



EAWAG



Projet «STORM: Assainissement par temps de pluie»

Étude du cas «Möhlinbach»: exemple d'application

Vladimir Krejci, Kurt Suter, Herbert Schmidt, Eduard Hoehn

Auteurs

Vladimir Krejci

Lindenstrasse 90
8738 Uetliburg
Tél. +41-55-280 33 92
Fax +41-55-280 36 61
hydrokrejci@tiscalinet.ch

Kurt Suter

Baudepartement des Kantons Aargau
Abteilung für Umwelt
Tél. +41-62-835 34 13
Fax +41-62-835 33 69
kurt.suter@ag.ch

Herbert Schmid

Ingenieurbüro Koch und Partner
Im Bifang 2
5080 Laufenburg
Tél. +41-62-869 80 80
Fax +41-62-874 24 25
herbert.schmid@kopa.ch

Eduard Hoehn

EAWAG
8600 Dübendorf
Tél. +41-44-823 55 25
Fax +41-44-823 50 28
eduard.hoehn@eawag.ch

Mots clés

Assainissement intégré des agglomérations, émission, immission, Traitement des eaux d'égout mixtes, pratique de planification

Cet article est le onzième d'une série de onze concernant le projet «STORM – Assainissement par temps de pluie» réalisé par l'EAWAG avec le soutien de l'OFEFP.

L'étude de cas «Möhlinbach» traite de la planification conceptuelle de mesures de gestion des eaux par temps de pluie dans le Möhlental, situé dans le Canton d'Argovie. Cette étude a été réalisée en collaboration avec des bureaux d'ingénieurs locaux, les autorités cantonales et l'association d'épuration des eaux regroupant les communes de Möhlin, Zeiningen, Zuzgen, Hellikon et Wegenstetten. Le but de cette étude de cas est de tester la planification de mesures de protection selon les procédures développées dans le cadre du projet «STORM».

Introduction

Les propositions élaborées dans le cadre du projet «STORM» pour la planification des mesures de protection relatives à l'assainissement par temps de pluie se distinguent fondamentalement des pratiques exercées jusqu'à présent. Aussi doivent-elles être testées avant de les transposer dans la pratique.

À cet effet, nous avons recherché des cas problématiques traités actuellement. Sur les indications du canton d'Argovie, nous avons trouvé un cas intéressant et d'actualité dans le Möhlental. Les communes ont commencé en 2003 la mise en oeuvre du PGEE. A cette occasion, il a été décidé de traiter simultanément les 5 PGEE communaux par le biais d'un syndicat de PGEE pour le Möhlental. Ce fut une importante décision à caractère progressiste. La zone d'habitat (cinq communes avec environ 13 000 habitants) est entièrement assainie par un système unitaire d'assainissement. À l'exception d'un canal collecteur équipé d'un dégrilleur,

Fallstudie Möhlinbach

Die Fallstudie Möhlinbach befasst sich mit der konzeptuellen Planung der Regenwasserbehandlung im Möhlental im Kanton Aargau. Sie wurde in Zusammenarbeit mit lokalen Ingenieurbüros, den kantonalen Behörden und mit dem Abwasserverband Möhlintal, bestehend aus den Gemeinden Möhlin, Zeiningen, Zuzgen, Hellikon und Wegenstetten, erarbeitet. Anhand dieser Fallstudie konnten die Vorschläge des Projektes «STORM» für die zukünftige Massnahmenplanung getestet werden.

Case Study Möhlin: practical example

The Case study Möhlin deals with the conceptual planning of stormwater management in the Möhlental situated in Kanton Aargau. It was carried out by local engineering companies, the cantonal authorities and the Urban Drainage Association Möhlintal, consisting of the communities Möhlin, Zeiningen, Zuzgen, Hellikon, and Wegenstetten. The purpose of this case study was to test out the new planning procedure developed in the Project «STORM».

les eaux d'égout mixtes provenant de plus de 20 déversoirs d'orage sont déversées sans traitement dans le Möhlinbach.

Les autorités communales et cantonales ont approuvé la réalisation d'une étude alternative pour le traitement des eaux d'égout mixtes. Elles ont déclaré simultanément vouloir réaliser les mesures de protection résultant de cette étude à des conditions favorables. La communauté d'ingénieurs (auteur du PGEE) et plusieurs bureaux spécialisés de l'administration cantonale ont collaboré dans le cadre de cette étude alternative. Les résultats découlant des propositions énoncées dans le projet «STORM» doivent être comparés avec les propositions initiales du PGEE, basées sur les recommandations de 1977 [1]. Cette comparaison sert de base à la phase 3 du PGEE (avant-projet). Les circonstances qui ont mené au test du projet «STORM» peuvent être qualifiées d'heureux hasard.

L'élément central de l'étude de cas réside dans la planification du traitement des eaux d'égout mixtes avant le déversement dans le Möhlinbach et le Rhin. Les incidences écologiques possibles dans le Möhlinbach y sont prises en compte de façon prioritaire. Une atteinte possible à la nappe souterraine par les déversoirs d'eaux d'égout mixtes et par l'influence des déversements directs d'eau de ruissellement engendrant des élévations de température à court terme dans de petits cours d'eau locaux est en outre brièvement discutée. Une atteinte hygiénique possible au Rhin (eaux de baignade) par les déversoirs d'eaux d'égout mixtes planifiés doit être clarifiée en même temps que le futur déversoir des eaux usées provenant de la STEP de Möhlin dans le Rhin. Les directives concernant les atteintes hygiéniques aux eaux de baignade par les déversoirs d'eaux d'égout mixtes sont décrites dans le huitième article de cette série [2].

Zone de planification

Indications générales

Le Möhlental se situe entre Möhlin et Wegenstetten dans le Fricktal inférieur du canton d'Argovie. Les communes de Möhlin, Zeiningen, Zuzgen, Hellikon et Wegenstetten comptent ensemble environ 13 000 habitants. La vallée jurassienne s'étend sur une longueur approximative de 10 km, du Rhin (env. 280 m d'altitude) jusqu'aux forêts vallonnées situées au-dessus de Wegenstetten (env. 700 m d'altitude). La vallée située au nord du Jura est souvent libre de brouillard et jouit d'un ensoleillement dépassant en moyenne de 40 jours celui du Plateau suisse [3]. Möhlin est la plus grande commune du Möhlental. Elle se situe à env. 20 km à l'est de la ville de Bâle à une altitude d'env. 310 m. Möhlin compte 8700 habitants (2004). La commune s'est développée d'un village d'origine rurale à une petite ville suburbaine. La vallée est irriguée par le Möhlinbach (cours d'eau principal) et plusieurs petits ruisseaux. Le bassin versant de cette rivière, affluent du Rhin, comprend une surface de 32,3 km². Le débit d'étiage du Möhlinbach (Q_{347}) croît d'env. 10 l/s à Wegenstetten à 100 l/s à

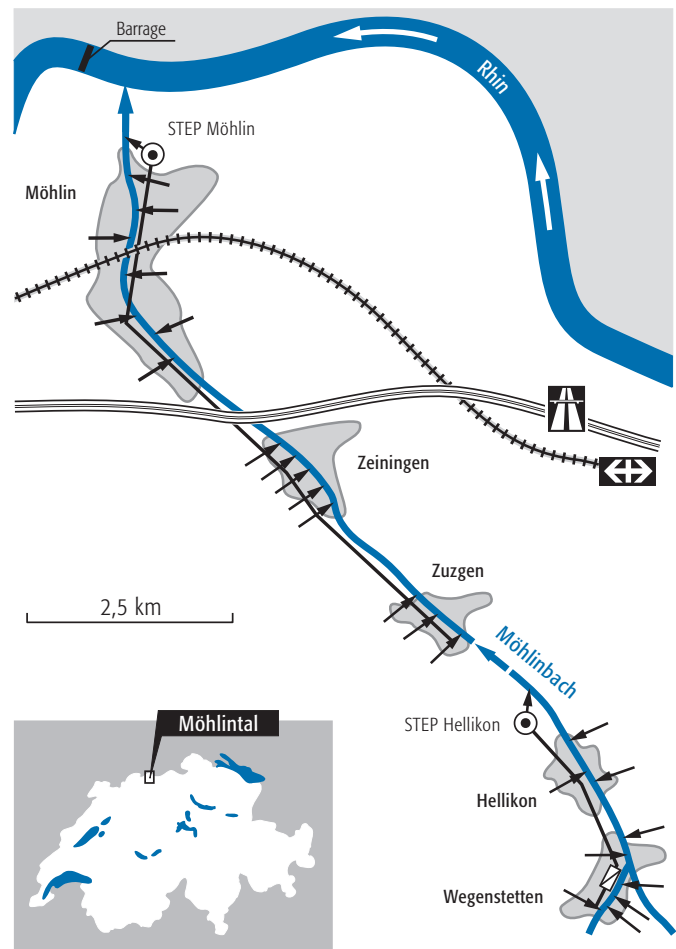


Figure 1: Schéma du système d'assainissement du Möhlental (état réel). Les déversoirs d'eaux d'égout mixtes sont représentés par des flèches.

Möhlin (en amont de la STEP). La station hydrométrique de Zeiningen a enregistré un débit maximal de 14 m³/s en 1999, sur une période s'étendant entre 1982 et 2001 [3].

Assainissement des agglomérations

Toute la zone d'habitat de la vallée est assainie par un système d'assainissement unitaire. Les eaux usées sont épurées dans des stations d'épuration mécaniques-biologiques à Hellikon (pour Wegenstetten et Hellikon) et à Möhlin (pour Zuzgen, Zeiningen et Möhlin). Aujourd'hui, les deux stations d'épuration déversent les eaux épurées dans le Möhlinbach. A partir d'une étude datant d'avant la mise en oeuvre du PGEE, il ressort que la station d'épuration de Hellikon devait être mise hors service. Un nouveau canal de jonction est aménagé entre Hellikon et Zuzgen, permettant d'épurer les eaux usées de Wegenstetten et de Hellikon dans la station d'épuration agrandie de Möhlin.

Ce système d'assainissement comporte 24 déversoirs d'orage avec des fréquences de mise en fonction très variables [4]. À l'exception d'un canal collecteur équipé d'un dégrilleur à Wegenstetten, il n'existe dans tout le système d'assainissement, aucun traitement des eaux d'égout mixtes, qui sont dé-

versées le plus souvent dans le Möhlinbach (à Wegenstetten) ou dans ses petits affluents.

État et utilisation des eaux

Au moyen de plusieurs examens chimiques et biologiques, une forte contamination a été décelée dans le Möhlinbach en aval de la STEP de Möhlin par des eaux usées insuffisamment épurées [5]. À différentes reprises, des traces d'eaux usées ont également été établies à d'autres endroits, toutefois aucune pollution importante des eaux et aucune disparition de poissons n'a été prouvée. Le Möhlinbach est reconnu comme étant une eau poissonneuse appréciée pour laquelle il existe non seulement des droits de pêche étatisés, mais encore plusieurs droits de pêche privés. La population piscicole du bassin hydrologique est constituée principalement de truites de rivière. Dans la région de Möhlin, des loches et des anguilles, remontées par le Rhin, sont en outre trouvées. L'exploitation de la pêche est limitée à la prise de poissons de frai. La population piscicole est naturelle, elle n'est pas maintenue par repeuplement. Le Möhlinbach alimente en outre un élevage de truites à Zeiningen (figure 2).

Selon les indications du département de construction cantonal, le Rhin est considéré comme étant «non contaminé» à «faiblement contaminé» dans les environs de Möhlin [5]. À l'exception du COD (carbone organique dissous), la qualité de l'eau satisfait aux exigences légales. L'embouchure du Möhlinbach sur le Rhin se situe dans la zone du barrage de la centrale électrique de Riburg-Schwörstadt. Le boisement plutôt dense des rives du Rhin est parfois interrompu par des bâtiments destinés à la pêche et aux loisirs et par la plage du Bürkli (figure 3).

Eaux souterraines dans la vallée du Möhlinbach

Les indications relatives aux conditions géologiques et à la présence d'eaux souterraines dans la vallée du Möhlinbach entre Wegenstetten et Zeiningen sont fournies par les documents provenant du service des eaux et du service de l'environnement du canton d'Argovie (plans de captage des eaux souterraines et des zones protégées, évolution du niveau de la nappe phréatique et des températures des eaux souterraines). Le sous-sol rocheux de la vallée est constitué de formations du Trias (calcaire, formation d'anhydrite, grès bigarrés) et du Permien (grès) et il est souvent rempli de dépôts à gros grains perméables de la période glaciaire (moraine jurassique). Son épaisseur augmente en descendant la vallée jusqu'à environ 15 m. Au-dessous de Zeiningen, la vallée du Möhlinbach passe dans le profond couloir de la vallée du Rhin avec ses énormes moraines de terrasse basse. Les sables graveleux de la moraine jurassique sont remplis d'eau souterraine, et celle-ci coule en suivant généralement la pente topographique vers le bas de la vallée [6]. La moraine jurassique est recouverte de couches argileuses d'épaisseur variable, le plus souvent peu perméables, protégeant l'aquifère des pollutions. La vallée du Möhlinbach comporte quatre captages publics d'eau potable,



Figure 2: Élevage de truites à Zeiningen.



Figure 3: Le Rhin dans la zone du barrage de la centrale électrique de Riburg-Schwörstadt

l'un se situe dans le calcaire (Wegenstetten) et trois dans la moraine jurassique (Weihermatt, Zuzgen; Unter Reben, Zeiningen; et Maienbächli, Zeiningen). Trois d'entre eux se situent à moins de 10 m du Möhlinbach [6, 7].

Les mesures proposées selon les recommandations de 1977

Les conclusions du rapport d'état des eaux du PGEE [4] ont fixé une valeur «U» de 40 pour les déversoirs d'orage dans le Möhlinbach. Il a également été constaté que des matières grossières subsistaient dans le Möhlinbach aux environs du déversement des eaux d'égout mixtes provenant du déversoir situé en amont de la STEP de Möhlin. En raison de cette atteinte esthétique, des améliorations ont été exigées. En outre, la section argovienne de la chasse et de la pêche a posé des questions au sujet de l'atteinte possible des eaux par des déversements directs de l'eau de ruissellement.

Dans le cadre du PGEE, la planification des bassins d'eaux pluviales s'effectuait selon les recommandations déjà mentionnées de 1977 [1] et la modification du système unitaire d'assainissement a également été prise en compte. La fonc-

tion du système d'assainissement a été examinée au moyen d'un modèle hydrodynamique et de deux programmes de simulation de longue durée.

Les mesures proposées initialement dans le PGEE:

- ▶ Suppression de 3 déversoirs d'orage unitaires à Wegenstetten et construction d'un nouveau décanteur avec un volume utile de 170 m³.
- ▶ Suppression de la station d'épuration existante à Hellikon et transformation des bassins existants en décanteurs. Le volume utile des bassins existants comporte env. 400 m³.
- ▶ Construction d'un canal de jonction entre Hellikon et Zuzgen (longueur 1900 m, diamètre 300 mm).
- ▶ Suppression d'un déversoir d'orage à Zuzgen et construction d'un nouveau décanteur avec un volume utile de 180 m³.
- ▶ Construction d'un nouveau décanteur à Zeiningen avec un volume utile de 380 m³.
- ▶ Utilisation de la capacité de stockage du réseau de canalisation de Möhlin par la construction de 2 canaux collecteurs avec un volume de 200 m³ chacun.
- ▶ Construction d'un bassin d'eaux pluviales (160 m³) avec canal de dérivation (commun avec l'effluent de la station d'épuration transformée de Möhlin) dans le Rhin (à la place du rejet dans le Möhlinbach existant jusqu'à présent). Traitement des eaux d'égout mixtes au moyen d'une installation de dégrillage. Utilisation d'autres volumes de collecteurs et de stockage totalisant 710 m³.
- ▶ Comme mesure complémentaire pour toutes les nouvelles constructions et transformations, on examinera (selon la loi sur la protection des eaux) la possibilité d'infiltration des

eaux de toiture ou de leur déversement direct dans le milieu récepteur le plus proche.

Le procédé général selon le projet «STORM»

Les informations et données existantes ont été mises à disposition de la planification des mesures selon le projet «STORM», par l'auteur du PGEE. Des informations complémentaires se rapportant à l'état des eaux superficielles et des eaux souterraines ont pu être obtenues par le bureau cantonal de la protection des eaux.

La planification proprement dite a été réalisée en étroite relation avec les ingénieurs du PGEE et le représentant du bureau cantonal de la protection des eaux. La proposition de mesures est le fruit d'une collaboration entre l'ingénieur du PGEE, le représentant du bureau cantonal de la protection des eaux et l'équipe «STORM». La proposition a été présentée aux politiciens locaux avant la prise de décision en faveur des mesures proposées.

Déversoirs d'orage

Identification des problèmes

Ni le rapport d'état des eaux [4], ni les indications complémentaires fournies par le bureau cantonal de la protection des eaux n'ont permis d'identifier un problème précis en rapport avec les déversoirs d'orage dans le Möhlintal, à l'exception des atteintes esthétiques locales. Les indications relatives aux pollutions possibles par les eaux usées (principalement en raison des examens de diatomée) n'ont pas pu être clairement attribuées aux déversoirs d'orage. La reproduction naturelle des truites de rivière dans le Möhlinbach et le fait qu'une pisciculture soit approvisionnée par l'eau du Möhlinbach indiquent qu'aucune atteinte importante n'est engendrée par les eaux usées. Des examens réguliers (échantillons aléatoires) effectués par le bureau cantonal de la protection des eaux entre 2000 et 2003 dans le Möhlinbach à Möhlin ont cependant permis d'acquiescer des indications sur l'état des eaux par temps de pluie. Selon ces indications, par exemple, la charge moyenne d'ammonium par temps sec s'élève à env. 5 g de NH₄-N/s. Le 18.05.2001 par temps de pluie, la charge d'ammonium se montait toutefois à 76 g de NH₄-N/s (calculée avec les données du tableau 1). On peut également calculer des indications semblables pour le COT (carbone organique total) et le COD (carbone organique dissous). Ces chiffres indiquent clairement une contamination par les déversoirs d'égouts unitaires.

Ces indications ne permettent cependant pas d'interpréter l'atteinte écologique du Möhlinbach par les déversoirs d'orage.

Afin de clarifier les atteintes écologiques possibles du Möhlinbach, des paramètres significatifs selon [8], ont été définis pour l'état réel et l'état de planification, pour différentes sections du Möhlinbach. Les paramètres sont d'ordre

Etude dans le Möhlinbach Möhlin 2000–2003		Temps sec 13 mesures		Temps pluie 1 mesure 18 mai 2001
Paramètre	[unité]	Valeur moyenne	Domaine	
Débit	[l/s]	238 (9 données)	130–300	2100
Température de l'eau	[°C]	11,7	5,5–20,7	11,6
pH	[–]	8,57	8,4–8,7	8,15
Conductivité électr.	[µS/cm]	770	663–880	445
Matières en susp.	[mg/l]	7,1	2–20	118
Oxygène dissous	[mg/l]	10,1	9,2–13,3	10,4
Ammonium-N	[mg/l]	0,021	0,000–0,031	0,036
Nitrate-N	[mg/l]	4,32	3,4–5,3	1,83
Phosphore total	[mg/l]	0,131	0,069–0,251	0,308
P-phosphate	[mg/l]	0,112	0,046–0,233	0,093
DBO ₅	[mg/l]	1,4	0,7–2,3	3,4
COT	[mg/l]	7,9	1,3–28,4	65
COD	[mg/l]	1,6	1,1–2,8	5,3

Tableau 1: Indications sur l'état chimique du Möhlinbach à Möhlin (évaluées sur la base des indications du département de construction du canton d'Argovie [5]).

Problèmes de protection des eaux retenus, leur pertinence et exigences proposées dans le projet «STORM»	Section de cours d'eau:	
	Möhlinbach: de Wegenstetten à Hellikon	Rhin Aux environs des déversements
Esthétique	Mesures nécessaires	Mesures nécessaires
Hygiénique (microorganismes)	A examiner (source)	? (lieu de baignade)
Température	A examiner	Non significatif
Stress mécanique-hydraulique	A examiner	Non significatif
Paramètre chimiques: ▶ NH ₃ /NH ₄ ⁺	A examiner	Non significatif
▶ MES	A examiner	Mesures nécessaires (barrage)
▶ Nutriments	Non significatif	?
▶ Autres	A examiner (source)	?

Tableau 2: Extrait de la «matrice d'évaluation» (exemple d'une section du Möhlinbach entre le Wegenstetten et Hellikon et des déversements d'orage dans le Rhin). L'importance de l'atteinte hygiénique du Rhin par des substances nutritives et d'autres substances (par ex. substances hormonales actives, HAPs, PCB, BTEX etc.) n'a pas été examinée dans cette étude. Cette problématique doit être examinée dans un cadre plus large.

esthétique, de stress mécanique-hydraulique, d'ammoniac, de MES (sédiments et turbidité) et partiellement de température (tableau 2). La clarification de la contamination possible de l'eau souterraine à Wegenstetten, Zuzgen et Zeiningen fait également partie des questions ouvertes (hygiène de l'eau potable et éventuellement contamination par d'autres substances). Des déficits d'oxygène et une forte contamination par des substances nutritives (phosphore) en rapport avec les déversements d'orage ont pu être apparemment exclus grâce aux indications provenant des examens cantonaux mentionnés ci-dessus.

Comme paramètres importants pour les déversements d'orage dans le *Rhin* (retenue en amont de la centrale électrique), les paramètres retenus ont été d'ordre esthétique, hygiénique (eau de baignade) et les MES (sédiments). L'importance des substances nutritives provenant des déversements d'orages devrait être éclaircie dans un cadre plus large (y compris stations d'épuration et exploitations agricoles), raison pour laquelle ce thème ne sera pas développé davantage dans cette étude.

Les exigences selon [8] ont été fixées pour les paramètres définis. Pour chaque section de rivière, l'incidence des déversements d'orage sur le maintien de ces paramètres (excepté le critère esthétique) a été examinée au moyen du programme de simulation REBEKA II [9].

L'identification de problèmes a été complétée par des observations effectuées en mai 2004 (par très beau temps): à différents endroits du Möhlinbach, des traces de contamination par les eaux usées ont été trouvées, pouvant probablement être attribuées (à l'exception des matières grossières provenant de rejets de déversements d'orage) à la contamination par temps sec:

- ▶ Des traces de mousse ont clairement été observées à Möhlin, en amont du déversement des eaux usées provenant de la station d'épuration (figure 4).
- ▶ A plusieurs endroits, entre Wegenstetten et Zeiningen, des matières grossières provenant manifestement des déversements d'orage (figure 5) ont été aperçues au bord et dans la rivière.

- ▶ Une forte végétation (plantes aquatiques et algues) a pu être observée en maint endroit du Möhlinbach (figure 6).

Mesures en matière de traitement des eaux déversées

Compte tenu de la situation locale et du temps imparti au traitement, l'accent a été mis sur les mesures de traitement

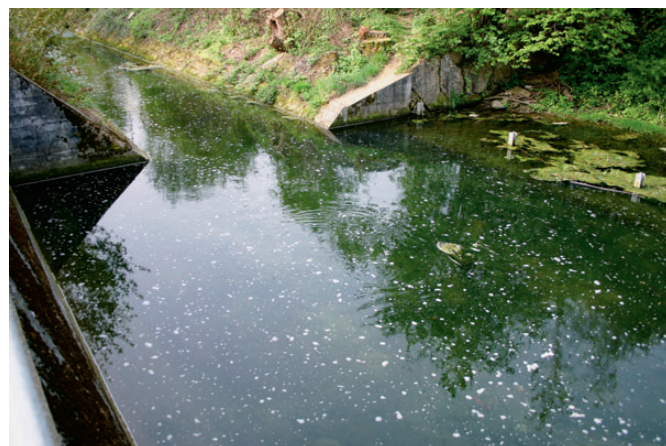


Figure 4: Traces de mousse dans le Möhlinbach à Möhlin, le 29 avril 2004.



Figure 5: Matières grossières dans le Möhlinbach à Hellikon, le 29 avril 2004.



Figure 6: Plantes aquatiques et algues dans le Möhlinbach, le 29 avril 2004.

des eaux d'égout mixtes (comme alternative aux mesures proposées par le PGEE). Les mesures complémentaires (infiltration et déversements directs des eaux de ruissellement) ont déjà fait l'objet d'une décision et d'une acceptation lors des examens effectués dans le cadre du projet «STORM».

Compte tenu de la protection des eaux superficielles et des eaux souterraines dans le Möhlintal supérieur, il a été décidé d'exploiter au maximum la capacité de la canalisation existante pour amener autant d'eaux usées que possible à la station d'épuration de Möhlin. Des calculs hydrodynamiques supplémentaires ont été effectués, afin de déterminer la capacité maximale des canalisations. Dans différentes sections du Möhlinbach, les critères d'immission pour les paramètres définis ont été examinés au moyen de REBEKA II. Aucune exigence de type immission n'a pu être définie (concernant principalement la sédimentation des matières solides dans la région du barrage) pour le déversement des eaux pluviales dans le Rhin (rejet avant la STEP de Möhlin). Les mesures destinées au traitement des eaux d'égout mixtes à Möhlin ont ainsi été choisies et examinées en fonction de leurs coûts et de leurs performances.

En accord avec les ingénieurs du PGEE et des représentants du bureau cantonal de la protection des eaux, le bassin versant a été fragmenté en plusieurs segments de rivière et pour chaque fragment une représentation rationnelle du système d'assainissement a été réalisée. Les résultats des simulations déjà effectuées dans le cadre des travaux du PGEE ont pu être utilisés à cet effet. La majeure partie des données d'entrée pour les calculs étaient disponibles et ont pu être utilisées directement ou avec de petites adaptations pour les calculs au moyen de REBEKA II.

Autres questions en rapport avec l'assainissement par temps de pluie

Des spécialistes ont été invités à Wegenstetten, Zuzgen et Zeiningen, afin d'examiner une contamination possible des eaux souterraines par les déversements des eaux d'égout mixtes (cf. chap. «Atteinte aux eaux souterraines par les eaux pluviales dans la vallée du Möhlinbach»).

Le procédé développé dans le cadre du projet «STORM» a été appliqué lors de l'évaluation des déversements directs d'eau de ruissellement en relation avec l'augmentation possible de la température dans un petit milieu récepteur [10].

Les déversements directs d'eaux de ruissellement provenant des toitures individuelles ont pu être déterminés sur la base du «Rapport d'état sur le bassin versant» [4]. La surface de l'ensemble des toitures directement raccordées comprend env. 35 000 m². Les déversements individuels ont été rassemblés en un seul déversement fictif pour chaque village. L'augmentation possible de température a été examinée au moyen du modèle simple selon [9] en rapport avec des conditions défavorables (température de l'eau du milieu récepteur en été = 16 °C et pour un débit minimal Q_{347}). L'augmentation de température à court terme la plus élevée du Möhlintal a été déterminée dans le voisinage des rejets à Wegenstetten. Elle ne s'élève cependant que de 2,6 à 3 °C et se trouvait ainsi nettement au-dessous des valeurs de tolérance proposées [8, 10].

Résultats des calculs

La modélisation du système d'assainissement du Möhlintal au moyen de REBEKA II a été réalisée d'amont en aval en plusieurs étapes, chaque fois jusqu'à un ouvrage de déversement. Le débit (constant) à l'aval du déversoir amont situé plus haut a été défini chaque fois comme afflux constant par temps de pluie. Cette démarche est exigeante, car la plage des concentrations des substances doit également être évaluée en afflux constant. La première étape consistait à examiner l'état existant (2004), compte tenu des exigences proposées dans le cadre du projet «STORM». Dans une deuxième étape, un nouvel état a été calculé, en tenant compte des mesures prévues par le PGEE. La troisième étape comprenait l'examen des mesures alternatives proposées par le PGEE. Les conditions marginales les plus importantes de la troisième étape de l'examen comprenaient la suppression de la station d'épuration de Hellikon et le déversement des eaux d'égout mixtes provenant du rejet de la station d'épuration de Möhlin dans le Rhin.

Le calcul de l'état réel a montré que les valeurs critiques des paramètres examinés par calcul sont respectées quasiment partout avec une probabilité de plus de 90 %. Seule exception, le déversement d'eaux d'égout mixtes avant la station d'épuration de Hellikon, où le respect des exigences relatives à l'ammoniac tombe à 80 % et surtout les exigences relatives à la turbidité sont nettement dépassées. Cependant, la courbe des fréquences cumulées des probabilités est très abrupte (15 % pour un temps de retour = 0,2 an, 50 % pour un temps de retour = 0,5 an et 90 % pour un temps de retour = 1 an). Compte tenu des expériences insuffisantes en relation avec l'introduction dans cette problématique du paramètre «turbidité», aucune décision ne peut encore être déduite.

L'examen des mesures prévues dans le PGEE est présenté dans le tableau 3. Aucun écart important des valeurs critiques n'a été établi dans ce cas, seules la turbidité à Wegenstetten

Tableau 3: Probabilité de non-dépassement des critères d'immission critiques aux points de contrôle des sections de rivière définies dans le Möhlintal, lors des mesures planifiées dans le PGEE pour le traitement des eaux d'égout mixtes à Wegenstetten, Hellikon, Zuzgen et Zeiningen. Fréquence de dépassement tolérable des valeurs critiques: NH_3 : 0,2 an, hydraulique 10 fois/an, turbidité (degré 8): 0,2 an, Durée tolérable du colmatage du fond et des contacts avec des sédiments toxiques: 10% du temps par année.

Point de contrôle dans la rivière avec les mesures proposées	Probabilité de non-dépassement des exigences [%]				
	NH_3	Hydraulique	Colmatage	MES	Turbidité
Wegenstetten: Bassin de rétention $Q_{in} = 17 \text{ l/s}$, $V = 170 \text{ m}^3$	>95	>95	>95	>95	65
Hellikon: Bassin de rétention $Q_{in} = 30 \text{ l/s}$, $V = 280 \text{ m}^3$	>95	>95	>95	>95	>95
Zuzgen: Bassin de rétention $Q_{in} = 45 \text{ l/s}$, $V = 180 \text{ m}^3$	>95	>95	>95	>95	>95
Zeiningen: Bassin de rétention $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 380 \text{ m}^3$	70	85	>95	>95	>95

et la concentration d'ammoniac à Zeiningen ont fait l'objet de plus petites probabilités de respect des valeurs critiques.

L'examen des mesures selon le projet STORM est présenté dans le tableau 4. Il se distingue fondamentalement des mesures examinées dans le cadre du PGEE selon les recommandations de 1977 [1]. Comme dans le PGEE, les mesures complémentaires (infiltration et déversements directs des eaux de ruissellement lors de nouvelles constructions et transformations) sont également prises en compte ici. Comparé au PGEE, notre projet permet de renoncer aux bassins décanteurs de Wegenstetten et Zuzgen et de réduire le volume utile du bassin décanteur de Zeiningen à env. 200–300 m^3 .

Les mesures pour le traitement des eaux d'égout mixtes avant la station d'épuration de Möhlin (rejet dans le Rhin) n'ont pas pu être examinées sur la base des exigences d'immission pour le Rhin. Aussi des mesures efficaces de rétention des matières solides dans les eaux d'égout mixtes ont été choisies avant le déversement dans la retenue sur le Rhin. Un volume de stockage de 970 m^3 disponible dans les canalisations en amont peu également être utilisé à cet effet. Cet objet a nécessité un examen plus détaillé (tableau 5).

Mesures recommandées pour le traitement des eaux unitaires

Un dégrilleur et un bassin de sécurité en cas d'avarie de 30 m^3 doivent être construits à Wegenstetten à la place du décanteur pour eaux pluviales planifié

Point de contrôle dans la rivière avec les mesures proposées	Probabilité de non-dépassement des exigences [%]				
	NH_3	Hydraulique	Colmatage	MES	Turbidité
Wegenstetten: Dégrilleur, bassin sécurité $Q_{in} = 50 \text{ l/s}$, $V = 30 \text{ m}^3$	>95	>95	>95	>95	90
Hellikon: Bassin de rétention $Q_{in} = 30 \text{ l/s}$, $V = 280 \text{ m}^3$	>95	>95	>95	>95	>95
Zuzgen: Dégrilleur, bassin sécurité $Q_{in} = 45 \text{ l/s}$, $V = 30 \text{ m}^3$	>90	>95	>95	>95	>95
Zeiningen: Dégrilleur, bassin sécurité (Var 0) $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 30 \text{ m}^3$	32	81	>95	>95	>95
Zeiningen: Bassin de rétention (Var 100) $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 100 \text{ m}^3$	57	84	>95	>95	>95
Zeiningen: Bassin de rétention (Var 200) $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 200 \text{ m}^3$	64	87	>95	>95	>95
Zeiningen: Bassin de rétention (Var 300) $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 300 \text{ m}^3$	70	88	>95	>95	>95
Zeiningen: Bassin de rétention (Var 400) $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 400 \text{ m}^3$	73	89	>95	>95	>95
Zeiningen: Bassin de rétention (Var 500) $Q_{in} = 78 \text{ l/s}$, $V = 500 \text{ m}^3$	76	90	>95	>95	>95

Tableau 4: Probabilité de non-dépassement des critères d'immission critiques aux points de contrôle des sections de rivière définies dans le Möhlintal lors des mesures proposées par le projet «STORM» pour le traitement des eaux d'égout mixtes à Wegenstetten, Hellikon, Zuzgen et Zeiningen.

Variante retenue	1	2	3	4	5	6
Volume bassin de rétention [m^3]	1000	1000	500	500	220	430
Vitesse d'écoulement dans bassin lors de Q_{max} [m/s]	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05
Q_{max} dans le bassin (Q_{in} rejeté en amont) [l/s]	2850	1850	1850	1220	1100	1100
Rejets en amont:						
► Nbre déversements [a^{-1}]	2	8	8	18	21	21
► Volume déversé [m^3/a]	3500	14 800	4 800	39 100	47 500	47 500
Déversement bassin:						
► Nbre déversements [a^{-1}]	95	95	95	95	95	95
► Volume déversé [m^3/a]	384 800	373 500	420 900	396 600	414 500	394 700
Volume déversé total [m^3/a]	388 300	388 300	435 700	435 700	462 000	442 200

Tableau 5: Examen de la contamination du Rhin par les eaux d'égout mixtes avec différentes variantes de bassins décanteurs avant la STEP de Möhlin.

et la capacité de débit vers la STEP doit être réglée à 50 l/s. La station d'épuration des eaux existante à *Hellikon* (pour *Wegenstetten* et *Hellikon*) sera supprimée et les bassins existants (décanteur primaire et secondaire et év. bassin à boues activées) seront réutilisés pour le traitement des eaux pluviales. Cet endroit permet la réalisation d'un bassin raccordé au réseau. Les dimensions exactes doivent être déterminées en fonction des coûts et des performances relatives aux émissions. Un volume maximal d'env. 400 m³ est disponible. Les calculs et les estimations de coûts ont été réalisés pour un volume approprié de 280 m³. Un dégrilleur et un bassin en cas d'avarie de 30 m³ doivent être construits à *Zuzgen* à la place du décanteur pour eaux pluviales planifié. La capacité du débit aval est de 45 l/s. Un bassin décanteur avec un volume utile de 200 à 300 m³ permettant l'utilisation de la capacité hydraulique maximale de la canalisation de jonction *Zeiningen-Möhlin* ($Q_{\text{aval}} = 78$ l/s) doit être construit à *Zeiningen*.

À *Möhlin*, le plus grand volume d'eau pluviale possible doit être dirigé vers le traitement des eaux pluviales avant la STEP. Comme le prévoit le PGEE, plutôt que le *Möhlinbach*, le Rhin doit être choisi en tant que milieu récepteur (conjointement avec l'effluent nouvellement planifié de la STEP de *Möhlin*). Ainsi, le *Möhlinbach* pourra largement être déchargé des eaux usées. Compte tenu de la retenue des matières solides avant le déversement des eaux pluviales dans l'espace de retenue sur le Rhin, la capacité de stockage dans la canalisation (env. 970 m³) peut également être utilisée, outre le traitement des eaux pluviales dans le bassin décanteur avant la STEP. Sur la base des exigences d'immission, il nous est actuellement impossible de définir des exigences en terme de MES avant déversement dans le Rhin. Les simulations pour différents volumes de bassins décanteurs ont montré que les performances limites relatives aux MES diminuent sensiblement pour des volumes de décanteurs pour eaux pluviales plus grand qu'env. 500 m³. Ces calculs sont toutefois très simpli-

fiés et leur interprétation dès lors fort incertaine. À cet effet, l'alimentation du bassin de décantation (Q_{amont} du rejet initial) a été examinée de manière plus détaillée par l'auteur du PGEE, en tenant compte des vitesses d'écoulement dans le bassin décanteur (tableau 6). La construction d'un plus grand bassin décanteur pour les eaux pluviales (comparé à la proposition du PGEE) pourrait réduire les fréquences de déversement dans le Rhin. Son effet favoriserait certainement aussi la baignade dans les eaux du Rhin.

Par une conception appropriée des bassins décanteurs, les atteintes esthétiques éventuelles aux eaux seront également limitées.

Coûts des mesures

Les variantes ainsi que les coûts – coûts annuels pour la durée de vie des constructions (50 ans) et de l'équipement (15 ans) – sont réunis dans le tableau 6. Ces indications et celles relatives au respect des exigences imposées ont été présentées simultanément aux autorités et aux politiciens locaux pour la prise de décision quant à la réalisation.

Atteinte aux eaux souterraines par les eaux pluviales dans la vallée du Möhlinbach

Le *Möhlinbach* figure parmi les zones protégées de captages d'eau potable (Dispositions sur les zones protégées: cf. [12]). Au cas où le *Möhlinbach* perdait de l'eau dans le sous-sol à proximité des captages, il compromettrait la qualité de l'eau potable. Aussi, les documents disponibles seront-ils examinés quant aux relations possibles entre la rivière et les eaux souterraines dans le voisinage des captages. Le captage d'eau potable *Talmatt* de la commune de *Wegenstetten* refoule de l'eau provenant d'un fond rocheux constitué de calcaire parfaitement perméable. Ce captage ne présentait aucune relation hydraulique entre les eaux souterraines et le *Möhlinbach*

Cours d'eau: Möhlintal	Proposition «recommandations 1977»			Proposition «STORM»		
	Mesure	Investissement [Fr.]	Coûts annuels [Fr./a]	Mesure	Investissement [Fr.]	Coûts annuels [Fr./a]
Wegenstetten	BR 170 m ³	510 000.–	10 200.–	Dégrilleur, BR sécurité V = 30 m ³	200 000.–	6 400.–
Hellikon	Transformation STEP en BR	Non pris en compte		Transformation STEP en BR	Non pris en compte	
Zuzgen	BR 180 m ³	540 000.–	10 800.–	Dégrilleur, BR sécurité V = 30 m ³	210 000.–	7 000.–
Zeiningen	BR 380 m ³	1 140 000.–	21 300.–	BR 300 m ³	870 000.–	17 400.–
Möhlin	Dégrilleur, canalisation, BR 160 m ³	1 350 000.–	31 700.–	BR 500 m ³	1 350 000.–	27 000.–
Total		3 540 000.–	74 000.–		2 630 000.–	57 800.–

Tableau 6 : Comparaison des mesures et de leurs coûts. Estimation de la durée de vie: partie construction 50 ans, équipement 15 ans. Intérêt réel: différence sur une longue période entre l'intérêt du marché et le renchérissement: 2%. [11].

[13]. La commune de *Hellikon* est approvisionnée en eau potable par des sources à flanc de coteau situées à un niveau supérieur.

À *Zuzgen*, le niveau de la nappe phréatique se situe seulement à 0,25–1,5 m au-dessous du terrain, alors que le niveau d'eau du captage de *Weihermatt* se trouve, lui, à une profondeur de 8,8 m [14]. Lors de l'abaissement de la nappe phréatique dû au pompage, *Schmassmann* [15] présume une infiltration considérable de l'eau de la rivière dans les eaux souterraines, devant cependant se produire essentiellement dans la partie supérieure de la vallée. La carte des eaux souterraines [6] indique pourtant exactement l'inverse entre *Wegenstetten* et *Zeiningen*, à plusieurs endroits une exfiltration des eaux souterraines dans la rivière. À vue d'oeil, les valeurs de la courbe de débit du *Möhlinbach* relevées entre 1999 et 2003 ne présentent aucune corrélation avec les valeurs du niveau de la nappe phréatique mesurées à env. 15 jours d'intervalle entre 1975 et 2003. La fluctuation phréatique saisonnière ne varie que d'env. 1,6 m (le niveau inférieur de la nappes phréatique est souvent atteint en automne). De 1989 à 1993, la température des eaux souterraines n'oscillait que d'env. 0,7 °C. Cette situation révèle une faible probabilité d'infiltration permanente et substantielle d'eau de rivière dans les eaux souterraines à proximité des captages.

À *Zeiningen*, le niveau de la nappe phréatique se situe entre 7,5 et 9,0 m sous le niveau d'eau de la rivière. Un sondage révèle la présence d'une eau souterraine intercalaire et à faible profondeur subissant une infiltration d'eau de rivière [16.]. Ce sondage montre que l'eau souterraine intercalaire est séparée de la nappe phréatique inférieure par une couche de limon sableux. Les mesures du niveau de la nappe phréatique effectuées à env. 15 jours d'intervalle (1988–2003) ne présentent aucune corrélation avec la courbe de débit du *Möhlinbach*. La fluctuation phréatique saisonnière varie d'env. 9 m, bien plus qu'à *Zuzgen*. Le niveau inférieur de la nappe souterraine apparaît souvent en automne également. Dans la même période, la température des eaux souterraines oscillait d'env. 2 °C, comme à *Zuzgen*. En comparant ces données avec celles de *Zuzgen* (plus grandes fluctuations phréatiques et de la température des eaux souterraines), on remarque qu'une certaine influence de l'eau souterraine par le *Möhlinbach* est plus probable à *Zeiningen*.

Considérations sur l'étude de cas

Rapport PGEE sur l'état des eaux comme base de la planification selon «STORM»

Une partie des informations provenant des PGEE existants (principalement le rapport sur l'état des eaux) n'a pas pu être utilisée. En effet, certaines indications sont plutôt trop détaillées et d'autre part plusieurs problèmes et leurs causes n'y ont pas été clairement identifiés. Le programme *REBEKA* a été utilisé pour identifier des problèmes dans le cadre du traitement du rapport sur l'état des milieux récepteurs. En outre,

un examen morphologique approfondi du *Möhlinbach* a été effectué et certains examens chimiques sont disponibles. Les résultats n'ont toutefois pas été interprétés en fonction de la nécessité des mesures. En conclusion du «rapport sur l'état des milieux récepteurs» la valeur unitaire «U» a été fixée à 40 (comme base pour la prochaine phase de planification). Cette situation montre la nécessité d'une future adaptation des «rapports sur l'état des milieux récepteurs» aux bases requises par le projet «STORM».

Simplification du système pour les calculs au moyen de REBEKA II

La simplification du système pour les calculs au moyen de *REBEKA II* a représenté l'étape la plus exigeante de la planification des mesures dans ce bassin hydrologique. Comme le mentionne déjà le chapitre «Résultats des calculs», la modélisation du système d'assainissement dans le *Möhlintal* s'effectue d'amont en aval en plusieurs étapes, chaque fois jusqu'à un déversoir d'eaux d'égout mixtes examiné (1 ouvrage de décharge pour chaque commune, 2 en premier lieu à *Möhlin*, réunis ensuite en un seul). Le débit à l'aval du déversoir a été défini chaque fois comme afflux constant par temps de pluie. Ce type de simplification est particulièrement exigeant pour la détermination des concentrations moyennes et leurs domaines de variation pour l'ammonium et les MES. Les indications pour la détermination de ces paramètres dans *REBEKA II* ne peuvent pas être obtenues par des programmes de simulation déterministes.

REBEKA II est actuellement le seul programme de simulation permettant d'examiner de manière relativement simple les critères d'immission dans de petits cours d'eaux en rapport avec les déversement des eaux d'égout mixtes. Les alternatives possibles (par ex. la connexion de plusieurs modèles déterministes pour simuler le système d'assainissement et le milieu récepteur) sont généralement trop coûteuses. C'est pourquoi un perfectionnement de *REBEKA II* permettant le calcul simultané dans plusieurs sous-bassins versants est une voie prometteuse pour favoriser l'évolution des outils de travail.

Données nécessaires pour les calculs

La majorité des données pour les calculs ont pu être reprises des documents PGEE. Les données manquantes ont dû être 1) établies à partir de documents supplémentaires, par ex. la valeur du pH dans le *Möhlinbach* provient des analyses du bureau cantonal de la protection des eaux, 2) estimées sur la base des connaissances locales: par ex. les valeurs moyennes de la caractérisation du lit de rivière dans différentes sections ou 3) tirées de la littérature, pour les valeurs «par défaut» (par ex. de [17]). À cet effet, il est important de déterminer les données influençant fortement les résultats de manière la plus précise possible. La détermination des paramètres sensibles fait partie des étapes de travail les plus importantes de ce type de calcul (cf. aussi [18 et 19]).

Interprétation des probabilités

Aussi bien le programme de simulation (REBEKA II) que les critères pour les exigences prennent en compte des sécurités relativement élevées. Ce fait doit aussi être pris en considération lors de l'interprétation des probabilités. En outre, il doit être tenu compte de la présence constante de concentrations élevées en oxygène dans le Möhlinbach, selon les indications mesurées (tableau 1), excluant tout effet synergique de pollution, par ex. avec l'ammoniac.

Nous ne disposons actuellement que de peu d'expérience d'interprétation de ces probabilités (cf. aussi [18 et 19]). Comme des indications quantitatives sont toutefois nécessaires à la prise de décision, l'interprétation suivante des probabilités a été proposée dans le cadre de ce projet:

- Si les probabilités de non dépassement sont >60%, les objectifs seront très certainement atteints. Le risque que les critères soient dépassés est faible.
- Si les probabilités de non dépassement se situent entre 40 et 60%, les objectifs seront probablement atteints. Le risque que les critères soient dépassés se présente avec une probabilité de 60 à 40%.
- Si les probabilités de non dépassement sont <40%, les objectifs ne seront probablement pas atteints. Le risque que les critères soient dépassés se présente avec une probabilité supérieure à 60%.

Mesures pour la protection des eaux souterraines avant une pollution éventuelle par infiltration d'eau de rivière

La connectivité entre le Möhlinbach et les eaux souterraines n'est pas clairement perceptible aujourd'hui. Alors qu'il n'existe aucune indication de flux d'infiltration à Wegestetten et que cette indication est contradictoire à Zuzgen, son existence est plutôt probable à Zeiningen. L'ampleur et la durée d'une infiltration éventuelle, particulièrement à un niveau élevé de la nappe phréatique, devraient être déterminées au moyen d'autres méthodes (par ex. par une étude de longue durée des éléments bactériologiques et chimiques contenus dans l'eau souterraine). Compte tenu de la protection des eaux souterraines contre la pollution par le déversement des eaux d'égout mixtes dans le Möhlinbach, des mesures appropriées devraient être prescrites et ancrées dans la loi, au-delà d'une simple surveillance du Möhlinbach. Les examens ne pourront toutefois être réalisés qu'après la suppression de la station d'épuration de Hellikon.

Décision concernant la réalisation des mesures.

Pour faciliter une décision quant à la réalisation des mesures, l'auteur du projet doit présenter des informations portant sur les résultats, les performances, les coûts, les délais et les autres aspects de la réalisation.

Dans un processus de décision, les performances des mesures examinées et leur adéquation avec les exigences requises sont en premier lieu examinées. Les incertitudes, évaluées numériquement par le biais de probabilités, sont également

Combinaison de mesures	AfU 1977	«STORM»
Atteinte des objectifs	Protection des eaux non étudiée explicitement	Probable à très probable
Coûts annuels [10 ³ Fr./a]	74 *	58 *
Délai de réalisation	5 ans	5 ans
Autres conditions marginales	Mise en séparatif des réseaux	Mise en séparatif, vérification des effets des mesures

* Sans coûts de transformation de la STEP de Hellikon

Tableau 7: Exemple de présentation des résultats pour la discussion avec les responsables communaux et cantonaux.

prises en compte. Les principes méthodologiques de cette planification sont ainsi respectés. Cependant, l'interprétation des incertitudes ne peut être donnée que verbalement. La comparaison des coûts des mesures, des délais de réalisation ainsi que des considérations relatives à d'autres conditions (comme par ex. la fiabilité de l'exploitation, les aspects socio-politiques etc.) sont présentées dans le tableau 7.

Vérification des résultats

La vérification des résultats est un élément essentiel de toute planification de mesures. Elle doit être effectuée aussi bien au niveau d'émission qu'au niveau d'immission.

Vérifications au niveau des émissions

Le niveau d'émission se rapporte principalement au *contrôle d'exploitation* des installations de traitement des eaux pluviales. Le contrôle d'exploitation doit être assuré par l'exploitant des installations, de manière analogue à celui des stations d'épuration. Lors de ces examens, des données d'exploitations (par ex. bilans de volume entre apports, rejets et déversement) doivent être relevées pendant un nombre suffisant d'événements pluviaux. Compte tenu des coûts, des examens simples seront en premier lieu réalisés avant de les évaluer et de les interpréter au moyen de simulation. Le programme et les coûts du contrôle d'exploitation seront intégrés dans la planification des différentes installations.

Vérifications au niveau des immissions

La *vérification des résultats* des mesures du *point de vue des milieux récepteurs*, doit être réalisée avant tout dans le cadre du *Plan général d'évacuation des eaux* (PGEE) et éventuellement également du *Plan régional d'évacuation des eaux* (PREE). Ces vérifications doivent être soutenues de manière prépondérante par les programmes d'examen établis par les bureaux spécialisés de protection des eaux (module de niveau R, év. module de niveau L et autres examens, comme par ex. examens des eaux de baignade, etc.). À ce propos, d'éventuelles adaptations méthodologiques, prenant également en

compte la situation spécifique du temps de pluie, devront être intégrées. En plus de l'examen des objectifs du Möhlinbach, une atteinte possible de la retenue sur le Rhin (qualité hygiénique et qualité chimique des sédiments à proximité des déversements) ainsi qu'une atteinte éventuelle des eaux souterraines à Zeiningen doivent également être considérées.

Conclusions

L'étude a montré que le procédé de planification proposé est adapté à la pratique. Des connaissances et expériences correspondantes de la part du planificateur sont cependant présupposées dans ce domaine. Le temps consacré à la préparation des données et aux calculs représente 60 à 80 heures (sans compter les entretiens et les visites). Cette dépense de temps peut toutefois s'accroître considérablement si les données de base manquent. Ces bases doivent être disponibles dans les «rapports d'état» du PGEE. Cela signifie en particulier que le «rapport d'état sur les milieux récepteurs» doit être adapté à la pratique.

Lors de la mise en oeuvre de l'approche «STORM», les problèmes se situent principalement au niveau de la simplification des systèmes complexes d'assainissement et de l'interprétation des probabilités. La simplification du système représente l'étape la plus exigeante et une origine possible d'erreurs importantes. Actuellement, les outils de travail appropriés manquent encore sur le marché. Aussi, la mise à la disposition d'un logiciel approprié (par ex. le perfectionnement de REBEKA II) est-il recommandé. Un manque d'expériences dans l'interprétation des probabilités est encore manifeste. L'évaluation numérique des incertitudes est incontestée, mais des simplifications doivent être acceptées provisoirement pour l'interprétation. Aussi, une vérification systématique des résultats des mesures s'avère-t-elle indispensable.

Littérature

- [1] OFPE (1977): Recommandations pour la conception et les dimensions des déversoirs de crue et bassins de décharge des eaux pluviales. Office fédéral de la protection de l'environnement, 13 pp, Berne.
- [2] Kreikenbaum S., Güde H., Krejci V. und Rossi L. (2004): Hygienische Probleme bei Regenwetter. Gas-Wasser-Abwasser, Nr. 11: 807–815. Titre français: «Problèmes hygiéniques par temps de pluie», disponible sur le site <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>.
- [3] www.google.ch, mot clé utilisé: Möhlental.
- [4] Gemeinden Möhlental (2003): Genereller Entwässerungsplan (Zustandsberichte und Zustandspläne).
- [5] Baudepartement des Kt. AG (2004): Resultate der chemischen Untersuchungen im Möhlinbach (unveröffentlichte Angaben).
- [6] Baudepartement des Kantons Aargau (1996): Grundwasserkarte 1: 25 000, Blatt Rheinfelden, Ausgabe 1996.
- [7] Baudepartement des Kantons Aargau (1998): Gewässerschutzkarte 1: 25 000, Blatt Rheinfelden, Ausgabe 1998.
- [8] Rossi L., Krejci V., Kreikenbaum S. (2004): Anforderungen an die Abwassereinleitungen. GWA n° 6, 431–438. Titre français: «Exigences légales en matière d'assainissement par temps de pluie», disponible sur le site <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>.

Remerciements

Nous remercions vivement les délégués des communes à la commission du syndicat des eaux usées du Möhlental pour avoir accordé leur consentement à la réalisation de cette étude de cas et pour l'examen des résultats. Nous témoignons notre reconnaissance à Monsieur Christian Fuchs (Bureau d'ingénieur Aegerter et Bosshardt à Bâle) pour la réalisation des calculs de simulation hydrodynamique, Monsieur Arno Stöckli (Département de construction du canton l'Argovie), pour les précieuses informations sur l'état des eaux dans le Möhlental et Monsieur David Schönbächler (Département de construction du canton d'Argovie) pour son soutien lors de l'examen de la problématique des eaux souterraines.

- [9] Fankhauser R., Kreikenbaum S., Rossi L. und Rauch W. (2004): REBEKA II – Software zur Unterstützung der Massnahmenplanung. Gas-Wasser-Abwasser, Nr. 11: 817–822. Titre français: «REBEKA II – Un logiciel pour l'aide à la planification de mesures de protection par temps de pluie», disponible sur le site <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>.
- [10] Rossi L. und Hari R. (2004): Temperaturveränderungen im Gewässer bei Regenwetter. In: Projekt «STORM» Abwassereinleitungen aus Kanalisationen bei Regenwetter, Gas-Wasser-Abwasser, Nr. 11: 795–805. Titre français: «Influence des rejets urbains par temps de pluie sur la température des cours d'eau», disponible sur le site <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>.
- [11] Munz W. (1983): Methodik der Kostenvergleiche von Abwasseranlagen, EAWAG Dübendorf.
- [12] BUWAL (2003): Wegleitung Grundwasserschutz – Konsultationsentwurf Oktober 2003. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 135 S.
- [13] Schmassmann H.J. (1968): Bericht über die Felsbohrung bei der Mühleweiherquelle, Gemeinde Wegenstetten AG, Liestal, 25. Januar 1968.
- [14] Riner & Süess (1957): Technischer Bericht, geologische Gutachten und Wasseranalysen, Gemeinde Zuzgen AG, Aarau, 4. Dezember 1957.
- [15] Schmassmann H.J. (1972): Gutachten über die Trinkwasserschutz-zonen der Gemeinde Zuzgen AG, Liestal, 25. Januar 1968.
- [16] Wyssling L. (1975): Hydrogeologische Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffung bei Zeiningen AG – Erste Untersuchungsphase, Pfaffhausen, 15. September 1975.
- [17] Rossi L., Gujer W., Kreikenbaum S. und Fankhauser R. (2004): Modélisation des matières en suspension (MES) dans les rejets urbains en temps de pluie. Gas-Wasser-Abwasser, Nr. 10: 753–761
- [18] Kreikenbaum S., Rauch W., Krejci V. und Fankhauser R. (2004): Unsicherheiten in der Planung. GWA 8: 587–594. Traduction française: «Prise en compte des incertitudes lors de la planification de mesures de protection» disponible sur le site: <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>.
- [19] Krejci V., Kreikenbaum S. und Fankhauser R. (2004): Akute stoffliche und hydraulische Beeinträchtigungen. Gas-Wasser-Abwasser, Nr. 9: 671–679. Titre français: «Impacts aigus liés à l'ammoniac et au stress hydraulique», disponible sur le site <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>.

Impressum

Cette étude a été initiée par l'office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et par l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG). Elle est présentée sous la forme du projet «STORM: Assainissement par temps de pluie».

© EAWAG, BUWAL (2004)

Responsable de projet:

Vladimir Krejci, Dr. sc. tech.

Collaborateurs

Rolf Fankhauser, Dr. phil.

Andreas Frutiger, Dr. sc. nat.

Simon Kreikenbaum, Dipl. Ing. ETH

Luca Rossi, Dr. sc. tech.

Le projet STORM a été suivi par un groupe d'experts:

Erwin Bieri, OFEFP

Prof. Dr. Markus Boller, EAWAG

Patrick Fischer, OFEFP

Prof. Dr. Willi Gujer, ETHZ et EAWAG

Rolf Lüdi, OFEFP

Prof. Dr. Wolfgang Rauch, Universität Innsbruck

Kurt Suter, VSA und Baudepartement des Kantons Aargau

Traduction

Daniel Eschmann, Luca Rossi

Layout

Peter Nadler, Küsnacht

Graphisme

Lydia Zweifel

Commande

EAWAG, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

http://www.eawag.ch/publications/d_index.html
