

Retour d'expériences national sur les bassins de stockage sur réseau unitaire

Phase III : Synthèse des résultats à
l'intention des acteurs opérationnels

Rapport final

Jean Sébastien FINCK (Cerema, Direction Est)
Emmanuel BERTHIER (Cerema, Direction d'Ile-de-France)
Anne LE GALL (Cerema, Direction d'Ile-de-France)
Rémi WAGNER (Cerema, Direction Est)
Aurélie GEROLIN (Cerema, Direction Est)
Abderrahmen KHALIFA (Gemcea)
Fabien BOUILLAGUET (Gemcea)
Oriane WARUSFEL (Gemcea)
Jean Christophe DE BORTOLI (Gemcea)
Léa ANSTETT (Gemcea)

Novembre 2018

Document élaboré dans le cadre de la Convention partenariale de
recherche (2013-2017) entre l'Onema, le GEMCEA et le Cerema
(Directions Territoriales Est et Ile-de-France)

En partenariat avec :



Auteurs

Jean Sébastien FINCK, Responsable d'activités (Cerema, Direction Territoriale Est),
jean-sebastien.finck@cerema.fr

Emmanuel BERTHIER, Responsable d'unité (Cerema, Direction Territoriale Ile-de-France),
emmanuel.berthier@cerema.fr

Anne LE GALL, Chargée d'études (Cerema, Direction Territoriale Ile-de-France),

Rémi WAGNER, Expert (Cerema, Direction Territoriale Est),

Aurélie GEROLIN, Responsable d'activités (Cerema, Direction Territoriale Est),

Abderrahmen KHALIFA, Ingénieur d'études (GEMCEA),

Fabien BOUILLAGUET, Chargé d'études (GEMCEA),

Oriane WARUSFEL, Chargée d'études (GEMCEA),

Jean Christophe DE BORTOLI, Chargée d'études (GEMCEA),

Léa ANSTETT, Chargée d'études (GEMCEA)

Correspondants

Agence française pour la biodiversité : Claire LEVAL, DREC,
claire.leva@afbiodiversite.fr

MTES-MCT : Christophe VENTURINI, DGALN / DEB / EARM4,
christophe.venturini@developpement-durable.gouv.fr

GEMCEA : Rémy CLAVERIE,
remy.claverie@cerema.fr

IFSTTAR : Fabrice RODRIGUEZ, GERS/EE,
fabrice.rodriguez@ifsttar.fr

Agence de l'Eau Seine-Normandie : Nadine AIRES,
nadine.aires@aesn.fr

Agence de l'Eau Loire-Bretagne : Bertrand OLLAGNON,
bertrand.ollagnon@eau-loire-bretagne.fr

Agence de l'Eau Artois-Picardie : Anne-Laure MILL,
al.mill@eau-artois-picardie.fr

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse : Céline LAGARRIGUE,
celine.lagarrigue@eaumc.fr

Agence de l'Eau Rhin-Meuse : Nicolas VENANDET,
nicolas.venandet@eau-rhin-meuse.fr

Agence de l'Eau Adour-Garonne : Geraldine BERNHARD,
Matthieu JOST
geraldine.bernhard@eau-adour-garonne.fr
matthieu.jost@eau-adour-garonne.fr

FNCCR : Laure SEMBLAT,
Sandrine POTIER,
l.semblat@fnccr.asso.fr
s.potier@fnccr.asso.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national
Couverture géographique : France

Niveau de lecture : pouvoirs publics, professionnels, experts, chercheurs

Historique des versions du document

Version	Auteurs	Commentaires
Version 1.0	Jean Sébastien FINCK Emmanuel BERTHIER Fabien BOUILLAGUET Anne LE GALL Rémi WAGNER Aurélie GEROLIN Abderrahmen KHALIFA Fabien BOUILLAGUET Oriane WARUSFEL Jean Christophe DE BORTOLI Léa ANSTETT	Document de travail, transmis aux membres du Copil (15/09/2017)
Version 2.0	idem	Document diffusé aux membres du CoPil (01/06/2018)
Version 3.0	idem	Document définitif

Ce document fait la synthèse des principaux résultats obtenus à l'occasion du « Retour d'expériences national sur les bassins de stockage sur réseau unitaire ». Il reprend les enseignements tirés du travail réalisé lors des phases 1 et 2 de cette étude, en se focalisant plus particulièrement sur les aspects les plus opérationnels.

Ce rapport, qui se veut synthétique, se structure en 5 parties :

- Une partie introductive rappelant les éléments clés des évolutions réglementaires récentes et qui rappelle l'intérêt de mettre en place une stratégie globale d'optimisation du système d'assainissement,
- Une partie relative à la conception et au dimensionnement de ces ouvrages, qui reprend les différentes fonctions auxquelles ces ouvrages peuvent répondre et les objectifs qui peuvent leur être assignés,
- Une partie plus axée sur l'exploitation, qui aborde aussi les points de vigilance en ce qui concerne la conception générale de ces dispositifs, notamment en termes de fonctionnement et de sécurité d'accès pour le personnel,
- Une partie relative à la métrologie,
- Les éléments recueillis les plus importants concernant les coûts liés à ces ouvrages sont présentés dans la dernière partie de ce rapport.

Pour plus de détails et/ou de précisions, ce document fait régulièrement des renvois vers les deux premiers livrables de l'étude nécessairement plus fournis (rapports de synthèse des phases 1 et 2).

Mots clés : bassins d'orage, bassins de stockage, système d'assainissement, réseau unitaire, temps de pluie

Experience feedback on
stormwater tanks in combined
sewer systems
Phase III : Results synthesis for
operational actors
Jean Sébastien Finck,
Emmanuel Berthier,
Anne Le Gall,
Rémi Wagner,
Aurélie Gerolin,
Abderrahmen Khalifa,
Fabien Bouillaguet,
Oriane Warusfel,
Jean Christophe De Bortoli,
Léa Anstett

This document synthesizes the main results of the « experiences feedback on stormwater tanks in combined sewer systems ». It takes up the lessons learned from the work achieved during the two first phases of this study. In particular, this document aims to focus on the operational side.

This report is splitted in five parts :

- An introduction which summarises key elements of the recent regulatory changes, and underlines the interest of establishing a global strategy to optimize the sewage system functioning,
- A second part on the conception and dimensioning of these devices, which takes up the different functions to which these tanks may fulfill and the goals that they should achieve,
- Another part more functioning-orientated, which touches on different warnings related to the overall conception of these devices, in particular in terms of operating and security (access, and so on),
- A part addressing metrological tracking,
- The main elements about costs related to these devices are presented in the last part of this report.

For more details and/or precisions, this document provides references to the previous deliverables of this study.

Introduction générale	8
1 Contexte général	9
1.1 Aspect réglementaire	9
1.2 Des ouvrages à insérer dans une stratégie globale.....	10
2 Conception et dimensionnement	11
2.1 Des ouvrages pour quelle(s) fonction(s) ?.....	11
2.2 Choix de conception.....	12
2.3 Méthodes et critères de dimensionnement.....	13
3 Points de vigilance pour le bon fonctionnement de l'ouvrage	14
3.1 Faut-il prévoir un dispositif de prétraitement ?	14
3.2 Points de vigilance sur la sécurité.....	15
3.3 Nettoyage.....	15
3.4 Quand mettre en place un dispositif de ventilation ou de désodorisation ?	16
4 Suivi métrologique	17
4.1 Pourquoi instrumenter un bassin d'orage ?	17
4.2 Quelles mesures et quels capteurs utiliser dans les bassins d'orage ?	17
4.3 Comment mettre en place et exploiter l'instrumentation d'un bassin d'orage ?.....	19
5 Comment évaluer les coûts ?	20
5.1 Coûts d'investissement.....	20
5.2 Coûts d'exploitation et de fonctionnement.....	21
5.2.1 Refus de dégrillage et sous produits de curage	21
5.2.2 Métrologie.....	22
Conclusions	23
Remerciements	24
Références	25
Table des illustrations et tableaux	27
Annexe	28
Illustrations détaillées du fonctionnement de 3 bassins d'orage	28
Fonctionnement d'un petit bassin en tête de station d'épuration.....	28
Fonctionnement d'un important bassin compartimenté en réseau	29
Fonctionnement d'un grand bassin dimensionné pour le risque d'inondation	32

Introduction générale

Le développement actuel des systèmes d'assainissement s'appuie, pour la très grande majorité d'entre eux, sur des structures construites il y a plusieurs dizaines d'années. Mises en place essentiellement dans les centres urbains historiques, beaucoup de ces réseaux étaient alors conçus sur le principe du tout à l'égout qui consistait à évacuer les eaux sales hors de la ville. C'est donc tout naturellement que les extensions de ces réseaux, nécessaires à l'assainissement des zones de construction nouvelles d'après-guerre, ont d'abord été conçues suivant le principe de la collecte unitaire, avant de changer progressivement de paradigme à partir du milieu des années 1950. Alors que, depuis lors, la plus grande part des efforts entrepris en matière d'assainissement portait sur la création de stations de traitement, puis sur le maintien et l'amélioration de leurs performances épuratoires, la considération des pollutions véhiculées par les surverses des réseaux unitaires vers les milieux récepteurs par temps de pluie n'a fait son chemin qu'à partir des années 1970. Plusieurs référentiels montreront plus tard l'importance de ces charges polluantes rejetées qui peuvent être du même ordre de grandeur que les charges annuelles contenues dans les eaux rejetés après traitement par les stations d'épuration. C'est aussi à cette même période que les systèmes d'assainissement ont montré leurs limites vis à vis de l'évacuation des débits de ruissellement, entraînant des inondations pour des épisodes orageux de moindre ampleur que ceux pour lesquels ils avaient été initialement conçus.

Afin de limiter les dysfonctionnements des systèmes, les collectivités, en partie soutenues par les Agences de l'eau, ont mis en place des ouvrages dont les objectifs essentiels étaient de deux ordres :

- i) améliorer la collecte et le traitement des effluents et limiter leurs rejets vers le milieu naturel,
- ii) éviter les désordres hydrauliques et les débordements des réseaux par temps de pluie.

La technique la plus couramment utilisée a été celle des « bassins d'orage » (terminologie utilisée dans l'arrêté du 22 juin 2007) qui, selon les objectifs fonctionnels visés, a conduit à des conceptions très variées et à l'utilisation de méthodes de dimensionnement adaptées à ces objectifs. Il en résulte sur le territoire national un panel d'ouvrages difficilement appréhendable autant en termes de nombre, de volume d'eau stocké, que de conception et d'objectifs de fonctionnement.

Le projet de « Retour d'expériences national sur les bassins de stockage sur réseaux unitaires » vise donc à actualiser les connaissances et les enseignements concernant ces ouvrages, permettant in fine d'éclairer les politiques publiques autour de l'utilisation de ces dispositifs, notamment pour atteindre les objectifs de conformité des systèmes de collecte par temps de pluie imposés par la Directive ERU et retranscrits par la France au travers de l'arrêté du 21 juillet 2015, et des dispositions complémentaires prévues par les SDAGE, les SAGE et/ou certains arrêtés préfectoraux.

La première phase de ce projet avait permis de faire une synthèse des éléments disponibles dans la littérature et les données collectées par les observatoires nationaux sur le contexte historique et réglementaire qui a soutenu la mise en œuvre de ces ouvrages, de présenter des éléments techniques et fonctionnels autour de ces dispositifs, et de tenter de caractériser le parc d'ouvrages de type « bassin d'orage » au niveau national. La seconde phase de ce projet a cherché à approfondir ces connaissances, notamment en réalisant une enquête auprès de 19 maîtres d'ouvrages et exploitants, avec un focus sur le rôle de la métrologie dans le suivi du fonctionnement de ces ouvrages.

Ce rapport fait la synthèse des principaux résultats obtenus au cours de ce travail, en faisant volontairement le choix d'insister plus particulièrement sur les éléments les plus opérationnels. Des renvois vers les deux précédents rapports sont régulièrement faits, ceux-ci étant nécessairement plus fournis que le présent document. Il présente en annexe des illustrations détaillées du fonctionnement de trois bassins d'orage qui ont été particulièrement étudiés : un petit bassin situé en tête de STEU, un bassin compartimenté situé plus en amont sur le réseau de collecte, et un bassin qui est aujourd'hui « à double fonction », dont le mode de fonctionnement a été modifié de manière à pouvoir limiter les déversements lors des pluies les plus courantes.

1 Contexte général

Ce document définit comme « bassin de stockage sur réseau unitaire » (objet de l'étude) tout ouvrage de stockage implanté sur tronçon unitaire d'un système de collecte des eaux usées. Néanmoins, se cache derrière cette définition une très grande diversité d'ouvrages que ce soit de par leur fonction, leur conception, leur(s) critère(s) de dimensionnement, leur implantation sur le système, ou de par leur mode de fonctionnement. Par ailleurs, de nombreuses terminologies différentes existent pour désigner ce type d'ouvrages, leurs limites ne concordant généralement pas avec celles de la définition énoncée ci-dessus. Il arrive d'ailleurs régulièrement que, pour une même terminologie, ces limites évoluent d'une référence bibliographique à une autre ou d'un acteur de terrain à l'autre.

Le terme de « bassin d'orage », retenu dans l'arrêté du 21 juillet 2015, semble néanmoins être la terminologie la plus utilisée par les Maitres d'ouvrages pour désigner l'objet d'étude (au moins pour ceux que nous avons rencontrés au cours de la phase 2 de ce travail). Cependant, celle-ci est loin de faire l'unanimité, notamment du fait que ces ouvrages soient le plus souvent sollicités pour des épisodes non-orageux. De la même manière, de nombreux Maitres d'ouvrages utilisent le terme de « bassin d'orage » pour désigner exclusivement des ouvrages implantés sur réseaux strictement pluviaux (ce qui n'est pas l'objet de ce retour d'expérience).

C'est essentiellement pour ces raisons que nos tentatives d'élaborer une typologie pour ces ouvrages se sont soldées par des échecs. Nous avons aussi constaté que ces terminologies foisonnantes ont également été un frein important à notre tentative de caractérisation du parc d'ouvrages au niveau national, faute de pouvoir séparer clairement les ouvrages implantés sur réseaux unitaires ou sur des tronçons strictement pluviaux.

Les évolutions récentes relatives à la répartition des compétences « eaux pluviales » et « assainissement », liées à l'application des lois NOTRe et MAPTAM, se sont également fait ressentir pendant toute la durée de l'étude : la description de la « démographie » des services d'assainissement présentée dans le rapport de phase I (§3.1) est aujourd'hui obsolète et la situation générale des services, autant en termes de nombre que de population desservie, de zone géographique ou de compétences, ne devrait pas se stabiliser avant au moins l'année 2026. A terme, les compétences « assainissement » (collecte, transport, dépollution) et « gestion des eaux pluviales urbaines » devraient être transférées aux intercommunalités qui, sauf dérogation, deviendraient les seules entités compétentes. Mais outre la question des compétences, beaucoup des intercommunalités rencontrées au cours de la phase 2 de l'étude ont vu leur périmètre géographique évoluer parfois très fortement au gré des fusions. Beaucoup d'entre elles n'ont d'ailleurs pas caché leurs incertitudes quant à ces questions.

1.1 Aspect réglementaire

La Directive européenne dite « Eaux Résiduaire Urbaines » (DERU) de 1991 impose aux Etats membres d'équiper leurs agglomérations de systèmes de collecte et de traitement des eaux usées. Transposée en droit français par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, les choix faits par la France se sont traduits par deux arrêtés ministériels datés tous les deux du 22 décembre 1994, modifiés par la suite par l'arrêté du 22/06/2007 puis par l'arrêté du 21/05/2015.

Depuis 1994, la réglementation française impose des « obligations de résultats », valables dans les « situations pluviométriques normales », ainsi que la surveillance des principaux déversoirs d'orage du système de collecte. L'arrêté du 22/06/2007 précisera ces exigences, notamment vis-à-vis des déversements par temps sec et de l'acheminement des flux polluants collectés vers la station d'épuration. L'arrêté du 21/07/2015 augmentera ce niveau d'exigences, en instaurant notamment des critères de conformité des systèmes de collecte des eaux usées. Ces dispositions sont précisées dans un commentaire technique diffusé par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du Ministère de l'Ecologie qui présente les « bassins de stockage-restitution » comme l'une des solutions possibles pour réussir à respecter ces critères, ou d'éventuelles prescriptions complémentaires portées par les SDAGE, les SAGE ou des arrêtés préfectoraux. Dans ce contexte, il faut donc s'attendre dans les années à venir à un regain d'intérêt vis-à-vis de cette technique pour optimiser le fonctionnement des systèmes d'assainissement par temps de pluie.

La pré-enquête réalisée auprès des collectivités au cours de la 2^{ème} phase de cette étude fait état d'un parc d'ouvrages relativement récent (voir Rapport de phase II, §1.2.1.2) qui pourrait être lié aux

évolutions réglementaires françaises qui ont fait suite à la DERU (mais nous ne pouvons pas être catégorique sur ce point). On observe en effet que près de 90% des « bassins d'orage » des Maitres d'ouvrages nous ayant répondu ont été construits après 1994, et plus des 3/4 après l'an 2000.

1.2 Des ouvrages à insérer dans une stratégie globale

Si les « bassins d'orage » les plus anciens ont généralement été construits pour lutter contre les inondations par débordement de réseau, on observe une montée en puissance progressive des enjeux liés à la protection du milieu récepteur à partir de la 2^{ème} moitié des années 1980, et plus globalement depuis le début des années 2000.

Parallèlement, un décret daté du 3 juin 1994 introduit le principe de la programmation de l'assainissement, notamment pour favoriser le développement d'approches globales sur les systèmes d'assainissement. Une circulaire du 12 mai 1995 approfondit également le principe des études diagnostic pour la définition des programmes d'assainissement des collectivités.

Dans ce cadre, le recours aux bassins d'orage comme à toute autre solution doit entrer dans le cadre d'une stratégie globale d'optimisation du fonctionnement des systèmes d'assainissement, notamment par temps de pluie. La solution « bassin d'orage » est souvent présentée par les Maitres d'ouvrage comme une solution « rapide à mettre en œuvre », qui peut parfois être la seule solution envisageable notamment lorsque les différentes compétences « assainissement » (collecte, transport, dépollution) et « gestion des eaux pluviales urbaines » sont éclatées entre plusieurs acteurs qui peuvent ne pas être toujours très bien coordonnés. La rationalisation des compétences dans le domaine de l'eau et de l'assainissement devrait permettre de limiter les choix de solutions « par défaut » (qui s'avère souvent être la construction d'un bassin d'orage, à un emplacement qui, là encore, est souvent choisi « par défaut » faute d'une coordination suffisante entre acteurs) et de considérer le fonctionnement du système d'assainissement dans son ensemble pour définir l'emplacement, le fonctionnement, et le dimensionnement de la/des solution(s) retenue(s). Le choix de cette/ces solution(s) peut être réalisé sur la base de la confrontation de plusieurs scénarios ou variantes différentes qui peuvent être conditionnés par des obligations réglementaires (un bassin d'orage doit être vidangeable en 24h) ou des contraintes locales (capacité du réseau aval pour la vidange par exemple).

Ainsi, les bassins constituent une réponse technique parmi d'autres qui peuvent être complémentaire d'autres approches stratégiques telles que :

- **l'aménagement et la modification d'ouvrages existants**, comme des déversoirs d'orage : rehaussement de la crête du déversoir et (éventuellement) construction d'un bassin de stockage ; aménagement d'ouvrages existants initialement conçus pour lutter contre les inondations (voir point suivant).
- **l'implantation d'ouvrages à « double fonction »** visant à la fois à limiter l'impact des rejets urbains par temps de pluie et à répondre à l'enjeu de lutte contre les inondations. La conception et le fonctionnement de ces ouvrages est souvent plus efficiente que ceux d'un ouvrage de stockage réhabilité dont les objectifs fonctionnels ont été révisés. L'exploitation en est généralement moins onéreuse.
- **L'adaptation des consignes de gestion du système de collecte**, notamment par temps de pluie, permet d'optimiser les fréquences de sollicitation et le taux de remplissage des ouvrages. Apporte davantage de souplesse dans la gestion des réseaux afin de limiter ses débordements tout en limitant les déversements directs au milieu naturel. Cette solution dépasse la seule automatisation du fonctionnement des ouvrages et peut consister en une véritable « gestion dynamique des flux ».
- **la limitation des apports d'eaux pluviales**, par des politiques de gestion à la source, de désimperméabilisation ou de déconnection de surfaces existantes

Quand il s'agit de lutter contre les inondations, les bassins ne sont généralement sollicités que quelques fois par an. Il est par ailleurs possible de recourir à une adaptation des consignes de gestion des ouvrages, ce qui permet d'accroître sensiblement la capacité du système d'assainissement à conserver ses effluents, notamment lors des pluies « moyennes ». A noter aussi que les territoires peuvent ne pas du tout être confrontés aux mêmes réalités ni aux mêmes enjeux. La topographie, la géologie, la pluviométrie, les enjeux locaux (zone de baignade, lutte contre les inondations), la sensibilité des usages et/ou des milieux peuvent varier très fortement, et la stratégie à mettre en place devra donc intégrer ces spécificités locales.

2 Conception et dimensionnement

2.1 Des ouvrages pour quelle(s) fonction(s) ?

L'analyse du fonctionnement des bassins et des différentes typologies proposées dans la littérature indique que toutes les classifications peuvent se structurer autour de deux grandes caractéristiques :

- la fonction, qui varie autour des deux fonctions « fondamentales » que sont :
 - la régulation hydraulique du réseau (à des degrés divers) : protection contre les mises en charge, protection contre les débordements, lutte contre les inondations,
 - la protection du milieu naturel : par stockage restitution, par décantation des effluents avant rejet aux milieux ou par laminage des pics de charge et/ou de débit en tête de station.
- le(s) processus à l'œuvre pour y parvenir :
 - le stockage-restitution : c'est le volume de l'ouvrage qui est alors la caractéristique prépondérante,
 - la décantation (celle-ci n'étant pas toujours souhaitée) : la conception et le fonctionnement général de l'ouvrage (notamment les phases d'alimentation et/ou de vidange du bassin ou de ses différents compartiments) ont alors une importance fondamentale.

• Processus à l'œuvre :

- **stockage-restitution,**
- **décantation.**

• Fonctions :

- **protection du milieu naturel**

- **limitation des déversements** par stockage de l'effluent et restitution au réseau une fois que la capacité du réseau à l'aval le permet.

*Une variante de cette fonction consiste à **capter les premiers flots de rinçage** du réseau, supposés représenter une part significative des flux de pollution transités au cours de l'événement pluvieux. Néanmoins, cette notion de « premier flot » est assez controversée, les observations indiquent en effet que ce phénomène est loin d'être systématique*

- **décantation avant surverse (unitaire) ou rejet au milieu naturel** (pluvial strict). *Sur les réseaux strictement pluviaux (et dans de rares cas unitaires), ces ouvrages peuvent aussi permettre de protéger le milieu naturel d'une éventuelle pollution accidentelle.*
- **tamponnage** et laminage des pics de charge et de débit à la STEU

- **régulation hydraulique du réseau**

- **limitation des mises en charge**
- **maitrise des débordements**
- **lutte contre les inondations**

Il arrive régulièrement que des ouvrages soient utilisés à d'autres fins que celles pour lesquelles ils avaient été conçus au départ. C'est le cas des bassins de lutte contre les inondations dont le fonctionnement peut être adapté de façon à pouvoir être sollicités lors des petites pluies dans un but de limiter les rejets au milieu récepteur.

Pour plus de précisions, le rapport de 2^{ème} phase (§1.3.1.2) présente une restitution plus détaillée des éléments recueillis au cours de notre enquête.

2.2 Choix de conception

Suivant la stratégie adoptée et les objectifs fonctionnels attendus, les ouvrages peuvent être implantés sur le réseau ou en tête de station d'épuration. A l'usage, beaucoup de collectivités nous ont confirmé que les bassins situés en tête de STEU posaient globalement moins de problèmes que ceux situés plus en amont sur le réseau. Ils ont l'avantage de bénéficier de la proximité immédiate du personnel d'exploitation de la station et font généralement l'objet de vérifications plus fréquentes. Néanmoins, cette solutions ne peut être envisagée dans tous les cas et dépend grandement des objectifs attendus vis-à-vis du système. Il est très rare de voir un bassin situé en tête de STEU participer activement à un objectif de lutte contre les inondations. Son installation dans le cadre d'un objectif de préservation du milieu récepteur peut en outre nécessiter dans certains cas des travaux importants de renforcement du réseau et ne constitue donc pas toujours la meilleure solution technique. Comme indiqué plus haut, le choix de cette implantation doit être fait sur la base d'une réelle stratégie d'action définie dans le cadre d'un « Schéma directeur d'assainissement » et suite à une étude diagnostic du système qui se doit d'être considéré dans son ensemble. Le périmètre doit être adapté aux problématiques auxquelles la/les collectivité(s) et les autres acteurs doivent faire face, ce qui peut dans certains cas amener à devoir dépasser les frontières administratives et les limites de compétences.

Un niveau de nappe élevé peut constituer une réelle contrainte, notamment quand il s'agit d'ouvrages enterrés. Le niveau de la nappe peut fortement varier au cours de l'année et un suivi de son niveau sur une période d'au moins un an peut être préconisé dans le cadre des investigations géotechniques préalables à la réalisation de l'ouvrage.

Des solutions existent néanmoins pour palier à un problème de nappe haute. Cela peut passer par la réalisation de puits de décharge, ou par un lestage du bassin : par le radier, ou par un lestage de la dalle de couverture du bassin (cela peut s'y prêter si l'ouvrage doit être carrossable). Des pompes d'exhaure peuvent également être placées sous le radier pour limiter la poussée de la nappe.

Le choix d'un bassin hors sol ou semi-enterré permet généralement de limiter les volumes excavés et de réduire ainsi les coûts de terrassement, certaines contraintes doivent néanmoins être considérées. En milieu urbain dense ou en secteur très fortement contraint, les ouvrages couverts s'imposent. Les ouvrages semi-enterrés sont souvent préférés aux bassins entièrement hors sol, généralement pour des raisons de gestion de la pression hydrostatique, mais cette solution peut difficilement être mise en œuvre en dehors de l'enceinte de la STEU (généralement du fait de considérations foncières). Il arrive néanmoins parfois que les contraintes géotechniques obligent à construire des bassins entièrement hors sol (comme par exemple à Savenay), à cause de contraintes fortes liées à la poussée de la nappe ou à la présence d'un socle rocheux à faible profondeur.

Pour les ouvrages enterrés, plusieurs solutions existent : certaines collectivités vont préférer construire des ouvrages relativement profonds de façon à pouvoir les alimenter de façon gravitaire, d'autres au contraire vont plutôt chercher à réaliser des ouvrages qui ne seront pas trop profonds de manière à limiter des coûts de terrassement quitte à devoir alimenter ces ouvrages par pompage. L'objectif fonctionnel assigné à l'ouvrage doit également être pris en considération : il n'est pas très raisonnable d'alimenter par pompage des ouvrages dont le rôle est de prévenir les inondations. Un défaut d'automate ou une panne des pompes d'alimentation lors d'un épisode pluvieux intense pourrait potentiellement entraîner de lourdes conséquences à l'aval.

Il est très rare de voir des « bassins d'orage » sur réseau unitaire à ciel ouvert en milieu urbain en dehors de l'enceinte des STEU. La majorité des bassins à ciel ouvert se retrouve donc en tête de station, ou dans des zones éloignées des habitations. Ils offrent généralement une meilleure accessibilité et des conditions d'exploitation bien plus simples que les bassins enterrés. Ils sont cependant susceptibles de générer des odeurs.

En ce qui concerne la forme des ouvrages, deux grandes catégories se distinguent : les bassins circulaires (de loin les plus courants), et les bassins rectangulaires. D'autres formes plus atypiques peuvent être rencontrées : demi-cercle, double-anneau circulaire, ...

La plupart des collectivités ayant expérimenté les deux formes nous ont indiqué préférer sensiblement les bassins rectangulaires. Bien qu'étant généralement plus cher à la réalisation (mais ce n'est pas toujours le cas), la forme rectangulaire semble être mieux adaptée aux dispositifs de nettoyage automatiques (augets basculants et clapets de chasse notamment). On retrouve souvent la forme circulaire en tête de station d'épuration ou pour des ouvrages relativement profonds.

Les bassins à connexion directe pâtissent souvent de contraintes d'exploitation importantes, notamment pour ce qui est des opérations de maintenance. Ils nécessitent des dispositions particulières pour assurer, par temps sec, l'autocurage du radier telle qu'une rigole avec pente transversale suffisante.

Dans l'idéal, on recommande que l'alimentation et la vidange des ouvrages puissent se faire de manière gravitaire. C'est la solution la plus économe en énergie et le plus commode en termes d'entretien (mais ce n'est pas toujours possible).

Une alimentation gravitaire est très fortement recommandée dès lors que l'ouvrage doit répondre à des enjeux forts tels que la lutte contre les inondations ou la protection d'un milieu ou d'une ressource sensible. Une alimentation par pompage ne peut être envisagée qu'à la condition que les enjeux protégés soient moindres et les contraintes locales relativement fortes.

La vidange peut être réalisée de façon gravitaire, régulée le plus souvent par des vannes. Des pompes d'épuisement peuvent être ajoutées pour s'assurer que le bassin se vide complètement. Lorsqu'une régulation du débit de fuite est recherchée, celle-ci peut être réalisée au moyen d'ajutages calibrés, ou éventuellement par des régulateurs à effet vortex. Le réglage du système de régulation est un point clé, parfois négligé, qui peut éventuellement provoquer des mises en charge à l'aval.

Une vidange par pompage permet également de réguler le débit de sortie en fonction du nombre de pompes mises en route et des temps de fonctionnement des pompes. Ainsi, la régulation peut s'avérer nettement plus précise quand l'ouvrage est vidangé par pompage comparé à une régulation par manœuvre de vanne. C'est l'une des nombreuses raisons pour lesquelles beaucoup de systèmes régulés par gestion dynamique des flux préfèrent utiliser des pompes, notamment lorsque des priorités existent dans la vidange de plusieurs ouvrages vers un même collecteur. Néanmoins, le choix du pompage nécessite souvent de mettre en place des outils de métrologie (sondes de hauteur), et des automates pour assurer le bon fonctionnement de l'ouvrage. Plusieurs niveaux de pompes peuvent être disposés dans les bassins, notamment quand la décantation de l'effluent est un des objectifs recherchés. Ce mode de fonctionnement est parfois le seul qui permette de vidanger l'ouvrage dans un temps raisonnable tout en limitant les rejets polluants vers le milieu récepteur.

En cas d'alimentation ou de vidange par pompage, il est important de pouvoir disposer d'au moins une pompe de secours, avec système d'alternance automatique de manière à ce que toutes les pompes puissent fonctionner régulièrement. Cet aspect semble être très bien intégré par les concepteurs. La mise en place de poires de niveau peut également être une sécurité pour palier au défaut des automates. Celles-ci peuvent même être reliées directement aux pompes en court-circuitant l'automate.

2.3 Méthodes et critères de dimensionnement

Pour ce qui est du dimensionnement, l'un des premiers constats est qu'il n'existe pas de référentiel national unique qui décrive sur quelles bases dimensionner un Bassin d'Orage (BO). Plusieurs documents font référence, mais ne se limitent pas aux seuls BO : il est possible de citer l'Encyclopédie de l'hydrologie urbaine (Eurydice, 1997) et le guide « La ville et son assainissement » (MEDDE, 2003). On constate également que les méthodes de conception et de dimensionnement des ouvrages sont conditionnées et propres aux fonctions attendues de celui-ci.

Pour un bassin de stockage-restitution, le maître d'ouvrage doit en premier lieu choisir un ou des critères de dimensionnement, critère qui peut prendre des expressions assez diverses :

- une efficacité annuelle, pour traiter les effets cumulatifs (« le BO doit intercepter 80% des volumes annuels de temps de pluie ») : fonction curative hydraulique et qualitative ;
- une efficacité pour un événement pluvieux caractérisé, qui peut être fréquent ou exceptionnel (« le BO doit stocker une pluie semestrielle de durée 4h avec un débit de fuite de 50l/s ») : fonction strictement hydraulique vis-à-vis d'un risque d'inondation ;
- une fréquence de déversements à l'aval (« dimensionner le BO pour que le déversoir en aval surverse moins de 12 fois par an ») : fonction qualitative vis-à-vis du milieu naturel ;
- un impact sur le milieu naturel (« le cours d'eau récepteur des déversements ne doit pas être déclassé ») : fonctions hydrauliques et qualitative.

Il est possible de combiner certains de ces critères, en particulier en considérant des objectifs différents selon l'importance de la pluie (notion de niveaux de services) : par exemple « aucun débordement en dessous de la pluie 2 ans, et pas d'inondations en dessous de la pluie décennale ». Quelques recommandations complètent le choix de ce(s) critère(s), en particulier un temps de séjour des effluents dans le bassin inférieur à 24h (risque de septicité et disponibilité du stockage) et un débit de fuite qui doit rester inférieur au débit moyen de la STEU située à l'aval (exceptionnellement 2 fois). Notre retour d'expérience a montré que l'outil utilisé pour effectuer le dimensionnement est généralement un logiciel de modélisation. L'outil permet de prendre en compte la diversité des critères retenus et des conditions pluviométriques variées : la simulation en continu de longues chroniques de pluie, typiquement l'année, apporte des résultats très intéressants mais nécessite d'avoir ou d'acquérir des mesures pluviométriques sur une période suffisamment longue ; à défaut il est recommandé d'utiliser un ensemble de pluies de référence réelles, locales, et variées. Pour exploiter un modèle, la phase de calage de certains paramètres est primordiale : les campagnes de mesure permettant ce calage doivent être fiables et suffisamment longues (plusieurs événements pluvieux, et si possible varier les saisons). Les simulations effectuées se concentrent généralement sur les flux quantitatifs car les modèles de flux polluants sont encore très incertains. Les recours à des formules simples pour dimensionner un volume utile de BO sont limités : les méthodes des pluies ou des volumes doivent être utilisées avec des données locales de pluie, dans une situation de réseau amont simple, et pour dimensionner des ouvrages inférieurs à 500m³ (1000m³ exceptionnellement en absence de risques importants en cas de dysfonctionnement, MEDDE, 2003).

Pour dimensionner un bassin conçu pour la dépollution-décantation, les méthodes et critères sont encore plus divers. Une première étape est généralement constituée par un dimensionnement « hydraulique » (comme pour un bassin de stockage-restitution) et une 2nd étape consiste à favoriser la décantation.

Enfin, vu la diversité des territoires et des critères de dimensionnement pertinents, il est difficile de recommander des ratios génériques de volume utile à stocker en m³/ha actif. Un tel chiffre peut néanmoins rester pertinent sur un territoire donné, mais doit préciser les conditions de pluie prise en considération ainsi que les prescriptions de rejet associées.

3 Points de vigilance pour le bon fonctionnement de l'ouvrage

Ce paragraphe fait la synthèse des éléments considérés comme « clés » pour assurer le bon fonctionnement d'un ouvrage. Il n'est bien entendu pas exhaustif et se focalise volontairement sur les aspects les plus opérationnels. Nous invitons le lecteur à se référer au rapport de 2^{ème} phase pour plus de détails et de précision.

3.1 Faut-il prévoir un dispositif de prétraitement ?

Leur mise en place n'est pas systématique, néanmoins des dispositifs de prétraitement peuvent être préconisés lorsqu'il est suspecté (ou constaté) que le réseau est sujet à de l'ensablement ou à des apports importants de macro-déchets et autres lingettes. Un dégrilleur, piège à cailloux ou une simple paroi siphonide sont systématiquement préconisés dès lors que l'ouvrage est équipé de pompes et en amont de celles-ci (pour l'alimentation ou pour la vidange du bassin). Plusieurs collectivités indiquent néanmoins avoir eu de mauvaises expériences avec des dégrilleurs installés sur le réseau : des problèmes de pertes de charge parfois très importantes peuvent dans certains cas aller jusqu'à l'arrachement des barreaux pour les pluies les plus importantes. La mise en place de dégrilleurs statiques induit nécessairement un entretien régulier qui n'est pas toujours compatible avec les contraintes d'accès à certains bassins enterrés. Ceux-ci peuvent également faire l'objet d'une corrosion importante à cause du H₂S. L'installation de dégrilleurs automatiques dans le local technique ou en surface peut être une solution, mais demande de pouvoir sortir régulièrement les bennes de refus de grille.

Les dessableurs peuvent eux aussi piéger une part non négligeable des lingettes, et sont généralement plus efficace pour piéger les sables et les cailloux. Néanmoins, certains gestionnaires

indiquent que leur mise en place n'est pas toujours très efficace. Ils peuvent être placés en amont de l'ouvrage, à l'entrée du bassin, plus rarement à sa sortie, et demandent eux aussi un minimum d'entretien (mais généralement bien moindre que pour un dégrilleur).

3.2 Points de vigilance sur la sécurité

Plusieurs collectivités ont souligné l'importance de pouvoir associer tous les acteurs concernés dans le fonctionnement et l'exploitation de ces ouvrages, et ce dès la phase de conception. Des gestionnaires ont récupéré l'exploitation de plusieurs ouvrages suite à des changements de délégation, retrocessions, fusion ou transferts de compétences et ont témoigné de difficultés dans leur prise en main, faute d'avoir pu disposer d'informations minimales sur le fonctionnement de ces bassins.

Une collectivité rencontrée indique avoir travaillé avec la CARSAT sur tous les aspects « sécurité » de leurs bassins et de leur station d'épuration. Des compétences existent dans ce domaine et ils ont pu bénéficier de recommandations quant à la sécurité, ainsi que de prestations d'ingénierie spécialisées sur ces questions. Une autre collectivité a, quant à elle, préféré en passer par un marché de « sécurisation ».

L'accès à l'ouvrage doit être anticipé le plus en amont possible, et dans toutes les situations. Cela concerne autant l'accès du personnel que celui du matériel nécessaire à l'entretien, à l'exploitation et à la maintenance du bassin. Ce manque d'accès peut avoir des conséquences importantes, notamment en termes de fréquence des contrôles et de maintenance. Il arrive que l'accès au volume de stockage de l'ouvrage n'ait pas été prévu. Des escaliers avec garde-corps, passerelles, trappes d'accès pour le personnel ou le matériel, échelles à crinoline ou même des rampes peuvent être mises en place, tout comme des palans avec potence (pour déplacer les pompes et/ou autres dispositifs électro-mécaniques).

Pour les bassins enterrés, il peut être judicieux de prévoir des dispositions pour assurer un contrôle visuel régulier : une collectivité a ainsi installé une fenêtre sur l'un de ses bassins. Un système d'éclairage est également préconisé pour sécuriser l'accès aux bassins enterrés.

Pour les conduites surdimensionnées, des regards peuvent être installés pour y placer des équipements de métrologie. Même dans le cas où l'installation de tels équipements n'est pas prévue à la mise en service, il n'est généralement pas inutile de prévoir un/des emplacement(s) pour une future instrumentation (en vu de la mise en place d'une gestion dynamique des flux, d'un diagnostic permanent ou d'un durcissement de la réglementation).

La corrosion des éléments métalliques (par le H₂S) en milieu confiné peut constituer un réel problème. L'accès au site peut également parfois ne pas avoir été bien anticipé, l'environnement immédiat de l'ouvrage pouvant par ailleurs être très fortement contraint. Certains ouvrages enterrés, situés sous voirie notamment, ne disposent pas toujours de parking pour y stationner un camion. Cela peut être particulièrement problématique lorsque la voie est très fréquentée (lignes de transport en commun, unique route d'accès possible, ...). Une convention de servitudes avec les propriétaires des terrains sur lesquels ces ouvrages sont implantés peut s'avérer utile.

3.3 Nettoyage

Les enquêtes montrent que la présence dans les bassins d'orage de dispositifs de nettoyage automatique est très loin d'être systématique, sans pour autant que cette absence entraîne un mauvais fonctionnement de l'ouvrage ou une fréquence d'intervention plus importante.

Il arrive aussi fréquemment que des ouvrages qui ne sont munis d'aucun dispositif de nettoyage automatique ne soient jamais curés. A l'inverse, certains ouvrages munis d'équipements de nettoyage

demandent à être curés régulièrement. Généralement, cela dépend beaucoup du réseau sur lequel le bassin est implanté, et de sa sensibilité à l'ensablement ou aux dépôts de macro-déchets.

Sont listés ci-après les principaux systèmes de nettoyage automatique rencontrés sur les bassins d'orage :

- Augets basculants et clapets de chasse : de très bons retours, « c'est ce qui marche le mieux » selon plusieurs exploitants. Ils peuvent être alimentés par l'effluent au remplissage de l'ouvrage ou par de l'eau claire, ce qui demande alors à ce que le réseau d'eau de la ville soit en mesure de pouvoir fournir la quantité d'eau nécessaire au nettoyage. La mise en place de forages dédiés pour leur alimentation peut constituer une solution alternative à l'eau potable, mais des retours indiquent que cette solution ne marche pas toujours très bien.
- Hydroéjecteurs : le dispositif permet de remettre en suspension les matières décantées et permet, dans le même temps, d'oxygéner l'effluent. Les retours recueillis sont relativement bons dès lors que le nombre de dispositifs installés est suffisant.
- Colonne sous vide : les retours ne témoignent pas toujours d'une bonne expérience. Sur certains systèmes, des problèmes d'étanchéité de la colonne posent souvent de gros problèmes qui rendent le dispositif inutilisable. Contrairement aux augets basculants ou aux clapets de chasse, l'efficacité du nettoyage dépend de la hauteur d'eau stockée dans l'ouvrage, ce qui peut amener à des résultats très variables.

Des résines spéciales peuvent être appliquées sur le radier pour éviter que les dépôts ne s'accrochent, mais cela peut éventuellement entraîner des risques vis-à-vis de l'accessibilité du personnel à l'ouvrage.

Le déclenchement de ces dispositifs est souvent automatisé, le nettoyage étant la plupart du temps lancé dès la fin de la phase de vidange du bassin. C'est nécessaire lorsque le dispositif automatique utilise une part de l'effluent pour nettoyer l'ouvrage. Pour les dispositifs alimentés par de l'eau claire, le nettoyage peut être réalisé plus tard et ne demande pas nécessairement à être automatisé.

Pour le nettoyage manuel d'un ouvrage, les retours que nous avons recueillis indiquent qu'il faut compter entre 1/2 et 2 jours de travail pour une équipe de 2 à 4 personnes et une hydrocureuse. Mais cela dépend beaucoup de la surface du radier et des conditions d'accès à l'ouvrage (notamment du matériel de nettoyage).

La présence de points d'eau, de type « borne incendie », voire même de lances peuvent également être utiles, notamment pour faire face à une mauvaise efficacité du dispositif automatique de nettoyage.

3.4 Quand mettre en place un dispositif de ventilation ou de désodorisation ?

La problématique du H₂S dans les bassins enterrés n'est pas apparue comme prépondérante. Plusieurs ouvrages sont équipés de capteurs de gaz, mais aucun problème touchant à la sécurité du personnel n'y a été constaté. Il existe du ciment résistant aux agressions chimiques, « spécial H₂S », pour améliorer la longévité du génie civil, mais cela n'a aucun effet sur les teneurs en H₂S dans l'air. Une bonne ventilation (pas forcément mécanisée) suffit généralement à faire face au problème.

Beaucoup de bassins enterrés sont ventilés naturellement. Des grilles, événements, ou cheminées d'aération sont généralement suffisamment efficaces pour limiter la formation d'odeurs et permettre le bon remplissage du bassin. La ventilation mécanique est assez peu fréquente sur les ouvrages rencontrés.

Les systèmes de désodorisation sont eux aussi relativement peu fréquents et concernent autant les bassins à ciel ouvert (disposés généralement en tête de STEU) que les bassins couverts. Dans un cas comme dans l'autre, ces systèmes traitent généralement et en priorité l'emplacement des pompes, ou le poste de relevage associé au bassin. Ceux-ci sont en effet plus susceptibles de générer des odeurs que le reste de l'ouvrage. Leur mise en place est autant préventive que curative : des ouvrages situés en zone très contrainte ou fréquentée ont été munis d'une désodorisation dès leurs conceptions, tandis que d'autres ont pu faire l'objet d'un équipement suite à des plaintes de riverains. Dans les faits, il est assez difficile de dire si la mise en place de d'un système de

désodorisation à titre préventif a été efficace ou non. Son opportunité dépend donc essentiellement de l'environnement dans lequel s'insère l'ouvrage et des risques effectifs de nuisance. Pour un ouvrage à ciel ouvert situé dans l'enceinte d'une station d'épuration, le bassin d'orage ne semble en tout cas pas être le principal générateur d'odeurs, notamment en comparaison du local de séchage des boues.

En termes d'entretien des dispositifs de désodorisation, si certains vendeurs préconisent de changer les charbons tous les 6 mois, ceux-ci semblent généralement avoir une durée de vie effective nettement plus longue (de 4 à 6 ans).

4 Suivi métrologique

L'instrumentation et le suivi métrologique est un thème important pour connaître et exploiter les bassins d'orage. Ils permettent en particulier de suivre le fonctionnement et les performances des ouvrages.

4.1 Pourquoi instrumenter un bassin d'orage ?

Les objectifs assignés à la métrologie dans les BO recueillis lors de notre retour d'expérience sont les suivants, présentés par ordre décroissant de fréquence :

1. la métrologie peut être nécessaire à la bonne gestion de l'ouvrage : la métrologie permet à l'exploitant de s'assurer que l'ouvrage remplit bien le rôle qu'il lui est dévolu (réduction des inondations, limitation des déversements, dépollution, ...) car elle permet de connaître l'état du bassin (notamment son niveau de remplissage) ainsi que ses sollicitations (débits d'entrée, de sortie, ...). Elle permet également de pouvoir détecter certains dysfonctionnements : par exemple, une pompe en marche mais pour laquelle le débit mesuré est nul est une pompe bouchée. La gestion d'un BO de façon automatique, ou sa télégestion en temps réel, est impossible sans instrumentation de l'ouvrage;

2. la métrologie permet le suivi du bassin et de son environnement : elle permet de connaître l'état hydraulique du système (par exemple la hauteur d'eau dans le collecteur vers lequel l'ouvrage effectue sa vidange), des autres ouvrages (qui peuvent être amenés à se vidanger vers le même collecteur), mais également de veiller au respect des exigences réglementaires, notamment vis-à-vis des rejets au milieu naturel (autosurveillance). La métrologie permet donc aussi indirectement de rendre compte de l'efficacité du BO et d'évaluer son impact sur le fonctionnement général du système ;

3. la métrologie peut sécuriser les opérations d'entretien, qu'il s'agisse du bassin ou du réseau : Lors de certaines opérations, il est nécessaire de s'assurer que le bassin est bien vide ;

4. la métrologie, dans et autour de l'ouvrage, permet a posteriori de mieux connaître le fonctionnement hydraulique de l'ensemble du système : cette connaissance contribue à mieux comprendre le comportement du réseau face à un/des événement(s) pluvieux significatifs, et à l'amélioration du calage d'un éventuel modèle hydraulique du système. Elle peut aussi servir de base à un bon dimensionnement des futurs ouvrages à réaliser.

Les deux derniers objectifs peuvent s'intégrer dans une politique de diagnostic permanent du système d'assainissement. L'intérêt de la métrologie semble particulièrement évident lorsque l'ouvrage doit remplir plusieurs fonctions différentes (ouvrages « à double fonction ») : les équipements métrologiques jouent alors en effet un rôle déterminant dans l'atteinte de ces différents objectifs car ils sont nécessaires à l'asservissement des différents organes électromécaniques (alimentation, vidange, équipements de rinçage, ...). Dans ce cas de figure, une modélisation du système est également préconisée afin de pouvoir adapter les consignes de gestion de l'ouvrage et du système aux fonctions de régulation, de lutte contre les inondations et de limitation des rejets.

4.2 Quelles mesures et quels capteurs utiliser dans les bassins d'orage ?

Le Tableau 1 résume la métrologie rencontrée dans et autour des bassins d'orage au cours de notre retour d'expérience.

Grandeur mesurée	Principe de mesure	Présence dans et autour d'un BO	Commentaires divers Points d'attention
<u>Précipitation</u>	Pluviomètre à auget basculeur	Systématique	La mesure des précipitations permet de connaître la pluie sur le bassin versant amont du BO. En fonction de la taille de ce bassin versant, il peut y avoir plusieurs pluviomètres. Le pluviomètre peut aussi être un peu déporté par rapport au bassin versant (typiquement à la STEP du système)
<u>Hauteur d'eau</u>	Atteinte d'un seuil de hauteur, avec une « poire de niveau »	Systématique	Le capteur est généralement utilisé pour déclencher ou arrêter des appareils de fonctionnement (typiquement des pompes) ; il ne renseigne pas sur la hauteur d'eau en continu
	Temps de propagation d'une onde ultra-sonore (sonde US)	Très fréquente	Le capteur est situé au-dessus de l'effluent (émergé) ce qui facilite sa maintenance ; attention aux obstacles entre le capteur et la ligne d'eau ; existence d'une zone de non-mesure proche du capteur ; ne fonctionne pas en présence de mousse à la surface de l'effluent
	Mesure d'une pression d'eau (piezométrie)	Fréquente	Le capteur est immergé dans l'effluent (complicite la maintenance) ; non-recommandé dans un site avec encrassement ; difficultés pour mesurer des faibles hauteurs ; très complémentaire avec une sonde à ultra-sons émergée
	Temps de propagation d'une onde radar (sonde Radar)	Peu fréquente	Idem que la sonde ultrasons, mais fonctionne en cas de mousse à la surface de l'effluent ; le principe se développe ces dernières années, en particulier car son prix a diminué
<u>Vitesse d'écoulement</u>	Electromagnétique (principe de l'induction électromagnétique)	Très fréquente	Fonctionne uniquement sur un collecteur en charge (typiquement en aval de pompes de refoulement) ; mesure fiable, sauf si présence d'air dans l'effluent ; la vérification du capteur est difficile
	Temps de propagation d'une onde ultra-sonore le long de l'écoulement (corde de vitesse)	Fréquente	Mesure fiable et précise de la vitesse moyenne ; installation assez lourde : nécessite régulièrement un profil vertical de capteurs, les capteurs sont immergés et doivent souvent être protégés des macro-déchets circulants (création de « niches »)
	Modification de la fréquence d'une onde ultra-sonore (Effet Doppler)	Fréquente	Le capteur est immergé (complicite la maintenance et nécessite parfois d'être protégé des macro-déchets)
	Modification de la fréquence d'une onde radar (Effet Doppler)	Peu fréquente	Le capteur est émergé, ce qui simplifie sa maintenance ; mesure de la vitesse de surface où l'écoulement doit être turbulent (nécessite une certaine rugosité de surface) ; nécessite une relation vitesse de surface → vitesse moyenne
<u>Débit</u>	Temps de fonctionnement de pompes	Fréquente	Mesure simple et fiable d'un débit, dans le cas où le débit à mesurer est pompé ; attention à étalonner régulièrement le(s) pompes
	Mesures d'une hauteur d'eau dans une section où la loi hauteur-débit est connue (Canal Venturi, Seuil,)	Fréquente	Mesure indirecte du débit par un unique capteur de hauteur d'eau ; bien positionner le capteur afin d'avoir une loi hauteur->débit fiable

<u>Turbidité</u>	Mesure de l'atténuation d'un signal	Très peu fréquente	Unique mesure en continu utilisée permettant d'estimer des paramètres de pollution ; nombreuses difficultés encore rencontrées (maintenance, relation turbidité – paramètres de pollution, ...)
<u>Paramètres de pollution</u>	Prélèvement automatique de l'effluent et analyses en laboratoire	Peu fréquente	Mesure traditionnelle des paramètres de pollution, fiable mais non continue et nécessite des moyens humains (récupération des prélèvements, analyses en laboratoire)

Tableau 1 : Synthèse de la métrologie rencontrée dans et autour des bassins d'orage

Il est généralement difficile de donner des recommandations universelles pour instrumenter un bassin d'orage car chaque site de mesure aura ses spécificités. Le choix des grandeurs à mesurer dépend des fonctions du bassin mais aussi des technologies disponibles, de leur coût et de leur fiabilité dans les conditions d'exploitation de l'ouvrage. Les préférences pour certains types de sonde ou certaines marques de matériel, l'expérience des agents, les contraintes liées à la maintenance (l'accessibilité est un élément très important) sont des critères importants à prendre en compte pour faire des choix. Un compromis doit être trouvé entre, d'un côté, les contraintes liées à l'installation et à la maintenance des sondes, les intérêts et limites d'une technologie, et la configuration générale du site (contraintes hydrauliques et d'accès).

Le doublement des sondes sur les points de mesure les plus stratégiques peut être recommandé, si possible avec des capteurs de technologies différentes (typiquement un capteur à ultra-sons et un capteur piézométrique pour une mesure de hauteur d'eau). Cette double mesure est précieuse pour la phase de critique-validation des mesures, elle permet également de détecter (et de corriger) un éventuel dysfonctionnement de capteur (dans l'urgence, il peut parfois être plus facile de basculer provisoirement sur la deuxième mesure plutôt que d'intervenir immédiatement sur l'ouvrage).

4.3 Comment mettre en place et exploiter l'instrumentation d'un bassin d'orage ?

Selon les objectifs assignés au bassin, les grandeurs à mesurer dans et autour d'un BO peuvent être variables. Elles peuvent être résumées ainsi :

- la pluie sur le bassin versant amont drainé par le bassin. En fonction de la taille de ce bassin versant, il peut-être recommandé de le couvrir avec plusieurs pluviomètres ;

- la hauteur d'eau dans le bassin, ou dans les différents compartiments du bassin. C'est la mesure principale qui permet de connaître le fonctionnement du bassin et ses sollicitations. La doubler avec des technologies différentes est l'idéal (typiquement un capteur de temps de propagation d'une onde et un capteur piézométrique). La mesure de hauteur d'eau permet aussi de caractériser le temps de séjour de l'effluent, qui ne doit pas être trop important (on recommande moins de 24h) ;

- le débit entrant ou sortant du bassin. Le choix sera fait selon la configuration du bassin et ses points d'entrées et de sorties. Un unique point est bien sûr plus simple et moins coûteux ; s'il existe une unique sortie et dans une canalisation en charge, un débitmètre électromagnétique est une solution simple et généralement fiable.

Ces mesures nécessaires peuvent être complétées selon les attentes et les moyens du maître d'ouvrage par des mesures :

- du débit entrant ou sortant non mesuré (ce qui permettra de vérifier les bilans de remplissage / vidange du bassin et donc de critiquer et valider les données) ;
- des paramètres de pollution si c'est intéressant pour le bassin : dans ce cas, la turbidité reste la mesure en continu la plus intéressante bien que toujours difficile (cf. le guide de Versini et al., 2015) ;
- du débit au niveau des surverses.

Si la fonction de dépollution est attendue, l'analyse du temps de séjour (et donc de la hauteur d'eau dans le bassin) est généralement utile. Une mesure de turbidité, en évitant la partie basse de l'effluent, compléterait avantageusement cette analyse sur la qualité de l'effluent et pourrait être utilisée comme un indicateur pour déclencher le rejet vers l'aval et le milieu récepteur.

Notre retour d'expérience a aussi permis de recueillir des informations sur la maintenance des capteurs, la phase de critique-validation des données, la récupération des données en temps différé ou réel, et des éléments de coûts (cf. le rapport de phase II pour les détails, §2.3.1.6 à §2.3.1.8).

Concernant la maintenance et le travail de critique-validation des données, processus qui sont très liés dans la pratique, les façons de faire sont très diverses. Il est régulièrement distingué la maintenance préventive qui consiste à un entretien régulier des capteurs et la maintenance curative une fois qu'un problème technique est survenu et identifié. Les fréquences d'intervention et les outils utilisés sont eux aussi très divers.

Concernant la récupération des données, l'intérêt d'une supervision (poste informatique qui permet de collecter et visualiser les mesures) en temps réel ou différée est souligné pour optimiser les usages de l'instrumentation, l'accès aux données en temps réel étant un plus mais peut être coûteuse. Il faut enfin souligner que les moyens nécessaires pour exploiter ce suivi métrologique sont conséquents (enregistrements, validation, interprétation des données), ce qui le rend difficilement accessible pour certaines collectivités (cf. paragraphe suivant).

5 Comment évaluer les coûts ?

Malgré nos efforts, nous n'avons pu recueillir que relativement peu d'éléments concernant les coûts associés à la réalisation, à l'entretien ou à l'exploitation des bassins d'orage. Qu'il s'agisse d'un dossier de demande d'aide adressé à l'agence de l'eau, d'un bilan comptable ou d'une étude d'avant projet définitif, il est souvent difficile d'y faire la distinction entre les coûts qui relèvent du génie civil/terrassement, des études/maitrise d'œuvre ou des équipements. Il en va de même, en phase opérationnelle, des coûts d'entretien et d'exploitation des bassins qui ne sont généralement pas individualisés à l'échelle des ouvrages. Le rapport Sepia/SIEE (1998) présentait certains éléments de coûts forfaitaires d'investissement pour la construction des bassins d'orage (qui nécessitent d'être mis à jour) et soulignait déjà la difficulté d'individualiser les coûts d'exploitation liés à ces ouvrages.

5.1 Coûts d'investissement

De nombreux éléments entrent en ligne de compte pour expliquer la variation des coûts de réalisation d'un bassin d'orage. Si le volume de l'ouvrage apparaît être le principal élément d'explication, l'expérience montre qu'une analyse économique ne considérant que des ratios volumiques peut donner des résultats très variables. La localisation, le terrassement (nécessairement plus coûteux pour un bassin enterré qu'hors sol), une conception particulière (forme, ferrailage, lestage du radier, ...) ou des équipements divers peuvent expliquer de telles différences.

Au milieu de ces incertitudes, il apparaît néanmoins que la part des études, AMO, Maitrise d'œuvre, ne représente qu'une part relativement faible des coûts liés au projet, de l'ordre de 3 à 7%. Ce ratio peut être plus faible sur certains dossiers, mais ils ne garantissent généralement pas la bonne rémunération des acteurs, ce qui peut peser sur la qualité des prestations. Il apparaît aussi que la métrologie ne représenterait qu'une part très marginale de l'investissement, quasi négligeable.

Ci-dessous quelques valeurs de ratios prises en compte par les Agences de l'eau dans le cadre de leur Xème programme pour définir le niveau de leurs aides :

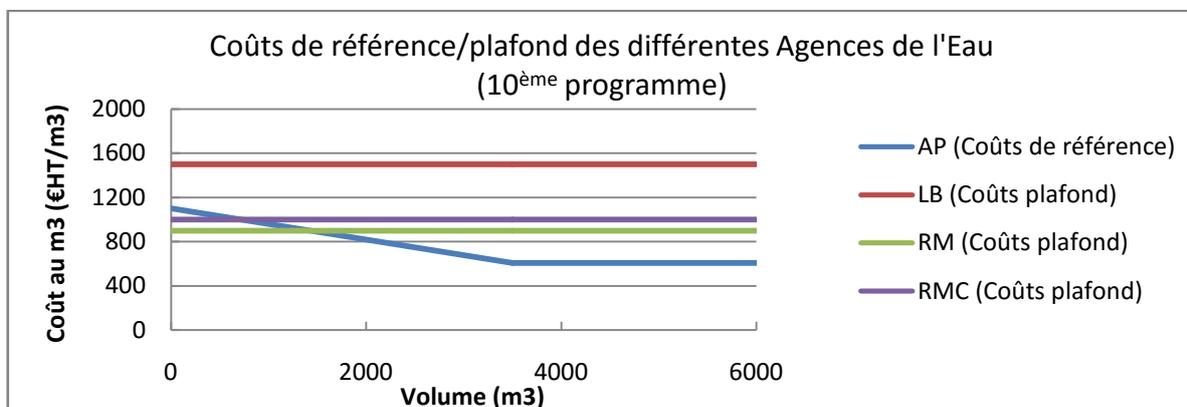


Figure 1 : Coûts de référence/plafond des différentes Agences de l'eau pour la construction d'un bassin d'orage (10^{ème} programme)

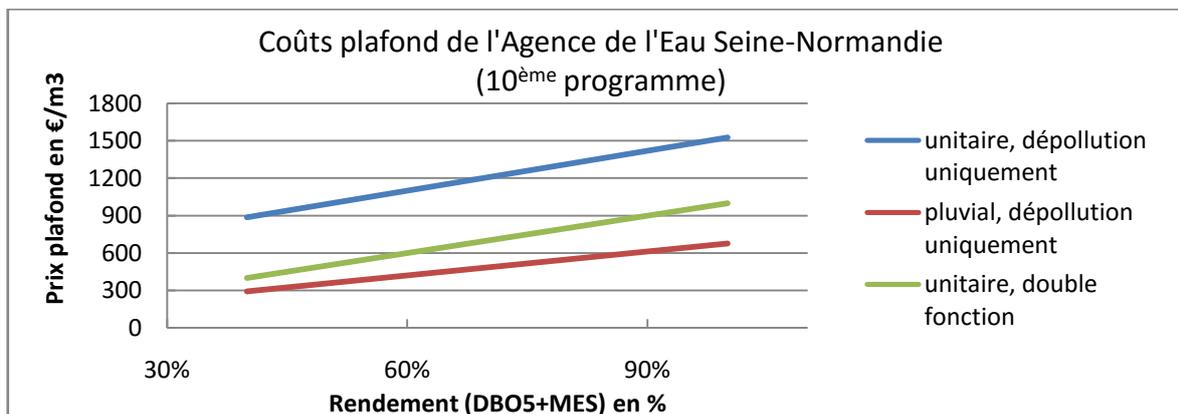


Figure 2 : Coûts plafond pratiqués par l'Agences de l'eau Seine Normandie pour la construction d'un bassin d'orage (10^{ème} programme)

5.2 Coûts d'exploitation et de fonctionnement

Tout comme pour les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation peuvent évoluer très fortement en fonction des caractéristiques de fonctionnement des ouvrages :

- **le mode d'alimentation ou de vidange** : un bassin alimenté et vidangé de façon gravitaire sera plus économe qu'un bassin alimenté et/ou vidangé par pompage. Ces coûts peuvent dépasser la dizaine de milliers d'euro par an.
- **La sollicitation de l'ouvrage** : un bassin sollicité à chaque pluie sera plus cher en fonctionnement et entretien qu'un bassin qui ne serait sollicité que lors des événements les plus exceptionnels. Outre la question du pompage, le nettoyage de l'ouvrage peut entraîner des coûts possiblement très importants, notamment pour les plus gros ouvrages lorsqu'ils ne sont pas munis de dispositifs automatiques.
 - o La modification du fonctionnement des ouvrages (bassin de lutte contre les inondations converti en bassin à double fonction), peut également ne pas être sans conséquences sur les coûts de fonctionnement des bassins.
- **La métrologie et la supervision** : si les équipements de métrologie eux même ne coûtent pas nécessairement très cher à l'investissement, l'exploitation opérationnelle d'un système de télésurveillance, la validation des données, la gestion dynamique des flux, le diagnostic permanent et la supervision en temps réel, peuvent constituer un coût non négligeable pour la collectivité et ce autant en termes de moyens humains que financiers.

Globalement, les résultats de notre enquête montrent que les coûts d'exploitation des solutions techniques envisagées par les collectivités ne sont que très peu évalués. Rares sont celles pour lesquelles ces coûts sont entrés en ligne de compte dans le choix des solutions techniques mises en œuvre, mais il semble que les choses soient en train de changer.

Certaines collectivités mettent en place un système de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO). Celle-ci leur permet de connaître les coûts (pièces, eau, électricité, téléphone) et le temps passé par les agents sur chacun de leurs ouvrages. Toutes les collectivités ne rencontrent pas ce besoin, mais ces résultats peuvent permettre d'identifier les points du réseau les plus sensibles, notamment en termes de fonctionnement et de maintenance.

5.2.1 Refus de dégrillage et sous produits de curage

Les sous-produits de curage sont souvent envoyés en STEU pour être traités. Les boues suivent les filières de valorisation classiques : épandage, incinération, co-compostage,... Une petite collectivité incinérant ses boues nous a fait part d'un coût de 70€ par tonne. Pour l'épandage, une autre collectivité nous indiquait un coût de 50€ par tonne. Quoi qu'il en soit, les boues issues du curage du réseau (et de ses ouvrages annexe tels que les bassins d'orage) ne représentent qu'une très faible proportion des boues issues de la filière de traitement. Le coût associé à leur valorisation peut donc être considéré comme marginal vis-à-vis des coûts relatifs à la filière de traitement.

Pour les sables en revanche, les exploitants les envoient le plus souvent en centres spécialisés : soit pour être lavés et réutilisés pour un coût de l'ordre de 20 à 50€ par tonne, soit mis en décharge CET-2 ou CET-3. Certaines collectivités, retraitant leurs sables en régie, les réutilisent pour leurs propres chantiers, généralement sous forme de remblais.

Les refus de dégrillage, quant à eux, sont généralement traités comme les ordures ménagères. Ils peuvent être ramassés régulièrement par un camion poubelle.

5.2.2 Métrologie

Concernant l'instrumentation et l'exploitation des données mesurées, il est toujours très difficile d'analyser et de synthétiser des éléments de coût qui, d'un témoignage à l'autre, recouvrent souvent des prestations différentes. De façon générale, les coûts d'investissements et d'entretien de la métrologie paraissent assez faibles par rapport aux coûts d'investissement puis d'exploitation du bassin. Les informations recueillies sur l'entretien des capteurs sont résumées dans le

Tableau 2, les fourchettes citées étant relativement larges mais permettent de donner des ordres de grandeur. Au delà de l'investissement et de l'entretien des capteurs, ce sont surtout l'exploitation et l'interprétation des données qui coutent le plus cher.

Type d'informations	Coûts indiqués (€ HT)	Commentaires
Coût d'entretien annuel par BO	2500 – 5000	Coût global comprenant la maintenance et le remplacement de capteurs si nécessaire
Coût d'entretien annuel par point de mesure	3600 2000-3000 pour Hauteur d'eau 5000-6000 pour Hauteur d'eau et Vitesse	
Contrôle d'un capteur	une centaine d'€	

Tableau 2 : Synthèse des informations recueillies sur les coûts d'entretien de la métrologie

Conclusions

Bien que la solution technique du « bassin d'orage » paraisse relativement ancienne (ou traditionnelle), notamment à l'ère de la gestion à la source des eaux pluviales, elle n'en reste pas moins toujours d'actualité, notamment pour faire face aux nouvelles exigences de performance fixées par la réglementation.

Les retours que nous avons recueillis confirment que les « bassins d'orage » peuvent constituer une solution efficace pour répondre à un certain nombre d'enjeux. Nous notons cependant que ce type d'ouvrages sont vus par les gestionnaires comme une solution « parmi d'autres » pouvant être mise en place pour répondre à leurs problématiques locales. Par ailleurs, un certain nombre de services que nous avons rencontrés n'envisagent pas, dans l'immédiat tout du moins, de construire de nouveaux bassins, préférant privilégier d'autres solutions techniques pouvant être mieux adaptées à leur situation locale.

Le principal point noir de la solution « bassin d'orage » relevé par les services que nous avons rencontrés réside dans son coût relativement élevé. Ces opérations coutent très cher à la collectivité et ont tendance à grever ses capacités d'investissement (à la différence d'autres solutions techniques qui peuvent plus facilement être étalées dans le temps).

Quoi qu'il en soit, le choix de cette solution technique, ou d'(une) autre(s), se doit de s'inscrire dans une stratégie globale d'optimisation du service, qui doit être définie en fonction de l'état de fonctionnement du système, des enjeux locaux et des contraintes auxquelles celui-ci peut être confronté. Cette stratégie peut aussi intégrer un suivi plus ou moins rigoureux du fonctionnement général du système et de ses ouvrages, prescrit dans certains cas par la réglementation (diagnostic permanent/périodique), ce qui nécessite l'installation d'instruments de mesure. L'exploitation opérationnelle de ce suivi peut néanmoins s'avérer relativement lourd selon le niveau d'ambition de celui-ci.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier ici toutes les collectivités qui ont accepté de nous répondre, de nous rencontrer, de partager leurs expériences, et sans qui cette étude n'aurait tout simplement pas pu être menée :

Aude LAUTIER (Mairie de Monein)
Pierre TANGUY (Régie des eaux de Mont de Marsan)
Jérémy STEIGER et Anne ROTH-BOUCARD (SIVOM du Bassin de l'Ehn)
Sophie FIORINA (Haganis (Metz))
Régis DEMOLY et Christian IMPERAS (Ville de Besançon)
Julien THEBAUD (Ville de Savenay)
Ludovic DENNIN (CA du Douaisis), Muriel BAUDEMONT (Eau du Nord)
Antoine SINQUIN, Jean-François MENEZ, Jacques POULIQUEN, Aurore CHAUBET (Eau du Ponant)
William DELRIEU (CC du Pays de Chanac)
Cyril DELEGLISE, Marc POUPON (Ville de Concarneau)
Laurent THEURIER, Lionel MAFFI et Rémy JOUANDANE (Ville de Commentry)
Stéphane SOCHON (CC Estuaire de la Dives)
Frédéric VANDELANNOOTE, Véronique LANIER et Fabien DESETABLES (CD de Seine St Denis)
Virginie HAUCHARD (CODAH (Le Havre))
Carole TISSERAND, Fabien RICHARDOT (SIAAL (Longwy))
Jean-Marc LAMBIN, Benoit DELASSUS (Noreade, SIDEN-SIAN)
Marc TRUTTMANN, Franck PERRU (SDEA Alsace Moselle)
Céline ADAM, Claude MANCEAU, Guillaume AUMASSON (SIARNC)
Françoise DUPRE (Ville d'Auxerre)
Philippe GILLES, Francis WEHRUNG, Emmanuel DIDIER (Métropole du Grand NANCY)
Christophe TOUZEAU et Alexandre SAUVANT (Grand Lac (Aix les Bains))
Didier CARBONNET, Antoine VALLIN (CU d'Arras), Patrick FAUQUET, Frédéric VIGNERON (Veolia),
Patrick JACQUET et Cédric SALOMON (CA Montluçonnaise)
Olivier VAYRE (Ville de Fontenay-le-comte)
Doris HAFFOUD et MM. GARNIER, Didier TIRBOIS, Jérôme GAROUX, Stéphane Etien,
Damien LEFEBVRE (CA du Niortais), Samuel GARNIER (AELB)
Nathalie VERNIN et Alain RABIER (CD du Val de Marne)

Mais aussi :

M. DEFLESSEL (Ville de Flesselles)
Patricia JANUSZKIEWICZ (Ville de Saint Paul lés Dax)
Jean François BACCO (syndicat des eaux Orne aval)
Luc OSINSKI (Ville de Mirande)
Frédéric DELEGUE (SYSEG)
Francis WEISSE (Régie ENERGIS (Saint Avold))
Loïc TEYSSIER (CA Valence Romans Sud Rhone Alpes)
Dominique SALGADO (CA Sud Pays Basque)
Jérôme SOURISSEAU (CA du Choletais)
Céline HURTREZ (Ville de Saint Malo)
Gilles MOCKLY (CC du secteur d'Ilfurth)
Christian ROUX (CD des Hauts de Seine)
Christine LOUIS et Hanane STUBER (CC des Deux Fleuves)
Loïc GAUDRAY (CC de la Côte d'Albâtre)
Eric BORNAREL (CC Cœur Côte Fleurie)
Thierry BOUTILLY (Ville de Laon)
Jean Pierre ROUSSEAU (Bordeaux Métropole)
Richard BLEUSE (CU de Dunkerque)
Sophie MAHIEU (SIARA (Albertville))
Jon HARITSCHELHAR (Ville d'Hasparren)
Guy HUMBERT (Ville de Haguenau)
Cédric RATSIMBAZAFY (Véolia Eau (déléguataire de la Ville de Marmande))
Jean Louis MANIEZ (Ville de Lunel)
Yannick NIEDZIELSKI (CC Rives de Moselle)
Nicolas GUILLON (Moulins Communauté)
Vincent ARPIN (Ville de Saintes)

Nicolas DEVAUX (CA de Saint Quentin)
Déborah SANCHEZ (SMEAVO)
Claude VIDAL (Ville de Chaussy)
Christel CARRIERE (Ville de Tarbes)
Nicolas FLOCH (Brest Métropole)

Références

Aires, N., Chebbo, G., Tabuchi, J.P., & Battaglia, P. (2003). Dépollution des effluents urbains de temps de pluie en basses de stockage décantation. TSM. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural, (12), 70-86. (papier)

Anstett L. (2015). Participation au retour d'expérience nationale sur les bassins de stockage sur réseau d'assainissement unitaire – enquêtes et étude de cas. Rapport de stage, Master Environnement, Ecotoxicologie et Écologie – Spécialité GEMAREC, Université de Lorraine, (62 p.).

Alsius A., Escaler I., Marti J., Verdejo J.M., Ramon G. (2004). Local control design for a CSO detention tank. Novatech 2004.

Arras (2016). Compte-rendu de l'entretien avec le Cerema pour le projet Rex-Bo (cf. Annexe A)

Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5.

Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.

Balisticchi M., Grossi G., Bacchi B. (2008). Assessment of the long-term efficiency of CSO captures tanks by semi probabilistic methods. In Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

Bersinger T. (2013). Dynamique des effluents et des contaminants associés au système d'assainissement de la Communauté d'Agglomération de Pau Pyrénées (CDAPP). Thèse de doctorat, Pau, 196 p.

Bertrand-Krajewski J.L., Lefebvre M., Lefai B., Audic J.M. (1995). Flow and pollutant measurements in a combined sewer system to operate a wastewater treatment plant and its storage tank during storm events. Water Science and Technology, 31 (7), 1-12. (papier)

Bertrand-Krajewski J.L., Laplace D., Joannis C., Chebbo G. (2001). Quelles mesures pour quels objectifs ? TSM. Techniques Sciences Méthodes, (2), 29-38.

Bettencourt P., Lathière V., Pister B., Huart C. (2001). Le bassin de retenue de L'Hay-les-Roses, un bassin paysagé de la vallée de la Bièvre intégrée en site urbain. In Nouvelles technologies en assainissement pluvial. Conference international (pp. 529-536).

Browne O., Lecoite T. (2009). Les bassins de retenue en Seine-Saint-Denis – Analyse des coûts. Techniques Sciences Méthodes, (6), 46-52.

Brzezinska A., Zawilski M., Sakson G. (2014). The usefulness of online sensors for combined sewer overflows monitoring. 13th International Conference on Urban Drainage, Sarawak, Malaysia.

CERTU (2003) La ville et son assainissement. Guide technique

Chaumeau F. (2014) Les bassins de rétention en Seine-Saint-Denis, une contribution active à la protection des rivières. Congrès SHF : Optimisation de la gestion des systèmes, Bordeaux.

Chocat B. (1992). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Édition Tec&Doc de Lavoisier.

Commentry (2016). Compte-rendu de l'entretien avec le Cerema pour le projet Rex-Bo (Annexe A)

CD93 (2016). Compte-rendu des entretiens entre le conseil départemental de Seine-Saint-Denis et le Cerema pour le projet Rex-Bo (cf. Annexe A)

CD94 (2016). Compte-rendu de l'entretien entre le conseil départemental du Val-de-Marne et le Cerema pour le projet Rex-Bo (cf. Annexe A)

Douai (2016). Compte-rendu de l'entretien avec le Cerema pour le projet Rex-Bo (cf. Annexe A)

Dufresne M., Dewals B., Erpicum S., Archambeau P., Piroton, M. (2010). Flow and sediment deposition in rectangular shallow reservoirs. Novatech 2010.

Dussart B. (2009). Conception et réalisation de bassins de stockage-restitution en site urbain-Retours d'expérience. Techniques Sciences Méthodes, (6), 34-45.

Dussart B., Morin-Batut C., Sicard V., Teyssier L., Vautier T. (2009). Regards croisés sur le bassin des Baumes à Valence – Les choix du concepteur et les retours de l'exploitant. Techniques Sciences Méthodes, (6), 93-100. (papier)

- Escaler M.I., Martí J., Salamero M., Martín, C. (2001). Quasi-global regulation of stormwater detention tanks in the sewer system of Barcelona. Novatech 2001.
- Fontenay-le-Compte (2016). Compte-rendu de l'entretien avec le Cerema pour le projet Rex-Bo (Annexe A)
- Guillaume M. (2006). Maîtrise des rejets urbains de temps de pluie en Basse-Normandie : Bilan des travaux réalisés, enquête sur le fonctionnement des ouvrages, évaluation des équipements d'autosurveillance en place et prospectives. Rapport de stage, Licence professionnelle Protection de l'Environnement « EAU » : Mesures et Procédés, IUT Nancy Brabois, (38 p.).
- Guillon A., Kovacs Y., Pascal O., Ruzsnewski M. (2008). Evaluating on-line storage in the Haut-de-Seine departement sewer network in order to reduce overflows to the river Seine. In Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- Jacopin C., Lucas E., Desbordes M., Bourgogne P. (2001). Lutte contre les inondations et réduction de la pollution: analyse des contraintes liées au double emploi des bassins de retenue. Novatech 2001.
- Jestin E., Aires N., Goussebaile A. (2009). La maîtrise des rejets urbains de temps de pluie sur le bassin Seine-Normandie – Quels retours d'expérience sur les bassins d'orage ? Techniques Sciences Méthodes, (6), 21-30.
- Kowalski R., Reuber J., Köngeter J. (1998). Investigations and optimisation of the performance of sewage detention tanks during CSO. Novatech 1998.
- Lacour C. (2009). Apport de la mesure en continu pour la gestion de la qualité des effluents de temps de pluie en réseau d'assainissement. Thèse de doctorat, Paris, 273 p.
- Lessard P., Maruejols T., Samie G., Pelletier G., Vanrolleghem P.A. (2010). Gestion des eaux usées urbaines en temps de pluie : caractérisation de la vidange des bassins de rétention. Novatech 2010.
- Lovera M., Blanchet F. (2009). De la conception à l'exploitation des bassins de rétention – Retours d'expérience. Techniques Sciences Méthodes, (6), 31-36. (papier)
- Marte C., Ruperd Y. (1989). L'efficacité des ouvrages de traitement des eaux de ruissellement. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural, (5), 297-301.
- Maruejols T. (2012). Gestion intégrée des eaux usées urbaines : Caractérisation et modélisation du comportement des polluants dans un bassin de rétention en réseau unitaire. Thèse de doctorat, Département de génie civil et de génie des eaux, Université Laval, Québec, Qc, Canada. (347 p.).
- Maruejols T., Lessard P., Wipliez B., Pelletier G., Vanrolleghem P.A. (2011). Characterization of the potential impact of retention tank emptying on wastewater primary treatment : a new element for CSO management. Water Science & Technology, 64 (9), 1898-1905. (dans le rapport de thèse)
- Maruejols T., Vanrolleghem P.A., Pelletier G., Lessard P. (2012). A phenomenological retention tank model using settling velocity distributions. Water Research, 46 (20), 6857-6867. (dans le rapport de thèse)
- Métadier M., Binet G., Barillon B., Polard T., Lalanne P., Litrico X., de Bouteiller C. (2013). Monitoring of a stormwater-settling tank : how to optimise depollution efficiency. In 8th International Conference Novatech (pp. 23-27).
- Montluçon (2016). Compte-rendu de l'entretien avec le Cerema pour le projet Rex-Bo (Annexe A)
- Niort (2016). Compte-rendu de l'entretien avec le Cerema pour le projet Rex-Bo (cf. Annexe A)
- Pelletier G., Rondeau F., Lessard P. (2013). Caractérisation et bilans de masse des eaux unitaires d'un réservoir de rétention. Canadian Journal of Civil Engineering, 40 (3).
- Perez-Sauvagnat I., Maytraud T., Piel C. (1995). Cent vingt-huit bassins de retenue sur le département Seine Saint Denis : leur efficacité, leur gestion. In International conference on innovative technologies in the domain of urban storm water drainage (pp. 557-563).
- Porchez O., Breuil B., Browne O. (2013). Risques liés à l'exploitation de bassins de retenue en milieu urbain. Techniques Sciences Méthodes, (10), 36-43.
- Schütze M., Campisano A., Colas H., Schilling W., Vanrolleghem P.A. (2004). Real time control of urban wastewater systems — where do we stand today? Journal of hydrology, 299(3), 335-348
- Versini P. A., Joannis C. et Chebbo G., 2015. Guide technique sur le mesurage de la turbidité dans les réseaux d'assainissement. Onema, Coll. Guides et protocoles, 78 pages.

Table des illustrations et tableaux

Figure 1 : Coûts de référence/plafond des différentes Agences de l'eau pour la construction d'un bassin d'orage (10 ^{ème} programme).....	20
Figure 2 : Coûts plafond pratiqués par l'Agences de l'eau Seine Normandie pour la construction d'un bassin d'orage (10 ^{ème} programme).....	21
Figure 3 : Synoptique du bassin de la Brande avec la position des équipements métrologiques	28
Figure 4 : Illustration d'événements de remplissage sur le bassin de la Brande	29
Figure 5 : Volumes stockés et surversés lors des événements de remplissage du bassin de la Brande	29
Figure 6 : Synoptique du bassin S1 (Arras), avec la position des équipements métrologiques	30
Figure 7 : Illustration d'événements de remplissage sur le bassin S1	30
Figure 8 : Volume maximum stocké par événement sur le bassin S1 (les lignes rouges représentent les capacités des compartiments)	31
Figure 9 : Volumes stockés et surversés par événement de remplissage du bassin S1	31
Figure 10 : Synoptique du bassin Carnot du CD de Seine-Saint-Denis avec la position des équipements métrologiques	32
Figure 11 : Illustration d'événements de remplissage sur le bassin Carnot.....	33
Figure 12 : Relation entre la durée de l'événement et le taux de remplissage sur le bassin Carnot....	33
Tableau 1 : Synthèse de la métrologie rencontrée dans et autour des bassins d'orage	19
Tableau 2 : Synthèse des informations recueillies sur les coûts d'entretien de la métrologie	22

Illustrations détaillées du fonctionnement de 3 bassins d'orage

Dans le cadre de notre retour d'expérience, nous avons analysé de façon détaillée le fonctionnement de 5 bassins sélectionnés. Cette analyse a été possible grâce à la récupération et à l'exploitation des mesures réalisées dans et autour des BO, et aussi en développant des identifications et exploitations automatiques des événements de remplissage des bassins. Tous les détails sur les bassins, leurs données, et les résultats sont exposés dans le livrable de phase II du projet. Les résultats les plus marquants sur 3 bassins sont repris dans les paragraphes suivants.

Fonctionnement d'un petit bassin en tête de station d'épuration

La ville de Commentry (03) possède un BO au niveau du relevage général à l'entrée de la STEP de la Brande. D'un volume de 1 550 m³, il a été dimensionné pour stocker la pluie mensuelle de durée 30min et pouvoir être vidangé assez rapidement. Lorsque le bassin est plein, un déversoir dans le poste de relevage permet la surverse des débits excédentaires vers le milieu naturel (large fossé ; Figure 3).

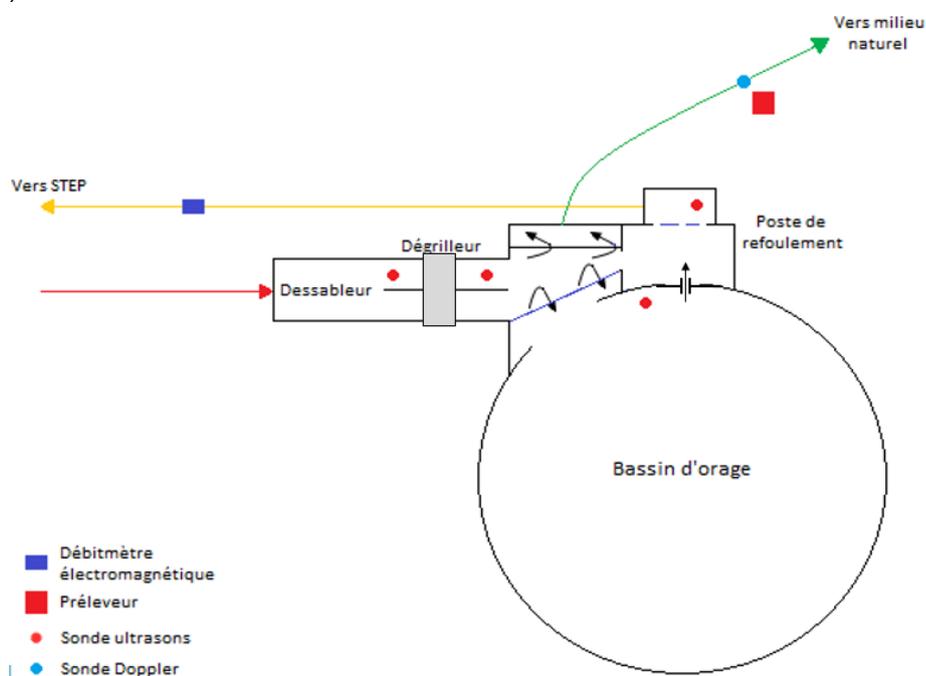


Figure 3 : Synoptique du bassin de la Brande (Commentry) avec la position des équipements météorologiques

La Figure 4 illustre une séquence d'événement de remplissage du bassin. Les remplissages sont très rapides (quelques heures), les durées de stockage sont assez importantes (médiane de 15h sur les 146 événements de remplissage identifiés), et les vidanges ont des durées moyennes de plusieurs heures. Il est à noter que pour la moitié des événements, les temps de séjours dépassent 22h, avec un maximum de 33j, mais que pour l'instant cela ne pose pas de problème particulier pour l'exploitation du bassin et de la STEP. Les taux de remplissage du bassin sont plutôt élevés, avec une médiane à 60% et la moitié des événements a un taux entre 43% et 94%. Le BO est aussi régulièrement sollicité : 146 événements de remplissage sur 2ans et demi, soit presque 5 par mois.

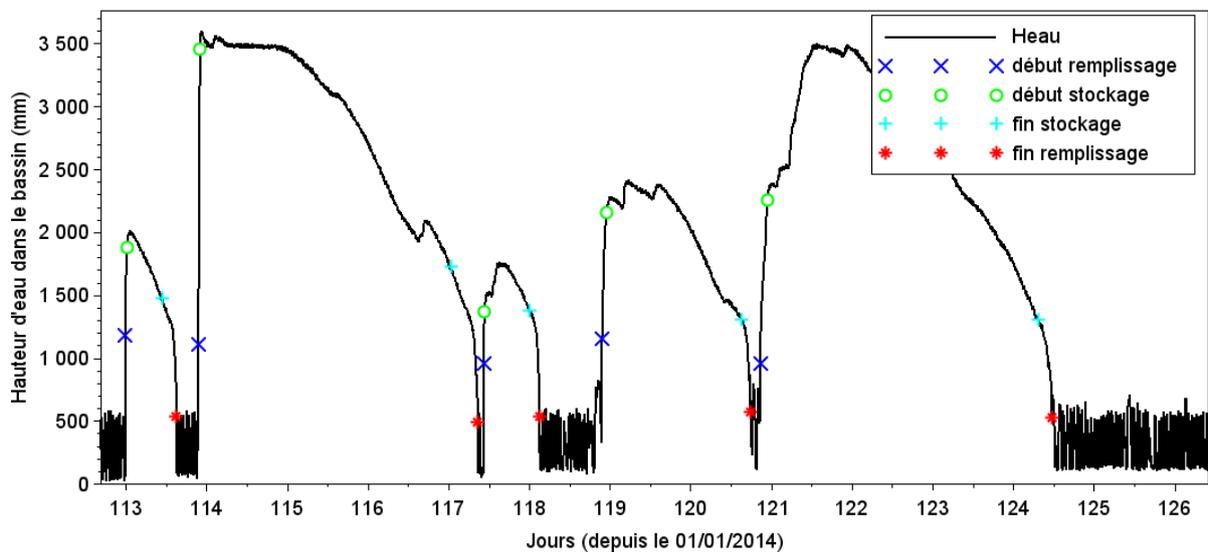


Figure 4 : Illustration d'événements de remplissage sur le bassin de la Brande

Sur les 146 événements de remplissage identifiés, 35 ont donné lieu à une surverse (Figure 5), soit en moyenne un peu plus d'une surverse par mois, ce qui est plutôt cohérent avec le dimensionnement du BO. En cumul, ces surverses ont duré 68j (avec une durée médiane par événement de 16h) ; Le volume de ces surverses représente le double des volumes stockés dans le BO (avec toutefois deux événements ayant provoqués des surverses exceptionnelles en Mai-Juin 2016) et 17% des volumes traités à la STEP.

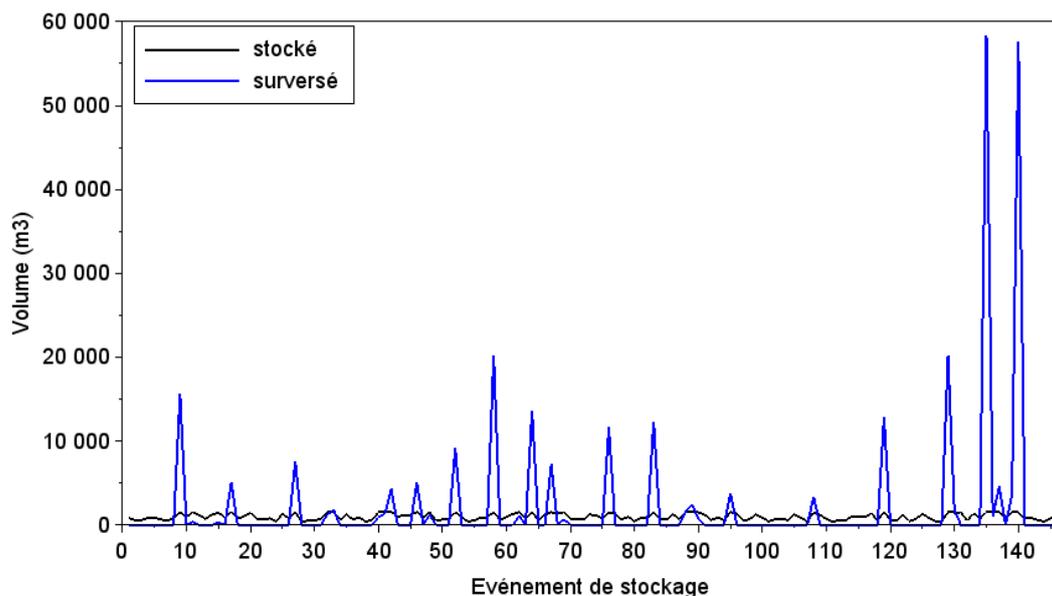


Figure 5 : Volumes stockés et surversés lors des événements de remplissage du bassin de la Brande

Fonctionnement d'un important bassin compartimenté en réseau

La communauté urbaine d'Arras (62) est le maître d'ouvrage du bassin S1 construit en 1988 sur le réseau à l'emplacement d'une ancienne STEP. Constitué de 3 compartiments (4000, 8000, et 8000 m³), il est alimenté par surverse du poste de relevage qui renvoie les effluents vers la nouvelle STEP. Une autre surverse est aussi présente en direction du milieu récepteur, la rivière Scarpe voisine (Figure 6). S1 a été construit avec un objectif de stockage-restitution pour diminuer les rejets unitaires dans la Scarpe: la pluie de référence considérée a été une pluie trimestrielle de durée 2h (soit 9,8mm), avec comme objectif de limiter les déversements à 4 au maximum par an en moyenne (contre 130 en situation sans le bassin). Depuis le fonctionnement de S1 a été optimisé en fonction de la configuration du réseau et c'est un poste de relèvement à l'aval qui gère automatiquement sa vidange.

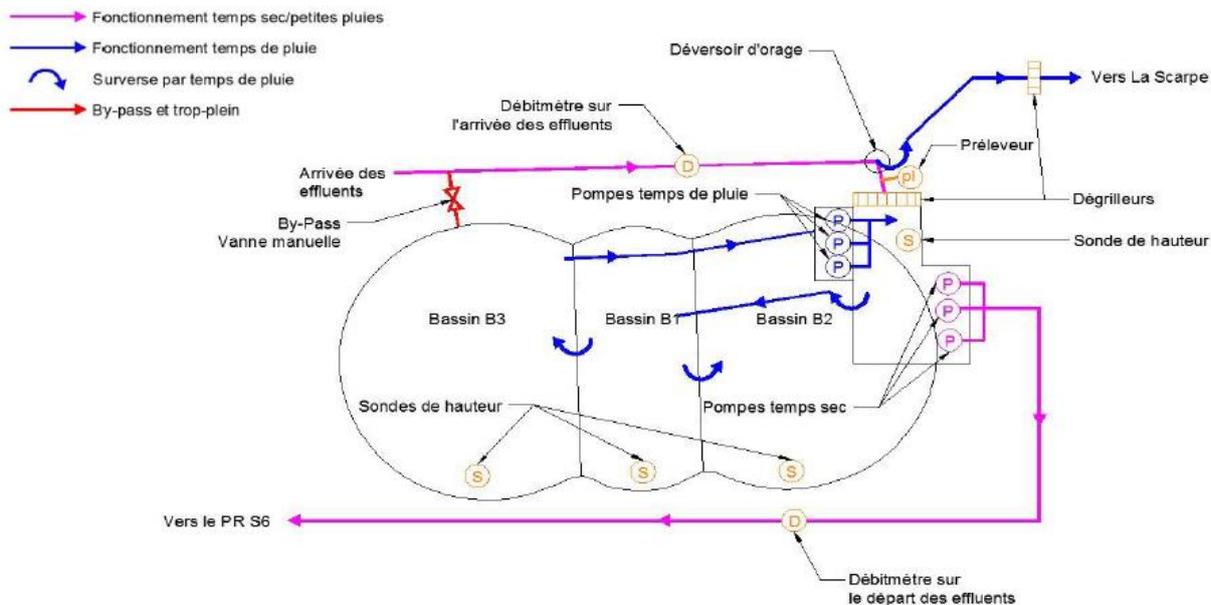


Figure 6 : Synoptique du bassin S1 de la Communauté Urbaine d'Arras, avec la position des équipements métrologiques (Source Communauté Urbaine d'Arras)

La Figure 7 illustre une séquence d'événements de remplissage sur le bassin S1 (les données exploitées sont au pas de temps de la journée) : le 3 premiers événements sont courts avec des durées d'une journée, les deux derniers sont plus longs (plus de 5 jours) intégrant des phases de vidanges partielles. Le bassin est sollicité en moyenne 29 fois par an mais rarement à sa capacité maximum (Figure 8) : sur les 129 événements identifiés, 36 alimentent seulement le 1^{er} compartiment du bassin (4 000 m³), 56 sollicitent aussi le 2nd compartiment (8 000 m³), et le 3^{ème} compartiment (8000 m³) n'est activé que pour 37 événements.

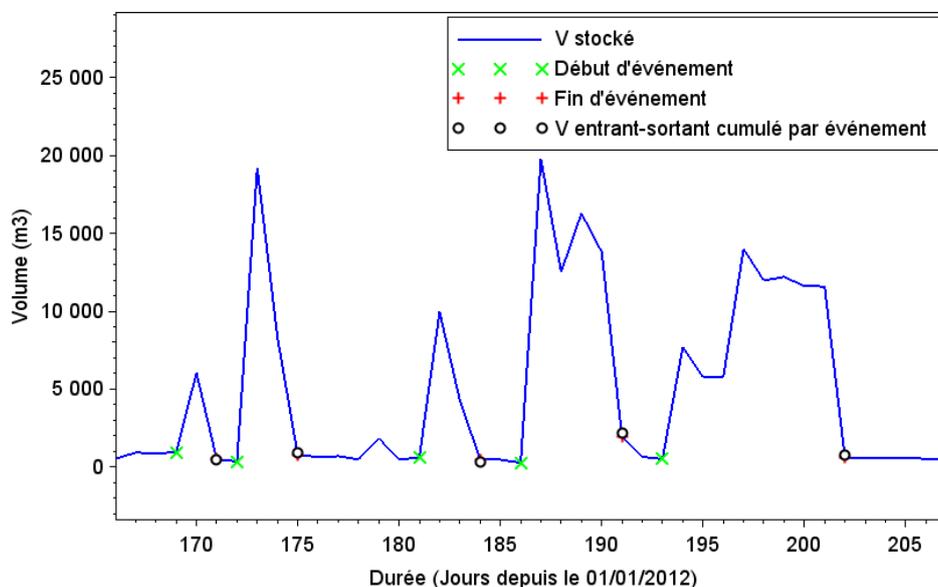


Figure 7 : Illustration d'événements de remplissage sur le bassin S1

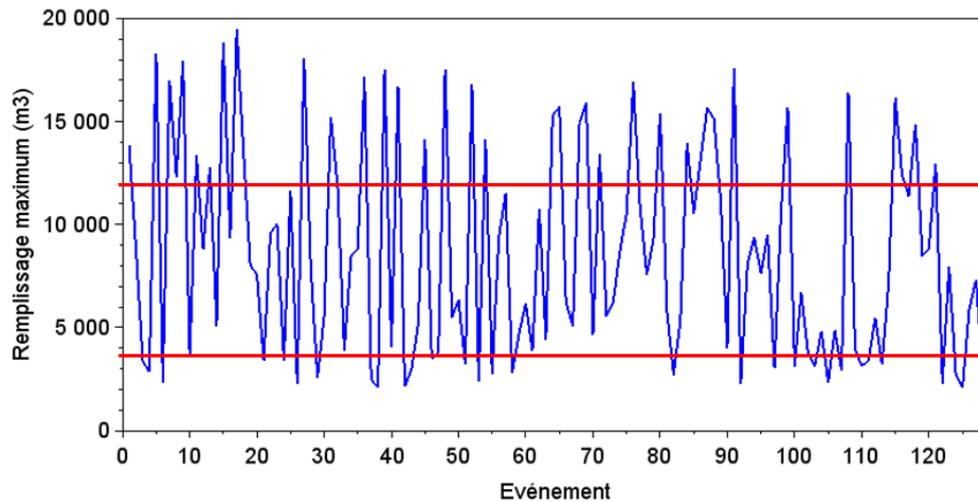


Figure 8 : Volume maximum stocké par événement sur le bassin S1 (les lignes rouges représentent les capacités des compartiments)

Le cumul des volumes stockés pendant les événements représente 1,18 millions de m³, soit 10% des volumes refoulés vers l'aval et 183% des volumes surversés pendant les événements. La réduction des volumes surversés est donc très importante et peut-être estimée à 65%. La Figure 9 montre les volumes stockés et surversés lors des événements de remplissage : pour 87 événements, soit 67% des événements, il n'y a pas de surverse ; Quelques événements provoquent des volumes surversés très importants. En moyenne, il y a donc près de 10 surverses par an (fréquence un peu supérieure à la mensuelle) : ce chiffre est supérieur à celui attendu lors de la construction du bassin qui était de 4 surverses par an en moyenne. La durée de la pluie utilisée pour le dimensionnement a été de 2h : ce n'est possiblement pas la durée critique (cela dépend de la réaction du bassin versant amont) et il peut exister d'autres pluies trimestrielles, voire plus fréquentes, qui occasionnent des débordements. Il est aussi à noter que le remplissage maximum du bassin est rarement atteint, alors que 33% des événements provoquent une surverse : cela peut être dû aux calages en z des seuils d'alimentation du bassin et/ou de la surverse, et aussi à la capacité hydraulique d'alimentation du bassin qui peut être dépassée par le débit arrivant en amont. L'optimisation globale de tous les bassins de la communauté d'Aras peut aussi expliquer que le fonctionnement du bassin S1 soit différent de celui envisagé initialement.

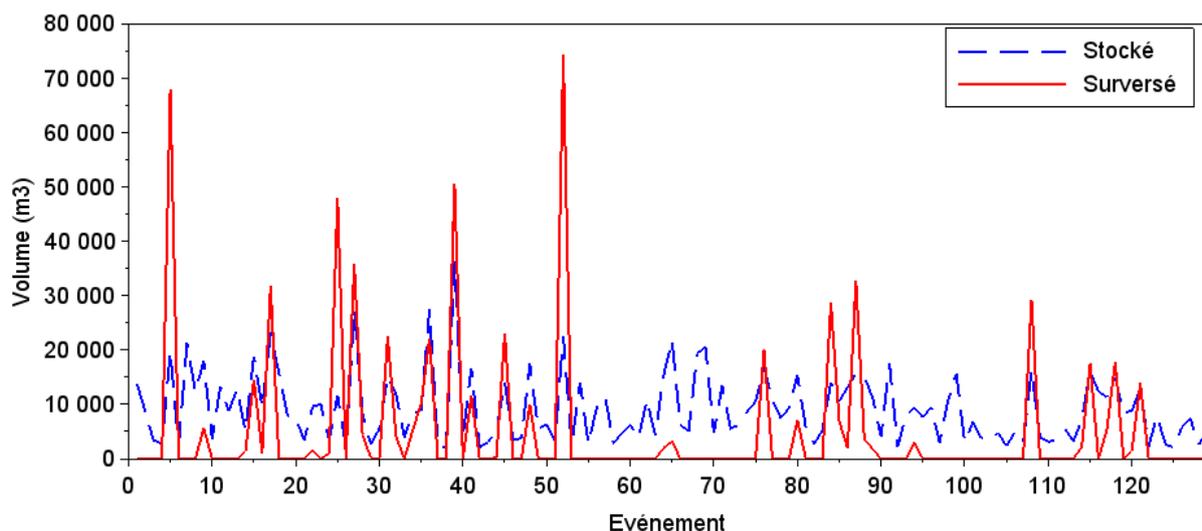


Figure 9 : Volumes stockés et surversés par événement de remplissage du bassin S1

Fonctionnement d'un grand bassin dimensionné pour le risque d'inondation

Le Conseil Départemental de Seine-Saint-Denis (93) gère un important parc de bassin sur son réseau unitaire, dont l'objectif premier et initial est d'éviter les innodations et les mises en charge du réseau à l'aval. Un second objectif est apparu consistant à stocker les effluents lors des événements pluvieux fréquents, afin de limiter les rejets de temps de pluie dans la Seine et la Marne à l'aval. Cette sollicitation des bassins pour les pluies fréquentes est gérée semi-automatiquement en temps réel à l'aide d'un réseau de points de mesure dans le système unitaire et de scénarios pré-établis. Le bassin Carnot est situé en parallèle d'un réseau unitaire qu'il déleste, avec une capacité de stockage de 16 000 m³ (Figure 10).

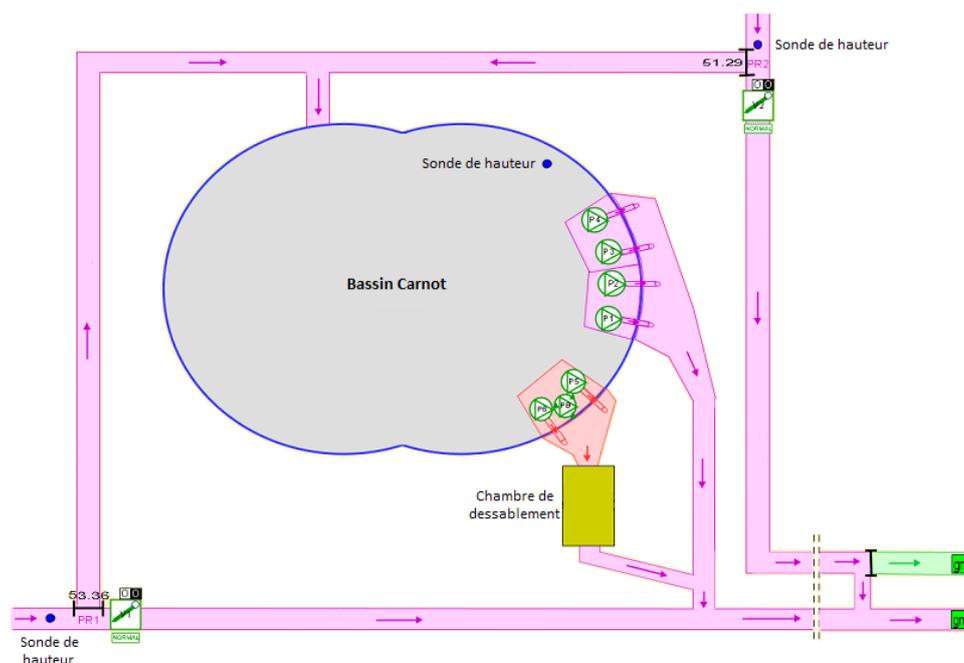


Figure 10 : Synoptique du bassin Carnot du CD de Seine-Saint-Denis avec la position des équipements métrologiques (Source Direction de l'Eau et de l'Assainissement du CD93)

La Figure 11 illustre une séquence d'événement de remplissage sur le BO Carnot. Les durées des événements sont courtes, avec une médiane de 98min sur les 220 événements identifiés : une fois l'événement pluvieux passé et le débit dans le réseau ayant diminué, le bassin est rapidement vidangé. Un remplissage du bassin par de l'eau d'exhaure a aussi lieu à la fin de la séquence en Figure 11. Le bassin Carnot est sollicité en moyenne 29 fois par an (plus de 2 fois par mois) mais souvent avec un taux de remplissage réduit (pour la majorité des événements, le bassin est sollicité entre 10% et 16% de son volume) ; Ce constat était attendu car le bassin a été dimensionné pour pouvoir stocker un événement exceptionnel et il est volontairement sollicité fréquemment. C'est la durée de l'événement de remplissage, et donc de l'événement pluvieux, qui explique le niveau de remplissage du bassin (Figure 12).

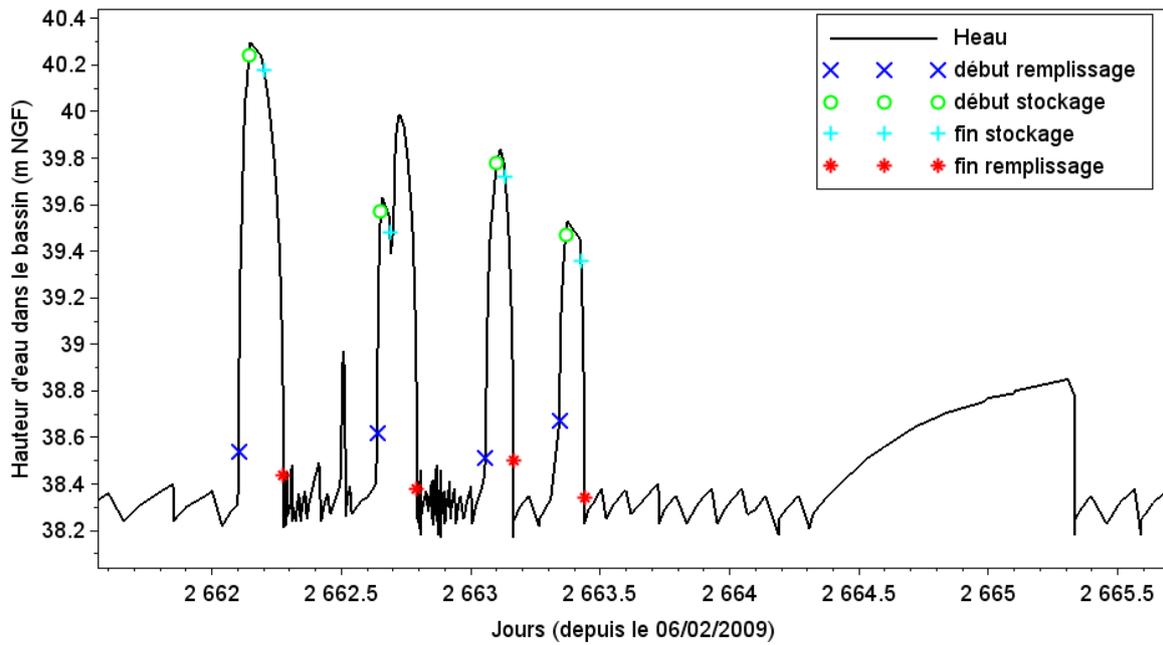


Figure 11 : Illustration d'événements de remplissage sur le bassin Carnot

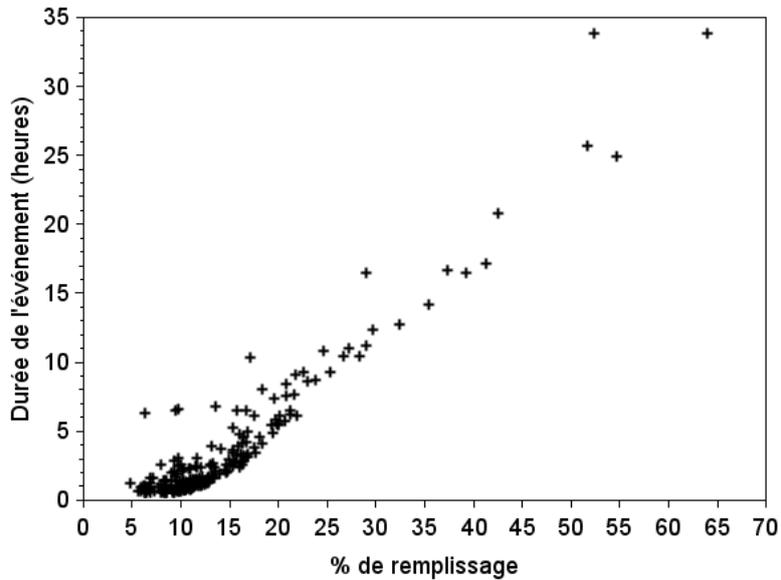


Figure 12 : Relation entre la durée de l'événement et le taux de remplissage sur le bassin Carnot

Agence Française pour la Biodiversité
Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.afb.fr

Cerema

www.cerema.fr