

Réduction des déversements de pollution par temps de pluie par une stratégie globale pollution/inondation de gestion d'un réseau d'assainissement.

Introduction of a global pollution/flood management strategy for sewage systems reducing rain water pollution of the natural environment

Dominique Faure¹, Jean Pierre Schmitt¹, René Badot²

¹NANC.I.E. (Centre International de l'Eau), 149 rue Gabriel Péri, B.P. 290, F54515 Vandoeuvre les Nancy, France.
(E-mail : faured@water.nancie.asso.fr)

²Communauté Urbaine du Grand Nancy, 22 - 24 Viaduc Kennedy, C.O. 36, F54035 Nancy, France.

MOTS CLÉS / KEYWORDS

système d'assainissement; stratégie de gestion; gestion temps réel; pollution de temps de pluie; bassin d'orage;
sewage system; management strategy; real time control; stormwater pollution; storm basin;

RÉSUMÉ

Afin de réduire la pollution déversée dans le milieu naturel par temps de pluie, une nouvelle stratégie globale pollution/inondation de gestion d'un réseau d'assainissement a été développée à Nancy. Cette nouvelle gestion qui optimise l'usage des infrastructures existantes, intègre à des fins de lutte contre la pollution des outils nouveaux de mesure et de surveillance en temps réel, et notamment la surveillance de la pluie par radar. Cette communication présente un projet de première application de cette stratégie à la gestion d'un ouvrage de protection contre les inondations situé au sein de la Communauté Urbaine du Grand Nancy, et initialement conçu pour écrêter les pointes de débit dans le réseau d'assainissement lors de fortes pluies. La nouvelle gestion permettra d'optimiser l'utilisation du bassin afin de réduire les déversements de pollution pour les pluies courantes. L'enjeu majeur du projet consiste à concilier la gestion des risques d'inondations liés aux fortes pluies et la réduction des déversements polluants vers le milieu naturel.

SUMMARY

In order to reduce rain water pollution overflows into the natural environment, a new global pollution/flood management strategy of the sewage system has been developed in Nancy. This new management strategy, optimising existing infrastructures, uses for pollution-fighting purposes a combination of means for real time measurement and supervision, especially weather radar data. This paper presents a first application project of this management strategy by the Metropolitan Authority of Nancy to regulate an existing storm basin aimed at protecting an urban area against flooding. The new management strategy will allow to optimise the use of the basin in order to reduce pollution overflows for usual rains. The major aim of this project is to conciliate flood risk management and the reduction of pollution overflows into the natural environment.

1. TRAITER LA POLLUTION DE TEMPS DE PLUIE : UN DÉFI DIFFICILE NECESSITANT UNE VISION GLOBALE DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

En cette fin de XX^{ième} siècle, la lutte contre les pollutions liées aux activités humaines et la protection du milieu naturel acquièrent une importance qui ne cesse de croître dans nos sociétés, et l'eau est reconnue comme un bien précieux qu'il faut protéger. Au sein de l'Union Européenne, ces préoccupations se sont concrétisées dans la politique et la législation communautaire en matière d'environnement. Concernant l'assainissement urbain, en plus du traitement des eaux usées véhiculées dans les réseaux d'assainissement par temps sec, la Directive Européenne n°91/271 de mai 1991 sur le traitement des eaux résiduaires impose maintenant aux collectivités de prendre en compte la pollution des eaux véhiculées par ces réseaux en temps de pluie (hors événements pluvieux "exceptionnels").

Le traitement de la pollution des eaux de temps de pluie n'est pas sans poser de nombreux problèmes [1]. L'assainissement des grandes agglomérations européennes est constitué en grande partie de réseaux de collecte de type unitaire mélangeant eaux pluviales et eaux usées, associés à des stations d'épuration dont la capacité de traitement est limitée. Cette capacité est souvent insuffisante pour traiter l'ensemble des effluents lors des épisodes pluvieux les plus courants. L'imperméabilisation croissante des villes a également conduit, outre la mise en oeuvre de nombreux déversoirs d'orage, à la réalisation d'infrastructures importantes de transport et de stockage des eaux de temps de pluie afin d'éviter ou de limiter les inondations.

A Nancy, des études diagnostic ont estimées les volumes totaux des bassins de dépollution qui devraient être construits pour traiter la pollution de temps de pluie entre 50 000 m³ et 80 000 m³. Antérieurement à ces nouveaux besoins, la collectivité s'était dotée pour résoudre ses problèmes d'inondations de nombreux bassins de rétention, pour un volume total dépassant 100 000 m³ pour les seuls bassins enterrés en milieu urbain. Ces bassins étant destinés à écrêter les débits maximaux dans les réseaux d'assainissement, ils sont souvent placés assez en amont des bassins versants et ne peuvent prendre en compte l'ensemble des effluents de temps de pluie. Néanmoins, une meilleure gestion de ces ouvrages existants devrait permettre de réduire les investissements nouveaux nécessaires, et ainsi les rendre plus acceptables économiquement par la collectivité.

Cette communication présente un projet en cours de réalisation pour optimiser, grâce à une stratégie globale pollution/inondation à l'échelle du bassin versant, la gestion d'un bassin de rétention de 12 000 m³ construit initialement pour protéger des inondations un quartier urbain du centre de Nancy.

2. LE BASSIN D'ORAGE "GENTILLY" SUR LE BASSIN VERSANT DE BOUDONVILLE NANCY

Le bassin versant de Boudonville, d'une surface de 660 ha, est situé au nord-ouest du centre de Nancy. Ce bassin est entièrement urbanisé, la phase la plus ancienne de l'urbanisation qui constitue l'hypercentre de Nancy se situant en aval, l'urbanisation la plus récente en amont. Ce bassin versant comprend trois zones bien distinctes : un plateau amont, une plaine aval, séparés par une zone de forte pente avec une dénivelée totale de 160 m. Le bassin de rétention "Gentilly", réalisé en 1970, est situé en rupture de pente du plateau de Champ-le-Boeuf. Son volume total de 12 000 m³ draine une surface de 151 ha imperméabilisée à 53%. Il est alimenté par 3 collecteurs (un pluvial et deux unitaires) et est traversé par le débit d'eaux usées en temps sec.

Ce bassin d'orage enterré a été conçu pour écrêter les pointes de débit dans le réseau d'assainissement lorsque ce débit dépasse un seuil critique lors de fortes pluies. Le débit de fuite du bassin est ainsi régulé automatiquement en fonction des hauteurs enregistrées à l'aval du réseau. Pour conserver une réserve de stockage maximale, aucun stockage n'est réalisé actuellement pour les petits débits dus aux pluies courantes et le bassin est vidangé le plus rapidement possible en cours de pluie ou à la fin d'un événement pluvieux. Cette gestion s'est révélée très efficace en terme de protection contre les inondations pour des pluies de retour décennales sur deux heures (en 1995 et 1996) mais s'accompagne de nombreux déversements polluants en rivière à l'aval du réseau. La nouvelle gestion permettra d'optimiser l'utilisation du bassin afin de réduire ces déversements de pollution pour les pluies courantes.

L'enjeu majeur du projet consiste à concilier gestion des risques d'inondations liés aux fortes pluies et réduction des déversements vers le milieu naturel.

3. LA NOUVELLE STRATÉGIE DE GESTION APPLIQUÉE GENTILLY

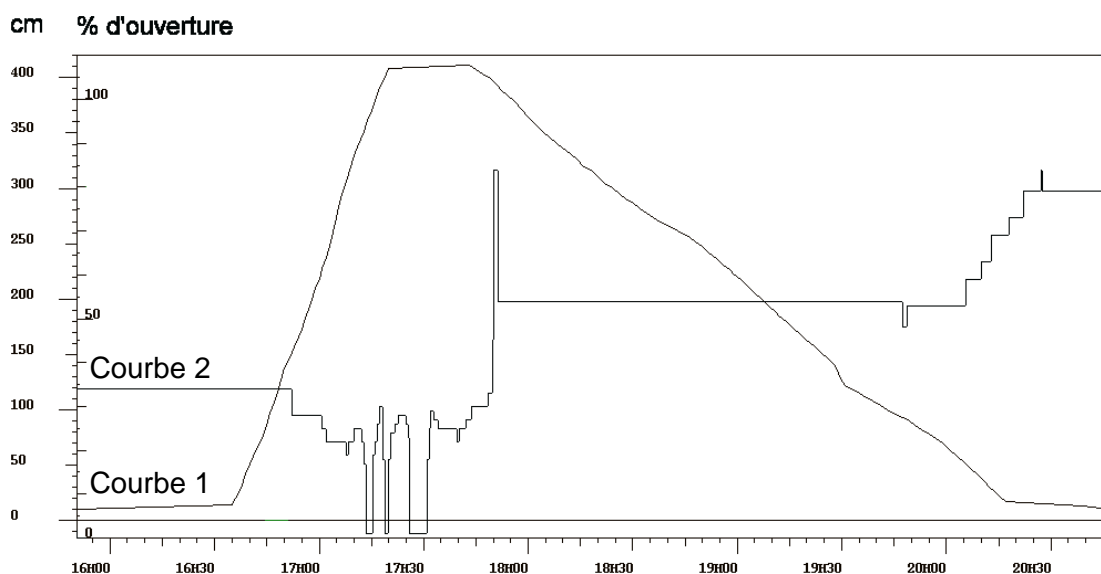
La nouvelle stratégie de gestion met en oeuvre trois actions prioritaires :

1. prévoir l'évolution des événements pluvieux pour anticiper les choix de gestion;
2. modifier l'utilisation du bassin de rétention pendant la pluie pour stocker le maximum de pollution;
3. optimiser la gestion du bassin après la pluie pour limiter les déversements de pollution.

Figure 1 : Enregistrements dans le bassin de Gentilly le 22/07/95 (heures TU)

Courbe 1 = Hauteur des effluents dans le bassin

Courbe 2 = Pourcentage d'ouverture de la vanne de sortie. A 17h50 TU la vanne est forcée en manuel à 54% d'ouverture pour accélérer la vidange du bassin



3.1 Prévoir pour anticiper : l'apport de l'information radar

La figure 1 présente les hauteurs d'eau enregistrées dans le bassin de Gentilly lors de l'événement décennal sur 2 heures du 22 juillet 1995. Les 12 000 m³ du bassin ont été remplis en seulement 40 minutes, le bassin commençant à stocker des effluents 10 minutes après le début de la pluie. Des temps de réaction aussi courts nécessitent, si l'on veut modifier la gestion actuelle du bassin sans risquer de provoquer de graves inondations, de disposer d'un moyen pour anticiper l'évolution des événements pluvieux. Les mesures d'un radar météorologique apportent ici une information essentielle à la sécurité du réseau, des personnes et des biens.

3.1.1 Les mesures radar et le système de traitement développé à Nancy

La France est couverte par le réseau de radars météorologiques ARAMIS géré par la Météorologie Nationale. Ces radars permettent aujourd'hui de disposer toutes les 5 minutes d'une image de la répartition spatiale des zones pluvieuses dans des conditions plus ou moins favorables selon les sites. La mesure de pluie par radar reste en effet soumise à diverses sources d'erreurs fonctions de la distance au radar, de la présence de relief, et de la situation météorologique (profil vertical de l'atmosphère) ainsi que du type des précipitations [2] [6].

L'Agglomération Nancéienne est de ce point de vue un site assez privilégié, situé à 30 km seulement du radar de Réchicourt, en position amont par rapport aux déplacements les plus courants des zones de pluies et très peu exposée aux problèmes de masques et d'échos de sol. Depuis 1995 nous avons développé un système de traitement de l'information radar pour l'hydrologie urbaine en liaison directe avec les services techniques de la Communauté Urbaine du Grand Nancy [4]. Ce système évolutif, directement adapté aux besoins d'un service opérationnel gestionnaire du réseau d'assainissement d'une agglomération de 300 000 habitants, est actuellement utilisé de manière opérationnelle pour assurer la sécurité des équipes techniques intervenant sur le réseau d'assainissement ainsi que pour la mise en alerte des services concernés lors de l'approche d'orages importants (équipes techniques et personnel de permanence de la Communauté Urbaine, pompiers).

3.1.2 La prise en compte de l'information radar dans la stratégie de gestion

On peut distinguer deux types d'informations apportées par les mesures radar :

- D'une part, une information qualitative sur la situation pluvieuse, qui ne nécessite pas de se rapporter à une échelle de mesure absolue mais uniquement à une échelle relative. Elle peut permettre l'identification d'un type de pluie sur la région, la détermination des directions de déplacement des masses pluvieuses, et par conséquent l'estimation d'une date de début de pluie ou de pic maximal d'intensité sur l'agglomération par extrapolation de ces mouvements dans le futur.
- D'autre part une information quantitative qui permet d'estimer une intensité pluvieuse moyenne ' R ' pour chaque pixel de l'image radar à partir de la mesure du facteur de réflectivité radar ' Z ', grâce à une formule simplifiée le plus souvent du type : $Z = aR^b$ où le couple (a,b) dépend du type de pluie, R étant exprimé en mm/h et Z en mm⁶/m³. On peut ainsi en déduire des valeurs de lames d'eau ou de cumuls au sol et, par extrapolation dans le futur, estimer l'évolution de ces valeurs pour les pas de temps suivants (prévisions à très courtes échéances limitées au maximum à 1 ou 2 heures [6]).

On peut noter que certaines variables qualitatives définies à partir des images radar sont moins sensibles à certaines sources d'erreurs citées au §3.1.1 que les variables

quantitatives, notamment pour les erreurs perturbant fortement la quantification absolue du signal. Les possibilités de prévisions semblent également différentes, les variables qualitatives pouvant parfois autoriser de meilleurs délais de prévisions, notamment lorsque l'on s'intéresse à de très petits bassins versants (ce qui est souvent le cas en hydrologie urbaine) ou lorsque la situation pluvieuse présente une forte variabilité spatio-temporelle (lors d'orages par exemple).

La définition de variables qualitatives à partir des images radar présente également un autre intérêt pour la gestion d'un système d'assainissement en temps réel : elle permet de synthétiser l'information, éventuellement en distinguant entre quelques situations types, ce qui simplifie la tâche du personnel de surveillance en lui indiquant un changement significatif de situation et ainsi l'urgence de rechercher plus d'information. C'est par exemple le cas de l'identification automatique d'un type de pluie mise en oeuvre à Nancy dont les résultats sont associés à un générateur d'alarmes [4].

Cette distinction entre informations qualitatives et quantitatives a conduit à envisager une utilisation des informations radar en deux niveaux dans la stratégie de gestion du bassin de Gentilly (figure 2) :

1. L'utilisation de l'information qualitative principalement pour sa capacité à identifier un "risque potentiel" pour l'agglomération avec un délai de prévision important. Lorsqu'un risque d'orage existe cela permet d'opter pour une gestion "sécuritaire" du réseau d'assainissement, en choisissant un ensemble de règles de gestion optimisant la protection contre les inondations. L'information qualitative peut également permettre d'identifier une situation de non pluie ou de "pluie négligeable" autorisant une gestion "écologique" du réseau d'assainissement, en choisissant une stratégie optimisant le traitement des effluents et la protection contre les déversements dans le milieu naturel.

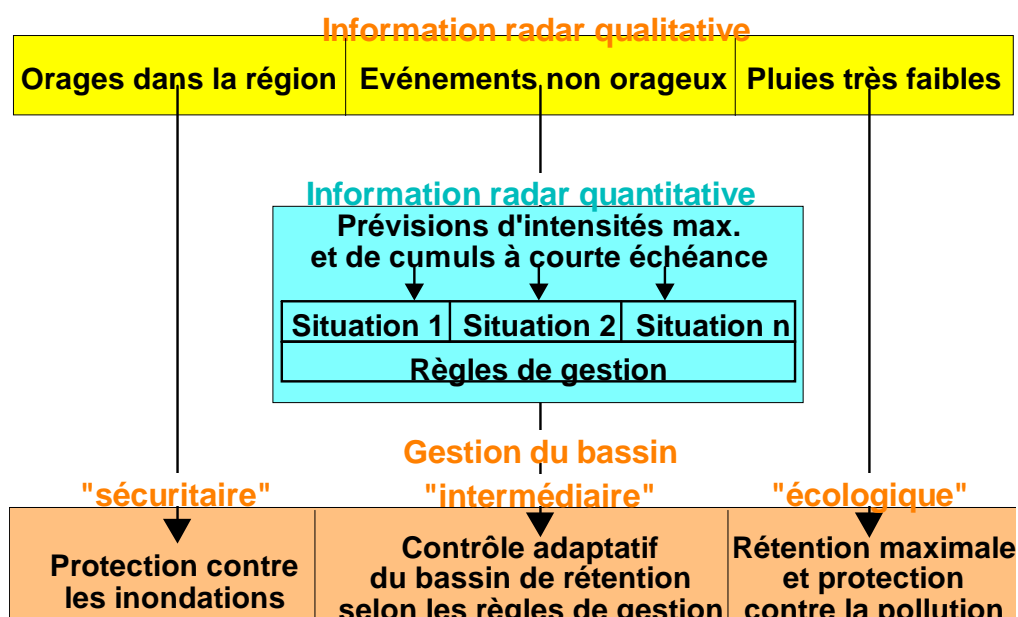


Figure 2 : Intégration des informations radar dans un schéma de gestion du bassin de rétention de Gentilly.

2. L'utilisation de l'information quantitative pour toutes les pluies classiques non orageuses, afin d'obtenir une anticipation de l'évolution des cumuls et des intensités maximales au sol pour des délais limités volontairement à 30 ou 50 minutes. Cette anticipation, combinée avec les aménagements réalisés sur le bassin de rétention de Gentilly, devrait permettre d'assurer le temps de réaction nécessaire au maintien en sécurité du bassin en cas de modification importante de la situation pluvieuse en cours sur l'agglomération. Elle autorise le choix d'une stratégie "intermédiaire" maximisant la rétention de la pollution dans le bassin sans remettre en cause le rôle de celui-ci pour la protection contre les inondations.

3.2 Augmenter la rétention de la pollution dans le bassin pendant la pluie

3.2.1 Améliorer la gestion hydraulique du bassin

L'analyse de la banque de données historiques de la Communauté Urbaine du Grand Nancy est riche d'enseignements. Elle montre par exemple pour l'année 1995, que 80% des événements pluvieux enregistrés ont produit un volume cumulé à l'exutoire du sous bassin versant de Gentilly inférieur à 6200 m³ par événement (ces événements ayant contribué à 43% du volume total annuel écoulé à l'exutoire de ce sous bassin versant). 15 % des événements (représentant 31 % du volume annuel) ont produit à l'exutoire un volume cumulé inférieur à 10000 m³, et 5 % des événements (représentant 26 % du volume annuel) ont produit un volume cumulé à l'exutoire supérieur à 10000 m³. La vanne de sortie du bassin n'a été fermée que lors de la pluie décennale sur 2 heures du 22 juillet 1995 (25 000 m³ écoulés en trois heures).

Grâce à l'anticipation sur l'évolution des événements pluvieux apportée par les images radar il est envisageable, pour les événements non orageux, de fermer la vanne de sortie du bassin dès le début des déversements en aval, de manière à réduire ceux-ci et à stocker au maximum les effluents pollués provenant de l'amont du bassin versant. Pour les pluies importantes, il est nécessaire de fixer une valeur maximale au volume stocké au sein du bassin de manière à conserver une réserve de stockage suffisante pour écrêter des débits de pointes en cas de besoin. Au delà de cette valeur un débit de fuite doit être créé, le bassin étant utilisé à volume stocké constant. En combinant ainsi l'anticipation apportée par les mesures radar, la définition de seuils de sécurité limitant le volume stocké dans le bassin, et les possibilités de débits de fuite et de vidange rapide, il est possible de modifier la gestion actuelle du bassin de rétention sans prendre de risques ni pour l'ouvrage ni pour les personnes et les biens à l'aval du réseau.

3.2.2 Améliorer la concentration des polluants au sein du bassin

Une campagne de prélèvements et d'analyses physico-chimiques des effluents stockés puis relargués par le bassin de Gentilly a été réalisée en 1996 et 1997. Les résultats de cette étude, présentés dans une autre communication [5], ont montrés sur plusieurs pluies la bonne capacité de décantation du bassin lorsqu'il est fermé hermétiquement, mais également un brassage important des effluents lors d'une reprise des apports ou lors de la vidange du bassin. Ce phénomène a été confirmé par modélisation physique et analyse des courants générés dans une maquette du bassin de rétention à l'échelle 1/20^{ème}. Cette étude, réalisée par l'ENGEES et présentée dans une autre communication [3], a également montré qu'il était possible d'augmenter très sensiblement la décantation au sein de l'ouvrage en régime permanent au prix de différents aménagements qui peuvent être combinés pour obtenir la meilleure efficacité. Un projet d'aménagement du bassin de Gentilly sur la

base de ces propositions est actuellement étudié par le bureau d'études de la Communauté Urbaine. Ces travaux permettraient d'optimiser la rétention au sein du bassin des polluants liés aux matières en suspension, y compris lors d'un usage en débit traversier ce qui permet d'étendre l'ensemble des pluies concernées à la totalité des pluies non orageuses.

3.3 Optimiser la gestion du bassin après la pluie pour limiter les déversements de pollution

Afin de retrouver très vite une réserve de stockage importante, la gestion actuelle du bassin force la vidange de l'ouvrage au débit maximal acceptable à l'aval sans se préoccuper des déversements qui peuvent se produire (voir par exemple le cas exposé par la figure 1). Grâce à l'anticipation sur l'évolution des événements pluvieux apportée par les images radar, il est possible d'opter entre différents scénarios de vidange permettant de s'assurer, lorsque cela ne présente pas de danger, que la pollution retenue dans le bassin ne finira pas dans le milieu naturel :

- Lors de situations orageuses, la priorité devenant la protection contre les inondations le mode de vidange actuel sera conservé.
- Pour les autres événements pluvieux, les effluents seront dirigés en priorité vers une aire de traitement : la station d'épuration de Nancy ou un bassin de dépollution des eaux de temps de pluie actuellement en projet qui devrait être construit en aval du bassin versant de Boudonville. Au cas où un volume de stockage supplémentaire devrait être rapidement dégagé en fin d'événement pluvieux, une vanne déversoir située en hauteur pourrait permettre de réaliser une vidange privilégiée de la tranche supérieure des effluents stockés dans le bassin. Cela permettrait de conserver dans l'ouvrage la tranche inférieure des effluents dans laquelle la concentration des polluants décantables est la plus importante. Cette vanne fait partie des aménagements actuellement à l'étude et serait également utilisée en cours d'événement pluvieux pour générer un débit de fuite lorsque cela s'avère nécessaire.

4. ÉTAT DU PROJET ET STRATÉGIE À L'ÉCHELLE DE L'AGGLOMÉRATION

Le projet est en cours de réalisation et la nouvelle gestion du bassin de Gentilly devrait être mise en oeuvre fin 1999. Elle permettra de juger l'impact d'une telle gestion globale pollution/inondation d'un réseau d'assainissement existant sur un bassin versant urbain par ailleurs très bien connu et modélisé. En effet, le bassin de Boudonville est un site très instrumenté qui a servi de support à de nombreuses études et recherches menées par un groupe de travail qui s'est constitué autour du District de l'Agglomération Nancéienne en 1985. Ce groupe de travail, dont les maîtres d'ouvrages sont la Communauté Urbaine, le NANC.I.E., le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et Anjou-Recherche, anime depuis plus de 12 ans un programme d'études et de recherches appelé "*Gestion automatisée d'un réseau d'assainissement*". Dans le cadre de ce programme le bassin versant de Boudonville, qui a déjà fait l'objet de plusieurs modélisations hydrauliques et des transferts de pollution, devrait être modélisé au début de 1998 en intégrant ces deux éléments simultanément à l'échelle de l'ensemble du bassin versant.

Les bassins de rétention (ou bassins d'orages) prévus initialement pour écrêter les débits de crues sont souvent situés en amont des bassins versants les plus urbanisés et ne peuvent traiter l'ensemble des problèmes de pollution d'un bassin versant

urbain. Néanmoins, cette action devrait montrer qu'en optimisant la gestion de ces ouvrages existants il est possible de réduire les investissements nouveaux nécessaires au traitement de la pollution de temps de pluie, tout en développant une vision globale du système d'assainissement préconisée par les spécialistes en matière d'assainissement (voir les communications du colloque sur la maîtrise de l'assainissement par temps de pluie organisé par l'AGHTM et la SHF en 1995 [1]).

D'autres démarches doivent aussi être menées en parallèle, et ainsi à Nancy on peut citer trois exemples de projets de la Communauté Urbaine actuellement en cours d'étude ou de réalisation :

- La construction en cours d'un bassin d'orage de 2500 m³ conçu dès le départ pour avoir une double vocation de protection contre les inondations et de dépollution.
- Le projet de réalisation d'un premier bassin de dépollution de temps de pluie situé à l'aval du bassin versant de Boudonville qui servira à définir les meilleures options de traitement des effluents de temps de pluie (appel d'offre relancé en 1997).
- L'étude des possibilités d'utilisation pour la dépollution des eaux de temps de pluie d'une station d'épuration située au sud de Nancy qui n'est plus utilisée pour le traitement des eaux usées depuis début 1997. Les effluents de temps de pluie seraient traités par les installations de traitements primaires qui ont été conservées.

5. REMERCIEMENTS

Le projet décrit dans cette communication a été développé dans le cadre des actions du groupe de travail "Gestion Automatisée" cité plus haut. Outre le financement des cinq maîtres d'ouvrages que sont la Communauté Urbaine du Grand Nancy, le NANC.I.E., le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et Anjou-Recherche, la définition et la mise en oeuvre de cette nouvelle stratégie de gestion sur le bassin de rétention de Gentilly bénéficie d'une aide de l'Union Européenne dans le cadre des actions *Life 1996*.

6. RÉFÉRENCES

- [1] Actes du colloque "Maîtrise de l'assainissement par temps de pluie. De la théorie à la pratique", AGHTM-SHF, Créteil, 11 et 12 Octobre 1995.
- [2] Andrieu H., Creutin J.D., Delrieu G., Faure D., Use of a weather radar for the hydrology of a mountainous area. Part I : radar measurement interpretation, *Journal of Hydrology* 193, 1997, 1-25.
- [3] Dessez P.J., Amélioration des performances du bassin de rétention de Gentilly à Nancy sur modèle réduit, 3^{ème} conf. Int. sur les nouvelles technologies en assainissement pluvial, Novatech98, Lyon, 4-6 mai 1998.
- [4] Faure D., Achet P., Real time process of weather radar data for urban hydrology in Nancy, XXII General Assembly of the EGS, 21-25 April, 1997, Vienna/Austria.
- [5] Pilloy J.C., Achet P., Hammouda A., Utilisation du bassin de rétention de Gentilly à Nancy en bassin de dépollution des eaux de temps pluie, 3^{ème} conf. Int. sur les nouvelles technologies en assainissement pluvial, Novatech98, Lyon 4-6 mai 1998.
- [6] Recueil des communications du "Séminaire de réflexion et de programmation de la recherche en hydrologie-radar", Ministère de l'Environnement et Météo-France, Toulouse, 17 et 18 Décembre 1996.

7. EXPLICATION DES SIGLES

- AGHTM : Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux
ENGEE : Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg
S
SHF : Société Hydrotechnique de France