

Dégradations des réseaux d'assainissement

Riches en composés soufrés, les effluents peuvent provoquer des attaques acides sur les réseaux d'assainissement en béton. Setec Lerm¹ explique ici ce phénomène de dégradation.

I – Comment les réseaux d'assainissement sont-ils nés ?

Les Romains ont, les premiers, attaché une grande importance à la qualité de l'eau, en construisant des aqueducs, des thermes, des égouts ou encore des latrines. En effet, une ville romaine était, en premier lieu, bâtie sur l'établissement de ces services d'évacuation qui, avec le temps, furent couverts et enterrés pour des raisons d'odeur et de salubrité...

Le Moyen-Age a oublié ces initiatives antiques : les déchets domestiques, solides comme liquides, étaient jetés dans les rues, transformant les villes en foyers de maladies infectieuses, à l'origine de bien des épidémies de peste, de choléra ou de typhus. Epidémies qui ont décimé, en Europe, des millions de personnes. Pour l'essentiel, en ville et ce, jusqu'au XVIII^e siècle !

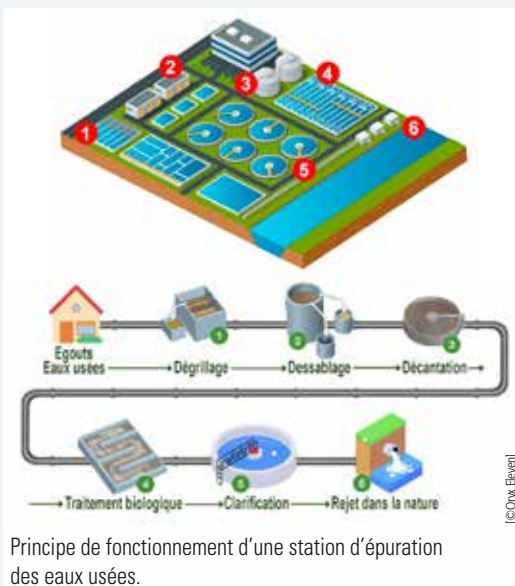
La conception moderne de l'assainissement n'a été élaborée qu'au cours de la moitié du XIX^e siècle. Elle a d'abord consisté à collecter les eaux urbaines et à les évacuer en milieu naturel à l'aide de réseaux de canalisations enterrées ou d'égouts. Cependant, l'accroissement démographique et le développement industriel ont entraîné une dégradation importante des milieux naturels se trouvant en aval des sites de rejets. Et la nécessité d'assainir les eaux usées des villes avant leur restitution au milieu naturel s'est imposée pour devenir une exigence réglementaire.

Aujourd'hui, la France compte environ 425 000 km de réseaux d'assainissement collectifs. Les eaux usées sont ainsi collectées, puis acheminées vers des stations d'épuration où elles sont assainies avant leur rejet en milieu naturel. Datant de mai 2021, le



Ouvrage ancien, l'émissaire général permet de transporter les eaux usées parisiennes en direction de Triel-sur-Seine (78). Sa construction date de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e.

Fascicule 70-1 – Fourniture, pose et réhabilitation de canalisation d'eaux à écoulement à surface libre – fournit toutes les dispositions nécessaires à la profession pour mener à bien la réalisation de travaux concernant ces réseaux. La plupart des ouvrages étant en béton armé, la question de leur vieillissement reste d'actualité. En particulier, pour ce qui touche la durabilité des bétons exposés à cet environnement agressif.



Principe de fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées.

II – Quelles sont les pathologies des bétons dans les réseaux d'assainissement ?

La durabilité des bétons dans les réseaux d'assainissement dépend des effluents riches en composés soufrés, responsables d'attaques acides et de réactions d'expansion. Le dégagement d'hydrogène sulfuré (H₂S) survient dans des ouvrages comme les fosses septiques ou les stations d'épuration. Ceci, suite à la décomposition anaérobie des composés soufrés (sulfates, protéines, sulfonates). Les bactéries sulfato-réductrices transforment ces composés en sulfures en milieu pauvre en oxygène (O₂ < 0,1 mg/l), générant du H₂S. Métabolisé par des bactéries sulfuriques, ce gaz produit de l'acide sulfurique (H₂SO₄), très agressif pour les bétons à base de liants hydrauliques. Un biofilm bactérien se forme, favorisant l'attaque acide, parfois à pH proche de zéro.

ENVIE D'ÉLARGIR VOS CONNAISSANCES ?

Tout notre fonds scientifique sur acpresse.fr/Béton rubrique **Savoirs**

NOTRE SÉLECTION

Les argiles calcinées ou la révolution bas carbone
par Sébastien Dhers et Arnaud C.A.Muller.

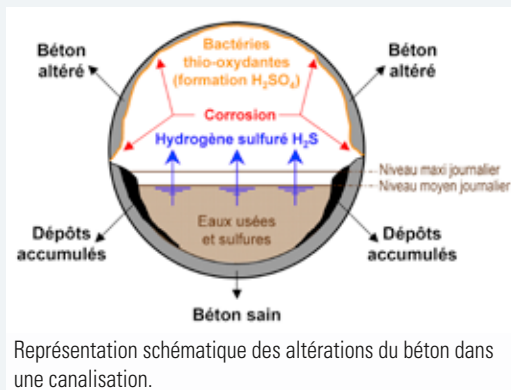


La lixiviation
par Abdelkrim Ammouche.



La corrosion des armatures #1
par Nouredine Rafai.





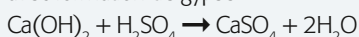
© Setec Lerm

Dans ces conditions l'H₂S entraîne :

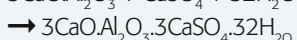
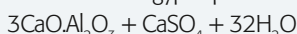
- une attaque acide, dissolvant les constituants du ciment (portlandite, silicates...), dont le pH de la solution interstitielle est d'environ 13 ;
- une réaction sulfatique formant de l'ettringite potentiellement expansive, provoquant la décohésion du béton.

Ce double mécanisme d'attaques acide et sulfatique peut s'écrire, de façon simplifiée, de la manière suivante :

a – Attaque acide : dissolution de la chaux hydratée avec formation de gypse



b – Attaque sulfatique : réaction entre les aluminates du ciment et le gypse pour former de l'ettringite



Ces réactions n'ont lieu que dans les parties émergées ou situées en zone de marnage de l'ouvrage (milieu aérobie, au contact de l'air). Elles sont d'autant plus fortes que l'humidité de l'air ambiant et la température sont élevées, et que l'environnement est peu ventilé. Elles progressent de la face exposée au milieu agressif (paroi interne de la canalisation) vers le cœur du béton. L'acidité peut aussi entraîner la dépassivation des armatures, favorisant ainsi leur corrosion.

III – Comment limiter les risques d'apparition de ces pathologies ?

Les désordres liés aux agressions chimiques dans les réseaux d'assainissement peuvent être limités, voire évités, en s'appuyant sur les recommandations techniques existantes. Celles-ci préconisent l'utilisation de bétons spécifiques (dosage en ciment, rapport eau_{efficace}/liant_{équivalent}, classe de résistance minimale...), compacts et résistants aux attaques chimiques, en particulier celles

Spécifications de la NF EN 206/CN – 2022 pour une durée de vie de 50 ans				
	Classe d'exposition	Teneur minimale en liant équivalent	Rapport Eau _{eff} /Liant _{eq}	Classe de résistance
Béton coulé sur chantier	XA1 (faiblement agressif)	330 kg/m ³	≤ 0,55	C 30/37
	XA2 (moyennement agressif)	350 kg/m ³	≤ 0,50	C 35/45
	XA2 (fortement agressif)	360 kg/m ³	≤ 0,45	C 40/50
Béton préfabriqué	XA1 (faiblement agressif)	-	≤ 0,50	C 30/37
	XA2 (moyennement agressif)	-	≤ 0,45	C 35/45
	XA2 (fortement agressif)	-	≤ 0,40	C 40/50



© Setec Lerm

Altération du béton en zone émergée (en haut), alors que le béton de la zone immergée (en bas) apparaît sain.



© Ifri

Réhabilitation d'un réseau d'assainissement par projection de béton.

liées aux sulfates et à l'acidité. Les prescriptions de ces bétons sont définies par la norme NF EN 206+A2/CN. Celle-ci classe les environnements en fonction de leur agressivité chimique (classes XA1 à XA3) : teneur en sulfates SO_{4-r}, acidité pH, teneur en dioxyde de carbone CO₂ agressif et en ion ammonium NH₄₊ [Voir tableau]. En complément, une méthode alternative par approche performantielle est proposée dans le fascicule de documentation FD P18-480, intégrant dans la conception de l'ouvrage les préoccupations liées au développement durable (ouvrages éco-conçus et durables).

IV – Quelles sont les spécifications de la norme NF EN 206 pour une durée de vie de 50 ans ?

En raison des mécanismes mis en jeu, les bétons formulés avec des ciments riches en C₃A et/ou dont la pâte de ciment renferme de la portlandite sont très sensibles aux agressions chimiques, impliquant l'hydrogène sulfuré. Par conséquent, le choix du ciment peut permettre d'accroître de manière significative la durabilité du béton dans de tels milieux.

Ainsi, l'utilisation de ciments de type ES ou SR (ciments pour travaux en eau à haute teneur en sulfates ou ciments courants résistants aux sulfates) est recommandée dans le cas des classes d'exposition XA2 et XA3. Il en est de même pour les ciments renfermant des additions minérales pouzzolaniques (laitiers de hauts fourneaux, cendres volantes ou métakaolins).

V – Que faire lorsque les pathologies sont avérées ?

En premier lieu, les réseaux doivent faire l'objet d'un suivi régulier, visant à diagnostiquer les altérations de façon préventive, avant la rupture des éléments. Ce suivi peut être réalisé *in situ* à l'aide de robots multi-fonctions (drones) dans les réseaux difficiles d'accès. Toutefois, des prélèvements d'échantillons et des analyses en laboratoire sont nécessaires pour déterminer l'ampleur des dégradations et l'épaisseur de béton altéré. Ceci, afin de préconiser des solutions de réparations adaptées. En général, les altérations affectent d'abord la surface des parements, puis progressent vers le cœur des pièces en béton. De ce fait, pour les réseaux accessibles, des réparations traditionnelles restent possibles. Elles consistent en une purge du béton altéré, à un traitement des fissures et des armatures, puis à la mise en œuvre d'un produit de réparation. Le tout, complété par un revêtement de protection de surface, si nécessaire. Dans des conditions d'accès difficile, le remplacement des éléments reste le plus souvent la solution la plus réaliste d'un point de vue technique comme économique.

Noureddine Rafai
Directeur technique et scientifique du Lerm¹
Dominique Fontaine
Responsable du laboratoire de micro-structure du Lerm¹

¹ En tant que laboratoire et société d'études et conseil faisant partie de Setec, groupe d'ingénierie indépendant et pluridisciplinaire, le Lerm (Laboratoire d'études et de recherches sur les matériaux) est spécialisé dans l'étude des matériaux de construction et la durabilité des ouvrages.