

Vers une mise en pratique de la durabilité en assainissement pluvial

La décision prise dans les années 90 d'évacuer les eaux pluviales urbaines par des canalisations séparées va être source de changements importants dans le domaine de l'assainissement pour les années et les décennies à venir. En outre, il devient de plus en plus évident que les eaux pluviales sont elles aussi chargées de pollutions diverses. Pour pouvoir envisager des mesures de protection de l'environnement adaptées, il est impératif de bien connaître les sources de pollution ainsi que les concentrations et les flux de polluants. Ci-après sont présentés divers instruments de limitation de la pollution des eaux pluviales ainsi que des premiers cas concrets d'application.

En Suisse, les eaux pluviales sont principalement évacuées par les canalisations du réseau unitaire. Dans ce système, elles sont mélangées avec les eaux usées domes-

tiques et industrielles, puis transportées vers les stations d'épuration dans lesquelles le mélange est traité avant d'être rejeté dans le milieu naturel. Au début des années 90, on commença à remettre cette approche en question, considérant en effet qu'il était inutile aux eaux pluviales généralement peu polluées de faire le détour par les stations d'épuration. Au lieu de cela, il fut proposé de les faire s'infiltrer sur place ou bien de les transporter dans un réseau séparatif. On sait depuis que les eaux pluviales ne sont pas exemptes de polluants et que la vision de l'époque était trop optimiste. Le problème de pollution concerne tout particulièrement les eaux qui ruissellent sur des surfaces stabilisées telles que les toitures ou les voiries. Pour pouvoir prendre des mesures compensatoires, il faut cependant tout d'abord déterminer la nature, la quantité et le comportement des substances transportées par les eaux de pluie. L'EAWAG s'est lui aussi engagé dans le domaine de l'assainissement pluvial durable. Cet article donne une vue d'ensemble des projets de recherche en cours et présente un certain nombre de mesures compensatoires envisageables.

Tout dépend de la surface

Les eaux pluviales qui entrent dans le réseau peuvent avoir ruisselé sur une multitude de surfaces différentes, composées des matériaux les plus divers. Il est donc impensable d'évaluer les propriétés des eaux pluviales dans chaque cas de figure. Pour pouvoir tout de même tenir compte de la plupart des situations, on classe les surfaces urbaines dans différentes catégories présentant divers degrés de pollution potentielle (Tab. 1). C'est la seule façon de rendre le système utilisable. Dans cet esprit, les autorités et les associations de professionnels ont élaboré toute une série de directives et de guides pratiques, dont notamment le guide de «Protection des eaux

Tab. 1: Evaluation de la pollution des eaux ruisselant sur différentes surfaces stabilisées.

Surface	Informations sur la pollution potentielle des eaux de ruissellement	Degré de pollution
Toitures et espaces verts		
Espaces verts, toits verts sans matériaux renfermant des pesticides	Bon effet tampon sur l'écoulement et bonne rétention de polluants sur le toit.	faible
Toitures en matériaux inertes non métalliques, toits en verre, terrasses	Même degré de pollution que la pluie elle-même. Accumulation lente de polluants dans le sol dans le cas d'une infiltration.	faible
Toitures composées principalement de matériaux inertes avec une part normale d'équipements métalliques: cuivre, zinc, étain, plomb	Accumulation rapide de métaux lourds dans les sols de dispositifs d'infiltration. Adsorbant conseillé pour des surfaces métalliques de 20 à 50 m ² .	moyen
Toits à forte proportion d'éléments métalliques sans revêtement protecteur en cuivre, en zinc, en étain ou en plomb	Un traitement des eaux de ruissellement est nécessaire à la protection des eaux et des sols. Les surfaces suivantes sont considérées comme fortement polluantes: a) si infiltration, surfaces >50 m ² b) si déversement, surfaces >500 m ² .	élevé
Parkings et surfaces de circulation		
Entrées de maisons, auvents, parkings privés, trottoirs, pistes cyclables, chemins ruraux, parkings publics à faible rotation de stationnement	Faible pollution des sols ou des eaux souterraines pour une utilisation normale. Dégradation possible des composés organiques dans les surfaces perméables.	faible
Places de transbordement, de transvasement et de stockage de substances polluantes	Pertes par égouttement à partir des véhicules. Les polluants émis lors des travaux d'entretien, le transbordement ou transvasement des substances peuvent contaminer les sols et les eaux souterraines.	moyen
Parkings publics à forte rotation de stationnement (centres commerciaux)	Pollution assez importante des sols et des nappes. Dégradation partielle des polluants organiques dans les couches superficielles du sol des surfaces perméables.	moyen à fort
Routes	La pollution due à la circulation dépend de la fréquence de passage, de la composition du flux de véhicules, du mode de conduite et de l'entretien des véhicules. On observe en général une baisse exponentielle de la pollution par les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) du centre de la chaussée vers son accotement.	dépend de l'intensité de la circulation

Source	Polluant
Toitures	
Revêtements avec métaux lourds, ferblanterie, façades	cuivre, zinc, plomb, étain
Lessivage atmosphérique	pesticides (p. ex. atrazine)
Isolation de toits plats	pesticides (p. ex. mécoprop)
Chaussées	
Essences, pots catalytiques	plomb, nickel, cobalt, platine, palladium, rhodium, HAP, MTBE
Freins	cuivre, chrome, nickel, plomb, zinc, fer
Pneus	zinc, plomb, cuivre, chrome, nickel, cadmium
Revêtement des routes	nickel, manganèse, plomb, chrome, zinc, arsenic, HAP
Entretien des voiries	pesticides, sels

Tab. 2: Polluants contenus dans les eaux de ruissellement de toiture et de voirie.

lors de l'évacuation des eaux des voies de communication» et la directive sur l'«Evacuation des eaux pluviales» [1, 2].

Les voies de communication (routes, aéroports, voies ferrées) représentent près de 60% et les toitures environ 30% des surfaces stabilisées de la Suisse. C'est donc sur les polluants véhiculés par ces supports qu'il convient de se concentrer (Tab. 2). Le tableau 3 indique les concentrations moyennes en polluants provenant de différents types de routes et de toits.

Dans le flux total qui s'écoule des zones urbaines, l'entraînement de métaux lourds en provenance des toitures occupe la place prédominante. Ainsi, le cuivre des toitures peut représenter selon les bassins versants entre 30 et 60% de la charge totale en cuivre des eaux usées communales. Une étude portant sur la nature des métaux actuellement employés dans la couverture

Paramètre	Unité	Toits végétalisés	Toit plat avec gravier	Toit à tuiles avec équipements métalliques	Toits métalliques en Cu, Zn, Pb	Auto-routes	Routes régionales
Référence		EAWAG	EAWAG	EAWAG	EAWAG	EAWAG	Xanthopoulos & Hahn [10]
pH		6,7–7,5	5,5–7,9	5,5–7,5	–	7,0–7,5	6,4
COT	mg C/l	4–20	5–10	5–15	–	10–20	–
COD	mg C/l	–	3–10	2–14	–	5–10	12
MEST	mg/l	–	2–5	15–40	–	150–250	560
NO ₃	mg N/l	1–2	2–5	0,3–0,7	–	6	0,6
Ca	mg/l	20–60	10–25	1,5–2,5	–	–	–
Pb	µg/l	6–15	2–10	10–70	5000–7000	300	311
Cd	µg/l	i.s.d.	0,05–0,1	0,1–0,5	–	4,5	6,4
Cu	µg/l	5–10	15–25	100–300	800–2000	150	108
Zn	µg/l	i.s.d.	10–40	50–200	1000–4000	500	603
HAP	µg/l	–	–	–	–	3	3,1
Atrazine	ng/l	–	100	100–1600	–	–	–
Mécoprop	ng/l	–	1500–5000	–	–	–	–

Tab. 3: Concentration moyenne rapportée à la charge des eaux de ruissellement de toiture et de voirie. COT = Carbone organique total, COD = Carbone organique dissous, MEST = Matières en suspension totales, HAP = Hydrocarbures aromatiques polycycliques, i.s.d. = inférieur au seuil de détection, – = paramètre non mesuré.

des toitures a révélé que 30% des parties métalliques sont réalisées en zinc et 70% en cuivre. Cela correspond à 2,9 m² de tôle de cuivre par habitant.

Les polluants des toitures et voiries

L'EAWAG étudie en ce moment, en collaboration avec le Laboratoire de protection des eaux du canton de Berne et la TH de Burgdorf, le comportement de différentes toitures modèles par temps de pluie. L'expérimentation porte sur huit formes de toitures: le toit plat avec gravier comme référence, quatre formes de toits plats végétalisés, un toit à couverture de tuiles équipé de ferblanteries en cuivre et deux toits métalliques, l'un en alliage cuivre-titane-zinc, l'autre en cuivre étamé (Fig. 1). L'étude teste également un filtre d'adsorption sur lequel sont dirigées les eaux de ruissellement des toi-

tures. Comme on pouvait s'y attendre, les toits métalliques ou à ferblanterie présentent les taux les plus élevés d'entraînement de cuivre et de zinc (Fig. 2). Le filtre permet cependant une rétention de 97% de ces métaux.

Dans le cadre de deux autres projets, l'équipe de Burgdorf analyse l'entraînement par ruissellement et le devenir des polluants d'une route très fréquentée (Fig. 3). Le premier projet se penche sur l'efficacité de trois types de filtres adsorbants qui reçoivent les eaux de ruissellement de la route. Les premiers résultats montrent que le meilleur de ces filtres retient plus de 95% du cuivre et du zinc contenus dans ces eaux. Le deuxième projet étudie les accotements qui subissent depuis 30 ans les effets d'une circulation importante pour obtenir des informations sur le transport et l'accumulation dans le sol de polluants spécifiques de la

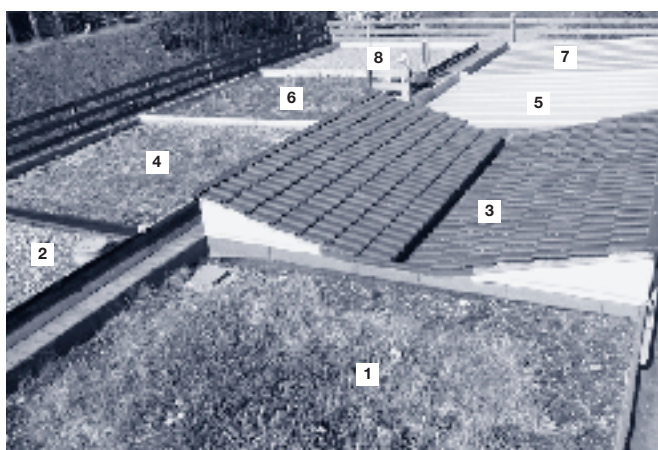


Fig. 1: Les toitures modèles étudiées.

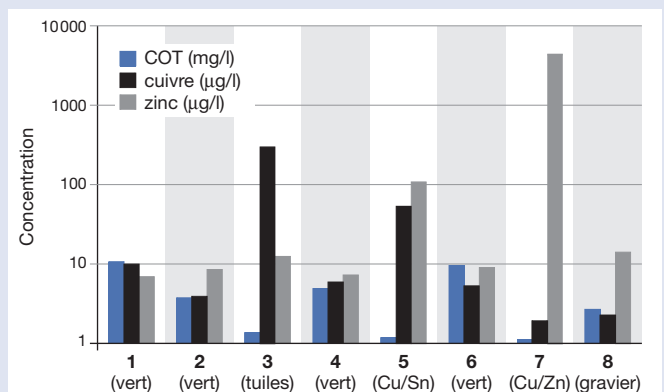


Fig. 2: Concentrations moyennes en cuivre, en zinc et en carbone organique total (COT) dans les eaux de ruissellement des toitures étudiées.



Fig. 3: Raccordement du dispositif expérimental au captage des eaux de ruissellement de la route.

circulation automobile. Les enseignements tirés de cette étude doivent contribuer à une meilleure conception des accotements routiers.

Selon la nature de la surface sur laquelle elle s'écoule et la durée de l'épisode pluvieux, l'eau de pluie peut renfermer des concentrations de polluants très variables. Au début de l'épisode pluvieux, ces concentrations sont particulièrement élevées (Fig. 4), on parle alors du «premier flot» ou «first flush» [3]. Il existe cependant un certain nombre de substances qui ne sont entraînées qu'au bout d'un certain temps. C'est le cas du mécoprop, un pesticide utilisé dans l'isolation des toits plats et qui ne se dissout que lorsque le toit est suffisamment humide (Fig. 4).

Effets du nouveau concept d'assainissement pluvial

Les nouvelles voies d'évacuation des eaux pluviales sont clairement définies dans les instructions et directives suisses. Les priorités sont définies comme suit:

1. Infiltration sur place, 2. déversement direct dans une masse d'eau superficielle et

seulement 3. déversement dans le réseau unitaire. De plus, la réutilisation des eaux pluviales fait l'objet d'un intérêt grandissant [4].

Mais, quelle que soit la voie par laquelle les eaux pluviales atteignent le milieu naturel ou le lieu d'un quelconque usage, les polluants qu'elles renferment causent une contamination progressive des eaux, des sols et des sédiments. Si l'on considère par exemple la concentration en cuivre des sédiments du lac Léman dans la zone de Lausanne, on comprend vite que les déversements d'effluents issus d'un réseau unitaire ou séparatif peuvent constituer une réelle menace pour l'environnement (Fig. 5) [5]. A leur point de déversement, on mesure en effet des concentrations de plus de 500 mg de cuivre par kg de sédiment. Une étude parallèle révèle que le plancton subit lui aussi les effets délétères de cette pollution [5].

Etant donné que la nouvelle définition des priorités d'action dans le domaine de l'assainissement pluvial ne trouve d'application que dans le cadre de réfections et de nouvelles constructions, le changement d'orientation mettra des décennies à se traduire par un changement d'état. Il reste donc suffisamment de temps pour travailler à une conception novatrice des mesures compensatoires de manière à obtenir une minimisation de la pollution due au rejet des eaux pluviales dans le milieu naturel. Nous disposons pour ce faire de deux moyens: la lutte contre les sources de pollution («source control») et l'édification de barrières à la pollution («barrier systems»).

Lutte contre les sources de pollution

La clé d'une attitude durable vis-à-vis de l'eau consiste à éviter la production de rejets polluants. Cette action peut se faire par la voie d'instruments législatifs, d'inci-

tations économiques ou de restrictions volontaires et conduit généralement à une solution durable. Mais étant donné que les polluants s'accumulent très lentement dans les sols et les sédiments, il ne faut pas attendre de résultats avant des dizaines d'années. Ce problème est donc loin d'être explosif d'un point de vue politique, ce qui fait que des mesures légales, sous la forme d'interdictions par exemple, auraient peu de chances de succès. Il faut davantage chercher des possibilités de lutte contre les sources de pollution du côté de l'information et de la formation des acteurs impliqués sur les nuisances écologiques et écotoxicologiques, de directives, d'aides à l'utilisation de matériaux non polluants dans le bâtiment, la construction de routes et l'industrie automobile, ainsi que de la sensibilisation de la population à certains problèmes d'environnement par le biais des médias. La recommandation de la Coordination des services fédéraux de la construction et de l'immobilier sur les «Métaux pour toitures et façades» à l'intention des architectes et maîtres d'œuvre en est un exemple bienvenu, puisqu'elle informe sur la possibilité d'utilisation écologique des matériaux métalliques pour l'extérieur des bâtiments. Tout en présentant le cuivre, le zinc et le plomb comme les métaux les plus nuisibles à l'environnement, elle propose une série de solutions alternatives [6].

Edification de barrières à la pollution

Malgré les efforts fournis pour limiter les pollutions à la source, il n'en reste pas moins que des quantités considérables de matériaux indésirables sont intégrées à des constructions et qu'il faudra des décennies pour qu'ils soient remplacés par des matériaux plus écologiques. Pendant ce temps, la pollution due à la corrosion des métaux et au rejet de micro-polluants organiques

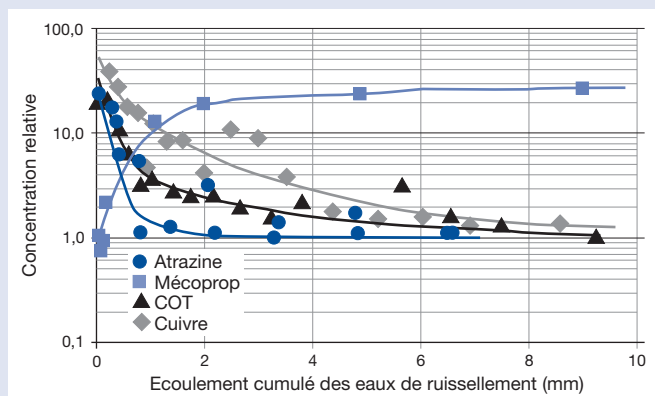


Fig. 4: «Premier flot» de différents polluants des eaux de ruissellement de toiture. L'atrazine et le mécoprop sont des pesticides. COT = Carbone organique total.

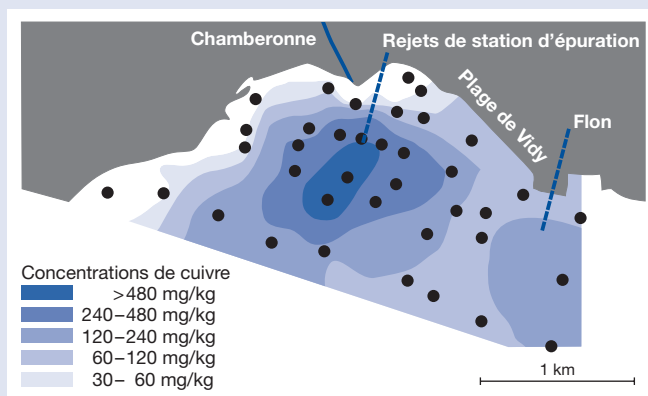


Fig. 5: Accumulation de cuivre dans les sédiments du lac Léman (Baie de Lausanne) suite au déversement d'eaux usées. Le Flon arrive par une conduite souterraine.

ne va cesser d'augmenter. Pour faire face à cette situation, il est besoin dans l'immédiat de systèmes de barrières assurant une large protection des eaux, des sols et des sédiments.

L'installation de barrières mécaniques s'opposant au transport de certains polluants est l'une des techniques envisageables pour dévier, retenir ou concentrer les substances indésirables. Mais ce genre de barrières ne permet jamais une élimination à 100% des polluants. Les solutions envisagées actuellement consistent plutôt en une infiltration des eaux pluviales dans des sols naturels ou par leur filtration sur des supports adsorbants artificiels et granulaires.

Passage dans les sols naturels. Les sols naturels suffisamment perméables sont bien adaptés à la rétention de polluants. Le substrat pédologique est généralement disponible sur place et peut être utilisé dans des champs d'infiltration. De nombreuses études ont démontré que les polluants visés étaient généralement retenus dans les 30 à 50 cm les plus superficiels du sol. Etant donné qu'ils ne sont pas biodégradables, ils vont s'y accumuler pendant une longue période de temps. Cette technique implique donc à moyen ou à long terme un dépassement des seuils fixés par les lois de protection des sols et de gestion des déchets. L'inconvénient de la filtration par le sol est qu'un bien naturel est utilisé comme réservoir de polluants et transformé en déchet spécial. Il sera nécessaire d'envisager un traitement du sol ou bien la mise en décharge de sa partie contaminée au plus tard au moment de l'abandon du dispositif.

Adsorbants artificiels. Grâce à une capacité de rétention beaucoup plus importante, l'utilisation de substrats d'adsorption spéciaux présente par rapport aux sols naturels l'avantage d'une diminution du volume pollué et d'un meilleur rendement. Différentes études pilotes et expérimentales de l'EAWAG, de même que les premières ins-

tallations à échelle réelle, confirment l'aptitude des adsorbants à remplir leur fonction [7]. Parmi différents supports d'adsorption envisagés, l'hydroxyde de fer granulaire s'est avéré particulièrement efficace pour la rétention des métaux lourds (Fig. 6). L'accumulation obtenue est environ 10 fois plus élevée que pour les sols naturels, ce qui signifie que le volume pollué à éliminer est d'autant plus faible.

Etant donné l'efficacité exceptionnelle de ce système, l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA) demande explicitement l'utilisation de systèmes d'adsorption pour les toits cuivrés ou zingués: pour les surfaces de plus de 50 m² quand les eaux de ruissellement sont destinées à l'infiltration, ainsi que pour les surfaces de plus de 500 m² quand les eaux de ruissellement sont destinées au rejet direct dans le milieu naturel aquatique [2].

Intégrer les eaux de pluie dans l'aménagement du milieu environnant

Jusqu'à présent, les ouvrages de collecte des eaux pluviales devaient être aussi discrets que possible. Aujourd'hui, les architectes et les maîtres d'œuvre sont invités à intégrer les eaux de pluie dans ce que l'on pourrait appeler un «aménagement bleu-vert du milieu environnant». Les nouveaux systèmes d'écoulement des eaux pluviales pourraient être conçus de manière à combiner de façon créative les fonctions peu attrayantes de rétention des eaux, de filtration des polluants, d'infiltration ou de déversement direct des eaux et à les intégrer de façon esthétique dans l'environnement urbain quotidien. Les toits végétalisés, fossés, bandes d'infiltration, étangs, marais et autres espaces verts aménagés sont autant d'éléments d'architecture urbaine qui accompagnent les eaux pluviales vers leur point d'infiltration, de déversement ou d'utilisation [8, 9].

Un challenge pour les ingénieurs, les scientifiques et les inventeurs

La mise en pratique des nouveaux concepts d'assainissement pluvial prendra des dizaines d'années. Le renouvellement des systèmes d'assainissement pluvial n'est qu'un élément de la profonde mutation qui s'amorce dans le domaine de la gestion des eaux urbaines et qui implique des changements considérables, tant au niveau de l'adduction d'eau que de l'assainissement. La séparation des flux au niveau des eaux entrant et sortant des zones urbaines occupe une place centrale dans les nouvelles approches. Il est ainsi question de systèmes duaux d'approvisionnement (séparation de l'eau potable et de l'eau non potable), de subdivision des flux d'eaux usées en flux d'eaux grises et d'eaux noires, de séparation des urines, de gestion des éléments nutritifs à la source ou de toilettes à sec, autant d'éléments qui, comme d'autres systèmes de technique ménagère, font actuellement l'objet de recherches en laboratoire et dans la pratique. Les nouveaux concepts de gestion des eaux urbaines exigent, de la part des ingénieurs, des scientifiques et des inventeurs, une implication dans les processus d'étude et d'application de technologies et solutions novatrices. Ces efforts sont motivés par l'espoir de voir dans l'avenir la gestion des eaux urbaines remplir ses fonctions dans une optique réellement compatible avec le développement durable.



Markus Boller, ingénieur, dirige la division de «Gestion des eaux dans les zones urbaines» de l'EAWAG. Il est professeur titulaire enseignant dans le domaine de l'approvisionnement en eau et des technologies de l'eau à l'EPF de Zurich. Ses activités de

recherche portent sur l'approvisionnement en eau, l'assainissement pluvial et le recyclage des éléments nutritifs.

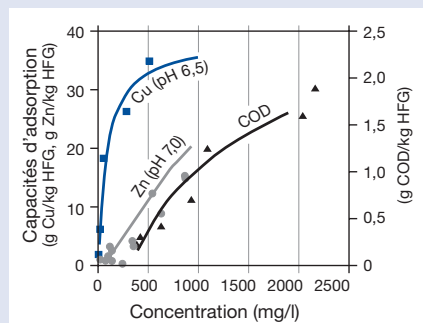


Fig. 6: Isothermes d'adsorption du cuivre, du zinc et du COD sur l'hydroxyde de fer granulaire (HFG). COD: Carbone organique dissous.

- [1] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP (2002): Instructions – Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication. OFEFP, Berne, 57 p.
- [2] Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA (2003): Directive – Evacuation des eaux pluviales. VSA, Zurich, 120 p.
- [3] Boller M. (1998): Eaux pluviales: solutions d'avenir. EAWAG news 44, 6–11.
- [4] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (2003): Regenwasser richtig nutzen. BUWAL, Bern, 15 S.
- [5] Rossi L., Loizeau J.-L., Wildi W. (2003): Contamination and toxicity of lake sediments due to urban stormwater pollution. SETAC Europe, 13th Annual Meeting, Hamburg Germany. Data from: Institut Forel (1996). Assainissement de la baie de Vidy: Qualité des sédiments, impact de la station d'épuration. Genève, Université de Genève, Institut Forel: 42.
- [6] Coordination des services fédéraux de la construction et de l'immobilier KBOB (2001): Métaux pour toitures et façades. Recommandation construction durable. KBOB, Berne, 10 p.
- [7] Steiner M. (2002): Kupferadsorption an granuliertem Eisenhydroxid, Dissertation, ETHZ/EAWAG, 157 S., im Druck.
- [8] Office de protection des eaux et gestion des déchets, Canton de Berne OPED (1999): Directives sur l'infiltration des eaux pluviales. OPED, Canton de Berne.
- [9] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP (2000): Ou évacuer l'eau de pluie? OFEFP, Berne, 59 p.
- [10] Xanthopoulos C., Hahn H. (1995): Schadstoffe im Regenwasserabfluss III. Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft Karlsruhe, 537 S.