

Le projet STORM – Rejets d'eaux usées par temps de pluie

Par temps de pluie, seule une partie des eaux usées parvient aux stations d'épuration. Le reste est rejeté dans le milieu naturel soit directement soit après un traitement sommaire. La planification des installations prévues à cet effet est actuellement basée sur une approche empirique et non spécifique aux problèmes à résoudre. Pour améliorer la protection des eaux et l'efficacité des coûts engendrés par les mesures engagées, il est prévu de tenir davantage compte des facteurs écologiques et des incertitudes dans les processus de planification et de prise de décision.

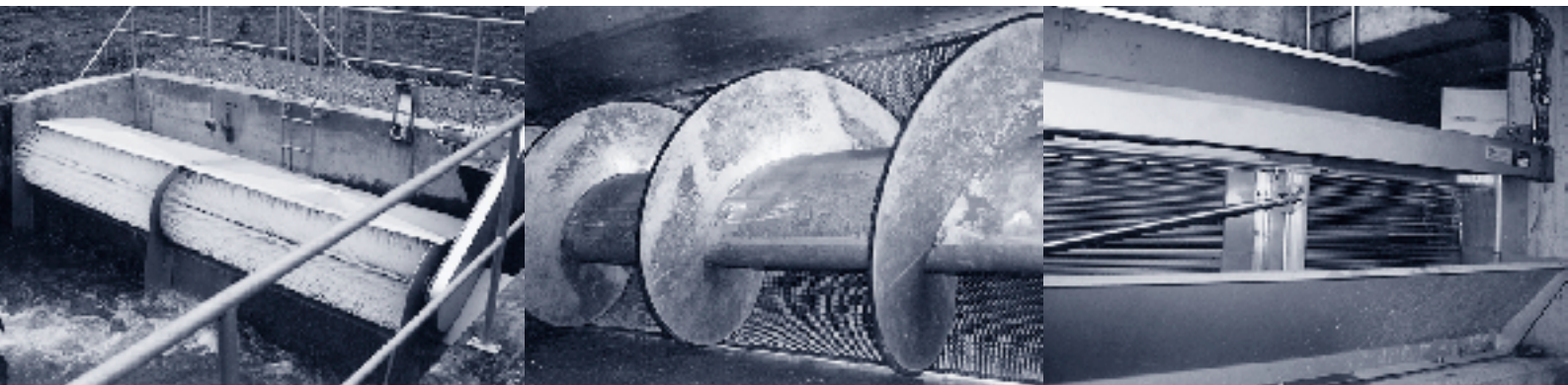
Dans le domaine de la protection des eaux, il existe peu de problématiques qui soient aussi délicates et qui se comportent de ma-

nière aussi complexe, dynamique et aléatoire que celle de la pollution des eaux de surface par temps de pluie. C'est particuliè-

rement le cas de l'évacuation des eaux pluviales urbaines qui n'ont pas la possibilité de s'infiltrer et doivent donc être transportées par les égouts. Dans un réseau unitaire, système le plus courant en Suisse, les eaux pluviales sont acheminées vers les stations d'épuration en même temps que les eaux usées et sont traitées avec elles avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Lors de pluies importantes, les stations ne sont cependant pas en mesure d'accueillir la totalité du flux à évacuer. Cette situation est due au fait que, pour différentes raisons, les stations d'épuration sont en général di-

Localisation/ nature du problème et des effets potentiels	Causes potentielles	Exemples de mesures envisageables		
		en zone urbaine	au niveau de l'assainissement	dans les lacs et cours d'eau
Bassin versant, réseau de canalisation				
Déversements fréquents et prolongés d'eaux usées pluviales	Présence d'eaux claires parasites et d'effluents peu pollués dans le réseau unitaire	Collecte et transport séparé des eaux pluviales, infiltration	Lutte contre l'entrée d'eaux claires parasites dans le système	
Déversements fréquents et prolongés d'eaux usées pluviales	Mauvais fonctionnement du déversoir d'orage		Réglage du débit de fuite	
Milieu aquatique récepteur				
Nuisance esthétique: désagrément pour la population humaine	Rejet de matériaux grossiers (issus des toilettes p. ex.), odeurs, colorants	Rétention d'eaux polluées	Dégrillage	
Colmatage du fond de la rivière: manque d'oxygène dans le lit de la rivière au niveau interstitiel	Matières en suspension dans les eaux usées, rejet de particules polluantes facilement biodégradables	Prévention de la formation de dépôts dans les canalisations	Prévention, traitement (p. ex. sédimentation, séparateur hydrocyclone), optimisation du fonctionnement des dispositifs en place	
Risque accru d'infections	Rejet de bactéries et de germes pathogènes dans le milieu		Déplacement du point de déversement, stockage, contrôle des débits	Alerte, interdiction temporaire de baignade
Perturbation hydraulique: drift ou disparition de certains organismes	Erosion et fortes vitesses d'écoulement suite au déversement massif d'eaux par temps de pluie	Perméabilisation des surfaces; utilisation, rétention et infiltration des eaux pluviales	Déplacement du point de déversement, stockage, contrôle des débits	Remodelage du profil, amélioration du substrat (création de refuges)
Problèmes aigus (toxicité, NH ₃ , O ₂): perturbation/disparition d'organismes	Rejet de substances toxiques, étiage artificiel, pH et température élevés dans le cours d'eau	Rétention d'eaux polluées	Déplacement du point de déversement, stockage, contrôle des débits, épuration	Plantations de rive pour la création d'ombrages, amélioration du régime hydrologique
Eutrophisation: perturbation des organismes	Rejet de substances nutritives	Mesures à la source	Stockage, contrôle des débits	Plantations de rive pour la création d'ombrages
Toxicité chronique: perturbation des organismes	Rejet de métaux lourds, de pesticides, de substances à effets endocriniens, etc.	Mesures à la source	Epuration (p. ex. filtration à travers une couche de sol, traitement physico-chimique, station d'épuration)	

Tab. 1: Rapports entre les problèmes causés par les rejets pluviaux, leur origine potentielle et les mesures envisageables pour y remédier. Le tableau fait état d'exemples choisis.



Mesures envisageables (de gauche à droite): Brosses rotatives – crible à racloir hélicoïdal – dégrilleur d'orage – bassin enterré de rétention des eaux pluviales – bassin de rétention des eaux pluviales superficiel et intégré dans le paysage (en bas).

mencionnées pour traiter le double du débit escompté par temps sec (= débit par pluie faible). C'est pourquoi lors de pluies plus importantes, une partie des eaux pluviales et usées est directement déversée dans les eaux superficielles, c'est-à-dire sans traitement préalable.

Protection des eaux superficielles contre les rejets d'eaux usées

Un des moyens permettant de protéger le milieu aquatique des rejets d'eaux usées qui sont déversés par temps de pluie des égouts unitaires consiste à séparer les eaux pluviales des eaux usées et à les acheminer dans une conduite spéciale vers les lacs et cours d'eau. Bien que cette solution paraisse judicieuse, elle n'est cependant pas sans risque pour l'environnement. En effet, les eaux pluviales issues des zones urbaines sont en général polluées du fait de leur ruissellement sur les toitures et les voiries. C'est pour cette raison que le réseau unitaire a été équipé de bassins de rétention [1] destinés à stocker temporairement le trop plein du mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales jusqu'à ce qu'elles puissent être acheminées vers une station à la

fin de la pluie. De cette manière, on évite surtout le déversement incommodant de déchets solides dans les eaux superficielles qui gardent pendant des mois la trace de cette pollution inesthétique et insalubre (Tab. 1). Jusqu'à présent, la Suisse a investi environ 2 milliards de francs suisses dans la construction et l'exploitation de tels bassins de rétention. Dans les réseaux séparatifs, il n'existe en général pas de dispositifs de traitement des eaux pluviales. Cependant, étant donné que de nombreux lacs et cours d'eau subissent encore la nuisance occasionnée par les eaux pluviales polluées issues du réseau unitaire comme du réseau séparatif, il faut s'attendre à moyen terme à devoir engager des dépenses du même ordre de grandeur pour les traiter.

En vue d'une meilleure protection des eaux de même que d'une utilisation plus efficace des moyens financiers disponibles, il convient d'appliquer de nouveaux critères pour la planification des mesures d'évacuation des eaux pluviales. C'est à leur élaboration qu'est consacré le projet «STORM – Rejets d'eaux usées par temps de pluie» dans lequel sont impliqués l'Office fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage (OFEP), l'Association suisse des pro-

fessionnels de la protection des eaux (VSA) et l'EAWAG. Cet article présente les premiers résultats de ce projet.

Les nouveaux principes de la planification des mesures compensatoires

Une approche axée sur le milieu récepteur.

Jusqu'à présent, le rejet des eaux pluviales se faisait selon une approche considérant principalement les émissions, c'est-à-dire la nature et la quantité des polluants rejetés dans le milieu naturel. L'état et les caractéristiques du milieu récepteur n'étaient pris en compte que de façon rudimentaire. C'est pourquoi nous proposons, quand l'état actuel des connaissances le permet, de remplacer l'ancienne méthode de planification par une approche centrée sur le milieu récepteur et les nuisances qu'il subit (voir encadré) de manière à prendre également en compte les propriétés des divers lacs et cours d'eau concernés.

Des solutions sur mesure grâce à la prévision des effets.

L'ancienne planification des rejets par temps de pluie ne prévoyait malheureusement pas de contrôle de l'efficacité écologique des mesures engagées. Il n'est donc pas possible d'estimer dans

Type de lac ou de cours d'eau	Esthétique	Hygiène (pathogènes)	Température	Stress d'ordre mécanique et hydraulique	Paramètres chimiques			
					Ammoniac ¹	MES ²	Éléments nutritifs	Autres substances ³
Ruisseau alimenté par des sources	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Pas encore de données fiables disponibles
Ruisseau de plaine	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	
Ruisseau préalpin	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	
Rivière de plaine	Oui	Oui	Eventuellement ⁴	Eventuellement ⁴	Oui	Oui	Non	
Rivière préalpine	Oui	Oui	Eventuellement ⁴	Eventuellement ⁴	Oui	Non	Non	
Fleuves et grandes rivières	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	
Petit lac (étang)	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui	
Lac	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui	

¹ Toxicité aiguë due à l'ammoniac / ² MES = matières en suspension / ³ perturbateurs endocriniens, hydrocarbures aromatiques et polychlorés, etc. / ⁴ selon la nature du problème

Tab. 2: Importance pour différents types de milieux récepteurs des problèmes liés au déversement d'eaux issues de déversoirs d'orages en réseau unitaire ou d'eaux de ruissellement issues d'un réseau séparatif. L'indication «non» signifie que l'aspect concerné n'a pas d'importance pour le type milieu récepteur impliqué; p. ex., les problèmes sanitaires n'ont pas d'importance pour les petits ruisseaux parce que la baignade n'y est généralement pas pratiquée.



Photos: V. Kráčíl, EAWAG

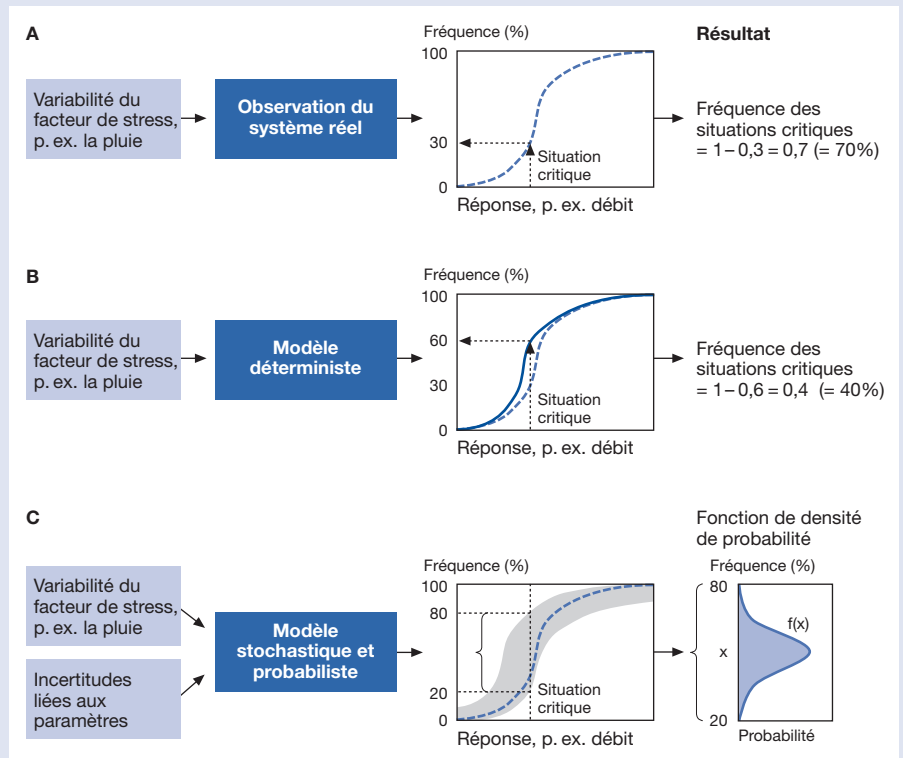


Fig. 1: Instruments de planification pour l'évaluation de la fréquence de situations critiques par temps de pluie. La définition d'une situation critique se fait par rapport aux normes de rejet fixées et tient p. ex. compte du débit à partir duquel un phénomène de charriage se produit dans le cours d'eau récepteur.

A: La fréquence des situations critiques est déterminée par observation du système réel. Ligne pointillée = courbe cumulative des situations observées. Cette courbe est également représentée à titre d'exemple dans les parties B et C.

B: La fréquence des situations critiques est calculée à l'aide d'un modèle déterministe qui tient compte de la variabilité des précipitations. Etant donné la non prise en compte des incertitudes, la courbe obtenue par modélisation n'est pas identique à la courbe réelle (A).

C: Le nouveau modèle stochastique et probabiliste permet la prise en compte supplémentaire de la probabilité avec laquelle une fréquence donnée de situations critiques est atteinte. Les simulations tiennent compte de la variabilité des précipitations ainsi que des incertitudes liées aux autres paramètres. La fréquence à laquelle les situations critiques se produisent se situe dans un intervalle donné, ici entre 20 et 80%. Toutes ces valeurs x = fréquence des situations critiques sont prises en compte dans la fonction de densité de probabilité $x = f(x)$.

quelle mesure la mise en place des bassins de rétention a permis de protéger la faune et la flore lors de situations critiques. Il nous semble donc tout indiqué d'établir à l'avenir une prévision détaillée des effets escomptés lors de toute démarche de planification de mesures de protection. Cet effort devrait permettre d'élaborer des solutions sur mesure adaptées aux conditions locales.

Tenir compte des incertitudes de planification. Quand on veut modéliser un système aussi complexe que celui de l'assainissement urbain, il est toujours nécessaire de faire appel à des simplifications. Cette démarche entraîne un certain nombre d'incertitudes. Etant donné que la planification doit en plus tenir compte de paramètres concernant le milieu récepteur, les incertitudes vont encore augmenter. Elles résultent notamment des aspects suivants:

- la structure du modèle: le modèle utilisé peut-il décrire le système avec suffisamment d'exactitude? Les normes calculées pour le rejet des eaux usées par temps de pluie sont-elles judicieuses/réalistes?

- les paramètres de modélisation déterminés de façon empirique (p. ex. concentrations de polluants, température, etc.) sont toujours mesurés avec une certaine incertitude;
- la variabilité de certains facteurs, comme p. ex. l'importance des pluies ou le débit des cours d'eau.

Ces incertitudes doivent être identifiées lors de l'établissement de la prévision des effets produits, ce qui se fait par modélisation stochastique ou probabiliste (Fig. 1). Il est alors possible soit de tenir compte des incertitudes dégagées soit d'élaborer une solution dynamique pour les diminuer. Cela pourrait signifier concrètement que dans ces cas-là,

L'approche basée sur le milieu récepteur (Immissions)

Contrairement à la stratégie de type émissions qui ne tient compte que des polluants rejetés avec les eaux usées pour l'élaboration de mesures, le principe de type immission part d'une attitude intégrative qui consiste à considérer l'ensemble des nuisances subies par le milieu récepteur de même que ses caractéristiques intrinsèques. Cette approche accorde une importance particulière aux paramètres qui permettent une bonne évaluation des situations critiques subies par le milieu récepteur concerné. Il s'agit notamment:

- de la nature de la nuisance (Tab. 1);
- de l'intensité de la nuisance, p. ex. les concentrations de polluants (aspect chimique), la concentration des germes pathogènes (aspect sanitaire), les variations de température (aspect physique), le débit ou la force érosive (aspect mécanique);
- de la durée d'exposition de la pollution ou nuisance;
- de la fréquence de l'épisode perturbateur;
- des écarts saisonniers;
- des propriétés du milieu aquatique (Tab. 2) comme sa nature (ruisseau alimenté par des sources, rivière de plaine, lac), ses caractéristiques (débit, teneur en nutriments, faune et flore), son état (proche de l'état naturel / artificiel ou endigué, sensible / peu sensible).

on opérerait tout d'abord pour une mesure de petite envergure qui engagerait des dépenses limitées et qui serait mise à l'essai pendant un certain temps. Les enseignements tirés de cette phase de test seraient alors mis à profit pour réaliser une nouvelle prévision des effets obtenus, pour aboutir à la définition de la solution optimale. Cette démarche correspond à un souci d'économie des moyens financiers.

Extension de la palette de mesures envisageables. Jusqu'à présent, les mesures proposées se limitaient principalement à l'installation de bassins de rétention pour résoudre les problèmes posés. Il existe cependant toute une gamme de solutions qui sont parfois même moins onéreuses (Tab. 1) et mériteraient d'être envisagées.

Pour que ces principes soient appliqués lors des processus futurs de planification des mesures, STORM souhaite mettre les instruments suivants à la disposition des décideurs et urbanistes:

- une récapitulation des conditions à remplir pour pouvoir procéder au rejet d'eaux usées par temps de pluie, définies sur la base des caractéristiques du milieu récepteur (Tab. 2);
- un concept méthodologique de planification des mesures;
- un programme de simulation qui permet de pronostiquer les incertitudes liées au processus de planification [2, 3].

Ces instruments doivent par la suite permettre de formuler de nouvelles directives pour les rejets urbains par temps de pluie en Suisse.

Comment fonctionne le nouveau concept de planification?

La manière dont les nouveaux principes peuvent être intégrés à un processus de planification est illustrée par un exemple simple. Considérons une petite rivière déjà

protégée d'éventuels déversements indésirables d'eaux usées par un bassin de rétention. La taille de ce bassin est cependant insuffisante, ce qui fait que des eaux usées sont déjà rejetées dans le cours d'eau lors d'épisodes pluvieux d'assez faible importance. Lors de pluies faibles, la rivière subit surtout une pollution chimique et bactériologique alors que les fortes pluies causent plutôt des nuisances d'ordre hydraulique. Dans le cadre du Plan général d'évacuation des eaux (PGEE), on procède tout d'abord à une identification des problèmes puis à une définition des points d'intervention. Il s'avère alors que la pollution liée à l'ammoniacque et le charriage de matériaux du fond de la rivière augmentent considérablement lors du déversement massif d'eaux usées et pluviales. D'après les recommandations de la VSA [4], les conditions à remplir pour les rejets sont alors les suivantes:

- la dose critique d'ammoniacque ne doit tout au plus être dépassée qu'une fois tous les 5 ans,
- le débit critique (d'un point de vue écomorphologique) ne doit être dépassé que 10 fois par an au maximum.

Dans notre exemple, trois variantes différentes peuvent être modélisées:

- scénario 0 = état initial avec un bassin d'un volume de 120 m³ et des coûts de 12 000 CHF par an,
- scénario 1: bassin d'un volume de 520 m³ et coûts de 29 000 CHF par an,
- scénario 2: bassin de 1320 m³ et coûts de 47 000 CHF par an.

Utilisons un modèle stochastique ou probabiliste. Etant donné notre souci de prise en compte des incertitudes, les paramètres de modélisation ne sont pas décrits, comme c'est généralement le cas, par une seule valeur, mais par un intervalle de valeurs, ainsi que par une fonction de distribution au sein de cet intervalle. Exemples: le pH varie de 7,8 à 8,3 et suit une distribution log-normale; le coefficient de ruissellement varie de manière aléatoire dans un intervalle compris entre 80 et 120% de la valeur initiale. Tous les paramètres du modèle sont décrits de cette façon (à la rare exception de ceux pour lesquels on dispose de valeurs bien définies). Pour préparer la simulation de type Monte Carlo, un échantillonnage aléatoire de valeurs est généré sur la base des distributions des différents paramètres. Pour chaque échantillon, une simulation à long terme a ensuite été réalisée en considérant une série de précipitations identiques sur une période de dix ans (Fig. 1).

La simulation indique que la condition de rejet concernant le charriage n'est remplie dans le scénario 0 qu'avec une probabilité

de 48% et que cette probabilité ne monte qu'à 60% dans le scénario 2 (Fig. 2). Par contre, ce dernier scénario permet de remplir la condition par rapport à l'ammoniacque avec une probabilité de 100%. L'indication de la probabilité avec laquelle les conditions de rejet peuvent être remplies étend la marge de manœuvre lors de la prise de décision. Les urbanistes et décideurs ont ainsi p. ex. la possibilité d'opter pour une mesure assez onéreuse qui leur permet d'augmenter la probabilité de remplir les conditions fixées. Mais ils risquent un surinvestissement. D'un autre côté, ils peuvent aussi choisir d'investir dans des études complémentaires ou bien dans un dispositif de moindre envergure et ainsi réduire peu à peu les incertitudes dans le cadre d'un processus de choix de solutions itératif et dynamique.

Cet exemple montre bien que l'adoption d'une approche stochastique et probabiliste pour la planification demande une autre forme de communication que les approches classiques, notamment en ce qui concerne les incertitudes. Mais elle est également porteuse d'un plus grand nombre d'informations et exige pour cela davantage d'efforts de la part des personnes impliquées.



Vladimir Krejci, ingénieur en protection de l'environnement et en constructions hydrauliques, a été chercheur à l'EAWAG jusqu'en 2001. Il occupe depuis la fonction d'ingénieur-conseil. Il est d'autre part enseignant à la Fachhochschule de Zurich et membre de différentes commissions de spécialistes de la VSA et du Deutscher Verein für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall ATV-DVWK.

Coauteurs: Simon Kreikenbaum, Luca Rossi, Rolf Fankhauser

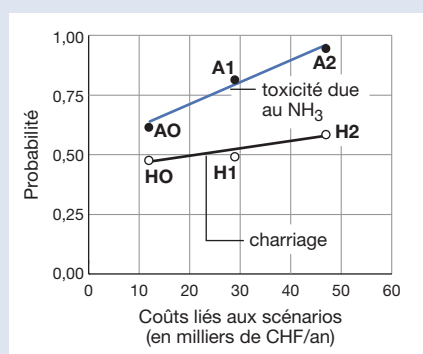


Fig. 2: Efficacité des coûts des mesures engagées (scénario 0 = état initial: AO/HO, scénario 1: A1/H1, scénario 2: A2/H2; description plus détaillée des scénarios dans le texte). A: ammoniacque, H: perturbation hydraulique (charriage).

- [1] Eidgenössisches Amt für Umweltschutz AfU (1977): Empfehlungen für die Bemessung und Gestaltung von Hochwasserentlastungen und Regenüberlaufbecken. AfU, Bern, 9 S.
- [2] Kreikenbaum S., Krejci V., Rauch W., Rossi L. (2002): Probabilistic modeling as a new planning approach to stormwater management. 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, USA.
- [3] Rauch W., Krejci V., Gujer W. (2000): REBEKA – Ein Simulationsprogramm zur Abschätzung der Beinträchtigung der Fließgewässer durch Abwasser-einleitungen aus der Siedlungsentwässerung bei Regenwetter, EAWAG, Dübendorf.
- [4] Verband Schweizer Abwasser und Gewässerschutzfachleute VSA (2000): Zustandsbericht Gewässer – Teil Gewässerschutz, Empfehlungen für die Bearbeitung des Zustandsberichts Gewässer im Generellen Entwässerungsplan (GEP). VSA, Zürich, 23 S.