

Prévention de la corrosion dans les systèmes d'assainissement: une approche pour les produits préfabriqués en béton

Lionel MONFRONT

CERIB (Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton

Responsable du Pôle Génie Civil

Le management intégré des systèmes d'assainissement, mis en avant dans le projet de norme révisé EN 752 « Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments » [1] a pour objet de développer des stratégies visant à ce que les performances hydrauliques, environnementales, structurelles et fonctionnelles des ouvrages d'assainissement répondent aux prescriptions de performance spécifiées en tenant compte des exigences futures et de l'efficacité économique.

Il intègre quatre étapes principales :

- l'investigation de tous les aspects des performances des réseaux d'évacuation et d'assainissement ;
- l'évaluation des performances par comparaison avec les prescriptions spécifiées et l'identification des causes de dysfonctionnement ;
- l'élaboration d'un plan d'action ;
- la mise en oeuvre de ce plan.

Ces quatre étapes se reboyclant, participent ainsi à une démarche permanente d'amélioration de la qualité. Cette même approche peut être généralisée aux systèmes d'assainissement dans leur ensemble comprenant non seulement les canalisations, principalement tuyaux et regards, mais aussi les stations d'épuration et les ouvrages relevant des techniques alternatives en assainissement (bassins de stockage ou de dérivation , fossés, séparateurs de liquides légers...).

La connaissance patrimoniale des systèmes d'assainissement constitue un élément important de ce processus. Maîtres d'ouvrage et entreprises exploitantes sont parties prenantes incontournables de cette démarche qui ne peut par conséquent être ignorée des maîtres d'oeuvre et bureaux d'ingénierie.

La compréhension des phénomènes de corrosion, de dégradation des ouvrages et des conditions de leur durabilité sont des préalables indispensables au choix et à la mise en oeuvre de solutions préventives ou curatives. La connaissance et l'expertise de l'ensemble des acteurs du marché de l'assainissement doivent être prises en compte pour permettre des décisions adaptées au fonctionnement des ouvrages. Les fabricants de produits utilisés dans les systèmes d'assainissement, réseaux et stations d'épuration notamment, doivent être intégrés à cette démarche.

L'Industrie du béton a développé depuis de nombreuses années une expérience qui pourrait être profitable à l'ensemble des acteurs du marché de l'assainissement.

Les produits préfabriqués en béton ont, de par leur mode de fabrication, des spécificités qui doivent être identifiées et prises en compte.

Trois points seront particulièrement traités ci-après :

- la prise en compte dans les normes européennes et françaises et les certifications volontaires de produits, de l'aptitude à l'emploi et de la durabilité des produits préfabriqués en béton ;
- les règles de conception des réseaux d'assainissement favorisant la durabilité des ouvrages ;
- l'importance des ouvrages d'accès et de raccordement aux réseaux.

Aptitude à l'emploi et durabilité des produits préfabriqués en béton

L'aptitude à l'emploi et les conditions de la durabilité des produits préfabriqués en béton sont spécifiées dans des normes de produits. Les produits composant les réseaux d'assainissement disposent de normes « autoportantes » qui contiennent en elles-mêmes toutes les spécifications nécessaires. Pour les produits structuraux, autres que les blocs, les normes produits s'appuient sur la norme EN 13369 Règles communes pour les produits préfabriqués en béton [2]. Les normes de produits ne sont pas basées sur les caractéristiques des seuls matériaux constitutifs, béton et acier principalement, mais prennent en compte les spécificités des produits et donc l'incidence essentielle du process de fabrication.

L'évaluation des produits préfabriqués en béton disposant de normes « autoportantes » ne peut s'effectuer sur la base de l'EN206-1 [3]. Lorsque l'EN 206-1 est mentionnée dans un marché relatifs à des produits structuraux en béton, leur conformité aux normes produits ou à la norme EN 13369 vaut satisfaction de l'EN 206-1.

La figure ci-dessous synthétise l'articulation des différentes normes applicables : normes produits, règles communes pour les produits préfabriqués en béton, EN 206-1 et Eurocodes.

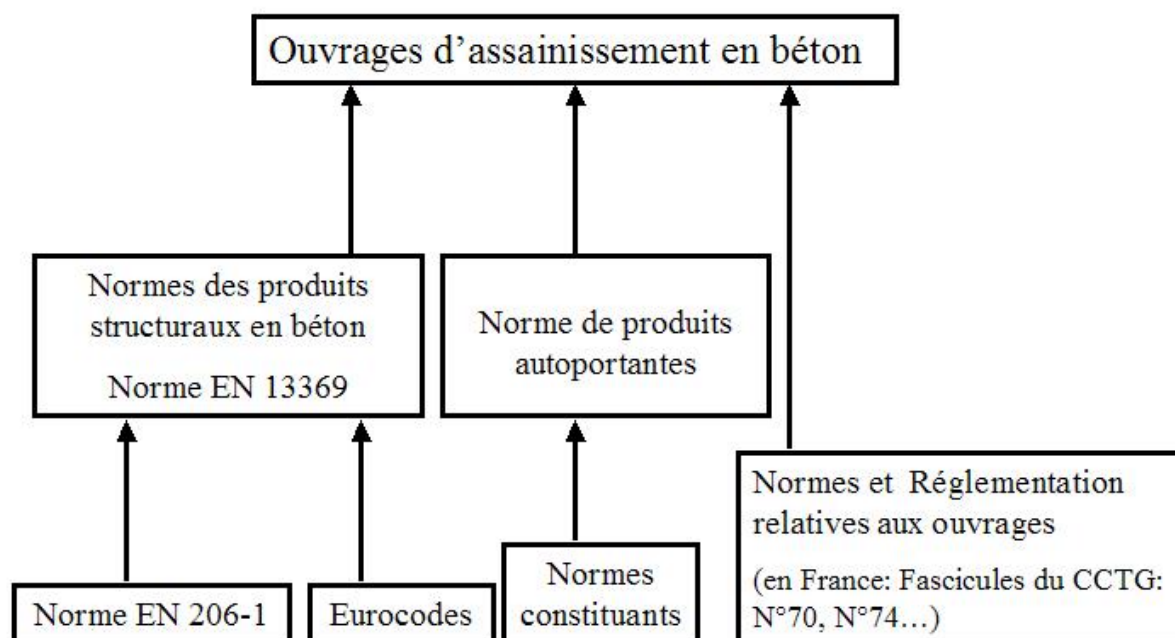


Figure 1 : Normes applicables aux produits préfabriqués en béton pour les ouvrages d'assainissement

Dans les étapes de diagnostic puis d'évaluation d'un ouvrage d'assainissement réalisé à partir de produits préfabriqués en béton, les référentiels techniques pertinents sont donc les normes de produits ou à défaut pour les produits structuraux qui n'en disposent pas, les règles communes.

Les tuyaux, les regards de visite et les boîtes de branchement ou d'inspection sont les principaux composants des réseaux d'assainissement. Deux normes européennes définissent les caractéristiques de ces produits : la norme EN 1916 « Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré et béton armé »[4] et la norme EN 1917 « Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré et béton armé » [5].

Elles sont précisées par des compléments nationaux, en France les normes NF P 16-345-2 pour les tuyaux[6] et NF P 16-346-2 pour les regards de visite et les boîtes de branchement ou d'inspection [7].

Ces normes harmonisées sont autoportantes et doivent donc servir de référence à une évaluation de la performance des produits dans le cadre du management intégré des réseaux. L'aptitude à l'emploi et les prescriptions relatives à la durabilité sont définies et servent de base au marquage & réglementaire. Elles peuvent être attestées par tierce partie dans le cadre de la certification volontaire de produits (la marque V en France).

Conditions d'emploi des tuyaux, regards de visite et boîtes préfabriqués en béton

La détérioration des ouvrages d'assainissement peut être notamment d'origine chimique ou mécanique.

Résistance chimique

Concernant l'aptitude à l'emploi, les normes EN 1916 et EN 1917 ne se réfèrent pas explicitement aux classes d'exposition de l'EN 206-1. Elles précisent néanmoins que les tuyaux, regards et boîtes préfabriqués en béton conviennent pour une utilisation dans les environnements humides ou les environnements chimiques légèrement agressifs [4,5] et modérément agressif [6,7], soit des conditions normales dans les cas d'eaux usées d'origine domestique et d'effluents industriels traités, et pour la majorité des sols et eaux souterraines. Les compléments nationaux français [6,7] précisent les teneurs admissibles, dans l'eau véhiculée dans les canalisations ou dans le sol environnant celles-ci, des composants chimiques suivants :

pH	$\geq 4,5$
SO ₄ ²⁻	≤ 600 mg/l
Cl ⁻	≤ 750 mg/l
NH ⁴⁺	≤ 30 mg/l
Mg ²⁺	≤ 1000 mg/l

Tableau 1 : Concentrations admissibles dans l'effluent transporté par un tuyau ou regard préfabriqué en béton

pH	$\geq 4,5$
CO ₂ agressif	≤ 40 mg/l
SO ₄ ²⁻	≤ 3000 mg/l
Cl ⁻	≤ 750 mg/l

Tableau 2 : Concentrations admissibles dans le sol environnant un tuyau ou regard préfabriqué en béton

Ces valeurs, qui couvrent les caractéristiques réglementaires des effluents urbains et de la majorité des sols français, peuvent constituer les valeurs de référence pour évaluer les effluents et les sols au contact d'un ouvrage d'assainissement.

Les rejets non domestiques dans les réseaux sont soumis à autorisation de rejet et si nécessaire un traitement préalable au rejet dans le collecteur public doit être effectué. Dans tous les cas, ces rejets doivent être contrôlés ainsi que les mesures conservatoires pour une exploitation satisfaisante du réseau en cas de rejets accidentels. Une norme expérimentale sur la gestion et

le contrôle des rejets non domestiques est en cours de finalisation en France [8]. Comme le mentionne le projet de norme en cours de révision prEN 752 [1]: les canalisations doivent être conçues pour recevoir les eaux usées non domestiques dont la qualité ne risque pas de compromettre leur durabilité.

Résistance mécanique

La résistance mécanique des tuyaux en béton préfabriqués est évaluée par essai sur produit mesurant leur résistance à l'écrasement. Cette approche permet d'évaluer les produits réellement fabriqués, tenant ainsi compte du process de fabrication et des conditions de fabrication. L'évaluation régulière des résistances à l'écrasement dans le cadre d'une certification volontaire de qualité (la marque ∇ en France) permet de garantir la régularité de la qualité des produits et la traçabilité des essais.

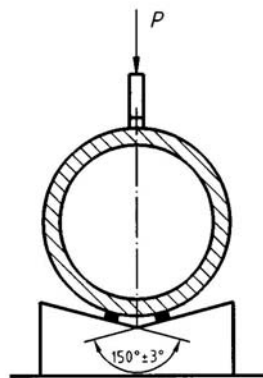


Figure 2 : Essai de résistance à l'écrasement des tuyaux en béton

Dans le cadre du diagnostic et de l'évaluation d'un réseau d'assainissement en béton, il y a lieu par conséquent d'identifier la classe de résistance des tuyaux étudiés pour pouvoir évaluer leur aptitude à résister aux sollicitations effectives correspondant au site : charge de remblai, charges de surface et de trafic, nature de l'enrobage des canalisations (type de sol et compactage). Sur la base de cette classe de résistance, les causes d'un désordre structurel éventuel pourront être évaluées: charges excessives ou insuffisance éventuelle de l'assise (même si les conduites en béton présentent un comportement rigide et donc moins sensibles aux conditions de pose que des conduites à comportement flexible).

Une approche par calcul sur la base des caractéristiques des tuyaux est beaucoup plus délicate. Une étude de faisabilité a été initiée par le groupe de travail WG9 du comité technique européen TC165 « Techniques des eaux résiduaires » pour établir les méthodes de dimensionnement par le calcul des produits en béton, qui devront être corrélées avec les résultats des essais de résistance à l'écrasement.

Durabilité des tuyaux, regards de visite et boîtes préfabriqués en béton

La durabilité des tuyaux, regards de visite et boîtes d'inspection et de branchement posés en tranchée est assurée par le respect des prescriptions ci-après :

- valeur maximale du rapport eau/ciment
- valeur maximale de la teneur en chlorures du béton ;
- valeur maximale de l'absorption d'eau du béton
- valeur minimale de l'enrobage des armatures des composants en béton armé
- durabilité des garnitures d'étanchéité.

La composition du béton doit être telle que le rapport de l'eau au total du « ciment plus les additions pouzzolaniques ou hydrauliques quelles qu'elles soient » ne dépasse pas 0.45. Il est à noter que cette mesure qui doit s'effectuer sur béton parfaitement compacté pourrait conduire à des valeurs supérieures si le béton était prélevé avant coulage. Cette valeur de 0.45 tient compte des conditions d'emploi des produits définies par la norme mais aussi de la stabilité requise des produits lors de leur démoulage. Du strict point de vue de la durabilité, une valeur de 0.50 serait suffisante et permettrait d'exploiter au mieux les solutions en béton autoplaçants.

La teneur en chlorures, limitée à 1% pour le béton non armé et 0.4% pour le béton armé ou fibré est une spécification classique non spécifique aux tuyaux, aux regards et aux boîtes de branchement et d'inspection préfabriqués.

L'absorption d'eau du béton est limitée à 6% en masse. Elle traduit la compacité du béton, directement liée à sa durabilité.

Le béton d'enrobage des armatures conditionne directement leur pérennité. Les approches diffèrent selon les pays européens. Les uns privilégient l'application des règles communes à toutes les constructions en béton sans tenir compte de spécificités des produits préfabriqués. Les autres mettent en avant les retours d'expérience à long terme sur des canalisations en exploitation attestant de la pertinence de valeurs réduites de l'enrobage des armatures. Le complément national français spécifie que l'enrobage doit être égal à la plus grande des valeurs suivantes : 8mm ou 1.25 fois la dimension maximale du granulat.

Ces prescriptions normatives peuvent servir de base au diagnostic de produits en béton préfabriqués même si certaines ne sont pas directement exploitables sur canalisations en place. On retiendra notamment comme critère d'évaluation : le teneur en chlorures, l'absorption d'eau et l'enrobage des armatures. Il y a lieu néanmoins de tenir compte de l'âge de la canalisation pour interpréter les éventuels écarts quantitatifs.

Conception des réseaux et durabilité

La durabilité des réseaux d'assainissement dépend de l'ensemble des maillons de la chaîne de la qualité qui doivent être pris en considération.

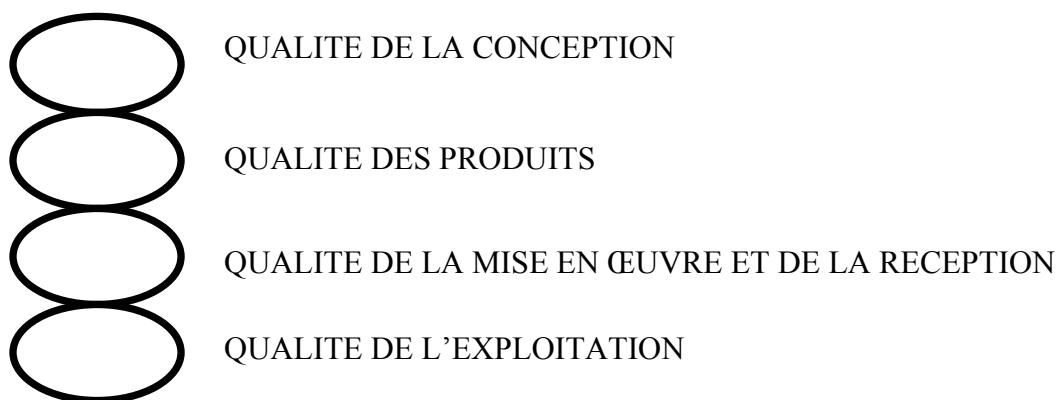


Figure 3 : Chaîne de la qualité

La conception des réseaux ne doit pas être négligée ou leur exploitation considérée avec fatalité. Ainsi la présence d'H₂S dans les réseaux ne doit pas être considérée comme un impondérable pas plus que la présence de possibles rejets agressifs. Faut-il rappeler que la présence d'H₂S résulte d'un manque d'aération et de renouvellement d'air dans le réseau dont les conséquences ne doivent pas être uniquement considérées en terme de pérennité des canalisations mais aussi en terme de risque d'exploitation, ce gaz étant dangereux voir létal lorsque sa concentration dépasse 200ppm et atteint 600ppm. Il y a lieu également de prendre en compte les ouvrages de traitement aval qui, faute d'une prévention en amont, seront également concernés par une éventuelle attaque acide. Les principales recommandations préventives [9] consistent à réduire de manière significative les dépôts en se plaçant dans les conditions d'autocurage que conditionneront la pente et la section des canalisations, il serait en effet vain de tenir compte d'une trop faible rugosité théorique des canalisations dont les performances hydrauliques dépendent bien davantage du diamètre intérieur réel, des conditions réelles de pose (ovalisation, profil et tracé irréguliers, points singuliers...), de l'érosion de la surface des canalisations et des éventuels dépôts que de leur matériau constitutif [10]. Une ventilation efficace est également très importante pour réduire la formation et l'accumulation du H₂S, cette approche consacrée par la réglementation française qui impose une ventilation efficace des réseaux [11].

Toutefois, dans certains cas spécifiques résultant d'une conception inadéquate ou des conditions exceptionnelles de fonctionnement, une agressivité importante des effluents doit être prise en compte. Des solutions ont été développées tant pour les tuyaux que les regards en béton, comme l'emploi de béton hautes performances (BHP) de résistance caractéristiques à la compression supérieure à 70MPa qui peuvent ainsi résister à des environnements plus agressifs que ceux correspondant à des eaux usées domestiques.

La qualité de la mise en œuvre a également une incidence sur la durabilité des réseaux. Dans cet esprit, le Fascicule 70 français relatif aux ouvrages d'assainissement [12], applicable au marchés publics, interdit la réalisation de regards en maçonnerie de blocs et précise que les regards coulés en place ne doivent être utilisés que lorsqu'il n'y a pas d'autres alternatives, précisant que le coulé en place n'a jamais la qualité du préfabriqué. Ce constat peut s'expliquer par la perte de savoir-faire due à la pénurie de personnel de chantier mais aussi par les évolutions techniques des solutions préfabriquées. Outre les regards de visite couverts par la norme EN 1916, des ouvrages de plus grandes dimensions peuvent désormais être préfabriqués par exemple en bétons autoplaçants à hautes performances (BAP-BHP) permettant d'atteindre des résistances de 30MPa en trois heures et supérieures à 60MPa à 28 jours. Ceci constitue une solution désormais fréquente pour l'équipement des bassins de retenue des eaux pluviales notamment : ouvrage d'entrée et de dérivation, ouvrage de sortie et de régulation.

L'offre de solutions hydrauliques adaptées est également un facteur important à prendre en compte. Les nouveaux produits intègrent les enseignements du passé tels que les cunettes dans les collecteurs de grands diamètres ou le recours à des sections elliptiques qui permettent de prévenir les accumulations de matières solides pouvant être à l'origine d'attaques des canalisations, notamment en système unitaire.

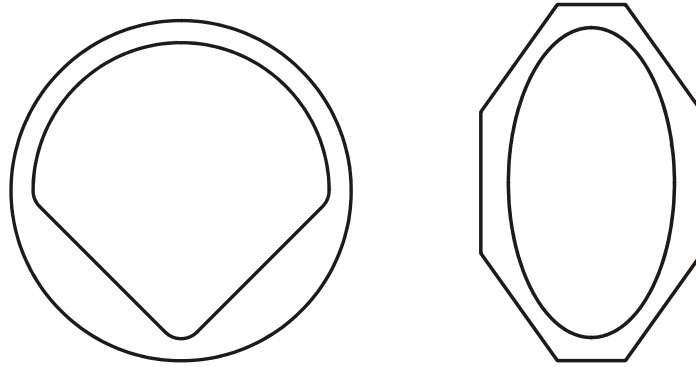


Figure 4 : Produits spéciaux en béton préfabriqués

De même, les regards de visite et boîtes de branchement en béton peuvent être équipés de cunettes dont la forme et les dimensions ont été normalisées.

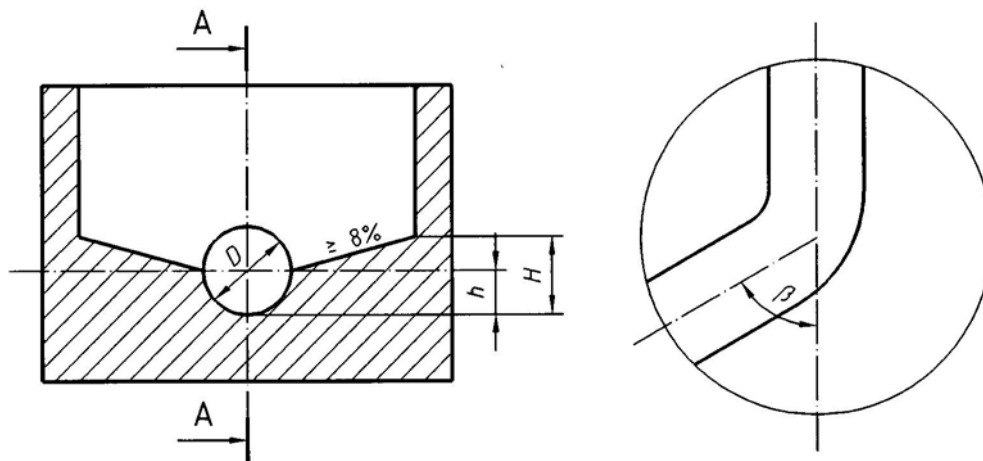


Figure 5 : Dimensions normalisées des cunettes $H \geq 2 D/3$ et $h \geq D/3 (1 + \sin \beta)$

Importance des ouvrages d'accès et de raccordement au réseau

Les opérations d'exploitation et de maintenance des réseaux ont un impact direct sur leur durabilité et leur utilisation pérenne, qui ne saurait être négligée puisque 10% des 250000 km des canalisations d'eau usées ont plus de 60 ans en France [13] et 25% du réseau allemand a entre 50 et 100ans [14]. Ces interventions sont conditionnées par les connexions et les accès possibles au réseau. Trop souvent, les ouvrages de connexion et d'accès sont négligés, ce qui conduit à des difficultés opérationnelles et à des risques de détérioration ou de corrosion dus à des conditions hydrauliques inadéquates résultant un manque d'inspection et de maintenance. Plusieurs facteurs sont à considérer : la fonction des ouvrages d'accès, leur dimension et leur fréquence sur le réseau.

La norme européenne EN 476 [15] relative aux prescriptions générales pour les composants utilisés dans les réseaux d'évacuation, de branchement et d'assainissement à écoulement libre définit très explicitement trois types d'ouvrages distincts :

- les regards visitables pour nettoyage et inspection : regards accessibles par le personnel pour tous les travaux d'entretien. Ils doivent avoir un diamètre nominal intérieur DN/ID supérieur ou égal à 1000mm ou une dimension nominale pour les sections rectangulaires de 750mm x 1200 mm ou plus ;

- les regards avec accès pour nettoyage et inspection ; regards pour l'introduction des matériels de nettoyage, d'inspection et d'essai, avec la possibilité occasionnelle d'accès à une personne équipée d'un harnais. Ils doivent avoir un diamètre nominal intérieur DN/ID supérieur ou égal à 800 mm mais inférieur à 1000 mm ;
- Les boîtes de branchement qui ont un diamètre intérieur DN/ID inférieur à 800 mm autorisent l'introduction des matériels de nettoyage, d'inspection et d'essai, mais ne permettent pas l'accès du personnel.

Ces définitions simples ont été reprises dans le Fascicule 70 [12] et des précisions apportées pour permettre une accessibilité adéquate :

- la distance maximale entre deux regards visitables consécutifs ne doit pas dépasser 80 mètres ;
- sur les canalisations de diamètre nominal supérieur ou égal à 800, les regards doivent être visitables ;
- la mise en place des boîtes de branchement et d'inspection sur canalisation principale est réservée à des cas particuliers (encombrement...), ce que traduit le schéma ci-dessous.

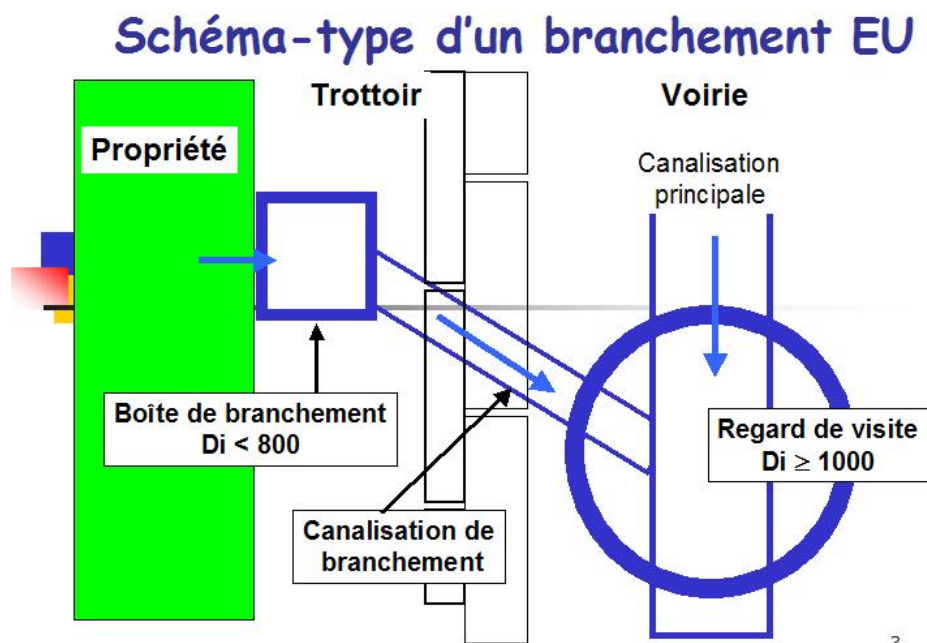


Figure 4 : Regard de visite et boîte de branchement

Il subsiste toutefois une certaine confusion lors de la construction des réseaux, entretenue par la persistance d'une terminologie imprécise mais également par l'absence de prise en compte réelle de la fonction de ces ouvrages et de la nécessité d'une accessibilité satisfaisante aux réseaux.

En effet, l'emploi de regards de visite conditionne l'efficacité hydraulique du réseau, sa réception, son exploitation et sa maintenance et par conséquent très directement sa pérennité :

- la réalisation des changements de direction, de pente ou de diamètre à l'intérieur même du regard comme le spécifie le Fascicule 70 [12] permet d'accéder aux points singuliers du réseau les plus sensibles et donc de prévenir ou de supprimer

l'accumulation de dépôts générés par la modification du régime hydraulique ou un temps de séjour trop important des effluents pouvant conduire à des agressions des ouvrages.

- la réception et les inspections des réseaux nécessitent également des accès, pour les essais d'étanchéité mais aussi les contrôle vidéo par exemple pour lesquels les articulations et la modularité du matériel ne peuvent toujours pallier la nécessaire intervention humaine. La possibilité d'inspection des réseaux constitue un élément clé de l'investigation dans le cadre du management intégré des réseaux et de leur gestion patrimoniale.
- l'exploitation efficace des réseaux intègre de façon croissante des dispositifs de mesure et de régulation. Ceux-ci peuvent avoir des conséquences directes sur la pérennité des ouvrages : dans le cas de rejets non domestiques par exemple, il est préconisé qu'un regard de visite soit systématiquement mis en place pour le raccordement au réseau afin de pouvoir en toutes circonstances accéder au rejet. Ainsi, en cas de problème identifié sur le rejet d'eaux usées non domestique il sera aisé de pratiquer des vérifications et prendre les mesures appropriées[8].
- la maintenance des canalisations par hydrocurage par exemple nécessite également des accès fréquents : il est recommandé de ne pas excéder 50 m entre regards de visite pour les canalisations de diamètre supérieur à 600 mm.

Durabilité des ouvrages d'assainissement en béton préfabriqué

La durabilité des ouvrages d'assainissement repose sur la prise en compte de l'ensemble des étapes de la chaîne de la qualité : qualité de la conception, qualité des produits, qualité de la mise en œuvre et de la réception, qualité de l'exploitation et de la maintenance.

Dans une démarche de management intégré de réseau, chacune de ces composantes de la qualité interagissent et conditionnent la durabilité structurelle et opérationnelle des ouvrages.

Le respect de règles de conception telles que la ventilation efficace des réseaux, les conditions de rejet des eaux non domestiques ou la prévention de singularités hydrauliques est essentiel. L'accessibilité aux réseaux par des regards de visites suffisamment fréquents conditionne l'efficacité de l'exploitation et la maintenance

Les produits préfabriqués en béton, très largement employés pour les systèmes d'assainissement, en réseaux unitaires ou séparatifs mais aussi dans le cadre de techniques alternatives ou compensatoires, ont de par leur mode de fabrication, des spécificités qui doivent être identifiées et prises en compte pour évaluer d'éventuelles dégradations ou attester de l'intégrité des ouvrages.

Dans une démarche d'évaluation de la durabilité des systèmes d'assainissement, il est donc essentiel de se baser sur les normes de produits européennes et nationales et les certifications volontaires de produits, qui définissent les prescriptions relatives aux conditions d'emploi et à la durabilité des produits préfabriqués en béton.

Bibliographie

- [1] prEN 752:2005 - Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments
- [2] EN 13369 - Règles communes pour les produits préfabriqués en béton
- [3] EN 206-1 Béton – Partie 1 : Spécifications, performances, production et conformité
- [4] EN 1916 - Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré et béton armé
- [5] EN 1917 - Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré et béton armé
- [6] NF P 16-345-2 - Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré et béton armé – Partie 2 – Compléments à NF EN 1916
- [7] NF P 16-346-2 - Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré et béton armé – Partie 2 – Compléments à NF EN 1917
- [8] Projet de norme XP P 16-001 – Gestion et contrôle des opérations de collecte des rejets non domestiques dans les réseaux d'évacuation et d'assainissement – doc AFNOR P16E GET2 N012 - 2006
- [9] Réseaux et ouvrages publics d'assainissement – Altération et corrosion, Prévention et protection – Projet de recommandation - CEOCOR secteur D - 2004
- [10] Performances hydrauliques des canalisations d'assainissement – CERIB - 1998
- [11] INT 77-284 – Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations
- [12] Fascicule 70 du Cahier des Clauses Techniques Générales – Ouvrages d'assainissement – 2004
- [13] La lenteur du renouvellement des réseaux d'eau et d'assainissement accélère leur vétusté - Environnement et Techniques N° 235 – 2004
- [14] Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains – Tec et Doc – 2005
- [15] EN 476 - Prescriptions générales pour les composants utilisés dans les réseaux d'évacuation, de branchement et d'assainissement à écoulement libre