

□ Volume de stockage

La zone de stockage « Bassée » est divisée en 10 casiers, tenant compte des contraintes structurelles, morphologiques et physiques (vent) locales. Le modèle mis en œuvre permet une description fine des phénomènes hydrauliques mis en jeu.

L'ensemble de ces casiers possède un volume de stockage brut de 55 Mm³ pour une surface de 22 km². Le tableau suivant détaille leurs caractéristiques géométriques.

| Casier | Volume (Mm3) | surface (ha) | Zini (mNGF) | Zmax (mNGF) | Zmax 2004 (mNGF) | Volume avec Zmax 2004 (Mm3) |
|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------------|
| 1 | 3.3 | 193 | 53.52 | 56.28 | 55.74 | 2.3 |
| 2 | 4.2 | 197 | 53.52 | 56.28 | 55.74 | 3.2 |
| 3 | 2.2 | 114 | 50.32 | 55.07 | 55.71 | 3.0 |
| 4 | 11.8 | 427 | 50.11 | 55.07 | 55.00 | 11.5 |
| 5 | 12.0 | 451 | 50.11 | 53.53 | 53.53 | 12.0 |
| 6 | 2.6 | 99 | 53.52 | 56.80 | 56.62 | 2.4 |
| 7 | 3.0 | 107 | 51.05 | 55.20 | 55.82 | 3.7 |
| 8 | 4.1 | 137 | 50.11 | 54.33 | 54.59 | 4.5 |
| 9 | 3.8 | 169 | 50.11 | 53.48 | 53.03 | 2.9 |
| 10 | 8.6 | 330 | 50.11 | 53.48 | 53.03 | 7.1 |
| somme | 55 | 2223 | | | | 53 |

Remarque : Les cotes maximales de remplissage des casiers sont différentes de celles obtenues lors de l'étude de 2004. En effet, les méthodes de calculs de volumes utilisées actuellement sont différentes de celles utilisées pour l'étude de 2004, puisqu'elles s'appuient sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT). L'écart restant relativement faible entre les deux résultats (60 cm au maximum), il ne remet pas en question la faisabilité d'une capacité de stockage de 55 Mm³. Les cotes maximales des casiers ont ici été ajustées dans le but de rendre compte de ce volume de stockage. L'écart de volume produit par l'utilisation des cotes maximales de l'étude de 2004 est inférieur à 3 Mm³.

Les relevés topographiques fournis pour l'étude sont hétérogènes dans les zones de casiers. Certains casiers présentent des relevés bathymétriques en fond de gravières alors que d'autres ne possèdent qu'un relevé en surface. Ces données ont donc dû être ajustées pour ne pas surestimer le volume potentiel de stockage des casiers. Étant donnée la proximité des zones de gravières de la Seine, les points bas des casiers ont été ajustés au niveau de la Seine, contrôlée par les barrages de Marolles et de la Grande Bosse.

□ Dimensionnement du système de pompage et de vannage

Un système de pompes et vannages permet de remplir et vidanger au mieux ces zones de stockage. Les débits totaux maximum de pompage et de vidange calculés lors de l'étude de 2004 sont de 200 m³/s pour le pompage et 64 m³/s pour la vidange.

Chaque station de pompage sert à l'alimentation d'un ou plusieurs casiers, un premier dimensionnement se fait donc sur la base du débit maximal total réparti au prorata des surfaces alimentées par chaque pompe. Le dimensionnement des systèmes de vannage suit le même principe.

Des calculs préliminaires ont mis en évidence une légère insuffisance de la capacité de pompage définie en 2004 qui ne permet pas de profiter totalement de la capacité de stockage de 55 Mm³. Les débits de pompage de chaque station sont donc ajustés un à un de manière à optimiser le remplissage de la zone de la « Bassée ». On arrive ainsi à une capacité révisée de 234 m³/s au total.

La continuité hydraulique entre casiers adjacents est assurée par des vannes de fond dimensionnées sur les mêmes bases que les vannes de vidange. Ces vannes de connections inter-casiers sont toujours grande-ouvertes, à l'exception des vannes des casiers 6-7 et 7-8. En effet, le remplissage optimal de ces casiers nécessite la fermeture de ces vannes lorsque le casier 8 est plein, afin que les casiers 6 et 7 puissent finir de se remplir à des cotes supérieures. Ces vannes sont ensuite rouvertes pour assurer la vidange des casiers 6 et 7.

Remarque : Les vannes de connections inter-casiers positionnées sur la figure 3.1 sont identifiées par l'indice « C » alors que les vannes de vidange sont identifiées par la lettre « V ». Les tableaux suivants détaillent les caractéristiques principales de chaque ouvrage :

| Station de pompage | Débit de pompage (m ³ /s) |
|--------------------|--------------------------------------|
| 2 | 25 |
| 4A | 29 |
| 4B | 29 |
| 5 | 50 |
| 6 | 25 |
| 7 | 25 |
| 9 | 51 |
| Somme | 234 |

| Vannes | Dimensions |
|--------|-------------------------|
| C2-C1 | 2 vannes de L:4m x H:2m |
| V02 | L:2m x H:2m |
| C4-C3 | L:4m x H:2m |
| V04A | L:2m x H:2m |
| V04B | L:2m x H:2m |
| V05A | L:2m x H:2m |
| V05B | L:2m x H:2m |
| V05C | L:2m x H:2m |
| C6-C7 | 2 vannes de L:4m x H:2m |
| C7-C8 | 2 vannes de L:4m x H:2m |
| V08 | L:4m x H:2m |
| V09 | L:4m x H:2m |
| C9-C10 | 2 vannes de L:4m x H:2m |

□ Modélisation des fuites

L'effet des fuites sous les digues, mis en évidence lors des précédentes études, est modélisé par des liaisons poreuses ayant un débit maximum calculé au prorata des surfaces des casiers drainés, sur la base d'un débit de fuite maximal de 12 m³/s.

Une liaison poreuse simule les écoulements contrôlés par la loi de Darcy entre le casier et la rivière adjacente.

$$Q = K \times A \times \frac{\Delta H}{L}$$

avec :

- Q : le débit volumique (m³/s)
- K : la conductivité hydraulique ou coefficient de perméabilité de la digue (m/s)
- A : la surface de la section étudiée (m²)
- $\frac{\Delta H}{L}$: le gradient hydraulique, où ΔH est la différence des hauteurs piézométriques en amont et en aval de la digue, L est la longueur de digue traversée

Le tableau suivant présente les débits théoriques maximum de ces liaisons.

| <i>Liaison poreuse</i> | <i>Débit de fuite (m3/s)</i> |
|------------------------|------------------------------|
| LPOR_1 | 1.0 |
| LPOR_2 | 1.1 |
| LPOR_3 | 0.6 |
| LPOR_4 | 2.3 |
| LPOR_5 | 2.4 |
| LPOR_6 | 0.5 |
| LPOR_7 | 0.6 |
| LPOR_8 | 0.7 |
| LPOR_9 | 0.9 |
| LPOR_10 | 1.8 |
| somme | 12 |

3.1.2 Adaptation du fichier de pilotage

Un fichier de contrôle décrivant la logique de pilotage adaptatif des ouvrages a été construit et est présenté en annexe 5 de ce rapport. Il s'appuie sur les principes énoncés au chapitre 2. En pratique chaque simulation de gestion est contrôlée par deux fichiers de commande :

- un fichier de paramétrage des variables spécifiques à chaque simulation : il fournit les valeurs des variables utilisées par le second fichier. Parmi ces variables figurent les trois cotes de contrôle Zc1, Zc2 et Zc3.
- un fichier commun à tous les scénarios et décrivant les algorithmes de gestion adaptative, alimentés par les paramètres Zc1, Zc2 et Zc3.

3.2 DETERMINATION DES PARAMETRES DE GESTION

3.2.1 Démarche suivie

Cette démarche consiste à sélectionner un panel de 6 crues historiques de typologie contrastée pour ajuster au mieux les paramètres K1 et K2 de régulation des cycles de pompage et de vidange ainsi que des cotes de régulation Zc1, Zc2 et Zc3 du système. Les crues retenues sont :

- février 1970 : crue simple d'hiver,
- avril 1978 : crue simple de printemps très large à Paris,
- janvier 1982 : crue multiple d'hiver,
- décembre 1982 : crue simple d'hiver,
- décembre 1999 : crue simple d'hiver,
- mars 2001 : crue importante sur le bassin de l'Yonne.

Ces crues ont été sélectionnées selon un double critère :

- dépassement de la cote 48.5 NGF à Montereau, en tenant compte de l'effet des lacs réservoirs. Cette cote correspond au seuil minimum à partir duquel l'action de l'aménagement est jugée intéressante pour limiter les désordres à Montereau et en aval. Il correspond approximativement à une crue de période de retour 5 ans.
- disponibilité des mesures hydrométriques aux stations principales de l'Yonne : ces crues servent également à analyser la sensibilité des gains en horizon hydrologique incertain. Il est pour cela nécessaires de disposer de mesures à ces stations.

L'analyse est réalisée en horizon hydrologique connue, avec l'action des barrages existants.

3.2.2 Détermination de la cote Zc1

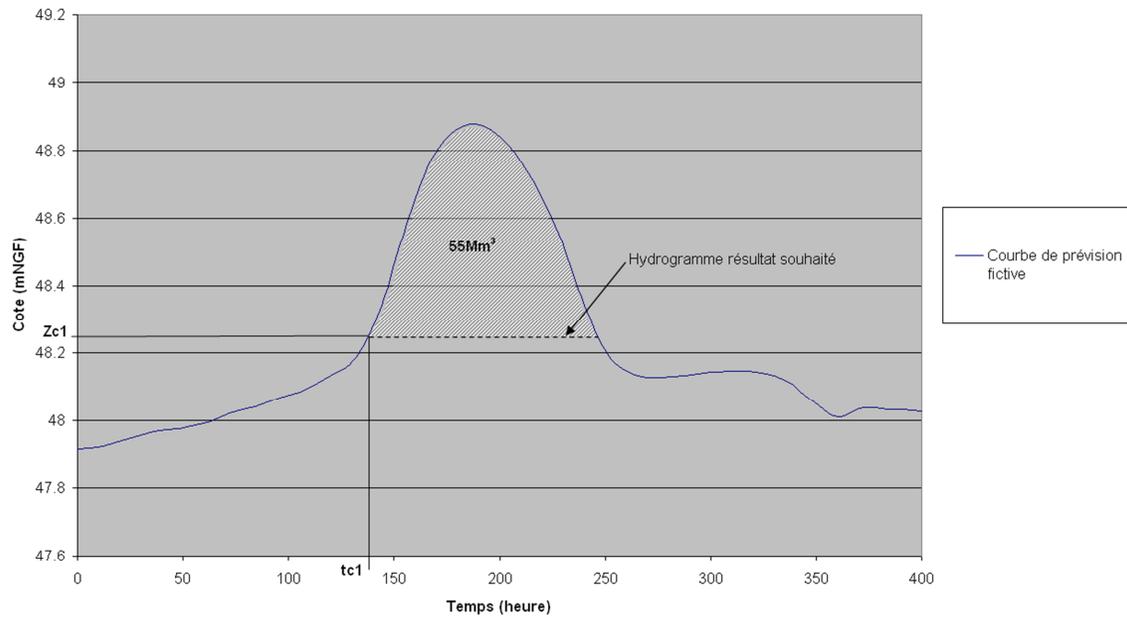
Principe de sélection de la cote Zc1

L'hydrogramme de crue est supposé parfaitement connu à Montereau, ainsi que le limnigramme. Afin de simplifier le traitement, et en l'absence d'une station débitmétrique à Montereau, on a construit une courbe de tarage permettant de déduire les cotes à l'échelle de Montereau à partir de la seule connaissance des débits. La démarche est la suivante :

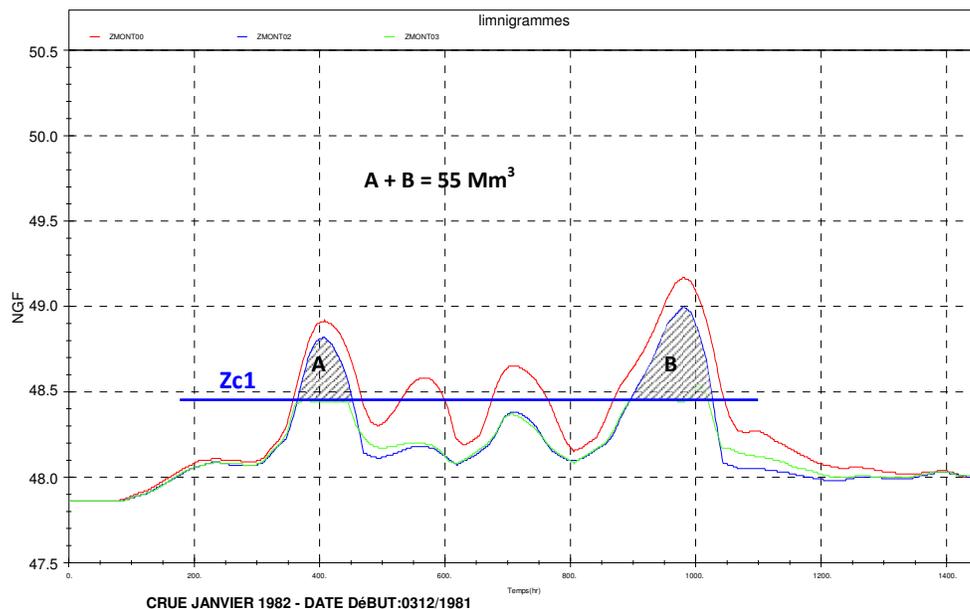
- On détermine sur l'hydrogramme de Montereau le point (tc1, Qc1) tel que le volume compris entre ce débit et l'hydrogramme soit égal à 55 Mm³.
- La cote de régulation Zc1 est déduite du débit Qc1 à l'aide de la courbe de tarage.

Le graphe ci-dessous illustre la méthode :

Calcul des critères de régulation



Dans le cas d'événements avec pointes de crue doubles ou multiples (comme la crue J82), la cote Z_{c1} est ajustée pour écrêter au mieux l'ensemble des pics de crues :



Ce principe de calcul de la cote Z_{c1} pour les crues multiples est évidemment inapplicable en pratique puisque l'on ne sait pas prévoir plus de 7 jours à l'avance les évolutions hydrologiques. Néanmoins, les gains calculés par cette méthode s'avèrent proches de ceux que l'on peut obtenir en adaptant ce principe dans un contexte opérationnel de gestion. La problématique de gestion de la Bassée dans le cas des crues multiples est analysée spécifiquement au chapitre 5.

3.2.3 Détermination de la cote Zc2

La cote Zc2 a été prise égale à $Zc1 - 20 \text{ cm}$. Cette cote est sélectionnée pour démarrer la vidange aussi tôt que possible après la fin du pompage, tout en restant compatible avec la gestion opérationnelle de l'aménagement.

3.2.4 Détermination de la cote Zc3

La cote Zc3 est prise égale à 50,50 mNGF. Cette cote correspond aux conditions locales de débordement en amont directe du barrage de Marolles.

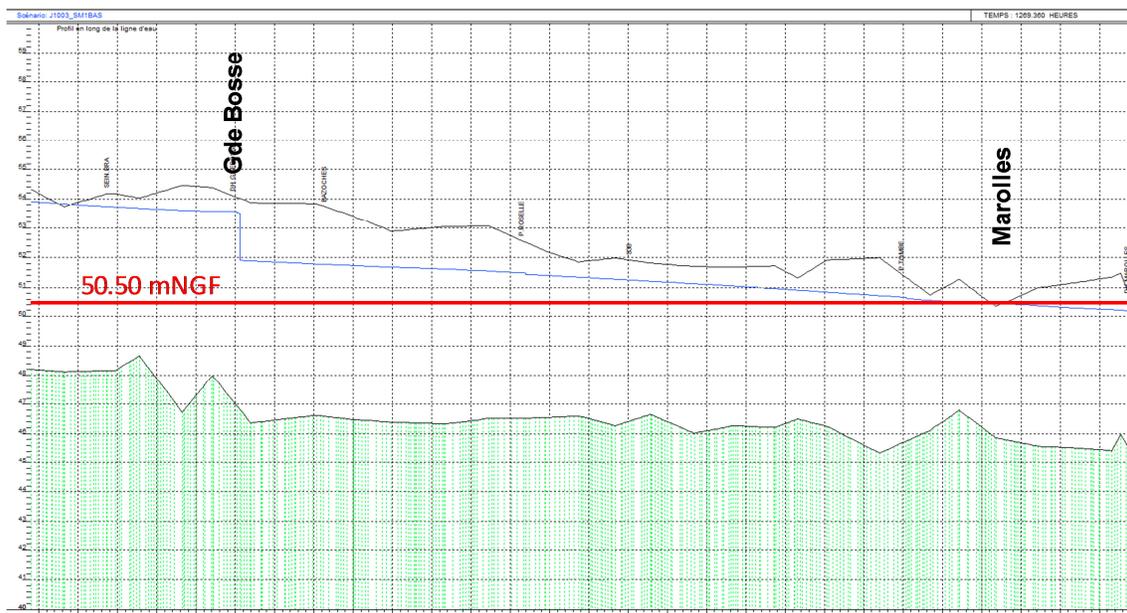
La figure suivante présente le profil en long de la ligne d'eau de la Petite-Seine (courbe bleue) correspondant à une crue type Janvier 1982 en amont du barrage de Marolles. Les cotes de fond et de débordement sont aussi présentées. La cote 50.50 mNGF apparaît en rouge sur cette figure. Elle correspond bien au seuil des premiers débordements locaux.

3.2.5 Paramètres de régulation

Les paramètres K1 et K2 d'optimisation de la fonction de régulation du pompage ont été calés en testant pour ces deux paramètres une large gamme de valeurs. Les valeurs retenues sont :

K1 = 550, K2 = 6 000

Ces valeurs ont ensuite été appliquées pour la vidange et n'ont par la suite pas posé de problème à la régulation. Les paramètres sont par conséquent les mêmes pour le pompage et la vidange.



3.3 APPLICATION DE LA GESTION DE REFERENCE AUX 20 CRUES HISTORIQUES

L'algorithme de gestion mis au point dans l'étape précédente est appliqué à l'ensemble des 20 crues. Deux étapes de calculs sont mises en œuvre pour chaque crue :

- étape 1 : détermination des paramètres de régulation à partir des valeurs calculées par le modèle en horizon connu et scénario avec lacs-réservoirs (ces résultats sont parfois appelés valeurs observées ou réelles),
- étape 2 : exécution du modèle de gestion pour évaluer les impacts. Ces impacts sont appréciés en termes d'abaissement des lignes d'eau de crue et de diminution de débit le long du tronçon de Seine compris entre Montereau et Paris Austerlitz.

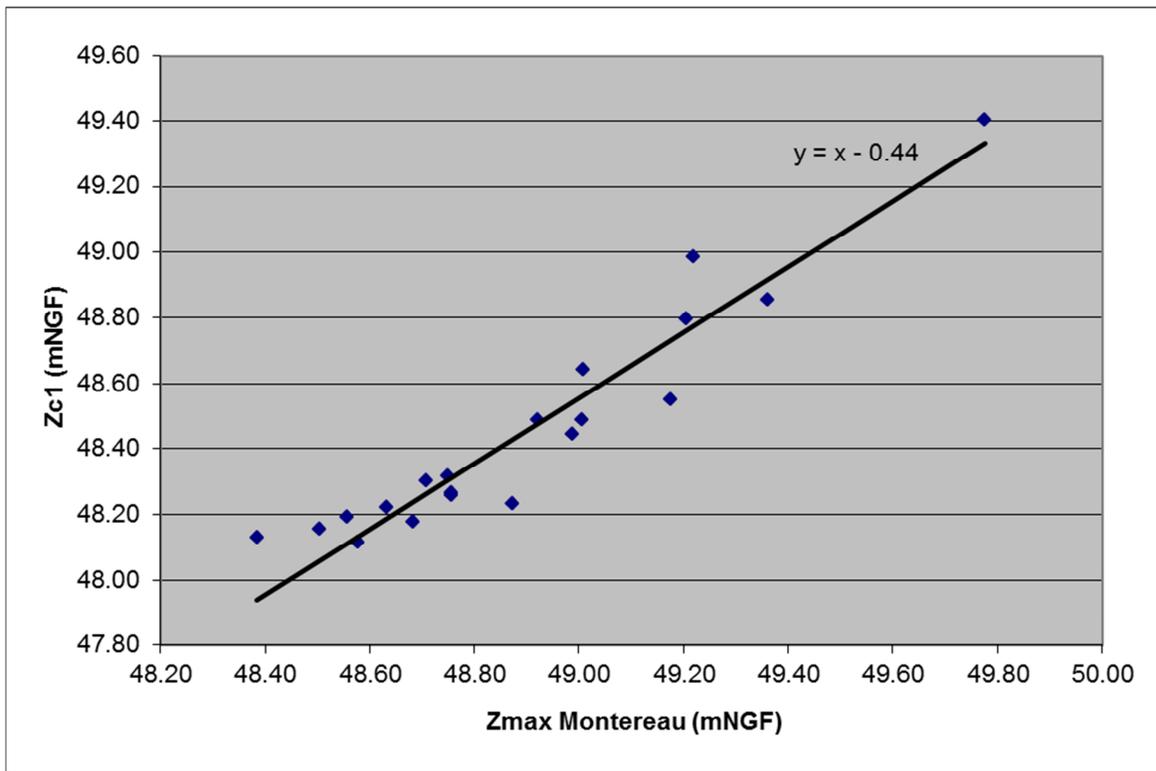
3.3.1 Sélection des cotes Zc1, Zc2 et Zc3

Les cotes Zc1, Zc2 et Zc3 ont été sélectionnées en appliquant les principes ci-dessus. Le tableau suivant présente les cotes de calage obtenues pour chaque événement, ainsi que la cote maximale obtenue à Montereau en l'absence d'utilisation de l'aménagement de la Bassée. L'écart entre cette cote maximale et la cote Zc1 est aussi indiqué.

| crue | Zc1 (mNGF) | Zc2 (mNGF) | Zc3 (mNGF) | Zmax Montereau (mNGF) | dZ (m) |
|------|------------|------------|------------|-----------------------|--------|
| j10 | 49.40 | 49.20 | 50.50 | 49.78 | 0.38 |
| n10 | 48.64 | 48.44 | 50.50 | 49.01 | 0.37 |
| j19 | 48.55 | 48.35 | 50.50 | 49.18 | 0.63 |
| j24 | 48.79 | 48.59 | 50.50 | 49.21 | 0.41 |
| n44 | 48.49 | 48.29 | 50.50 | 48.92 | 0.43 |
| f45 | 48.98 | 48.78 | 50.50 | 49.22 | 0.24 |
| j55 | 48.85 | 48.65 | 50.50 | 49.36 | 0.51 |
| j59 | 48.31 | 48.11 | 50.50 | 48.75 | 0.43 |
| f70 | 48.48 | 48.28 | 50.50 | 49.01 | 0.52 |
| f77 | 48.26 | 48.06 | 50.50 | 48.76 | 0.49 |
| a78 | 48.30 | 48.10 | 50.50 | 48.71 | 0.41 |
| f80 | 48.18 | 47.98 | 50.50 | 48.68 | 0.51 |
| j82 | 48.44 | 48.24 | 50.50 | 48.99 | 0.55 |
| d82 | 48.25 | 48.05 | 50.50 | 48.76 | 0.50 |
| a83 | 48.15 | 47.95 | 50.50 | 48.51 | 0.35 |
| d93 | 48.22 | 48.02 | 50.50 | 48.63 | 0.42 |
| j95 | 48.13 | 47.93 | 50.50 | 48.38 | 0.26 |
| m99 | 48.19 | 47.99 | 50.50 | 48.56 | 0.37 |
| d99 | 48.11 | 47.91 | 50.50 | 48.58 | 0.46 |
| m01 | 48.23 | 48.03 | 50.50 | 48.87 | 0.65 |
| | | | | Moyenne | 0.44 |
| | | | | Ecart type | 0.11 |

L'écart moyen entre la cote de régulation Zc1 et la cote maximale à Montereau en l'absence de l'aménagement de la Bassée est de 44 cm avec un écart-type de 11 cm. Il pourrait être envisagé, comme effectué lors de l'étude de 2004, de relier la cote de régulation à la cote du maximum sans Bassée par un écart systématique. La figure suivante illustre la répartition des cotes de contrôle calculées autour de cette valeur moyenne de 44 cm.

Figure 3-2 : Relation entre la cote Zmax à Montereau et la cote de déclenchement du pompage



Cette bonne corrélation entre ces deux paramètres suggère l'intérêt de simplifier au besoin la méthode de détermination de la cote Zc1, à partir de la seule connaissance de la cote maximum prévue à Montereau en appliquant le critère : $Zc1 = Zmax - 0.44$. Cet aspect fait l'objet d'un test de sensibilité au chapitre 4.

3.3.2 Gains en cote et en débit aux stations aval

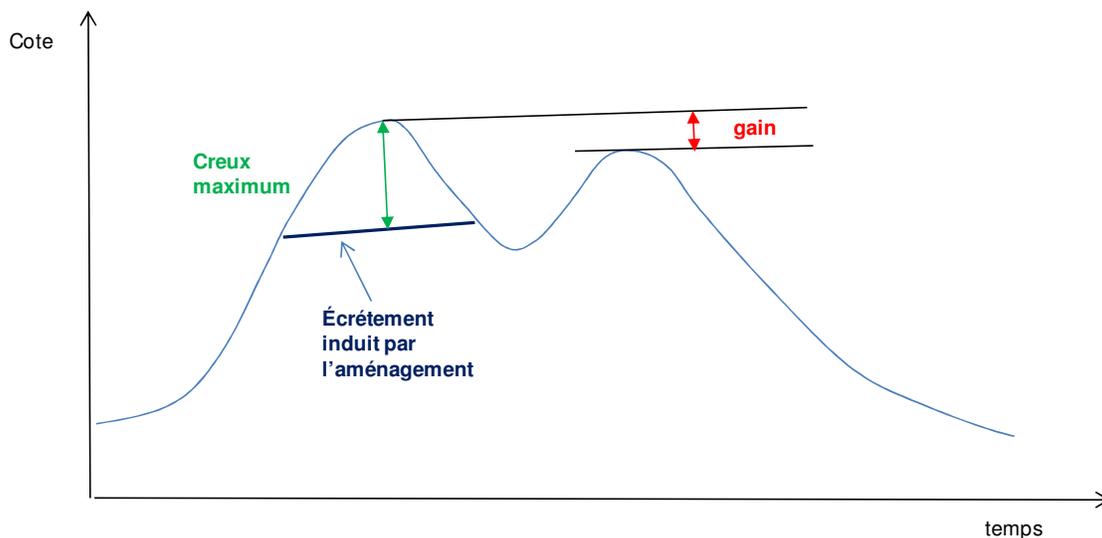
L'aménagement de la Bassée vise à compléter le dispositif de protection déjà mis en place avec les 4 lacs réservoirs existants. Ces cinq aménagements forment un tout. C'est la raison pour laquelle les résultats présentés ci-dessous font apparaître trois types de gains par rapport à une situation sans ouvrages :

- Gains résultant de l'action des ouvrages existants,
- Gains complémentaires obtenus avec l'aménagement Bassée,
- Gains globaux en intégrant l'ensemble des cinq ouvrages.

Ces gains sont appréciés par la fourniture en annexe et pour chaque crue :

- des hydrogrammes et limnigrammes à Montereau, Corbeil, Villeneuve St-Georges, Alfortville (aval de l'A86) et Paris (pont d'Austerlitz) dans trois situations d'aménagement :
 - Hydrologie naturelle,
 - Hydrologie influencée par les ouvrages existants,
 - Hydrologie influencée par les ouvrages existants plus la Bassée.
- des profils en long des lignes d'eau et écarts en cote entre Montereau et Paris dans deux situations d'aménagement :
 - Hydrologie influencée par les ouvrages existants,
 - Hydrologie influencée par les ouvrages existants plus la Bassée.

Le gain en cote est défini dans la suite par la réduction de la cote maximum atteinte sur la totalité de l'épisode de crue. Il est généralement plus faible que le creux maximum induit par l'aménagement car il est influencé par la présence de pics locaux inégalement affectés par l'ouvrage. Le schéma ci-dessous illustre cette distinction :



Les gains en cote et débit obtenus pour chaque crue par l'aménagement Bassée seul sont récapitulés dans le tableau ci-dessous en cinq points clés du système. Les diagrammes des figures 3.2 à 3.7 récapitulent les cotes maximales atteintes pour chaque situation d'aménagement et chaque crue testée. Sur ces diagrammes sont reportés deux niveaux d'alerte :

- La cote déclenchant les premiers désordres (trait de couleur orange)
- La cote d'apparition des débordements graves (trait de couleur rouge)

Le tableau suivant récapitule ces cotes pour chaque station, ainsi que la nature des désordres engendrés par le dépassement d'une cote :

| Station | cote alerte niveau 1 apparition des désordres | Cote alerte niveau 2 débordements généralisés |
|------------------------------------|---|--|
| Montereau | 49.00 | 49.50 |
| Corbeil | 36.00 | 36.50 |
| Villeneuve St Georges | 33.20 | 34.00 |
| Alfortville- pont Port à l'Anglais | 32.70 | 34.07 : cote de protection des murettes |
| Paris Austerlitz | 32.10 : ennoisement du RER C | 33.10 : premières inondations dans quartiers bas du 13 ^{ème} 15 ^{ème} arrdt |

Gains à Montereau

| Crue | Montereau | | | |
|------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|
| | Zmax sans barrages (mNGF) | Zmax sans Bassée (mNGF) | Zmax avec Bassée (mNGF) | Gain (m) |
| j10 | 50.28 | 49.79 | 49.45 | 0.34 |
| n10 | 49.03 | 49.02 | 48.83 | 0.19 |
| j19 | 49.39 | 49.20 | 48.77 | 0.42 |
| j24 | 49.85 | 49.22 | 48.84 | 0.38 |
| n44 | 49.03 | 48.90 | 48.59 | 0.32 |
| f45 | 49.79 | 49.26 | 49.00 | 0.26 |
| j55 | 49.95 | 49.37 | 48.91 | 0.47 |
| j59 | 48.97 | 48.77 | 48.48 | 0.29 |
| f70 | 49.19 | 49.05 | 48.68 | 0.37 |
| f77 | 48.85 | 48.78 | 48.45 | 0.33 |
| a78 | 48.96 | 48.68 | 48.36 | 0.32 |
| f80 | 48.74 | 48.69 | 48.29 | 0.40 |
| j82 | 49.18 | 49.00 | 48.59 | 0.41 |
| d82 | 48.83 | 48.74 | 48.42 | 0.32 |
| a83 | 48.60 | 48.47 | 48.21 | 0.26 |
| d93 | 48.84 | 48.64 | 48.35 | 0.29 |
| j95 | 48.43 | 48.39 | 48.18 | 0.21 |
| m99 | 48.63 | 48.59 | 48.29 | 0.30 |
| d99 | 48.72 | 48.59 | 48.27 | 0.32 |
| m01 | 48.93 | 48.90 | 48.56 | 0.58 |
| | | Moyenne | | 0.34 |
| | | Min | | 0.19 |
| | | Max | | 0.58 |

| Crue | Montereau | | | |
|------|---|---|---|--------------------------|
| | Qmax sans barrages (m ³ /s) | Qmax sans Bassée (m ³ /s) | Qmax avec Bassée (m ³ /s) | Gain (m ³ /s) |
| j10 | 1433 | 1278 | 1129 | 149 |
| n10 | 1014 | 1013 | 950 | 63 |
| j19 | 1137 | 1069 | 910 | 160 |
| j24 | 1304 | 1070 | 931 | 139 |
| n44 | 1022 | 974 | 872 | 102 |
| f45 | 1293 | 1088 | 999 | 89 |
| j55 | 1348 | 1117 | 971 | 145 |
| j59 | 984 | 911 | 824 | 88 |
| f70 | 1065 | 1014 | 892 | 122 |
| f77 | 946 | 919 | 822 | 97 |
| a78 | 965 | 871 | 780 | 90 |
| f80 | 898 | 879 | 773 | 106 |
| j82 | 1027 | 965 | 843 | 122 |
| d82 | 927 | 894 | 806 | 88 |
| a83 | 863 | 825 | 755 | 70 |
| d93 | 951 | 882 | 802 | 80 |
| j95 | 812 | 800 | 723 | 77 |
| m99 | 866 | 856 | 772 | 84 |
| d99 | 891 | 849 | 768 | 81 |
| m01 | 971 | 957 | 844 | 113 |
| | | Moyenne | | 103 |
| | | Min | | 63 |
| | | Max | | 160 |

Gains à Corbeil

| Crue | Corbeil | | | Gain (m) |
|------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| | Zmax sans barrages (mNGF) | Zmax sans Bassée (mNGF) | Zmax avec Bassée (mNGF) | |
| j10 | 37.72 | 37.20 | 36.99 | 0.21 |
| n10 | 35.64 | 35.55 | 35.36 | 0.19 |
| j19 | 36.14 | 35.93 | 35.57 | 0.36 |
| j24 | 36.83 | 36.14 | 35.77 | 0.37 |
| n44 | 35.69 | 35.52 | 35.13 | 0.40 |
| f45 | 36.73 | 36.09 | 35.85 | 0.25 |
| j55 | 36.80 | 36.25 | 35.78 | 0.47 |
| j59 | 35.81 | 35.48 | 35.24 | 0.24 |
| f70 | 35.93 | 35.77 | 35.38 | 0.39 |
| f77 | 35.55 | 35.44 | 35.19 | 0.25 |
| a78 | 36.07 | 35.71 | 35.36 | 0.35 |
| f80 | 35.55 | 35.50 | 35.21 | 0.29 |
| j82 | 36.41 | 36.23 | 35.80 | 0.43 |
| d82 | 35.87 | 35.79 | 35.36 | 0.43 |
| a83 | 35.64 | 35.63 | 35.57 | 0.06 |
| d93 | 35.41 | 35.15 | 34.84 | 0.30 |
| j95 | 35.28 | 35.23 | 34.95 | 0.28 |
| m99 | 35.25 | 35.20 | 34.92 | 0.28 |
| d99 | 35.63 | 35.48 | 35.17 | 0.30 |
| m01 | 35.64 | 35.59 | 35.22 | 0.37 |
| | | | Moyenne | 0.31 |
| | | | Min | 0.06 |
| | | | Max | 0.47 |

| Crue | Corbeil | | | Gain (m ³ /s) |
|------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| | Qmax sans barrages (m ³ /s) | Qmax sans Bassée (m ³ /s) | Qmax avec Bassée (m ³ /s) | |
| j10 | 1744 | 1560 | 1493 | 67 |
| n10 | 1109 | 1112 | 1031 | 81 |
| j19 | 1243 | 1176 | 1070 | 106 |
| j24 | 1456 | 1237 | 1122 | 115 |
| n44 | 1104 | 1063 | 951 | 112 |
| f45 | 1406 | 1229 | 1160 | 69 |
| j55 | 1468 | 1281 | 1142 | 139 |
| j59 | 1124 | 1051 | 976 | 76 |
| f70 | 1182 | 1135 | 1022 | 112 |
| f77 | 1073 | 1050 | 970 | 80 |
| a78 | 1195 | 1101 | 1002 | 98 |
| f80 | 1073 | 1059 | 974 | 85 |
| j82 | 1329 | 1266 | 1132 | 134 |
| d82 | 1147 | 1123 | 1004 | 120 |
| a83 | 1076 | 1070 | 1061 | 9 |
| d93 | 1031 | 964 | 884 | 80 |
| j95 | 986 | 974 | 895 | 79 |
| m99 | 1006 | 996 | 918 | 79 |
| d99 | 1054 | 1012 | 928 | 84 |
| m01 | 1108 | 1095 | 987 | 108 |
| | | | Moyenne | 92 |
| | | | Min | 9 |
| | | | Max | 139 |

Gains à Villeneuve St Georges

| Crue | Villeneuve-St-Georges | | | Gain (m) |
|------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| | Zmax sans barrages (mNGF) | Zmax sans Bassée (mNGF) | Zmax avec Bassée (mNGF) | |
| j10 | 35.38 | 34.87 | 34.64 | 0.23 |
| n10 | 33.18 | 33.00 | 32.78 | 0.22 |
| j19 | 33.64 | 33.44 | 33.14 | 0.30 |
| j24 | 34.50 | 33.66 | 33.27 | 0.39 |
| n44 | 33.23 | 33.00 | 32.59 | 0.41 |
| f45 | 34.50 | 33.56 | 33.35 | 0.21 |
| j55 | 34.43 | 33.77 | 33.39 | 0.38 |
| j59 | 33.42 | 32.90 | 32.75 | 0.15 |
| f70 | 33.37 | 33.20 | 32.85 | 0.35 |
| f77 | 32.98 | 32.80 | 32.61 | 0.20 |
| a78 | 33.71 | 33.19 | 32.85 | 0.34 |
| f80 | 32.96 | 32.87 | 32.62 | 0.25 |
| j82 | 33.93 | 33.73 | 33.32 | 0.41 |
| d82 | 33.42 | 33.35 | 32.94 | 0.41 |
| a83 | 33.20 | 33.19 | 33.16 | 0.04 |
| d93 | 32.90 | 32.59 | 32.33 | 0.26 |
| j95 | 32.82 | 32.75 | 32.48 | 0.27 |
| m99 | 32.49 | 32.42 | 32.15 | 0.27 |
| d99 | 33.32 | 33.19 | 32.90 | 0.29 |
| m01 | 32.99 | 32.90 | 32.63 | 0.27 |
| | | | Moyenne | 0.28 |
| | | | Min | 0.04 |
| | | | Max | 0.41 |

| Crue | Villeneuve-St-Georges | | | Gain (m ³ /s) |
|------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| | Qmax sans barrages (m ³ /s) | Qmax sans Bassée (m ³ /s) | Qmax avec Bassée (m ³ /s) | |
| j10 | 1753 | 1618 | 1575 | 43 |
| n10 | 1152 | 1157 | 1075 | 82 |
| j19 | 1273 | 1208 | 1140 | 68 |
| j24 | 1476 | 1290 | 1198 | 91 |
| n44 | 1161 | 1118 | 1006 | 112 |
| f45 | 1438 | 1287 | 1228 | 59 |
| j55 | 1442 | 1303 | 1181 | 122 |
| j59 | 1163 | 1096 | 1055 | 41 |
| f70 | 1219 | 1176 | 1084 | 92 |
| f77 | 1116 | 1088 | 1022 | 66 |
| a78 | 1244 | 1161 | 1089 | 72 |
| f80 | 1122 | 1112 | 1050 | 61 |
| j82 | 1371 | 1326 | 1204 | 122 |
| d82 | 1222 | 1201 | 1086 | 115 |
| a83 | 1179 | 1175 | 1161 | 14 |
| d93 | 1074 | 1004 | 926 | 77 |
| j95 | 1048 | 1040 | 970 | 70 |
| m99 | 1038 | 1025 | 952 | 73 |
| d99 | 1120 | 1080 | 988 | 92 |
| m01 | 1140 | 1125 | 1023 | 101 |
| | | | Moyenne | 79 |
| | | | Min | 14 |
| | | | Max | 122 |

Gains à Alfortville

| Crue | Alfortville | | | | Gain (m) |
|------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--|----------|
| | Zmax sans barrages (mNGF) | Zmax sans Bassée (mNGF) | Zmax avec Bassée (mNGF) | | |
| j10 | 34.87 | 34.28 | 34.06 | | 0.23 |
| n10 | 32.63 | 32.27 | 32.14 | | 0.13 |
| j19 | 33.01 | 32.82 | 32.51 | | 0.30 |
| j24 | 33.97 | 33.02 | 32.62 | | 0.40 |
| n44 | 32.64 | 32.35 | 31.96 | | 0.39 |
| f45 | 33.96 | 32.92 | 32.74 | | 0.18 |
| j55 | 33.89 | 33.21 | 32.88 | | 0.33 |
| j59 | 32.84 | 32.25 | 32.10 | | 0.15 |
| f70 | 32.72 | 32.54 | 32.20 | | 0.35 |
| f77 | 32.33 | 32.12 | 31.94 | | 0.18 |
| a78 | 33.13 | 32.55 | 32.22 | | 0.33 |
| f80 | 32.29 | 32.19 | 31.92 | | 0.27 |
| j82 | 33.29 | 33.07 | 32.68 | | 0.40 |
| d82 | 32.79 | 32.72 | 32.31 | | 0.41 |
| a83 | 32.54 | 32.53 | 32.50 | | 0.03 |
| d93 | 32.27 | 31.94 | 31.70 | | 0.24 |
| j95 | 32.20 | 32.13 | 31.85 | | 0.27 |
| m99 | 31.76 | 31.68 | 31.43 | | 0.25 |
| d99 | 32.77 | 32.64 | 32.37 | | 0.27 |
| m01 | 32.31 | 32.21 | 32.02 | | 0.19 |
| | | | Moyenne | | 0.26 |
| | | | Min | | 0.03 |
| | | | Max | | 0.41 |

| Crue | Alfortville | | | | Gain (m ³ /s) |
|------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| | Qmax sans barrages (m ³ /s) | Qmax sans Bassée (m ³ /s) | Qmax avec Bassée (m ³ /s) | | |
| j10 | 1787 | 1635 | 1558 | | 78 |
| n10 | 1150 | 1156 | 1075 | | 80 |
| j19 | 1272 | 1209 | 1137 | | 72 |
| j24 | 1461 | 1290 | 1199 | | 91 |
| n44 | 1160 | 1119 | 1006 | | 113 |
| f45 | 1430 | 1286 | 1228 | | 58 |
| j55 | 1430 | 1299 | 1181 | | 117 |
| j59 | 1162 | 1097 | 1054 | | 43 |
| f70 | 1218 | 1176 | 1083 | | 93 |
| f77 | 1118 | 1088 | 1022 | | 66 |
| a78 | 1243 | 1160 | 1091 | | 69 |
| f80 | 1121 | 1111 | 1051 | | 60 |
| j82 | 1367 | 1321 | 1201 | | 120 |
| d82 | 1219 | 1197 | 1083 | | 114 |
| a83 | 1178 | 1177 | 1165 | | 12 |
| d93 | 1076 | 1006 | 929 | | 77 |
| j95 | 1048 | 1039 | 970 | | 69 |
| m99 | 1037 | 1023 | 953 | | 70 |
| d99 | 1122 | 1082 | 990 | | 92 |
| m01 | 1140 | 1124 | 1024 | | 100 |
| | | | Moyenne | | 80 |
| | | | Min | | 12 |
| | | | Max | | 120 |

Gains à Paris-Austerlitz

| Crue | Paris | | | | Gain (m) |
|------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--|----------|
| | Zmax sans barrages (mNGF) | Zmax sans Bassée (mNGF) | Zmax avec Bassée (mNGF) | | |
| j10 | 33.93 | 33.25 | 33.05 | | 0.20 |
| n10 | 31.76 | 31.32 | 31.25 | | 0.07 |
| j19 | 32.05 | 31.88 | 31.60 | | 0.28 |
| j24 | 33.02 | 32.05 | 31.73 | | 0.31 |
| n44 | 31.84 | 31.42 | 31.10 | | 0.32 |
| f45 | 33.01 | 31.96 | 31.81 | | 0.14 |
| j55 | 32.96 | 32.31 | 32.06 | | 0.24 |
| j59 | 31.94 | 31.34 | 31.21 | | 0.13 |
| f70 | 31.77 | 31.60 | 31.29 | | 0.31 |
| f77 | 31.40 | 31.20 | 31.06 | | 0.13 |
| a78 | 32.20 | 31.61 | 31.32 | | 0.29 |
| f80 | 31.35 | 31.25 | 31.01 | | 0.24 |
| j82 | 32.30 | 32.08 | 31.73 | | 0.35 |
| d82 | 31.85 | 31.78 | 31.40 | | 0.37 |
| a83 | 31.59 | 31.58 | 31.55 | | 0.03 |
| d93 | 31.37 | 31.07 | 30.88 | | 0.19 |
| j95 | 31.31 | 31.24 | 31.01 | | 0.23 |
| m99 | 30.85 | 30.79 | 30.60 | | 0.20 |
| d99 | 31.89 | 31.78 | 31.54 | | 0.24 |
| m01 | 31.40 | 31.26 | 31.16 | | 0.10 |
| | | | Moyenne | | 0.22 |
| | | | Min | | 0.03 |
| | | | Max | | 0.37 |

| Crue | Paris | | | | Gain (m ³ /s) |
|------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| | Qmax sans barrages (m ³ /s) | Qmax sans Bassée (m ³ /s) | Qmax avec Bassée (m ³ /s) | | |
| j10 | 2400 | 2171 | 2102 | | 69 |
| n10 | 1661 | 1516 | 1495 | | 22 |
| j19 | 1760 | 1701 | 1607 | | 94 |
| j24 | 2092 | 1760 | 1651 | | 109 |
| n44 | 1688 | 1550 | 1445 | | 105 |
| f45 | 2087 | 1728 | 1678 | | 50 |
| j55 | 2071 | 1850 | 1776 | | 74 |
| j59 | 1723 | 1522 | 1480 | | 43 |
| f70 | 1662 | 1606 | 1505 | | 100 |
| f77 | 1541 | 1476 | 1433 | | 43 |
| a78 | 1814 | 1610 | 1517 | | 93 |
| f80 | 1526 | 1494 | 1416 | | 78 |
| j82 | 1846 | 1774 | 1650 | | 123 |
| d82 | 1690 | 1666 | 1544 | | 122 |
| a83 | 1603 | 1602 | 1592 | | 9 |
| d93 | 1531 | 1435 | 1373 | | 62 |
| j95 | 1512 | 1492 | 1417 | | 74 |
| m99 | 1364 | 1345 | 1282 | | 63 |
| d99 | 1706 | 1665 | 1587 | | 78 |
| m01 | 1542 | 1498 | 1466 | | 32 |
| | | | Moyenne | | 72 |
| | | | Min | | 9 |
| | | | Max | | 123 |

Les gains décroissent de l'amont vers l'aval : à Montereau, en aval de la confluence avec l'Yonne, ils varient entre 19 cm et 58 cm. Au niveau de Paris, les gains sont compris entre 3 cm et 37 cm. En moyenne le gain obtenu à Paris est égal à 70% de celui obtenu à Montereau. On note cependant de fortes fluctuations des gains d'une crue à l'autre, ils sont fonction de la typologie de la crue considérée et de l'importance des apports intermédiaires.

Exemples :

- J82 : efficacité maximum car dans ce cas c'est la pointe de l'Yonne qui détermine la maximum à Montereau et à Paris.
- A83 : impact faible : la pointe de crue à Paris est provoquée par les apports intermédiaires du Loing et des bassins franciliens,
- M01 : efficacité médiocre : les pics du Loing et des affluents de la Seine moyenne viennent s'ajouter à la crue de Seine avec un léger retard sur le pic principal, ce qui atténue le gain sur le maximum à Paris.

Il est plus instructif de considérer les gains cumulés des 5 ouvrages et de hiérarchiser ces gains en fonction de l'importance de la crue : les diagrammes des figures 3.5 à 3.9 précisent les gains totaux obtenus à Montereau, Corbeil, Villeneuve St-Georges, Alfortville et Paris en distinguant la part des gains imputables aux ouvrages existants (sur la Marne, la Seine et l'Yonne) et des gains complémentaires induits par l'aménagement Bassée. Plusieurs résultats importants se dégagent de l'analyse de ces diagrammes :

- A Montereau, les gains cumulés de ces cinq ouvrages sont relativement homogènes pour toutes les crues, ils sont d'autant plus forts que les cotes maximales atteintes sans aménagement sont importantes :
 - Gains compris entre 50 cm et 80 cm pour des niveaux supérieurs à la cote 49 mNGF,
 - Gains compris entre 40 cm et 50 cm pour des niveaux compris entre les cotes 48.5 mNGF et 49 mNGF.
- Toujours à Montereau, l'aménagement Bassée reste efficace pour toutes les crues testées, ce qui n'est pas le cas des aménagements existants, lorsque le maximum à Montereau résulte d'un événement de crue simple et marquant sur l'Yonne (ex : crue de Mars 2001). Si l'on excepte les cas des quatre plus grandes crues du 20^{ème} siècle, c'est l'aménagement de la Bassée qui contribue le plus au gain global.
- La cote critique provoquant les premiers désordres notables à Montereau est 49 mNGF et celle provoquant les premiers débordements directs est 49.5 mNGF : on constate sur le diagramme de la figure 3.7 que la Bassée joue un rôle déterminant pour ramener toutes les cotes sous le seuil de 49.5 mNGF, et toutes les cotes sauf une sous le seuil critique de 49 mNGF. La seule action des ouvrages existants n'aurait pas empêché à 5 crues de dépasser la cote 49 mNGF.
- A Paris l'impact de l'aménagement Bassée a un poids relatif plus faible que celui des ouvrages existants pour les très fortes crues mais son action est déterminante pour ramener les niveaux historiques sous deux seuils critiques :

- La cote de Seine de 32.10 (H = 6.18 m à l'échelle du pont d'Austerlitz) dont le dépassement provoque l'envolement du RER C,
- La cote de Seine de 33.12 (H = 7.20 m à l'échelle du pont d'Austerlitz), dont le dépassement provoque le franchissement des murettes de protection implantées en petite couronne et l'inondation généralisée de toutes les communes riveraines des départements de la petite couronne.

Le diagramme de la figure 3.7 montre que l'aménagement Bassée aurait permis de ramener le niveau de la crue de 1910 sous la cote critique de 33.12 et qu'il aurait évité l'envolement du RER C pour la crue de janvier 1955 et probablement aussi la crue de janvier 1924.

- Pour les crues moyennes à fortes (H compris entre 5.5 m et 6.5 m) la Bassée et les 4 autres ouvrages jouent des rôles très complémentaires, assurant des gains relativement homogènes entre 40 et 80 cm. La part des gains assurés par la Bassée d'une part, les autres ouvrages d'autre part est très variable d'une crue à l'autre selon la configuration de la crue, mais le gain consolidé est presque toujours conséquent. La crue d'Avril 1983 constitue un cas atypique, car la pointe à Paris a été provoquée par une crue forte des affluents de la Seine et de la Marne localisés en Région Ile de France qui a donc échappé au contrôle des grands ouvrages de stockage.

Quelques remarques complémentaires :

- L'efficacité de l'aménagement Bassée s'explique en partie par l'action d'affinage des lacs réservoirs de la Seine et de l'Aube qui contribuent à dégraisser le volume de crue à Montereau. Les lacs réservoirs permettent donc à l'aménagement Bassée d'assurer des gains en cote important à Montereau en prélevant un volume somme toute limité au regard des volumes de stockage disponibles dans les autres ouvrages (800 Mm³ au total).
- Sur la série des 20 crues historiques analysées, l'aménagement de la Bassée aurait fonctionné 18 fois si l'on retient la cote 48.50 mNGF comme niveau de déclenchement à Montereau.
- Les premiers tests réalisés lors de l'étude de 2004 ont montré des gains de 60 cm pour les crues de janvier 1955 et 1982, et de 30 cm pour la crue de janvier 1910 à Montereau. A Paris, les estimations étaient de 40 cm et 20 cm respectivement. Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude actuelle sont inférieurs pour ces trois crues à Montereau. Le choix de la méthode retenue dans la présente étude explique ce résultat : elle est en effet automatisée selon une logique applicable à toutes les crues et donc robuste, au détriment d'une optimisation au cas par cas, mais qui n'a pas grande signification dans un contexte de gestion opérationnelle. Au regard des courbes présentées en annexe pour ces trois crues, il apparaît qu'une optimisation manuelle au cas par cas aurait donnée des résultats meilleurs que ceux de la précédente. A Paris, les résultats obtenus sont comparables à ceux de l'étude de 2004.

Figure 3-3 : Impacts des barrages et de l'aménagement Bassée sur les cotes maximales obtenues pour chaque crue à Montereau

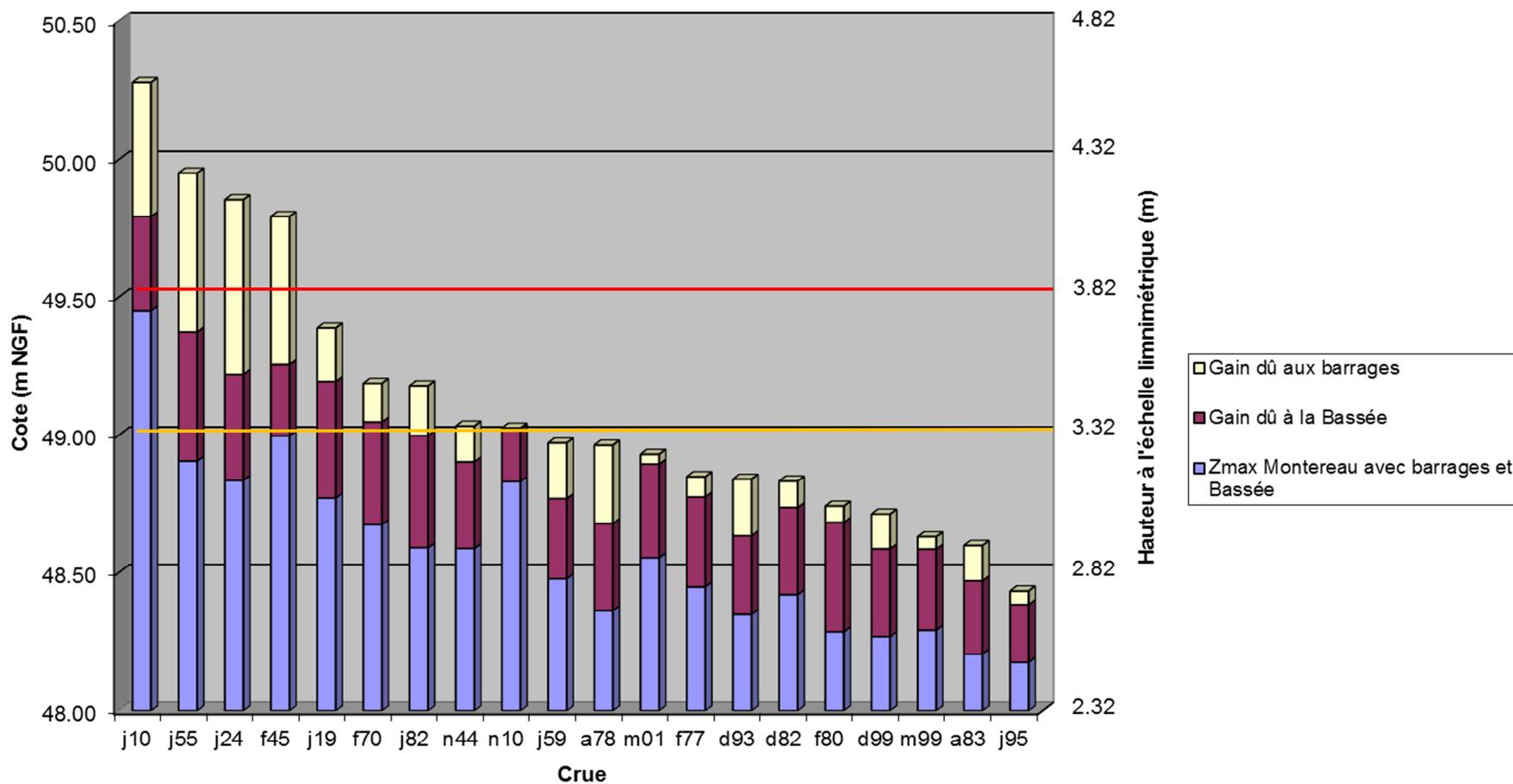


Figure 3-4 : Impacts des barrages et de l'aménagement Bassée sur les cotes maximales obtenues pour chaque crue à Corbeil

