



Retour d'expériences national sur les bassins d'orage en réseau unitaire

Emmanuel Berthier, Jean-Sébastien Finck, Anne Le Gall, Rémi Wagner, Aurélie Gérolin, Fabien Bouillaguet, Oriane Warusfel, Jean-Christophe de Bortoli, Léa Anstett

► To cite this version:

Emmanuel Berthier, Jean-Sébastien Finck, Anne Le Gall, Rémi Wagner, Aurélie Gérolin, et al.. Retour d'expériences national sur les bassins d'orage en réseau unitaire. TSM. Techniques Sciences Méthodes – Génie urbain, génie rural, 2019. <hal-02342765>

HAL Id: hal-02342765

<https://hal.science/hal-02342765v1>

Submitted on 1 Nov 2019

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

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



HAL Authorization

1 **RETOUR D'EXPERIENCES NATIONAL SUR LES BASSINS D'ORAGE EN RESEAU UNITAIRE**

2 **NATIONAL FEEDBACK ON STORMWATER TANKS IN COMBINED SEWER SYSTEMS**

3 **Berthier Emmanuel¹, Finck Jean-Sébastien², Le Gall Anne¹, Wagner Remi², Gérolin Aurélie², Khalifa**
4 **Abdheramen³, Bouillaguet Fabien³, Warusfel Oriane³, De Bortoli Jean-Christophe³, Anstett Léa³**

5 ¹ Cerema, Equipe-projet TEAM, 12 rue Teisserenc-de-Bort, 78190 Trappes

6 ² Cerema Est, 71 rue de la Grande Haie, 54510 Tomblaine

7 ³ GEMCEA, 149, rue Gabriel Péri, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

8
9 ^{*} emmanuel.berthier@cerema.fr ; 01-34-82-13-15

10

11 **CATEGORIE DE L'ARTICLE :** *Etat de l'art / revue de littérature*

12 **FORMAT DE L'ARTICLE :** *Article scientifique/technique*

13

Résumé

Le développement des systèmes d'assainissement s'appuie souvent sur des structures construites il y a plusieurs décennies. Ceux-ci font face à une augmentation des niveaux d'exigence qui leur sont assignés. C'est notamment le cas en France des performances des systèmes de collecte par temps de pluie avec la parution de l'arrêté du 21 Juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement. En collaboration avec l'Agence Française pour la Biodiversité, le GEMCEA, le Ministère de la transition écologique et solidaire et les Agences de l'eau, le Cerema a mené le projet REx-BO consistant en un vaste retour d'expériences sur les bassins d'orage implantés sur les réseaux d'assainissement unitaires. L'objet du projet était de comprendre, à partir de la littérature et de travaux de terrain, comment les gestionnaires/exploitants avaient eu recours à cette technique pour optimiser le fonctionnement de leur système, notamment par temps de pluie, et de collecter des informations techniques et financières quant au fonctionnement, à la conception, au dimensionnement, et à l'efficacité de ce type d'ouvrages. A travers une recherche bibliographique générale, des entretiens réalisés auprès de 17 maîtres d'ouvrage/exploitants, et un focus spécifique réalisé sur les usages de la métrologie autour des bassins d'orage, le projet a permis de tirer de nombreux éléments et enseignements à l'intention des acteurs opérationnels. Cet article présente le contexte et la méthodologie du retour d'expérience. Les principaux éléments sont ensuite synthétisés, notamment ceux relatifs à la conception, au dimensionnement, la métrologie, ainsi que les points d'attention majeurs à considérer pour assurer le bon fonctionnement d'un ouvrage. L'article souligne tout d'abord l'intérêt d'inscrire la réalisation d'un (ou plusieurs) bassin(s) d'orage dans une stratégie globale de gestion du système d'assainissement. Pour ce qui concerne la conception et le dimensionnement, l'étude a permis de mettre en lumière un recours fréquent à des logiciels d'hydraulique urbaine, qui semble même être quasi-systématique pour les ouvrages de taille importante.

Mots-clés : Bassin d'orage, réseau unitaire, assainissement, retour d'expérience, préservation des milieux récepteurs, lutte contre les inondations

Abstract

The development of sewer systems is often based on structures built decades ago. These structure face an increase in the levels of requirement assigned to them. This is the case in France for the performance of sewer systems during rain event. In collaboration with the French Agency for Biodiversity, the GEMCEA, the French Ministry of Ecological and Solidarity Transition, and the French Water Agencies, Cerema led the Rex-BO project consisting of a vast experience feedback on the storm basins on combined sewer networks. The purpose of the project was to see, from the literature and especially from the field, how the operators had used this technique to optimize the operation of their system during rain event, and to collect technical information on financial aspects of the operation, design, sizing and efficiency of this type of structure. Through a bibliographic search, numerous interviews with 17 operators, and a zoom on the uses of metrology, the project has drawn lessons for the operational actors. This article presents the background and the methodology of the feedback, then the main lessons are synthesized. The article first underlines the interest of establishing a global strategy to optimize the functioning of the sewage system. A second part shows that the sizing of the basin is mainly made with an hydraulic model, following a great variability of criteria. The next part of the article is more functioning-orientated, which touches on different warnings in terms of operating and security. The metrology strategy is then studied, pointed the importance of the

54 measurements to well known and optimized the basin functioning.

55 **Keywords:** storm basin, combined sewer system, sanitation, feedback, receiving environments preservation,
56 flood control

57 Introduction

58 Le développement actuel des systèmes d'assainissement s'appuie, pour la très grande majorité d'entre eux,
59 sur des structures construites il y a plusieurs dizaines d'années. Mises en place essentiellement dans les
60 centres urbains historiques, beaucoup de ces réseaux étaient alors conçus sur le principe du tout à l'égout
61 qui consistait à évacuer les eaux sales hors de la ville. C'est donc tout naturellement que les extensions de
62 ces réseaux, nécessaires à l'assainissement des zones de construction nouvelles d'après-guerre, se sont
63 d'abord structurées suivant le principe de la collecte unitaire, avant de changer progressivement de
64 paradigme à partir du milieu des années 1950. Alors que, depuis lors, la plus grande part des efforts
65 entrepris en matière d'assainissement portait sur la création de stations de traitement, puis sur le maintien et
66 l'amélioration de leurs performances épuratoires, la considération des pollutions véhiculées par les
67 surverses des réseaux unitaires vers les milieux récepteurs par temps de pluie n'a fait son chemin qu'à partir
68 des années 1970. Plusieurs référentiels (Chocat, 1997 ; Ministère de l'environnement et du développement
69 durable, 2003 ; Valiron et Tabuchi, 1992) montreront plus tard l'importance de ces charges polluantes
70 rejetées qui, en bilan annuel, peuvent être du même ordre de grandeur que les charges contenues dans les
71 effluents rejetés après traitement par les stations d'épuration. C'est aussi à cette même période que les
72 systèmes d'assainissement ont montré leurs limites vis à vis de l'évacuation des débits de ruissellement,
73 entraînant des inondations pour des épisodes orageux de moindre ampleur que ceux pour lesquels ils
74 avaient été dimensionnés.

75 Afin de limiter les dysfonctionnements des systèmes, les collectivités, en partie soutenues par les Agences
76 de l'eau, ont mis en place des ouvrages dont les objectifs essentiels étaient de deux ordres : i) améliorer la
77 collecte et le traitement des effluents et limiter leurs rejets vers le milieu naturel, ii) éviter les désordres
78 hydrauliques et les inondations par débordement des réseaux par temps de pluie. La technique la plus
79 couramment utilisée a été celle des « bassins d'orage » (terminologie utilisée dans l'arrêté du 22 juin 2007)
80 qui, selon les objectifs fonctionnels visés, a conduit à des conceptions très variées et à l'utilisation de
81 méthodes de dimensionnement adaptées à ces objectifs. Il en résulte sur le territoire national l'existence d'un
82 panel d'ouvrages difficilement appréhendable autant en termes de nombre, de volume d'eau stocké, que de
83 conception et d'objectifs de fonctionnement.

84 Le projet de « Retour d'expériences national sur les bassins de stockage sur réseaux unitaires » (REx-BO)
85 vise donc à actualiser les connaissances et les enseignements concernant ces ouvrages, permettant *in fine*
86 d'éclairer les politiques publiques autour de l'utilisation de ces dispositifs, notamment pour atteindre les
87 objectifs de conformité des systèmes de collecte par temps de pluie imposés par la Directive ERU et
88 retranscrits par la France au travers de l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux performances des systèmes
89 d'assainissement.

90 Cet article est donc une synthèse, à l'intention des acteurs opérationnels de l'assainissement, des principaux
91 enseignements tirés de ce retour d'expériences. Ces éléments ont été structurés et peuvent parfois être
92 exprimés sous forme de question-réponses. La méthodologie de travail est brièvement présentée en début

d'article. Des détails sur le projet et ses résultats sont disponibles dans les livrables du projet (Wagner et al., 2018 ; Finck et al., 2018a et 2018b), livrables qui devraient être mis en ligne très bientôt sur les sites internet de l'AFB et du Cerema.

1. Matériels et méthodes

Le projet Rex-BO s'est déroulé en 3 phases entre 2014 et 2018. La première phase a permis de faire une synthèse des éléments disponibles dans la littérature 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 permis d'approfondir ces connaissances en réalisant une enquête auprès de collectivités, suivi d'entretiens détaillés réalisés auprès de 17 maitres d'ouvrages et exploitants, et en menant un focus sur le rôle de la métrologie dans le suivi du fonctionnement de ces ouvrages. La 3ème phase consistait à synthétiser les éléments recueillis, tirer des enseignements et valoriser ces résultats, notamment à travers l'organisation d'une journée technique qui s'est tenue à Nancy le 10 octobre 2017.

1.1. Vocabulaire

Cet article définit comme « bassin d'orage », objet de l'étude, tout ouvrage de stockage implanté sur un tronçon « unitaire » d'un système de collecte, ou disposé en tête de la station d'épuration . Néanmoins, se cache derrière cette définition une très grande diversité d'ouvrages, que ce soit de par leur implantation sur le système, leur(s) objectif(s) fonctionnel(s), leur conception, leur(s) critère(s) de dimensionnement ou encore de par leur mode de fonctionnement. Par ailleurs, on rencontre de nombreuses terminologies différentes pour désigner ce type d'ouvrages (bassin de rétention, de stockage, de stockage-restitution, de pollution, etc), et plusieurs typologies existent dans la littérature (BCEOM, 1997 ; Chocat, 1997). Leurs limites ne concordent généralement pas avec celles de la définition énoncée ci-dessus. Il arrive d'ailleurs régulièrement, pour une même terminologie, que ces limites diffèrent d'une référence bibliographique à l'autre ou d'un acteur de terrain à l'autre.

Le terme de « bassin d'orage », retenu dans l'arrêté du 21 juillet 2015 (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015a) semble néanmoins être la terminologie la plus utilisée par les Maitres d'ouvrages rencontrés. Mais celle-ci est loin de faire l'unanimité : sur le bassin Artois-Picardie par exemple, où les événements orageux ne constituent pas le gros du cumul des pluies, on parle plutôt de « bassins de stockage-restitution » notamment du fait que ces ouvrages sont sollicités le plus souvent pour des épisodes de pluie fréquentes et non-orageux. De la même manière, de nombreux Maitres d'ouvrages utilisent le terme « bassin d'orage » pour désigner exclusivement des ouvrages implantés sur réseaux strictement pluviaux (ce qui n'est pas l'objet de ce retour d'expériences).

C'est essentiellement pour ces raisons d'ordre sémantique que nos tentatives d'élaborer une typologie harmonisée de ces ouvrages n'ont pas été concluantes.

1.2. Aspects réglementaires

La Directive européenne dite « Eaux Résiduelles Urbaines » (ERU) 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 juin

132 2007 puis par l'arrêté du 21 juillet 2015.

133 Depuis 1994, la réglementation française impose des « obligations de résultats », valables dans les
134 « situations pluviométriques normales », ainsi que la surveillance des principaux déversoirs d'orage des
135 systèmes de collecte. L'arrêté du 22 juin 2007 précisa ces exigences, notamment vis-à-vis des
136 déversements par temps sec et de l'acheminement des flux polluants collectés vers la station d'épuration.

137 L'arrêté du 21 juillet 2015 augmente ce niveau d'exigences, en instaurant notamment des critères de
138 conformité des systèmes de collecte des eaux usées. Ces dispositions sont précisées dans un commentaire
139 technique diffusé par la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) de l'actuel Ministère de la transition
140 écologique et solidaire (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2015b) qui
141 présente les « bassins de stockage-restitution » comme l'une des solutions possibles pour réussir à
142 respecter ces critères. Dans ce contexte, il faut donc s'attendre à un regain d'intérêt vis-à-vis de cette
143 technique dans les années à venir pour optimiser le fonctionnement des systèmes d'assainissement par
144 temps de pluie.

145 **1.3. Enquête auprès de collectivités**

146 Des extractions des bases de données financières des aides accordées par les Agences de l'eau et les
147 résultats bruts des enquêtes « Eau et assainissement » menées par l'IFEN¹, le SOeS² et le SSP³ ont permis
148 de dresser une liste de collectivités de toutes tailles susceptibles de disposer de bassins d'orage sur réseau
149 unitaire. L'intégralité de cette liste, qui couvre l'ensemble du territoire national, a été sollicitée pour répondre
150 à un questionnaire en ligne élaboré par le Cerema en étroite collaboration avec la FNCCR⁴ et les Agences
151 de l'eau. Ce questionnaire visait à recueillir des informations générales sur un vivier de bassins d'orage
152 parmi lesquels serait sélectionné un échantillon qui puisse être le plus riche et le plus diversifié possible. Il
153 s'intéressait aussi aux caractéristiques générales de la collectivité : statut juridique, taille, compétences,
154 étendue du réseau, mode de gestion, ... et bien entendu à son parc de bassins d'orage pour lesquels étaient
155 demandé pour chaque ouvrage le volume utile, l'année de réalisation, le nom de l'exploitant, l'implantation
156 sur le système, la couverture (enterré/ouvert) et l'éventuelle mise en place d'un suivi métrologique. Le
157 questionnaire proposait à la collectivité de pouvoir être recontactée au cours de la 2^{ème} phase de ces
158 enquêtes pour faire l'objet d'un entretien plus poussé, mais proposait également que ces réponses puissent,
159 à la demande du répondant, rester anonymes.

160 Sur les 169 collectivités contactées, 64 ont répondu parmi lesquelles (Figure 1) : 43 qui ont répondu à la
161 totalité du questionnaire ; 11 qui ont répondu de manière partielle, malgré plusieurs relances pour
162 compléments ; 10 qui ont indiqué ne pas disposer de bassin d'orage ni sur réseau unitaire, ni en tête de
163 station de traitement.

164 Sur les 43 réponses complètes, 35 collectivités ont indiqué être prêtes à nous recevoir pour un entretien plus
165 poussé, 8 ne le souhaitaient pas, dont 5 ont demandé à ce que leurs réponses restent anonymes. Pour ce
166 qui est de leurs parcs de bassins d'orage, ce sont en tout 930 ouvrages qui ont été recensés, dont 753 pour

¹ Institut français de l'environnement (remplacé en novembre 2008 par le SOeS)

² Service de l'observation et des statistiques (remplacé en 2017 par le Service de la donnée et des études statistiques (SDES))

³ Service de la statistique et de la prospective

⁴ Fédération nationale des collectivités concédantes et régies

167 lesquels des informations ont été fournies. Derrière ces chiffres se cachent néanmoins de fortes disparités
168 puisque le Syndicat des eaux et de l'assainissement (SDEA) Alsace Moselle compte à lui seul 500 de ces
169 ouvrages, soit plus de la moitié de l'échantillon. Les 253 ouvrages restants semblent néanmoins être
170 relativement bien répartis sur les 6 grands bassins hydrographiques.

171 L'objectif de ce travail étant d'appréhender un panel de réalités qui puisse être le plus diversifié possible,
172 nous cherchions donc à interroger toutes les tailles de collectivités, allant de quelques centaines d'habitants
173 à plusieurs centaines de milliers. Malheureusement, aucune des collectivités que nous avons sollicitées, et
174 qui desservait moins de 2 000 habitants, n'a souhaité participer à la 2ème phase de ces enquêtes,
175 généralement plus par manque de temps que par réel désintérêt pour l'étude.

176 La taille des collectivités ayant répondu au questionnaire varie donc entre 2 000 et 1,6 millions d'habitants, le
177 volume de leurs bassins d'orage variant quant à lui entre 10m³ et 220 000m³. Pour ce qui concerne le statut
178 juridique des maîtres d'ouvrage, on note sur cet échantillon une nette prédominance des Etablissements
179 publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre (presque 50% de l'échantillon), cette
180 proportion étant par ailleurs amenée à s'accroître à terme avec le transfert aux intercommunalités des
181 compétences « Eau et assainissement ».

182 **1.4. Entretien avec les maîtres d'ouvrage et/ou gestionnaires d'un échantillon de collectivités**

183 Sur la base du vivier identifié lors de l'enquête, 17 collectivités ont été retenues pour faire l'objet d'un
184 entretien plus poussé, et une quarantaine de bassins d'orage ont été « sélectionnés » au sein de leurs parcs
185 d'ouvrages. Cette sélection a été ajustée en concertation avec les services interrogés eux-mêmes, ces
186 derniers étant plus à même de connaître l'intérêt de leurs ouvrages vis-à-vis des questions posées.

187 Nous avons fait le choix de communiquer à chaque service une version pré-remplie du support d'entretien,
188 le but étant que nos interlocuteurs puissent disposer de toutes les informations nécessaires pour préparer
189 notre rencontre.

190 Ayant fait le constat qu'il était difficile d'étudier des ouvrages indépendamment du système sur lesquels
191 ceux-ci étaient implantés, le choix a été fait de consacrer un temps des entretiens à la description du
192 système d'assainissement : à son périmètre, à sa structure, ... aux contraintes locales particulières et enjeux
193 auxquels il doit faire face. Autant d'éléments nécessaires à la bonne compréhension des raisons qui ont pu
194 pousser la collectivité à engager certaines démarches et à prévoir un plan d'actions qui a pu comprendre la
195 réalisation d'un (ou plusieurs) bassin(s) d'orage.

196 Le support d'entretien était structuré en 5 grandes parties élaborées en étroite collaboration avec la FNCCR
197 et les Agences de l'eau (voir le livrable de phase II du projet pour plus de détails, Finck et al., 2018a) : le
198 contexte territorial, les caractéristiques principales du système d'assainissement, les caractéristiques du parc
199 de bassins d'orage, le retour d'expérience sur chaque bassin « sélectionné », et enfin les coûts associés en
200 investissement et pour l'exploitation.

201 **2. Résultats et discussion**

202 **2.1. Des ouvrages à insérer dans une stratégie globale**

203 Si les bassins d'orage les plus anciens ont généralement été construits pour lutter contre les inondations par
204 débordement de réseau, on observe une montée en puissance progressive des enjeux liés à la protection du

205 milieu récepteur à partir de la 2ème moitié des années 1980, et plus généralement depuis le début des
206 années 2000. Parallèlement, un décret daté du 3 juin 1994 introduit le principe de la programmation de
207 l'assainissement, notamment pour favoriser le développement d'approches globales sur les systèmes
208 d'assainissement. Une circulaire du 12 mai 1995 approfondit également le principe des études diagnostic
209 pour la définition des programmes d'assainissement des collectivités.

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

225 Ainsi, les bassins d'orage constituent une réponse technique parmi d'autres pouvant être complémentaire à
226 d'autres approches stratégiques telles que :

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

244 Pour la lutte contre les inondations, les bassins ne sont généralement sollicités que quelques fois par an. Il
245 est par ailleurs possible de recourir à une adaptation des consignes de gestion des ouvrages, ce qui permet
246 d'accroître sensiblement la capacité du système d'assainissement à conserver ses effluents, notamment lors
247 des pluies moyennes.

248 A noter que les territoires peuvent ne pas du tout être confrontés aux mêmes réalités ni aux mêmes enjeux :
249 La topographie, la géologie, la pluviométrie, les enjeux locaux (zone de baignade, lutte contre les
250 inondations), la sensibilité des usages et/ou des milieux peuvent varier très fortement, et la stratégie à
251 mettre en place doit intégrer ces spécificités locales.

252 **2.2. Conception et dimensionnement des bassins d'orage**

253 **2.2.1. Des ouvrages pour quelle(s) fonction(s) ?**

254 L'analyse du fonctionnement des bassins et des différentes typologies proposées dans la littérature indique
255 que les bassins d'orage peuvent être classés à partir de deux grandes caractéristiques :

256 1. L'objectif, avec l'existence de 2 grands types :

- 257 - la lutte contre les inondations : la régulation hydraulique du réseau (à des degrés divers) permet une
258 protection de l'aval contre les mises en charge et les débordements des réseaux ;
- 259 - la protection du milieu naturel : en réduisant les rejets d'effluents unitaires à l'aval ; ces rejets
260 pouvant avoir lieu sur le réseau (déversoirs d'orage) ou en tête de station.

261 2. Le(s) processus mis en œuvre pour y parvenir :

- 262 - le stockage-restitution : l'objectif est alors de stocker temporairement et de restituer en totalité avec
263 une dynamique adéquate le volume d'effluent ; c'est le volume de l'ouvrage qui est alors la principale
264 caractéristique dimensionnante ;
- 265 - la décantation : l'objectif est de retenir volontairement une partie de la pollution des effluents
266 stockés, principalement par décantation, ce qui permet de restituer des effluents de meilleure qualité
267 (si la vidange se fait vers le milieu récepteur ou vers un réseau de collecte des eaux pluviales), ou
268 d'ajuster les consignes de vidanges vers le réseau aval (notamment en cas de risque de surverse à
269 l'aval lors de la vidange). La conception et le fonctionnement général de l'ouvrage, notamment les
270 phases d'alimentation et/ou de vidange du bassin ou de ses différents compartiments, auront alors
271 une importance fondamentale ; le temps de séjour dans l'ouvrage est alors la principale
272 caractéristique dimensionnante.

273 Il arrive régulièrement que des ouvrages soient utilisés à d'autres fins que celles pour lesquelles ils avaient
274 été conçus au départ. C'est le cas de certains bassins de lutte contre les inondations dont le fonctionnement
275 peut être adapté de façon à pouvoir être alimentés lors de faibles pluies dans un but de limiter les rejets au
276 milieu récepteur (Breuil et Browne, 2008)

277 **2.2.2. Choix de conception**

278 Implantation sur le système

279 Suivant la stratégie adoptée et les objectifs fonctionnels attendus, les ouvrages peuvent être implantés sur le

réseau ou en tête de station d'épuration (STEP). A l'usage, beaucoup de collectivités ont confirmé que les bassins situés en tête de STEP 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 solution 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 STEP 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 en amont, 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 considéré dans son ensemble.

Hauteur de la nappe

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 préalable 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, soit par le radier, soit de la dalle de couverture du bassin (cela peut s'y prêter si le toit de l'ouvrage doit être carrossable). Des pompes d'exhaure peuvent également être placées sous le radier pour limiter la poussée de la nappe.

Terrassement et couverture

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 secteur très fortement contraint, les ouvrages enterrés 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 STEP (généralement du fait de considérations foncières). Il arrive néanmoins parfois que les contraintes géotechniques obligent à construire un bassin entièrement hors sol, 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 manière 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 façon à limiter des coûts de terrassement quitte à devoir alimenter ces ouvrages par pompage. L'objectif assigné à l'ouvrage doit également être pris en considération : il n'est pas très raisonnable de devoir 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 de la STEP. 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

319 d'exploitation bien plus simples que les bassins enterrés. Ils sont cependant susceptibles de générer des
320 odeurs.

321 Forme et connexion

322 Deux grandes catégories de formes de bassin se distinguent : les bassins circulaires (de loin les plus
323 courants), et les bassins rectangulaires. D'autres formes plus atypiques peuvent aussi être rencontrées :
324 demi-cercle, double-anneau circulaire, ... La plupart des collectivités ayant expérimenté les deux formes les
325 plus courantes (rectangulaire et circulaire) nous ont indiqué préférer sensiblement les bassins
326 rectangulaires. Bien qu'étant généralement plus cher à la réalisation (mais ce n'est pas toujours le cas), leur
327 nettoyage est souvent plus simple et plus efficace. On retrouve souvent la forme circulaire en tête de station
328 d'épuration ou pour des ouvrages relativement profonds.

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

332 Alimentation et vidange

333 Dans l'idéal, on recommande que l'alimentation et la vidange des ouvrages puissent se faire de manière
334 gravitaire. C'est la solution la plus économe en énergie et le plus commode en termes d'entretien, mais ça
335 n'est pas toujours possible. Une alimentation gravitaire est très fortement recommandée dès lors que
336 l'ouvrage doit répondre à des enjeux forts tels que la lutte contre les inondations mais aussi la protection
337 d'un milieu ou d'une ressource sensible. Une alimentation par pompage ne peut être adaptée qu'à la
338 condition que les enjeux protégés soient moindres et que les contraintes locales soient fortes. La vidange
339 peut être réalisée de façon gravitaire, régulée le plus souvent par des vannes. Des pompes d'épuisement
340 peuvent parfois être ajoutées pour s'assurer que le bassin se vide complètement. Lorsqu'une régulation du
341 débit de fuite est recherchée, celle-ci peut être réalisée au moyen d'ajutages calibrés, ou éventuellement par
342 des régulateurs à effet vortex. Le réglage du système de régulation est un point clé, parfois négligé, qui peut
343 éventuellement provoquer un remplissage trop important du bassin, dans le cas d'un débit régulé plus faible
344 que ce qui avait été prévu, ou des mises en charge à l'aval dans le cas d'un débit régulé trop important.

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

356 En cas d'alimentation ou de vidange par pompage, il est important de pouvoir disposer d'au moins une
357 pompe de secours, avec système d'alternance automatique, de manière à ce que toutes les pompes

fonctionnent 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. Ces poires peuvent néanmoins connaître des problèmes : il arrive dans certains cas qu'elles se coincent, mais cela dépend beaucoup de la conception du système mécanique

2.2.3. Méthodes et critères de dimensionnement

Une absence de référentiel unique

Le premier constat concernant les méthodes de dimensionnement est qu'il n'existe pas de référentiel national unique décrivant comment dimensionner un bassin d'orage. Il existe plutôt plusieurs documents qui font référence : il est possible de citer l'Encyclopédie de l'hydrologie urbaine (Chocat, 1997), le guide « La ville et son assainissement » (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2003). Le second constat est que selon le processus attendu, les méthodes de conception et dimensionnement sont très différentes.

Choix des critères de dimensionnement

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

- une efficacité annuelle, pour traiter les effets cumulatifs (« le bassin doit intercepter 80% des volumes annuels de temps de pluie ») ;
- une efficacité pour un événement pluvieux caractérisé, qui peut être fréquent ou exceptionnel (« le bassin doit stocker une pluie semestrielle de durée 4h avec un débit de fuite de 50l/s ») ;
- une condition sur les déversements à l'aval (cf. l'arrêté du 21 juillet 2015 du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2015a) ; par exemple « dimensionner le bassin pour que le déversoir en aval surverse moins de 12 fois / an ») ;
- un impact sur le milieu naturel (« le cours d'eau, récepteur des déversements à l'aval, ne doit pas être déclassé »).

Pour un bassin avec un processus de 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.

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 rejet aux milieux naturels 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 STEP aval (exceptionnellement 2 fois).

Les méthodes de dimensionnement

L'outil utilisé pour effectuer le dimensionnement est généralement un logiciel de modélisation. Le modèle 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 une chronique; à défaut il est recommandé d'utiliser un ensemble de pluies de référence réelles, locales, et variées. La phase de calage de certains paramètres du modèle est primordiale : les campagnes de mesure permettant ce calage doivent être suffisamment longues (plusieurs événements pluvieux, et si possible varier les saisons) et fiables. Les simulations effectuées se concentrent généralement sur les flux quantitatifs car les modèles de flux polluants sont encore trop incertains. Le recours à des formules simples pour dimensionner un volume utile de bassin a été peu rencontré, ce qui est un point positif. Les méthodes des pluies ou des volumes peuvent encore être utilisées mais dans des conditions précises (MEDD, 2003) : avec des statistiques locales pour la pluie (coefficients de Montana ; Aires et al., 2003), dans une situation de réseau amont simple (non maillé et sans ouvrage de stockage entre autre), et pour dimensionner un ouvrage inférieur à 500m³ (1000m³ exceptionnellement en absence de risques importants en cas de dysfonctionnement).

Pertinence de chiffres génériques de dimensionnement

Vu la diversité des territoires et des critères de dimensionnement utilisés, il est difficile de recommander des chiffres clés génériques de volume utile du type X m³/ha actif à stocker (BERTRAND-KRAJEWSKI et al., 2003). Un tel chiffre clé reste pertinent sur un territoire donné, en précisant les conditions de pluie et les critères pris en compte.

2.4. Points de vigilance pour le bon fonctionnement de l'ouvrage

Ce paragraphe fait la synthèse des éléments recueillis considérés comme clés pour assurer le bon fonctionnement des ouvrages. Il n'est bien entendu pas exhaustif et se focalise volontairement sur les aspects les plus opérationnels.

2.4.1. Faut-il prévoir un dispositif de prétraitement ?

La mise en place de dispositifs de prétraitement n'est pas systématique, néanmoins ils peuvent être préconisés lorsqu'il est suspecté (ou constaté) que le réseau est sujet à de l'ensablement ou à des apports importants de lingettes et autres macro-déchets. Un dégrilleur, piège à cailloux ou une paroi siphon sont systématiquement préconisés dès lors que l'ouvrage est équipé de pompes (pour l'alimentation ou pour la vidange du bassin). Plusieurs collectivités indiquent néanmoins avoir eu de mauvaises expériences avec des dégrilleurs : des problèmes de pertes de charge parfois très importantes qui pouvaient même aller jusqu'à l'arrachement des barreaux pour les plus fortes pluies. 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 alors 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 ont indiqué que leur mise en place n'était 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).

2.4.2. Points de vigilance sur la sécurité

434 Plusieurs collectivités ont souligné l'importance de pouvoir associer tous les acteurs concernés dans le
435 fonctionnement et l'exploitation des dispositifs de sécurité, et ce dès la phase de conception des ouvrages.
436 Certains gestionnaires ont pu récupérer l'exploitation de plusieurs ouvrages suite à des changements de
437 délégation, rétrocessions, fusion ou transferts de compétences. Parmi eux, beaucoup ont témoigné de
438 difficultés dans la prise en main de ces ouvrages faute d'informations.

439 Une des collectivités rencontrées indique avoir travaillé avec la CARSAT (Caisse d'assurance retraite et
440 santé au travail) sur tous les aspects « sécurité » de leurs bassins et de leur station d'épuration. Ils ont pu
441 bénéficier de recommandations quant à la sécurité, ainsi que de prestations d'ingénierie spécialisées sur ces
442 questions. D'autres collectivités ont préféré passer par des marchés de « sécurisation ».

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

450 Pour les bassins enterrés, il peut être judicieux de prévoir des dispositions pour assurer un contrôle visuel
451 régulier : une collectivité a ainsi installé une fenêtre sur l'un de ses bassins. Un système d'éclairage peut
452 être préconisé pour sécuriser l'accès aux bassins enterrés. Pour les conduites surdimensionnées, des
453 regards peuvent être installés pour y placer des équipements de métrologie. Ce point est généralement bien
454 intégré par les concepteurs.

455 La corrosion des éléments métalliques (H_2S) en milieu confiné peut constituer un réel problème. L'accès au
456 site peut également parfois ne pas avoir été bien anticipé, l'environnement immédiat de l'ouvrage pouvant
457 par ailleurs être très fortement contraint. Certains ouvrages enterrés, situés sous voirie notamment, ne
458 disposent pas toujours de parking pour y stationner un camion. Cela peut être particulièrement
459 problématique lorsque la voie est très fréquentée (lignes de transport en commun, unique route d'accès
460 possible, ...). Une convention de servitudes avec les propriétaires des terrains sur lesquels ses ouvrages
461 sont implantés peut s'avérer utile.

462 **2.4.3. Nettoyage**

463 La présence dans les bassins d'orage sur réseaux unitaires de dispositifs de nettoyage automatique est très
464 loin d'être systématique, sans que cette absence n'entraîne pour autant un mauvais fonctionnement de
465 l'ouvrage ou une fréquence d'intervention plus importante. Il arrive aussi fréquemment que des ouvrages
466 sans dispositif de nettoyage automatique ne soient jamais curés. A l'inverse, certains ouvrages munis
467 d'équipements de nettoyage demandent à être curés régulièrement. Cela dépend généralement beaucoup
468 de la charge de l'effluent entrant (sable, macro-déchets) et de la façon dont se réalise la décantation dans le
469 bassin. Les principaux systèmes automatiques rencontrés sur les bassins sont les suivants:

- 470 - Augets basculants et clapets de chasse : ces systèmes sont appréciés (« c'est ce qui marche le
471 mieux » selon plusieurs exploitants). Ils peuvent être alimentés par l'effluent au remplissage de
472 l'ouvrage ou par de l'eau potable, 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. La mise en place de forages dédiés pour leur alimentation peut constituer une solution alternative à l'eau potable, mais certaines expériences montrent que cette solution ne marche pas toujours très bien ;

- Hydroéjecteurs : le dispositif permet de remettre en suspension les matières décantées et permet éventuellement 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 sur ces dispositifs ne témoignent pas toujours d'une bonne expérience. Des problèmes d'étanchéité de la colonne vis-à-vis du reste du bassin et du système de dépression posent souvent de gros problèmes qui peuvent rendre 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 aléatoires.

Le déclenchement de ces dispositifs est souvent automatisé, le nettoyage étant la plupart du temps lancé dès la fin de la phase de vidange de l'ouvrage. C'est nécessaire lorsque le dispositif automatique utilise 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 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 utile, notamment pour faire face à une mauvaise efficacité du dispositif automatique de nettoyage. 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. Il faut aussi éviter, lors de la phase de conception, de créer des espaces et angles dans le bassin permettant aux macro-déchets de s'accumuler et de s'accrocher (par exemple, haut de murets arrondis plutôt qu'à angle droit).

2.4.4. 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 rencontrés sont équipés de capteurs de gaz, mais aucun problème touchant à la sécurité du personnel n'y a été constaté. Il existe du ciment « spécial H₂S » pour améliorer la longévité du génie civil, mais cela n'a aucun effet sur les teneurs de l'air en H₂S. Une bonne ventilation (pas forcément mécanisée) suffit généralement à faire face au problème.

Beaucoup de bassins enterrés rencontrés sont ventilés naturellement. Des grilles, événements, ou cheminées d'aération sont généralement suffisamment efficaces pour limiter la formation d'odeurs et assurer le bon fonctionnement et la pérennité 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 STEP) que les bassins couverts. Dans un cas comme dans l'autre, ces systèmes traitent généralement et en priorité l'emplacement des pompes, ou poste de relevage associé au bassin. Leur mise en place est autant préventive que curative : des ouvrages situés en zone très contraintes ou fréquentées ont été munis d'une désodorisation dès leur conception, tandis que d'autres ont

512 pu faire l'objet d'un équipement suite à des plaintes de riverains. Dans les faits, il est assez difficile de dire si
513 la mise en place de façon préventive d'un système de désodorisation a été efficace ou non. Son opportunité
514 dépend donc essentiellement de l'environnement dans lequel s'insère le bassin et des risques effectifs de
515 nuisance. Pour un ouvrage à ciel ouvert situé dans l'enceinte d'une station d'épuration, le bassin d'orage
516 n'est généralement pas le principal générateur d'odeurs. En termes d'entretien des dispositifs de
517 désodorisation, si certains vendeurs préconisent de changer les charbons tous les 6 mois, ceux-ci semblent
518 généralement avoir une durée de vie effective plus longue : de 4 à 6 ans selon plusieurs gestionnaires.

519 **2.5. Suivi métrologique**

520 L'instrumentation et le suivi métrologique sont des outils importants permettant de bien connaître les réels
521 fonctionnements et performances des bassins.

522 **2.5.1. Pourquoi instrumenter un bassin d'orage ?**

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

525 1. la métrologie est nécessaire à la gestion d'un bassin : elle permet à l'exploitant de vérifier que le bassin
526 assure le rôle qu'il lui est dévolu (réduction des inondations, des rejets à l'aval, dépollution, ...) car elle
527 permet de connaître son état et ses sollicitations (débits à l'entrée, à la sortie, ...). Elle permet aussi de
528 détecter certains dysfonctionnements d'équipements, par exemple une pompe qui « travaille » mais où
529 aucun débit n'est mesuré est une pompe bouchée. La gestion d'un bassin à partir de la métrologie se fait
530 dans certaines situations de façon automatique et parfois avec une gestion en temps réel ;

531 2. la métrologie permet la « surveillance » du bassin et de points voisins, avec souvent des exigences
532 réglementaires en particulier sur les points de rejets au milieu naturel (autosurveillance). La métrologie
533 permet donc de rendre compte de l'efficacité du bassin et de son impact sur les rejets ;

534 3. la métrologie est utile dans certaines situations à l'entretien du bassin et du réseau, par exemple lors de
535 certaines opérations, il est nécessaire de s'assurer que le bassin est vide ;

536 4. en complément du 1er objectif, la métrologie dans et autour d'un bassin alimente les connaissances
537 globales sur le fonctionnement de l'ensemble du système d'assainissement. Ces connaissances peuvent
538 contribuer à améliorer le calage des éventuels modèles hydrauliques du réseau, à mieux dimensionner les
539 futurs ouvrages, à étudier finement l'hydraulique dans une zone particulière, et s'intègrent pleinement dans
540 une politique de diagnostic permanent.

541 L'intérêt de la métrologie est particulièrement évident lorsque l'ouvrage combine plusieurs objectifs : les
542 équipements métrologiques jouent alors un rôle déterminant dans la satisfaction des services multiples car
543 ils permettent d'asservir les différents organes d'alimentation et de restitution, et les équipements de rinçage
544 (une gestion automatisée est alors souvent nécessaire).

545 **2.5.3. Quelles sont les grandeurs mesurées et les capteurs utilisés dans les bassins d'orage ?**

546 Le Tableau I résume la métrologie rencontrée dans et autour des bassins d'orage lors de notre retour
547 d'expérience. Il est difficile de donner des recommandations uniques pour instrumenter un bassin car
548 chaque site de mesure aura sa spécificité. Le choix des grandeurs mesurées dépend des objectifs et
549 processus du bassin. Les préférences pour une technologie ou une marque de matériel, l'expérience des

550 agents, les contraintes de maintenance (prendre en compte l'accessibilité est très important) sont des
551 critères importants pour faire des choix. L'installation et la maintenance d'une sonde sont des affaires de
552 compromis entre les intérêts et limites d'une technologie et la configuration du site avec ses contraintes
553 hydrauliques et d'accès.

554 Le doublement des sondes sur les points stratégiques de mesure est recommandé, avec si possible 2
555 technologies différentes (typiquement un capteur à ultra-sons et un capteur piézométrique pour mesurer la
556 hauteur d'eau du bassin). La double mesure est précieuse pour la phase de critique-validation des mesures
557 et dans le cas de dysfonctionnement d'un capteur (il est alors plus facile de basculer sur le deuxième que
558 d'intervenir directement sur l'ouvrage).

559 **2.5.4. Comment instrumenter et exploiter la métrologie dans un bassin d'orage ?**

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

- 562 - la pluie sur le bassin versant amont drainé par le bassin. En fonction de la taille de ce bassin
563 versant, il peut être recommandé de le couvrir avec plusieurs pluviomètres ;
- 564 - la hauteur d'eau dans le bassin, ou dans les différents compartiments du bassin. C'est la mesure
565 principale qui permet de connaître le fonctionnement du bassin et ses sollicitations. La doubler avec
566 des technologies différentes est l'idéal. La mesure de hauteur d'eau permet aussi de caractériser le
567 temps de séjour de l'effluent, qui ne doit pas être trop important (on recommande moins de 24h) ;
- 568 - le débit entrant ou sortant du bassin. Le choix sera fait selon la configuration du bassin et ses points
569 d'entrées et de sorties. Un unique point est bien sûr plus simple et moins coûteux ; s'il existe une
570 unique sortie et dans une canalisation en charge, un débitmètre électromagnétique est une solution
571 simple et généralement fiable.

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

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

579 Si la fonction de dépollution est attendue, l'analyse du temps de séjour (et donc de la hauteur d'eau dans le
580 bassin) est généralement utile. Une mesure de turbidité, en évitant la partie basse de l'effluent, peut
581 permettre de caractériser la qualité de l'effluent et peut être utilisée comme indicateur pour déclencher le
582 rejet vers un milieu récepteur.

583 Concernant la maintenance et le travail de critique-validation des données, processus qui sont très liés dans
584 la pratique et qui sont primordiales pour obtenir des mesures satisfaisantes, les façons de faire sont très
585 diverses. Il est régulièrement distingué la maintenance préventive qui consiste à un entretien régulier des
586 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 couteuse. 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.

2.6. Des éléments de coût difficiles à collecter et à interpréter

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 Sépia/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.

2.6.1. 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.

La Figure 2 indique quelques valeurs de ratios prises en compte par les Agences de l'eau pour déterminer leurs plafonds d'aide dans le cadre de leurs Xème programmes.

Au milieu de ces incertitudes, il apparaît néanmoins que la part des études, Assistance à la maîtrise d'ouvrage, 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. La métrologie ne représenterait qu'une part très marginale de l'investissement, quasi négligeable, mais les coûts d'exploitation associés peuvent néanmoins être conséquents (voir paragraphe suivant).

2.6.2. 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 sur certains ouvrages ;
- 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 élevés, notamment pour les plus gros ouvrages lorsqu'ils ne sont pas munis de dispositifs automatiques ;

- La modification du fonctionnement des ouvrages (bassin de lutte contre les inondations converti en bassin « à double objectifs »), 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 retour d'expérience 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 entrent en ligne de compte dans le choix des solutions techniques mises en œuvre, mais les choses sont en train de changer.

Certaines collectivités, généralement les plus importantes, mettent en place un système de Gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) : il leur permet de connaître les coûts (pièces, eau, électricité, téléphone) et le temps passé par les agents sur chacun de leurs ouvrages et pour chaque opération. 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.

2.6.3. Refus de dégrillage et sous produits de curage

Les sous-produits de curage sont souvent envoyés en STEP pour être traités. Les boues suivent les filières de valorisation classiques : épandage, incinération, co-compostage, ... Les boues issues du curage du réseau et de ses ouvrages annexe, tels que les bassins d'orage, ne représentent généralement qu'une très faible proportion des boues issues de la filière de traitement ; le coût associé à leur valorisation peut donc être considéré comme très 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 leur sable 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.

2.6.4. Métrologie

Concernant l'instrumentation et l'exploitation des données mesurées, il est 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

663 l'entretien des capteurs sont résumées dans le Tableau II, les fourchettes citées sont relativement larges
664 mais permettent de donner des ordres de grandeur. Il est à noter qu'au-delà des coûts d'investissement et
665 d'entretien des capteurs, c'est surtout le coût d'exploitation et d'interprétation des données qui est important.

666 **Conclusion**

667 Le Cerema a mené un projet de retour d'expériences national sur les bassins d'orage sur réseau unitaire.
668 L'étude s'est basée sur un travail bibliographique préliminaire qui a permis d'appréhender la richesse du
669 concept de « bassin d'orage ». Il a notamment montré que ces dispositifs pouvaient être utilisés pour
670 répondre à de nombreuses problématiques différentes. Cette première étape a également permis de
671 formuler des interrogations sur différentes problématiques associées à ces ouvrages. Celles ci ont pu être
672 étudiées au travers d'une enquête et d'entretiens ciblés auprès de collectivités. Cet article fait la synthèse
673 des enseignements à l'intention des acteurs opérationnels, et des éléments qui ont pu être tirés de
674 l'ensemble de ce travail (livrables disponibles prochainement sur les sites internet de l'AFB et du Cerema).

675 Les retours recueillis confirment en tout cas que les bassins d'orage peuvent constituer une solution efficace
676 pour répondre à un certain nombre d'objectifs vis-à-vis de différents enjeux. Notons que ces ouvrages sont
677 perçus par les gestionnaires comme une solution « parmi d'autres » mise en place par les services
678 d'assainissement pour répondre à leurs problématiques locales vis à vis du fonctionnement des réseaux et
679 du respect de la réglementation. Ils ont tous en commun la vocation d'apporter des volumes de stockage à
680 des points précis du système de collecte (ou à son aval immédiat), solution de base qui se décline ensuite
681 de multiples manières en fonction des objectifs attendus. Cependant, cette solution n'apporte que peu de
682 réponses à une approche intégrée de la gestion des eaux pluviales, mais s'avère dans certains cas
683 nécessaires faute de solution alternative possible.

684 Il est intéressant de constater que la grande majorité des collectivités rencontrées inscrivent la construction
685 de ces ouvrages dans une véritable stratégie, définie en fonction de l'état de fonctionnement de leur
686 système, des enjeux et des contraintes auxquelles elles peuvent être confrontées. Ces stratégies sont
687 régulièrement ajustées au cours du temps, au gré des évolutions du territoire, de la gouvernance ainsi que
688 des objectifs fixés par la réglementation. Les choix du passé ne sont pas toujours ceux retenus aujourd'hui
689 qui, eux même, pourront être différents de ceux qui le seront demain. L'expérience montre à la fois tout le
690 potentiel des solutions adoptées, mais aussi leurs limites, les bassins d'orage ne faisant pas exception. Et
691 même si la technique des bassins de stockage peut paraître relativement « ancienne », ou « traditionnelle »,
692 elle ne manque cependant pas d'atouts et bénéficie d'un panel d'utilisations et de fonctionnements possibles
693 assez remarquable. On peut donc s'attendre à ce que les évolutions réglementaires récentes (fixées par
694 l'arrêté du 21 juillet 2015) incitent certains services à y avoir recours et/ou à y apporter des adaptations.

695 **Remerciements**

696 Le projet Rex-BO a été financé par l'Agence française pour la biodiversité (AFB) et par le Ministère de la
697 transition écologique et solidaire. Les auteurs souhaitent remercier les Agences de l'eau, la FNCCR, ainsi
698 que toutes les collectivités qui ont accepté de nous répondre, de nous rencontrer, et de partager leurs
699 expériences. Sans eux, cette étude n'aurait tout simplement pas pu être menée : la Mairie de Monein, les
700 Villes de Besançon, Savenay, Concarneau, Commeny, Auxerre, Fontenay-le-comte, les Communautés de
701 communes du Pays de Chanac, Estuaire de la Dives, les Communautés d'agglomérations Montluçonnaise,

702 du Niortais, du Douaisis, de l'Agglomération Havraise, Grand Lac (Aix les Bains), la Régie des eaux de Mont
703 de Marsan, le SIVOM du Bassin de l'Ehn, le SIAAL (Longwy), le SIARNC, Haganis (Metz), Eau du Nord, Eau
704 du Ponant (Brest), le SDEA Alsace Moselle, la régie Noreade (SIDEN-SIAN), la Communauté urbaine
705 d'Arras, la Métropole du Grand NANCY, les départements de la Seine St Denis et du Val de Marne, et
706 Véolia, pour ne citer que ceux là.

707

708 **Bibliographie**

709 AIRES N., AHYERRE M., CHABANEL M. (2003). Dimensionnement hydraulique d'ouvrages de dépollution:
710 influence des modes de représentation de la pluie, *TSM n°12, décembre 2003, pp. 9-19*.

711 BCEOM (1997) ; "Recensement et description des ouvrages de lutte contre la pollution de temps de pluie
712 sur le bassin Loire-Bretagne". Rapport 1ère phase, *Agence de l'eau Loire-Bretagne, BCEOM*, novembre
713 1997, 176 p. (dont annexes).

714 BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CHEBBO G. (2003). Méthode de dimensionnement et ordres de grandeur
715 des ouvrages de traitement des rejets urbains de temps de pluie, *TSM n°12, décembre 2003, pp. 21-37*.

716 BREUIL B., BROWNE O. (2008) ; "Les bassins de retenue en Seine-Saint-Denis – Inventaire des stocks",
717 *Colloque "Conception, entretien et gestion des bassins d'orage"*, organisé par l'ASTEE et la SHF ; Nov.
718 2008, Marne-la-Vallée, pp 108-113

719 CHOCAT B. (1997) ; "Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement", *Eurydice 92, Lavoisier*
720 *Tec et Doc*, 1124 p.

721 FINCK J.-S, BERTHIER E., LE GALL A., KHALIFA A., BOUILLAGUET F., WARUSFEL O., ANSTETT L.
722 (2018a) ; rapport de Phase II : Enquête et suivis météorologiques ; *Projet de Retour d'expériences national sur*
723 *les bassins de stockage sur réseau unitaire, Agence Française pour la Biodiversité*

724 FINCK J.-S, BERTHIER E., LE GALL A., WAGNER R., GEROLIN A., KHALIFA A., BOUILLAGUET F.,
725 WARUSFEL O., DE BORTOLI J.-C, ANSTETT L. (2018b) ; rapport de Phase III : Synthèse des résultats à
726 l'intention des acteurs opérationnels; *Projet de Retour d'expériences national sur les bassins de stockage*
727 *sur réseau unitaire, Agence Française pour la Biodiversité*

728 MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE (2003) ; "La ville et son
729 assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau". *CD-rom*
730 *édité par le Cerema, direction Territoire et Ville, 514 p. Chapitre 5 : L'évaluation des impacts sur les milieux*
731 *récepteurs*.

732 MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (2015a) ; "Arrêté du
733 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non
734 collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution
735 organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5".

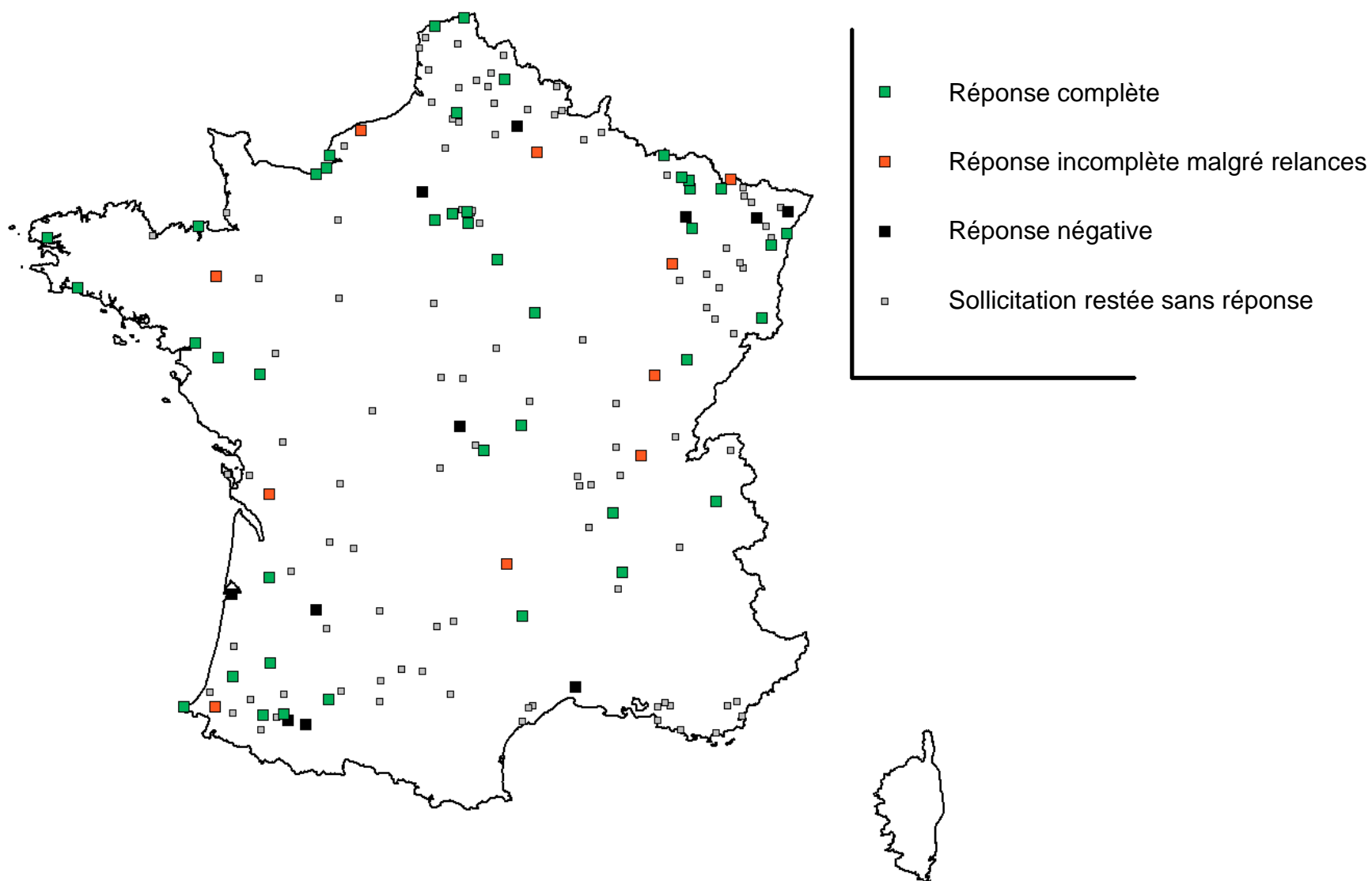
736 MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (2015b) ;
737 "Commentaire technique de l'arrêté du 21 juillet 2015 : partie 3, évaluation de la conformité réglementaire
738 des systèmes d'assainissement".

739 SEPIA, SIEE (1998) ; "Bassins de lutte contre la pollution de temps de pluie : Analyse de 30 ouvrages
740 réalisés en France". *Mémoire de synthèse, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse*, 40 p.

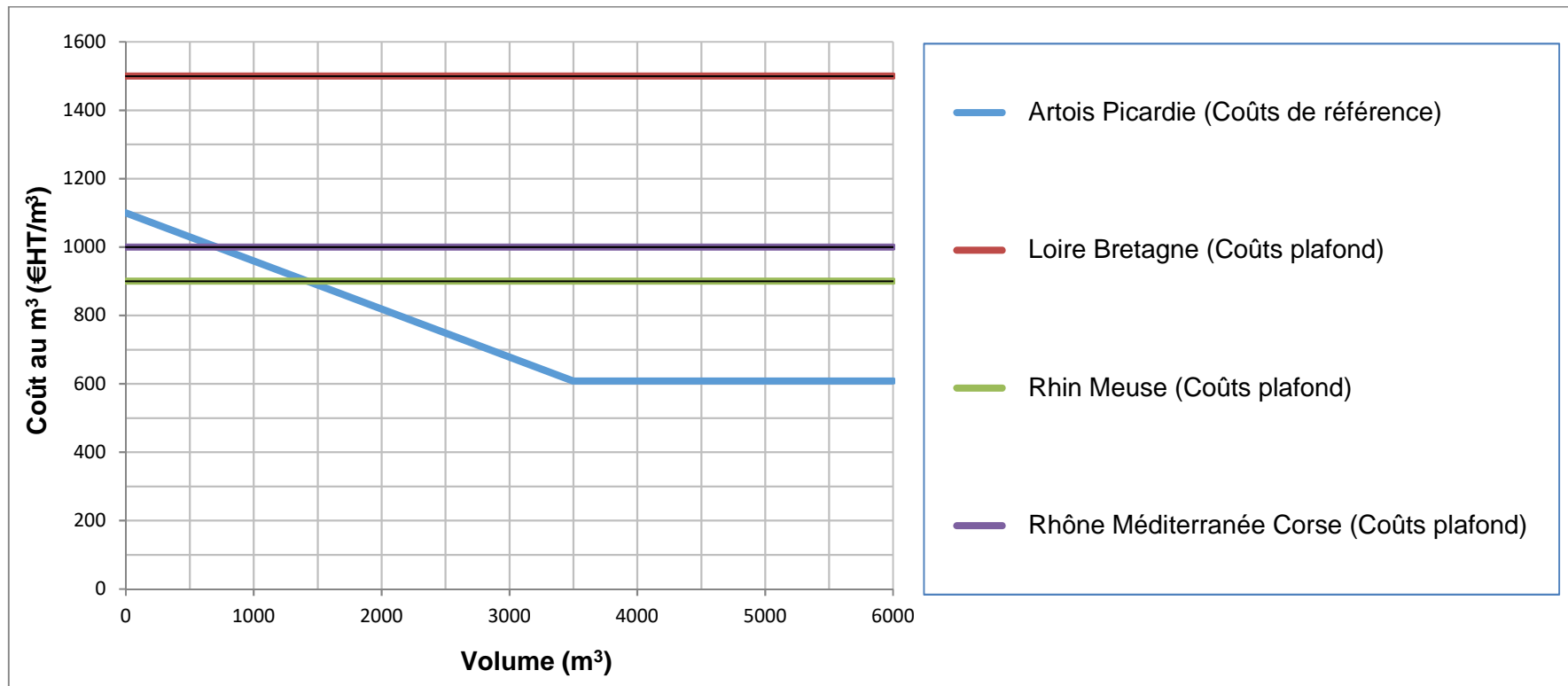
741 VALIRON F., TABUCHI J.-P. (1992) ; "Maitrise de la pollution urbaine par temps de pluie" ; *Agence de l'eau*
742 *Seine-Normandie et AGHTM, Éditions Lavoisier Tec et Doc*, 564 p.

743 VERSINI P. A., JOANNIS C., CHEBBO G. (2015) ; "Guide technique sur le mesurage de la turbidité dans les
744 réseaux d'assainissement". *Onema, Coll. Guides et protocoles*, 78 pages

745 WAGNER R., FINCK J.-S., GEROLIN A., BERTHIER E., DE BORTOLI J.-C(2018) ; rapport de Phase I :
746 Bibliographie et Etat de l'art ; *Projet de Retour d'expériences national sur les bassins de stockage sur réseau*
747 *unitaire, Agence Française pour la Biodiversité*



751
752



753

754 Figure 2 : Coûts de référence/plafond pratiqués par les Agences de l'eau pour subventionner la construction d'un bassin d'orage (X^{ème} programme)

755

756 Les Tableaux

Grandeur mesurée	Principe de mesure	Présence dans et autour d'un bassin d'orage	Commentaires divers Points d'attention
Précipitation	Pluviomètre à auget basculeur	Systématique	En fonction de la taille du bassin versant drainé par le bassin d'orage, il peut être nécessaire de développer un réseau de pluviomètre
Hauteur d'eau	Atteinte d'un seuil de hauteur, avec une « poire de niveau »	Systématique	Généralement utilisé pour déclencher ou arrêter des appareils de fonctionnement (typiquement des pompes) ; elle 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 surface de l'effluent ; existence d'une zone de non-mesure proche du capteur ; fonctionne mal en présence de mousse à la surface de l'effluent (c'est le sommet de la mousse qui est alors détecté)
	Mesure d'une pression d'eau (piezométrie)	Fréquente	Le capteur est immergé dans l'effluent (complique 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
Vitesse d'écoulement	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 (complique 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
Débit	Temps de fonctionnement de pompes	Fréquente	Mesure simple et fiable d'un débit, dans le cas où le débit à mesurer est pompé ; bien 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
Turbidité	Mesure de l'atténuation d'un signal	Très peu fréquente	Unique mesure en continu utilisée permettant d'estimer des paramètres de pollution ; quelques difficultés encore rencontrées (maintenance, relation turbidité – paramètres de pollution, ...)
Paramètres de pollution	Prélèvement automatique de l'effluent et analyses en	Peu fréquente	Mesure traditionnelle des paramètres de pollution, fiable mais non continue et nécessite des moyens humains (récupération des prélèvements, analyses en laboratoire)

758
759

	laboratoire		
--	-------------	--	--

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

760

761

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

762

Tableau II : Informations recueillies sur les coûts d'entretien de la métrologie