertes de pression sont également appelées pertes de charge.



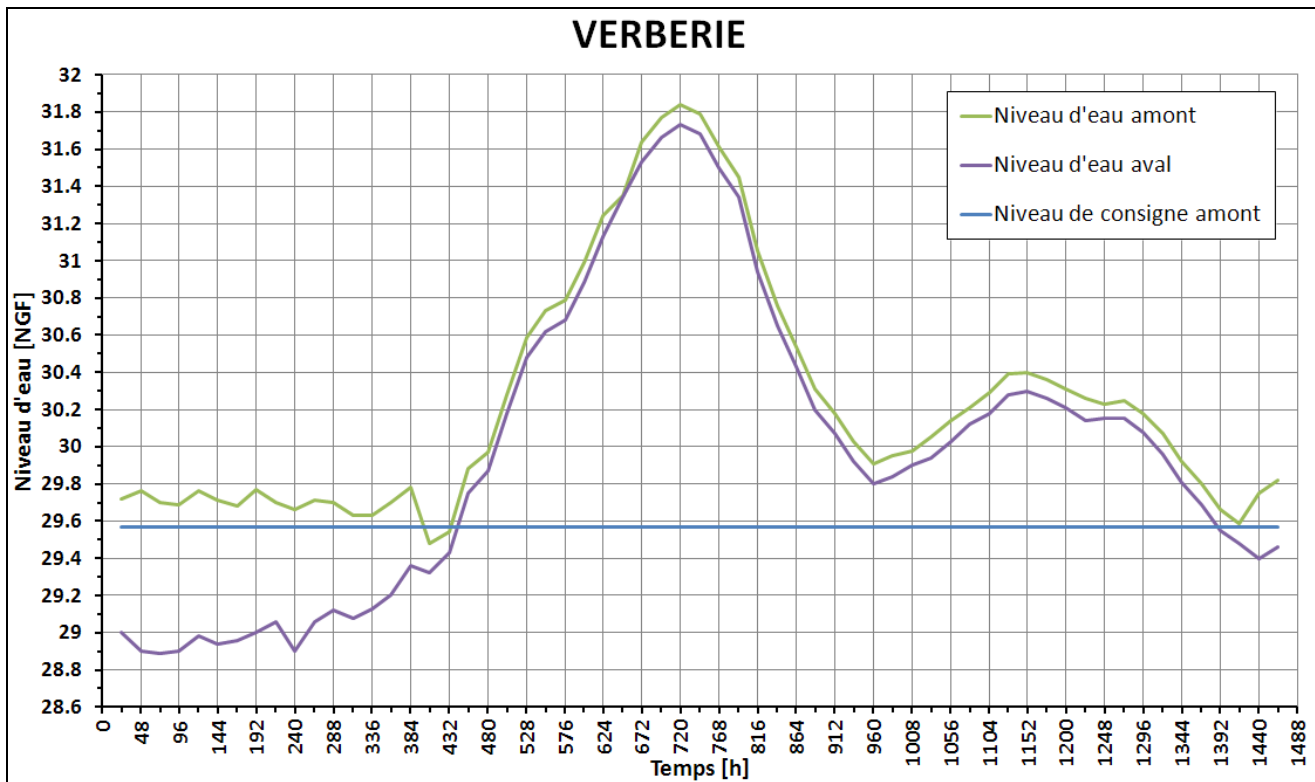
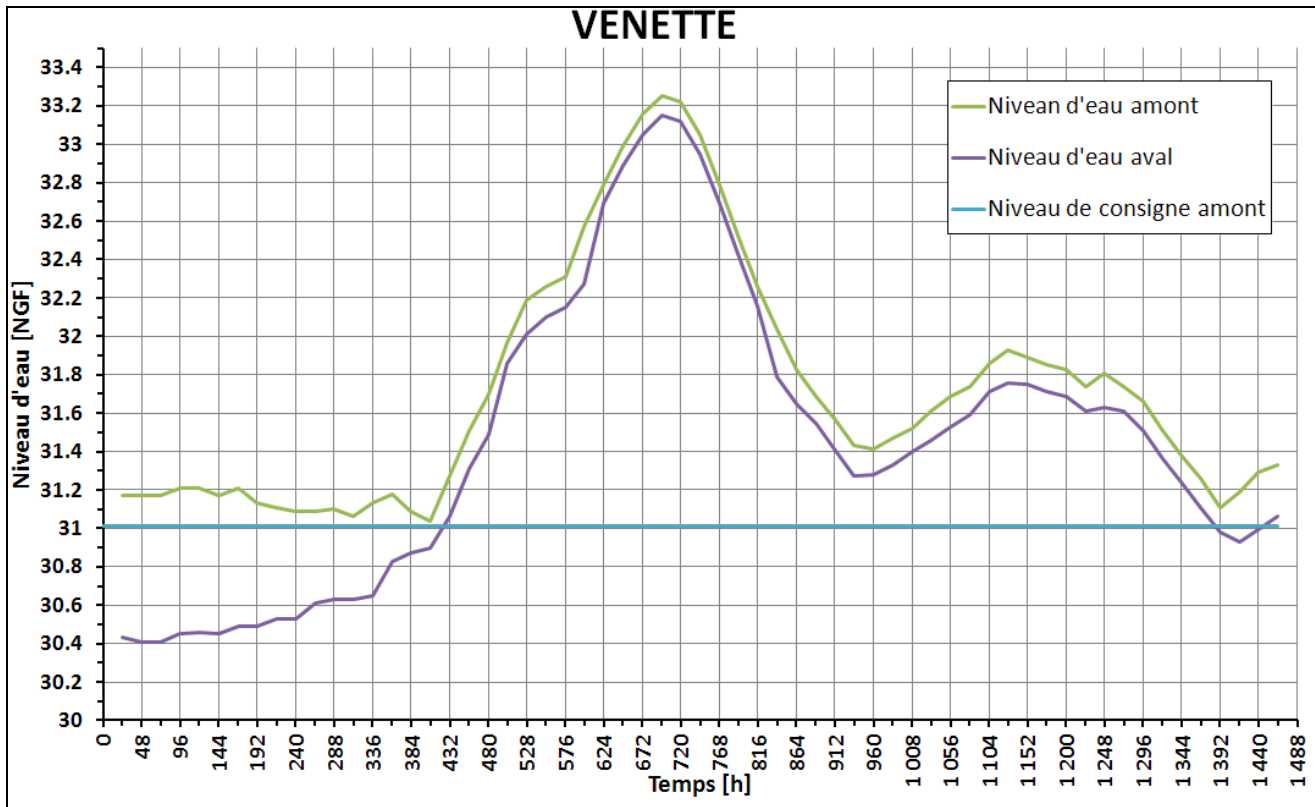
B. Analyse des niveaux relevés pour la crue de mars 2001

La crue de mars 2001 a été choisie pour mettre en application le principe de l'abaissement préventif puisqu'il s'agit d'une crue intermédiaire (de période de retour comprise entre 20 et 40 ans) qui a engendré des débordements importants, notamment dans les départements de l'Oise (60) et du Val-d'Oise (95).

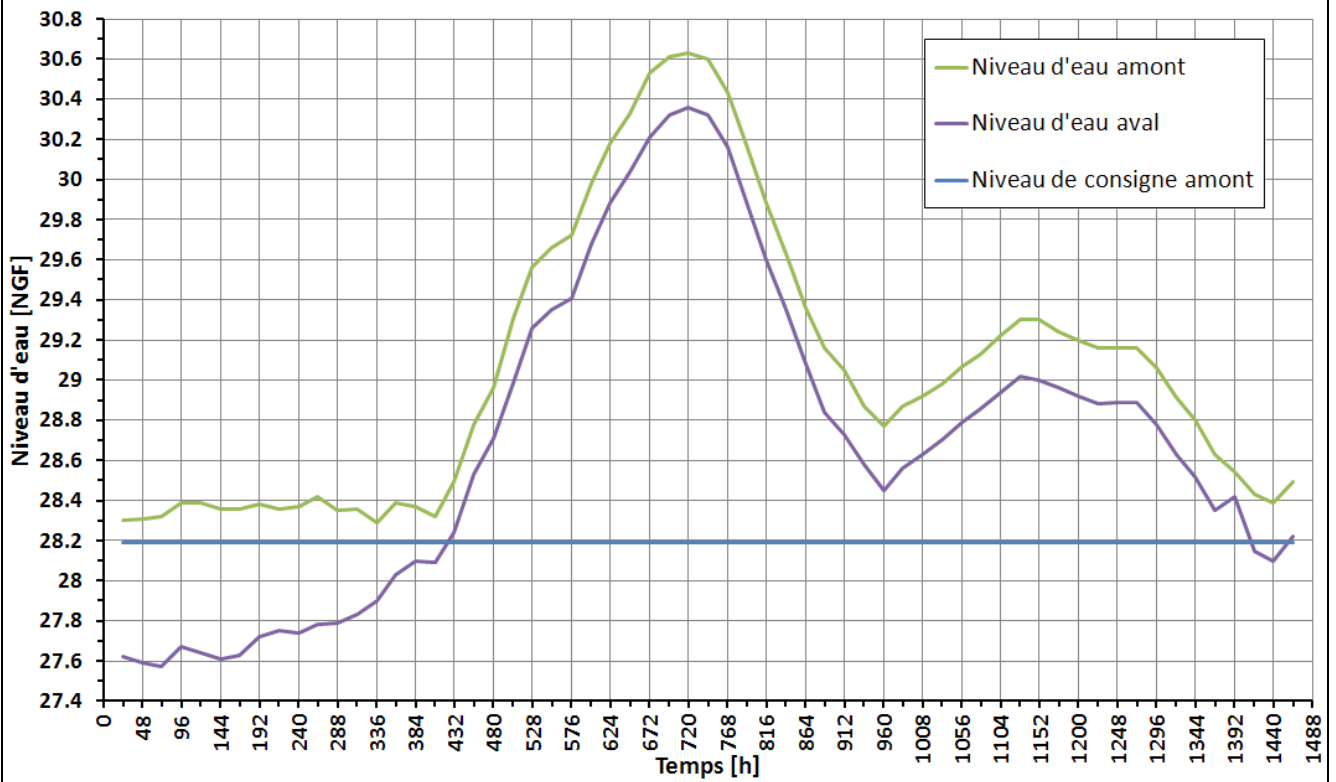
Le début de la montée des eaux s'est produit autour du 17 mars 2001 et le maximum de la crue a été atteint le 30 mars.

Lors de cette crue, les niveaux amont et aval des barrages étaient relevés chaque jour par les barragistes, qui avaient également en charge la manœuvre manuelle des vannes. Les niveaux relevés par les barragistes ont été fournis par VNF.

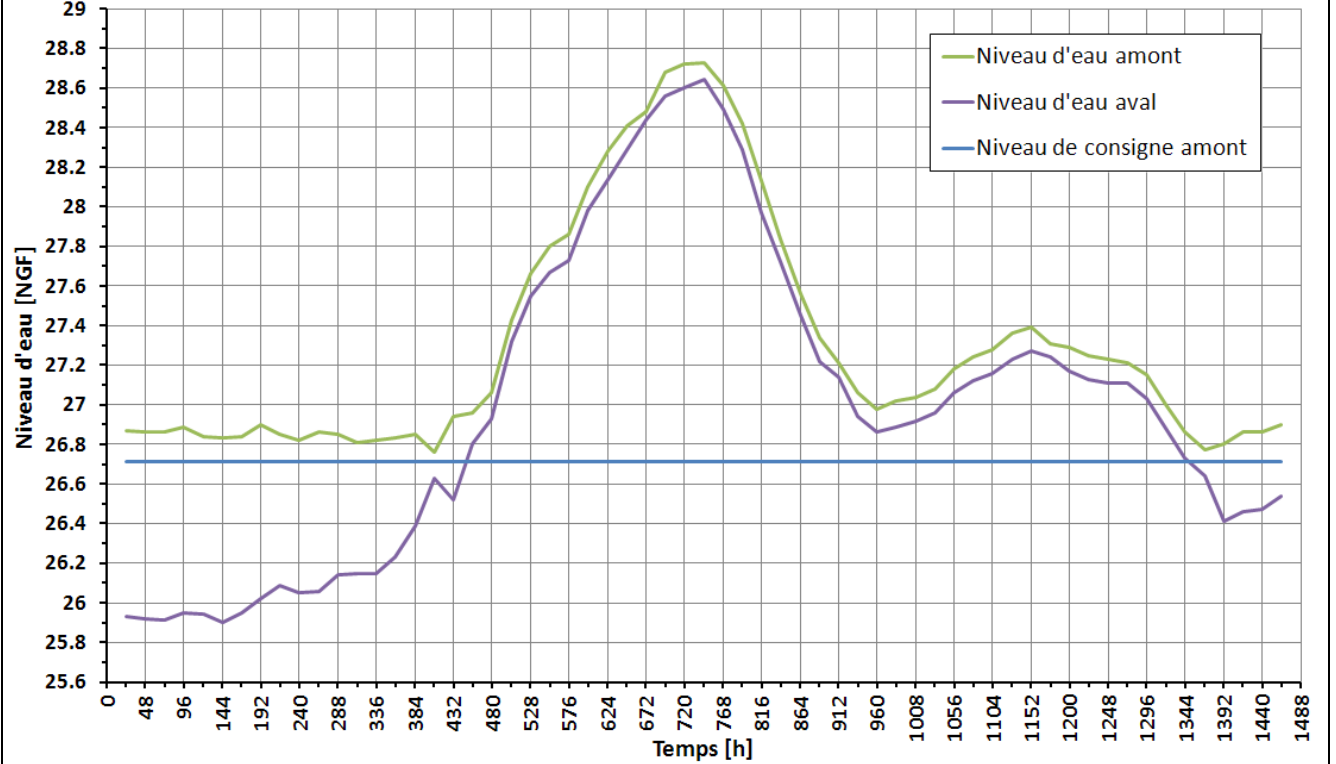
Les graphiques suivants montrent les niveaux d'eau amont et aval pour chaque barrage de l'Oise pour la période du 28 février 2001 au 30 avril 2001. Le temps 0 correspond au 28 février 2001. Les niveaux d'eau sont donnés en NGF - IGN 69.



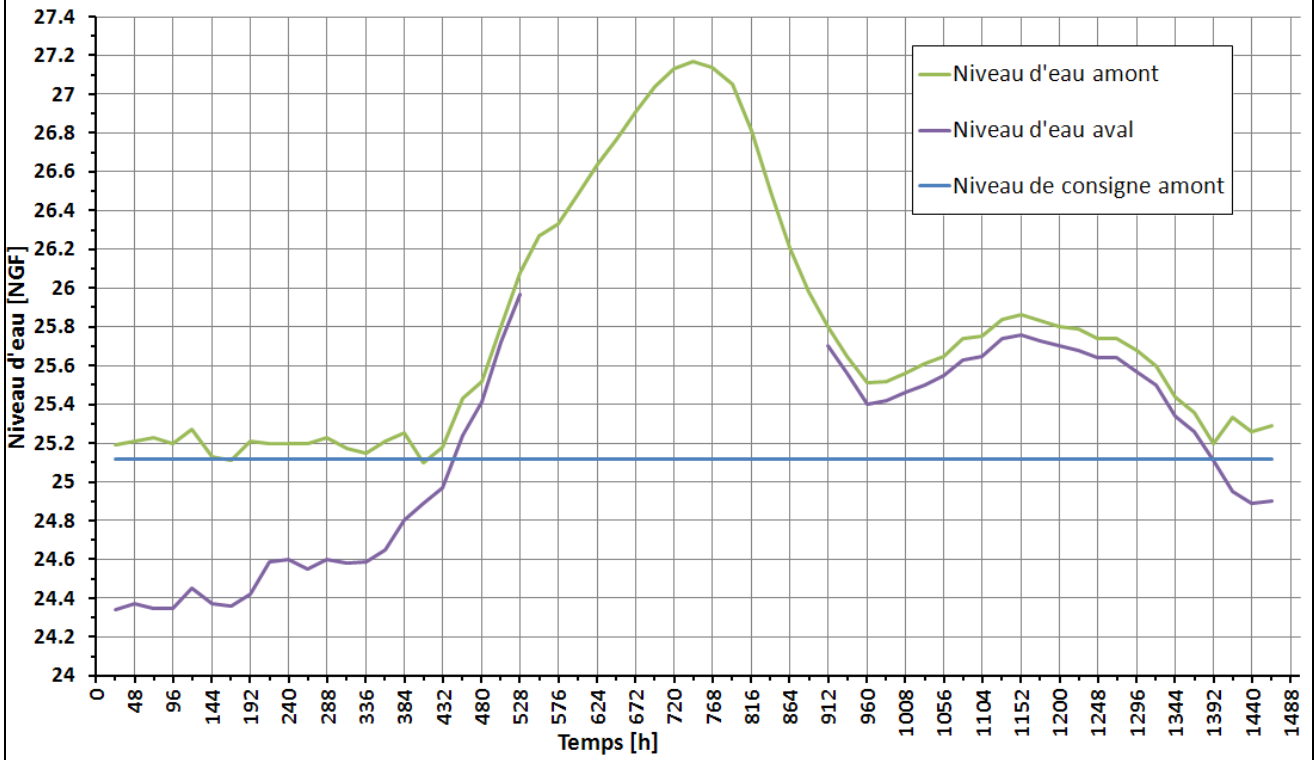
SARRON



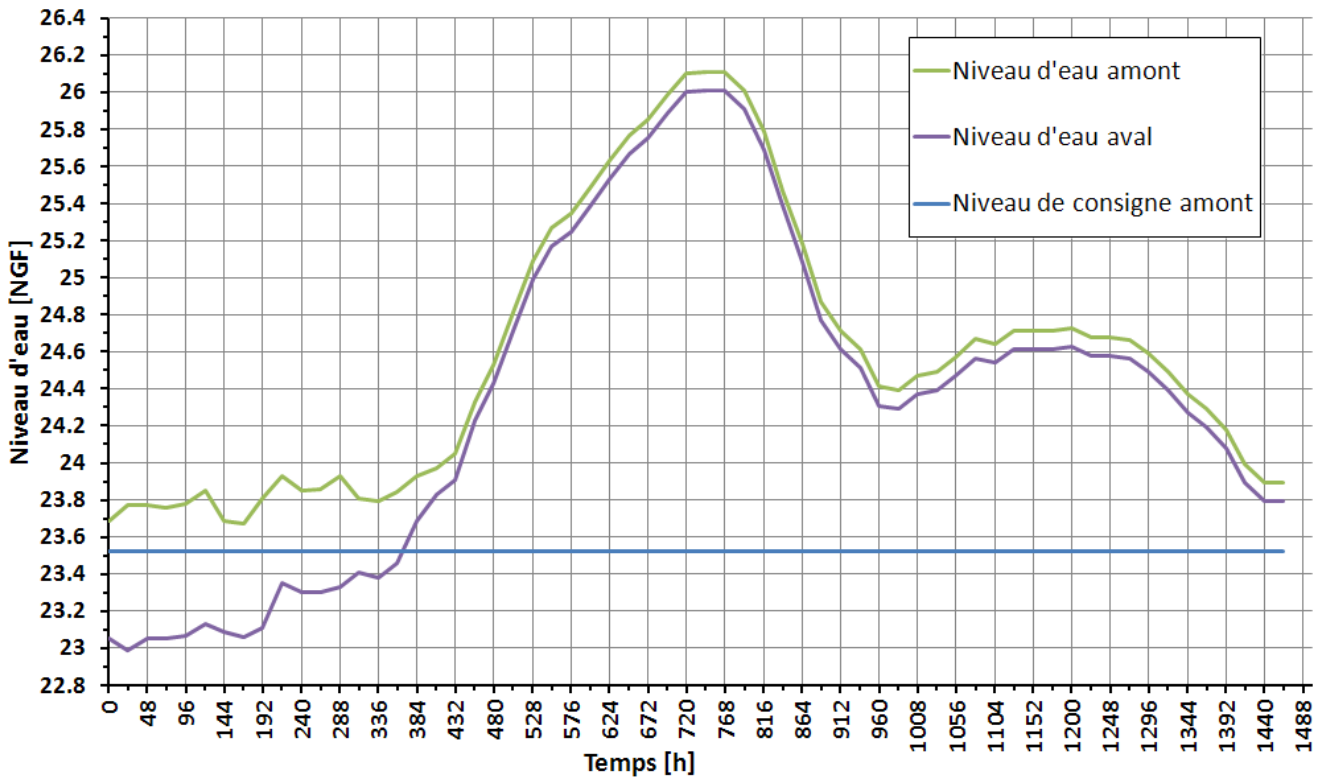
CREIL

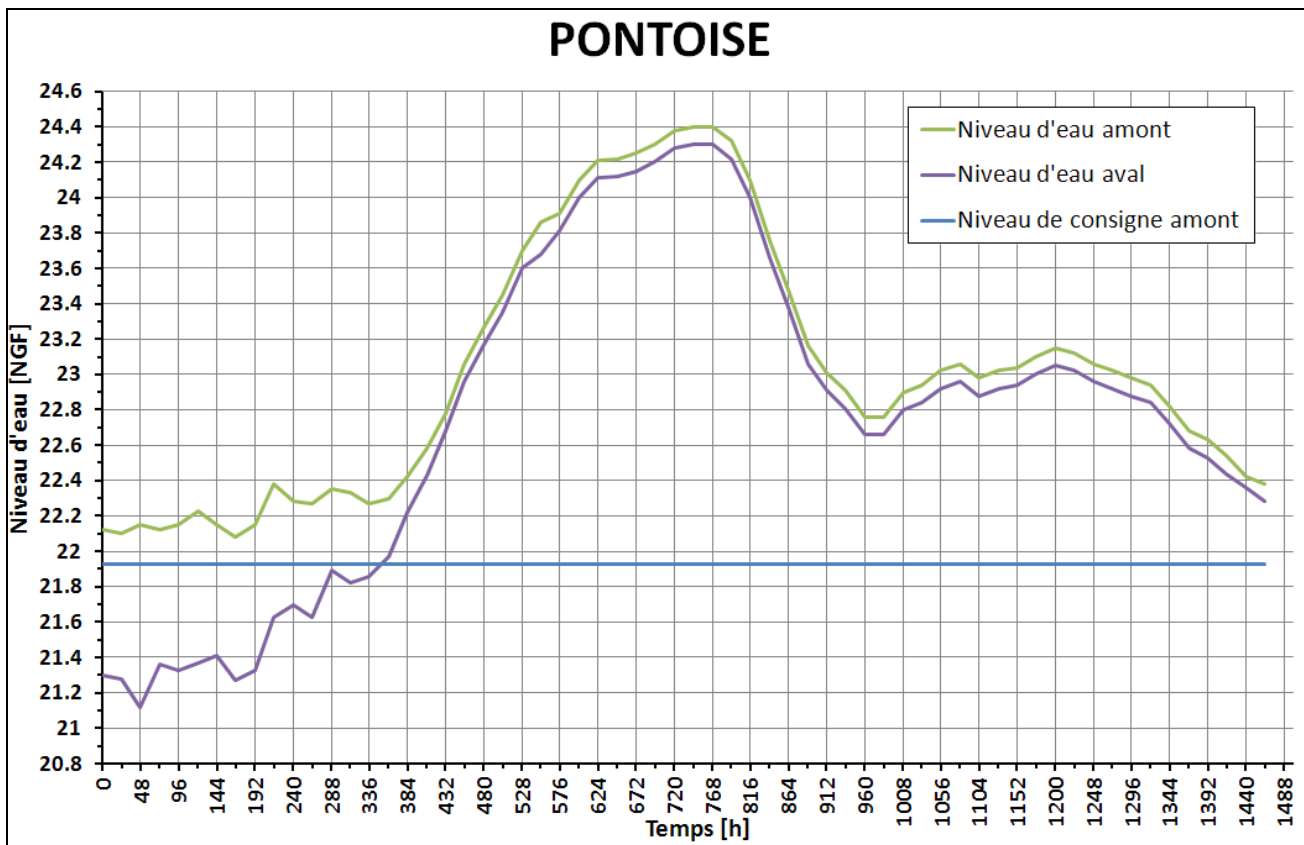


BORAN



ISLE ADAM





Le tableau ci-dessous récapitule les niveaux d'eau relevés à l'amont immédiat des barrages au 1^{er} mars 2001 (soit environ 2 semaines avant le début de la crue) et 1 jour avant le début de la crue. Ces niveaux sont comparés avec le niveau de consigne amont pour chaque barrage.

Ces valeurs ont été relevées par les barragistes et sont soumises à l'imprécision de mesures due aux mauvaises conditions climatiques. Ainsi ces valeurs ne peuvent être considérées comme fiables qu'à quelques centimètres près.

	Niveau de consigne amont [NGF]	Situation au 1 ^{er} mars 2001		Situation 1 jour avant le début de la crue	
		Niveau amont [NGF]	Ecart au niveau de consigne [m]	Niveau amont [NGF]	Ecart au niveau de consigne [m]
Venette	31,01	31,21	0,20	31,04	0,3
Verberie	29,57	29,72	0,15	29,48	-0,09
Sarron	28,19	28,30	0,11	28,32	0,13
Creil	26,71	26,85	0,14	26,76	0,05
Boran	25,12	25,19	0,07	25,10	-0,02
Isle-Adam	23,52	23,77	0,25	23,79	0,27
Pontoise	21,93	22,10	0,17	22,27	0,34

On remarque que les cotes relevées au 1^{er} mars 2001, étaient supérieures aux cotes de consignes amont d'au plus 25 cm, ce qui reste dans la plage de variation autorisée (jusqu'à 50 cm au-dessus de la cote de consigne).

Le niveau amont a été maintenu constant avant la montée de la crue pour les barrages de Venette, Verberie, Sarron, Creil et Boran.

On constate que les niveaux aval des barrages de l'Isle-Adam et Pontoise étaient très proche du niveau de consigne amont plusieurs jours avant la montée de la crue, ce qui suggère une influence de la masse d'eau aval sur les niveaux amont.

Les niveaux amont et aval convergent au moment de la crue, ce qui signifie que les barrages ont bien été abaissés. La différence de cote entre l'amont et l'aval qui subsiste pendant la crue, alors que les vannes ont été retirées, provient de la perte de charge provoquée par le génie civil des barrages.

Lors de la crue de mars 2001, les vannes étaient manœuvrées à la main une fois par jour par le barragiste afin de réguler le plan d'eau amont. Ces manœuvres manuelles pouvaient engendrer des montées et descentes brutales des niveaux d'eau.

Tous les barrages de l'Oise sont à présent équipés de clapets automatiques qui s'ajustent à la cote de consigne à tout instant. Ces équipements ont été mis en place par VNF dans le cadre d'un programme de modernisation afin d'assurer une régulation des plans d'eau amont efficace et sûre et de palier aux imprécisions des manœuvres manuelles. L'automatisation de l'ensemble des barrages de l'Oise jusqu'à la confluence avec la Seine permet une gestion synchronisée des manœuvres lors des crues.

La plage de variation autorisée par rapport à la cote de consigne (quelques dizaines de centimètres suivant les barrages) est toujours valable. Les arrêtés préfectoraux qui établissent les règlements d'eau n'ont pas été revus suite à la mise en service des barrages automatiques.

Le tableau ci-dessous contient les valeurs des niveaux d'eau imposés par les arrêtés de quatre des barrages de l'Oise.

Barrage	Date de l'arrêté préfectoral	Niveau d'eau en période normale		Niveau d'eau en période de crue
		Cote amont minimale [NGF]	Cote amont maximale [NGF]	
Venette	22/04/2009	31,01	31,31	Entre 30,91 NGF et 31,21 NGF à l'amont jusqu'à l'effacement
Verberie	08/01/2007	29,58	30,08	29,57 NGF à l'amont et 29,48 NGF à l'aval puis effacement
Sarron	29/08/2007	28,19	28,69	28,17 NGF à l'amont et 27,98 NGF à l'aval puis effacement
Boran	20/04/2009	25,10	25,40	Entre 25,02 NGF et 25,32 NGF à l'amont jusqu'à l'effacement

III. Pré requis pour la simulation

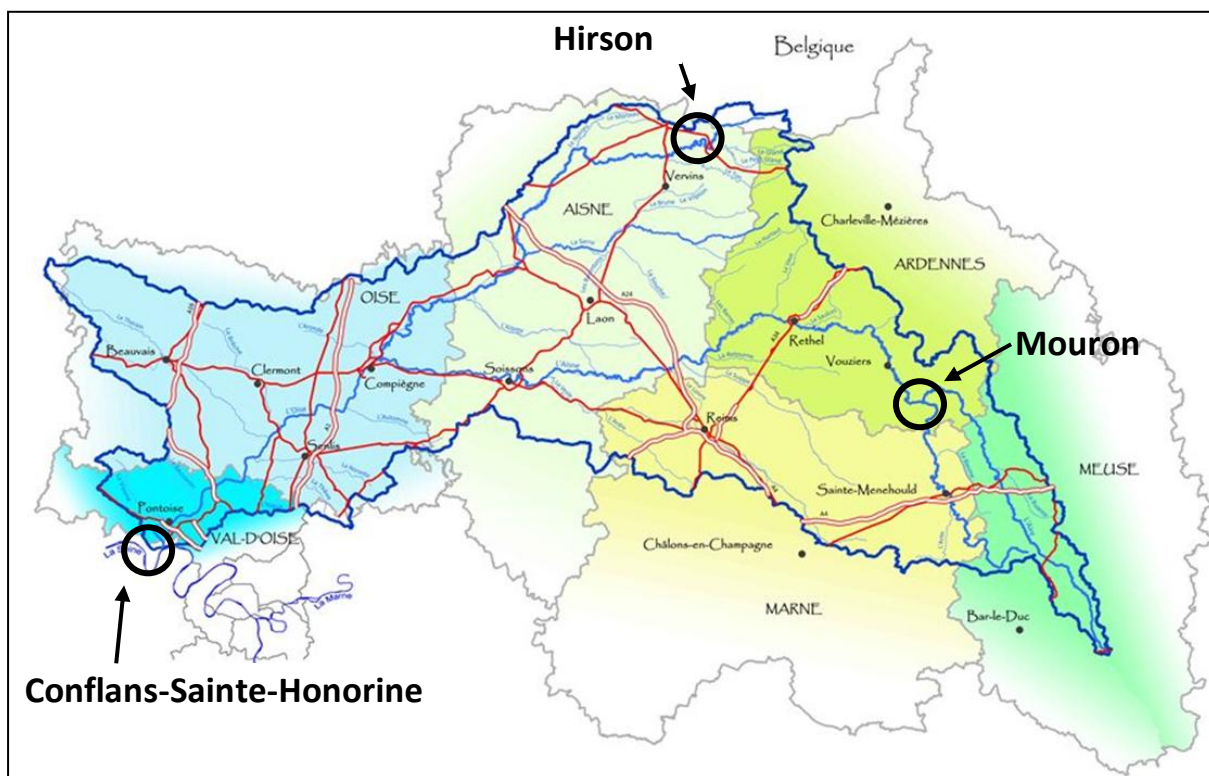
Afin d'apprécier l'influence d'un abaissement préventif des barrages de l'Oise sur les niveaux d'eau en crue, on réalise des simulations pour deux crues historiques : mars 2001 et février 1995. La crue de mars 2001 est une crue intermédiaire (de période de retour comprise entre 20 et 40 ans) qui a engendré des débordements importants. La crue de février 1995 est également une crue intermédiaire dont la montée du pic de crue a été plus rapide.

Le but n'est pas d'étudier précisément ces crues, mais d'effectuer une comparaison entre le mode de gestion actuel des barrages (niveaux de consigne actuels) et un abaissement préventif pour ces deux types de crue.

A. Le modèle HydraRiv

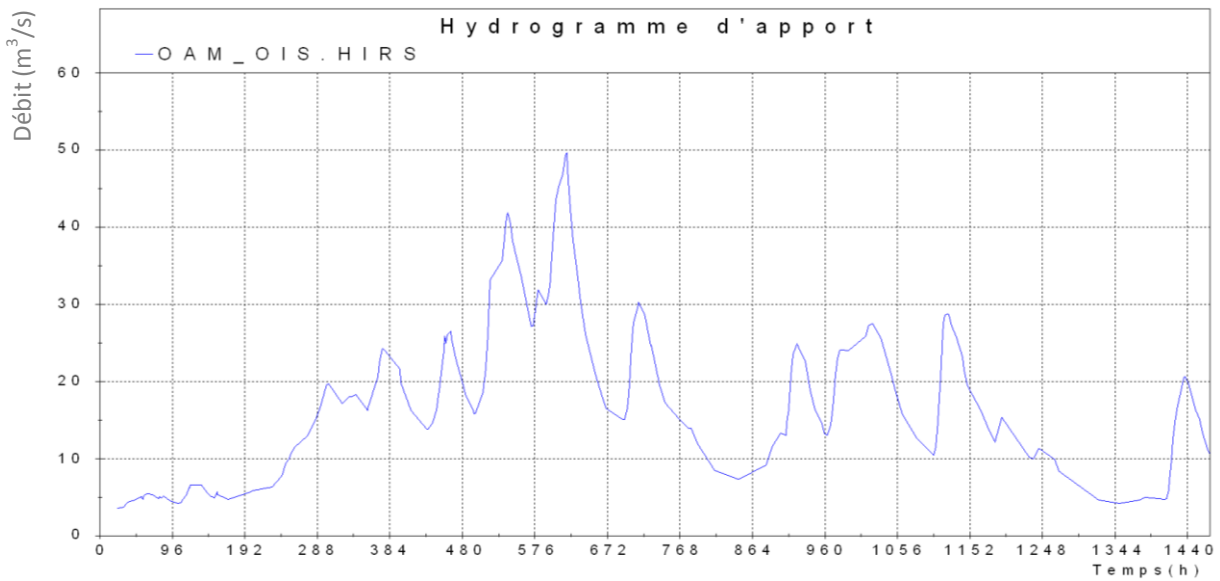
La modélisation est réalisée sur le logiciel HydraRiv, outil de simulation des systèmes fluviaux, développé et exploité par le bureau d'études Hydratec.

Le modèle utilisé est celui du bassin versant de l'Oise. Les limites amont se situent à Hirson pour l'Oise et à Mouron pour la branche de l'Aisne. La limite aval se situe à la confluence de l'Oise avec la Seine à Conflans-Sainte-Honorine. La condition de limite aval est une loi de niveau d'eau en fonction du débit c'est-à-dire que le niveau d'eau est imposé suivant le débit de l'Oise et en faisant une hypothèse sur les niveaux de la Seine. L'influence des niveaux de la Seine sur ceux de l'Oise remonte jusqu'à Creil.

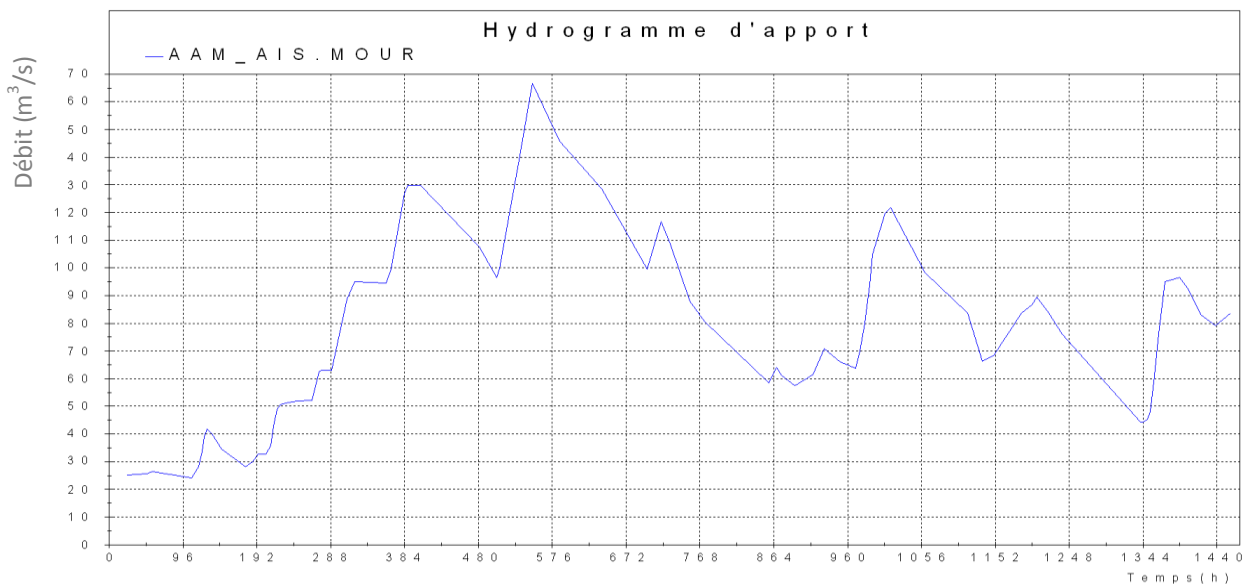


Bassin versant de l'Oise

A l'amont, les hydrogrammes de crues (courbes des débits en fonction du temps) injectés dans le modèle sont ceux d'Hirson pour l'Oise et de Mouron pour l'Aisne.



Hydrogramme de crue de mars/avril 2001 à Hirson sur l'Oise



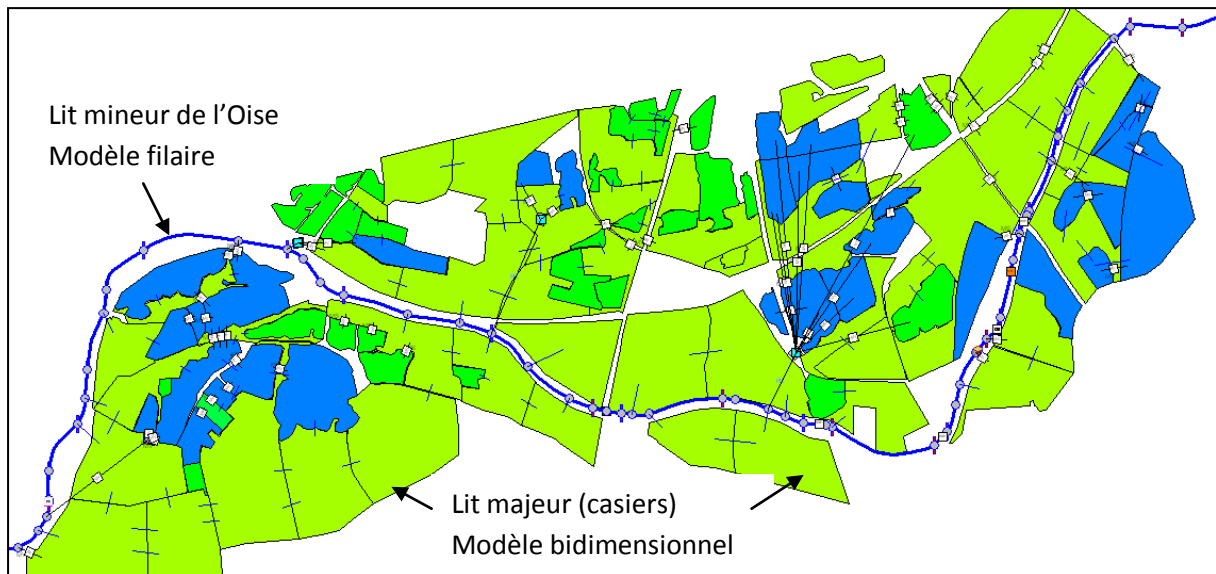
Hydrogramme de crue de mars/avril 2001 à Mouron sur l'Aisne

Sur l'ensemble du linéaire de l'Oise, les hydrogrammes de 52 affluents sont injectés. Les données hydrométriques et limnimétriques utilisées sont issues de la banque Hydro, banque de données nationale qui stocke les mesures provenant des stations implantées sur les cours d'eau français. Pour les affluents qui ne possèdent pas de stations de mesures, les débits ont été calculés soit à partir des données pluviométriques soit par corrélation (homothétie du débit de pointe et décalage dans le temps afin de conserver les volumes ruisselés).

Le calage du modèle est effectué en comparaison avec les valeurs enregistrées aux stations de mesures présentes sur l'ensemble du bassin versant de l'Oise pour les crues de décembre 1993, février 1995, décembre 1999 et mars 2001. Les courbes obtenues montrent que le modèle reproduit correctement la forme des hydrogrammes et des limnigrammes, et donc le temps de propagation et la déformation des ondes de crues.

Le pas de temps de calcul est compris entre 0.002 et 1 heure.

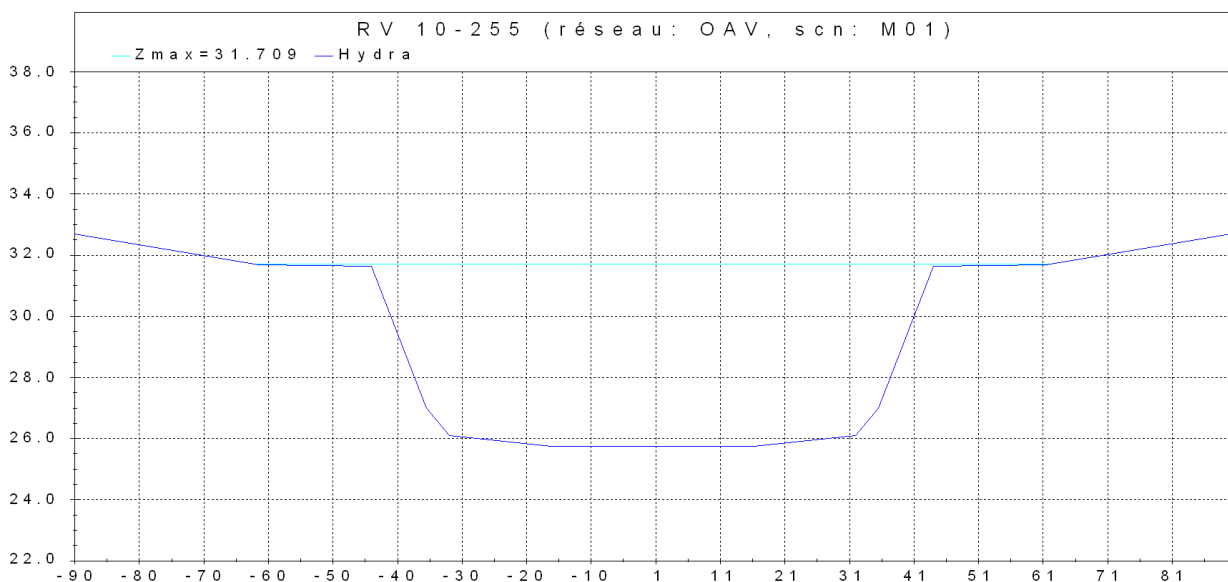
Le modèle permet une modélisation filaire du lit mineur et une représentation bidimensionnelle du lit majeur avec l'intégration de casiers. La schématisation repose sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant. En domaine bidimensionnel, les équations sont résolues à l'aide d'une méthode de volumes finis.



Le modèle au niveau des barrages de Verberie et Sarron

Le modèle permet la prise en compte de tous les obstacles à l'écoulement présents dans le lit mineur : pont, barrages, seuil, ...

Les biefs font partie du domaine filaire et sont représentés par des profils en travers comprenant plusieurs points du fond du lit, des berges et du lit majeur.



Exemple de profils en travers de l'Oise canalisée

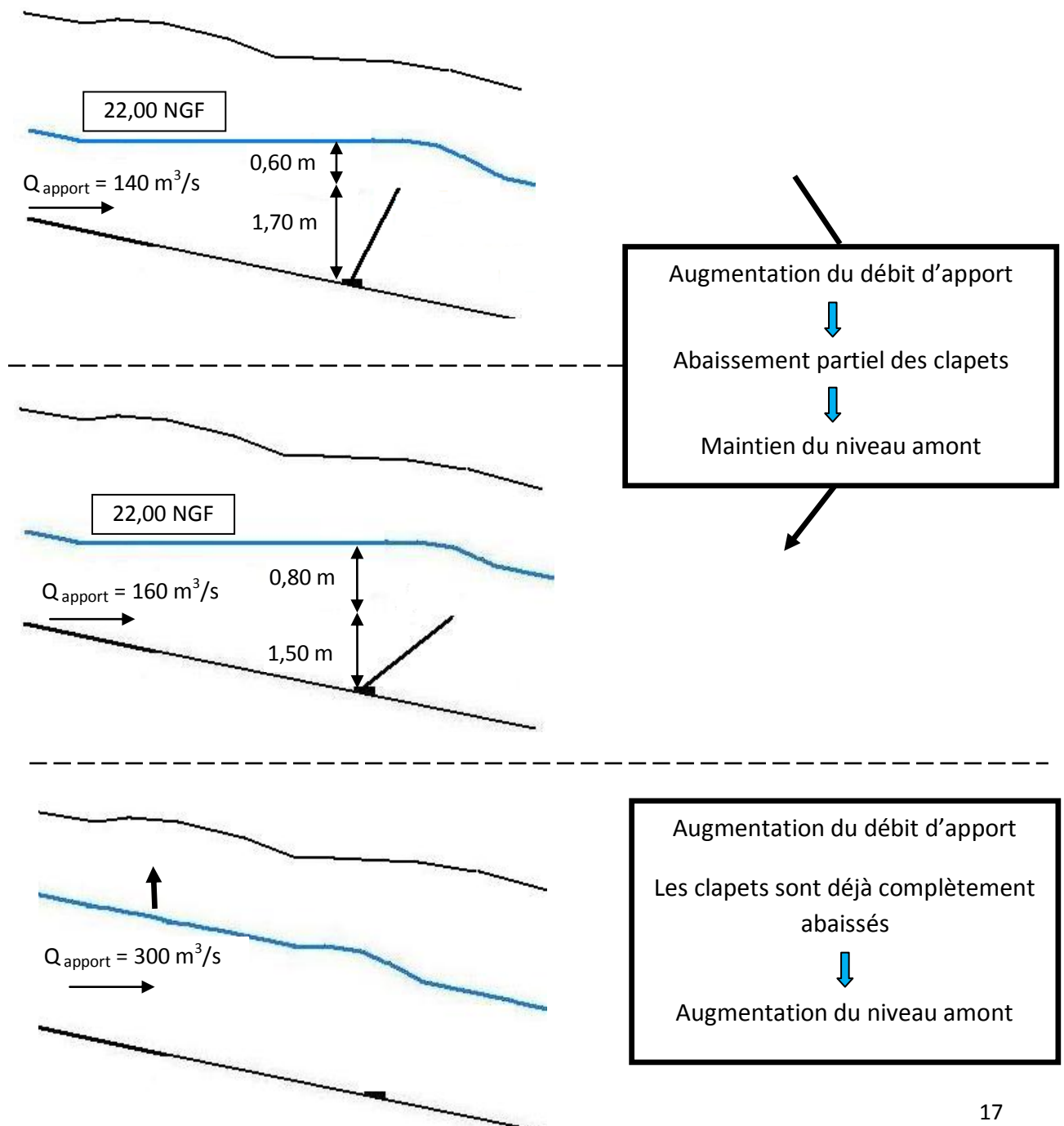
Le modèle reproduit donc fidèlement les écoulements dans le lit mineur et majeur d'une rivière dès lors qu'il est correctement utilisé.

B. Fonctionnement automatique des barrages

Le principe des barrages de navigation est de maintenir un niveau amont (le niveau de consigne) constant. Les clapets sont calés pour maintenir ce niveau en fonction du débit d'apport qui arrive de l'amont. En présence d'un obstacle à l'écoulement, les niveaux d'eau s'adaptent localement pour permettre au débit de passer.

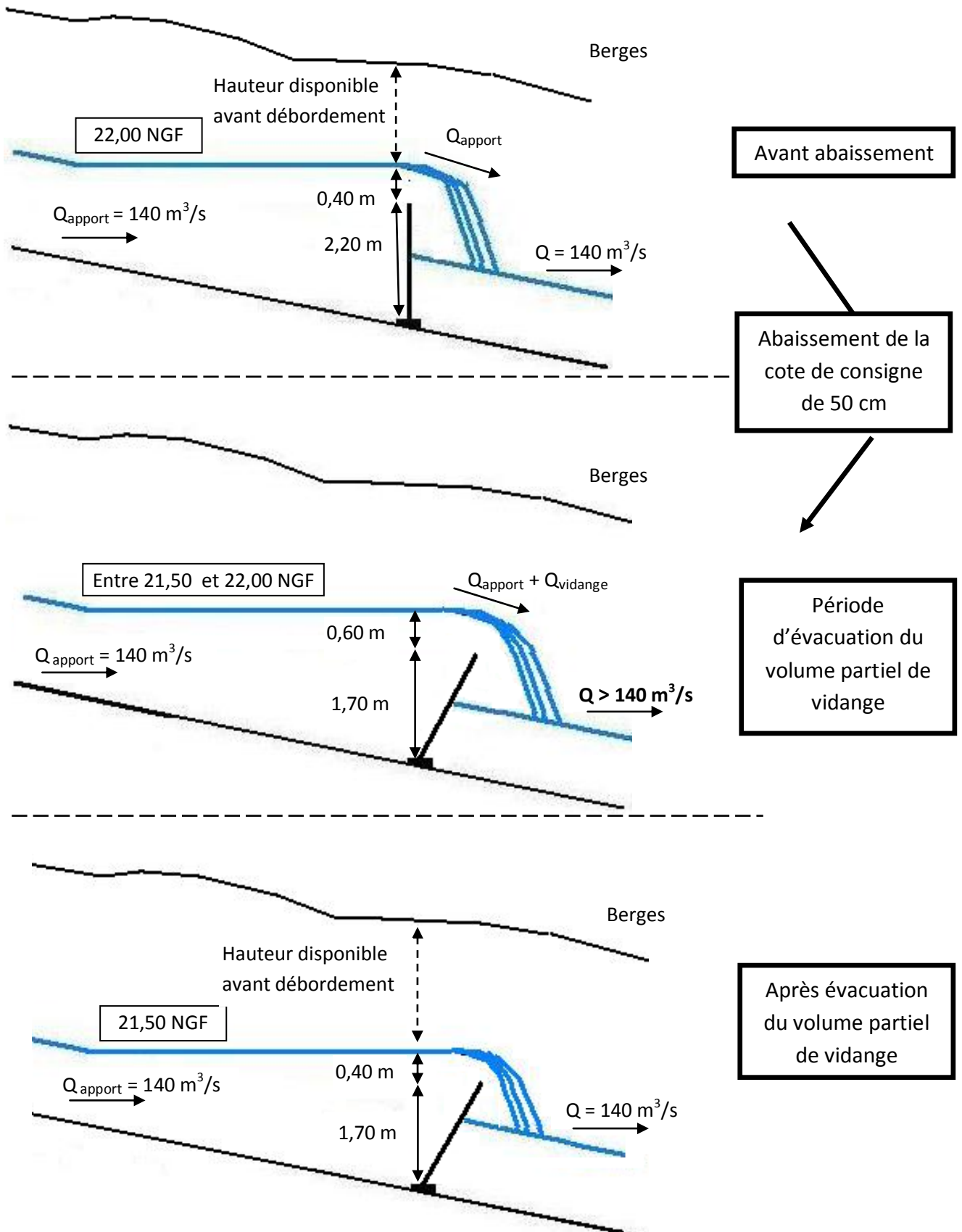
Si le débit augmente, comme c'est le cas en montée de crue, la hauteur d'eau nécessaire au-dessus du clapet pour permettre au débit de passer augmente également. L'abaissement des clapets permet d'augmenter la hauteur d'eau tout en conservant le même niveau d'eau. Ainsi, la manœuvre des clapets permet de maintenir le niveau de consigne amont jusqu'à leur abaissement total. Lorsqu'ils sont effacés, une augmentation du débit implique une augmentation du niveau d'eau.

Les valeurs sont données à titre d'exemple.



C. Principe de l'abaissement préventif

Les schémas ci-dessous illustrent le principe de l'abaissement préventif de manière qualitative et sont commentés en page suivante. Les valeurs sont données à titre d'exemple.



Remarques concernant le débit

Dans le cadre d'un abaissement préventif de 50 cm, il est nécessaire d'abaisser partiellement le clapet pour obtenir une ligne d'eau amont abaissée de 50 cm. Cette manœuvre du clapet engendre temporairement l'apparition d'un débit supplémentaire au débit d'apport : le débit de vidange. En effet, l'abaissement des clapets provoque la vidange d'une partie du volume d'eau contenu dans le barrage. Pendant que ce volume s'évacue, le débit passant au-dessus des clapets est donc constitué par le débit d'apport et le débit de vidange.

Dès que le volume de vidange s'est évacué vers l'aval, le débit transitant par le barrage redevient égal au débit d'apport seul. **L'abaissement des barrages n'augmente donc le débit que temporairement lors de la manœuvre des clapets.**

Remarques concernant la hauteur d'eau

Pour un même débit d'apport, une même hauteur d'eau est nécessaire au-dessus des clapets pour faire passer ce débit. Ainsi, en dehors de la période d'évacuation du volume de vidange, la hauteur d'eau au-dessus des clapets reste la même quelque soit le niveau de consigne amont que l'on souhaite maintenir. Ce qui augmente, en revanche, c'est la hauteur au-dessus du niveau de consigne qui est disponible avant le débordement.

Remarques concernant le régime d'écoulement

Lors de l'abaissement total des clapets, l'écoulement qui était auparavant brusquement varié au niveau du barrage va devenir graduellement varié. La loi qui détermine la hauteur d'eau en fonction du débit va changer. Le passage d'un régime d'écoulement à l'autre n'est pas instantané.

A un certain moment de la crue, dans les deux cas de gestion, les barrages sont effacés et le régime graduellement varié est atteint. A partir de ce moment là, les niveaux d'eau sont identiques dans les deux cas de gestion et l'abaissement préventif n'a plus d'influence sur ces niveaux d'eau.

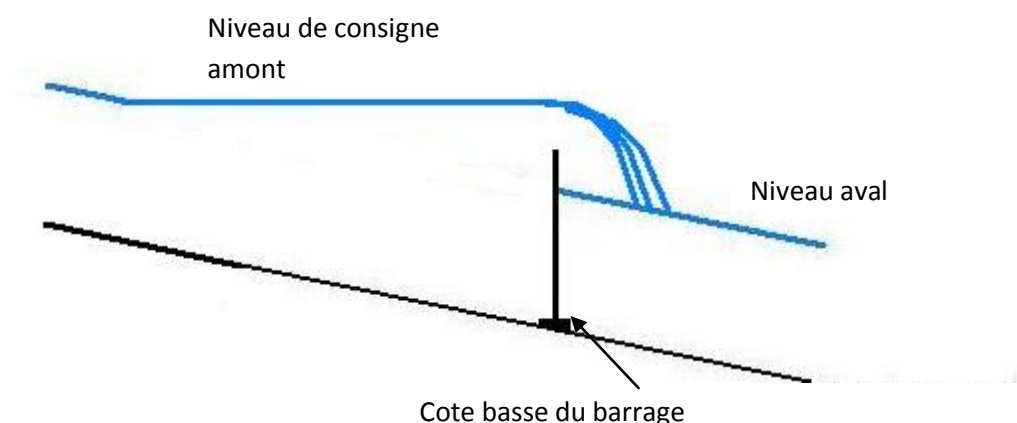
Toutes ces considérations sont qualitatives et il est nécessaire de réaliser des simulations sur plusieurs épisodes de crue donnés afin d'apprécier les quantités qui sont en jeu.

D. Caractéristiques des barrages de l'Oise

Les barrages modélisés ont les caractéristiques suivantes :

	Niveau de consigne amont (gestion actuelle) [NGF]	Cote basse du barrage [NGF]	Largeur du barrage (passes navigables et pertuis) [m]
Venette	31,01	27,84	73,20
Verberie	29,57	26,42	73,20
Sarron	28,19	24,99	73,20
Creil	26,71	23,56	73,20
Boran	25,12	21,97	77,20
Isle-Adam	23,52	20,37	78,20
Pontoise	21,93	18,78	77,00

Les valeurs des largeurs des barrages et des cotes basses ont été fournies par VNF.



Toutes les simulations ont été réalisées avec une gestion automatisée des barrages (et non manuelle) :

- tant que le niveau aval est inférieur au niveau de consigne amont, le niveau amont est strictement égal à ce niveau de consigne,
- lors d'une crue, dès que le niveau aval est égal au niveau de consigne amont, le barrage est effacé : tous les clapets sont abaissés et il ne subsiste que l'effet du génie civil des barrages.

IV. La crue de mars 2001

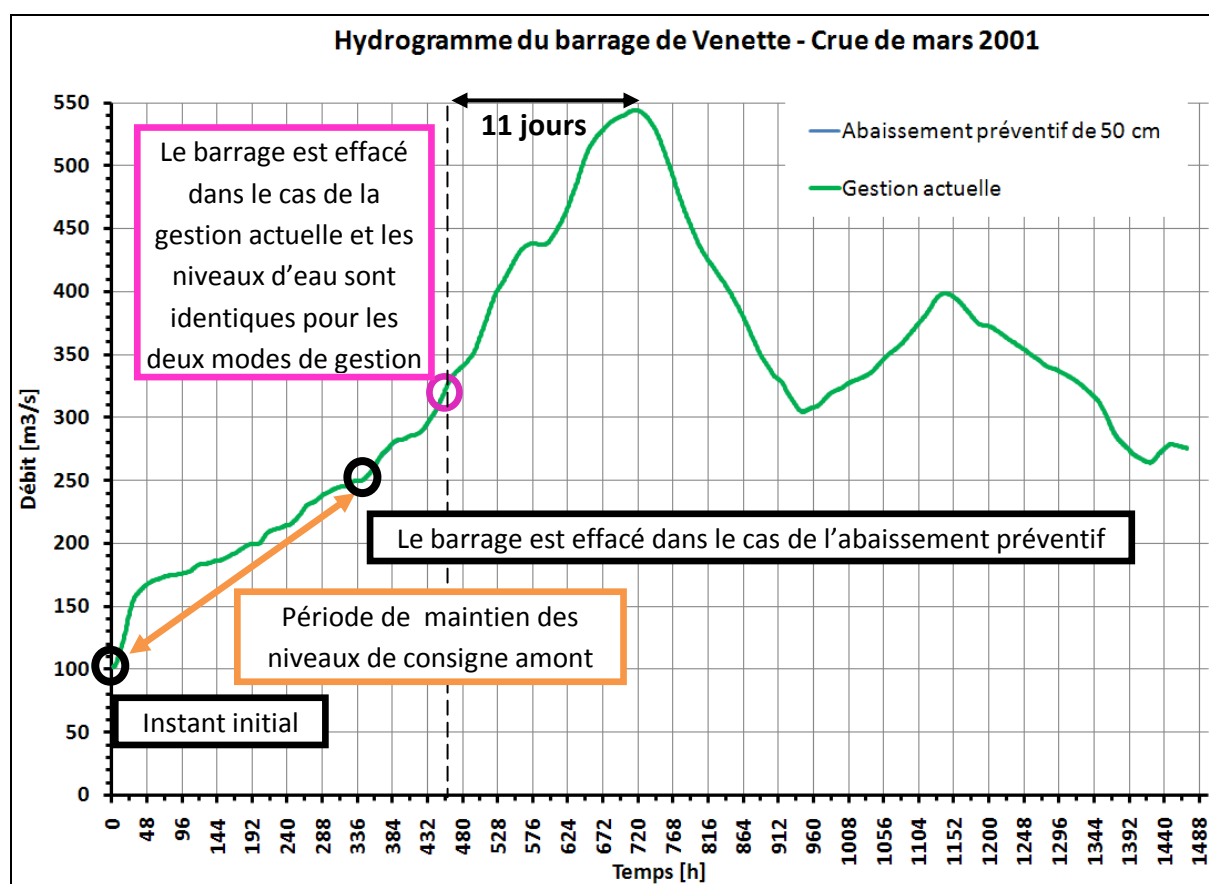
Dans un premier temps, on simule la crue de mars 2001 à partir du 28 février 2001 pour les deux modes de gestion suivants :

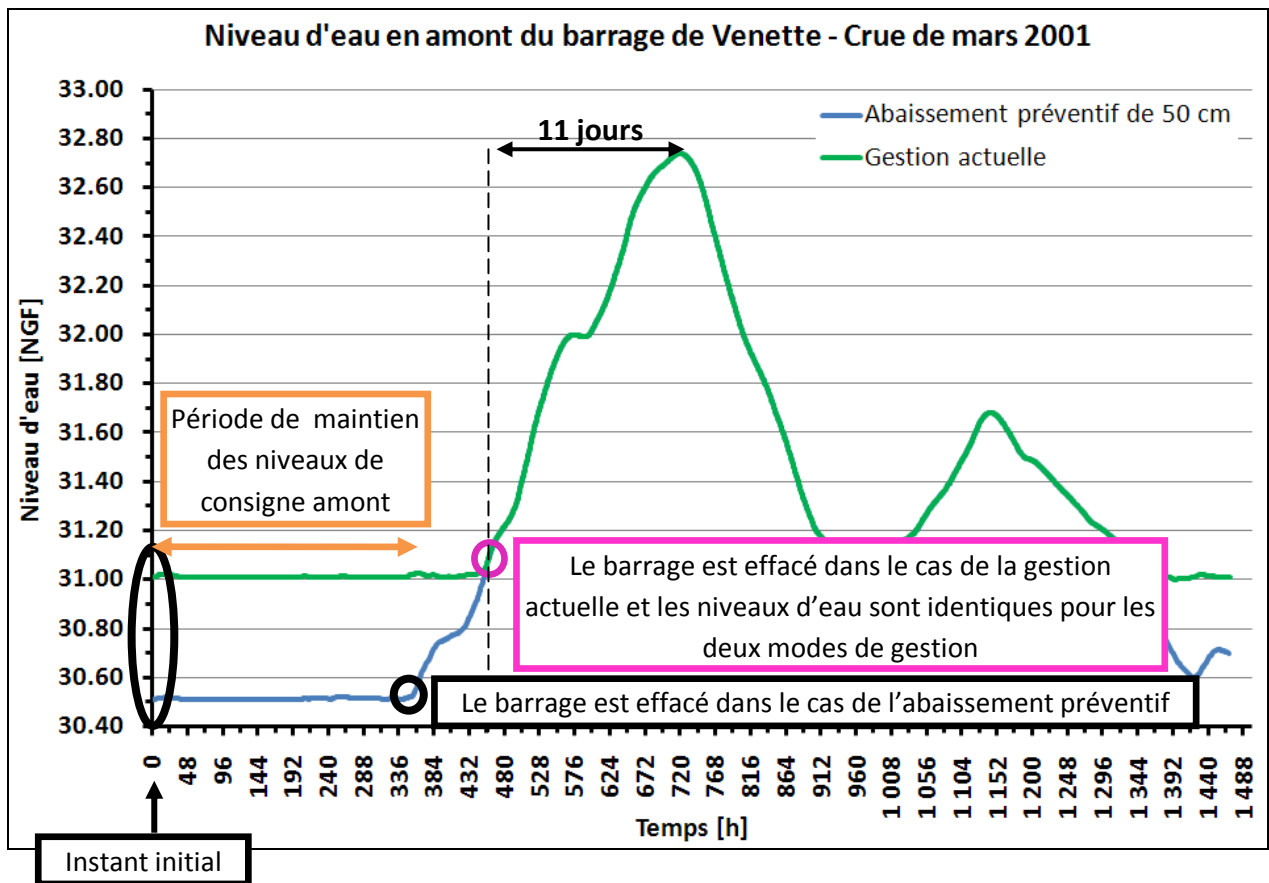
- actuel,
- avec un abaissement préventif de 50 cm de tous les barrages de l'Oise.

Dans la dernière partie de ce chapitre, un abaissement préventif plus important est testé.

A. Le barrage de Venette

Les graphiques suivants montrent l'évolution du niveau d'eau et du débit dans le bief amont du barrage de Venette avec une identification des instants clés.





○ A l'instant initial, avant que la crue ne commence, le barrage automatisé est calé pour maintenir le niveau de consigne amont.

↔ Puis, le débit augmente et les clapets s'abaissent partiellement pour conserver le niveau de consigne.

○ Avec l'abaissement préventif, le niveau de consigne est maintenu jusqu'à un débit de $258 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 356 \text{ h}$). Au-delà, les clapets sont complètement abaissés et le niveau d'eau, qui n'est alors plus maintenu constant par l'action des clapets, augmente avec l'augmentation du débit.

○ Pour le mode de gestion actuel, les clapets sont totalement effacés à partir d'un débit de $324 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 458 \text{ h}$). Au-delà, le niveau d'eau augmente avec l'augmentation du débit.

A partir de 458 h, le régime d'écoulement au niveau du barrage est le même dans les deux cas de gestion (régime graduellement varié). La loi qui détermine les niveaux d'eau en fonction notamment des débits est donc la même. Les débits étant identiques puisque l'on considère la même crue, les niveaux d'eau dans le bief sont alors également identiques que l'on soit en mode de gestion actuel ou en abaissement préventif.

Ainsi, à partir de 458 h, soit 11 jours avant le pic de crue, l'abaissement préventif n'a plus d'incidence sur les niveaux d'eau.

Gestion actuelle

Abaissement préventif

Instant initial

$t = 0$

$Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$

31,01 NGF

30,51 NGF

Période de maintien des niveaux
de consigne amont

$0 < t < 356 \text{ h}$

$100 < Q < 258 \text{ m}^3/\text{s}$

31,01 NGF

30,51 NGF

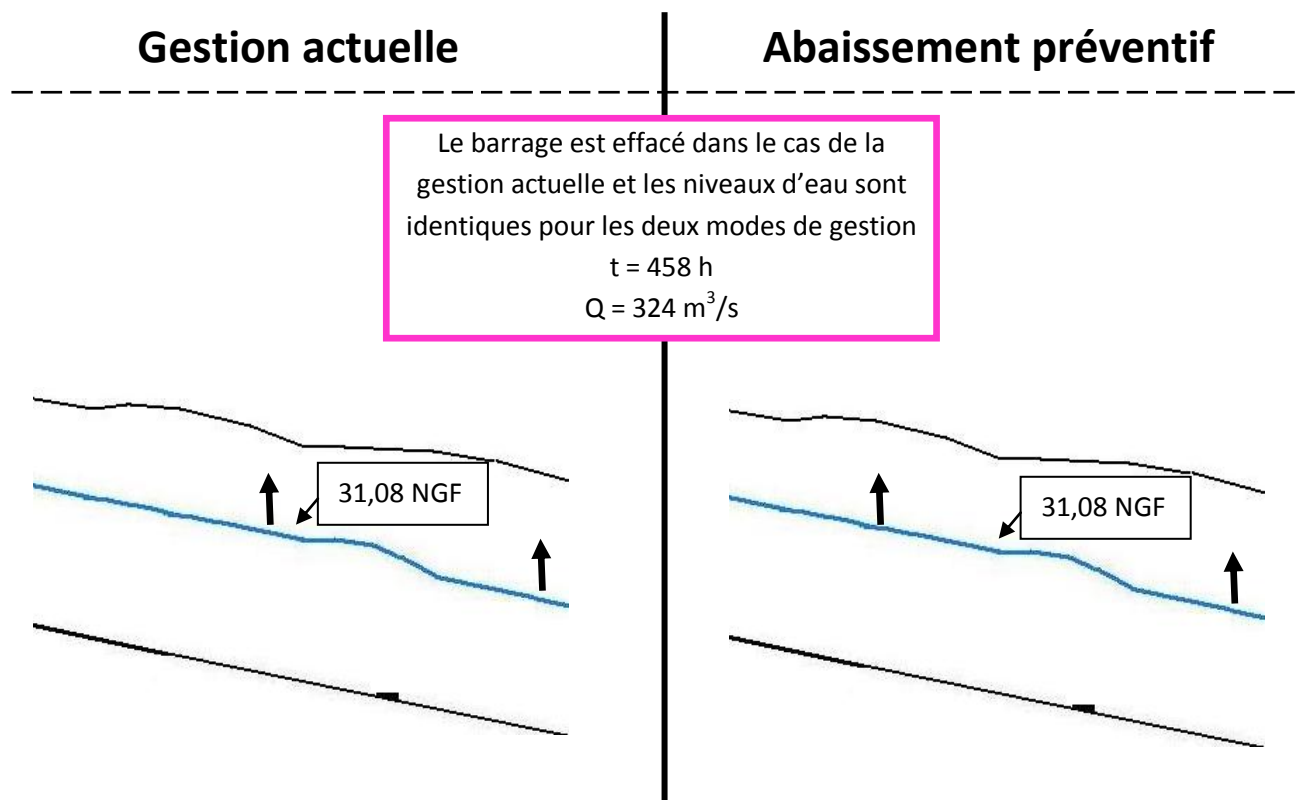
Le barrage est effacé dans le cas de
l'abaissement préventif

$t = 356 \text{ h}$

$Q = 258 \text{ m}^3/\text{s}$

31,02 NGF

30,53 NGF



Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs des niveaux amont indiqués sur les graphiques.

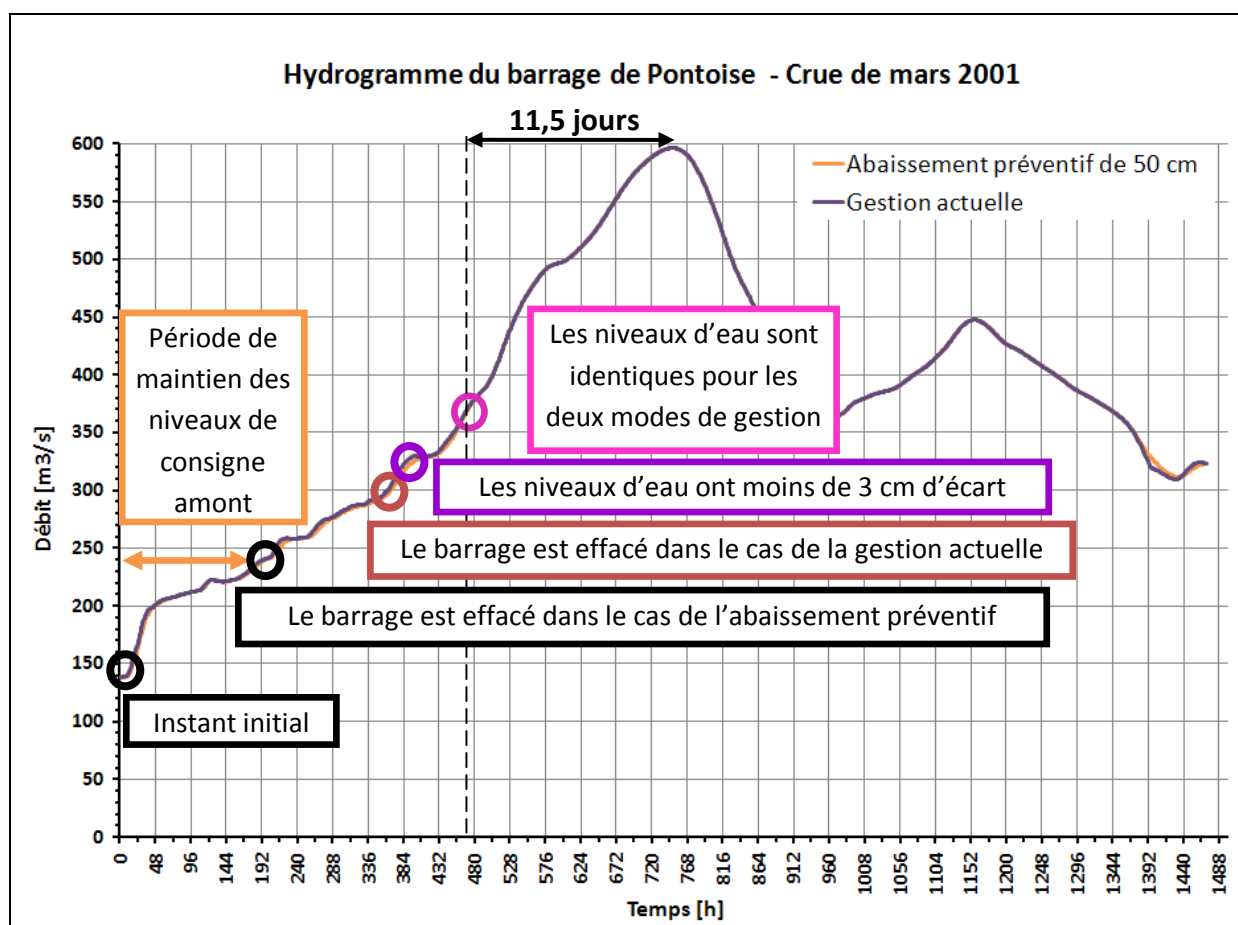
Instants clés	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau amont [NGF]	
			Gestion actuelle	Abaissement préventif de 50 cm
Instant initial	$t = 0$	102	31,01	30,51
Maintien des niveaux amont	$0 < t < 356$	$100 < Q < 258$	31,01	30,51
Barrage effacé en abaissement préventif	356	258	31,02	30,53
Barrage effacé en gestion actuelle et niveaux d'eau identiques	458	324	31,08	31,08

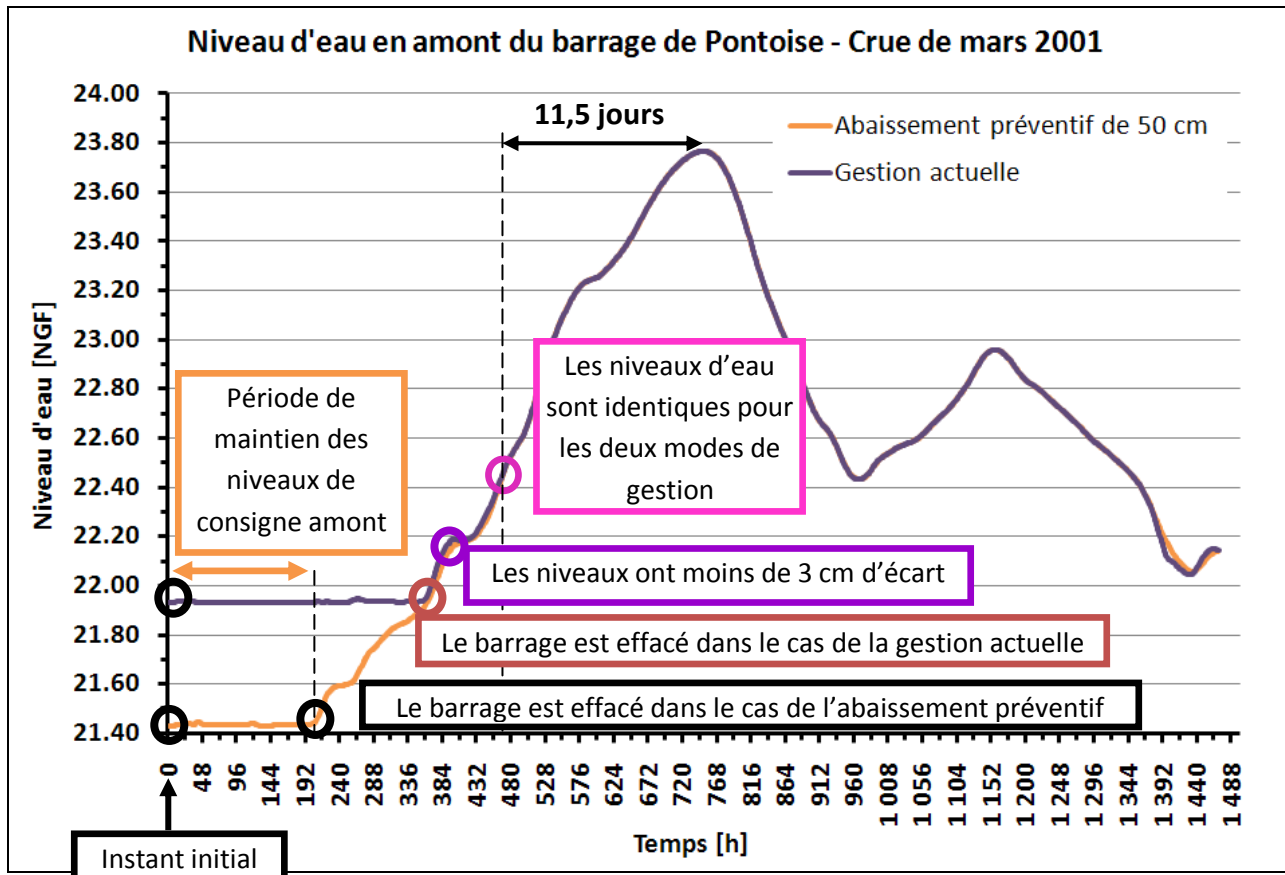
L'abaissement préventif des barrages de 50 cm a un impact sur les niveaux d'eau tant que le débit reste inférieur à $324 \text{ m}^3/\text{s}$.

B. Le barrage de Pontoise

En appliquant la même méthode pour le barrage de Pontoise, on obtient le tableau suivant :

Instants clés	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau amont [NGF]	
			Gestion actuelle	Abaissement préventif de 50 cm
Instant initial	t = 0	138	21,93	21,43
Maintien des niveaux amont	0 < t < 205	138 < Q < 242	21,93	21,43
Barrage effacé en abaissement préventif	205	242	21,93	21,44
Barrage effacé en gestion actuelle	363	297	21,96	21,93
Moins de 3 cm d'écart sur les niveaux d'eau	393	324	22,17	22,14
Niveaux d'eau identiques	470	370	22,46	22,46





○ A l'instant initial, avant que la crue ne commence, le barrage automatisé est calé pour maintenir le niveau de consigne amont.

↔ Puis, le débit augmente et les clapets s'abaissent partiellement pour conserver le niveau de consigne.

○ Avec l'abaissement préventif, le niveau de consigne est maintenu jusqu'à un débit de $242 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 205 \text{ h}$). Au-delà, les clapets sont complètement abaissés et le niveau d'eau, qui n'est alors plus maintenu constant par l'action des clapets, augmente avec l'augmentation du débit.

○ Pour le mode de gestion actuel, les clapets sont totalement effacés à partir d'un débit de $297 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 363 \text{ h}$). A cet instant les niveaux d'eau sont très proches dans les deux cas de gestion des barrages (21,96 et 21,93 NGF).

On remarque que le débit est légèrement supérieur en gestion actuelle, ce qui s'explique par le fait que les volumes à vidanger par les barrages sont plus importants que dans le cas d'un abaissement préventif.

Si on prend le cas du barrage de Venette, détaillé précédemment, un volume de vidange supplémentaire s'évacue jusqu'à l'effacement complet des clapets en gestion actuelle. Le temps que ce volume, qui est déjà évacué dans le cas de l'abaissement préventif, arrive à Pontoise, les débits restent supérieurs pour le cas de la gestion actuelle. C'est pourquoi les niveaux d'eau deviennent identiques plusieurs heures après l'effacement total du barrage.

○ A partir de l'instant $t = 393 \text{ h}$ (débit de $324 \text{ m}^3/\text{s}$), on observe moins de 3 cm d'écart entre les niveaux d'eau des deux modes de gestion.

- A partir de 470 h (débit de $370 \text{ m}^3/\text{s}$), le volume de vidange supplémentaire arrivant des barrages amont s'est totalement évacué de la vallée de l'Oise, les débits sont donc identiques dans les deux cas de gestion tout comme le régime d'écoulement (graduellement varié). La loi qui détermine les niveaux d'eau en fonction notamment des débits est donc la même, les niveaux d'eau dans le bief sont alors également identiques que l'on soit en mode de gestion actuel ou en abaissement préventif.

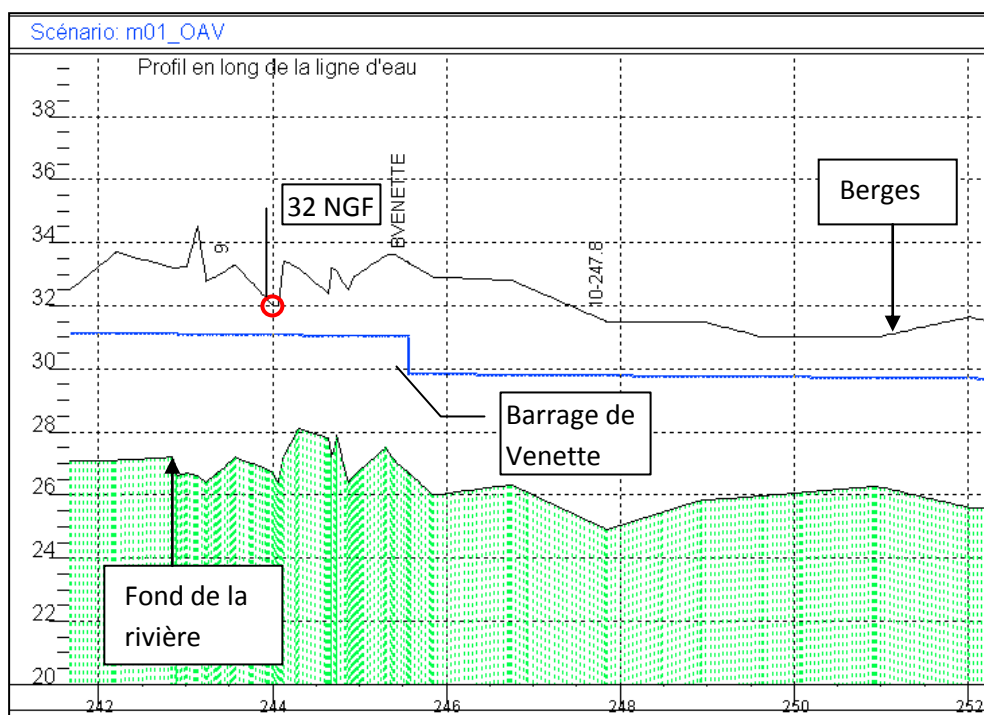
Ainsi, à partir de 470 h, soit 11,5 jours avant le pic de crue, l'abaissement préventif n'a plus d'incidence sur les niveaux d'eau.

C. Volume de débordement

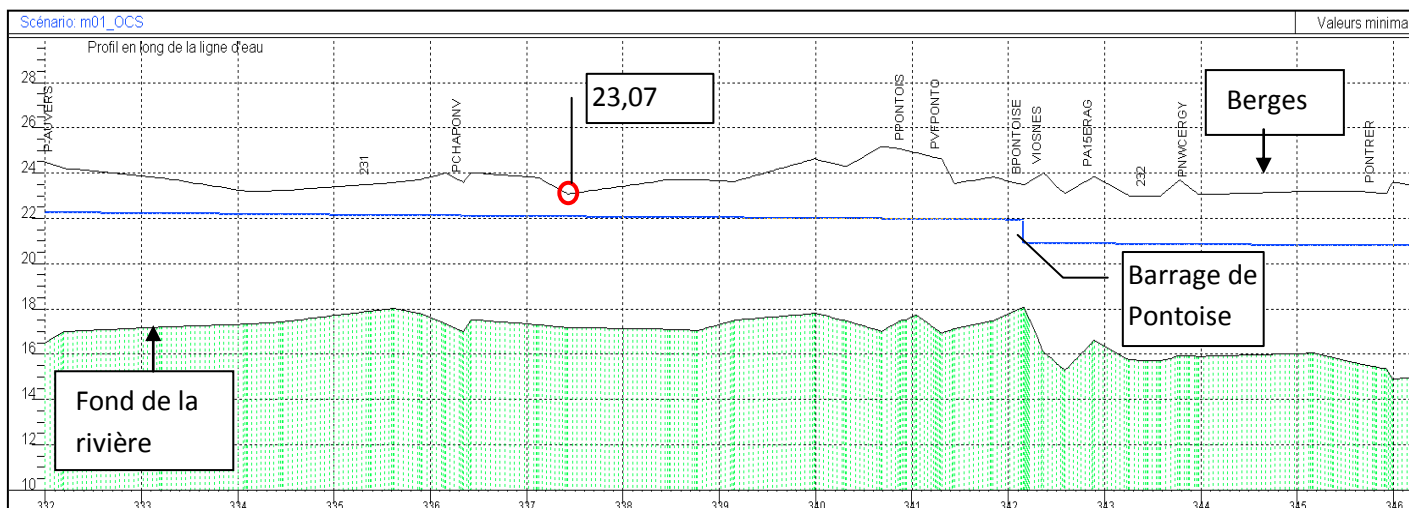
Afin d'estimer l'influence de l'abaissement préventif de 50 cm sur les volumes de débordement, on compare les volumes d'eau qui passent au-dessus de la cote de débordement au niveau des barrages de Venette et de Pontoise.

1. Détermination des cotes et débits de débordement

La cote de débordement considérée correspond à la cote d'un point bas à l'amont des barrages. Elle est de 32 NGF en amont de Venette (au niveau de Compiègne) et de 23,07 NGF en amont de Pontoise.



Profil en long de la ligne d'eau au niveau du barrage de Venette



Profil en long de la ligne d'eau au niveau du barrage de Pontoise

On prend ensuite le débit qui correspond à l'instant où la cote de débordement est atteinte, ce débit est appelé débit de débordement.

Mode de gestion actuel

	Cote de débordement [NGF]	Instant du premier débordement [h]	Débit de débordement [m ³ /s]
Venette	32	527,3	401
Pontoise	23,07	495,2	389,3

Abaissement préventif

	Cote de débordement [NGF]	Instant du premier débordement [h]	Débit de débordement [m ³ /s]
Venette	32	527,3	401
Pontoise	23,07	495,4	389,3

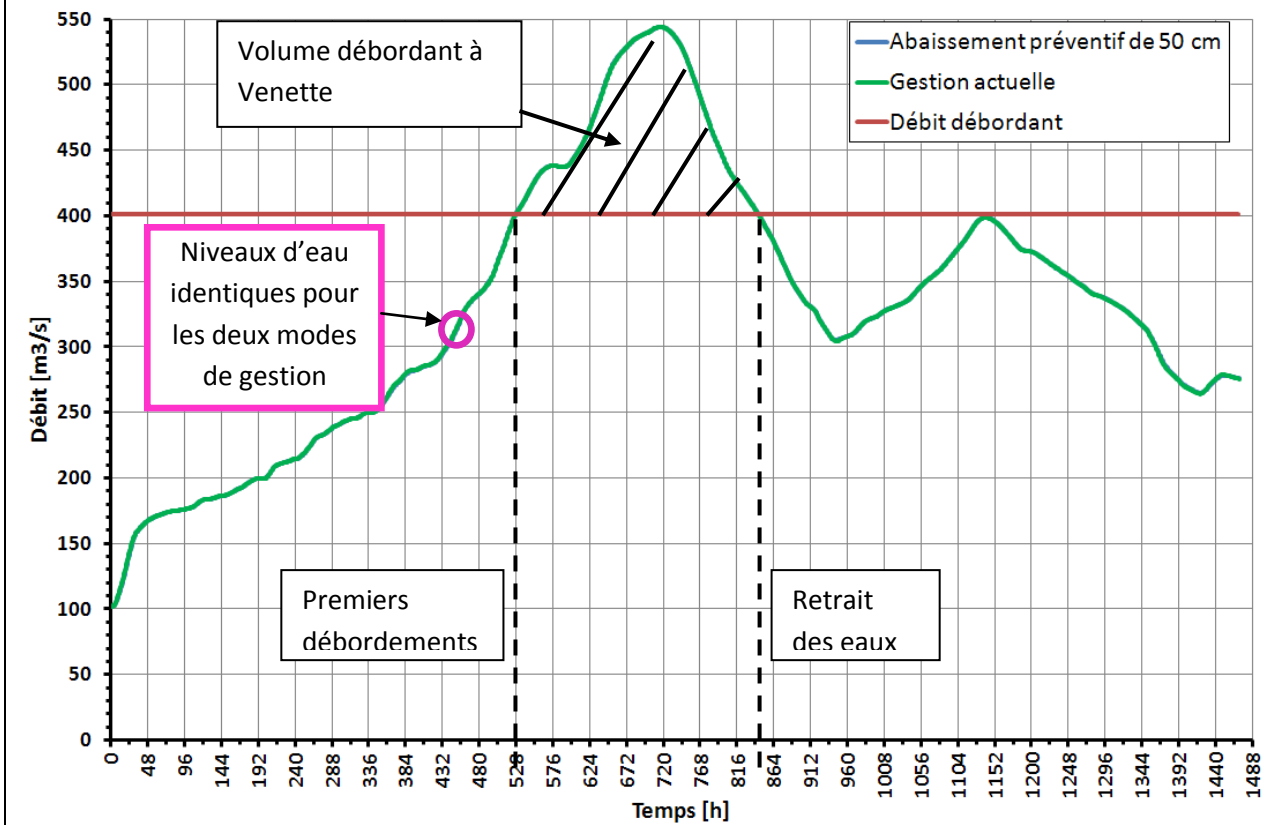
On remarque que le débit de débordement à Venette est supérieur à 324 m³/s et celui de Pontoise est supérieur à 370 m³/s. Lorsqu'il est atteint, les clapets sont donc déjà abaissés dans les deux cas considérés (gestion actuelle et abaissement préventif). L'abaissement préventif n'a alors plus d'influence sur les niveaux d'eau.

A Pontoise, le débordement est retardé de quelques minutes.

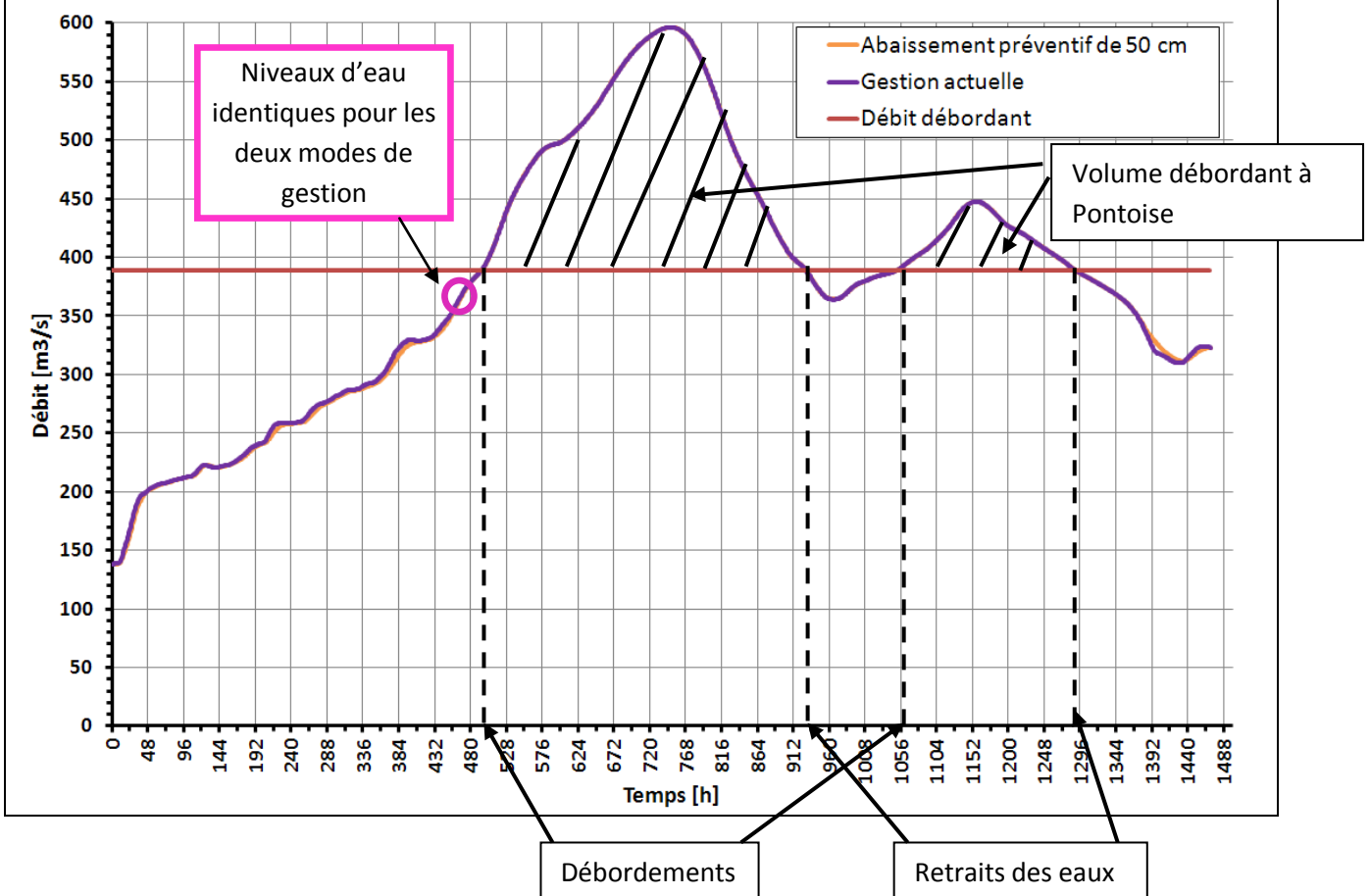
2. Détermination des volumes de débordement

Les volumes de débordement sont calculés à l'aide des hydrogrammes de crue de Venette et de Pontoise. L'aire sous la courbe de débit (en vert pour Venette et en violet pour Pontoise) donne le volume total apporté par l'Oise entre le 28 février et le 30 avril 2001. En prenant l'aire sous cette courbe et au-dessus du débit de débordement (en rouge), on obtient le volume débordant.

Hydrogramme du barrage de Venette - Crue de mars 2001



Hydrogramme du barrage de Pontoise - Crue de mars 2001



Le tableau ci-dessous donne les débits, durées et volumes de débordement calculés pour les deux modes de gestion aux barrages de Pontoise et Venette.

La colonne « volume total apporté par l’Oise » représente le volume total d’eau qui est passé au niveau de chacun des deux barrages entre le 28 février et le 30 avril 2001.

Pour effectuer une comparaison avec les volumes d’eau hors crue, les données de la Banque Hydro indiquent qu’en 2009, le volume moyen qui est passé à Creil pour les mois cumulés de mars et avril est de 647 000 000 m³, soit 35% du volume qui est passé à Creil pendant la crue de mars 2001.

		Débit de débordement [m ³ /s]	Durée du débordement [j]	Volume de débordement [m ³]	Volume total apporté par l’Oise [m ³]
Venette	Gestion actuelle	401	13,2 (13j 4h 48min)	84 780 000	1 750 000 000
	Abaissement préventif de 50 cm		13,2 (13j 4h 48min)	84 780 000	
Ecart			0 (0%)	(0%)	
Pontoise	Gestion actuelle	389,3	27,96 (27j 23h 2min)	203 940 000	2 008 800 000
	Abaissement préventif de 50 cm		27,9 (27j 21h 36min)	203 870 000	2 005 500 000
Ecart			1h 26min (0,2%)	(0,03%)	(0,2%)

Résultats pour une crue de type mars 2001

Au niveau de Pontoise, l’abaissement préventif du barrage implique un débordement plus tardif d’un peu moins de 15 minutes pour la première pointe de crue mais le débordement se produit plus tôt d’environ 15 minutes pour la seconde pointe de crue. La décrue s’effectue 30 minutes avant pour la première pointe de crue et 1 heure avant pour la seconde. Ainsi, il y a un gain d’environ 1h30 de submersion à Pontoise.

Le gain en volume de débordement est nul à Venette. Il est de 70 000 m³, soit 0,03% du volume total de débordement à Pontoise.

L’écart en volume total sur le barrage de Pontoise vient du fait qu’en abaissement préventif un certain volume d’eau est évacué de chaque barrage amont avant le début de la crue.

L’abaissement préventif de 50 cm n’a pas d’influence sur les volumes de débordement pour une crue de type mars 2001.

La raison est que lorsque le débit de débordement est atteint, les barrages sont déjà abaissés et le volume vidangé avant le début de la crue en abaissement préventif a eu le temps de s’évacuer de la vallée de l’Oise en gestion actuelle. Ceci implique que les débits passants pas les barrages sont égaux et que les volumes de débordement sont également identiques dans les deux cas de gestion.

D. Niveaux d'eau maximum

Le tableau ci-dessous contient les niveaux maximum atteints aux barrages pour les deux modes de gestion et une crue de type mars 2001.

	Mode de gestion actuel		Abaissement préventif de 50 cm	
	Niveau maximal au point bas amont [NGF]	Niveau maximal au barrage [NGF]	Niveau maximal au point bas amont [NGF]	Niveau maximal au barrage [NGF]
Venette	33,03	32,75	33,03	32,75
Verberie		31,40		31,40
Sarron		30,35		30,35
Creil		28,50		28,50
Boran		26,85		26,85
Isle-Adam		25,80		25,80
Pontoise	24,30	23,80	24,30	23,80

L'abaissement préventif de 50 cm des barrages de l'Oise, n'a aucune incidence visible sur les niveaux maximum atteints lors d'une crue de type mars 2001.

Les barrages étant abaissés avant les premiers débordements, les débits qui passent aux barrages sont identiques et l'écoulement suit le même régime dans les deux cas de gestion. La position initiale des barrages n'a alors plus d'incidence sur les niveaux d'eau dans l'Oise lors des débordements.

E. La vidange partielle

Les clapets servent à maintenir le niveau de consigne. Ils créent une retenue contenant un certain volume d'eau. Lorsque les clapets s'abaissent, la retenue se vide d'une partie de son volume.

Débit de vidange

On appelle débit d'apport, le débit arrivant de l'amont. Lorsque les clapets s'abaissent, le débit passant au-dessus des clapets est supérieur au débit d'apport le temps qu'une partie du volume contenu dans le barrage se vidange. Ce débit supplémentaire dépend principalement de :

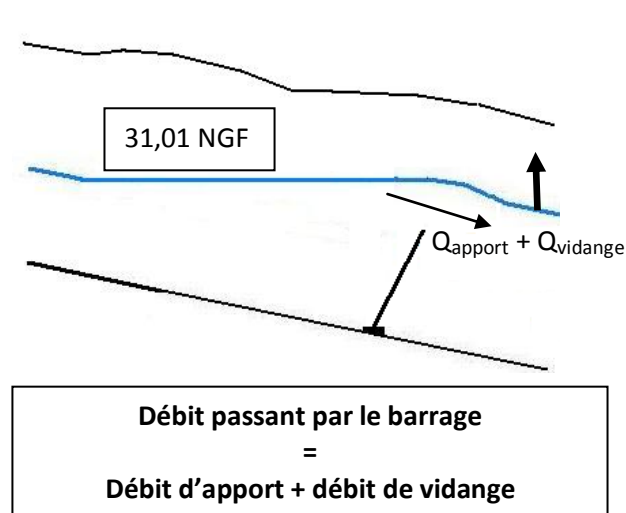
- la largeur des barrages,
- la vitesse d'abaissement du clapet.

Le clapet s'abaisse pour maintenir un niveau amont constant en fonction du débit d'apport, donc la vitesse d'abaissement du clapet dépend de l'évolution du débit d'apport. Le calcul du débit de vidange est donc assez complexe et varie constamment dans le temps.

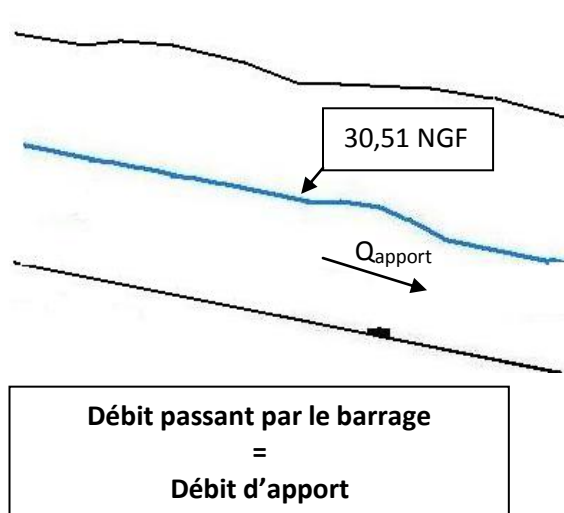
Afin de donner un ordre de grandeur de ce débit de vidange partielle, on considère la période durant laquelle le clapet est :

- en cours d'abaissement dans le cas de la gestion actuelle,
- totalement abaissé dans le cas de l'abaissement préventif.

Gestion actuelle



Abaissement préventif



Dans le cas de l'abaissement préventif, le débit passant par le barrage correspond exactement au débit d'apport arrivant de l'amont. En revanche, dans le cas de la gestion actuelle, le débit transitant par le barrage est composé du débit d'apport et du débit de vidange. Ainsi, la différence entre ces deux débits passant par le barrage permet d'avoir une estimation du débit de vidange :

- A Venette, le débit de vidange partielle ne dépasse pas les $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, avec une moyenne de $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$;
- A Pontoise, le débit d'apport qui arrive de l'amont intègre les débits de vidange partielle de tous les barrages situés à l'amont (de Venette à l'Isle Adam). La différence de débit qui passe au barrage entre les deux modes de gestion est de $6,9 \text{ m}^3/\text{s}$ au maximum avec une moyenne de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

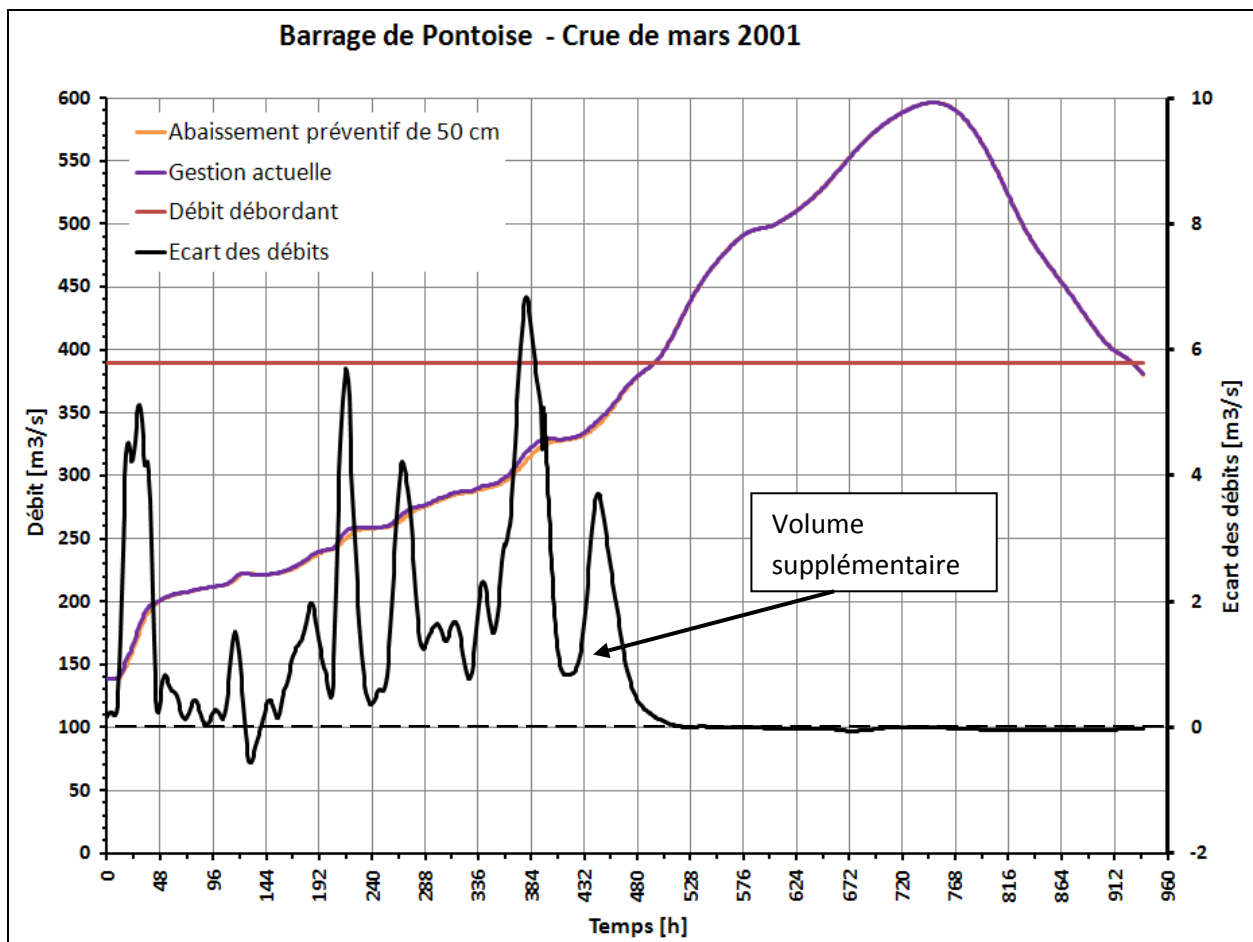
Volume de vidange

On cherche à présent à estimer le volume qui est évacué avant la montée de la crue dans le cas de l'abaissement préventif.

En gestion actuelle, ce volume est retenu derrière les clapets. Lors de la montée de la crue, les clapets s'abaissent et une partie de ce volume se vidange. Lorsque les clapets sont totalement abaissés tout le volume retenu s'est évacué.

Le volume qui passe à Pontoise intègre les volumes d'apport et de vidange de tous les barrages amont. En comparant le volume qui passe à Pontoise jusqu'à l'abaissement total des clapets dans les deux cas de gestion, on obtient une estimation du volume vidangé avant la montée de la crue par l'abaissement préventif de tous les barrages de l'Oise.

La courbe noire du graphique ci-dessous représente la différence de débit entre le mode de gestion actuel et l'abaissement préventif. L'aire sous cette courbe donne le volume supplémentaire vidangé en gestion actuelle par tous les barrages. Ce volume correspond au volume vidangé par l'abaissement préventif de 50 cm avant la montée de la crue.



Le volume supplémentaire qui passe au barrage de Pontoise dans le cas de la gestion actuelle est d'environ 3,2 millions de m³ d'eau.

Le volume évacué avant la montée de crue par l'abaissement préventif de 50 cm de tous les barrages de l'Oise est donc estimé à environ 3,2 millions de m³. En gestion actuelle, ce volume s'évacue avant les premiers débordements.

F. Abaissement préventif plus important

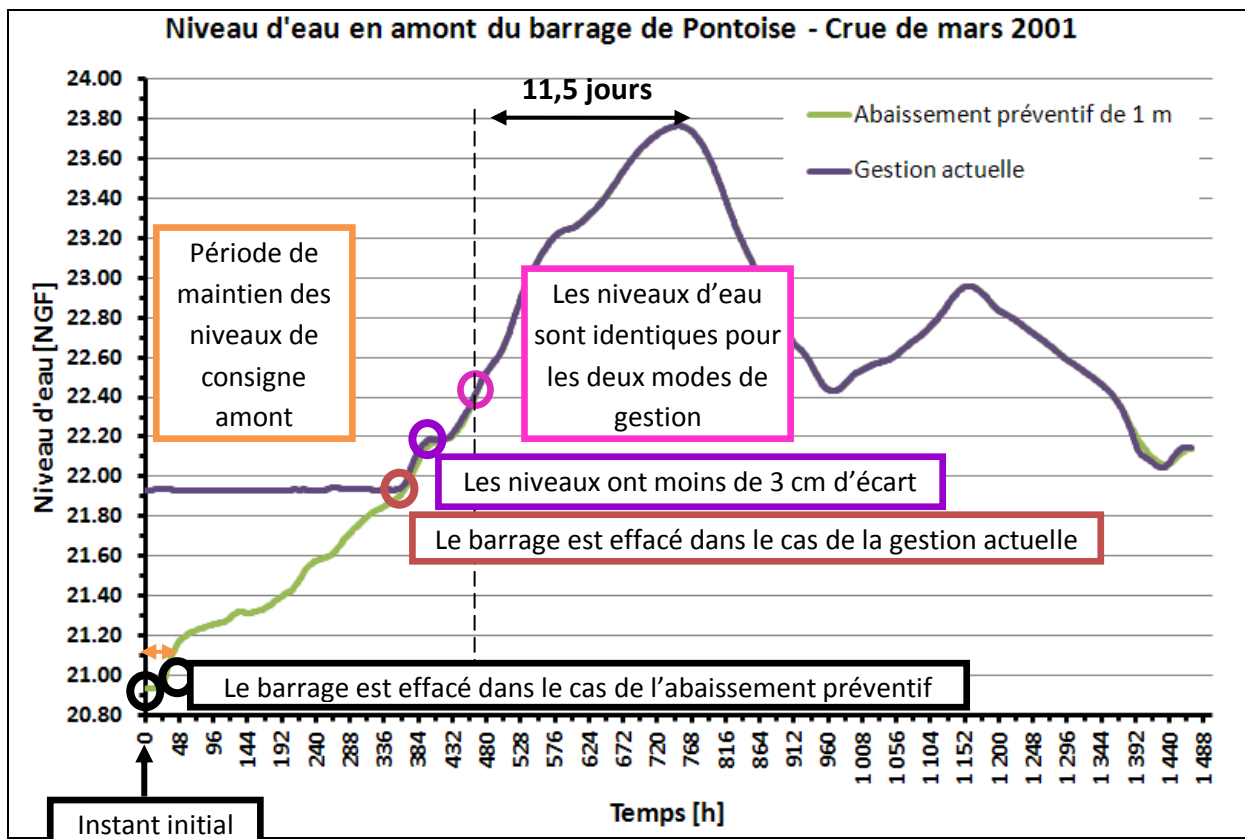
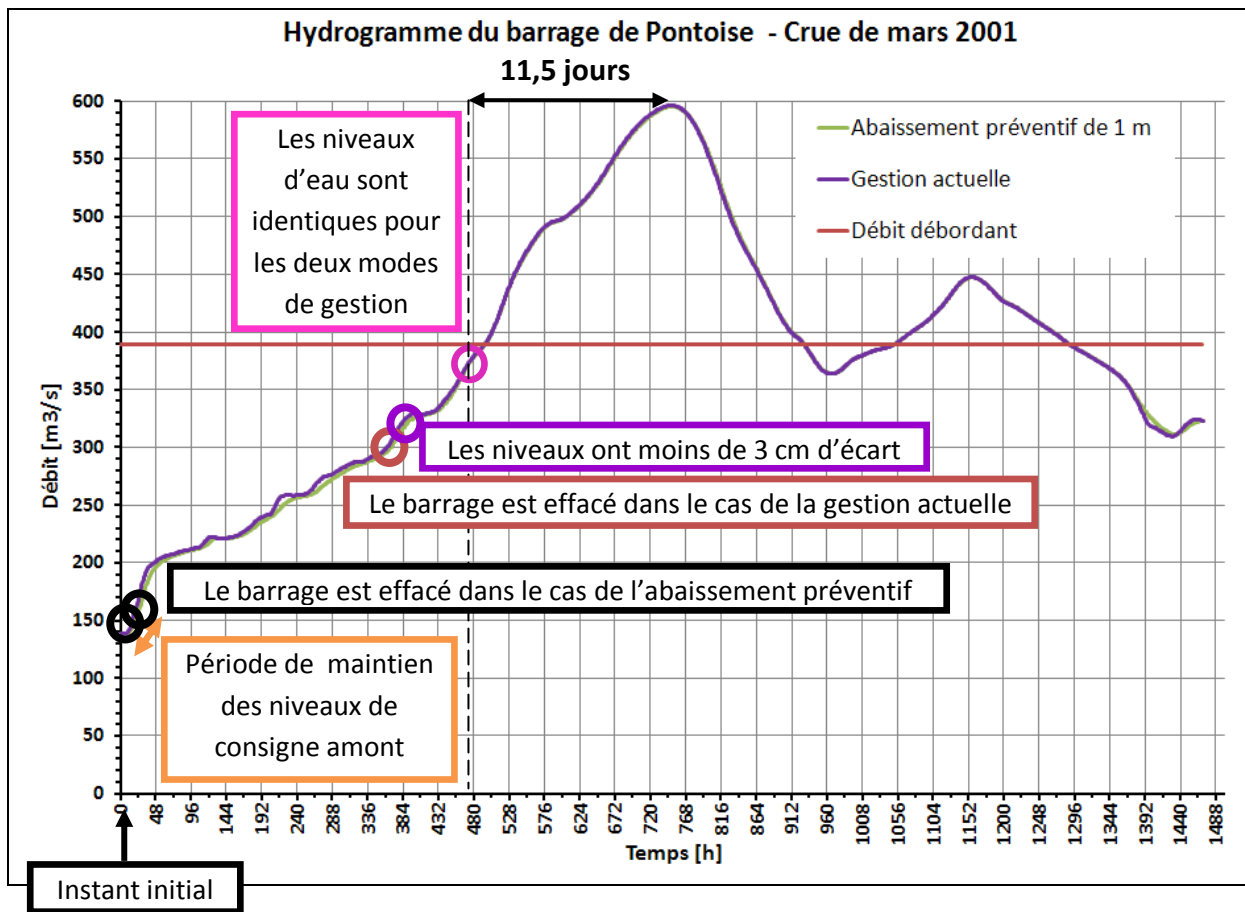
On a vu précédemment qu'un abaissement préventif de 50 cm des barrages de l'Oise n'avait pas d'impact sur les niveaux d'eau en crue. On souhaite alors tester un abaissement préventif plus important.

L'écart entre le niveau amont et aval des barrages varie entre 1 et 1,30 m au début de la montée de crue. On décide alors de tester un abaissement préventif de 1 m de tous les barrages de l'Oise et d'étudier les impacts de cet abaissement au niveau du barrage de Pontoise.

1. Le barrage de Pontoise

Les résultats pour le barrage de Pontoise sont donnés dans le tableau suivant :

Instants clés	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau amont [NGF]	
			Gestion actuelle	Abaissement préventif de 1 m
Instant initial	t = 0	138	21,93	20,93
Maintien des niveaux amont	0 < t < 12	138 < Q < 139	21,93	20,93
Barrage effacé en abaissement préventif	30	168	21,94	21,01
Barrage effacé en gestion actuelle	363	297	21,96	21,93
Moins de 3 cm d'écart sur les niveaux d'eau	393	324	22,17	22,14
Niveaux d'eau identiques	470	370	22,46	22,46



○ A l'instant initial, avant que la crue ne commence, le barrage automatisé est calé pour maintenir le niveau de consigne amont.

↔ Puis, le débit augmente et les clapets s'abaissent partiellement pour conserver le niveau de consigne.

○ Avec l'abaissement préventif, le niveau de consigne est maintenu jusqu'à un débit de $168 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 30 \text{ h}$). Au-delà, les clapets sont complètement abaissés et le niveau d'eau, qui n'est alors plus maintenu constant par l'action des clapets, augmente avec l'augmentation du débit.

○ Pour le mode de gestion actuel, les clapets sont totalement effacés à partir d'un débit de $297 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 363 \text{ h}$). A cet instant les niveaux d'eau sont très proches dans les deux cas de gestion des barrages (21,96 et 21,93 NGF).

On remarque que le débit est légèrement supérieur en gestion actuelle, ce qui s'explique par le fait que les volumes à vidanger par les barrages sont plus importants que dans le cas d'un abaissement préventif.

Le temps que le volume, qui est déjà évacué dans le cas de l'abaissement préventif, arrive à Pontoise, les débits restent supérieurs pour le cas de la gestion actuelle. C'est pourquoi les niveaux d'eau deviennent identiques plusieurs heures après l'effacement total du barrage.

○ A partir de l'instant $t = 393 \text{ h}$ (débit de $324 \text{ m}^3/\text{s}$), on observe moins de 3 cm d'écart entre les niveaux d'eau des deux modes de gestion.

○ A partir de 470 h (débit de $370 \text{ m}^3/\text{s}$), le volume de vidange supplémentaire arrivant des barrages amont s'est totalement évacué de la vallée de l'Oise, les débits sont donc identiques dans les deux cas de gestion tout comme le régime d'écoulement (graduellement varié). La loi qui détermine les niveaux d'eau en fonction notamment des débits est donc la même, les niveaux d'eau dans le bief sont alors également identiques que l'on soit en mode de gestion actuel ou en abaissement préventif.

Ainsi, à partir de 470 h, soit 11,5 jours avant le pic de crue, l'abaissement préventif n'a plus d'incidence sur les niveaux d'eau.

2. Volume de débordement

Le tableau ci-dessous donne les débits, durées et volumes de débordement calculés pour les deux modes de gestion au barrage de Pontoise.

		Débit de débordement [m ³ /s]	Durée du débordement [j]	Volume de débordement [m ³]	Volume total apporté par l'Oise [m ³]
Pontoise	Gestion actuelle	389,3	27,96 (27j 23h)	203 920 000	2 008 000 000
	Abaissement préventif de 1 m		27,88 (27j 21h)		
Ecart			2h (0,3%)	(0,01%)	(0,3%)

Il y a un gain d'environ 2 heures de submersion à Pontoise.

Le gain en volume de débordement est de 20 000 m³, soit 0,01% du volume total de débordement.

L'écart en volume total sur le barrage de Pontoise vient du fait qu'en abaissement préventif un certain volume d'eau est évacué de chaque barrage amont avant le début de la crue.

L'abaissement préventif de 1 m a très peu d'influence sur les volumes de débordement pour une crue de type mars 2001.

La raison est que lorsque le débit de débordement est atteint, les barrages sont déjà abaissés et le volume vidangé avant le début de la crue en abaissement préventif a eu le temps de s'évacuer de la vallée de l'Oise en gestion actuelle. Ceci implique que les débits passants pas les barrages sont égaux et que les volumes de débordement sont également identiques dans les deux cas de gestion.

3. Niveaux d'eau maximum

Le tableau ci-dessous contient les niveaux maximum atteints aux barrages pour les deux modes de gestion et une crue de type mars 2001.

	Mode de gestion actuel		Abaissement préventif de 1 m	
	Niveau maximal au point bas amont [NGF]	Niveau maximal au barrage [NGF]	Niveau maximal au point bas amont [NGF]	Niveau maximal au barrage [NGF]
Venette	33,03	32,75	33,03	32,75
Verberie		31,40		31,40
Sarron		30,35		30,35
Creil		28,50		28,50
Boran		26,85		26,85
Isle-Adam		25,80		25,80
Pontoise	24,30	23,80	24,30	23,80

L'abaissement préventif de 1 m des barrages de l'Oise, n'a aucune incidence visible sur les niveaux maximum atteints lors d'une crue de type mars 2001.

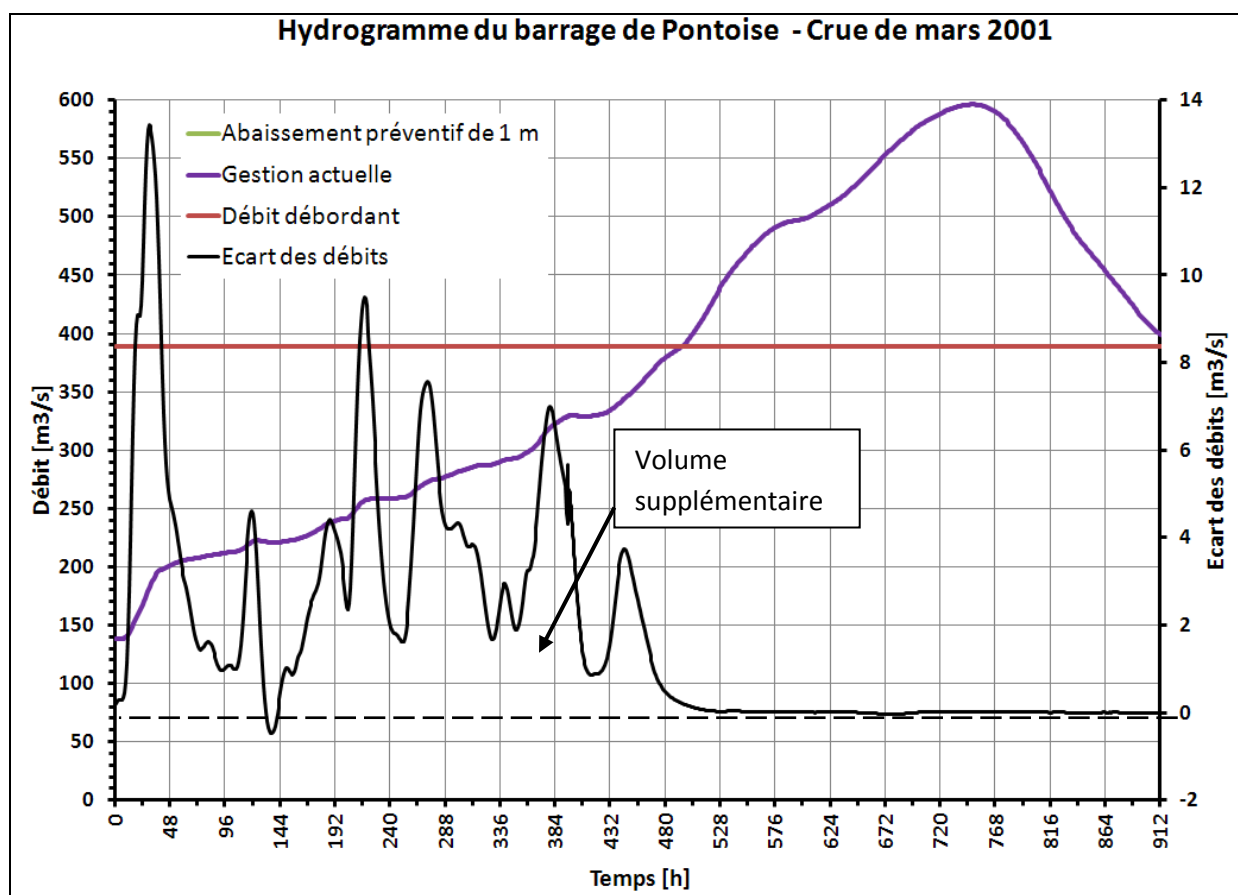
Les barrages étant abaissés avant les premiers débordements, les débits qui passent aux barrages sont identiques et l'écoulement suit le même régime dans les deux cas de gestion. La position initiale des barrages n'a alors plus d'incidence sur les niveaux d'eau dans l'Oise lors des débordements.

4. La vidange partielle

Le graphique ci-dessous montre l'écart des débits entre le mode de gestion actuel et l'abaissement préventif.

Le débit de vidange partielle est de $13,4 \text{ m}^3/\text{s}$ au maximum avec une moyenne de $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'aire sous la courbe noire donne le volume supplémentaire vidangé en gestion actuelle par tous les barrages. Ce volume correspond au volume vidangé par l'abaissement préventif de 1 m avant la montée de la crue.



Le volume supplémentaire qui passe au barrage de Pontoise dans le cas de la gestion actuelle est d'environ 6 millions de m^3 d'eau.

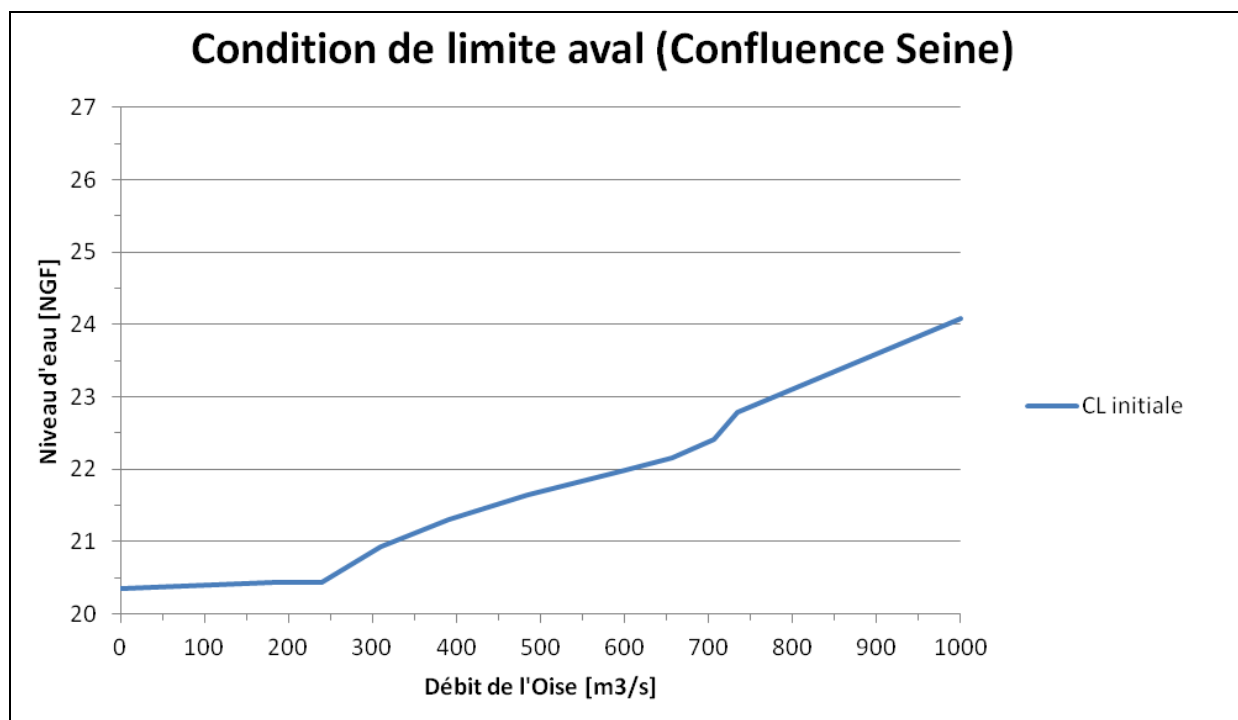
Le volume évacué avant la montée de la crue par l'abaissement préventif de 1 m de tous les barrages de l'Oise est donc estimé à environ 6 millions de m^3 . En gestion actuelle, ce volume s'évacue avant les premiers débordements.

Pour conclure, quel que soit le volume vidangé préventivement, les barrages sont effacés avant les premiers débordements pour de fortes crues et l'abaissement préventif n'influence ni les volumes ni les niveaux d'eau lors de ces débordements.

V. Sensibilité à une crue de la Seine

A. Condition limite aval

Le modèle hydraulique utilisé dans le cadre de cette étude s'arrête à la confluence de l'Oise avec la Seine. La condition de limite aval du modèle est donc située à Conflans-Sainte-Honorine. Il s'agit d'une loi de niveau d'eau en fonction du débit : le niveau d'eau est imposé suivant le débit de l'Oise et en faisant une hypothèse sur les niveaux de la Seine. Cette condition limite (dite « condition limite initiale ») a été calée sur les laisses de crue de décembre 1993 observées sur l'ensemble du bassin versant de l'Oise.



Si les niveaux du barrage d'Andresy sur la Seine sont connus pour certaines crues, les débits de l'Oise correspondants n'ont jamais été calculés à la station de Pontoise. Dans l'état actuel du modèle, on ne peut donc rattacher les débits de Pontoise à ceux d'un barrage de la Seine.

Le but de cette étude n'est pas de modéliser la crue de mars 2001 de manière précise, mais d'évaluer l'impact d'un abaissement préventif des barrages dans différentes conditions.

En mars 2001, la crue de la Seine a été estimée à une crue décennale. Dans ce cas (crue de type mars 2001 sur l'Oise et crue décennale sur la Seine), il a été démontré, dans les paragraphes précédents, que l'abaissement préventif des barrages n'a pas d'influence sur les niveaux d'eau lors des débordements.

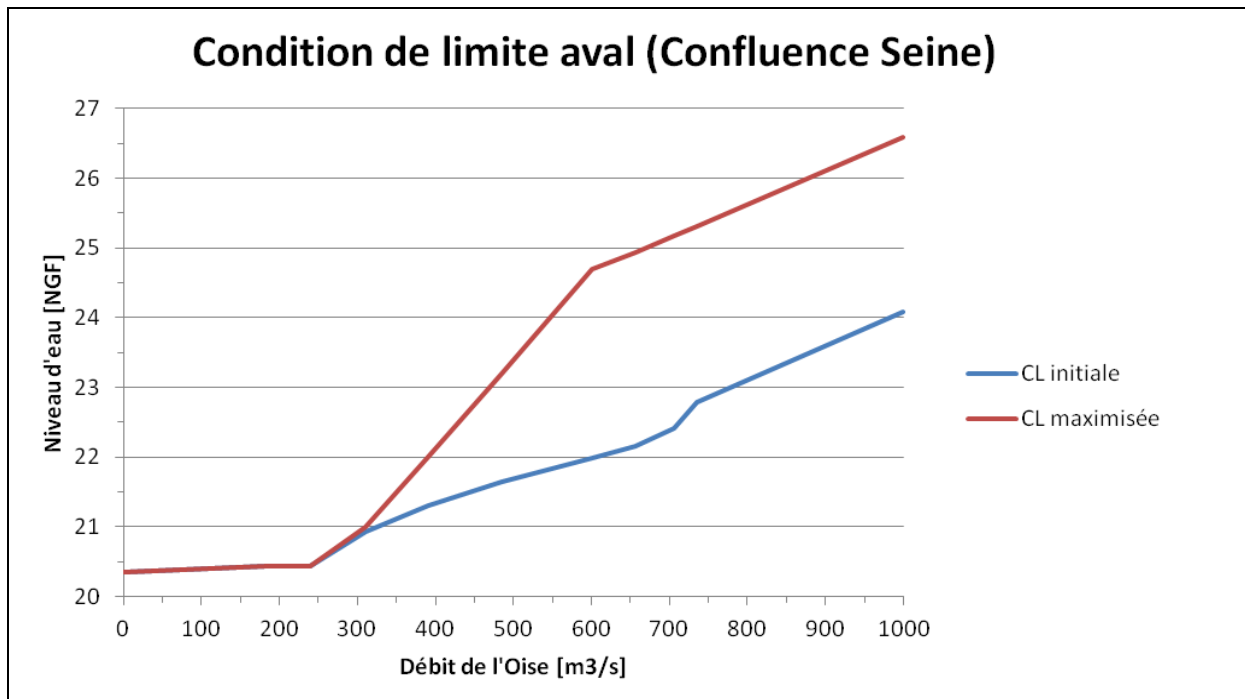
Nous allons à présent évaluer l'impact de l'abaissement préventif des barrages de l'Oise pour une crue de type mars 2001 sur l'Oise et pour une crue centennale de la Seine.

B. Condition limite aval maximisée

Pour déterminer la sensibilité du principe de l'abaissement préventif aux niveaux de la Seine, on crée une condition limite aval théorique et maximisée.

Le niveau le plus élevé relevé à Andresy sur la Seine est de 24,33 NGF lors de la crue de 1910 (24,71 NGF à Conflans-Sainte-Honorine). La crue de 1910 est estimée comme étant une crue centennale sur la Seine. On modifie la condition limite initiale en considérant que lorsque la pointe de crue de l'Oise de mars 2001 (débit d'environ 600 m³/s) arrive à Conflans-Sainte-Honorine, on a simultanément une crue de type 1910 sur la Seine. On considère également que les deux pointes de crues arrivent en même temps à la confluence, ce qui maximise l'impact des niveaux de la Seine sur ceux de l'Oise. Lorsque les pointes de crues de deux rivières arrivent en même temps à la confluence, on dit qu'il y a concomitance.

On obtient alors une condition limite aval maximisée, représentée dans le graphique ci-dessous :



Cette condition limite aval maximisée diffère de la condition limite initiale pour un débit de l'Oise d'environ 250 m³/s, soit à partir de l'instant t = 211 h pour la crue de mars 2001.

C. Sensibilité de l'abaissement préventif

La sensibilité à la crue centennale de la Seine est testée pour un abaissement préventif de 50 cm des barrages et une crue de type mars 2001 sur l'Oise.

Les niveaux de la Seine n'influencent pas ceux de l'Oise en amont de Creil.

Les résultats pour le barrage de Pontoise sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

		Condition limite initiale			Condition limite maximisée		
Moment de la crue	Mode de gestion	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau d'eau amont [NGF]	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau d'eau amont [NGF]
Effacement des clapets	Avec abaissement préventif de 50 cm	205	242	21,44	205	242	21,44
	Gestion actuelle	363	297	21,96	356	296	21,95
Niveaux d'eau identiques	Avec abaissement préventif de 50 cm	470	370	22,46	479	376	22,79
	Gestion actuelle						
Pic de crue	Avec abaissement préventif de 50 cm	749	596	23,80	770	582	25,16
	Gestion actuelle						

Effacement des clapets

En abaissement préventif, la condition limite aval maximisée n'influence pas l'effacement des clapets puisqu'elle ne diffère de la condition limite initiale qu'à partir de l'instant $t = 239$ h.

En gestion actuelle, à cet instant les clapets sont en cours d'abaissement. Les niveaux élevés de la Seine ralentissent alors la crue de l'Oise. Les niveaux à l'aval du barrage de Pontoise atteignent plus rapidement le niveau de consigne amont, ainsi les clapets sont effacés plus tôt.

Niveaux d'eau identiques

Après l'effacement des clapets, l'écoulement passe du régime brusquement varié au régime graduellement varié. On rappelle que lorsque le régime graduellement varié est atteint pour les deux modes de gestion, les niveaux d'eau deviennent identiques.

La condition limite maximisée diffère de la condition limite initiale à partir de l'instant $t = 239$ h. Ainsi, pour la gestion actuelle, ce changement de régime se fait entièrement sous influence des niveaux maximisés de la Seine. Ils freinent le processus et l'écoulement met plus de temps à atteindre le régime graduellement varié. Les niveaux d'eau des deux modes de gestion suivent donc la même loi plus tardivement : $t = 479$ h et $Q = 376$ m³/s au lieu de $t = 470$ h et $Q = 370$ m³/s pour la condition limite aval initiale.

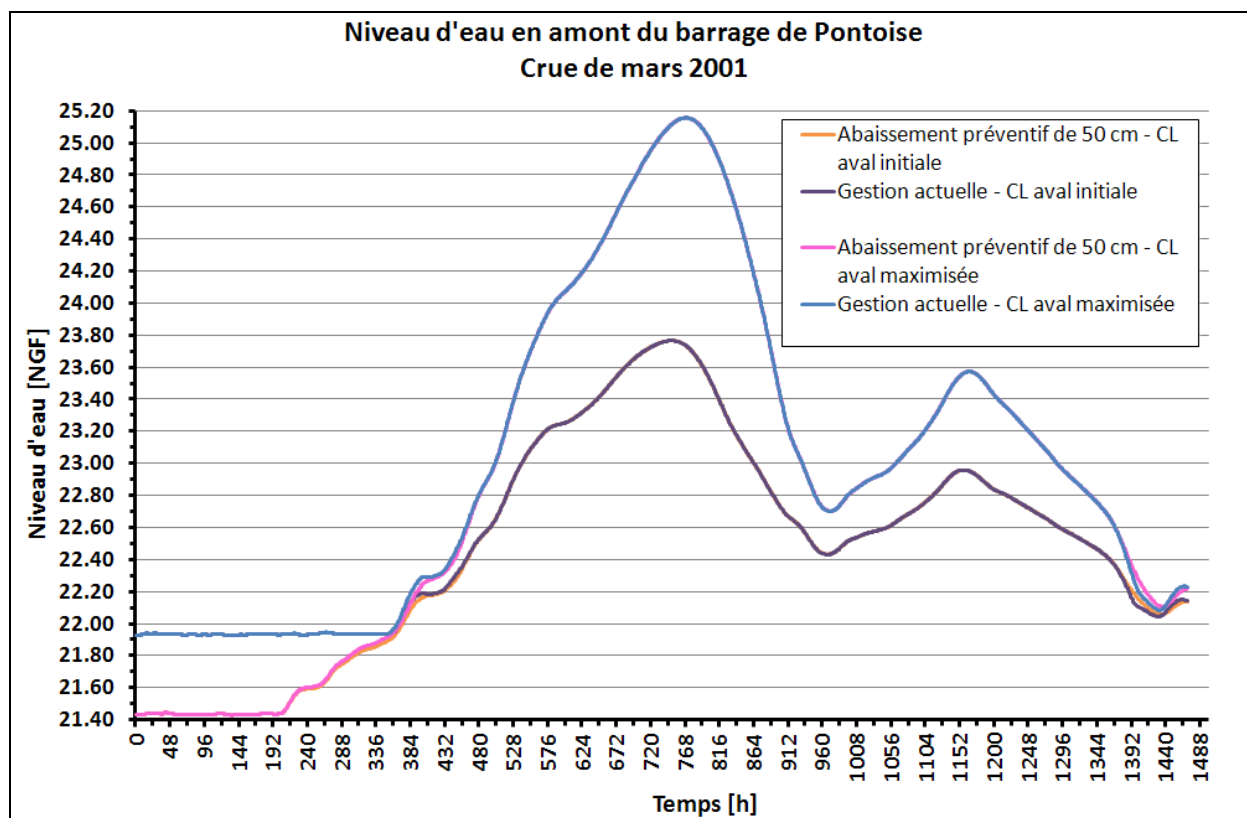
En condition limite maximisée, l'effet de l'abaissement préventif ne se fait donc plus ressentir à partir d'un débit de 376 m³/s. Le débit de débordement au niveau du barrage de Pontoise est de 389 m³/s, donc **l'abaissement préventif n'a plus d'influence sur les niveaux d'eau après les premiers débordements.**

Pic de crue

Lors du passage du pic de crue de l'Oise et de la Seine, les barrages sont abaissés dans les deux cas de gestion. La crue de l'Oise est ralentie par les niveaux élevés de la Seine. Le débit de l'Oise ne peut pas s'évacuer complètement dans la Seine, ce qui engendre une montée importante des niveaux de l'Oise. Ainsi, **au maximum de la crue, les niveaux d'eau de l'Oise sont plus élevés dans les deux cas de gestion avec la condition limite maximisée.**

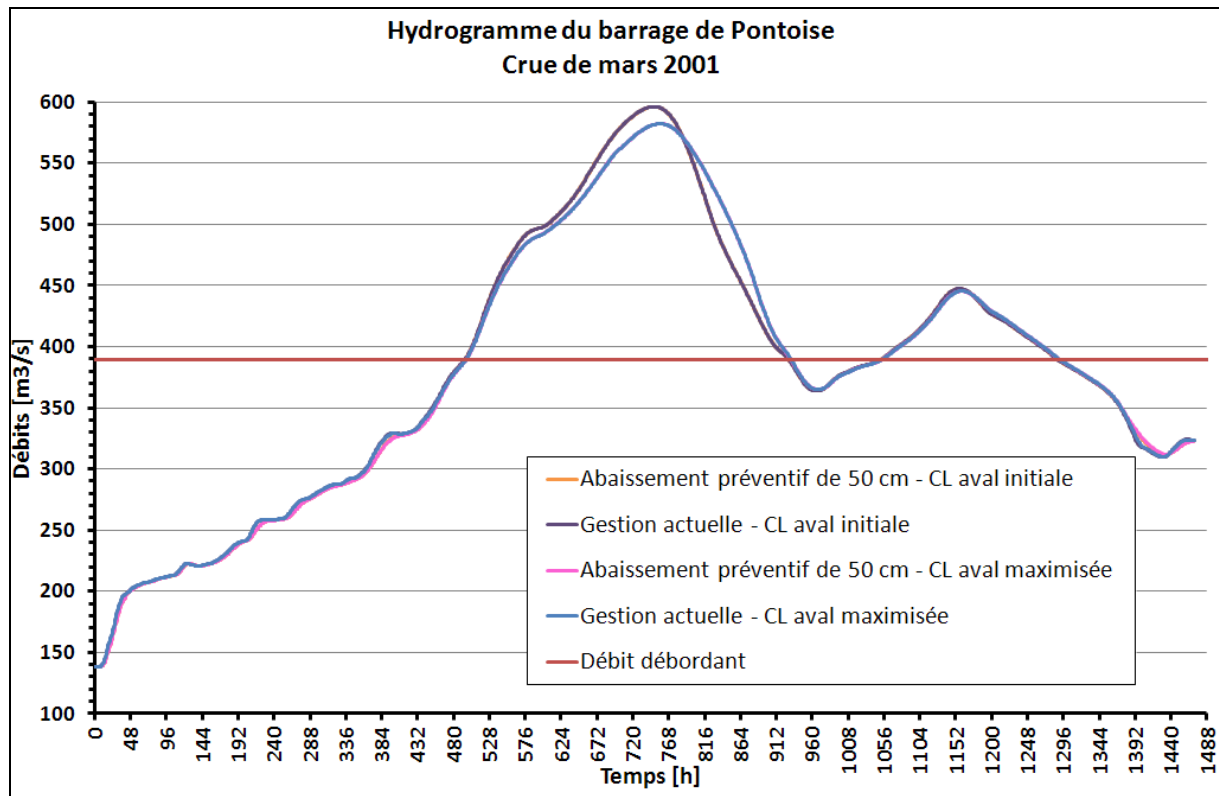
Le graphique ci-dessous montre l'évolution des niveaux d'eau pour :

- les deux modes de gestion : actuel et avec un abaissement préventif de 50 cm,
- les deux conditions de limite aval : initiale et maximisée.



On constate donc que la Seine influence considérablement les niveaux de l'Oise à Pontoise.

Les niveaux élevés de la Seine modifient les conditions d'écoulement à la confluence et modifient donc la forme de l'hydrogramme (voir la courbe ci-dessous). Les débits transitants par le barrage de Pontoise sont moindres au maximum de la crue pour une condition limite aval maximisée et la pointe de crue est retardée. En revanche les débits sont plus élevés une fois la pointe de crue passée, à ce moment les niveaux de la Seine baissent laissant le volume de l'Oise s'écouler.



Volumes de crue

Le tableau ci-dessous donne les débits, durées et volumes de débordement calculés pour les deux modes de gestion et les deux conditions limites au barrage de Pontoise.

Pontoise		Débit de débordement [m ³ /s]	Durée du débordement [j]	Volume de débordement [m ³]
Condition limite initiale	Gestion actuelle	389,3	27,96 (27j 23h 2min)	203 940 000
	Abaissement préventif de 50 cm		27,9 (27j 21h 36min)	203 870 000
Ecart			1h 26min (0,2%)	(0,03%)
Condition limite maximisée	Gestion actuelle	389,3	28,04 (28j 1h)	203 615 000
	Abaissement préventif de 50 cm		28,04 (28j 1h)	203 595 000
Ecart			0 (0%)	(0,01%)

Résultats pour une crue de type mars 2001

Condition limite initiale

Il y a un gain d'environ 1h30 de submersion à Pontoise et 70 000 m³, soit 0,03% du volume total de débordement.

Condition limite maximisée

On rappelle que ce scénario correspond à un évènement de crue de type mars 2001 sur l'Oise et à une crue centennale sur la Seine. Le volume de débordement est supérieur de 20 000 m³ en gestion actuelle soit 0,01% du volume total de débordement.

On vient de voir qu'un abaissement des barrages de l'Oise effectué préventivement à une crue centennale sur la Seine et à une crue de type mars 2001 sur l'Oise, n'influencerait significativement ni les niveaux d'eau ni les volumes lors des débordements de l'Oise.

Le volume qui est vidangé avant la montée de la crue dans le cas de l'abaissement préventif s'évacue de la vallée de l'Oise avant les premiers débordements en mode de gestion actuelle par l'action de l'abaissement des clapets.

On peut se demander si, pour une crue différente de celle de mars 2001, le volume qui est vidangé avant le début de la crue en abaissement préventif a le temps de se vidanger avant les premiers débordements avec la gestion actuelle des barrages.

Dans le chapitre suivant une crue différente de celle de mars 2001 est testée : la crue de février 1995.

VI. La crue de février 1995

On simule une crue de type février 1995 à partir du 1 décembre 1994 jusqu'au 28 février 1995 pour les deux modes de gestion suivants :

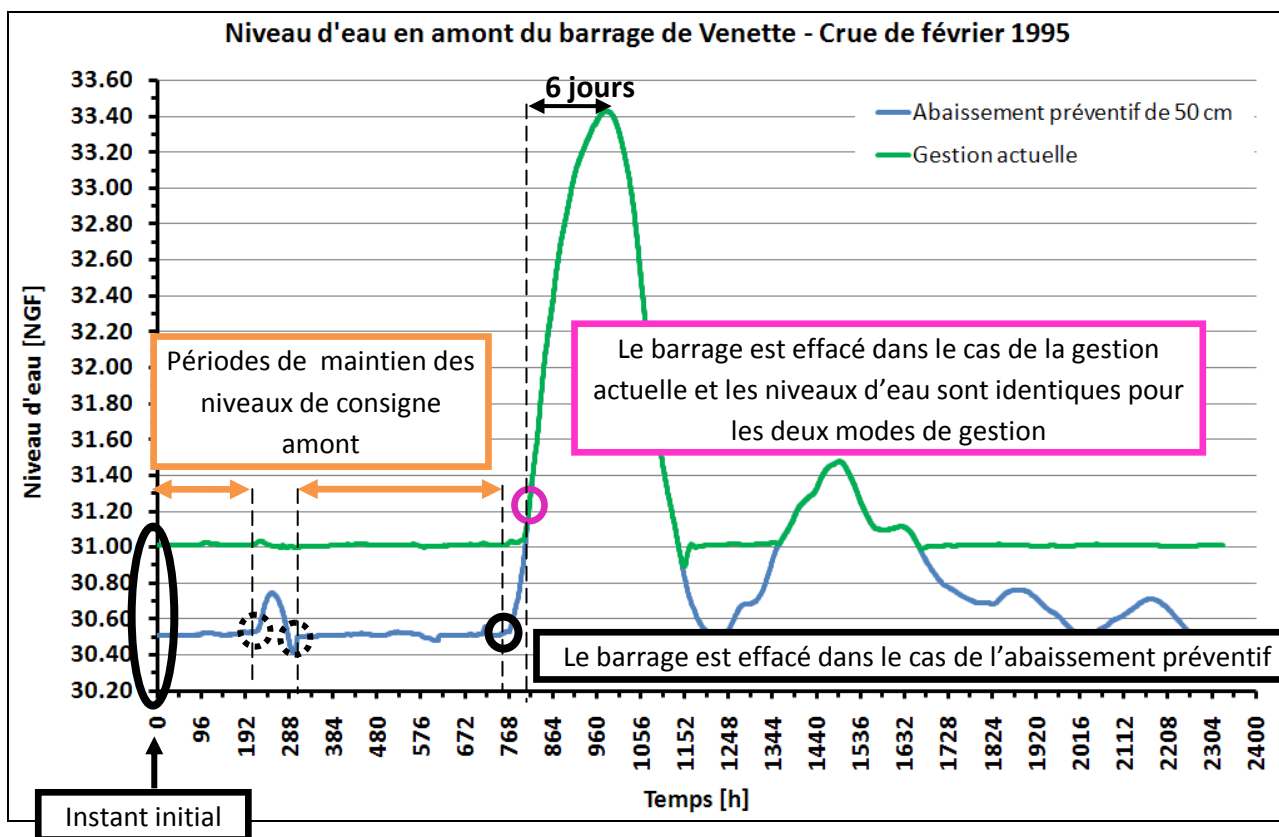
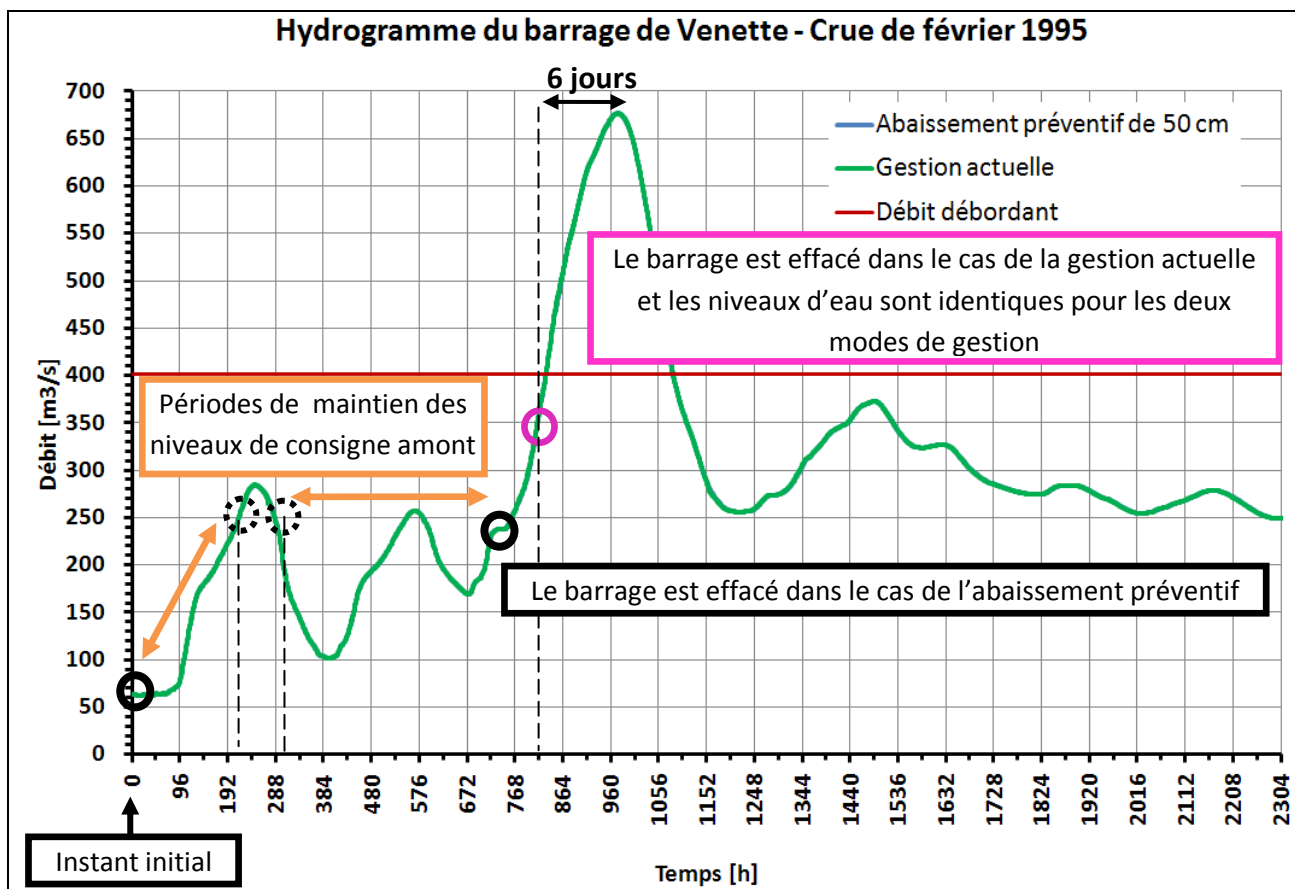
- gestion actuelle,
- abaissement préventif de 50 cm de tous les barrages de l'Oise.

La crue de février 1995 se caractérise par la présence de 2 pics avant le pic de crue le plus fort. Pour ce dernier, la pente de l'hydrogramme est assez prononcée ce qui signifie que sa montée a été plus rapide que pour la crue de mars 2001.

A. Le barrage de Venette

Ci-dessous l'hydrogramme et les courbes de niveaux d'eau au barrage de Venette avec l'identification des instants clés de la crue.

Instants clés	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau amont [NGF]	
			Gestion actuelle	Abaissement préventif de 50 cm
Instant initial	t = 0	63	30,01	30,51
Maintien des niveaux amont	0 < t < 218	63 < Q < 258	30,01	30,51
Barrage effacé en abaissement préventif	773	263	31,03	30,56
Barrage effacé en gestion actuelle et niveaux d'eau identiques	813	346	31,23	31,23



○ A l'instant initial, avant que la crue ne commence, le barrage automatisé est calé pour maintenir le niveau de consigne amont.

↔ Puis, le débit augmente et les clapets s'abaissent partiellement pour conserver le niveau de consigne.

⊙ Avec l'abaissement préventif, la première pointe de crue dépasse le débit maximum qui peut être régulé par le clapet, ce dernier est donc totalement abaissé une première fois à $t = 218$ h puis reprend la régulation à $t = 285$ h.

○ Avec l'abaissement préventif, le niveau de consigne est maintenu jusqu'à un débit de $239 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 750$ h). Au-delà, les clapets sont complètement abaissés et le niveau d'eau, qui n'est alors plus maintenu constant par l'action des clapets, augmente avec l'augmentation du débit.

○ Pour le mode de gestion actuel, les clapets sont totalement effacés à partir d'un débit de $346 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 813$ h). Au-delà, le niveau d'eau augmente avec l'augmentation du débit.

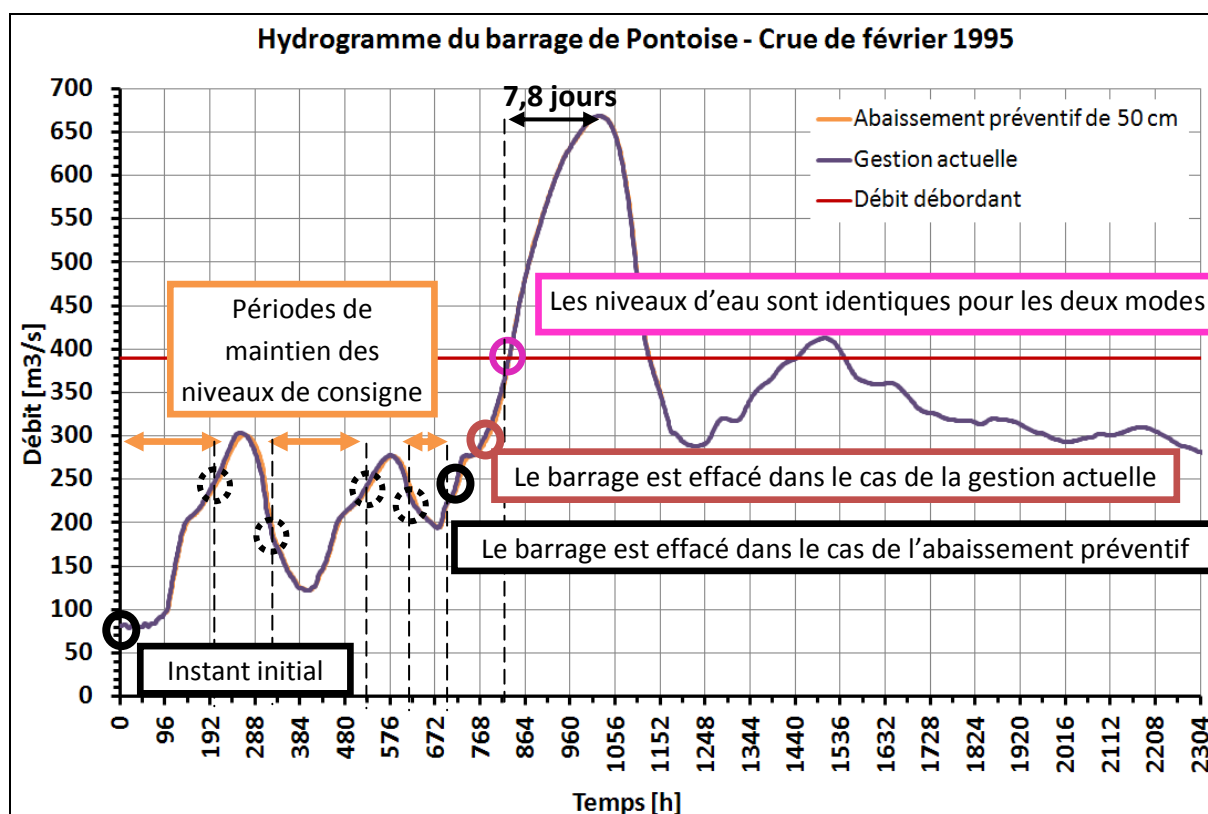
A partir de 813 h, le régime d'écoulement au niveau du barrage est le même dans les deux cas de gestion (régime graduellement varié). La loi qui détermine les niveaux d'eau en fonction notamment des débits est donc la même. Les débits étant identiques puisque l'on considère la même crue, les niveaux d'eau dans le bief sont alors également identiques que l'on soit en mode de gestion actuel ou en abaissement préventif.

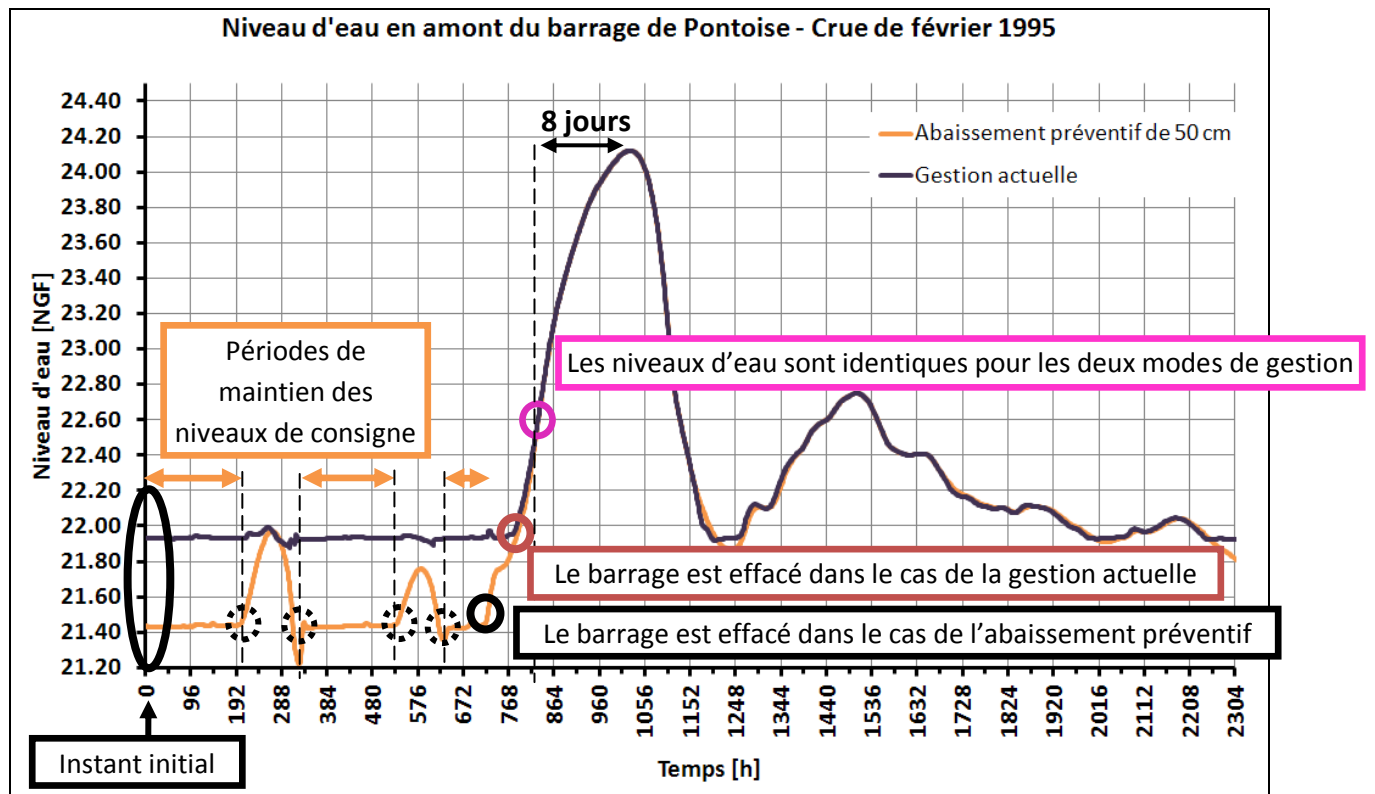
Ainsi, à partir de 813 h, soit 6 jours avant le pic de crue, l'abaissement préventif n'a plus d'incidence sur les niveaux d'eau.

B. Le barrage de Pontoise

Ci-dessous l'hydrogramme et les courbes de niveaux d'eau au barrage de Pontoise avec l'identification des instants clés de la crue.

Instants clés	Instant t [h]	Débit Q [m ³ /s]	Niveau amont [NGF]	
			Gestion actuelle	Abaissement préventif de 50 cm
Instant initial	t = 0	81	21,93	21,43
Maintien des niveaux amont	0 < t < 201	81 < Q < 242	21,93	21,43
Barrage effacé en abaissement préventif	725	253	21,97	21,52
Barrage effacé en gestion actuelle	785	306	22,01	21,95
Niveaux d'eau identiques	833	399	22,65	22,65





○ A l'instant initial, avant que la crue ne commence, le barrage automatisé est calé pour maintenir le niveau de consigne amont.

↔ Puis, le débit augmente et les clapets s'abaissent partiellement pour conserver le niveau de consigne.

⊙ Avec l'abaissement préventif, la première et la seconde pointe de crue dépassent le débit maximum qui peut être régulé par les clapets, ces derniers sont donc totalement abaissés deux fois avant de reprendre la régulation.

○ Avec l'abaissement préventif, le niveau de consigne est maintenu jusqu'à un débit de $253 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 725 \text{ h}$). Au-delà, les clapets sont complètement abaissés et le niveau d'eau, qui n'est alors plus maintenu constant par l'action des clapets, augmente avec l'augmentation du débit.

○ Pour le mode de gestion actuel, les clapets sont totalement effacés à partir d'un débit de $306 \text{ m}^3/\text{s}$ ($t = 785 \text{ h}$). Au-delà, le niveau d'eau augmente avec l'augmentation du débit.

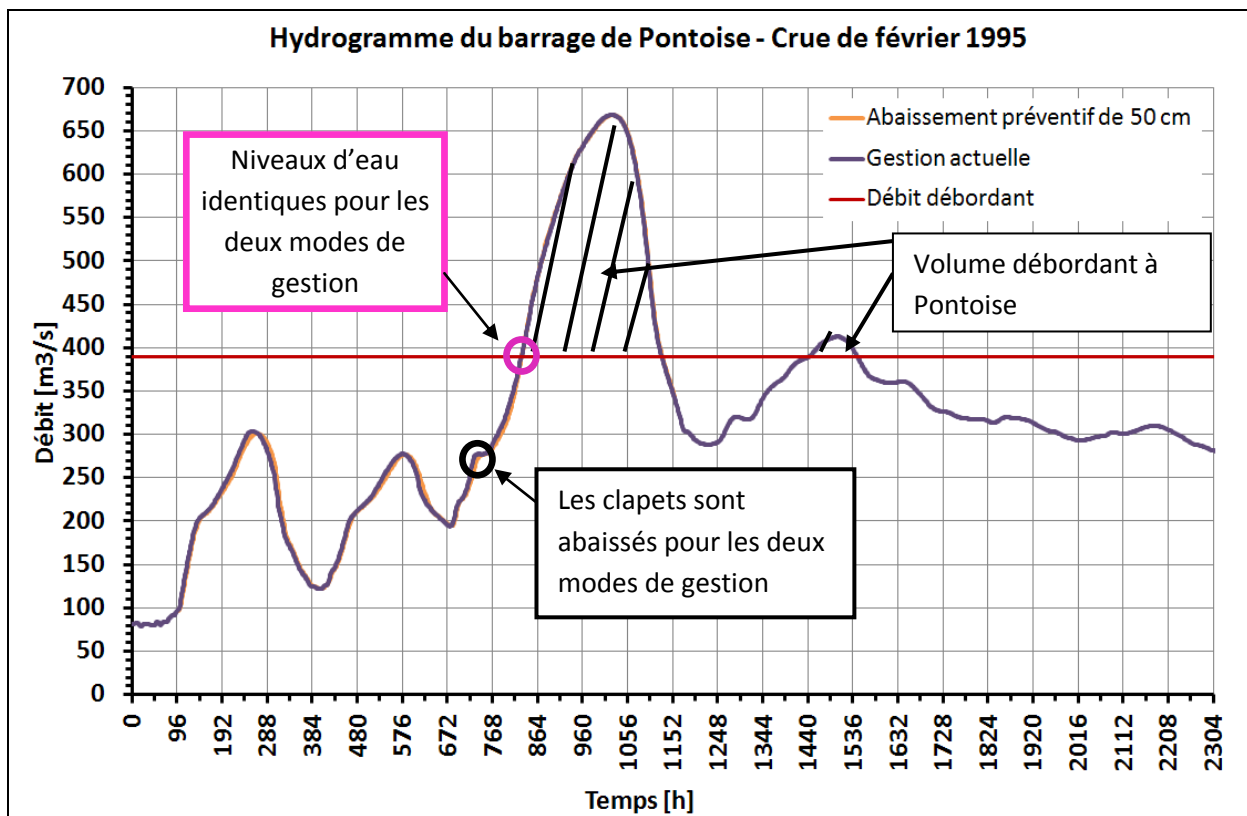
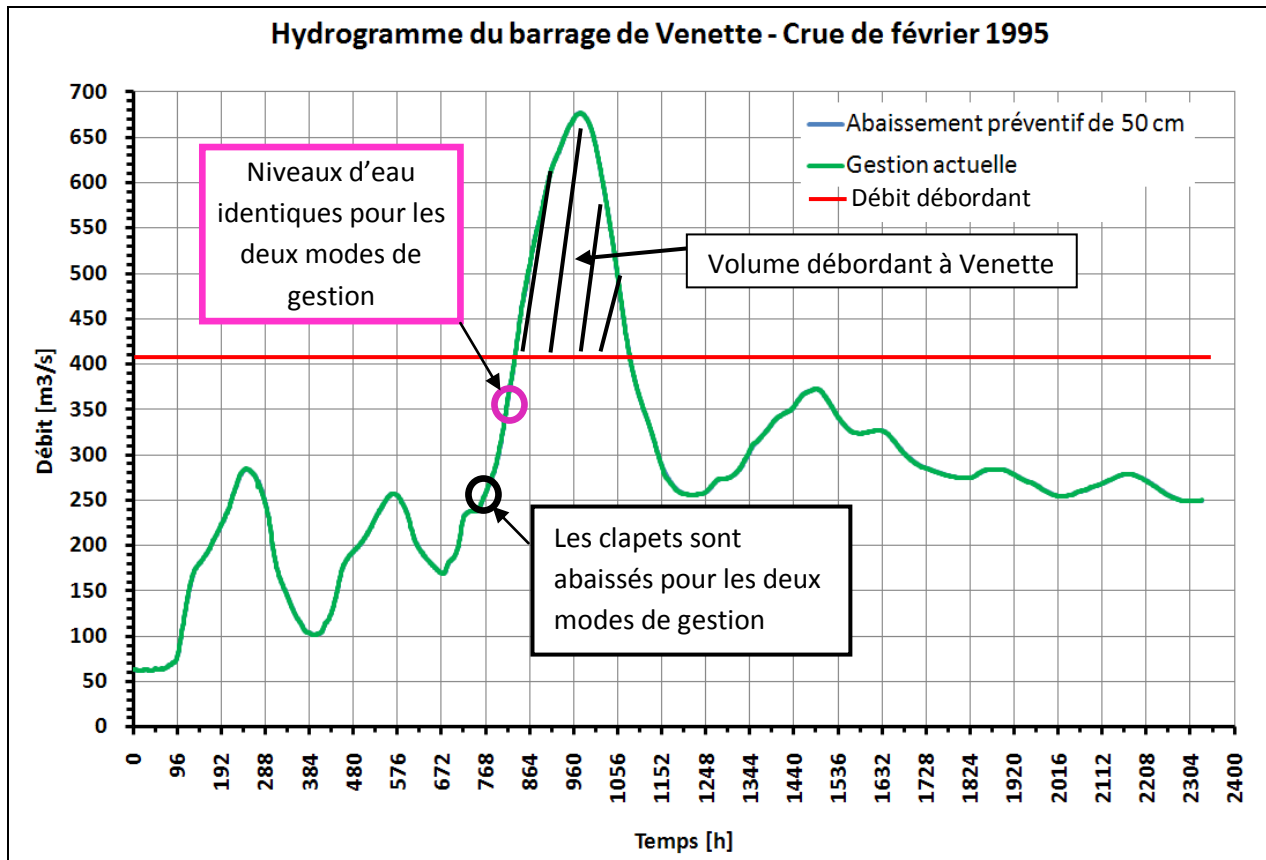
○ A partir de 833 h (débit de $399 \text{ m}^3/\text{s}$), le régime d'écoulement au niveau du barrage est le même dans les deux cas (régime graduellement varié). La loi qui détermine les niveaux d'eau en fonction notamment des débits est donc la même. Les débits étant identiques puisque l'on considère la même crue, les niveaux d'eau dans le bief sont alors également identiques que l'on soit en mode de gestion actuelle ou en abaissement préventif.

Le débit de débordement est dépassé lorsque les niveaux deviennent identiques dans les deux cas de gestion. On détaillera par la suite l'incidence de ce phénomène sur les niveaux d'eau et les volumes après les premiers débordements.

A partir de 833 h, soit un peu moins de 8 jours avant le pic de crue, l'abaissement préventif n'a plus d'incidence sur les niveaux d'eau.

C. Volume de débordement

Les volumes de débordement sont calculés à l'aide des hydrogrammes de crue de Venette et de Pontoise.



A Pontoise, l'écoulement suit le même régime (graduellement varié) avant les premiers débordements dans le cas de l'abaissement préventif. Pour la gestion actuelle, l'écoulement suit ce régime 3 heures après les premiers débordements. **Les niveaux d'eau deviennent identiques pour les deux cas de gestion 3 heures après les premiers débordements. Pendant ces 3 heures, les niveaux d'eau sont supérieurs d'au plus 1 cm dans le cas de la gestion actuelle par rapport à un abaissement préventif de 50 cm. On constate un écart en volume de débordement de 14 000 m³ soit moins de 0,01% du volume total de débordement.** Ensuite, les niveaux d'eau sont égaux pour les deux modes de gestion.

L'hydrogramme de crue de février 1995 a une pente assez prononcée pour le pic de crue principal. Il est à noter que cela présume d'une crue de forte ampleur. Ainsi, la période des 3 premières heures de débordements ne peut être assimilée à une pointe de crue ; elle sera suivie de débordements plus importants.

Le tableau ci-dessous donne les débits, durées et volumes de débordement calculés pour les deux modes de gestion aux barrages de Pontoise et Venette.

La colonne « volume total apporté par l'Oise » représente le volume d'eau qui est passé au niveau de chacun des deux barrages entre le 1 décembre 1994 et le 28 février 1995.

		Débit de débordement [m ³ /s]	Durée du débordement [j]	Volume de débordement [m ³]	Volume total apporté par l'Oise [m ³]
Venette	Gestion actuelle	401	10,62 (10j 15h)	158 100 000	2 400 000 000
	Abaissement préventif de 50 cm		10,62 (10j 15h)	158 000 000	
Ecart			0 (0%)	(0,07%)	
Pontoise	Gestion actuelle	389.3	16,77 (16j 19h)	201 000 000	2 663 000 000
	Abaissement préventif de 50 cm		16,77 (16j 19h)	200 950 000	2 661 000 000
Ecart			0 (0%)	(0,03%)	0,06%

Résultats pour une crue de type février 1995

L'abaissement préventif de 50 cm a très peu d'influence sur les volumes de débordement pour une crue de type février 1995.

La raison est que lorsque le débit de débordement est atteint, les barrages sont déjà abaissés et le volume vidangé avant le début de la crue en abaissement préventif a eu le temps de s'évacuer de la vallée de l'Oise en gestion actuelle. Ceci implique que les débits passants pas les barrages sont égaux et que les volumes de débordement sont également identiques dans les deux cas de gestion.

D. Niveaux d'eau maximum

Le tableau ci-dessous contient les niveaux maximum atteints aux barrages pour les deux modes de gestion et une crue de type février 1995.

	Mode de gestion actuel		Abaissement préventif de 50 cm	
	Niveau maximal au point bas amont [NGF]	Niveau maximal au barrage [NGF]	Niveau maximal au point bas amont [NGF]	Niveau maximal au barrage [NGF]
Venette	33,70	33,43	33,70	33,43
Verberie		32,04		32,04
Sarron		30,90		30,90
Creil		28,95		28,95
Boran		27,28		27,28
Isle-Adam		26,22		26,22
Pontoise	24,68	24,12	24,68	24,12

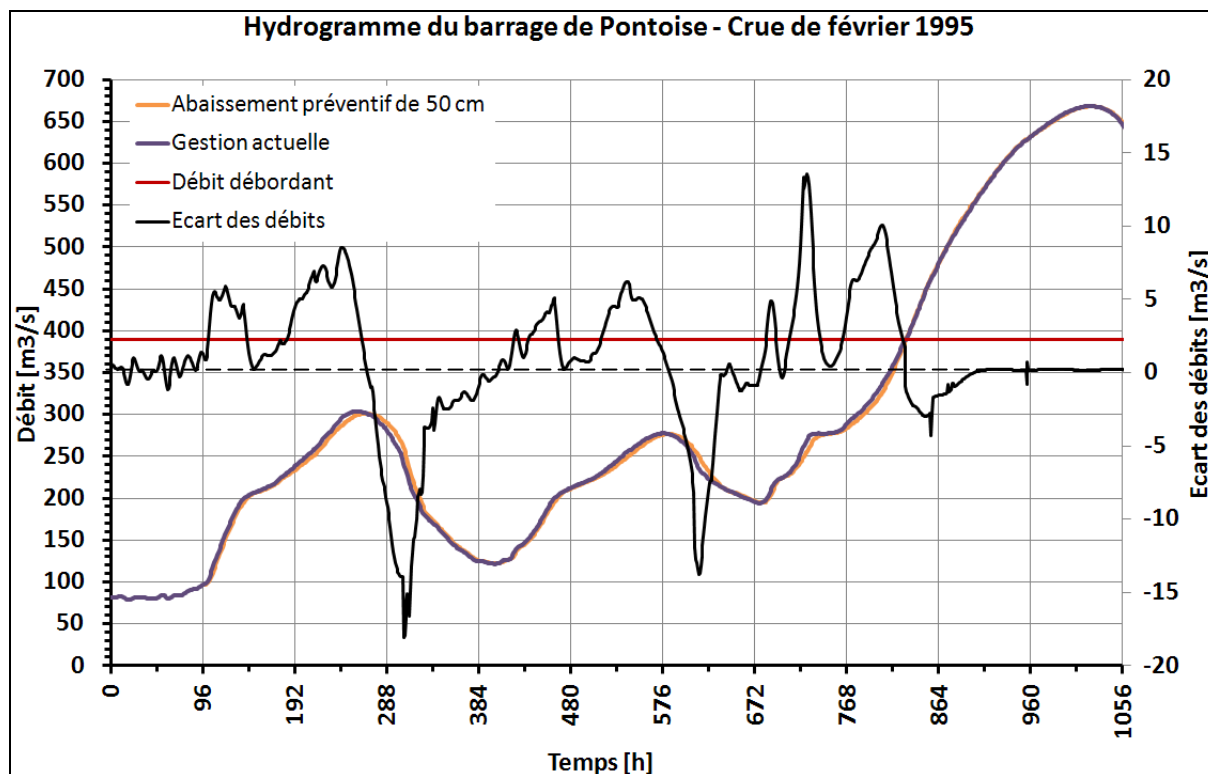
L'abaissement préventif de 50 cm des barrages de l'Oise, n'a aucune incidence visible sur les niveaux maximum atteints lors d'une crue de type février 1995.

Les barrages étant abaissés avant les premiers débordements, les débits qui passent aux barrages sont identiques et l'écoulement suit le même régime dans les deux cas de gestion. La position initiale des barrages n'a alors plus d'incidence sur les niveaux d'eau dans l'Oise lors des débordements.

E. La vidange partielle

Le graphique ci-dessous montre l'écart des débits entre le mode de gestion actuel et l'abaissement préventif.

Le débit de vidange est estimé à $13,6 \text{ m}^3/\text{s}$ au maximum avec une moyenne de $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$.



En montée de crue, le débit est supérieur en mode de gestion actuelle puisque les volumes à vidanger par les barrages sont plus importants que dans le cas d'un abaissement préventif.

Au passage des deux premiers pics de crue, les barrages sont effacés dans les deux cas.

Lorsque les débits d'apports diminuent (partie descendante des pics de crue) le barrage reste effacé plus longtemps en abaissement préventif et laisse donc passer entièrement le débit d'apport. En gestion actuelle, les clapets se relèvent pour reprendre la régulation, laissant moins de débit passer.

Le volume, qui est vidangé par l'abaissement préventif des barrages de 50 cm avant la montée de la crue, a été estimé précédemment à $3,2 \text{ millions de m}^3$. Lors d'une crue de type février 1995, en mode de gestion actuelle, un volume de $3,4 \text{ millions de m}^3$ d'eau supplémentaire s'évacue avant les premiers débordements.

Ainsi le volume évacué avant la montée de la crue par l'abaissement préventif de 50 m de tous les barrages de l'Oise s'évacue avant les premiers débordements en gestion actuelle.

Conclusion

L'influence de l'abaissement préventif de tous les barrages de l'Oise, de Venette à Pontoise, a été testée dans différentes conditions :

- crue de type mars 2001 (un seul pic de crue) avec un abaissement préventif de 50 cm et de 1 m (abaissement maximal possible) puis avec une crue centennale de la Seine concomitante avec une crue de l'Oise,
- crue de type février 1995 (deux pics de crue avant le pic principal dont la montée a été relativement rapide) avec un abaissement préventif de 50 cm.

Une crue est caractérisée par une augmentation des débits qui entraîne l'abaissement des clapets des barrages. L'effacement complet des clapets survient dans tous les cas étudiés avant les premiers débordements. Cela signifie que, **quel que soit le volume vidangé préventivement à la crue, les niveaux de la Seine et pour les deux types de crue testés, la totalité du volume qui a été vidangé avant la montée de crue en abaissement préventif, s'évacue de la vallée de l'Oise avant les premiers débordements en gestion actuelle.**

Ainsi, pour de fortes crues, l'abaissement préventif des barrages de l'Oise n'influence ni les volumes ni les niveaux d'eau lors des débordements.