



HAL
open science

LA GESTION EN TEMPS REEL DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT POUR LUTTER CONTRE LES INONDATIONS EN SEINE-SAINT-DENIS

Olivier Browne

► **To cite this version:**

Olivier Browne. LA GESTION EN TEMPS REEL DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT POUR LUTTER CONTRE LES INONDATIONS EN SEINE-SAINT-DENIS. 16èmes Journées Scientifiques de l'Environnement - Eau: vivre sans risques, May 2005, Créteil, France. hal-00676900

HAL Id: hal-00676900

<https://hal.science/hal-00676900>

Submitted on 6 Mar 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA GESTION EN TEMPS REEL DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT POUR LUTTER CONTRE LES INONDATIONS EN SEINE-SAINT-DENIS

Olivier BROWNE, Direction de l'Eau et de l'Assainissement

Conseil Général de Seine-Saint-Denis, BP 193, 93 003 Bobigny Cedex

Tél : 01 43 93 65 11

Courriel : obrowne@cg93.fr

Résumé

L'exploitation en temps réel constitue une réponse technique et organisationnelle de plus en plus fréquente pour gérer des réseaux d'assainissement urbain étendus. Elle accompagne les investissements lourds nécessaires pour améliorer le réseau d'assainissement, à la fois pour rendre possible et cohérente la gestion d'un réseau de plus en plus complexe et pour étendre la zone d'influence des grands aménagements. Elle contribue à la lutte contre les inondations et à la diminution des rejets polluants vers le milieu naturel en régulant l'acheminement des eaux vers les stations d'épuration par temps de pluie.

En temps réel, le suivi météorologique à l'aide des images radar et le rapatriement des mesures hydrologiques et hydrauliques donnent une vision globale instantanée des écoulements et de leur évolution attendue. La comparaison avec les mesures enregistrées lors de pluies cataloguées permet d'anticiper les conséquences des événements pluvieux observés en temps réel. Pour y faire face, des téléconsignes sont envoyées en temps réel aux stations de gestion afin d'adapter la régulation locale aux écoulements attendus.

En Seine-Saint-Denis, la gestion en temps réel du réseau d'assainissement départemental apporte donc à la fois une vision globale instantanée de la situation météorologique et des écoulements et une représentation de la situation attendue. Elle permet également d'agir à distance pour adapter les consignes de gestion locale à cette évolution.

Mots-Clés : assainissement ; réseau ; gestion en temps réel ; inondation ; radar ; télégestion.

1 La problématique de l'assainissement en Seine-Saint-Denis

1.1 Le contexte

Le département de Seine-Saint-Denis couvre un territoire urbain de 236 km² situé au Nord-Est de Paris, il comprend 40 communes et une population de 1 380 000 habitants.

Long de 700 km, le réseau d'assainissement géré par le département reçoit les apports des réseaux communaux et les transporte jusqu'aux frontières du département vers des collecteurs exploités par d'autres collectivités (Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne, Direction des Services de l'Eau et de l'Assainissement du Conseil Général du Val de Marne, Section d'Assainissement de Paris ...). Il est donc intégré

au réseau régional d'assainissement de la région parisienne qui inclut 180 communes et une population de plus de 8 millions d'habitants.

La topographie particulièrement plate du département de Seine-Saint-Denis (pente moyenne de 1/1000) et la présence de marais et de cuvettes dans les zones proches de la Seine constituent de fortes restrictions physiques aux écoulements. En outre, il se produit un effet d'amplification des inondations en raison de la grande dimension du bassin versant urbain (200 km²) et de la concentration des exutoires sur quelques kilomètres de berges de Seine et de Marne.

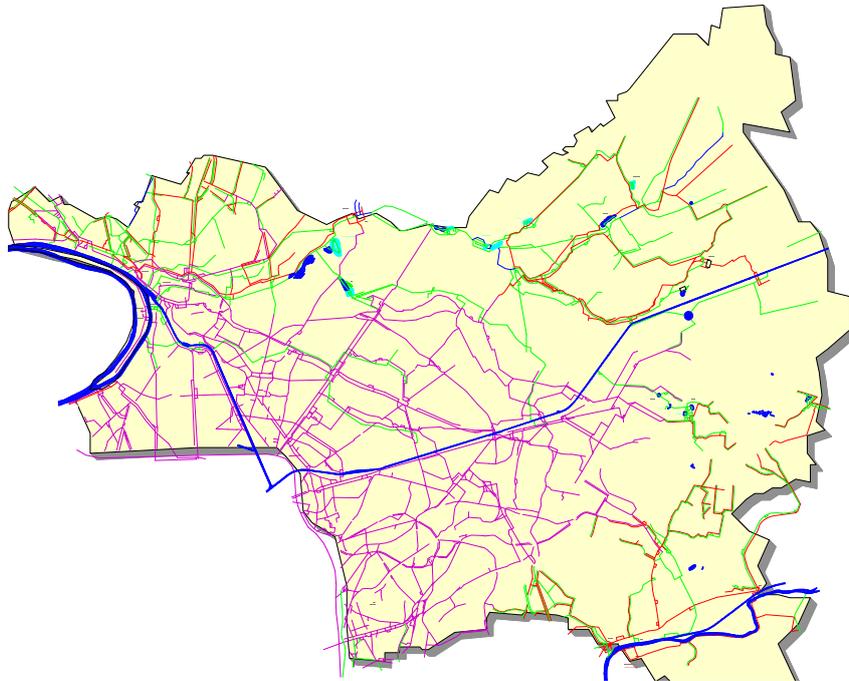


Figure 1 : Vue générale du réseau d'assainissement

1.2 Petit historique

Avec l'urbanisation croissante, les problèmes d'inondations sont devenus critiques dans les années 70. C'est à cette période que le service a commencé à installer des mesures de hauteur en réseau et à utiliser des modèles de simulation pour mieux comprendre son fonctionnement.

Au cours de ces mêmes années, le Département a construit de grands collecteurs pluviaux profonds pour le délestage des débits excédentaires de la zone unitaire centrale par temps de pluie. Ces collecteurs déchargeaient directement les débits par temps de pluie vers la Seine, sans réduction des débits de pointe, ce qui amplifiait encore l'impact sur la qualité des eaux de la Seine.

La configuration du réseau rend impossible une action préférentielle sur un des collecteurs structurants des Bords de Seine, sinon en de multiples sites parfois éloignés des exutoires, vers l'amont des bassins versants. Ceci explique en partie la démarche de construction de bassins de retenue à ciel ouvert dans un premier temps, puis enterrés lorsque les contraintes foncières sont devenues trop fortes, pour amortir et retarder les débits.

Au cours des années 80, avec l'extension du réseau vers l'est, un vaste programme de construction de bassins de retenue à ciel ouvert a démarré (800 000 m³ de stockage en 1992). L'objectif prioritaire était de réduire la fréquence et le volume des débordements du réseau et de mettre en oeuvre une décantation extensive dans les bassins de retenue à ciel ouvert.

La gestion en temps réel du réseau d'assainissement pour lutter contre les inondations en Seine-Saint-Denis - BROWNE O.



Figure 2: Quelques bassins de retenue à ciel ouvert

Dans le même temps, le premier système de contrôle en temps réel a été développé. En 1986, il permettait de visualiser la répartition spatiale des pluies grâce aux images radar et de surveiller le fonctionnement de 30 stations locales (hauteur, débits, états des organes). Sa fonction se limitait à une simple supervision du contrôle automatique local.

Conformément au schéma directeur de 1992 et à son successeur AUDACE, de nombreux bassins enterrés de 20 000 à 30 000 m³ sont ont été construits dans les années 1990 - 2000. En 2005, le département dispose de 28 bassins totalisant une capacité de 1 265 000 m³.

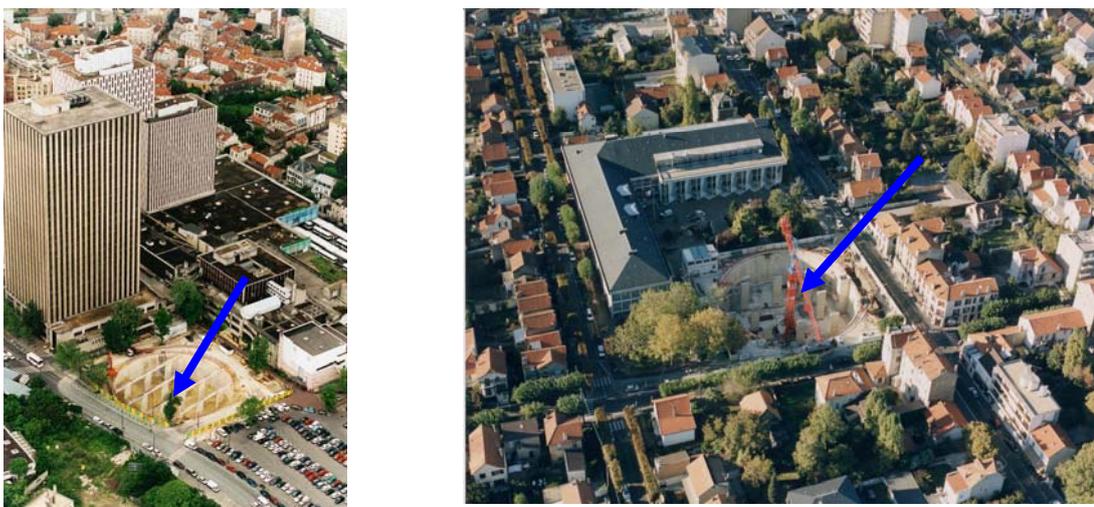


Figure 3 : Construction de bassins enterrés de 20 à 30 000 m³ environ en zone urbaine dense

1.3 L'organisation du service d'assainissement

En conformité avec la directive européenne 91/271, et sa transposition dans le droit français, il a été confirmé que l'assainissement relève de la compétence des communes.

Cependant, le cas de l'agglomération parisienne est spécifique. Les communes assurent la collecte, la ville de Paris et les 3 départements de la petite couronne assurent le transport et le SIAAP (Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) a en charge l'exploitation des grands émissaires de transport et le traitement des effluents.

En Seine-Saint-Denis, la Direction de l'Eau et de l'Assainissement exploite le réseau départemental et le réseau interdépartemental dont le SIAAP lui a confié la gestion. Près de 300 agents assurent :

- les visites quotidiennes et le repérage des désordres en réseau ;
- les études pour le développement du réseau et la construction des nouveaux ouvrages ;
- la maîtrise d'oeuvre pour la réhabilitation des anciens ouvrages et pour la construction d'ouvrages neufs ;
- la gestion des écoulements en réseau.

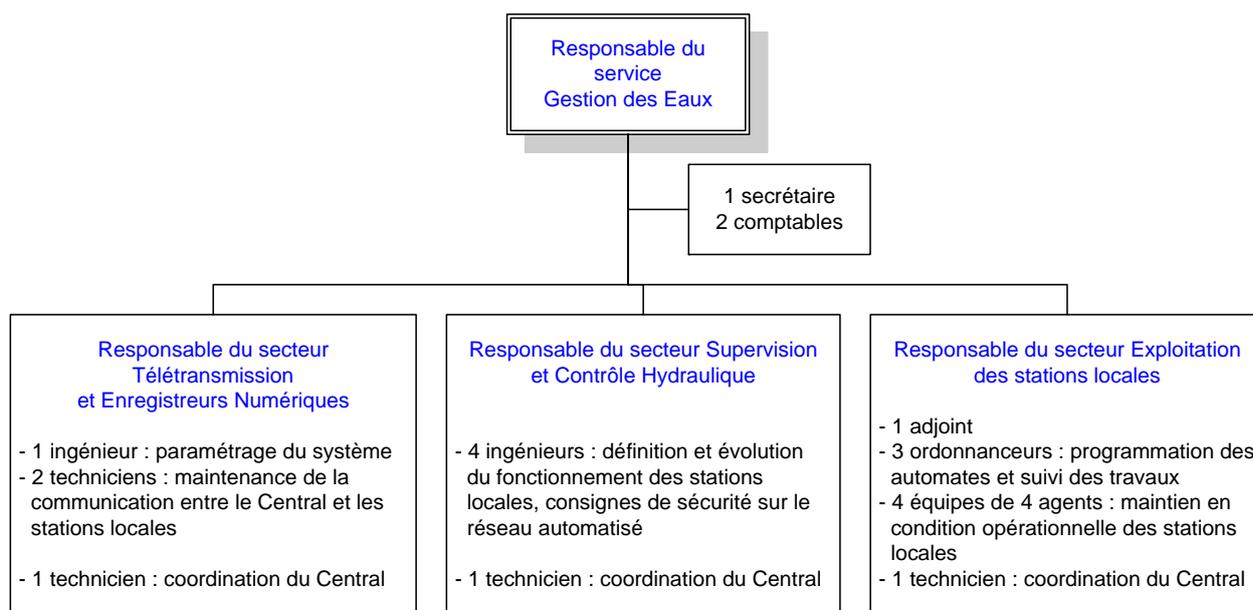


Figure 4 : L'organisation de la gestion des eaux repose sur un service de 37 personnes

2 Le système de gestion en temps réel

2.1 Les objectifs

Les principaux objectifs sont :

- le transport de la totalité des eaux usées jusqu'aux stations d'épuration ;
- la suppression des inondations pour des événements pluvieux d'une période de retour inférieure à 10 ans ;

La gestion en temps réel du réseau d'assainissement pour lutter contre les inondations en Seine-Saint-Denis - BROWNE O.

- la réduction des rejets polluants par temps de pluie vers le milieu naturel : fréquence, volume et charge.

Ces objectifs paraissent évidents, mais on rencontre des difficultés opérationnelles pour les atteindre de manière ininterrompue, chaque jour, pendant de nombreuses années. Ainsi, pour des travaux en réseau d'assainissement, il existe des collecteurs pour lesquels il n'est pas possible de détourner l'écoulement vers d'autres collecteurs ou vers un bassin de stockage.

Lorsque les capacités d'entonnement dans les réseaux sont insuffisantes, selon le dimensionnement et l'entretien des avaloirs ou en raison de la présence de colmatages, il peut arriver que le ruissellement sur la voirie ne parvienne pas jusqu'aux ouvrages de transport. De ce fait, on observe parfois des inondations en surface pour une pluie de forte intensité alors que l'ouvrage de stockage voisin est peu rempli. Les moyens d'agir sur l'inondation sont alors impuissants lorsque le réseau lui-même n'est pas sollicité.

Enfin, les insuffisances structurelles de réseaux existent encore qui conduisent les opérateurs à concilier deux objectifs antagonistes en temps de pluie : limiter les inondations en minimisant les délestages vers le milieu naturel.

2.2 Les hommes

L'efficacité d'un dispositif de gestion en temps réel repose avant tout sur les compétences des hommes, sur l'organisation opérationnelle en place et sur la capacité d'évolution et d'adaptation aux nouvelles technologies et aux nouvelles réglementations.

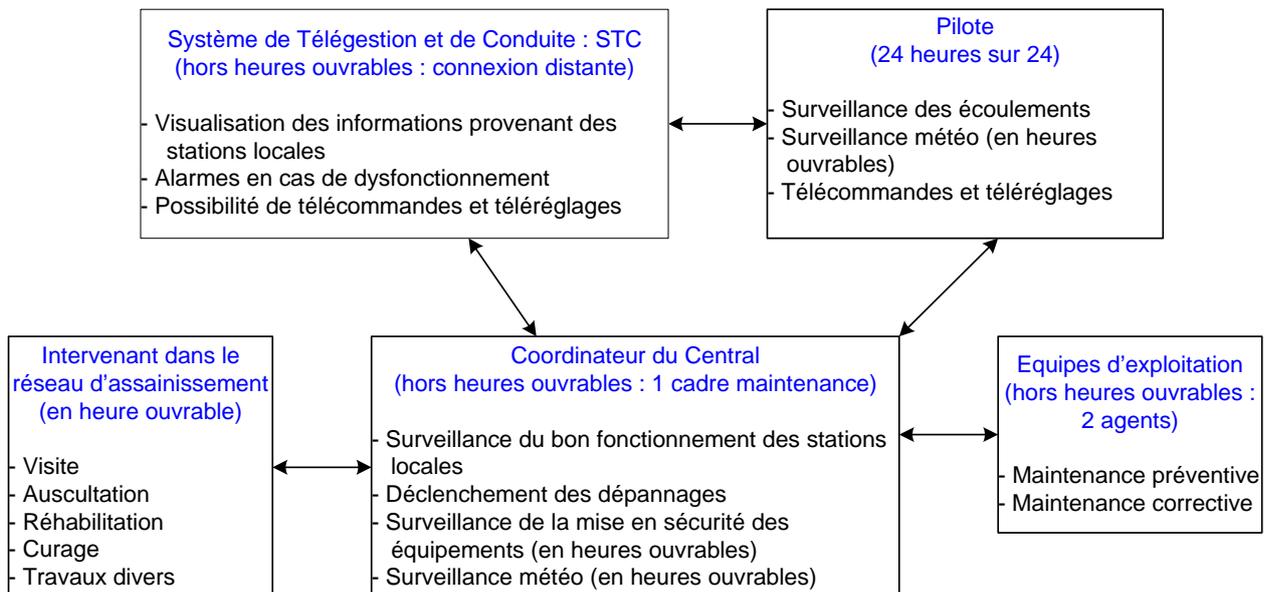


Figure 5 : Cœur du dispositif opérationnel de gestion automatisée

2.3 Les composantes de la gestion automatisée

Le système de gestion en temps réel est constitué de quatre éléments principaux :

- un *Système de Télégestion et de Conduite (STC)* qui permet la centralisation et la visualisation des informations provenant des stations locales ;
- un *réseau de télétransmission* comprenant 3 frontaux téléphoniques, des lignes sur le réseau commuté et des lignes spécialisées ;

- 134 stations locales télésurveillées assurant les fonctions de mesure hydrologique (pluviomètre) ou hydraulique (hauteur et débit), de pompage, de stockage, de répartition ou de contrôle des déversements,
- 8 000 équipements électromécaniques dont 75 automates, 200 vannes automatisées, 300 pompes, 26 capteurs de hauteur, 56 points de mesure de débit et 26 capteurs de turbidité



Figure 6 : Central de gestion automatisée

2.4 Le fonctionnement automatique local

Le contrôle automatique local constitue la référence de fonctionnement, c'est à dire que les automates situés sur les stations locales sont programmés pour commander les équipements pour tout régime d'écoulement. En temps sec comme en temps de pluie, ils permettent aux stations de remplir différentes fonctions hydrauliques simples : régulation de hauteur amont, régulation de débit, gestion de tranches de pompage, ou plus complexes : gestion de l'alimentation, de la vidange et du nettoyage automatique d'un bassin de retenue, contrôle d'un déversement soumis à une influence aval exercée par le milieu naturel...

Les télécommandes apportent seulement des variations par rapport au fonctionnement automatique de référence ou "normal". Elles consistent le plus souvent à forcer l'alimentation de bassins de retenue, à abaisser ou à relever des seuils mobiles vers le milieu naturel.

Pour un bassin de retenue, le fonctionnement automatique local assure un remplissage maximum pour une pluie de période de retour décennale. De ce fait, pour des événements pluvieux de moindre importance, le remplissage n'est que partiel.

Lorsque l'on a une confiance forte dans la mesure d'une pluie faible ou moyenne, cela présente donc un intérêt de passer une télécommande pour maximiser le volume stocké dans un bassin. Attention, il est impératif que cette confiance soit forte pour ne pas risquer de se retrouver dans la situation d'un bassin totalement rempli au moment du pic de crue, pour cause de mauvaise appréciation de l'événement.

De même, cela présente un intérêt de pouvoir ajuster le plus précisément possible le volume délesté vers le milieu naturel en cas d'inondation observée sur un secteur. C'est l'une des tâches les plus difficiles dans le pilotage du réseau d'assainissement de Seine-Saint-Denis.

D'une façon générale, pour des pluies de faible intensité, inférieure à 5 mm en 1 heure, le contrôle automatique local reste en général suffisant. Pour des pluies exceptionnelles, période de retour supérieure à 10 ans, il est préférable de minimiser les passages de télécommandes,

en raison du risque d'aggraver les inondations, sachant par ailleurs que les écoulements de surface peuvent être prédominants. C'est donc pour les pluies moyennes que les actions de télécommandes et de téléajustages présentent le plus grand intérêt.

2.5 La gestion opérationnelle des événements pluvieux

Plusieurs systèmes d'aide à la décision ont été mis en place depuis 1986 en Seine-Saint-Denis. Le principe est d'assister le pilote dans les choix de télécommandes et téléajustages à envoyer sur les stations locales pour optimiser la gestion locale en s'écartant du mode de fonctionnement « normal ».

Le système actuel résulte d'une évolution du dispositif mis en place en 1998. Il est basé sur *des scénarii de conduite préétablis*.

27 pluies-type fictives ont été cataloguées pour tenter de représenter les pluies réelles susceptibles de toucher le département. Une base de données a été construite qui rassemble les résultats des modèles hydrauliques pour ces 27 pluies-type ainsi que les mesures enregistrées lors d'événements dont les caractéristiques (hauteur d'eau, intensité, durée) sont proches de ces pluies-type.

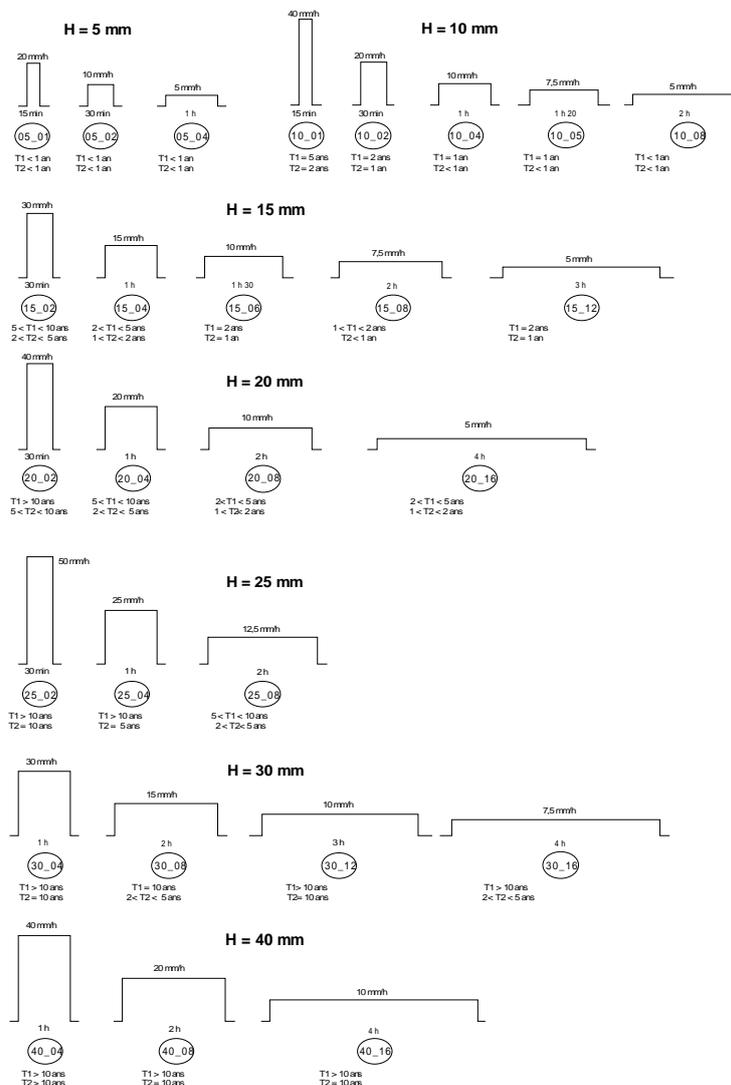


Figure 7 : Catalogue des 27 pluies-types

Lors de l'arrivée d'un événement pluvieux, un module automatique identifie en temps réel une pluie-type du catalogue. Le pilote a la possibilité de valider cette pluie-type ou au contraire d'en sélectionner une autre. Le système de télégestion et de conduite permet de visualiser en chaque point de mesure à la fois la hauteur d'eau en temps réel et la hauteur maximale à laquelle on peut s'attendre pour cette pluie-type, valeur issue de la base de données. Cela fournit au pilote qui gère les flux dans le réseau une information précieuse sur la situation en cours et sur son évolution probable.

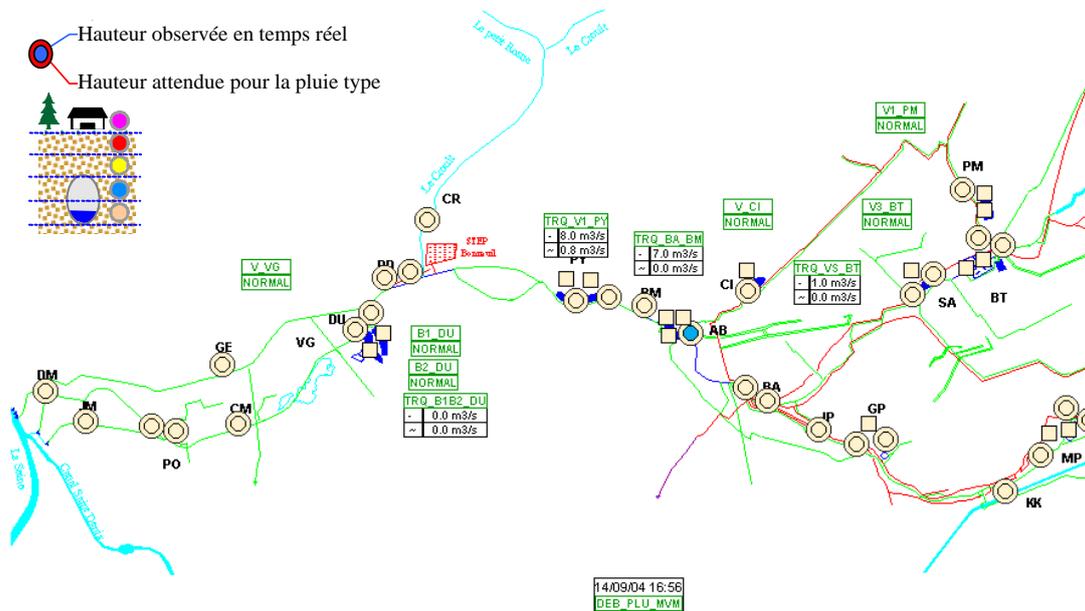


Figure 8 : Synoptique de conduite de la zone Morée - Vieille Mer

Le système propose alors au pilote un planning de conduite qui présente les télécommandes et téléajustages à passer pour adapter la gestion automatique locale à la pluie-type identifiée. Le pilote peut alors passer par une les télécommandes qui lui semblent le plus pertinentes, ou activer l'ensemble du scénario de conduite. Dans ce cas, le système lance automatiquement les télécommandes et téléajustages du planning correspondant au moment ou cela présente un intérêt hydraulique pour le régime d'écoulement sur chaque station.

| 28/04/2005 12:09:19 | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|--------------------------------------|----------------|--|------|
| Selection de la pluie zone Moree-V.Mer | | | | | | | | | | | |
| Pluie observee terrain | | Pluie prevue Calamar | | Pluie proposee JPSP | | Pluie choisie Pilote | | Heure prevue debut pluie JPSP | | Validation scenario Pilote | |
| Nom | Valeur | Nom | Valeur | Nom | Valeur | Nom | Valeur | Nom | Valeur | Nom | Etat |
| <input type="checkbox"/> CUM_EVT_MOREE | 0.00 | <input type="checkbox"/> CAL_LAMMOREE_STC | 0.00 | <input type="checkbox"/> temps sec | | <input type="checkbox"/> temps sec | | <input type="checkbox"/> DEB_PLU_MVM | 01/01/93 00:00 | <input type="checkbox"/> Validation scenario | OFF |

| 28/04/2005 12:09:19 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|----------------|--------------------------------------|--------|--|--------|-----------------|-------------|----------|------------|-------------------------------------|
| Planning de conduite Zone Moree Vieille Mer | | | | | | | | | | | | |
| TC scenario | Activation TC | TC envoyee | | TR scenario | | Activation TR | | TR envoyee | | | | Decantation |
| | | Date_Activation | Nom | Nom | Valeur | Nom | Valeur | Date_Activation | Nom | Consigne | Val Regul. | |
| <input type="checkbox"/> CDE-DECB1_DU | <input type="checkbox"/> ACT_CDE_DECB1_DU | NORMAL | CDE_DECB1_DU | <input type="checkbox"/> TRQ-B1B2_DU | 0.00 | <input type="checkbox"/> ACT_TRQ_B1B2_DU | 0.00 | NORMAL | TRQ_B1B2_DU | 0.00 | 0.00 | <input type="checkbox"/> INH_VID_DU |
| <input type="checkbox"/> CDE-DECB2_DU | <input type="checkbox"/> ACT_CDE_DECB2_DU | NORMAL | CDE_DECB2_DU | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> INH_VID_PM |
| <input type="checkbox"/> CDF-V1_PM | <input type="checkbox"/> ACT_CDF_V1_PM | NORMAL | CDF_V1_PM | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> INH_VID_MP |
| <input type="checkbox"/> CDF-V1_MP | <input type="checkbox"/> ACT_CDF_V1_MP | NORMAL | CDF_V1_MP | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> INH_VID_BT |
| | <input type="checkbox"/> ACT_INH_VIDB1B2_MP | NORMAL | INH_VIDB1B2_MP | <input type="checkbox"/> TRQ-VS_BT | 1.00 | <input type="checkbox"/> ACT_TRQ_VS_BT | 1.00 | NORMAL | TRQ_VS_BT | 1.00 | 0.00 | <input type="checkbox"/> INH_VID_CI |
| | <input type="checkbox"/> ACT_CDF_V3_BT | NORMAL | CDF_V3_BT | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> INH_VID_LP |
| | <input type="checkbox"/> ACT_INH_VIDB1B2_BT | NORMAL | INH_VIDB1B2_BT | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> INH_VID_PY |
| | <input type="checkbox"/> ACT_CDF_V_CI | NORMAL | CDF_V_CI | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> INH_VID_AB |
| | <input type="checkbox"/> ACT_CDI_2V_CI | NORMAL | CDI_2V_CI | | | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> ACT_CDF_V_LP | NORMAL | CDF_V_LP | | | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> ACT_CDF_V_VG | NORMAL | CDF_V_VG | <input type="checkbox"/> TRQ-V1_PY | 8.00 | <input type="checkbox"/> ACT_TRQ_V1_PY | 8.00 | NORMAL | TRQ_V1_PY | 8.00 | 0.83 | |
| | | | | <input type="checkbox"/> TRQ-BA_BM | 7.00 | <input type="checkbox"/> ACT_TRQ_BA_BM | 7.00 | NORMAL | TRQ_BA_BM | 7.00 | 0.00 | |
| | <input type="checkbox"/> ACT_INH_VIDB_AB | NORMAL | INH_VIDB_AB | | | | | | | | | |

Figure 9 : Planning de conduite de la zone Morée - Vieille Mer

La gestion en temps réel des événements pluvieux se déroule donc en 3 phases d'activités :

- évaluation régulière de la distribution spatiale et temporelle de la pluie prévue à l'aide des images radar et sélection d'une pluie-type représentative (pas nécessairement celle identifiée automatiquement par le système) ;
- analyse des résultats attendus pour cette pluie-type ;
- lancement des télécommandes une par une pour les scénarii identifiés sur chaque zone ou activation globale des scénarii, après le début de pluie dans chaque zone, en s'assurant que les pluies-type identifiées sur chaque zone sont stables dans le temps.

3 Expériences d'exploitation en temps réel

3.1 Les incertitudes dans l'observation météorologique

Chacun a pu constater les difficultés rencontrées par Météo France pour prévoir le temps de façon fiable dans certaines situations météorologiques instables. L'observation de la pluie par le radar dépend des caractéristiques physiques de l'événement pluvieux :

- la mesure est précise pour des pluies moyennes d'origine dépressionnaire ;
- la mesure est beaucoup moins précise pour des pluies de forte intensité du fait de l'atténuation du signal radar au delà d'un front dense de précipitation (forte sous-estimation à l'arrière de ce front) ;
- le radar ne voit « que » la pluie. Pour des événements convectifs, on ne localise la pluie qu'après la phase d'effondrement.

Pour y remédier, il existe deux types de calibration :

- Météo France calibre en temps réel les images radar produites par le radar de Trappes sur la base de l'événement précédent. Pourtant, deux événements pluvieux qui se suivent n'ont pas forcément les mêmes caractéristiques en terme de taille et de densité des gouttelettes d'eau. Cette première calibration demeure insuffisante.
- Le système CALAMAR calibre les images radar à l'aide des lames d'eau mesurées au sol en temps réel par un réseau de 38 pluviomètres : 12 situés sur une couronne périphérique à l'ouest de Paris et 26 sur le territoire de la Seine-Saint-Denis. Les facteurs de calibration peuvent s'établir de 0,6 pour des pluies fines hivernales à 3 ou même 4 pour des orages d'été. Grâce à CALAMAR, les images sont corrigées spatialement dès que la pluie a touché au moins deux pluviomètres.

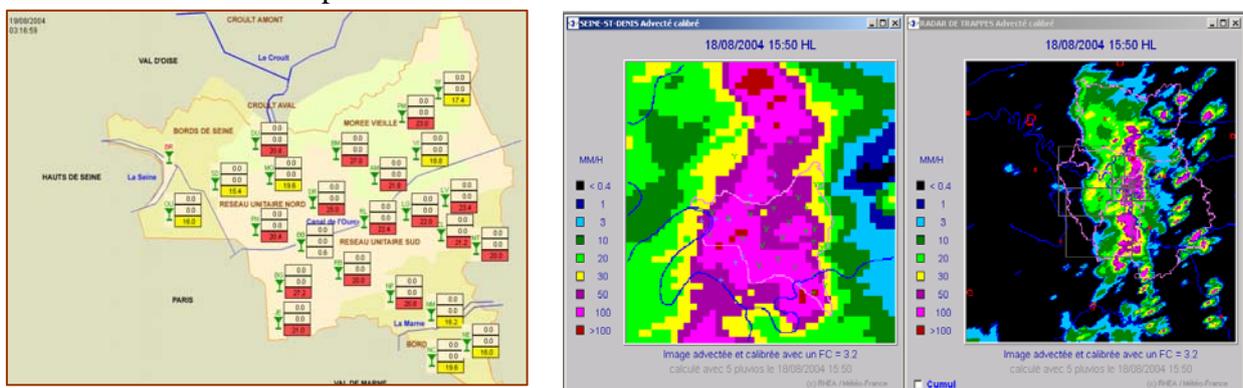


Figure 10 : Carte des pluviomètres et images radar lors de la pluie du 18 août 2004

3.3 Résultats globaux de la gestion automatisée

Le volume annuel stocké dans les bassins de retenue atteint 4 millions de m³/an en moyenne, soit 3 fois la capacité totale de stockage disponible.

En termes de fréquence de remplissage, les bassins de retenue se remplissent en moyenne de 5 à 60 fois par an selon les sites et la sensibilité du bassin versant à certains types d'événement. Seuls 4 % des remplissages atteignent des valeurs supérieures à 60 % de la capacité maximum de stockage.

En moyenne, une douzaine de télécommandes est passée et près de 200 000 m³ sont stockés dans les bassins de retenue pour une pluie de cumul supérieur à 10 mm.

4 Conclusions et perspectives

La gestion automatisée en temps réel du réseau d'assainissement de Seine-Saint-Denis a été mise en oeuvre sur la base des stratégies suivantes :

- construction soutenue de bassins de retenue permettant d'atteindre une capacité de stockage de 1 265 000 m³ en 2005, et augmentant maintenant à un rythme de 30 000 m³/an essentiellement sur le réseau unitaire ;
- supervision globale du réseau d'assainissement et actions à distance par télécommandes, avec une anticipation des événements de pluie, en utilisant les images radar ;
- aide à la décision qui est passée de méthodes de simulation - optimisation en temps réel à des scénarios de télécommandes, autour d'une référence de fonctionnement « normal » ;
- évolution continue du système temps réel et de son organisation.

Le rythme de construction des bassins enterrés est maintenant freiné en raison de la rareté des terrains. On observe également des tendances visant à transformer des bassins de retenue à ciel ouvert en bassins enterrés, avec des usages industriels ou commerciaux en surface.

Afin de mieux contrôler des déversements par temps de pluie vers le milieu naturel, le service cherche à augmenter l'efficacité de la décantation dans les bassins de retenue existants, notamment en stockant plus souvent pour des petites pluies dans les bassins de retenue sur des réseaux d'eaux pluviales.

En 2006 sera mis en service le système MAGES de coordination de la gestion des flux à l'échelle régionale. Pour le SIAAP et les départements de la petite couronne, la gestion des flux repose aujourd'hui sur des dispositifs de gestion automatisée indépendants. Ce projet a donc pour objectif :

- le développement d'une gestion automatisée interdépartementale permettant d'optimiser l'acheminement des flux vers les usines d'épuration, et donc de minimiser les déversements par temps sec (lors des travaux) et par temps de pluie vers le milieu naturel
- la cohérence et la coordination par temps de pluie entre les gestions départementales qui ont leurs propres objectifs, en particulier la limitation des inondations.

Le but est de mettre en place un système hiérarchisé et coordonné entre les partenaires existants qui ont chacun leur propre organisation. Ceci implique des échanges d'informations pertinentes en temps réel entre de multiples systèmes de supervision et de contrôle et des

capacités d'aide à la décision pour identifier de manière anticipée des consignes ou des scénarios cohérents.

JSE-2005-Browne-Manuscrit-2012-03-05.doc