

# Die Stadtentwässerung in Karlsruhe

Le drainage de la ville de Karlsruhe



**Karlsruhe**  
viel vor. viel dahinter.

# Table des matières



3	Préface	
4	Les anciens Romains canalisait déjà leurs eaux usées	
6	Le développement du réseau des canaux de la ville de Karlsruhe	
8	Le Landgraben : « le coeur » du système d'assainissement	
10	Vue d'ensemble du réseau de canaux	
11	Le trajet de l'eau de pluie	
12	Planification de drainage	Les stations de pompage maintiennent l'écoulement 24
14	Mesures préventives contre la pluie	Tout arrive dans la station d'épuration 25
16	Exécution des travaux de construction du canal Restauration du canal par la méthode de construction à ciel ouvert	Histoire de la station d'épuration de Karlsruhe 26
17	Installation des tuyaux par des machines pousse-tubes en galeries souterraines	Les bactéries purifient l'eau 28
18	Restauration du canal par le procédé de chemisage	Que fait-on avec la boue ? 30
20	Techniques modernes d'inspection et d'assainissement	Service 24 heures sur 24 32
21	Relevés du cadastre	Contrôles réguliers à l'intérieur et à l'extérieur de la station 34
22	Du fonctionnement manuel au rinçage mécanique	Combien coûtent les eaux usées ? 35
		Perspectives de traitement des eaux usées 36
		Contact 37
		Des données techniques 38

# Préface

L'eau est l'un des fondements les plus importants de la vie. A long terme, nous ne pourrons disposer d'eau propre, qu'après avoir réussi à préserver les nappes phréatique, les rivières, les lacs et les océans des polluants. La protection de l'eau n'est pas une fin en soi, mais elle est une autoprotection. L'eau courante ne s'arrête pas aux frontières de la ville ou du pays. Une pollution en amont entraîne inévitablement des conséquences en aval. On ne peut protéger l'eau efficacement qu'en unissant nos efforts.

Un réseau de canalisation efficace et une technique de traitement des eaux usées de haute qualité sont d'importantes conditions préalables.

Dans les années de l'après guerre, la construction et l'agrandissement des villes détruites figuraient au premier plan. Avec la croissance de l'industrie et la construction d'un réseau de canalisations efficace dans les villes, la pollution des eaux augmentait fortement. Le Rhin, alors station balnéaire et réserve de poissons, s'est transformé en quelques années en un « cloaque ». Les villes de Basse-Rhénanie et des Pays-Bas, qui obtiennent la majorité de leur eau potable de la filtration sur berge du Rhin, tirèrent la sonnette d'alarme. Elles voyaient leur eau potable dangereusement menacée. Il fallait que le législateur agisse.

Prenant plusieurs initiatives, le législateur a progressivement imposé une technique de traitement des eaux usées de haute qualité. Les destinataires principaux étaient les communes et les grandes industries.

Par des efforts intenses, on a réussi à améliorer nettement la qualité des eaux. En prenant l'exemple du Rhin on peut voir que, grâce à un nettoyage efficace des eaux usées, il se peut que dans quelques années il redevienne un cours d'eau plein

de vie et un espace vital pour de nombreuses espèces d'animaux et de plantes. Aujourd'hui, on voit encore des saumons sur « l'escalier à poissons » près du barrage d'Iffezheim.


Karlsruhe s'acquitte aussi de cette contrainte de protection des eaux usées. La station d'épuration, déjà mise en service depuis 1913, fut aménagée en plusieurs étapes. Depuis 1962, 140 millions d'euros ont été investis dans la station d'épuration de Karlsruhe. Dans le même temps, environ 230 millions d'euros ont été dépensés pour l'extension et la réhabilitation du réseau de canaux.

Une fin des activités d'agrandissement du site n'est pas encore perceptible. En 2002, le législateur durcissait encore une fois ses exigences concernant l'élimination de l'azote. Dès 2007, on demande aux grandes villes comme Karlsruhe, de produire moins de 13 mg/L d'azote.

Dans le futur, on devra investir considérablement dans le traitement des eaux usées pour conserver un réseau de canaux dense et opérationnel, et pour répondre à la forte demande de nettoyage des eaux usées.

Les ressources utilisées jusqu'à maintenant avec prévoyance et sagesse ont abouti à ce que Karlsruhe dispose d'un standard de drainage de grande qualité et parallèlement, cela prouve que sa taxe sur les eaux usées est l'une des plus basses par rapport aux grandes villes allemandes.

La ville de Karlsruhe cherche à remplir deux objectifs : une bonne performance et une faible taxe.



Heinz Fenrich  
(Maire jusqu'en 2013)

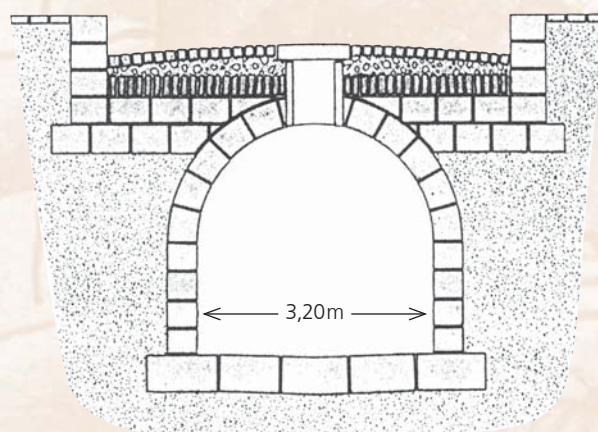


Michael Obert  
Adjoint au Maire

## Les anciens Romains canalisait déjà leurs eaux usées

Les premières grandes civilisations urbaines demeuraient là où l'eau était en abondance, près de grands fleuves comme l'Indus, le Nil, l'Euphrate ou le Tigre. Déjà au sein de ces cultures, on convenait qu'un bon approvisionnement en eau ne pouvait exister sans un performant système de collecte des eaux usées, c'est à dire sans la construction de canalisations. Les premiers canaux furent ainsi construits il y a environ 3000 ans en Inde et à Babylone. Autrefois l'auto-entretien des eaux suffisait encore à éliminer la pollution aquatique.

Au sein de l'Empire Romain les techniques d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées atteignirent leur apogée, comme en témoignent les nombreux vestiges architecturaux. De nos jours il est encore possible de visiter à Rome le « **Cloaca maxima** », un canal vieux de 2000 ans, qui collectait toutes les eaux usées. Dans d'autres anciennes cités romaines comme Cologne, Trieste ou Ephèse, on retrouve aussi d'importants édifices de canalisations.



*Cloaca maxima à Rome*



*Drainage domestique antique à Ephèse*



*Toilettes publiques à Ephèse*



*Carafes en pierre utilisées comme conduite d'eau au Moyen-Âge*

À cause des troubles dus aux migrations de population, ces connaissances et ces techniques furent perdues.

Pendant le **Moyen-Âge** il n'y eut guère beaucoup d'attention portée au problème des eaux usées. Au contraire : les insuffisantes conditions d'hygiène contribuèrent en grande partie à répandre des épidémies de peste. Se débarrasser des déjections corporelles constituait un problème particulièrement important dans les villes du Moyen-Âge, les rues étant étroites et par conséquent les habitations très rapprochées. Il y avait des latrines publiques situées sur les remparts. Les fossés aux pieds des remparts devinrent ainsi une sorte de « **cabinet** ». Seules les grandes maisons bourgeoises possédaient leurs propres latrines. À cause de la mauvaise odeur, ces « cabinets rudimentaires » furent le plus souvent construits à côté des bâtiments. Dans de nombreuses chroniques urbaines on trouve des traces d'appels lancés aux citoyens, leur demandant de « ne pas vider leurs pots des chambres sur la voie publique ». Le thème des mauvaises odeurs urbaines est un sujet fréquemment abordé dans la littérature des siècles précédents.

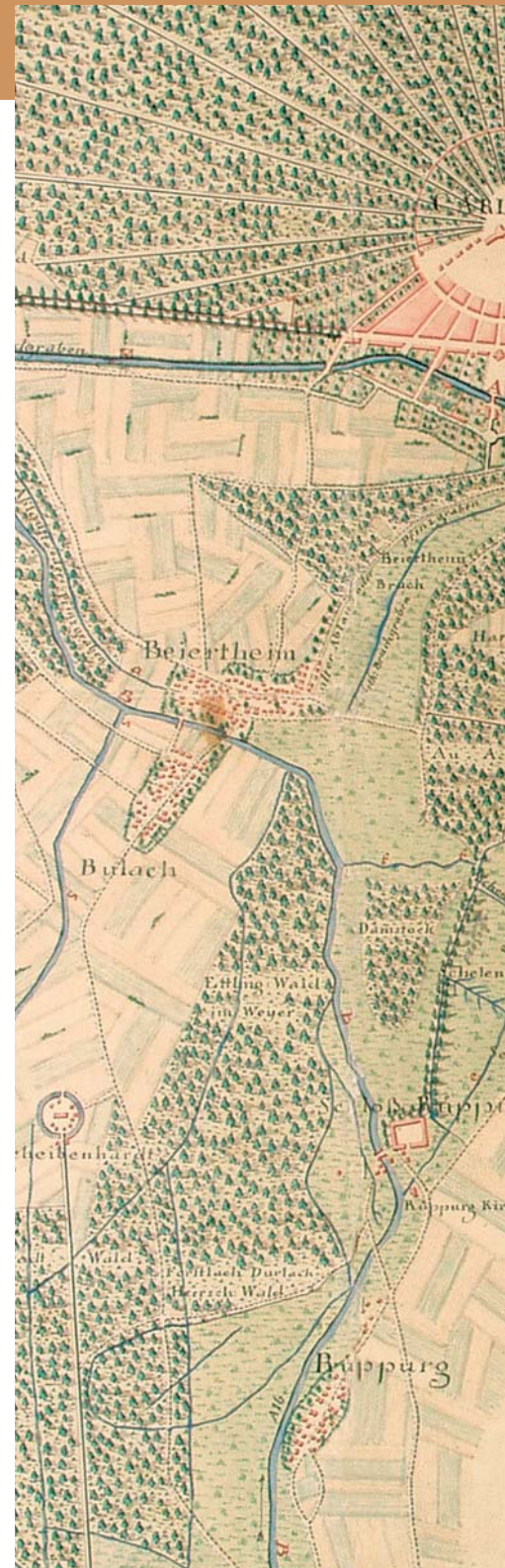
Avec l'essor de l'industrialisation **au début du 19ème siècle**, les villes se développèrent extraordinairement vite. Dans les grandes villes de graves épidémies de choléra et de typhus se produisaient à répétition. Au milieu du 19ème siècle, on admit que le seul moyen d'éviter de telles épidémies était de privilégier une bonne hygiène, ce qui impliquait, en particulier, la construction de canalisations. Une importante campagne de sensibilisation fut menée notamment par le Dr. Virchow à Berlin et par le Dr. Pettenkofer à Munich.

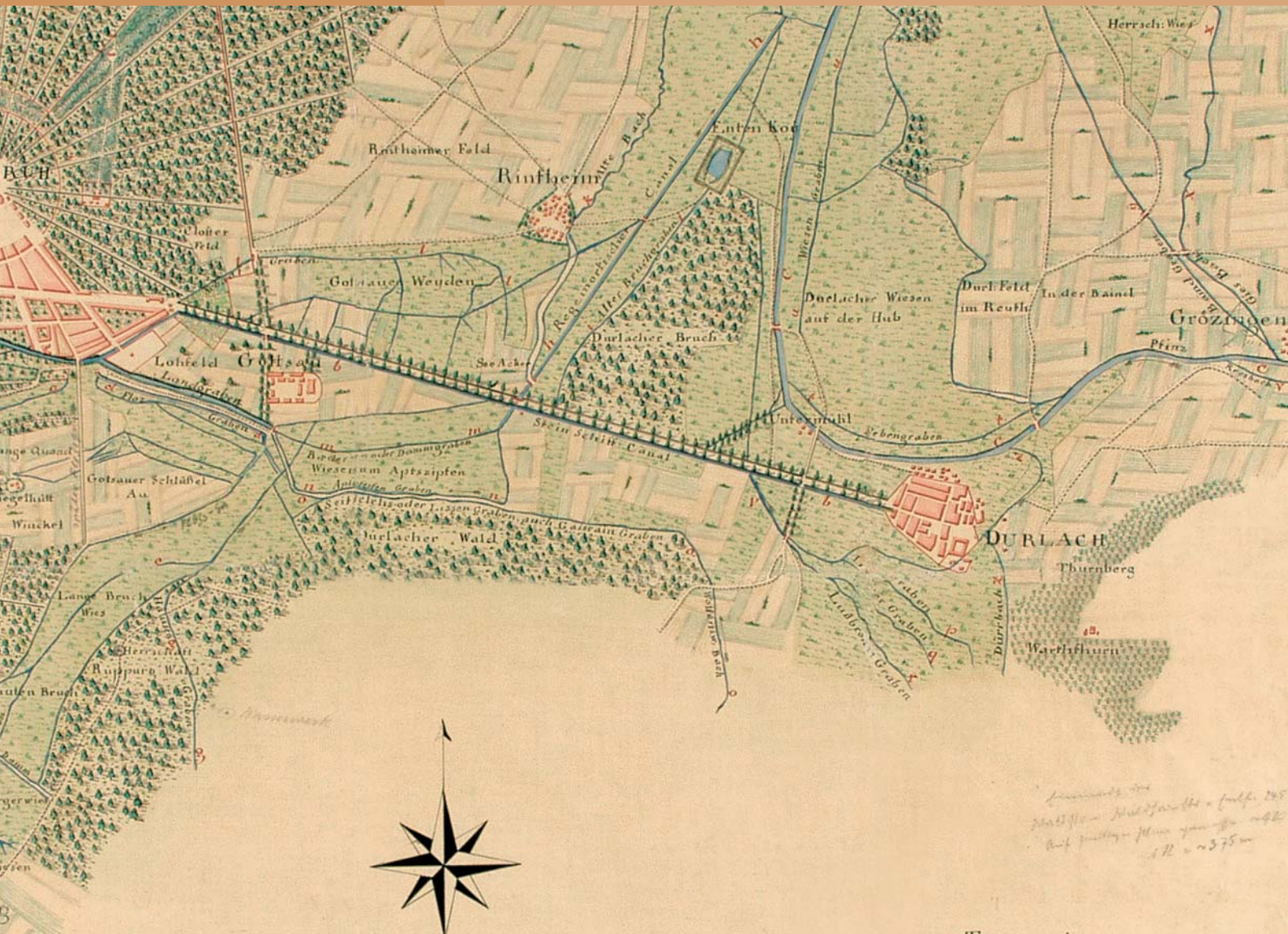
De ce fait, on commença, dès **la seconde moitié du 19ème siècle**, l'aménagement systématique de performants réseaux de canalisations dans toutes les grandes villes. L'introduction de cabinets d'aisance et la construction de canalisations de déchargement rendirent dès lors inutile le transport fortement odorant des matières fécales en dehors de la ville. Le net recul du taux de mortalité au sein de la population, en particulier la mortalité infantile, est également dû à ces mesures d'hygiène prises par les villes.

En premier lieu on concentra tous les efforts sur la réalisation d'un transport rapide et inodore des eaux usées en dehors de la ville. Mais seulement quelques personnes reconnurent au départ l'existence de nouveaux problèmes, causés par le rejet des eaux usées dans les rivières.

# Le développement du réseau des canaux de la ville de Karlsruhe

- 1588** Début de la construction du cours d'eau artificiel « Landgraben » par le margrave Ernst Friedrich. Le cours d'eau s'étendait du château de Gottesau jusqu'au fleuve Alb à Mühlburg. Le **Landgraben, à ciel ouvert**, servait au drainage des terrains situés en contrebas, entre les villes de Durlach et d'Ettlingen, ainsi qu'à l'écoulement des crues du fleuve Alb.
- 1715** Dans la ville nouvellement bâtie, le Landgraben était l'unique cours d'eau qui traversait la récente zone urbaine d'est en ouest.
- 1768** Prolongation du Landgraben à l'Est jusqu'au fleuve Pfinz que l'on désigna par le nom « **Steinkanal** » (canal des pierres). Ce canal servait pour le transport des pierres et du bois de la région Pfinzthal et pour l'écoulement des crues du fleuve Pfinz.
- 1794** Les citoyens reçurent la permission de déverser des déchets liquides tels que les eaux usées des cuisines ou des bains dans le Landgraben à l'exception des matières fécales. Le canal de drainage devint le **canal des eaux usées**. La situation s'aggrava quand le margrave accorda une licence à un meunier de Mühlburg pour bâtir un moulin au bord du Landgraben. Il se forma un refoulement continu d'une hauteur d'un mètre, qui entraîna un engorgement rapide du Landgraben. Lorsque le niveau des eaux était bas, il y avait durant les mois d'été d'importantes nuisances causées par les odeurs. Lorsque le niveau des eaux était haut, les bâtiments adjacents étaient mouillés ou submergés. Cependant, il manquait l'argent nécessaire pour réaliser l'urgente et indispensable épuration des eaux.
- 1866** En 1866, le poète Heinrich Vierordt de Karlsruhe décrit ainsi l'état de l'élimination des eaux usées : « Le Landgraben, sans voûte et partout visible, coulait encore à travers la ville, visqueux et malodorant. En regardant de la rue les eaux fichtrement noires où flottent des journaux déchirés, des manches à balai cassés, des chats morts et de semblables « trésors » se dirigeant vers le Rhin puis vers les Pays Bas, on pouvait presque s'imaginer voir à l'intérieur de la vallée du Styx. »
- 1877** La construction d'une voûte par dessus le fossé réduisit les nuisances. Les riverains payèrent les travaux de construction, en contrepartie ils conservèrent le droit de propriété sur l'étendue du fossé et se débarrassèrent en même temps des odeurs fétides. Jusqu'en 1877, environ quatorze kilomètres de canal routier, ainsi nommé « **Dohlen** », furent construits et permirent à l'eau de s'écouler sur les plus courts chemins du centre de la ville jusqu'au Landgraben.





*Handwritten notes in the bottom right corner of the map area:*  
 ...  
 Maßstab = 1:37500  
 ...  
 1788

Erklärung		
a Gottsauer Landgraben	i aller Bruchgraben.	r Lufbrunnengraben.
b alter Ablauf des Pfinzgraben.	k Alte Bach.	B Altbflus.
c Stein Schiff Kanal	l Schachgraben.	S. Malscher Landgraben.
d Neureuther Trüb-Wäpferungs-Graben.	m Badrichs im Damgraben.	C Pfinzflus.
e Floßgraben.	n Aptszipfengraben.	f Nebengraben.
f Bruchgraben.	o Leutrich im Lissengraben	g Wiesengraben.
g Scheidgraben.	p auch Gaisrain-Graben und	h Wiefsbach.
h Hauptgraben.	q Wölfsartweihener Bach.	i Giesbach.
i Regemortischer Kanal.	r Leitgraben.	j Raingraben.
	s Allergraben.	k Dürrbach.

Topographischer  
**PLAN**  
 von dem jezigen Lauf  
 des Gottsauer Land-  
 = Grabens  
 und dessen Verbindung  
 mit den umliegenden  
 Flüßen, Bächen, und Graben  
 1788.

Originalcopie von F. Bender, Groß-Zürcher  
 Dezember 1832.

# Le Landgraben : « le coeur » du système d'assainissement



La rue « Steinstraße » près du Landgraben à ciel ouvert (Aquarelle d' Heinrich Meinelt 1840)

Depuis le début du XIXème siècle, les experts s'efforçaient de trouver une solution pour le problème Landgraben. **Oberst Tulla** s'en chargea aussi. La réalisation du projet échoua car il fallait enterrer le canal plus profondément. De plus, les propriétaires refusèrent catégoriquement, pensant que leurs maisons subiraient des dommages, mais ils résistèrent aussi contre l'idée d'un renforcement des fondations des maisons. D'autant que l'argent requis manquait à la ville.

**1877** En 1877, l'architecte municipal **Hermann Schück** reçut du conseil municipal de la résidence de Karlsruhe la charge d'élaborer un projet pour la canalisation avec « agrément du budget nécessaire pour la réalisation des vastes travaux préliminaires ». Schück proposa de développer le Landgraben comme canal général, de le faire plus profond et de le construire comme une rigole.

**1883** La base d'une canalisation moderne fut mise en place avec la modification du Landgraben. Dès l'année 1883, l'**agrandissement systématique du réseau de canalisation** commença. L'ancien système, « Dohlen », devait en grande partie être abandonné du fait qu'il ne s'accordait pas avec le système prévu.

Tout d'abord la solution de Schück ne prévoyait pas de solution pour le problème de déchargement des eaux fécales pour les maisons. On restait au système des fosses, parce que l'on pensait que le lancement du WC serait plus coûteux pour la population active. D'un autre côté, on eut peur de déverser les matières fécales directement dans les fleuves. En effet, les lavandières de Knielingen se plaignaient par exemple des matières fécales qui flottaient sur l'Alb.



Près du Landgraben en 1870



« Visite de son Altesse Royale le Grand Duc dans le Landgraben réaménagé, le 3 janvier 1885 »



**1885** Après que la ville eut acquit du meunier le droit d'exploiter les eaux du Landgraben, pour la somme de 70 000 Mark, cette « modification du Landgraben » put se poursuivre jusqu'en 1885. Ainsi, s'élabora, avec une section de dix-sept mètres carrés, le deuxième plus grand canal des eaux usées en Europe. Le grand-duc Frédéric Ier inaugura l'ouvrage sous-terrain avec un « **tour en bateau** ».

**1893** Après le lancement **des toilettes**, dont la mise en place fut plus rapide qu'escompté, le comité des citoyens autorisa, en 1893, l'extension de la canalisation pour le déchargement des eaux fécales. Il était prévu de construire:

- un débouché du canal dans le Rhin,
- un canal Est et un canal Ouest pour la décharge du Landgraben,
- un canal qui mène de l'Est de la ville jusqu'à la Durlacher Tor (Pfinzspülkanal),
- un crible mécanique sur l'actuel site d'épuration.

La dépense totale s'éleva à 4,2 millions de Mark.

**1913** La **station d'épuration** fut mise en service en 1913. L'extension des canaux centraux fut seulement finie en 1920.

**2002** Depuis octobre 2002, des groupes de visiteurs peuvent jeter un œil sur « le monde souterrain ». Dans une salle pour les visiteurs, souterraine et climatisée, située à côté de l'entrée du Landgraben à la Lameyplatz, le Tiefbauamt (Service des Ponts et Chaussées) présente via plusieurs présentations l'histoire du drainage de la ville de Karlsruhe et du Landgraben. Aussitôt après, une visite de l'ancien Landgraben est possible par une traversée au-dessus du canal.

#### Un regard sur le monde souterrain

Pour visiter le Landgraben veuillez s'il vous plaît nous contacter à ce numéro : **+49 721 133-7441** (Kanalbetrieb) (service d'entretien de la canalisation)



*Utilisation de pompes à vapeur lors de la « modification du Landgraben »*

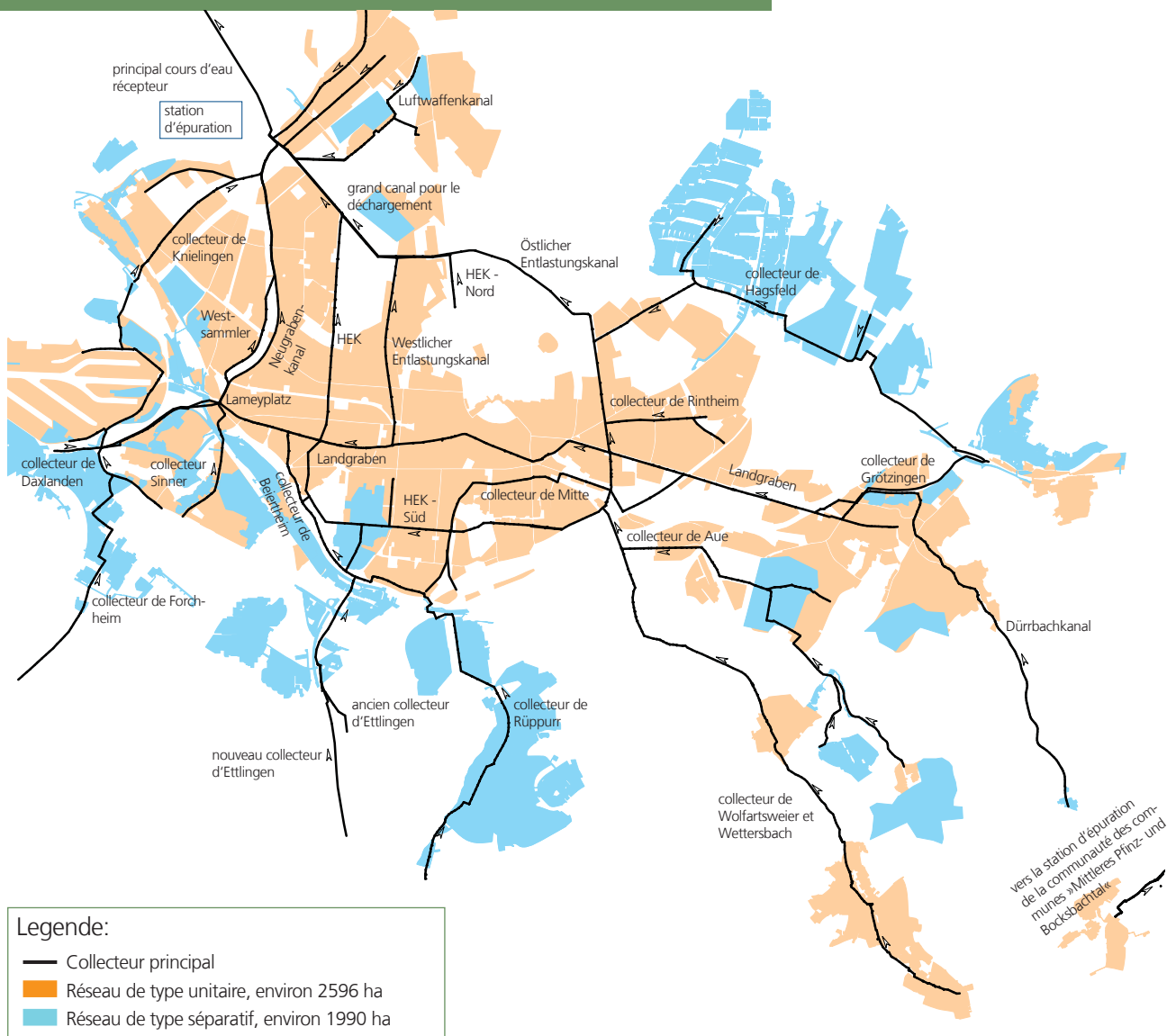


*Chantier dans Kapellenstraße, 1919*



*Le maire Heinz Fenrich et un collaborateur du Kanalbetrieb (service de drainage) lors de l'ouverture de la salle accessible au public du Landgraben à Lameyplatz en 2002*

# Vue d'ensemble du réseau de canaux



La ville de Karlsruhe possède un **réseau de drainage** d'environ 1100 kilomètres de long. Outre les nombreux « petits » égouts, le réseau principal des égouts s'étend (avec un diamètre allant jusque 2,4 mètres pour certaines parties) sur une longueur de 71 kilomètres, avec un volume de rétention d'eau usée de plusieurs milliers de mètres cubes.

Avec la fixation du site de la station d'épuration en 1908, le réseau des canaux fut ajusté de manière radiale. D'ailleurs, il était indispensable d'installer les nouveaux égouts plus bas. Près du Landgraben, le Östliche Entlastungskanal, le Westliche

Entlastungskanal, le West-Sammler et le Neugraben étaient les piliers du drainage de Karlsruhe.

Un réseau de canalisations moderne doit posséder une haute fiabilité de fonctionnement et une haute sécurité de service. A long terme, le but consiste à transférer le réseau de canaux existant dans un réseau d'interconnexion, ce qui est déjà le cas depuis longtemps dans le domaine de l'approvisionnement en eau.

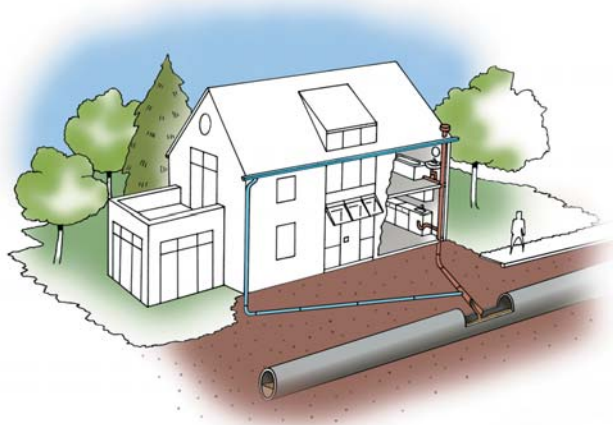
# Le trajet de l'eau de pluie

On appelle **réseau de type unitaire** un réseau collectant à la fois les eaux usées et les eaux pluviales dans un canal. En suivant ce principe, tous les quartiers de la ville ont été au préalable canalisés. Le réseau de type unitaire présente une installation simplifiée sur le terrain. En outre, un seul canal est nécessaire dans les rues. Cependant, par temps de pluie, les eaux usées affluent en masse à la station d'épuration. Lors de fortes chutes de pluie, les eaux unitaires diluées sont directement déversées dans les cours d'eau pour diminuer les quantités en eau de la station.

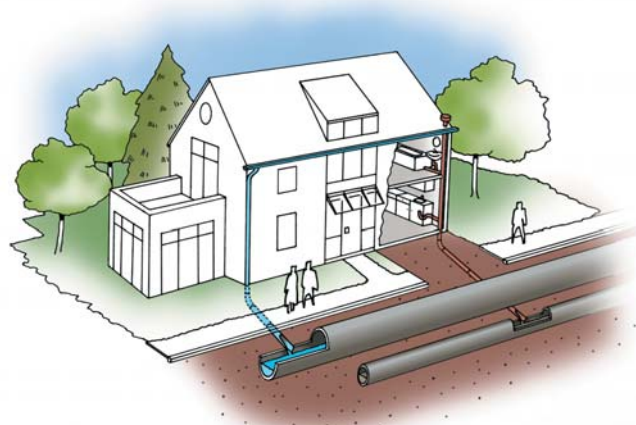
Dans le **réseau de type séparatif**, deux canaux sont requis dans la rue. Le plus petit et habituellement le plus profond canal, amène la plus petite quantité des eaux usées jusqu'à la station d'épuration. Le plus grand canal récupère les eaux de pluie, provenant des toits, des chemins, des rues et des places et les mène par le plus court chemin jusqu'aux cours d'eau publics, comme par exemple l'Alb ou le Pfinz. Les nouveaux quartiers se trouvant à la périphérie des villes ont été principalement construits dans le réseau de type séparatif ces trente dernières années.

Aujourd'hui on aspire à ce que, lorsque c'est possible, **l'eau de pluie** rejoigne la nappe souterraine par le plus court chemin, grâce à **l'infiltration**. Ainsi, à chaque nouvelle demande de permis de construire, on vérifie si l'eau de pluie peut s'infiltrer sans nuisance.

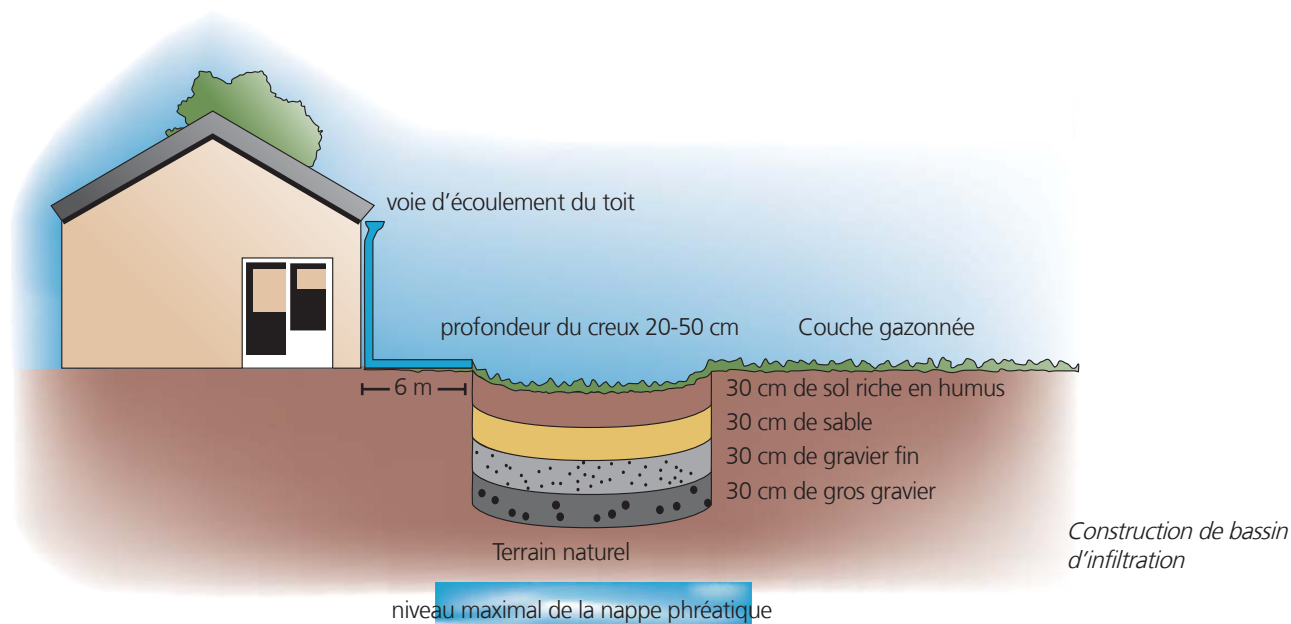
Il est possible de réguler naturellement les eaux de pluie par les **bassins d'infiltration**. Les bassins doivent posséder une couche de terre (humus) de 30 cm afin de pouvoir retenir les substances nuisibles.



Réseau de type unitaire



Réseau de type séparatif

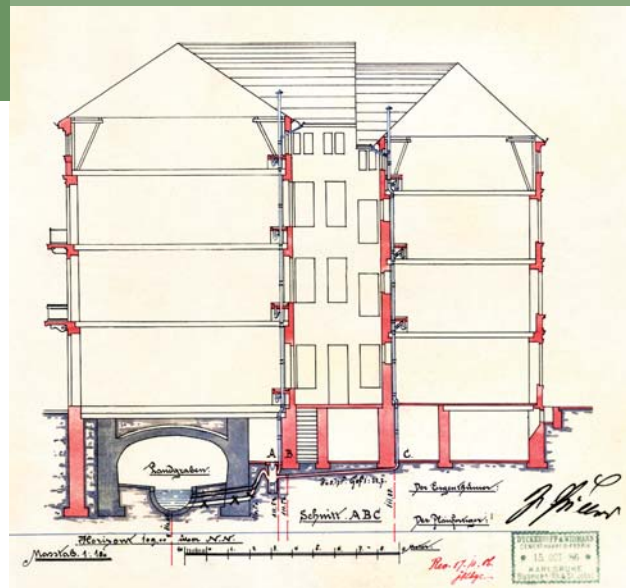


# Planification de drainage

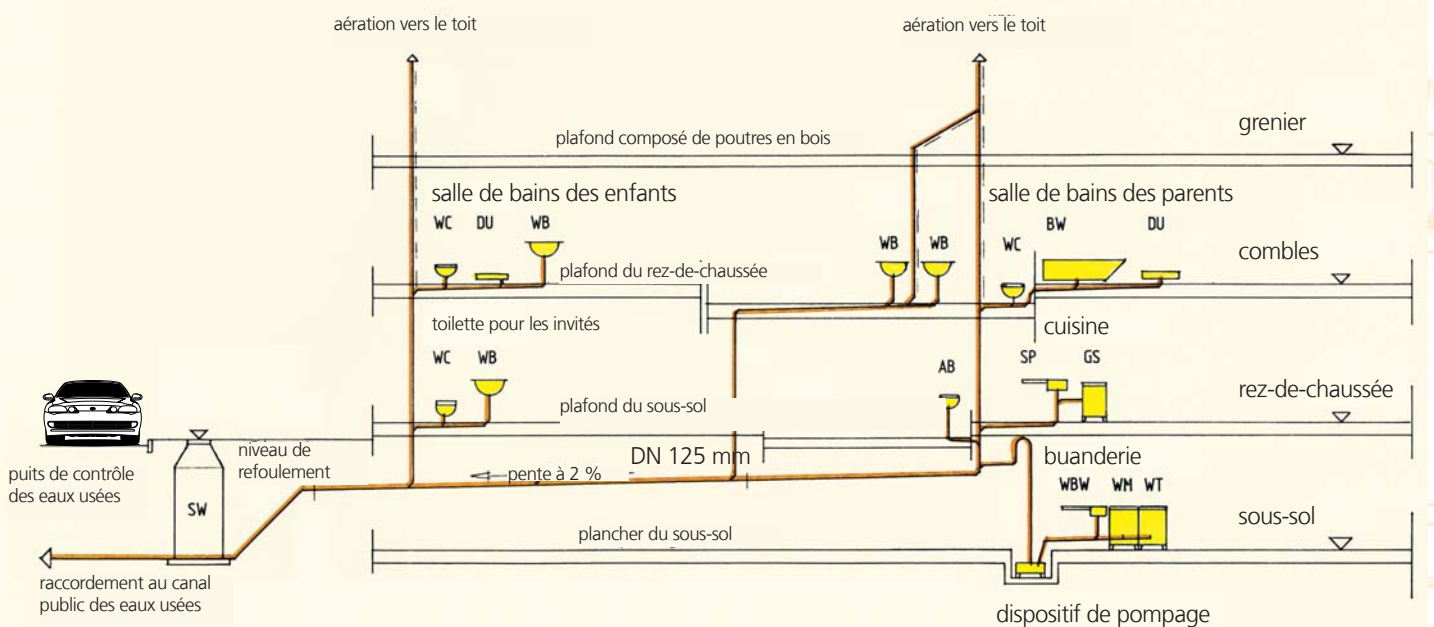
Une élimination réglementaire des eaux usées commence par une bonne évaluation du **drainage du terrain**. Le but étant que les eaux usées en provenance de ces terrains s'écoulent rapidement et sans laisser de dépôt dans la canalisation publique.

D'après la **réglementation du drainage** de la ville de Karlsruhe, les propriétaires de biens immobiliers sont obligés de raccorder leurs bâtiments à la canalisation publique (raccordement obligatoire). Entretemps il existe des directives très précises pour la planification du raccordement des bâtiments à la canalisation.

Lors de la construction d'un nouveau bâtiment, un **plan de drainage** doit également être présenté. Ces plans de drainage sont exigés depuis le début du projet de canalisation et sont examinés, autorisés puis conservés par le Tiefbauamt.



Plan de drainage 1886



Plan de drainage 2003

bodenplatte kg

Le réseau de canalisation urbain est mis en place pour accueillir une quantité précise d'eau pluviale. Lors de grosses chutes de pluie, il se produit un phénomène de refoulement dans les canaux. Pour des raisons économiques, on ne peut construire des canaux ayant la capacité de s'adapter à chaque pluie torrentielle. C'est du ressort des propriétaires immobiliers de prévoir de tels cas, grâce notamment à l'installation de **systèmes de protection contre le refoulement** et ainsi de se protéger contre « la pluie du siècle ».

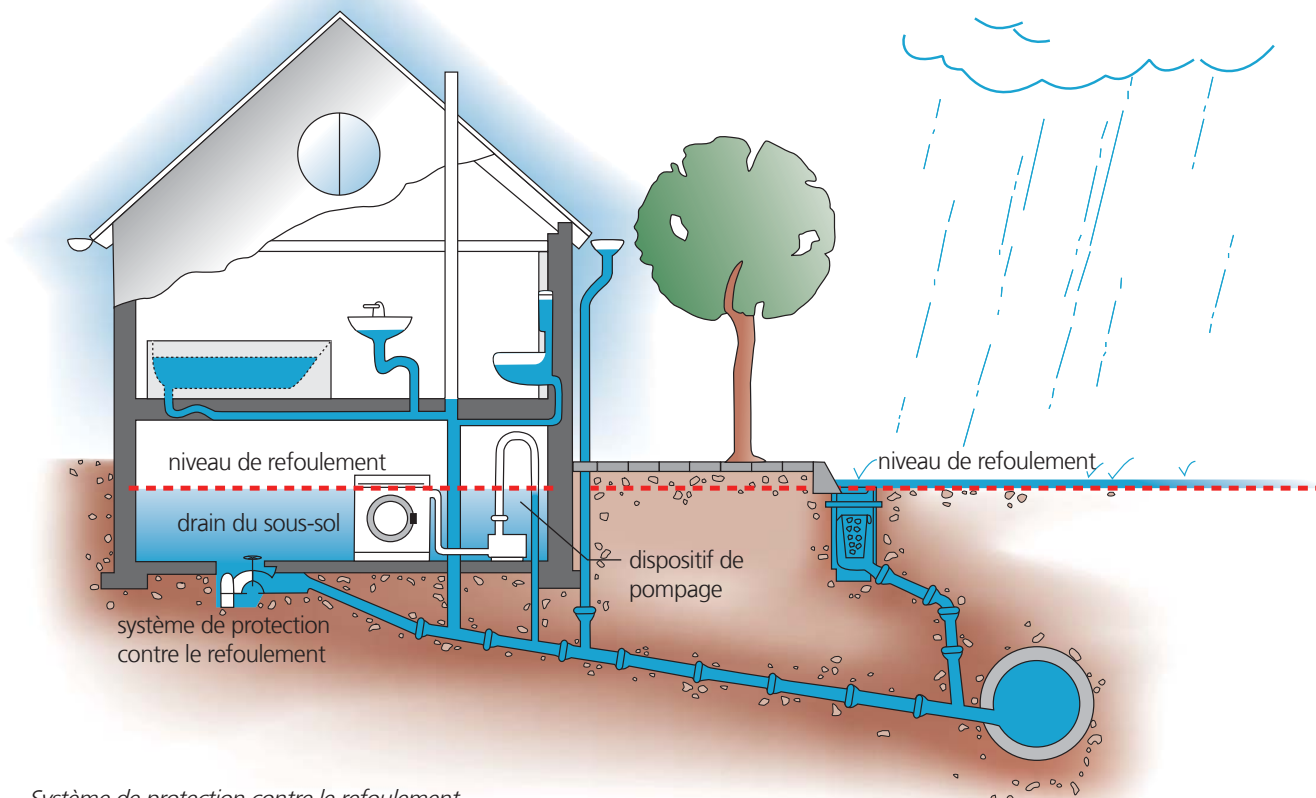
Les eaux de pluie et les eaux usées qui s'accumulent en dessous du bord supérieur du trottoir, appelé aussi « niveau de refoulement », doivent être pompées, via un **dispositif de pompage** automatique, dans le canal public. On doit donc faire attention à ce que la conduite de pompage soit placée au dessus du niveau de refoulement. Ainsi, lors de pannes de

courant, on dispose d'une protection contre le refoulement.

Dans certaines pièces de la maison, que l'on utilise moins fréquemment, comme par exemple la cave où se trouve la machine à laver, on peut empêcher les eaux domestiques usées (mais non souillées par les matières fécales) de refouler par la mise en place d'un **double clapet de non-retour** dans la canalisation. Pour savoir si un dispositif de pompage doit être installé ou non, le service des Ponts et Chaussées a publié un livret d'information spécial.

#### Dispositif de pompage oui ou non ?

La brochure peut être demandée à ce numéro :  
+49 721 133-7453



*Système de protection contre le refoulement  
avec un dispositif de pompage*

# Mesures préventives contre la pluie

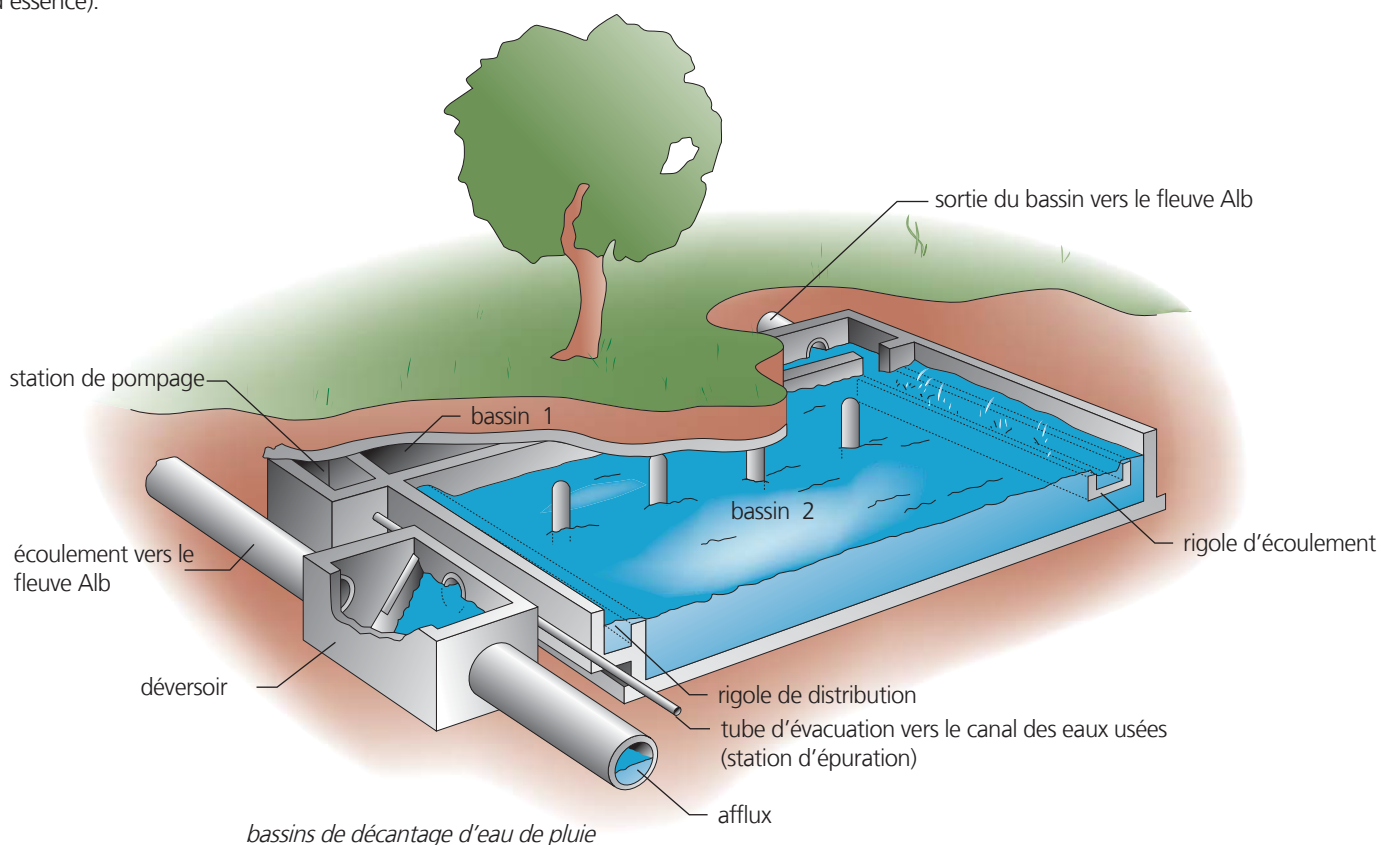
Les premiers **pluviomètres** comprenant un dispositif **d'enregistrement automatique des données** furent installés à Karlsruhe en septembre 1991. Maintenant il n'y a pas moins de dix pluviomètres répartis dans toute la ville et dans les quartiers situés sur les hauteurs. Les données enregistrées par les pluviomètres servent de base pour les planifications et les calculs concernant le drainage des eaux de la ville.

Lors de fortes précipitations, les **dispositifs** du réseau de canalisation suivants assurent le détournement des eaux usées et protègent les eaux publiques contre une nouvelle pollution:

Les **bassins de décantage** sont des dispositifs visant à purifier l'eau de pluie via la technique de décantation. Dans un système de type séparatif, ils sont construits au bout du canal des eaux pluviales, avant que celles-ci ne soient déversées dans les eaux publiques. Les eaux pluviales issues du ruissellement des toits, des cours, des rues et des places, sont en partie polluées par leur contact avec des traces de pneus, d'huile et avec la saleté présente sur le sol de la route. Ceci est particulièrement vrai pour les précipitations s'écoulant des zones industrielles. Dans les bassins de décantage, les particules tombant au fond de l'eau, tout comme celles surnageant à la surface, sont retenues grâce au processus de décantation qui s'effectue de la même manière que pour la séparation des huiles (principe d'un séparateur d'essence).



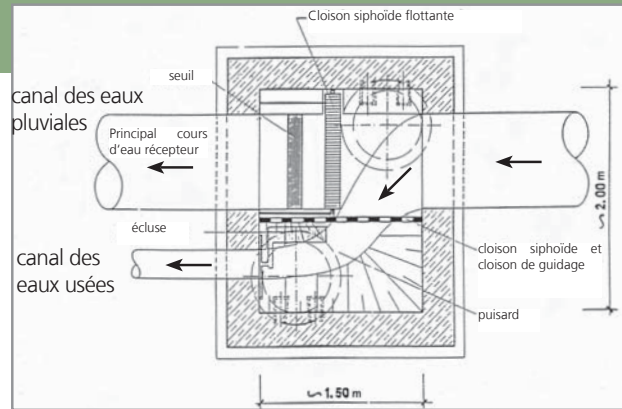
Pluviomètres



Dans les plus petites zones, il est plus avantageux d'adopter un autre système par temps sec : on fait alors dévier les eaux usées – qui pourtant étaient déversées dans le canal des eaux pluviales (raccordement incorrect) – vers le canal des eaux usées, à l'aide d'une **dérivation**. Lorsque la pluie commence à tomber, la dérivation se ferme et on stocke dans le canal les matières flottant à la surface de l'eau à l'aide d'une cloison siphonoïde. Lorsque la pluie cesse, ces particules sont acheminées par le canal des eaux usées jusqu'à la station d'épuration.

Des **bassins de rétention**, destinés à recevoir et stocker les eaux de pluie, sont situés à l'air libre ou enterrés. Ils se remplissent quand le canal des eaux de pluie ne peut plus assimiler toute l'eau. Grâce à un dispositif de régulation, seule une quantité déterminée d'eau peut s'écouler dans la canalisation. Ce contrôle du débit de l'eau permet de prévenir les inondations.

Dans le réseau de type unitaire, la pluie entraîne une montée rapide de la quantité des eaux usées. Lorsque l'eau usée unitaire atteint un taux de dilution suffisant, on peut alors la vider dans un déversoir d'orage. On dimensionne le **déversoir d'orage** de telle sorte qu'au minimum 90 % de toutes les substances polluantes s'écoulent vers la station.



Plan d'un système de séparation des eaux usées

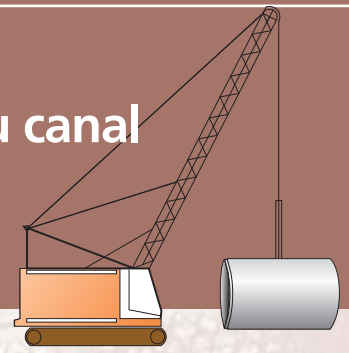
Si cette condition ne peut être remplie parce que le système de canalisation déchargeant l'eau du déversoir d'orage est trop petit, il faut mettre en place à la fois un bassin de rétention d'eau et un décanteur. Le **bassin d'orage** permet de ralentir le débit des eaux usées au sein du réseau de type unitaire et de nettoyer les eaux usées unitaires grâce au processus de sédimentation. Le dépôt de saletés restant dans les bassins doit être retiré régulièrement.



Bassins déversoir d'orages dans la station d'épuration dont la capacité est de 18 000 m<sup>3</sup>

# Exécution des travaux de construction du canal

## Restauration du canal par la méthode de construction à ciel ouvert



*Entraves à la circulation lors d'un chantier de construction à ciel ouvert*

Des niveaux d'eau élevés de la nappe phréatique, des sols pollués, ainsi qu'un grand nombre de circuits d'approvisionnement (électricité, téléphone, gaz, eau, etc.) qui traversent les tranchées de la canalisation, compliquent souvent considérablement le remplacement des canaux. D'un autre côté, cette méthode permet d'établir un nouveau et plus performant canal des eaux usées.



*Les lignes d'alimentation compliquent le travail*



*Remplacement de canaux à ciel ouvert*



# Installation des tuyaux par des machines pousse-tubes en galeries souterraines

Les grands collecteurs constituent le pilier du réseau de drainage de Karlsruhe. Ces profonds canaux (situés à environ 5 à 8 mètres en dessous du niveau de sol) sont construits depuis les années soixante, avec des diamètres allant jusqu'à 2 mètres, grâce à l'avancement pousse-tubes. Ce faisant, les tuyaux en béton armé sont enfoncés dans le sol par la **méthode de construction en galeries souterraines**, à partir d'un « puits de descente », sur une distance de plusieurs centaines de mètres grâce à un système hydraulique. Dans le même temps, la terre qui bloque le système de tuyaux est enlevée. À

la fin, il faudra aménager le sabot de tube et établir la jonction avec le réseau du canal. Cette technique spéciale requiert des compétences précises pour pouvoir réussir un positionnement exact. Par cette méthode, il est possible de placer à distance des tuyaux de drainage de différents diamètres. Les accès sous terre se limitent aux puits de descente situés en amont et en aval du canal construit.



*Puits de descente avec des dispositifs hydrauliques*



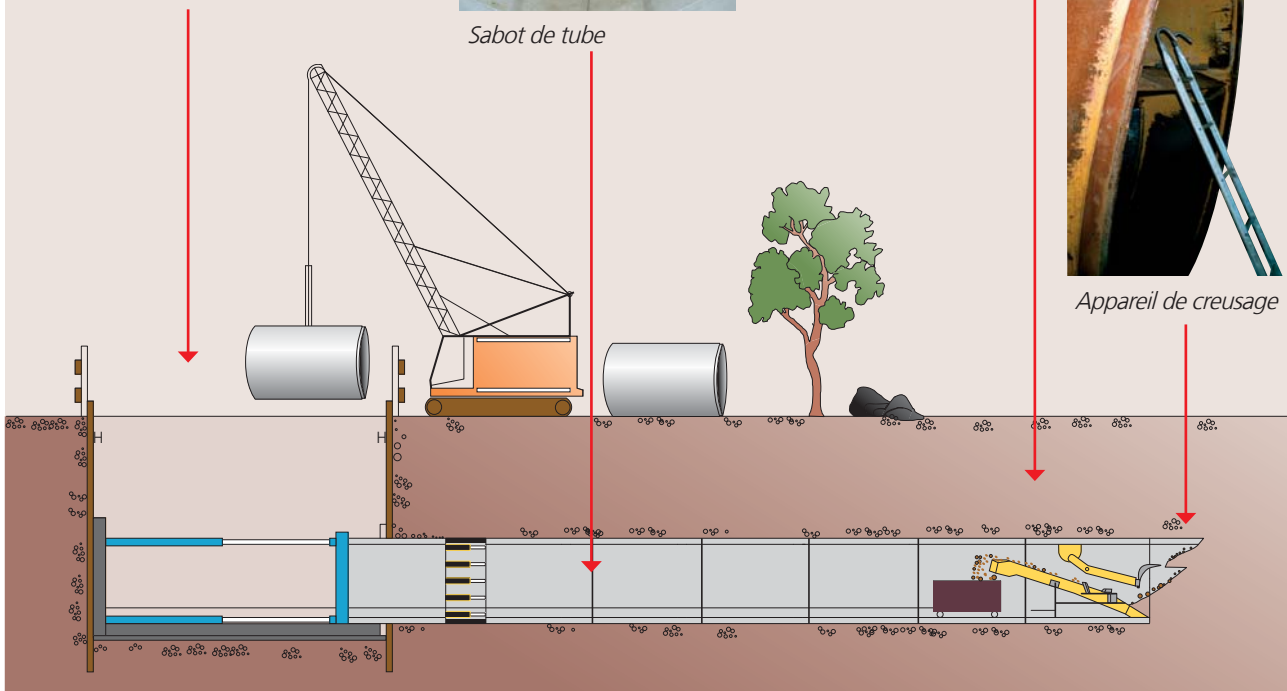
*Sabot de tube*



*Front de taille en cours d'exploitation*



*Appareil de creusage*



*Chantier avec puits de descente*

# Exécution des travaux de construction du canal

## Restauration du canal par le procédé de chemisage

### Procédé de chemisage à l'aide de tuyaux

Outre le remplacement des canaux, on peut aussi rénover les canaux existants au travers d'un encastrement de tuyaux en plastique, appelés aussi « gaines » ou « revêtement intérieur ». La condition préalable pour cette **rénovation réalisée de l'intérieur** est que le vieux canal ne présente aucun dégât grave comme des brèches, la formation de cassures ou des déformations sur plus de 10 % de la section transversale existante.

Au cours de cette procédure, un tuyau de matière plastique souple et imprégné d'une résine synthétique est encastré de puits en puits. Il est ensuite gonflé par le biais d'air compri-

mé et pressé sur la paroi du canal existant. Ensuite une source thermique (eau, lumière, vapeur), qui durcit la résine, est introduite, et ainsi le tuyau en plastique durcit aussi.

A la fin du processus de durcissement, toutes les jointures vers le canal principal sont ouvertes avec une fraiseuse.

Ainsi, en peu de temps, résulte un système de « tuyaux en tuyaux ». A l'avenir, le vieux canal ne servira que de revêtement entourant.



*Insertion d'un tuyau en plastique*



*Canal endommagé avant l'assainissement*



*Après l'assainissement : le canal est recouvert de plastique renforcé avec des fibres de verre*

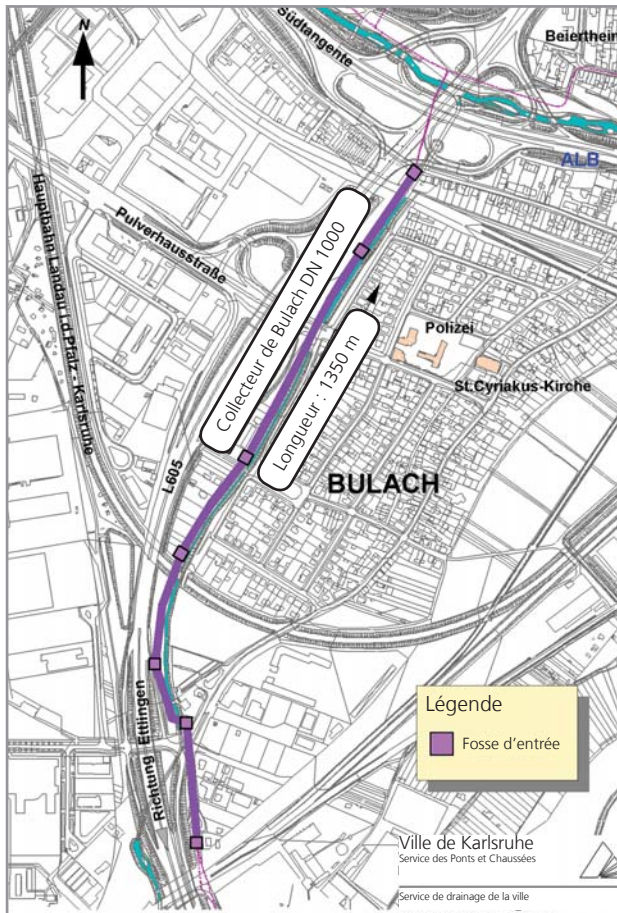
## Procédé de chemisage à l'aide de tubes

À la différence de la méthode de garnissage à l'aide de tuyaux, cette méthode requiert l'utilisation de tubes en plastique fabriqués en usine. Les tubes en plastique fournis sont descendus sur des fosses d'entrée et acheminés vers le lieu de construction par un chariot élévateur. Arrivé à destination, ils sont ajustés en position et attelés. Ensuite, la fissure existante entre le vieux et le nouveau tube est colmatée avec un mélange de minéraux argileux.

L'avantage du procédé de chemisage porte sur le fait qu'en peu de temps, un nouveau tube de drainage complètement stable et prêt à être utilisé se forme. Les problèmes qui apparaissent avec la méthode de construction à ciel ouvert comme les bruits, les vibrations, les problèmes de circulation ne se produisent pas ici. En outre, aucun déblai ne se produit, et un transfert coûteux de circuit d'alimentation n'est pas nécessaire.



Fosse d'entrée pour le procédé de chemisage des tubes



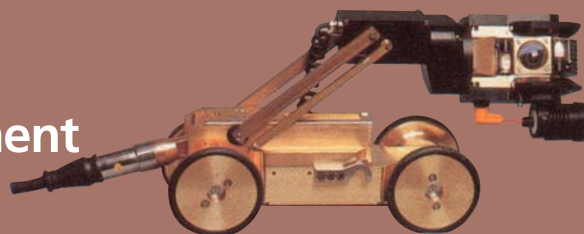
Plan topographique : Rénovation du collecteur de Bulach par le procédé de chemisage



Entrée du tuyau

**Avec les méthodes de construction décrites précédemment, plusieurs kilomètres d'installations de drainage sont rénovés et assainis à Karlsruhe chaque année.**

# Techniques modernes d'inspection et d'assainissement



Robot avec caméra spéciale (Kanalfernauge « oeil lointain »)

Aujourd'hui en zone urbaine, il y a un réseau de canaux d'environ 1100 kilomètres. Environ 290 kilomètres de ce réseau furent mis en place avant la seconde Guerre Mondiale. La technologie la plus moderne est utilisée pour la saisie des données et l'assainissement du réseau de canaux. Depuis 1975, les canaux sont analysés par un robot spécial, qui est nommé **Kanalfernauge** (« oeil lointain »). En 1999, la première analyse de tous les canaux touche à sa fin. Le déroulement de cette enquête est le suivant :

Des **caméras spéciales**, qui sont installées sur des robots, parcourent les canaux et enregistrent leurs états. Les canaux de drainage sont ainsi suivis et contrôlés sur une distance de 20 centimètres jusqu'à 2,20 mètres. La caméra spéciale transfère l'image sur un écran situé dans une voiture d'observation. Les dégâts sont enregistrés par le biais d'images numérisées et classés par groupes selon leur gravité. À partir de ces informations on peut déterminer si des **travaux de rénovation** sont nécessaires.

Avant chaque rénovation, on doit vérifier si la capacité hydraulique du diamètre des canaux suffit encore. Les dommages locaux peuvent être réparés avec des techniques de rénovation d'intérieur modernes, par des robots spécialement conçus pour le canal, des « partliner » ou des « manchons de pression »

qui évitent de creuser. Ces méthodes diminuent les coûts et minimisent les nuisances pour les riverains.

Des expériences montrent que l'âge seul ne permet pas de conclure sur la qualité, l'étanchéité ou même sur l'ensemble de l'état d'un canal. À Karlsruhe, il y a des canaux vieux de plus de 100 ans, qui se trouvent encore intacts sous terre. En revanche, des tuyaux en béton armé, qui furent posés entre les deux guerres mondiales, sont souvent affectés par des dégâts importants. Pendant ces temps économiques difficiles, le ciment, un agent de liaison, fut modérément utilisé, ce qui a entraîné des effets extrêmement négatifs sur la qualité du béton.



Robot-fraiseuse avec caméra panoramique



Utilisation d'un véhicule d'assainissement du canal



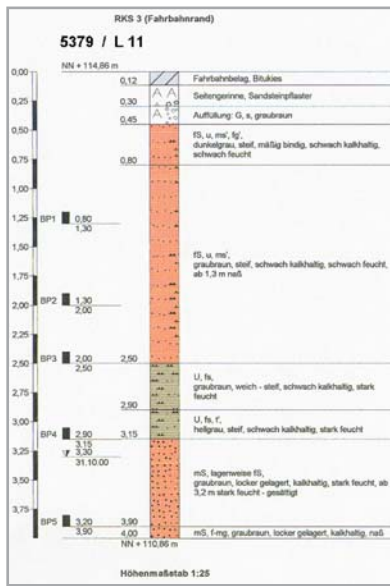
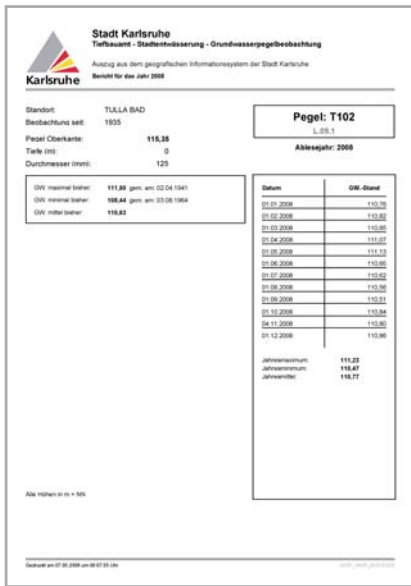
Formation de racines dans un canal

# Relevés du cadastre

Depuis 1930, il existe à Karlsruhe des dispositifs permettant d'enregistrer les niveaux d'eau des nappes phréatiques. Sur tout le territoire de la ville, on recense plus de 140 dispositifs d'enregistrement des niveaux d'eau des nappes phréatiques. Ces niveaux sont lus et notés régulièrement. Toutes les personnes intéressées ont la possibilité de se renseigner auprès du Tiefbauamt (service des Ponts et Chaussés) pour connaître le niveau d'eau le plus bas, et réciproquement, le niveau le plus haut enregistrés pour chaque nappe phréatique.

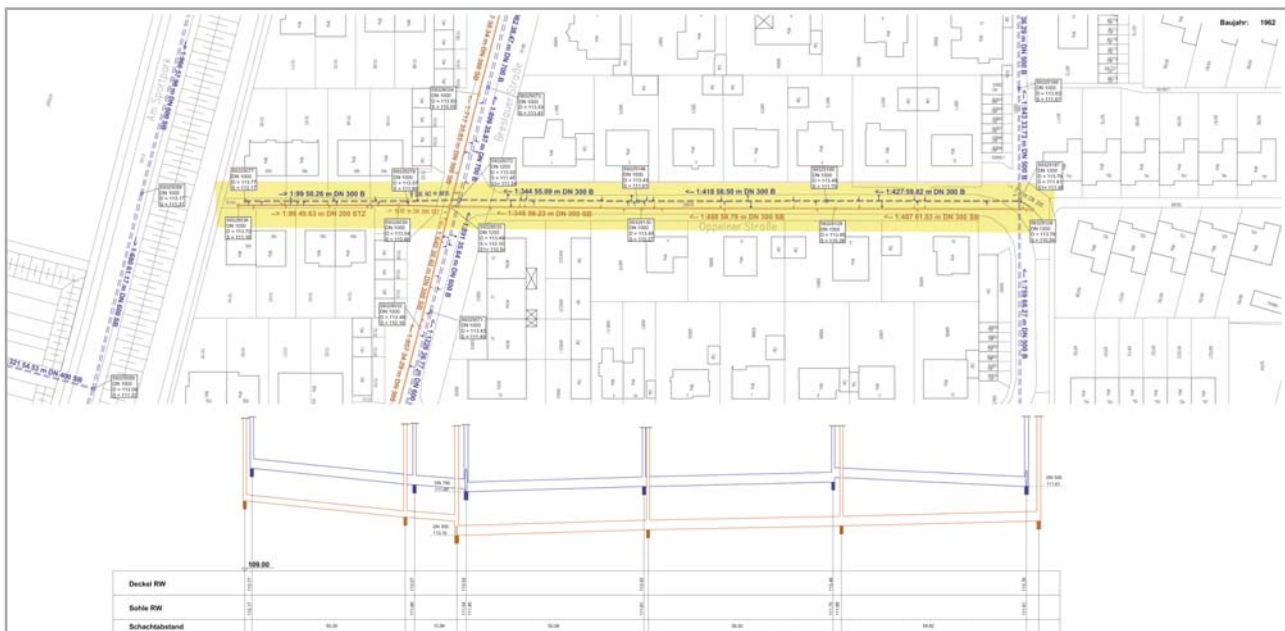
Des extraits de données du cadastre du réseau de canalisation publique et du cadastre des forages sont disponibles en format papier ou sous forme numérique.

Pour obtenir des renseignements payants du drainage de la ville de Karlsruhe (section cadastre), adressez-vous au bureau du cadastre au numéro suivant :  
 +49 721 133-7425 ou -7426 ou encore par courriel à l'adresse centrale : [kanalkataster@tba.karlsruhe.de](mailto:kanalkataster@tba.karlsruhe.de)



Données d'observation des nappes phréatiques

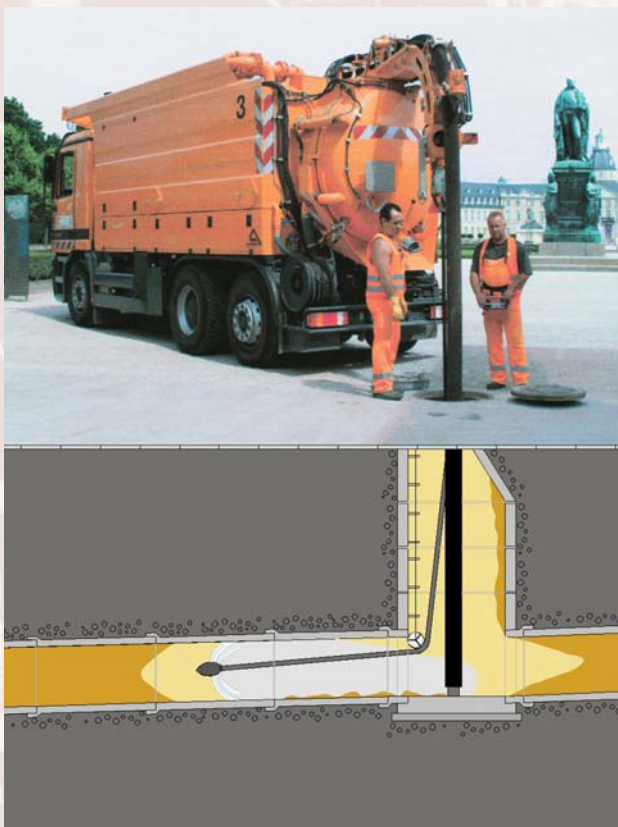
Plan cadastral avec situation du forage



Plan cadastral réseaux et canalisation

## Du fonctionnement manuel au rinçage mécanique

Etant donné que la plaine du Rhin est peu pentue, les canaux situés dans la zone urbaine de Karlsruhe ont une faible inclinaison. En conséquence, l'eau usée coule doucement avec une force d'entraînement faible, c'est pourquoi des dépôts peuvent se former facilement. Les canaux sont nettoyés à intervalles réguliers, afin qu'ils ne se bouchent pas. Le printemps nécessite une attention particulière car les gravillons, qui sont entrés dans le système de drainage lors des déneigements, doivent être enlevés. Les années précédentes, le nettoyage du canal était réalisé avec des brosses attachées à des treuils.



Nettoyage du canal à l'aide d'un véhicule de rinçage de haute pression



Groupe d'artisans veillant au nettoyage du canal en 1959

Aujourd'hui, la majorité des canaux sont nettoyés avec des « **véhicules de rinçage de haute pression** ». Avec une pression allant jusqu'à 150 bar, les sédiments dans le canal sont détachés puis emportés. À l'aide d'une trompe, le véhicule aspire la boue dans un réservoir. Grâce à ce système, les canaux allant jusqu'à un mètre de diamètre peuvent être nettoyés de manière économique.

Les Hauptvorflutkanäle (canalisation de déversement), comme p.e. le Hauptentlastungskanal ou le Landgraben, doivent être nettoyés avec des machines. Pour cela des « **chariots de nettoyage** » sont introduits dans le canal des eaux usées. Grâce à la force hydraulique, les appareils de nettoyage sont poussés le long du canal par les eaux usées présentes.

Au cas où l'eau usée présente ne suffit pas, l'eau peut être pompée jusqu'à l'intérieur des villes par des « **puits de rinçage** » spéciaux, mais aussi par des « **canaux de rinçage** » provenant de l'Alb et du Pfingz mesurant environ 15 kilomètres de long. Les appareils de nettoyage sont arrêtés aux puits de regard définis, de manière à ne pas gêner la circulation, et la boue du canal est enlevée ou aspirée par un camion d'aspiration.

Malgré une vaste mécanisation du service de nettoyage, les inspections des canaux sont indispensables. Le travail reste dangereux et il exige un grand effort physique. D'importantes mesures de sécurité protègent les employés des accidents.



*Tuyère de nettoyage à haute pression*



*Chariot de nettoyage dans le Landgraben*

Au total 70 employés de la section Kanalbetrieb (service d'entretien de la canalisation) maintiennent le fonctionnement du réseau de canalisations dans sa globalité. Des groupes d'artisans réalisent le plus vite possible des petits travaux de réparations. Ces groupes peuvent utiliser des véhicules de nettoyage spécialisés, qui sont mis à leur disposition, et qui permettent le nettoyage sous pression, l'aspiration de la boue et le nettoyage des rigoles.

Les employés nettoient environ 87 000 rigoles et 1300 kilomètres de canaux de drainage par an en zone urbaine.

La section Kanalbetrieb est aussi chargée de l'entretien des bassins et des déversoirs d'eau de pluie. Chaque année, les employés effectuent près de 260 contrôles dans les bassins. Environ 1300 tonnes de sable et de boue sont prélevés annuellement dans les bassins du canal et dans les rigoles de la ville.

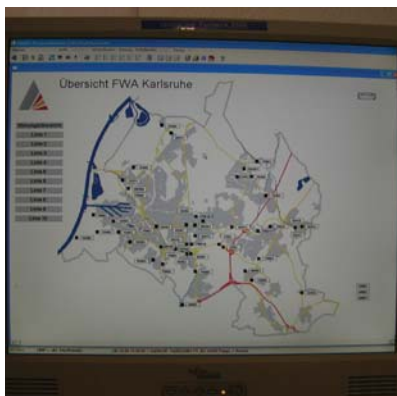


*Équipe du Kanalbetrieb (service d'entretien de la canalisation)*

# Les stations de pompage maintiennent l'écoulement

Il existe des zones de drainage qui sont si profondes qu'une pente naturelle vers les eaux publiques ou les collecteurs n'existe pas ou bien ne suffit pas. C'est pourquoi les **stations de pompage** sont indispensables. En zone urbaine, 29 stations de pompage d'eau de pluie, 8 d'eaux usées unitaires et 15 d'eaux usées sont utilisées. Les stations de pompage nécessitent une surveillance intense et une inspection régulière.

Plusieurs petits lotissements à la périphérie de la zone urbaine, pour qui un accès traditionnel au canal serait trop coûteux, sont reliés par un canal sous pression au réseau de canaux existant. L'eau usée de ces régions est pompée à travers des tuyaux en plastique, de petits diamètres (allant de 80 jusqu'à 100 mm). Les frais de construction s'élèvent à seulement 15 à 25 % du coût d'un canal avec une pente naturelle.



*Moniteur de surveillance à distance*



*Salle de contrôle de la station de pompage « Südtangente »*



*Puits de pompage avec des pompes immergées*



*Pompes d'eau de pluie immergées*

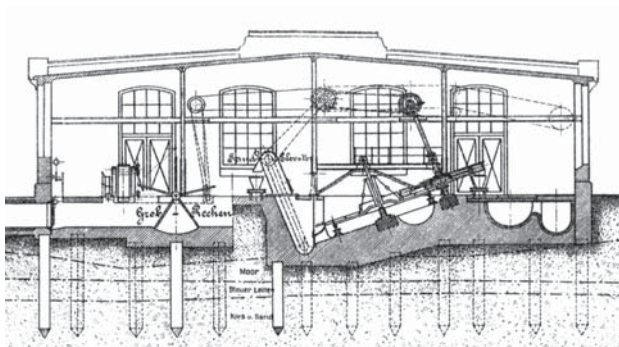


# Tout arrive dans la station d'épuration



Bâtiment administratif de la station d'épuration

Tous les efforts du service de drainage municipal énumérés jusqu'ici, veillent à ce que les eaux usées naissantes, l'eau de pluie (qui est récupérée dans le système de type unitaire), et l'eau d'apport arrivent le plus rapidement possible et de façon certaine à la station d'épuration. Par beau temps, la quantité d'eau totale s'élève à environ 64 000 mètres cube, ce qui est comparable à environ 425 000 baignoires remplies d'eau. Par temps de pluie, jusqu'à 340 000 mètres cubes peuvent être traités quotidiennement.



Grille inclinée rotative d'après Riensch, 1913

En 1913, un dégrilleur grossier, une « grille inclinée rotative » et un « tamis rotatif » furent les premières parties de l'installation à être mises en service. Ce simple assainissement mécanique des eaux usées s'opéra jusqu'après la seconde guerre mondiale.

Au début des années cinquante, le niveau de performance du nettoyage mécanique a essentiellement été augmenté par des constructions successives de dégrilleurs, de dessableurs, de décanteurs et de lits de séchages.

Un assainissement biologique (méthode de boues activées) est mis en place depuis 1977. Avec la mise en service d'un second niveau de nettoyage biologique (lit bactérien) en 1984, la performance de nettoyage fut nettement améliorée.

Dès 1970 jusqu'en 1990 environ, l'attention fut focalisée sur la manière de réaliser la plus grande dégradation possible des composés carboniques.

La multiplication des algues et le décès des phoques dans la mer du Nord et la mer Baltique, montrèrent en 1988/1989 la nécessité d'enlever également les éléments nutritifs de phos-

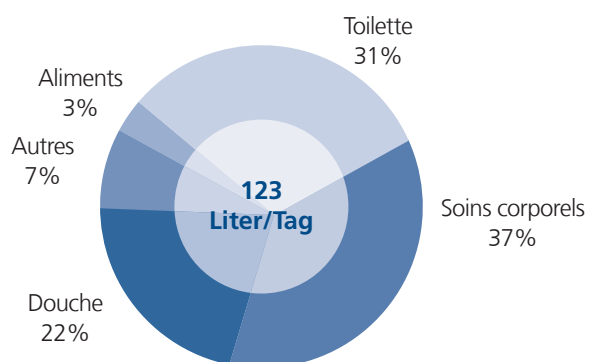
phore et d'azote des eaux usées. L'accent mis sur l'élimination du phosphore et de l'azote fut déterminant pour les années qui suivirent.

En principe, tous les agrandissements prévus pour l'épuration des eaux usées à Karlsruhe furent contrôlés au préalable par d'importantes séries de tests afin de vérifier leur qualité de fonctionnement.



Dispositif de grille de retenue automatique, 1993

Les résultats de ces tests permirent de déterminer la taille optimale de la station d'épuration. Il fut ensuite possible de trouver des solutions bon marché.



Répartition de la consommation d'eau d'un ménage par personne

Presque toute l'eau potable consommée par les ménages, à laquelle se rajoutent l'eau d'apport et l'eau de pluie, se dirigent, via le réseau de canaux, vers la station d'épuration.

# Histoire de la station d'épuration de Karlsruhe

## **1908 Détermination du site**

En 1908, l'administration du Bade donne son accord à la ville pour traiter mécaniquement l'eau usée provenant de la zone urbaine avant son déversement dans le Rhin. Pour l'aménagement de la station d'épuration des eaux usées – composée d'un dégrilleur suivi par une grille inclinée rotative - on choisit, dans la mesure du possible, une zone de basse altitude, située à la frontière du territoire communal et proche du Rhin. Le site, situé en contrebas, permet un écoulement des eaux usées en pente naturelle de la plupart des arrondissements.

## **1913 Début de l'assainissement**

Grâce à cette installation mécanique simple datant de 1913, 76 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées peuvent déjà être traités par jour. L'agrandissement de la station d'épuration a commencé à ce moment-là et dure encore aujourd'hui.

## **1942 Manque d'argent pour un autre agrandissement.**

Au milieu des années trente, la capacité de la station arrive à son maximum. L'inspection exige une nouvelle station d'épuration adaptée à la technologie de l'époque. Les calculs et les essais sont très rapidement commencés. Mais à cause de la course aux armements amorcée par la guerre, la réalisation de ce projet est repoussée.

## **1951 Nouvelle station d'épuration à l'ouest de la route nationale B 36**

Dès 1946, on poursuit les plans. Etant donné que seulement l'ouest de l'autoroute nationale B 36 a une surface disponible suffisamment étendue pour des agrandissements, la nouvelle station d'épuration est placée sur ce site. Elle est dotée d'un aménagement mécanique composé de dégrilleurs, dessableurs, décanteurs et des lits de séchage. La mise en service s'effectue en 1952. Plusieurs agrandissements ont lieu jusqu'au début de l'année 1970.

## **1973 Mise en place d'un séchage thermique des boues**

Au lieu de la construction prévue de quatre bassins de fermentation pour la stabilisation des boues, on décide de construire à Karlsruhe un dispositif de séchage thermique des boues. Les bas coûts énergétiques sont cruciaux. Un litre de fioul coûtait autrefois moins de 10 Pfennig (moins de 0,05 €/L).

## **1977 Premier niveau de nettoyage biologique**

Entre-temps le mauvais état de l'eau demande un assainissement biologique des eaux usées. Après une durée de construction de quatre ans, un premier niveau d'assainissement des eaux usées avec 18 bassins d'aérations (22 000 m<sup>3</sup>) et 6 clarificateurs secondaires (18 000 m<sup>3</sup>) est mis en service en 1977.

## **1978 Construction des stations d'épuration d'air pollué**

Les riverains se plaignent de l'émission d'odeurs provoquées par les bassins d'aérations ouverts et le séchage thermique des boues. Les bassins d'aération sont recouverts dans les meilleurs délais. L'air pollué est conduit par une aspiration dans un laveur chimique d'odeurs à trois étapes. Dans un second laveur d'air pollué, les mauvaises odeurs issues du drainage thermique sont traitées.

## **1981 Mise en service du premier incinérateur de boues d'épuration**

Conformément aux règles de la décharge d'ordures ménagères de la ville, les 120 tonnes de boues d'épuration produites par jour (non stabilisées par digestion anaérobie) ne peuvent être placées à la décharge publique. Il y a de forts problèmes d'odeurs durant les saisons chaudes et des problèmes de stabilité lors de l'augmentation de la masse des déchets domestiques quand le temps est pluvieux. La combustion reste la seule solution technique envisageable.

## **1984 Quatre lits bactériens comme second niveau de nettoyage**

Avec la mise en service de quatre lits bactériens comme second traitement biologique et encore deux bassins de décanation pour la première étape du traitement, les valeurs de l'effluent final peuvent être réduits significativement. Avec cette solution, la nitrification, c'est-à-dire une oxydation de l'ammonium en nitrate (l'ammonium est toxique pour les poissons) a désormais lieu en plus.



Station d'épuration de Karlsruhe en 2009

**1990 Réduction du phosphore**

Après d'importantes séries de tests, le phosphore est précipité avec le Grünsalz (le sulfate de fer II) depuis 1990.

**1992 Mise à disposition d'un second incinérateur de boues d'épuration**

Pour des raisons de sécurité de fonctionnement, un second incinérateur à lit fluidisé pour la combustion des boues d'épuration des eaux usées est achevé en 1992.

**1998 Elimination de l'azote**

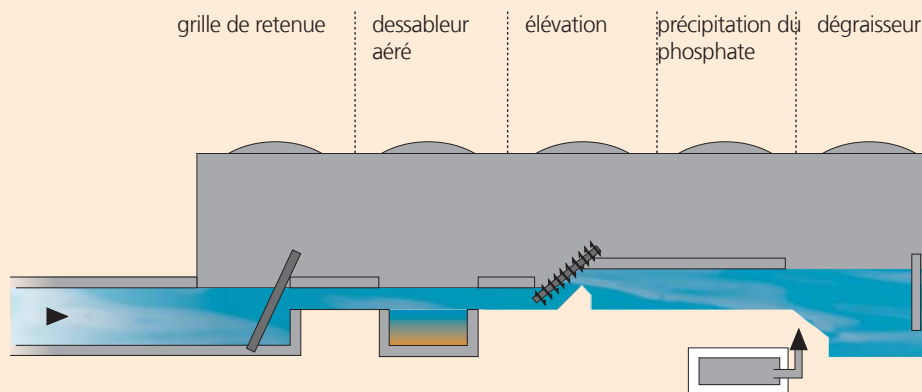
Après une durée de construction de six ans et d'importantes mesures de transformation, une élimination de l'azote est mise en place. Avant le commencement de la construction, on a recherché durant une longue période de quatre ans et avec l'aide d'experts, une solution optimale. Plusieurs variantes de solutions sont testées par une installation pilote afin de juger de leurs utilités. Une solution très bon marché fut trouvée, car la plupart des bâtiments déjà construits purent être réutilisés en vue d'un nouveau niveau d'agrandissement.

**2002 Augmentation de l'élimination de l'azote**

Le législateur abaisse encore une fois les valeurs d'effluent de l'azote de 18 à 13 mg/L pour  $N_{total}$ . Quatre lits bactériens ultérieurs sont prévus, ils sont mis en service fin 2007. Deux de ces lits bactériens peuvent aussi être convertis pour une dénitrification en aval.

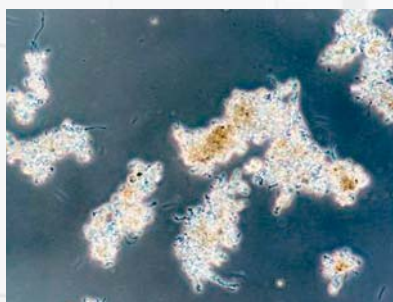
# Les bactéries purifient l'eau

## Phase de nettoyage mécanique



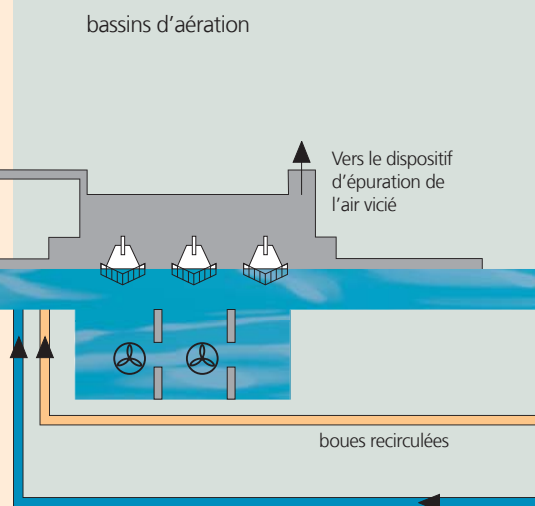
Une **grille automatique** retient tous les gros déchets. Suit un **dessableur aéré** qui réduit la vitesse, permettant aux composants minéraux comme le sable et les galets de se déposer.

Après une **élévation** (la vis d'Archimède) le sulfate de fer II est ajouté à l'eau usée pour la **précipitation du phosphate**. Les graisses et les matières flottantes qui nagent à la surface de l'eau, sont séparées dans un **dégraisseur**.



Flocon de boue (photo agrandie)

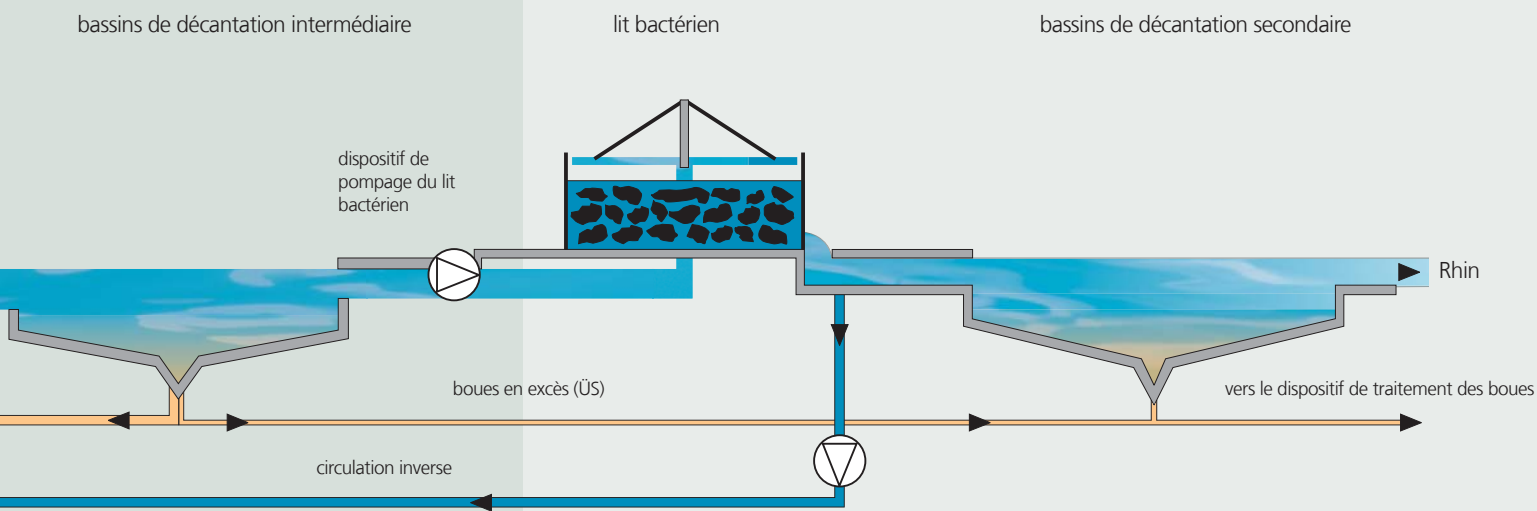
## Première phase de nettoyage biologique avec dénitrification



Ainsi, l'eau usée, purifiée grossièrement de façon mécanique, coule dans les **bassins d'aération**. Une partie de l'eau, venant des lits bactériens, est pompée lorsqu'elle est de retour dans les premiers bassins, où la **dénitrification** a lieu. Ici, aucune entrée d'oxygène n'a lieu et les bactéries qui décomposent les substances organiques (bactéries dénitrifiantes), séparent l'oxygène du nitrate. L'azote s'échappe comme le gaz dans l'atmosphère.

Dans les bassins suivants, il existe des microorganismes, en particulier des bactéries, qui consomment les saletés organiques dissoutes dans les eaux usées. Des malaxeurs et des techniques de ventilation maintiennent les boues activées en suspension dans l'eau, et apportent simultanément l'oxygène indispensable pour ces bactéries.

## Deuxième phase de nettoyage biologique avec nitrification



La boue et l'eau sont séparées dans les **bassins de décantation intermédiaire**. Grâce à la faible vitesse, la boue se dépose au fond du bassin.

Pour atteindre une haute densité bactérienne et ainsi arriver à une bonne performance de nettoyage, la boue activée (car enrichie de bactéries), qui se trouve dans les bassins de décantation intermédiaire, est pompée dans les premiers bassins.



Bassins de décantation intermédiaire

Une seconde phase améliore l'épuration biologique. L'eau usée arrose des cylindres remplis de roches volcaniques – les **lits bactériens**. Avec l'aide des bactéries (bactéries nitrifiantes) qui s'établissent dans un film visqueux sur la surface des roches volcaniques, l'azote d'ammonium est oxydé en nitrate (**nitrification**).



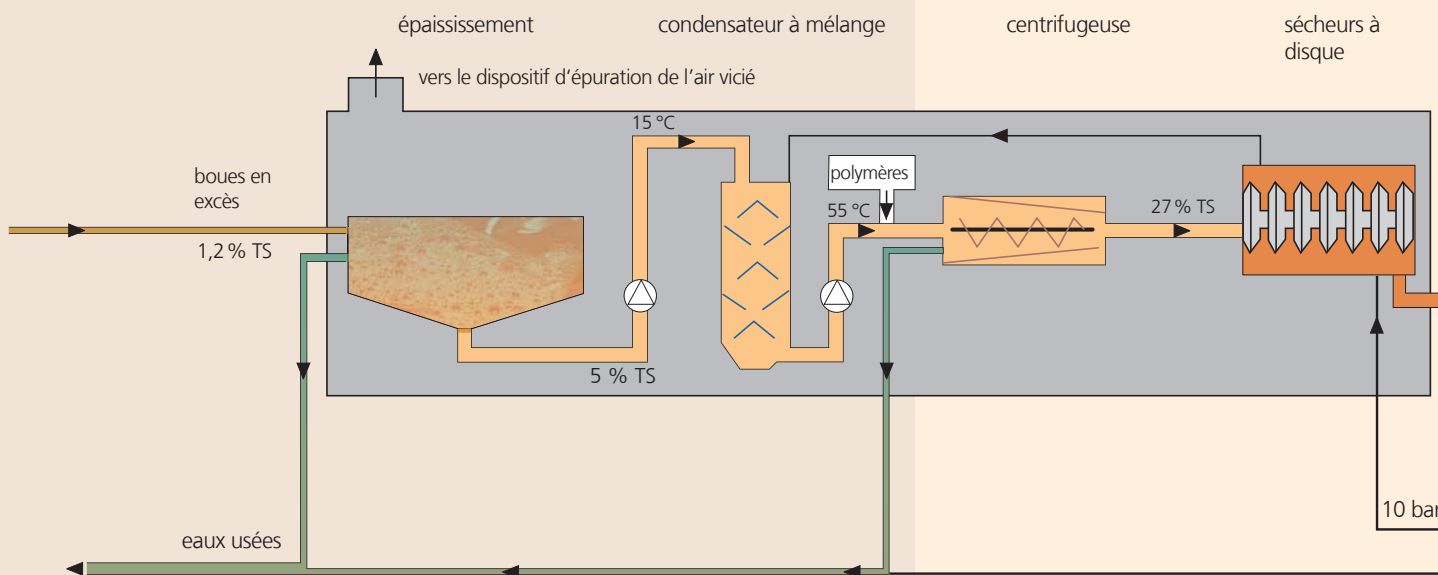
Arrosage du lit bactérien

Quatre **bassins de décantation secondaire** séparent la boue de l'eau. L'eau usée, doublement purifiée de manière biologique, coule ensuite dans un gros canal ouvert sur le **Rhin**.

# Que fait-on avec la boue ?

## Déshydratation des boues

## Séchage des boues



La boue qui est déposée dans les bassins de décantation intermédiaire et dans les bassins de décantation secondaire, est composée d'une matière solide à environ 1,2 % en moyenne, le reste n'est que de l'eau. L'objectif de déshydratation des boues est de diminuer cette forte teneur en eau. Par un simple épaisissement (via la **sédimentation**), on obtient un poids de matière solide de 5 %.



Dispositif de pompage de la boue

Ensuite, la boue est préchauffée dans un **condenseur à mélange** une température moyenne de 55 °C.

Pour encore plus déshydrater la boue de manière mécanique, un élément chimique de conditionnement (**polymère**) doit au préalable lui être ajouté. Le conditionnement déclenche l'apparition de petites particules de boue qui s'accumulent en grosses particules et facilitent l'écoulement de l'eau.

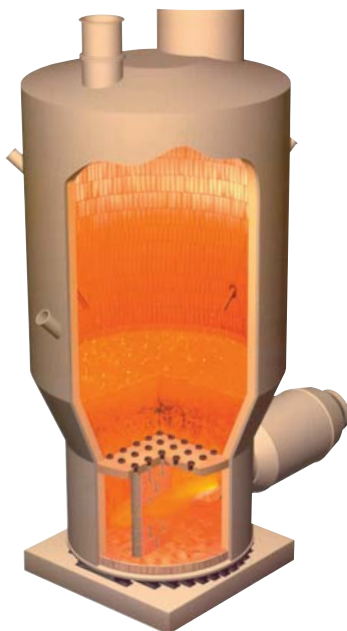
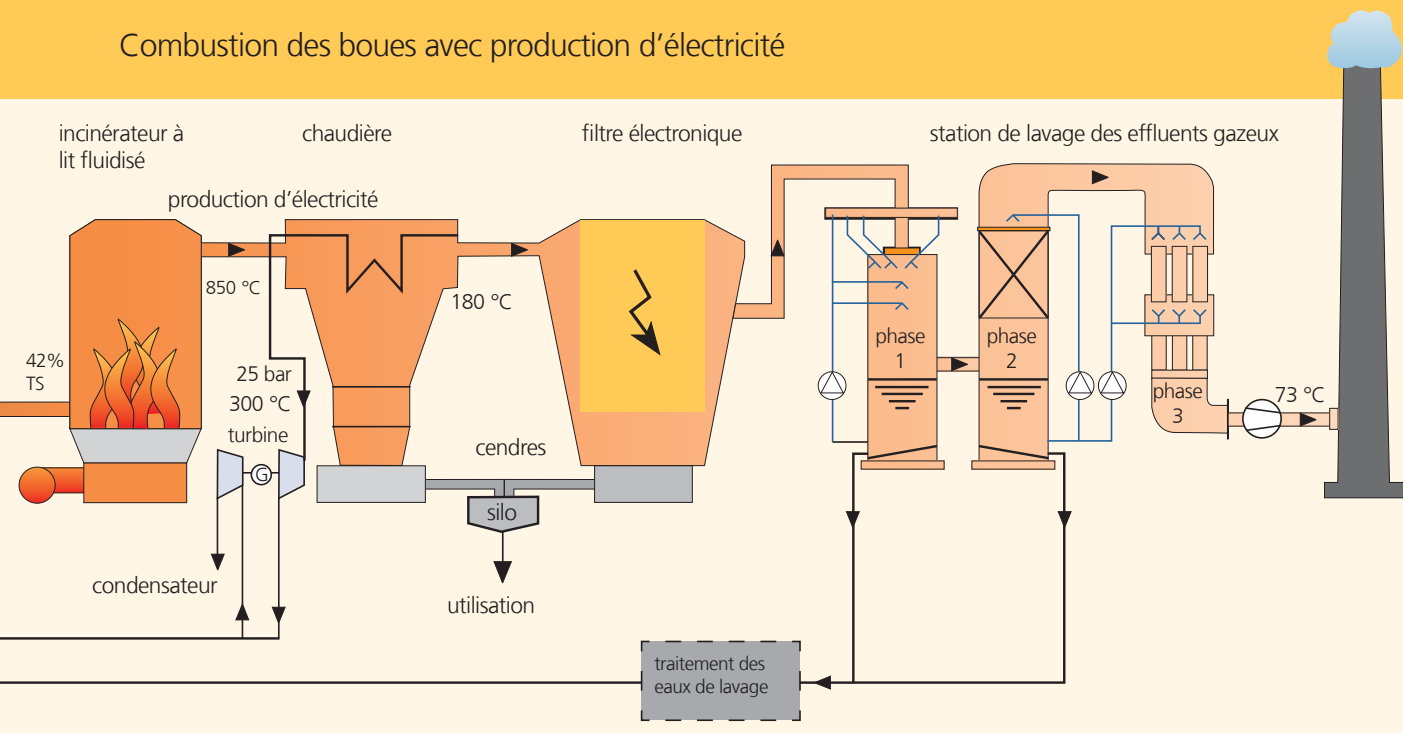
Trois **centrifugeuses** déshydratent la boue avec une capacité maximale de 45 m<sup>3</sup> par heure pour chacune.

La teneur en matière solide s'élève à 27 %. Pour la combustion automatique, on a besoin d'une teneur en matière solide totale de 42 % qui est obtenue par un **sécheur à disques**, chauffé par vapeur.



Sécheur à disques

## Combustion des boues avec production d'électricité



Incinérateur à lit fluidisé

La boue d'épuration ainsi que les déchets des dégrilleurs et des dégraisseurs sont incinérés à une température s'élevant aux alentours de 850 °C dans un **incinérateur à lit fluidisé**. Aujourd'hui, c'est la combustion la plus écologique. Le gaz de fumée comporte de l'énergie calorifique qui est utilisée dans une **chaudière de récupération** de production de vapeur. 60 % de cette vapeur sont nécessaires pour le conditionnement thermique des boues, et les 40 % restants sont utilisés par une turbine et un générateur pour la **production d'électricité**.

Les lourds fragments de poussières des gaz de fumée se déposent



Incinérateur de la boue d'épuration

dans une chaudière de récupération. Les **électrofiltres** arrêtent les particules de poussières légères, on atteint alors un niveau de pureté de 99,8 %.

Ensuite, les matières résiduelles sont éliminées par un laveur de gaz à voie humide. Ce laveur à trois étapes dispose de la technologie la plus récente (17.BImSchV).

De 2500 m<sup>3</sup> de boues fraîches qui arrivent quotidiennement, il reste enfin environ 10 m<sup>3</sup> de cendre. La cendre est utilisée comme agrégat pour remplir les caves des mines.



Nettoyage des effluents gazeux

## Service 24 heures sur 24

Aujourd'hui, **les stations d'épuration** ressemblent à des usines modernes. Ici, ce ne sont pas des produits industriels qui sont préparés, mais des eaux usées qui sont purifiées étape par étape. Le but de cette « production » est de rendre l'eau propre. Toutefois, une station d'épuration se différencie d'un centre de production normal sur un point : la station d'épuration ne doit pas être arrêtée, et le législateur exige une performance précise de nettoyage en service continu.

L'exigence d'une **disponibilité constante** fait peser de lourdes contraintes sur l'équipe du service de nettoyage. Pour toutes les installations importantes de la station, en particulier les installations mécaniques qui sont en service continu, des

unités de réserve suffisantes doivent être tenues à disposition. Il faut que le personnel identifie immédiatement les dysfonctionnements et les résolve dans un court laps de temps.

Au cours de chaque nouvelle étape d'agrandissement, on a essayé de construire les nouvelles parties de l'installation de manière à ce qu'elles puissent être moins surveillées et résistantes aux pannes. Toutes les étapes sont automatisées de sorte que c'est techniquement faisable et économiquement judicieux. Le pilotage et la surveillance ont lieu dans un centre de contrôle.

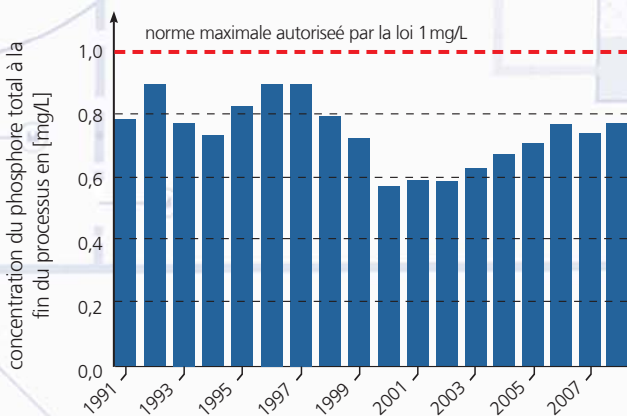


*Centre de contrôle de la station d'épuration*





Équipe de la station d'épuration



Succès de l'élimination du phosphore

En dehors du temps normal de travail, trois personnes qualifiées sont indispensables pour le fonctionnement et la surveillance de la station d'épuration. En tout 65 personnes y travaillent.

La technique de nettoyage des eaux usées, aujourd'hui hautement modernisée, exige des collaborateurs et collaboratrices compétents et conscients de leurs responsabilités. Les bons résultats de l'entreprise, qui furent établis les années précédentes, sont aussi dus au mérite de cette équipe engagée.

# Contrôles réguliers à l'intérieur et à l'extérieur de la station

L'eau usée qui coule vers la station d'épuration est sujette à d'importantes fluctuations de quantité, de chargement et de composition de boue. À la station, des échantillons des eaux usées sont continuellement prélevés dans des lieux définis. Les résultats de ces échantillons, qui sont obtenus par des analyses chimiques, fournissent d'importantes données pour le fonctionnement de la station, car ils donnent des renseignements sur le degré de pollution des eaux usées, ainsi que sur la force de nettoyage de la station d'épuration. Le laboratoire central exécute quotidiennement ces analyses dans un cadre **d'auto-surveillance**. Un fonctionnement optimal ainsi que des améliorations dans la station sont uniquement rendues possibles par l'obtention de ces mesures. Ces analyses et des « appareils de mesure en continu » installés facultativement, nous fournissent sans cesse des informations sur le degré de pollution des eaux usées ainsi que sur l'actuelle force de nettoyage de la station d'épuration.



Analyse au laboratoire central

La consultation et le contrôle du fonctionnement de l'industrie dans le cadre d'un **contrôle des tributaires indirect** est une autre tâche du laboratoire central. Les industries et les entreprises ont la permission de déverser leurs eaux usées dans les canalisations publiques seulement quand les concentrations ou les chargements en polluants (quantité de l'eau multipliée par la concentration), tous deux définis par la loi, sont respectés. Ces valeurs sont établies par le législateur pour les différentes branches industrielles. Les entreprises qui détiennent une installation industrielle de traitement des eaux usées ou qui sont plus polluantes que les autres, sont régulièrement surveillées. Actuellement (en 2009), on prélève régulièrement des échantillons dans environ 110 entreprises en zone urbaine et à Ettlingen. Tous les résultats sont informatisés et gérés par le

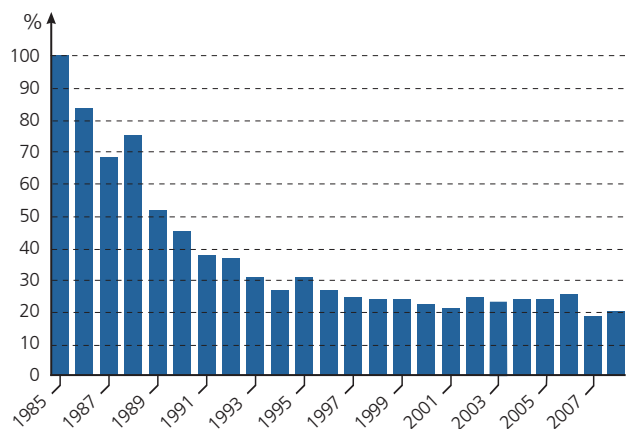


Prélèvement d'échantillons sur le site

cadastre des eaux usées. Les informations rassemblées sont mises à la disposition des autorités des eaux compétentes.

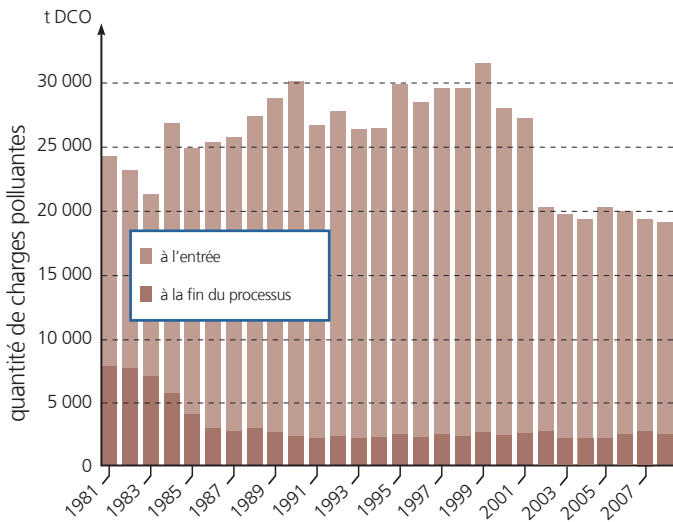
Les répercussions positives des contrôles réguliers se révèlent, entre autre, par l'évolution du chargement en métaux lourds, qui depuis 1985 est tombé à moins d'un tiers (voir graphique). La concentration en métaux lourds des eaux arrivant à la station se situe déjà en dessous de la norme imposée par la loi. C'est pourquoi la ville de Karlsruhe n'a pas besoin de payer une taxe sur ces polluants.

Dans la station d'épuration municipale on purifie aussi les eaux usées d'Ettlingen, de l'association des eaux usées de Abwasserverband Beierbach, ainsi que celle de Malsch et de Rheinstetten-Forchheim. La part prise par ces **collectivités raccordées** par rapport à la charge totale s'élève à environ 20 % (en 2008). La facture annuelle adressée à ces communes se fonde sur le fret, lui-même établi grâce à des mesures mensuelles.



Évolution de la charge en métaux lourds (plomb, chrome, cuivre et nickel)

# Combien coûtent les eaux usées ?



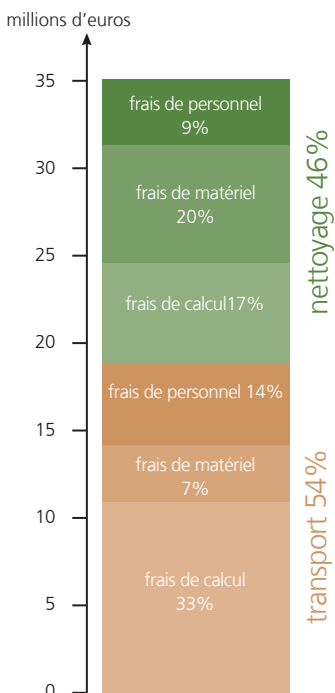
Exemple de nettoyage des eaux usées avec du DCO

L'élimination des eaux usées est une tâche communale très importante. Les coûts naissants sont financés grâce aux taxes d'utilisation. Sur le graphique ci-dessous, on peut voir clairement qu'avec un nettoyage croissant, les coûts obligatoires ont également augmentés. Après que les agrandissements de la station d'épuration visant à favoriser l'élimination de phosphore et de l'azote furent terminés à la fin du millénaire, une certaine stabilisation de la situation financière est apparue. Dans plusieurs petites démarches, les taux unitaires pouvaient même être diminués.

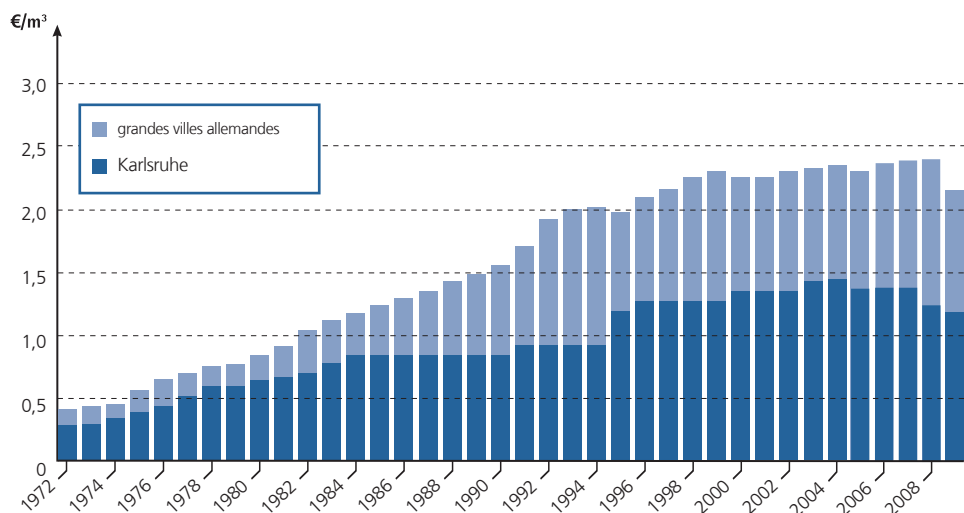
Aussi il faut s'attendre dans le futur à un durcissement des exigences concernant le nettoyage des eaux usées. De vastes et longs travaux sont aussi à prévoir pour l'assainissement des canaux. C'est pourquoi une augmentation moyenne des taxes n'est pas exclue dans l'avenir.

Pour atteindre une plus juste répartition des taxes correspondant à l'utilisation des stations d'épuration publiques, la « taxe des eaux usées divisée » est introduite à partir de l'année 2008 pour les immeubles ayant une surface d'imperméabilisation supérieure ou égale à 1000 m<sup>2</sup>; donc un compte disjoint d'eau sale et de précipitations. Les immeubles possédant une plus petite surface d'imperméabilisation peuvent demander une réévaluation de leur taxe.

Parmi toutes les grandes villes allemandes, la taxe de drainage de Karlsruhe fait partie de celles qui sont les plus avantageuses depuis des années.



Répartition des coûts de l'élimination des eaux usées en 2008



Comparaison des coûts des eaux usées (taxe unitaire après la consommation d'eau fraîche)

# Perspectives de traitement des eaux usées

## Réseau d'égouts

Les grands collecteurs avec un diamètre intérieur de 1,6 à 2,5 mètres forment le cœur d'un système d'écoulement rapide des eaux usées des quartiers de la ville. La plupart des collecteurs principaux furent construits entre 1883 et 1922, c'est-à-dire qu'ils datent de plus de quatre-vingt ans. Le réseau de collecteurs est en grande partie orienté radialement. À présent, beaucoup de collecteurs ne peuvent pas être mis à sec pour être rénovés, étant donné qu'il n'y a pas de possibilité de contournement du système. Dans les 30 à 50 prochaines années, l'office d'assainissement de la ville a l'intention de développer le réseau de canaux existant par étapes via un système d'interconnexion clos. Par ce réseau d'assainissement, la sécurité de fonctionnement des systèmes de drainage est fortement augmentée. De plus, la maintenance et la réhabilitation des sections détériorées ne sont possibles que dans un tel réseau.

## Réduction des polluants à la source

Jusqu'à présent, les matières dangereuses ou bien difficilement dégradables (comme les composés organiques halogènes, médicaments et beaucoup d'autres substances chimiques) ne sont qu'en petite partie éliminées via la technique d'épuration des eaux usées. L'entrée de ces polluants dans le débit des eaux usées met en lumière une défaillance du système. Il est indispensable qu'ils soient plus efficacement retenus dès leur lieu d'apparition.

À long terme, il sera inévitable de transformer la technique de production industrielle, afin de faire en sorte que n'apparaissent que des matières pouvant être déversées sans problème à l'égout. Une dangereuse accumulation des polluants dans l'air, dans le sol et dans l'eau ne peut être évitée que par la prise de telles précautions. Seulement de cette façon, l'épuration des eaux usées bouclera le circuit des eaux et contribuera à préserver l'eau pure pour l'humanité.

## Gestion durable de l'eau

La technique de l'eau d'égout fut découverte au XIX<sup>ème</sup> siècle. D'un point de vue écologique, cette technique (le transport de matières fécales avec l'aide de l'eau potable), est aujourd'hui remise en cause. Cette technique ne peut fournir un approvisionnement en eau suffisant, en particulier dans les pays en voie de développement, à cause des prix élevés et des infrastructures manquantes dans beaucoup d'agglomérations. Le débat, au sujet d'une économie d'eau durable, favorise aujourd'hui le développement de nombreuses nouvelles alternatives de technique d'élimination des déchets. De nos jours, dans les nouveaux quartiers de plusieurs villes d'Allemagne, on teste un système de séparation des eaux usées (eau grise, jaune et noire), qui seront traitées séparément et de manière décentralisée. L'épreuve pratique, des prix et des coûts occasionnés par ce procédé détermineront quelles techniques s'imposeront désormais sur le marché des eaux usées. Malgré tout, on doit continuer d'améliorer le nettoyage central des eaux usées.



*Écoulement des bassins de décantation secondaire*

Si vous avez d'autres questions, vous pouvez contacter le Stadtenwässerung Karlsruhe par:

- téléphone: +49 721 133-7412
- fax: +49 721 133-7439
- e-Mail: [stadtentwaesserung@tba.karlsruhe.de](mailto:stadtentwaesserung@tba.karlsruhe.de)

Sur internet, vous trouverez le site de l'office d'assainissement de Karlsruhe sur la page web de Tiefbauamt (Office des Ponts et Chaussées), à l'adresse suivante :

**[www.karlsruhe.de/b3/bauen/tiefbau/entwaesserung.de](http://www.karlsruhe.de/b3/bauen/tiefbau/entwaesserung.de)**

Sur ce site, vous aurez accès à d'autres informations, en particulier concernant les taxes de drainage.

De plus, les documents suivants sont disponibles en allemand :

- Satzung der Stadt Karlsruhe über die öffentliche Abwasserbeseitigung (Entwässerungssatzung)  
(Réglementation de la ville de Karlsruhe concernant le drainage des eaux usées)
- Satzung der Stadt Karlsruhe über Gebühren für die öffentliche Abwasserbeseitigung (Entwässerungsgebührensatzung)  
(Réglementation de la ville de Karlsruhe concernant les taxes sur le drainage des eaux usées)
- Broschüre »Schutz vor Rückstau - Wie schütze ich mich gegen Rückstau aus der Kanalisation und gegen Eindringen von Oberflächenwasser«  
( « Brochure « Protection contre le refoulement – Comment se protéger contre le refoulement et l'intrusion des eaux superficielles » )
- Broschüre »Regen bringt Segen - Versickern statt Ableiten« des städt. Umwelt- und Arbeitsschutzes  
( « La pluie c'est le bonheur – L'infiltration au lieu d'écoulement » Brochure de l'office pour l'environnement et de la sécurité au travail)

# Des données techniques

## L'écoulement des eaux usées

### Réseau des canaux (zone urbaine)

Zone d'écoulement (zone bâtie)	4586 ha
Réseau de type unitaire (57 %)	2596 ha
Réseau de type séparatif (43 %)	1990 ha
Longueur du réseau (l'état 31.12.2009)	1108 km
Distance maximale jusqu'à la station d'épuration	20 km
Différence maximale d'altitudes jusqu'à la station d'épuration	288 m
Temps maximal d'écoulement (à la station)	ca. 11 h

### Stations de pompage

15 stations hydrauliques d'eaux usées
29 stations hydrauliques d'eau de pluie
8 stations hydrauliques d'eaux usées unitaires
12 dispositifs d'écoulement à l'aide d'un dispositif de pression
8 puits pour le rinçage

### Des Villes et villages connectés

Abwasserverband Beierbach, Ettlingen, Rheinstetten-Forchheim, Malsch

### Dispositifs pour l'enregistrement

145 endroits pour l'enregistrement des niveaux d'eau des nappes phréatiques, dont 113 fonctionnent automatiquement
10 pluviomètres

### Traitement des eaux pluviales

13 bassins d'orage
13 déversoir d'orage
8 bassins de décantation
27 bassins à ciel ouvert pour la rétention des eaux de pluie
12 bassins d'orage fermés
4 dérivation des eaux usées

## Épuration des eaux usées (valeurs moyennes 2004-2009)

Quantité des eaux usées	
À l'entrée par année	34 000 000 m <sup>3</sup> /a
Quantité moyenne à l'entrée (par jours de pluie et jours secs)	93 000 m <sup>3</sup> /d
Quantité à l'entrée Par beau temps	64 000 m <sup>3</sup> /d

Consommation des ressources par an	
Électricité	21 700 000 kWh/a
Fioul	317 m <sup>3</sup> /a
Polymère (substance active)	57 t/a

Quantités pour le dimensionnement de la station d'épuration	
Quantité Q <sub>TW</sub> (beau temps)	= 2,1 m <sup>3</sup> /s
Quantité Q <sub>RW</sub> (temps pluvieux)	= 4,0 m <sup>3</sup> /s
Dimensionnement cela correspond à	= 105 t/d DCO 875 000 PTE

Quantités	
Boues d'épuration (Matière sèche)	10 240 t/a
Cendres destinées à être utilisées	3560 t/a

Performance	DCO	Azote	Phosphore
Concentration à l'entrée [mg/L]	617	45,2	8,1
Chargement à l'entrée [kg/d]	53 700	4 060	710
Concentration à la fin [mg/L]	52	11,8	0,73
Valeur permise [mg/L]	75	13	1
Performance de nettoyage [%]	91,6	73,9	91

### Explication des termes techniques

**PTE** = somme du nombre d'habitants et des équivalents habitants (population totale équivalente; la valeur pour une personne concernant le DCO c'est-à-dire 0,12 kg/d)

**DCO: Demande Chimique d'Oxygène**  
Quantité d'oxygène requise pour l'oxydation complète des substances organiques de l'eau usée.

**a** = an, **d** = jour

### Mentions légales

**Éditeur:** Ville de Karlsruhe 2010, Édition 6

**Texte:** Karlsruhe Tiefbauamt

**Photos:** Ville de Karlsruhe

**Conception graphique:** otenso GmbH et Tiefbauamt Karlsruhe

**Impression:** au RecySatin, minimum de 80 % fibres recyclés



Entrée vers le monde souterrain de  
Karlsruhe

Les groupes des visiteurs intéressés peuvent  
nous contacter pour prendre un rendez-vous  
à ce numéro : +49 721 133-7441 (Kanalbe-  
trieb)



und viel darunter.