

## **Modulation de l'alimentation du « Grand Canal » du Parc de Sceaux en fonction de la qualité des eaux pluviales et de temps sec**

Modulation of feeding of the Grand open channel in the Parc de Sceaux depending on the quality of wet and dry-weather flows

Le Balier Vincent (2), Mulot Anne-Claire (1), Pister Bernadette (1), Rosier Frédéric (2)

- (1) Conseil Général des Hauts-de-Seine – Direction de l'eau, 2/16 Bd Soufflot, 92015 Nanterre Cedex – [acmulot@cg92.fr](mailto:acmulot@cg92.fr) ; [bpister@cg92.fr](mailto:bpister@cg92.fr)  
(2) SEVESC - Assainissement des Hauts-de-Seine, 92150 Suresnes – [vincent.lebalier@sevesc.net](mailto:vincent.lebalier@sevesc.net) ; [frederic.rosier@sevesc.net](mailto:frederic.rosier@sevesc.net)

### **RÉSUMÉ**

Le bassin versant du ru d'Aulnay, dont l'exutoire est un plan d'eau appelé Grand Canal qui se situe dans le site historique du Parc de Sceaux, a été le cadre d'un ambitieux projet mené par le Conseil général des Hauts-de-Seine, comprenant la réalisation d'un bassin enterré de 4 000 m<sup>3</sup> visant à l'amélioration de la gestion des eaux pluviales et de temps sec du ru d'Aulnay. L'utilisation d'un même volume utile de stockage pour atteindre des objectifs alternatifs de lutte contre la pollution des flux de temps sec et de petites pluies tout en assurant une protection contre les inondations pour les fortes pluies a nécessité la mise en œuvre de différentes techniques de prévision des pluies et de régulation par la qualité des flux. Le bassin sert d'ouvrage de décantation pour les petites pluies et, lorsque de fortes pluies sont prévues, sa vidange est réalisée afin de disposer d'un volume maximum pour écrêter le débit de pointe et éviter les débordements du réseau pluvial. Le pilotage de l'ouvrage, notamment pour appliquer les choix des modes d'exploitation, est assuré grâce au système de télégestion GAIA (Gestion Assistée par l'Informatique de l'Assainissement).

Après 18 mois d'exploitation par la SEVESC, délégataire exploitant l'ensemble des ouvrages départementaux d'assainissement, les objectifs sont atteints. Le Grand Canal du Parc de Sceaux reçoit plus d'eau de meilleure qualité et le bassin versant est mieux protégé contre les inondations lors des fortes pluies.

### **ABSTRACT**

The Parc de Sceaux is the historical outlet of the Aulnay stream watershed. In this site, the Hauts-de-Seine county council has planned an ambitious project including the construction of a 4 000 m<sup>3</sup>-storage basin that will allow real-time control of stormwater and dry-weather flows. Reducing dry-weather pollution and limiting urban flooding for a 10-year return period rain are both objectives of the project. They have required the implementation of real time control technology using water quality measurements and rainfall forecasting as decision support for selecting operational alternatives.

After 18 months of management by the operator SEVESC, the objectives are met. More water, and of better quality, is sent to the Grand Canal. The watershed is also better protected against flooding during storms.

### **MOTS CLÉS**

Gestion dynamique des flux, télégestion, régulation, qualité des eaux pluviales

## 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

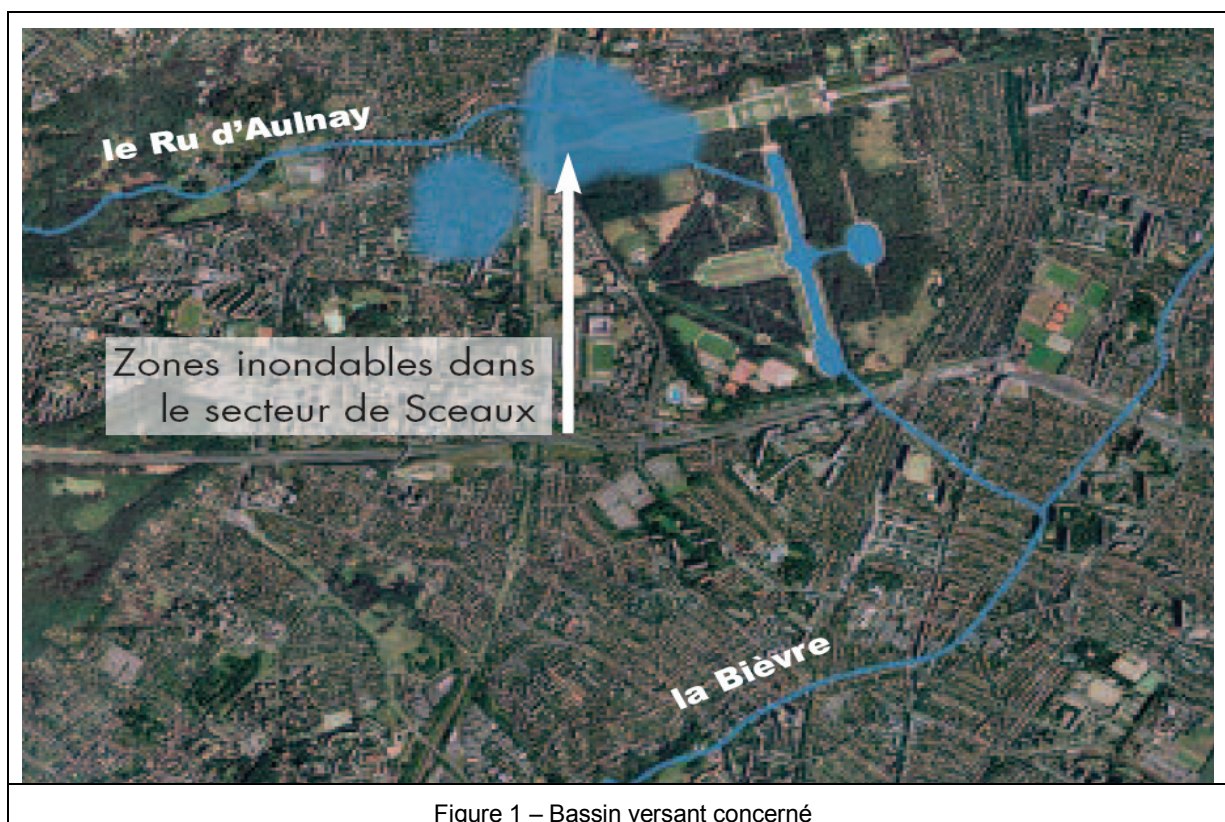
### 1.1 Introduction

La ville de Sceaux est célèbre pour son parc qui fut dessiné par André Le Nôtre à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle. Ce parc s'articule autour du « Grand Canal » alimenté par le ru d'Aulnay qui est historiquement un affluent de la Bièvre.

Le Grand Canal n'était plus alimenté en eau par temps sec depuis 1979, en raison d'une qualité insuffisante du ru, pollué par des apports d'eaux usées.

Par temps de pluie, les transferts de sable et autres matières véhiculées par le réseau séparatif pluvial envasaient progressivement le Grand Canal. Une campagne de bathymétrie menée sur ce plan d'eau a amené le Conseil général des Hauts-de-Seine à réaliser un curage du Grand Canal en 2005-2006.

Ce secteur est également sensible aux inondations lors de fortes pluies.



### 1.2 Objectifs

Sur la base de ces constats, le Conseil général des Hauts-de-Seine a engagé plusieurs études et actions dont les objectifs étaient multiples :

- Améliorer sensiblement la qualité des eaux transférées vers le Grand Canal
- Réguler le fonctionnement hydraulique du ru d'Aulnay pour prévenir les inondations
- Augmenter les volumes qui transitent par le Grand Canal par temps sec et par temps de pluie.

## 2 ACTIONS MENEES

### 2.1 Réseau pluvial amont

Les programmes de contrôle et de mise en conformité des branchements particuliers menés depuis le

milieu des années 90 ont permis d'éliminer la quasi-totalité des eaux usées des collecteurs pluviaux du bassin du ru d'Aulnay. Le débit de temps sec actuel est essentiellement constitué de captage de sources de bonne qualité et peut à nouveau alimenter le Grand Canal. Cependant, des campagnes de mesure ont montré que la qualité des eaux se dégrade rapidement par temps de pluie, avec des taux élevés de matières en suspension.

Par ailleurs, l'urbanisation et l'imperméabilisation progressive du bassin versant amont ont rendu le secteur sensible au risque d'inondation lors des pluies d'orage estivales.

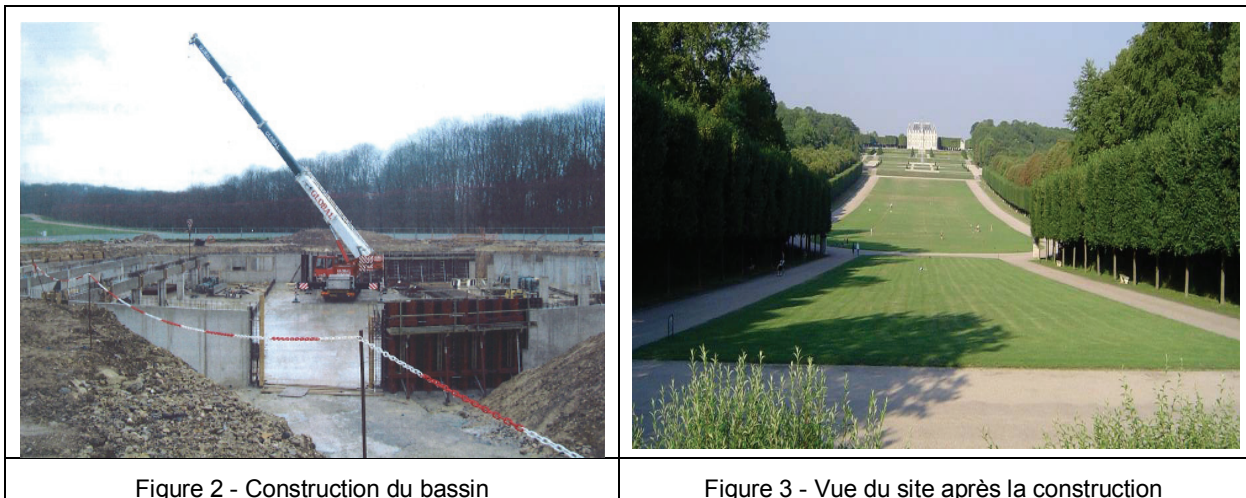
## 2.2 Nouveaux ouvrages

Sur le plan technique, les solutions retenues nécessitaient la réalisation de plusieurs ouvrages de régulation et d'un bassin de stockage de 4000 m<sup>3</sup>, dont les fonctions respectives sont décrites dans les paragraphes suivants et leurs implantations indiquées sur la figure 4.

Avant la construction du bassin, le débit de pointe qui provoquait le débordement du réseau était de 7 m<sup>3</sup>/s (protection inférieure à l'occurrence décennale pour les coefficients d'imperméabilisation actuels). La restructuration du réseau d'eaux pluviales en amont pour y admettre un débit de 9 m<sup>3</sup>/s (débit de pointe pour une pluie d'occurrence légèrement supérieure à la pluie décennale) et l'utilisation du nouveau bassin pour écrêter les débits que la capacité du réseau aval ne peut admettre permet de protéger l'ensemble du bassin versant.

La conception de ces nouveaux ouvrages s'est avérée complexe compte tenu des objectifs fixés et des contraintes liés à la création de nouveaux ouvrages dans un site historique. Il en a résulté la nécessité d'une réalisation enterrée sans aucune visibilité extérieure. Il faut également souligner le fait que le dispositif permet une gestion totalement gravitaire des différents flux.

Les photos présentées ci-dessous (figure 2 et 3) évoquent à elles seules les contraintes importantes de construction et d'exploitation dans ce site exceptionnel.



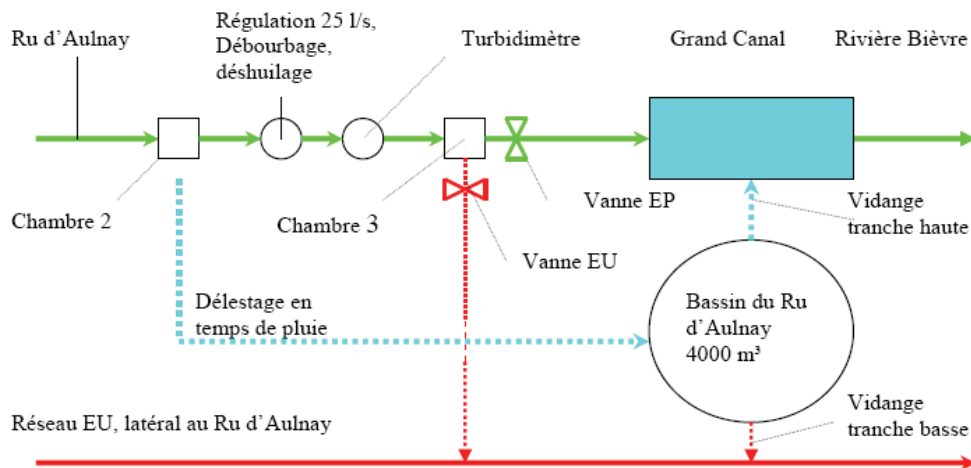


Figure 4– schéma du système d'assainissement du ru d'Aulnay

L'ancien réseau a été conservé dans sa quasi-totalité et, au niveau de la chambre 1 (non représentée sur la figure 4), l'ancien collecteur sert de déversoir d'orage pour les événements pluvieux extrêmes et aussi de maillage pour mettre en chômage l'ensemble des nouveaux ouvrages.

La chambre 2 permet d'aiguiller les eaux vers la partie « temps sec » ou « temps de pluie » du dispositif. Les études préalables avaient montré qu'un débit inférieur à 25 l/s caractérisait les seuls apports de temps sec. Un simple régulateur mécanique limite le débit vers la chambre 3, à 25 l/s et au-delà de ce débit les eaux sont dirigées vers le bassin de stockage.

Après le passage dans un dispositif de débouage et de déshuilage, la chambre 3 permet d'aiguiller les eaux de bonne qualité vers le Grand Canal (turbidité < 35 NTU, conductivité < 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et oxygène dissous > 4  $\text{mgO}_2/\text{l}$ ) à défaut les eaux sont rejetées dans le réseau des eaux usées.

Le bassin de 4000  $\text{m}^3$  est composé de 3 compartiments distincts. Le premier est alimenté directement par le collecteur de la chambre 2 « déstéage temps de pluie » et les deux autres sont alimentés par surverses successives (voir figure 5). Six vannes de vidange installées dans les différents compartiments permettent de diriger les eaux vers deux exutoires que sont le Grand Canal et le réseau d'eaux usées suivant le mode de fonctionnement. L'ensemble du dispositif est entièrement automatisé, relié au système de gestion technique centralisée GAIA (Gestion Assistée par l'Informatique de l'Assainissement) par lequel sont assurés la supervision et le pilotage à distance.

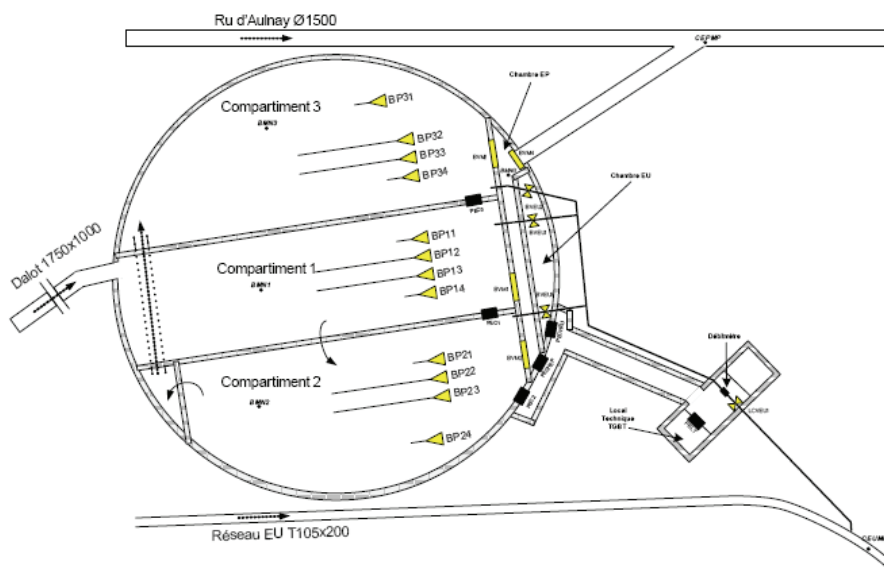


Figure 5 – schéma du bassin de retenue et des équipements électromécaniques

### 3 FONCTIONNEMENT DU BASSIN

Le bassin du Ru d'Aulnay possède cinq modes de fonctionnement, dont 3 modes dégradés :

- Mode dépollution
  - Mode lutte contre les inondations
  - Mode arrêt
  - Mode chômage
  - Mode traversant
- } Modes de repli

Pour répondre aux objectifs d'alimentation du Grand Canal et de lutte contre les inondations, le bassin possède donc deux modes de fonctionnement distincts : le mode « dépollution » et le mode « lutte contre les inondations ». Le basculement d'un mode à l'autre est déterminé par la connaissance du risque de pluies importantes grâce à des prévisions radar (voir paragraphe 4 bien que l'article ne traite pas spécifiquement de cet outil d'aide à la décision).

Les différents modes de fonctionnement du bassin de stockage et de dépollution sont détaillés dans ce chapitre.

### 3.1 Modes de repli

Les trois modes de fonctionnement « arrêt », « chômage » et « traversant » sont des configurations particulières enclenchées manuellement par l'exploitant pour réaliser des opérations de maintenance ou enclenchées automatiquement lorsque certains équipements stratégiques (portes étanches, capteurs, vannes) n'assurent pas leur fonction ou encore en cas d'absence de tension EDF.

Le passage de n'importe quel autre mode de fonctionnement au mode « chômage » ou « traversant » génère une alarme urgente via la télésurveillance afin d'intervenir sur site.

### 3.2 Mode dépollution

Le mode de fonctionnement dépollution, mode actif par défaut, est utilisé dans le cas de pluies faibles lorsque les débits engendrés ne présentent pas de risque d'inondation.

Dans ce mode de fonctionnement, le bassin se remplit tant qu'il pleut. Lorsque les trois compartiments sont pleins, l'alimentation du bassin continue et les eaux surversent vers le collecteur « eaux pluviales » et se dirigent vers le Grand Canal.

Lorsque le débit du collecteur amont descend sous la limite des 25 l/s, le bassin n'est plus alimenté et les effluents stockés dans le bassin y restent durant une période réglable (actuellement 140 mn) pour y décanter. A l'issue de ce temps de décantation la vidange commence.

La vidange du bassin s'effectue en deux temps. Dans un premier temps l'ouverture des trois vannes hautes permet la vidange des eaux décanterées vers le Grand Canal (voir figure 6). Ensuite, les eaux chargées des trois compartiments sont vidangées successivement vers le collecteur des eaux usées (voir figure 7).

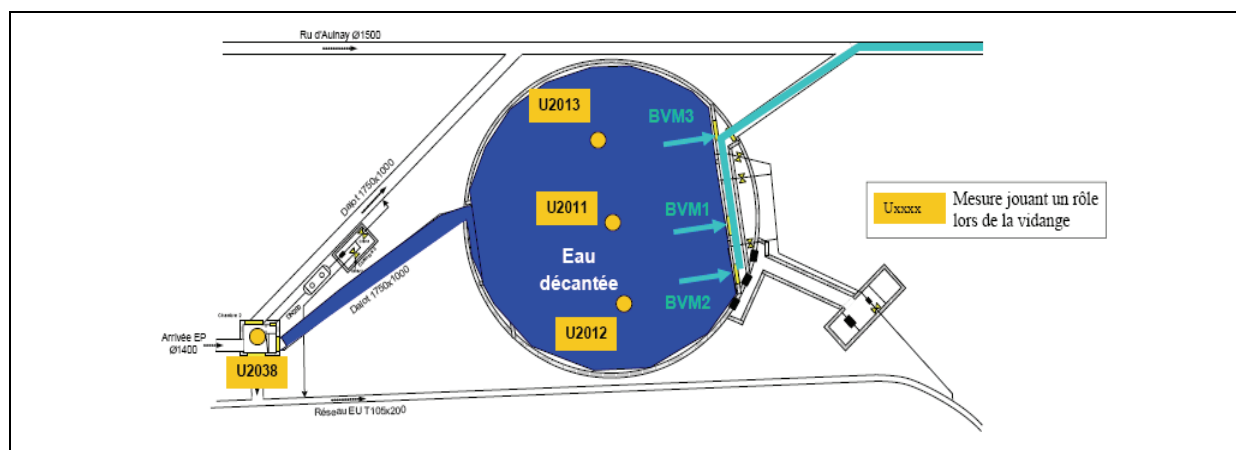


Figure 6 – la mesure de la hauteur d'eau U2038, chambre 2, permet de détecter que le bassin n'est plus alimenté (fin du temps de pluie) et les mesures de hauteur d'eau (U2011 à U2013) servent à séquencer les phases de vidange des compartiments 3 à 1 par ouvertures successives des vannes BVM3 à BVM1.

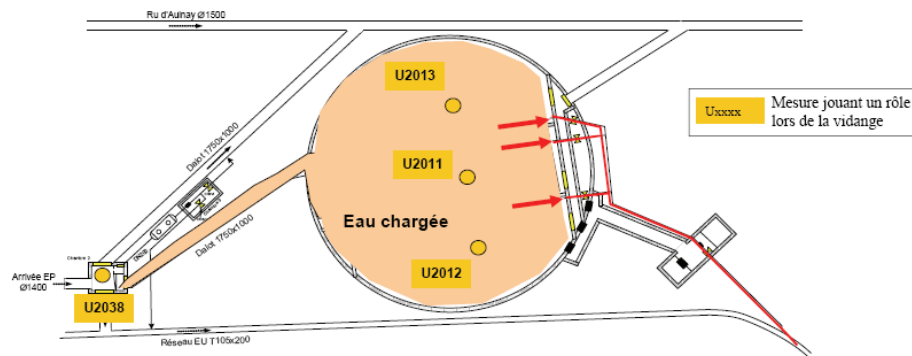


Figure 7 – les mesures de hauteur d'eau (U2011 à U2013) servent à séquencer la vidange des eaux chargées de dans chaque compartiment par ouvertures successives des vannes de vidange vers le réseau des eaux usées et jusqu'à détection de la vidange complète de chacun des trois compartiments.

### 3.3 Mode lutte contre les inondations

En cas d'orage, la priorité est donnée à la protection contre les inondations. L'objectif de ce mode est de réserver toute la capacité du bassin pour écrêter le débit de pointe du ru d'Aulnay et ainsi limiter les risques d'inondation lors des fortes précipitations.

Lors du passage dans ce mode prioritaire de « lutte contre les inondations », toutes les vannes sont ouvertes à l'exception des vannes situées au fond des compartiments 2 et 3 pour éviter les retours d'eau du réseau des eaux usées (figure 8). Le passage à ce mode de fonctionnement interrompt de fait une séquence de décantation.

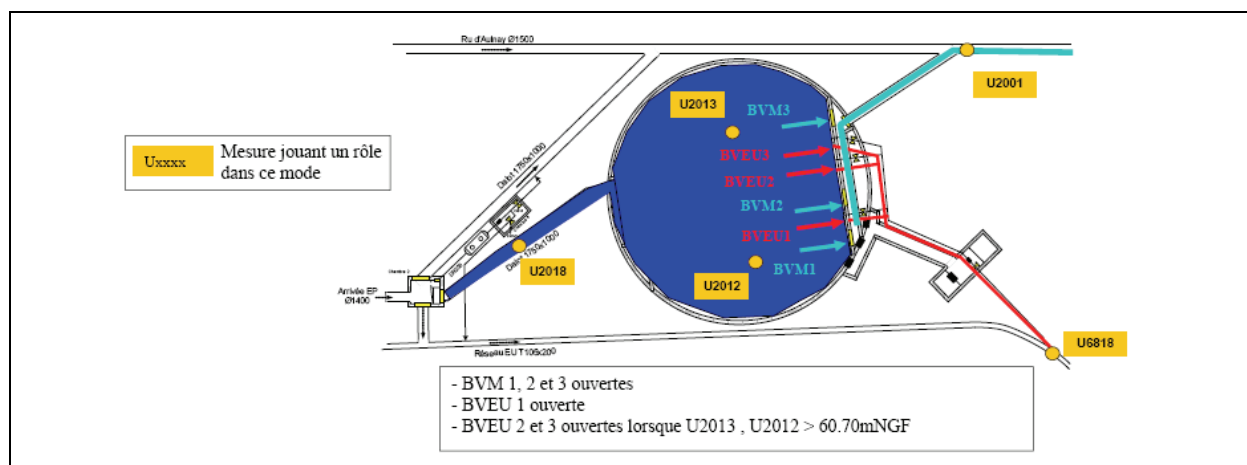


Figure 8 – les vannes BVEU2 et BVEU3 ne sont ouvertes que lorsque les niveaux d'eau dans les compartiments 2 et 3 sont élevés pour éviter un remplissage de ces deux compartiments par retour d'eau du réseau eaux usées.

## 4 INDICATEUR DE RISQUE DE PLUIE IMPORTANTE

L'indicateur d'orage est composé d'une alarme de prévision de l'heure du risque et d'un indicateur de pré-alerte. Cet outil d'aide à la décision, développé par la société Rhéa, s'appuie essentiellement sur le système Calamar de représentation et de prévision de lame d'eau précipitée à partir des images du radar Météo France de Trappes dans les Yvelines.

L'alarme de prévision de l'heure du risque (figure 9) s'appuie sur l'analyse de la pluie mesurée et prévue à échéance 1 heure sur le bassin versant du ru d'Aulnay. Si le cumul dépasse 13,5 mm sur 30

minutes, alors l'alarme est générée (ce qui correspond à des pluies de période de retour supérieure à 2 ans).

L'indicateur de pré-alerte permet d'augmenter le délai d'anticipation sur le mode de gestion à mettre en place et laisse ainsi le temps de vider si besoin le bassin. Cet indicateur recherche les cellules pluvieuses critiques (figure 10) pour le risque d'inondation dans un rayon de 10 km. Le seuil de détection de pluie est également fixé à 13.5 mm sur 30 mn.

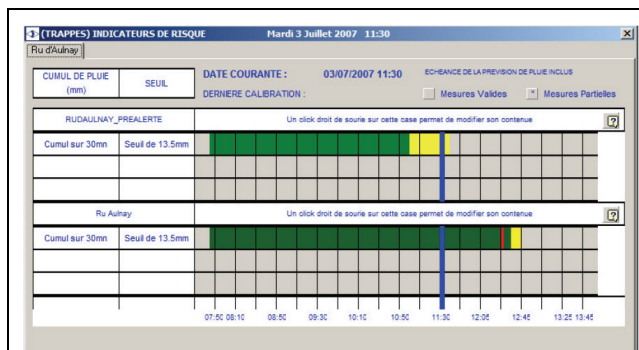


Figure 9 – capture d'écran de l'indicateur de risque (Rhea – Calamar)

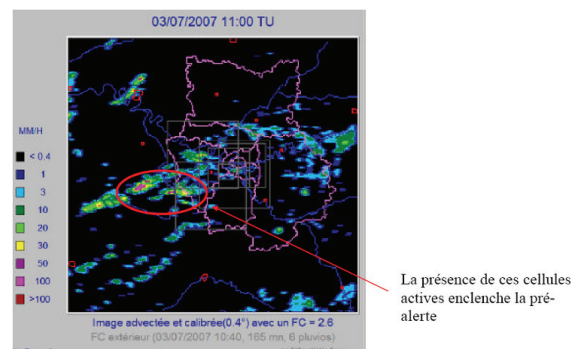


Figure 10 – capture d'écran du système image radar météorologique Calamar

## 5 BILAN D'EXPLOITATION

Le bilan d'exploitation exposé ci-après concerne l'année 2008.

Mode arrêt : non utilisé

Mode chômage : une demi-journée

Mode dépollution : 352 jours

Mode lutte contre les inondations : 13 jours suite à des alertes ou pré-alertes « risque de pluie importante ». A posteriori, une analyse détaillée de la pluviométrie montre que seuls 5 passages en mode « lutte contre les inondations » auraient été vraiment nécessaires. Lors de la phase de mise au point de l'indicateur de risque, les changements de mode de fonctionnement ont été faits sur la base d'informations d'alerte « fortes pluies » diffusées par Météo France (Atmoflash) qui couvrent une zone plus étendue que l'indicateur de risque décrit au paragraphe 4.

Mode traversant : 1 journée, suite à la défaillance d'une vanne lors de l'orage du 7 août 2008.

### Bilan « lutte contre les inondations » :

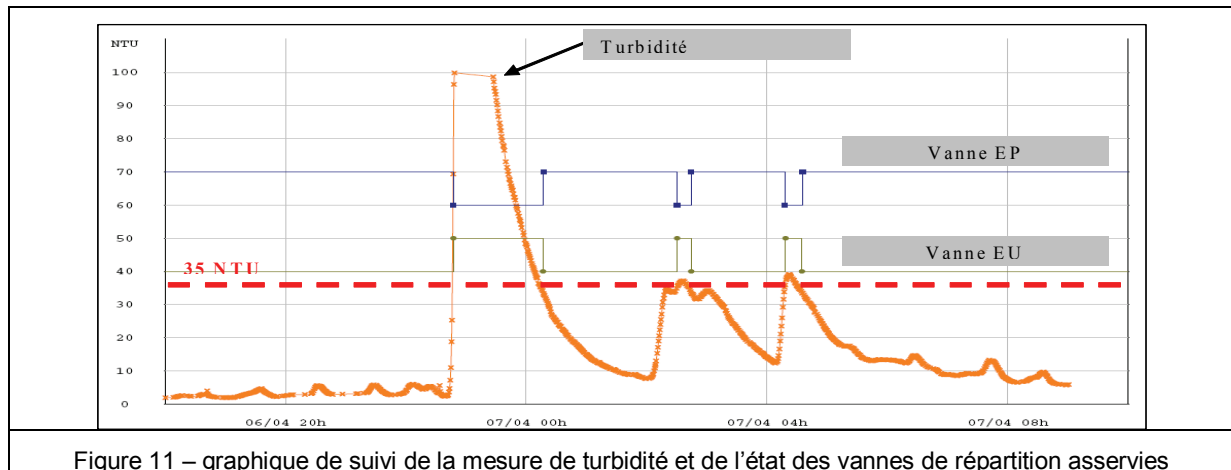
Le tableau ci-dessous recense les principaux remplissages du bassin de mai à août 2008 :

Début événement	Fin événement	Durée (heure)	Cumul (mm)	Intensité max (mm/h) rapportée au pas de temps	Pourcentage de remplissage compartiment 1 %	Pourcentage de remplissage compartiment 2 %	Pourcentage de remplissage compartiment 3 %
12/06/08 10:20:00	12/06/08 12:10:00	1.83	4.20	7.20	55 %	0 %	1 %
15/06/08 13:20:00	15/06/08 17:30:00	4.17	8.00	24.00	100 %	0 %	1 %
19/06/08 14:40:00	19/06/08 19:00:00	4.33	2.40	4.80	100 %	56 %	2 %
07/10/08 01:25:00	07/10/08 21:05:00	19.67	9.80	12.00	100 %	77 %	2 %
21/08/08 16:50:00	23/08/08 02:55:00	34.08	26.60	9.60	100 %	100 %	90 %
14/05/08 16:35:00	15/05/08 10:35:00	18.00	24.00	105.60	100 %	100 %	76 %
25/05/08 17:55:00	28/05/08 00:45:00	54.83	47.60	72.00	100 %	100 %	99 %
25/07/08 22:15:00	26/07/08 03:35:00	5.33	21.20	43.20	100 %	100 %	100 %
07/08/08 03:10:00	08/08/08 12:20:00	33.17	48.40	67.20	100 %	100 %	100 %

Ce suivi des remplissages montre que le bassin a été sollicité à 100% (ou presque) pour les trois événements pluvieux majeurs du printemps et de l'été 2008 (les 27 mai, 25 juillet et surtout le 7 août) ; pour ces trois événements, le passage en mode « lutte contre les inondations » avait été réalisé en début d'événement grâce au système d'alerte.

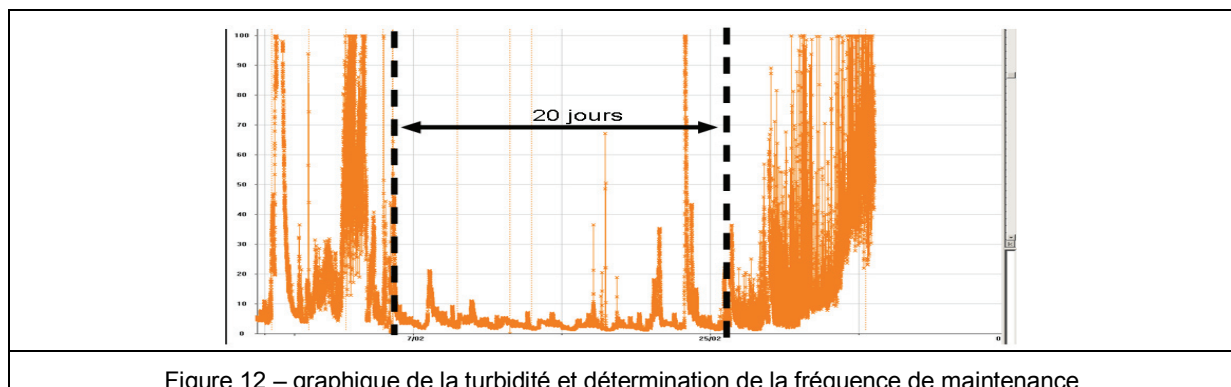
### Bilan « lutte contre la pollution » :

En amont du bassin, en fonction des conditions de débit ( $< 25\text{ l/s}$ ) et de qualité ( $< 35\text{ NTU}$  pour la turbidité et  $< 1200\ \mu\text{S/cm}$  pour la conductivité), les eaux sont envoyées directement dans le Grand Canal du Parc de Sceaux. La turbidité dépasse le seuil de  $35\text{ NTU}$  21% du temps de la période d'observation et est le paramètre déterminant pour orienter les eaux trop chargées vers le réseau d'eaux usées au lieu du Grand Canal. Les eaux « propres » ont été dirigées 71% du temps vers le Grand Canal et le reste du temps vers le collecteur des eaux usées. Le graphique présenté ci-dessous (figure 11) illustre le fonctionnement de cette régulation durant plusieurs heures avec les positions des vannes qui assurent la répartition des eaux en fonction de leur qualité.



## 6 MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS

Le bassin du ru d'Aulnay est entièrement automatisé et, au-delà de la maintenance habituelle des équipements électromécaniques, les différents asservissements reposent sur quelques capteurs principaux qui nécessitent une attention particulière. La dépollution de temps sec dépend principalement des capteurs de turbidité (marque LANGE, modèle SOLITAX SC TS Line 0-4000 NTU), de conductivité (marque LANGE, modèle conductivité inductive 3700CSPP) et d'oxygène dissous (marque LANGE, modèle LDO mesure par luminescence) qui nécessitent un nettoyage bimensuel. Cette fréquence a été déterminée empiriquement par l'analyse des courbes de turbidité sur lesquelles la dérive de la mesure liée à l'encrassement de la sonde optique est visible (voir figure 12). Les cycles de remplissage, décantation et vidange sont principalement asservis à des mesures de niveau (marque SIEMENS, modèles piézométrique 7MF 1570-1EA01 et ultrasons Multi ranger plus XPS 1à standard). La maintenance de ces capteurs consiste en une vérification mensuelle des niveaux mesurés et, le cas échéant un étalonnage.



## 7 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Après 18 mois d'exploitation et la gestion de nombreux événements pluvieux, les résultats sont plutôt positifs. Le Grand Canal du Parc de Sceaux reçoit plus d'eau de meilleure qualité et le bassin versant est mieux protégé contre les inondations lors des fortes pluies.

Cet ouvrage qui combine plusieurs fonctions a été l'occasion de mettre en œuvre de nombreuses



technologies telles que la régulation des flux par la qualité des effluents en réseau et d'appliquer l'utilisation des prévisions pluviométriques à partir d'images radar météorologique.

Les retours d'expériences concernant ces technologies sont globalement positifs. En effet, le réseau séparatif pluvial de ce secteur se prête bien à l'utilisation de capteurs de qualité tels que turbidimètre ou conductimètre pour réguler les apports d'eau non polluée au Grand Canal.

L'ensemble de ces ouvrages est également télésurveillé et télégéré grâce au système GAIA qui permet à l'exploitant de piloter à distance les équipements, les scénarios de gestion et d'être alerté en cas de défaillance.

En termes de perspective, et après l'analyse du fonctionnement du bassin durant la première année d'exploitation, il a semblé opportun de mettre en place une série d'indicateurs pour rendre mieux compte du fonctionnement et de l'efficacité du bassin. Il manquait notamment des éléments concernant la destination finale des volumes et des flux qui transitent dans le système que les capteurs installés ne pouvaient pas directement mesurer.

Trois classes d'indicateurs ont donc été mises au point et un logiciel permet de les calculer à une fréquence mensuelle :

- Des indicateurs de contexte, permettant de rendre compte des caractéristiques pluviométriques du mois étudié
- Des indicateurs de fonctionnement, mettant en avant les sollicitations du bassin et des collecteurs eaux pluviales et eaux usées durant le mois
- Des indicateurs de performance, évaluant l'efficacité du bassin en termes de dépollution et de lutte contre les inondations.

## 7.1 Indicateurs de performances

Une des manières d'appréhender les performances de cet ouvrage est de calculer la pollution évitée au Grand Canal en raisonnant sur un paramètre représentatif tel que les matières en suspension (MES). La pollution évitée au Grand Canal comprend :

- la pollution de temps sec qui est dirigée vers le collecteur des eaux usées par la régulation de la chambre 3
- la pollution de temps de pluie qui est dirigée vers le collecteur des eaux usées (décantat de la partie basse du bassin). Au cours de l'année 2009 ces apports supplémentaires, dirigés vers la station d'épuration, sont de l'ordre de 387 000 m<sup>3</sup> d'effluents chargés de 45 tonnes environ de matières en suspension. Il faut noter qu'une partie de ces matières en suspension est piégée dans les chambres à sable situées en aval sur le réseau. Il est toutefois difficile, après une seule année d'exploitation de cet ouvrage, de tirer des conclusions précises sur ce point.
- la pollution piégée par le débourbeur et, éventuellement, les boues extraites par curage du bassin.

La deuxième fonction de l'ouvrage est la lutte contre les inondations, c'est pourquoi des indicateurs ont été développés pour évaluer si le bassin a permis d'éviter un débordement du réseau. La fonction « lutte contre les inondations » est enclenchée volontairement par l'exploitant, il est également intéressant de vérifier que ce mode de fonctionnement est utilisé à bon escient. D'autres indicateurs ont également été développés pour appréhender le fonctionnement des ouvrages d'un point de vue volumique.

## 7.2 Optimisations envisageables

Quelques aspects restent encore à optimiser, parmi lesquels nous pouvons citer :

- la disponibilité de l'indicateur d'alerte, ainsi que le développement d'un indice de fiabilité.
- l'optimisation des seuils de passage en mode lutte contre les inondations. Les mesures enregistrées depuis la mise en service de l'ouvrage permettront de bien caler le modèle hydraulique de fonctionnement du bassin versant et donc de vérifier si les consignes de gestion actuelles sont optimales.
- vérifier, et faire évoluer le cas échéant, la durée de décantation des effluents stockés dans le bassin afin d'optimiser le temps des séquences de remplissage et de vidange de l'ouvrage afin de

maximiser le nombre d'événements pris en charge.

## **Bibliographie**

### Publications, ouvrages et autres documents

BELLEFLEUR D., MICHEL G., PHAN L., FAURE D., DE BELLY B., VAZQUEZ J., et BOURGOGNE P. (1999) *Gestion en temps réel des réseaux d'assainissement (Réflexions pour une applications aux milieux dispersés)*. Congrès AGHTM Budapest, Mai 1999.

CUVILLIER F., JACQUET G., VOIGNIER P. et BOURNIQUEL J.M. (2001) *Quelques perspectives pratiques d'étude et d'aide à l'exploitation ouvertes par le radar d'Abbeville. Le cas de Boulogne-sur-Mer*.

BOURRIER R., *Les réseaux d'assainissement, calcul, applications, perspectives*, Lavoisier Tec. & Doc. Lavoisier.

BERTRAND-KRAJEWSKI J.L., LAPLACE D., JOANNIS C., CHEBBO G., *Mesures en hydrologie urbaine et assainissement*. Editions Tech & Doc.

LE MOINE N., *Etat de l'art de l'art sur la gestion temps réel des réseaux d'assainissement*. Rapport de stage, avril 2004.