

Bases technologiques des réseaux d'eau potable

(essai)

Préambule

Le but de cet exposé très sommaire est de donner aux maintenanciers des réseaux d'eau potable les bases essentielles à connaître sur la conception de ces réseaux. Nous ne nous étendrons pas sur les stations de pompage ou de traitement de l'eau des grandes villes, auxquelles s'appliquent les bases classiques de la maintenance industrielle supposées connues, mais davantage sur leur application la plus fréquente: les réseaux de tuyauteries qui parcourent les petites villes et les campagnes. Ces réseaux, service de base des populations, se doivent d'avoir une haute fiabilité. Leur maladie spécifique à combattre réside dans les fuites d'eau, un gaspillage considérable de cette précieuse ressource, qui affecte en moyenne 30% de la quantité d'eau traitée, voire jusqu'à parfois 50% dans les vieux réseaux.

Les grandes villes, qui ont besoin d'énormes quantités d'eau, ne peuvent la trouver que dans les fleuves ou grandes rivières situées à leur proximité. Leur eau est toujours plus ou moins polluée, ce qui exige des grandes usines à eau comportant des procédés de purification complexes pour en obtenir leur potabilité (filtration, floculation, chloration, rayons ultraviolets, parfois même osmose inverse, etc...), et d'immenses réservoirs.

Pour simplifier et nous limiter aux processus de base, nous nous bornerons à détailler une installation rurale, du type des innombrables stations qui équipent nos campagnes, à savoir une station de pompage prélevant de l'eau naturellement pure et potable dans un puits ou un forage, qui envoie l'eau dans un réservoir situé en hauteur (château d'eau). Celui-ci à son tour alimente par gravité un réseau de distribution qui dessert les utilisateurs, et les bornes à incendie utilisées par les pompiers.

Nous nous limitons aux réseaux d'adduction d'eau potable, sans parler d'un autre sujet, également important : les réseaux d'assainissement, pour l'écoulement des eaux pluviales et pour le traitement et l'écoulement des eaux usées (les égouts).

Pour information : normes d'appellation des réseaux d'eau enterrés :

AEP : alimentation d'eau potable

EP : écoulement d'eau pluviale

EU : écoulement d'eaux usées, égouts

Sommaire

I - L'Eau

II - Les principes de la circulation de l'eau

III - Les tuyaux

IV - L'équipement

V - Les réservoirs

VI - La chasse aux fuites

Annexe : quelques sites Web utiles

* * *

I -L'Eau

Tout le monde sait ce qu'elle est, mais connaît moins ses caractéristiques

L'Eau pure

Pure, c'est de l'oxyde de dihydrogène H₂O, qui définit bon nombre de données de base de la physique. Elle gèle à 0°C en augmentant de volume (1 kg de glace, de densité 0,92, occupe 1,087 litres), bout à 100°C sous pression atmosphérique normale (760 mm Hg). Sa densité à 0 degré est de 1 (1 litre d'eau pure a une masse de 1 kilogramme-masse et pèse 1 kilogramme-poids).

A l'état liquide, il faut lui fournir 1 kilocalorie de chaleur pour monter sa température de 1 degré centigrade. En fondant, 1 kg de glace libère 80 Kcal qu'il faut lui enlever pour qu'elle regèle. En lui fournissant de la chaleur à partir de 0°C, la température d'1 kg d'eau monte de 1 °C pour 1 Kcal fournie, mais curieusement, elle commence par se contracter en passant par un maximum à + 4°C, puis reprend sa dilatation jusqu'à 100°C, où sous pression atmosphérique normale elle se met à bouillir en passant à l'état gazeux sous forme de vapeur, en exigeant pour se faire la fourniture de 540 Kcal. Si elle est dans une enceinte fermée et qu'on continue à la chauffer la pression monte rapidement : c'est ce qui se passe dans les chaudières. Réciproquement, la vapeur-gaz en se condensant à 100°C en eau-liquide fournit 540 Kcal par Kg. (soit 2257 Kj/Kg - Rappel : 1 Kcal = 4,1868 Kilojoule = 1/860 Kwh).

A toute température, au contact de l'air, une partie de l'eau se vaporise en absorbant de la chaleur. Plus l'air est chaud, plus il peut absorber de vapeur, jusqu'à un niveau de saturation qui dépend de la température : c'est la physique de l'air humide. Quand il est saturé, l'humidité en excès précipite sous forme de brouillard : c'est ce qui se passe quand on refroidit l'air humide. Quand il est au contact d'une paroi froide, l'eau se dépose sur cette paroi sous forme de rosée (phénomène dit de la paroi froide - en mesurant la température de cette paroi au point de rosée, on mesure indirectement le degré d'humidité de l'air). Quand l'air humide monte une montagne, il se refroidit par détente adiabatique jusqu'à former un brouillard ; en redescendant il se réchauffe et le brouillard se dissipe. C'est la raison pour laquelle les montagnes sont fréquemment couvertes de nuages.

L'Eau potable

L'eau est dite potable, quand elle peut être consommée sans risque pour la santé. L'eau pure est agressive et corrosive (pH légèrement acide). C'est un bon solvant, qui dissout les sels minéraux jusqu'à leur point de saturation, sels qui sont un apport nutritif nécessaire à l'alimentation : c'est la raison pour laquelle on re-sale l'eau ultra-pure obtenue par distillation ou par osmose inverse. Sous pression, l'eau absorbe le CO₂ et le méthane CH₄, qui se dégagent quand la pression baisse.

L'eau ultra-pure (sans sels) peut descendre à un pH nettement acide (pH= 5,7). Sa conductivité électrique est alors très faible (4 mégohms-cm). Plus l'eau est salée, plus elle est conductrice.

Les sels dissous se caractérisent par leurs anions (chlorures, sulfates, carbonates, nitrates, silicates) et leurs cations (sodium, potassium, calcium, magnésium, fer, manganèse...) dont la dose varie de quelques dizaines à quelques centaines de milligrammes par litre. Une teneur élevée en calcium ou en magnésium provoque des dépôts de tartre sur les parois des tuyaux, qui arrivent jusqu'à les boucher. Si le tartre est composé de carbonate de calcium (eaux calcaires), il est facile à enlever par attaque avec un acide faible ; s'il est composé de sulfate de calcium (eaux séléniteuses) il ne part que par raclage mécanique. Les sels de sodium et de potassium ne provoquent pas de dépôts.

Le sel le plus courant est le chlorure de sodium (sel de cuisine). Sa teneur peut monter jusqu'à une saumure de 275 grammes par litre (Mer Morte). En mer elle varie de 30 gr/litre dans l'océan Atlantique à 40 gr/litre en Méditerranée ou en Mer Rouge. Les habitants des oasis la boivent jusqu'à 3 gr/litre ; les eaux de boisson européennes vont de 40 à 800 milligrammes par litre.

La dureté de l'eau (tendance à l'entartrage) se mesure en titre hydrotimétrique (TH) exprimé en degrés français (°f) : 1 °f correspond à 4 milligramme de calcium par litre dans l'eau ou à 2,5 milligrammes de magnésium: de 0°f à 1°f correspond à de l'eau très douce, 40°f à de l'eau très dure. Le titre alcalimétrique TA correspond à la teneur en carbonates, le titre alcalimétrique complet TAC à la teneur en carbonates et bicarbonates: il permet d'ajuster le pH et d'éviter que l'eau soit entartrante. Un bon TAC est compris entre 80 et 120 milligrammes par litre.

Une façon rapide d'évaluer la douceur ou la dureté d l'eau est de faire l'épreuve du savon. Si l'eau mousse facilement et de façon abondante, l'eau est douce et son TH faible. Si elle mousse difficilement, elle est dure.

L'eau très douce est corrosive, l'eau très dure est entartrante. Un réglage correct de salinité par action sur le TAC arrive à trouver l'équilibre entre les deux tendances : il dépend toutefois de la température de l'eau.

Dans les villes, des laboratoires vérifient la qualité de l'eau, en déterminant son analyse chimique, ainsi que sa potabilité, par la microbiologie, pour vérifier l'absence de germes nocifs, ou leur teneur, qui impose le cas échéant sa désinfection.

Où trouve-t-on l'eau potable?

L'eau de mer s'évapore sous le réchauffement solaire, et monte : dans les zone froides de la haute atmosphère elle se condense en fines gouttelettes d'eau qui forment le nuage. Quand il y en a assez, les gouttelettes s'assemblent pour former des gouttes de pluie qui tombent sur le sol : s'il a fait très froid, les gouttes gèlent en formant soit des cristaux de neige, soit des glaçons sous forme de grêlons. Provenant en fait d'une distillation naturelle, cette eau tombe pure, sauf si elle traverse une atmosphère polluée. Tombant sur le sol, elle ruisselle et s'introduit peu à peu dans le sol, pour former avec le sol des nappes d'eau souterraines dites nappes phréatiques, d'où elle chemine et sort sous forme de résurgences, les sources.

Au contact du sous-sol, elle en dissout les cations et anions. Si le sol est surtout composé de silice (sable, granit) l'eau sort douce ; s'il est composé de calcaire, c'est à dire de carbonate de calcium l'eau est dure ; si elle traverse des couches de gypse (sulfate de calcium - cas du

bassin parisien), l'eau est dite séléniteuse. Si elle rencontre des couches d'argile (difficile à traverser: l'argile est un matériau imperméable) elle entraîne des micelles d'argile colloïdales dont il faut se débarrasser. Si elle rencontre des couches de sel fossile (cas parfois rencontré en région chaude), elle devient salée et imbuvable.

L'eau pure des pluie érode et dissout les roches calcaires, en formant les grottes et conduits qui enchantent les spéléologues : elle y circule rapidement, mais sans avoir les capacités de stockage des sols sablonneux.

Pour capter l'eau dans le sol, on utilise des puits si la nappe phréatique est proche du sol ; si elle est profonde on procède par forages. Si le sol est sablonneux, on peut installer le forage un peu partout ; s'il est calcaire, il faut avoir la chance de tomber sur un endroit où l'eau circule dans le sous-sol.

* * *

II -Les principes de circulation de l'eau

Les canalisations

L'eau circule naturellement sous l'action de la gravité, en descendant les pentes dont elle façonne le profil, en se rassemblant en ruisselets, ruisseaux, rivières et fleuves qui se jettent dans la mer.

L'être humain a besoin d'eau : il faut donc l'acheminer, après l'avoir captée et purifiée, là où on en a besoin. En gros, dans notre contexte, la consommation moyenne par habitant à prendre en compte dans les calculs d'une installation se situe entre 100 et 150 litres par jour.

Un moyen de transport élémentaire permet de transporter de grandes quantités d'eau quand il y a de la pente : un canal à ciel ouvert, appelé aqueduc, dont le principe a été mis en oeuvre par les Romains. L'écoulement lent est dit fluvial ; l'écoulement rapide est dit torrentiel. L'écoulement est fluvial quand l'eau avance plus lentement que la vitesse de propagation d'une onde à sa surface ; il est torrentiel dans le cas contraire. Quand un écoulement torrentiel rencontre une zone à écoulement fluvial, par exemple quand la pente du canal devient moins raide, il se forme un bourrelet d'eau.

Mais dans la plupart des cas il faut transporter l'eau dans des tuyaux, où l'eau s'écoule de l'amont à l'aval sous l'effet de la pression, qu'elle provienne d'un réservoir en hauteur ou d'une pompe (ou batterie de pompes).

Les stations de pompage

Les pompes se divisent en deux grandes familles :

- Les pompes volumétriques où l'eau est aspirée, puis refoulée dans des cylindres munis de clapets d'aspiration et de refoulement, cylindres actionnés par un système de vilebrequin et de bielles actionné par un moteur. Pour en simplifier le mécanisme, le piston est souvent un piston plongeur, qui va et vient dans une chambre remplie d'eau, dotée d'un clapet d'aspiration et d'un clapet de refoulement. Pour une vitesse de rotation donnée, le débit est constant et intangible
- Les pompes centrifuges rotatives à rouet, où le débit varie en fonction de la contrepression à vaincre, où le moteur actionne directement un rouet logé dans une volute. La courbe débit-pression s'appelle la courbe caractéristique de la pompe. Elle dépend de la vitesse de rotation du profil et du diamètre du rouet. Un mettant en série deux rouets ou plus, on augmente la pression pour un débit donné. L'étanchéité avec l'extérieur au niveau de l'arbre est assurée par un presse-étoupe à tresse ou par une garniture mécanique.

Les pompes centrifuges sont les plus fréquemment employées.

Les pompes centrifuges peuvent aspirer l'eau, sous une hauteur limitée pour éviter la vaporisation locale de l'eau sous forme d'une cavitation qui endommage la périphérie du rouet, hauteur définie par une caractéristique appelé NPSH (Net Positive Suction Head).

Les pompes centrifuges peuvent être auto-amorçantes ou pas ; les pompes à piston, en créant le vide, le sont automatiquement. La pression à fournir pour un débit donné définit le choix de la pompe et son dimensionnement.

En général le schéma type d'un réseau d'eau potable rural part de la présence d'une nappe phréatique dont la capacité de production en saison sèche correspond aux besoins prévus d'utilisateurs dispersés dans la zone à desservir. Sa base est constituée par un réservoir situé en hauteur, qui constitue un stock d'eau tampon rempli par une station de pompage fonctionnant par tout ou rien, envoyant l'eau avec un débit fixe, et qui alimente par gravité la consommation fluctuante des multiples utilisateurs du réseau. Quand le niveau du réservoir descend à un niveau assez bas, qui laisse une réserve de précaution, un flotteur actionne le démarrage de la station de pompage, qui remplit le réservoir jusqu'à son point haut, où un autre flotteur arrête alors la pompe.

La pression donnée par une pompe se définit en bars (1 bar = 100.000 pascals), unité proche de la pression atmosphérique au niveau de la mer, également proche d'1 kg/cm², ou d'environ 10 mètres de colonne d'eau (10,33 m); mesuré en unités anglaises, le bar correspond à 14,5 psi (pounds per square inch). Le débit d'une pompe se définit, selon la taille, en litres par seconde pour les petites pompes, ou en mètres cubes par seconde dans les très grosses pompes. Il en est de même dans les canalisations, canaux ou tuyaux où l'eau circule selon son débit, qui est le produit de la section de passage multiplié par la vitesse de l'eau ($Q = VS$). Le débit d'eau d'un conduit d'une section de passage de 1 mètre carré où l'eau circule à 1 mètre/seconde est d'1 mètre-cube/seconde. Pour les calculs économiques, on utilise plus volontiers le débit horaire : 1 mètre-cube/seconde donne un débit horaire de 3.600 m³/heure.

Le débit d'eau qui passe dans un tuyau dépend de sa longueur, de son diamètre, de la différence de pression entre son entrée et sa sortie, ainsi que de la rugosité de sa paroi. La perte de pression ramenée à sa longueur s'appelle sa perte de charge : elle correspond au frottement de l'eau sur sa paroi. La formule empirique la plus exacte définissant la perte de charge est celle de Colebrook. Les abaques de Colebrook définissent ainsi la perte de charge d'un tuyau en fonction du débit, de son diamètre et de sa rugosité de paroi définie en millimètres.

Pour définir une installation de pompage il faut partir du débit voulu, de l'emplacement et de la hauteur au dessus du sol de la station de pompage, et de l'emplacement et de la hauteur au dessus du sol du réservoir de stockage d'eau.

Dans le cas le plus général, l'eau est prise dans la nappe phréatique, dont des essais de rabattement détermine la possibilité de fournir le débit voulu sans s'épuiser, et les analyses la potabilité. L'eau des nappes profondes est en général pure ; celle des nappes superficielles peut être polluée, soit par une percolation des épandages de produits chimiques, soit par les déjections animales dans les zones de pacage. Le réservoir sera installé dans le point le plus haut de l'environnement. Le cas le plus général sera le château d'eau, composé d'un réservoir cylindrique surmontant un fût ; en zone accidentée on utilisera une colline assez haute pour l'installer au niveau du sol. Le volume du réservoir dépend du nombre d'utilisateurs (variant de 120 m³ à 1.000 m³, voire plus). Les architectes d'aujourd'hui innovent en lui donnant une forme plus esthétique que celle des anciens réservoirs.

Dans une station de pompage, une pompe n'est jamais seule : il faut toujours prévoir le cas de son indisponibilité (opération de maintenance ou avarie). Si l'on a besoin d'un débit Q pour remplir le réservoir, il faut au moins deux pompes de débit Q , ou mieux trois pompes de débit $Q/2$, avec une permutation dans leur régulation pour assurer à chacune le même nombre d'heures de marche. Si le réservoir a une capacité suffisante pour alimenter le réseau toute une journée par simple gravité, il sera intéressant d'effectuer son remplissage au moment où l'électricité est la moins chère (tarif de nuit par exemple).

On détermine ensuite l'itinéraire de la conduite reliant la station de pompage et le réservoir : la ligne droite est l'idéal, mais pas toujours possible : il faut aussi que le tracé soit accessible, tant pour la pose que pour la maintenance. Le tracé étant déterminé sur le plan horizontal, il faudra ensuite établir sur le plan vertical son profil en long, pour déterminer les points hauts et les points bas. Même en terrain plat, **il faut toujours veiller à donner une pente au tuyau**, au minimum de 2/1000 en amont de chaque point haut et de 4/1000 en aval, pour que les bulles d'air éventuellement entraînées puissent se rassembler. Chaque point haut est équipé d'un purgeur d'air et d'un clapet casse-vidé, chaque point bas d'une vanne de vidange, ce qui permet quand cela est nécessaire la vidange et le remplissage du tuyau.

Le type de pompe dépend de la profondeur à laquelle on trouve la nappe. Si elle est peu profonde (quelques mètres) on utilisera des pompes à axe horizontal. Si la nappe est entre cinq et vingt mètres de profondeur, on utilisera une pompe à axe vertical dans le rotor est noyé, connecté par un arbre vertical à un moteur électrique à axe vertical installé en surface. Mais si la nappe ne se trouve qu'à grande profondeur, atteinte par un forage de diamètre limité - de 4 pouces (101 mm) à un maximum de 18 pouces (457 mm), on utilise des pompes immergées multicellulaires de petit diamètre, munies de leur moteur, dites « pompes crayon », qu'on plonge dans le forage avec son câble d'alimentation électrique et son tuyau d'évacuation.

A noter au passage que pour assurer la potabilité de l'eau sur le plan microbien, l'installation doit être équipée d'un traitement par chloration, alimenté par une bouteille de chlore (installée à l'extérieur à l'air libre, pour éviter tout risque en cas de fuite), avec un système de dosage (la norme européenne fixe la dose à 0,1 milligramme par litre). L'emplacement de la chloration dépend du réseau, à l'aval de la partie pouvant être suspectée. S'il est équipé d'un château d'eau, dont le réservoir est à l'air libre, avec de l'eau pouvant être polluée, la chloration sera installée à sa sortie, au départ du réseau de distribution.

On détermine la section du tuyau en fonction de la vitesse économique de circulation de l'eau (plus elle va vite, plus le diamètre du tuyau sera petit donc moins cher à l'achat, mais plus l'énergie nécessaire sera importante, donc plus chère à l'exploitation). En gros, la vitesse économique se situe entre un à deux mètres par seconde, ce qui donne le diamètre, donc la perte de charge à vaincre en fonction de la longueur du tuyau, ajoutée à la hauteur de colonne d'eau à vaincre entre la cote de la station de pompage et celle du niveau du réservoir (un bar pour une hauteur de 10 mètres). Il faut également ajouter à la hauteur manométrique entre le niveau de la pompe et le niveau du réservoir la hauteur d'aspiration de la pompe, si le niveau de l'eau captée est plus bas que celui de la pompe (de quelques mètres au maximum). Si la pompe est auto-amorçante, sa capacité d'aspiration suffira à l'amorcer. Sinon, il faudra l'amorcer, par exemple en remplissant la conduite d'aspiration par de l'eau maintenue en place par son clapet de pied.

On établit la « ligne piézométrique » de l'installation, en fonction du profil en long du tuyau à installer dans le terrain, au dessus duquel on trace la ligne de la pression descendant du départ à l'arrivée. Il faut prendre garde à ce que la ligne de pression soit toujours au-dessus de la cote du tuyau, notamment au dessus de son point haut (un col à franchir par exemple)... pour éviter qu'à cet endroit la pression dans le tuyau soit négative, c'est à dire que le tuyau soit sous vide !

Bien entendu, on rajoutera à la perte de charge globale du tuyau des pertes de charge ponctuelles, telles que les coudes, les clapets éventuels, l'implantation des vannes de sectionnement et des autres équipements nécessaires à la vidange et au remplissage de la conduite.

Quelques points importants sont à signaler :

- le tuyau devra être enterré à une profondeur suffisante (au moins un mètre) pour éviter le risque de gel malgré les pires hivers, et, le cas échéant, les passages de véhicules ou d'engins.
- il est amené dans le courant de sa vie à être parfois vidé, et parfois rempli. Ses points bas doivent donc être équipés de dispositifs de vidange, ses points hauts de dispositifs permettant l'entrée d'air quand on le vide, et sa sortie quand on le remplit
- il devra être également équipé de dispositifs contre les « coups de bélier ». La masse d'eau contenue dans un tuyau de grande longueur et circulant vite représente une énergie cinétique considérable (inertie) ; si l'on ferme trop rapidement une vanne, cette énergie cause une onde de choc, caractérisée par une série de surpressions et de dépressions, qui dépend de l'élasticité du matériau constituant le tuyau, choc qui peut endommager l'installation. Il en est de même si une pompe s'arrête brutalement : l'énergie cinétique entraînant l'eau, il se crée pendant une fraction de seconde un vide derrière la pompe, qui alors aspire en sens inverse l'eau qui se cogne alors sur la pompe (ou sur le clapet anti-retour placé à son aspiration), en provoquant un choc. L'emploi d'un tuyau en caoutchouc élastique pour les petits débits permet d'absorber les coups de bélier.
- effort sur les coudes : lors d'un changement de direction d'un débit d'eau, en particulier sur un coude à 90°, la résultante des forces d'inertie exerce une poussée à 45° sur le coude qui peut l'amener à être expulsé de la tuyauterie . Il convient donc de contrebalancer cette poussée par une butée (bloc de béton bien encastré dans le sol)

Les réseaux de distribution d'eau

La distribution d'eau aux multiples utilisateurs se fait par gravité, à partir du réservoir situé en hauteur, hauteur qui définit la pression dans le réseau, pression qui doit être suffisante pour alimenter les bouches à incendie, qui sont branchées sur les réseaux d'eau potable (2 à 3 bars en général). La contenance du réservoir est en général suffisante pour permettre, en période de faible consommation des interventions de maintenance de courte durée sur son alimentation (station de pompage et conduite d'amenée).

Deux types de réseaux sont employés :

- Le réseau dit ramifié, semblable à la disposition des branches d'arbre, où un seul trajet est possible entre l'utilisateur et le réservoir. Quand il y a coupure pour une raison quelconque (pour maintenance par exemple) sur une branche, les utilisateurs situés à l'aval de la coupure sont privés d'eau.
- Le réseau dit maillé, quand des liaisons sont installées entre les diverses branches, ce qui permet de mieux répartir la pression. Grâce au maillage un utilisateur peut être alimenté d'un

côté ou de l'autre, ce qui lui permet d'avoir de l'eau même en cas de coupure sur un tronçon de conduite.

Le réseau ramifié, plus économique, est utilisé quand un nombre limité d'utilisateurs est réparti sur une grande surface : c'est le cas en général des réseaux ruraux, installés dans les campagnes.

Le réseau maillé, plus cher mais plus fiable, est utilisé quand un très grand nombre d'utilisateurs est réparti sur une surface limitée : c'est le cas des réseaux urbains, installés dans les villes.

Dans le cas d'une distribution rurale par réseau ramifié, un château d'eau dessert une zone d'utilisateurs dont il est plus ou moins le centre. De lui partent des collecteurs principaux dans les différentes directions, qui alimentent des collecteurs secondaires qui se ramifient, en assurant jusqu'à leur extrémité une pression suffisante. Le diamètre des différents tuyaux se base sur une prévision de débit maximum estimé de façon statistique, pour assurer au bout de chaque tronçon une pression résiduelle de 2 ou 3 bars, suffisante pour alimenter les bouches à incendie équipant le réseau.

Le tracé de chaque embranchement sur le plan horizontal longe en principe les voies de circulation routières, pour faciliter leur accès par les équipes de maintenance ; comme pour l'alimentation principale, les profils en long sont à prévoir pour définir leurs lignes piézométriques et leurs emplacements des points hauts et des points bas. Les embranchements principaux doivent être munis d'une vanne de sectionnement à leur départ, pour y permettre des travaux sans perturber les utilisateurs installés sur les autres branchements.

Des précautions particulières sont à prendre quand la tuyauterie traverse une voie de circulation, où elle doit être protégée contre la charge résultant du passage des véhicules, notamment des véhicules lourds (camions ou engins). Pour ceci on installe pour la traversée une buse en béton à l'intérieur de laquelle on fait passer la tuyauterie. Une rupture de conduite provoquerait en effet une arrivée d'eau importante dans le sous-sol, entraînant un affaissement de la voie de circulation conduisant à sa coupure.

L'exigence est renforcée quand la conduite d'eau doit passer sous une voie ferrée, dont l'affaissement peut entraîner une catastrophe ferroviaire. Non seulement la tuyauterie doit être insérée dans une buse en béton, mais en outre elle doit être équipée d'une vanne de sectionnement de chaque côté de la voie.

* * *

III - Les tuyaux

Les principes de base en tuyauterie

La normalisation

La première chose à retenir est que les tuyauteries et leurs annexes font l'objet de normes strictes : métriques dans les normes internationales (ISO), européennes (EN), françaises (NF), allemandes (DIN) ; en unités anglo-saxonnes basées sur le pouce (25,4 mm) et ses fractions de pouce anglaises (BSI), américaines pétrolières (API) ou industrielles (ASTM).

L'usage français est de définir un tuyau par son diamètre nominal (intérieur) DN exprimé en millimètres (mm) et sa pression nominale (maximale) de service PN exprimée en bars.

Les pressions normalisées qui définissent l'épaisseur du tube sont :

PN 10, PN 16, PN 25, PN 40. La plus courante est le PN16

Les diamètres normalisés s'échelonnent de 10 mm à 600 mm, selon l'échelonnement suivant : 10-15-20-25-32-40-50-65-80-100-125-150-200-250-300-350-400-450-500-600

(On retrouve parfois les anciennes dénominations des tuyauteries en acier doux désignant à la fois les diamètres intérieurs et extérieurs : 15/21, 21/27, 26/34, 33/42, 40/49...)-

Les principes de choix des matériaux

Le choix d'un matériau d'une conduite concerne non seulement la nature du tuyau, mais de la façon dont les tuyaux se rajoutent l'un à l'autre (emboîtement, soudure ou collage). Les raccords à brides, encombrants et nécessitant plusieurs boulons à serrage contrôlé, utilisée dans l'industrie, sont rarement applicables aux tuyauteries enterrées.

Ces tuyaux sont installés dans le sol. Or le sol n'est pas toujours fixe : il peut bouger, par exemple dans le cas d'un sous-sol argileux, ou sous l'effet d'une circulation intensive à proximité. Il bouge aussi quand il se tasse sous le poids d'une station de pompage.

La conduite doit donc avoir une certaine flexibilité, ce qui joue sur la nature du raccordement entre les tuyaux composant cette conduite.

L'accès aux tuyauteries

Un autre point à considérer dans le tracé de conduite est sa facilité d'accès : il faut pouvoir y transporter les tuyaux qui la composent (ou les enlever en cas de renouvellement) , ce qui amène en général à les installer, quand elles sont de diamètre modéré (inférieur à 500 mm par exemple), le long des voies de circulation. C'est aussi la raison pour laquelle on les installe sous les ponts quand la conduite doit traverser un cours d'eau.

Une conduite est normalement installée dans une tranchée de 1 mètre de profondeur, sur lequel on commence à installer un lit de sable de 10 centimètres sur laquelle on pose la

conduite. Après la pose, on la recouvre sous une couche de 20 à 30 cm de sable, sur lequel on pose un grillage coloré en matière plastique, destinée à prévenir les ouvriers en cas d'ouverture ultérieure de la tranchée. Puis on comble la tranchée en tassant fortement le sol pour éviter qu'il ne s'affaisse sur son tracé.

Les matériaux

D'une façon générale, les tuyauteries doivent résister à la pression interne et aux efforts externes (charges, poussées du sol), et leur intérieur doit être le plus lisse possible pour limiter les pertes de charge, tout en étant de qualité alimentaire. Ils doivent aussi résister à la corrosion, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Ils sont définis par leur longueur et leur diamètre interne, et par la façon dont ils se raccordent l'un à l'autre.

Tout d'abord, il faut signaler au passage des matériaux jadis employés, aujourd'hui prohibés, mais qui peuvent subsister ça et là dans de vieilles installations :

- L'amiante-ciment ou fibrociment (type Eternit EUVP) à cause de l'amiante entrant dans sa fabrication, et dont le retrait du service implique de lourdes précautions, rendues obligatoires par la loi.
- Le plomb, jadis très employé pour les petits diamètres qui avec les eaux douces donne des sels toxiques
- La fonte grise, cassante

Les matériaux couramment employés aujourd'hui sont :

- les conduites en béton précontraint (type Socoman), pour les gros diamètres (de 300 jusqu'à 2000 mm). Leur assemblage se fait par emboîtement
- les conduites en béton à âme tôle (type Bonna) - en fait des tuyaux acier avec enrobage interne et externe en béton armé, et revêtement lisse en mortier à l'intérieur, pour les gros diamètres (de 300 à 2.000 mm). Leur assemblage se fait par emboîtement ou soudage des âmes
- les conduites en acier avec revêtement externe protecteur (carbolac C) et revêtement lisse intérieur en résine époxy qualité alimentaire, pour tous diamètres (de 60 mm à 2.000 mm). Elles craignent la corrosion externe et doivent nécessairement être équipées d'une protection cathodique, à soutirage ou à anode consommable enterrée, dont la gestion est une contrainte d'exploitation. Leur assemblage se fait par soudage
- les conduites en fonte centrifugée à graphite sphéroïdal (fonte ductile), avec revêtement lisse ciment à l'intérieur et protection extérieure qui sont apparemment les plus employées pour leur solidité et leur résistance à la corrosion, pour diamètre de 60 à 1.800 mm). Leur assemblage se fait par emboîtement
- les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD), très lisses et inaltérables, pour conduites de 20 à 500 mm, mais qui doivent être protégées contre l'écrasement dans les zones à forte charge. L'assemblage se fait par soudage thermique ou collage
- les conduites en chlorure de polyvinyle (PVC) lisses aussi, mais plus cassantes que le PEHD pour conduites de 20 à 500 mm. Elles sont actuellement suspectées de convoyer des produits chimiques et du bisphénol A issues de leur traitement. Comme pour les conduites en PEHD l'assemblage se fait par soudage thermique ou collage après emboîtement

Le raccordement entre les longueurs de tuyaux se font par soudure, quand les tubes sont suffisamment flexibles (acier, plastiques) pour suivre les déformations de terrain ; pour les tuyauteries en béton ou en fonte elles se font par emboîtement (bout lisse d'un côté, collerette à l'autre bout), avec interposition d'un joint en élastomère ou en fibre faite d'un mélange d'aramide et d'élastomère (« klingérite »), qui autorise un désalignement allant jusqu'à 1 degré. Pour les désalignements plus importants, il faut utiliser des doubles joints, appelés joints Gibault, qui autorisent un désalignement allant jusqu'à 3 degrés.

Ces types de joints sont souvent utilisés quand la conduite sort de la station de pompage, qui s'enfonce dans le sol sous son propre poids jusqu'au tassement alors que la conduite en sortie, dans sa tranchée, ne bouge pas. Sans cette précaution, la conduite serait soumise au cisaillement à sa sortie de la station.

Les équipements annexes des tuyauteries

Ce sont en particulier les coudes, les réductions de diamètre, les culottes en Y pour les séparations de deux flux dans deux directions différentes, les T et les piquages pour les embranchements, etc. Tout un ensemble qui constitue une grande variété d'équipements, chose nécessaire en particulier pour les tuyauteries en fonte assemblées par emboîtement.

Bien entendu il faut inclure dans cette catégorie les collections de joints de différents types à prévoir pour les emboîtements (joints toriques, joints annulaires, tresses...) de différents matériaux (élastomères, klingérite) et les colles.

Il faut également inclure le matériel destiné à colmater les fuites éventuelles (piqûres, fissures...) sur les différents diamètres de tuyauteries utilisées, à savoir des tampons en élastomères appliqués sur la fuite et maintenus en place par des colliers en deux parties serrées autour du tuyau.

* * *

IV - Les équipements

Les instruments de mesure et de contrôle

Nous nous bornerons à définir la liste des éléments destinés à contrôler, commander ou enregistrer :

- Les niveaux d'eau dans la nappe et le réservoir, et leur seuil niveau haut (maxi) et niveau bas (mini)
- Les pressions à l'aspiration et au refoulement de la ou des pompes, et aux divers points du réseau
- Les débitmètres, qui mesurent la vitesse de l'eau dans une conduite, et donc son débit, qu'ils soient de type mécanique, électromagnétique ou à ultra-sons
- Les compteurs de quantités d'eau fournies (dont celle fournie au réservoir) qui intègrent dans le temps les mesures de débit
- La température extérieure et la température de l'eau
- Les paramètres électriques du ou des moteurs, avec enregistrement des heures de marche et consommation quotidienne en kWh

La robinetterie

Il s'agit d'un domaine très vaste d'équipements :

Les vannes

Elles sont de différentes conceptions :

- les vannes à passage direct, avec un opercule qui monte ou descend sous l'action d'un volant actionnant une vis, action qui prend un certain temps, et permet une ouverture ou une fermeture progressive (vannes appelées parfois vannes à opercule, ou vannes guillotines)
- les vannes papillon, où à quart de tour, avec un disque intérieur actionné par un axe traversant le flux d'eau et un levier de manœuvre extérieur, qui ne permet qu'une ouverture à 100% ou une fermeture à 100%, rapidement exécutée
- les vannes à clapet manœuvré de l'extérieur par volant et vis, s'appuyant sur un siège, mais qui à l'intérieur oblige le flux à un changement de direction, ce qui limite son diamètre, et impose un sens de marche : par contre, il permet de régler un débit à sa convenance entre 0 et 100%
- les vannes à boisseau à quart de tour, jadis coniques (cône conique contre cône cylindrique), qui souvent se coinçaient, sauf s'ils étaient munis d'un graissage sous pression (robinets Audco). A la fin des années 50 ont été inventées les vannes à quart de tours à boisseau sphérique, dont la manœuvre est facile. Mais elles deviennent encombrantes à fort diamètre, et se situent dans la gamme de 10 à 100 mm de diamètre

L'appellation « robinet » est utilisée en général pour les vannes de petit diamètre installées à l'air libre.

Pour les tuyauteries enterrées on utilise en général au départ de chaque embranchement les vannes à passage direct, avec une tige de commande à bout carré destinée à être manœuvrée par une clé amovible utilisée par le personnel en charge (fontainiers) . Un tube vertical en fonte terminé au sol par une tige amovible permet l'accès de la vanne à la clé.

NB - Pour les grosses tuyauteries et fortes pressions, la contrainte subie par l'opercule en position fermée peut être trop importante pour une manœuvre aisée. On le court-circuite alors par un by-pass de petit diamètre pour équilibrer les pressions de part et d'autre avant l'ouverture.

Les bouches à incendie

C'est un ensemble constitué d'une vanne et de l'équipement permettant le branchement par les pompiers des tuyaux flexibles alimentant les lances à incendie. Elles sont composées d'une première vanne de branchement toujours ouverte, suivie d'une deuxième vanne à disposition exclusive des pompiers et d'un raccord standard permettant le branchement de la conduite d'incendie.

En France le raccord standard est le raccord symétrique Guillemin, (appelé aussi raccord sapeur pompier) à double mâchoire de diamètre nominal 100 mm, et en général de PN 16 dont le branchement est effectué par le pompier à l'aide d'une clé spéciale, dite « clé tricoise ». En dehors de l'utilisation, le raccord est protégé contre les interventions non autorisées par un bouchon à double mâchoire.

Les bouches à incendie sont de deux types :

- En milieu urbain elles sont entièrement situées en sous-sol sous le trottoir, protégées par une tige en fonte, avec à proximité immédiate un panneau rouge indiquant aux pompiers la localisation de la bouche à incendie (B I).

- En milieu rural elles se composent d'un poteau extérieur en fonte de couleur rouge, visible de loin (poteau d'incendie), souvent doté de deux sorties équipées de raccords Guillemin. Elles longent en général une voie de passage (route), tout en restant un peu à l'écart (à plus d'un mètre du bord), car les poteaux en fonte peuvent être cassés par un choc éventuel avec un véhicule lourd ou un engin sortant de route. A cet instant jaillit un torrent d'eau qu'il faut stopper au plus vite par action sur la vanne d'arrêt, installée au niveau du piquage sur la conduite d'alimentation.

Les purgeurs et ventouses

Ces organes, installés aux points hauts des tuyauteries, sont destinés d'une part à laisser passer l'air lors des remplissages ou des vidanges, d'autre part à évacuer l'air ou les gaz entraînés par l'eau dans le fonctionnement normal.

Pour les tuyauteries de gros diamètre on utilise l'association (duo) d'un purgeur sonique (l'air purgé atteignant la vitesse du son dans l'orifice de sortie) et d'un clapet destiné à permettre l'entrée massive d'air à la vidange, et se fermant à l'arrivée de l'eau.

Le purgeur est constitué par un flotteur situé dans une enceinte fermée dotée d'un orifice à sa partie supérieure. Le flotteur descend sur son support en présence d'air en libérant le passage d'air par l'orifice. En présence d'eau il monte en fermant l'orifice par un dispositif tel qu'un pointeau. L'orifice est calibré pour obtenir au remplissage une vitesse sonique de l'air, ainsi freiné pour éviter un coup de bélier brutal à l'arrivée d'eau.

Pour les tuyauteries de petit diamètre on utilise des ventouses, constituées par une enceinte ovoïde contenant un sphère creuse, ou corps similaire, qui exerce les fonctions du flotteur défini ci-dessus : descendant sur son support en dégageant l'orifice en présence d'air et montant en le fermant en présence d'eau.

Les clapets anti-retour

Installés sur les conduites pour éviter une « marche arrière » de l'eau, lors de l'arrêt du pompage par exemple, ou l'éclatement d'une conduite, qui entraînerait une vidange non voulue d'un réservoir.

Un cas particulier est celui des « clapets de pied » installés en bout des tuyauteries d'aspiration des pompes et plongeant dans l'eau, dont le but est de maintenir l'eau à l'arrêt de la pompe, pour éviter son désamorçage à sa remise en route.

Ces clapets sont munis à leur amont d'une « crépine », ensemble grillagé, qui empêche l'aspiration par la pompe de sable ou de cailloux qui pourraient endommager la pompe.

Les soupapes anti-bélier

Elles sont destinées à limiter les effets des coups de bélier sur les installations. Placées à proximité des endroits où sont générés les coups de bélier, elles consistent essentiellement en une ouverture placée sur le dessus de la conduite, fermée par un tampon maintenu par un ressort. La tension de ce ressort est réglée pour que le tampon s'ouvre largement en laissant passer une bonne quantité d'eau, dès que la pression dépasse la pression maximum de service, écrétant ainsi l'onde de choc.

Les soupapes anti-bélier jouent ainsi également le rôle de soupapes de sûreté. Bien entendu, il faut prévoir l'évacuation de l'eau ainsi libérée.

Les filtres à grillage

Équipés d'un grillage à gros grain, ils sont destinés à arrêter le passage d'éléments indésirables dans les conduites. Ils sont en général placés à l'aspiration des pompes, pour protéger leurs rouets contre l'arrivée intempestive de cailloux. Et aussi, dans un château d'eau, au départ de la conduite de distribution, contre l'entrée d'un élément ayant chuté dans le réservoir.

* * *

V - Les réservoirs (châteaux d'eau)

(texte largement inspiré par Wkipedia):

Rôle du château d'eau

Un **château d'eau** est une construction destinée à stocker l'eau potable. Elle est placée en général sur un sommet géographique pour permettre une distribution sous pression.

La réserve d'eau joue un rôle de tampon entre le débit demandé par les abonnés et le débit fourni par la station de pompage. Il permet ainsi d'éviter de démarrer trop souvent les pompes et de les protéger. Une telle réserve permet également de faire face aux demandes exceptionnelles en cas d'incendie et de manque d'eau. Les châteaux d'eau peuvent contenir depuis 120 m³ pour les plus petits, jusqu'à plusieurs milliers de mètres cubes d'eau pour les plus grands, les volumes les plus fréquents se situant entre 200 et 600 m³. En principe, la réserve devrait correspondre à la consommation d'une journée, en cas d'indisponibilité de la station de pompage. .

L'eau est acheminée du point d'eau au réservoir. Si l'altitude du point d'eau est inférieure à l'altitude du réservoir, on utilise des pompes pour élever l'eau jusqu'à ce dernier. L'eau est ensuite envoyée dans un réseau gravitaire qui va assurer son acheminement vers l'ensemble des habitations.

La pression de l'eau qui est fournie au robinet des habitants est proportionnelle au dénivelé qui existe entre le niveau d'eau dans le château d'eau et l'habitation : 10 m de dénivelé équivalent à 1 bar de pression, 20 m à 2 bars de pression, etc.

En gros, il faut assurer une pression de 3 bars dans le réseau Si le château d'eau est installé sur un terrain plat, le niveau du plan d'eau du réservoir devra se situer à 35 mètres du sol, ce qui amène à une construction d'une hauteur totale de 40 à 50 mètres. Si le château est installé au sommet d'une colline dominant le réseau, sa hauteur sera réduite en conséquence.

Les châteaux d'eau passent de mode, à cause de leurs inconvénients : ils coûtent cher à construire et détériorent l'esthétique des paysages. Par contre ils constituent un élément de sécurité d'approvisionnement, assurant de 12 à 24 heures la distribution de l'eau en cas de problème à la station de pompage, tout en assurant une pression constante dans le réseau de distribution, et une réserve d'eau importante immédiatement disponible en cas d'incendie. En zone rurale, la cause la plus fréquente d'indisponibilité d'une station de pompage est la coupure de son alimentation électrique, soit à cause d'un incident ou de travaux sur le réseau électrique local, soit à cause de la foudre par temps d'orage, événement relativement fréquent en été.

Constitution d'un château d'eau

Il est constitué d'une cuve cylindrique perchée au dessus du sol, supportée par un fût, tel un gros champignon.

La cuve peut être à double enveloppe (par sécurité contre une fuite éventuelle), traversée en son centre par un tube muni d'une échelle permettant le passage de l'opérateur chargé du contrôle de la réserve. Cette cuve est contenue dans une structure fermée en béton, avec un toit dont la partie supérieure est en communication avec l'atmosphère extérieure tout en étant protégé de la pluie. Un accès permet la visite de ce toit.

La cuve st connectée à trois tuyaux verticaux, logés dans le fût : le tuyau amenant l'eau de la station de pompage (entrée d'eau), le tuyau alimentant le réseau de distribution (sortie d'eau), un tuyau destiné à assurer d'une part le trop-plein, d'autre part la vidange périodique de la cuve, qui s'écoule à l'égout... ou dans la nature.

Chaque tuyau est muni d'une vanne de sectionnement avant d'arriver à la cuve ; le tuyau d'amenée est muni d'un clapet anti-retour, le tuyau de départ est protégé par un grillage de l'entrée éventuelle d'un éventuel élément indésirable. Le tuyau de sortie est évidemment situé en fond de cuve, la vanne de vidange en son point bas. En

général, l'arrivée d'eau se fait en fond de cuve, de façon à favoriser un brassage de l'eau. A la base du fût est installé un by-pass muni d'une vanne, reliant le tuyau d'arrivée et le tuyau de sortie. Ce by-pass permet, en cas de besoin, l'envoi direct de l'eau de la station de pompage dans le réseau de distribution en court-circuitant le réservoir, par exemple quand on procède à la vidange de celui-ci pour nettoyage ou intervention de maintenance. La cuve est munie des instruments de contrôle et de régulation du niveau de l'eau, permettant son suivi et assurant la mise en route de la station de pompage au niveau bas et l'arrêtant au niveau haut, voir donnant l'alerte en cas de niveau très bas.

A l'intérieur du fût se trouve l'escalier d'accès aux opérateurs, avec des planchers permettant l'accès aux vannes : la porte d'entrée est conçue pour éviter l'entrée des personnes non autorisées. A l'extérieur se trouve la station de chloration, pour pallier au risque de pollution microbienne éventuelle de l'eau, dont la surface dans la cuve est à l'air libre.

Construction du château d'eau

Sur le plan du génie civil, la structure doit être capable d'assurer la transmission au sol du poids considérable de l'ensemble (sachant qu'un mètre cube d'eau pèse une tonne...), ce qui implique un soin particulier à apporter aux fondations de l'ouvrage, en particulier si le sol est argileux.

Sur le plan architectural, l'esthétique n'était pas le souci des premiers châteaux d'eau, qui, visibles de loin, gâchaient le paysage. Les architectes ont depuis conçu des structures plus élégantes. A mon avis personnel, les plus réussies s'inspirent du profil en hyperboles, en grandes « flûtes de champagne ».

Nota - Cas des réservoirs en sous-sol

Quand l'alimentation électrique est fiable ou secourue, les stations de pompage modernes des villes importantes aspirent l'eau dans de grandes réserves en sous-sol et alimentent directement les réseaux de distribution sans passer par l'intermédiaire château d'eau, avec des systèmes régulations assurant un débit variant en fonction de la demande tout en maintenant la pression du réseau - facilitées par la technologie des pompes à vitesse variable.

Mais ceci explique que les maires des communes rurales, ou des petites villes, préfèrent le système plus simple et plus sûr des châteaux d'eau, compte-tenu de leurs avantages :

- ils forment un élément de sécurité d'approvisionnement, pouvant assurer, en cas de problème à la station de production d'eau, la distribution d'eau pendant en général 12 à 24 heures
- ils assurent une pression constante sur le réseau
- ils constituent un élément de sécurité de l'eau, un bassin de décantation supplémentaire
- ils ne sont remplis d'eau que lorsque l'énergie est disponible, bon marché, produite et peu utilisée
- ils servent de repères pour les promeneurs, les pilotes d'avions et les bateaux en navigation côtière

* * *

VI - La Chasse aux Fuites (et au gaspillage) dans les réseaux enterrés

Un combat

L'eau est une ressource qui devient limitée. Les fuites (ou son gaspillage) sont donc une perte de cette valeur... et la perte des kilowattheures qui ont servi à pomper l'eau perdue et ont été payés.

En gros, on évalue en France la moyenne des pertes à 20% de la consommation d'eau (un litre sur cinq perdu), moins dans les grandes villes, plus en secteur rural où elle atteint 30%, voire 50% dans les vieux réseaux (et 60% en Guadeloupe).

A ces pertes s'ajoute un gaspillage : en particulier un événement récent, impensable avant 2015 : le vol d'eau à partir des bornes à incendie, phénomène apparu vers 2015 et qui s'aggrave (une perte d'eau estimée en France à 250.000 m³ d'eau en 2015 ; en 2016, 450 000 m³ ; en cours d'année 2017, 600 000 m³)

La lutte contre les fuites, le gaspillage et le vol de l'eau est un combat permanent.

Comme sur le plan militaire, il faut pour ce combat une stratégie, et des tactiques (voir, juger, agir).

On ne peut agir que lorsqu'on mesure. La priorité est de connaître l'ampleur des fuites. Pour ceci, il suffit de déterminer l'écart entre la quantité d'eau annuellement produite en station de pompage, connue grâce à ses compteurs ou débitmètres, et la quantité d'eau utile, en comparant avec le volume d'eau vendue annuellement, obtenue en additionnant les relevés des compteurs d'eau des usagers. On ajoute à ce chiffre une évaluation de l'eau utilisée par les pompiers dans les bornes à incendie, en obtenant les relevés de leurs heures d'utilisation et admettant une consommation approximative de 60 m³ par heure pour une bouche de diamètre 100 mm. On y ajoute aussi l'eau évacuée à l'égout par la vidange du réservoir pour son nettoyage annuel.

L'écart mesure l'ampleur de la lutte à mener contre les fuites.

Localisation des fuites

La stratégie

Comme dans les salles d'état-major, l'outil principal est un grand tableau mural où sera représenté à l'échelle suffisante un plan de l'ensemble du réseau d'eau, à partir de sa station de pompage et son réservoir, superposé au réseau routier. Chaque tronçon de tuyauterie sera identifié par un code propre, figurant avec une couleur différente selon le matériau utilisé (fonte grise, fonte ductile, béton, polyéthylène HD...) et l'indication de son diamètre. Y sont reportés les emplacements des vannes de sectionnement, les points hauts et les points bas, et les bornes à incendie.

Ce tableau servira en particulier à définir les programmes quotidiens d'inspection, et à cocher avec des punaises de couleur les endroits où seront localisées les fuites. Et d'une autre couleur les zones suspectes.

La tactique

Il faut agir sans tarder, pour détecter et colmater les fuites le plus tôt possible, en commençant par celles qu'on aura identifiées comme les plus importantes . Toute fuite ne fait en effet que s'aggraver dans le temps. De plus, l'eau s'échappant d'une conduite tend à circuler le long de sa génératrice inférieure, qui a toujours une certaine pente, comme on l'a vu plus haut. Cette eau entraîne peu à peu le lit de sable sur lequel repose la conduite, qui alors s'affaisse, en aggravant la cause de la fuite.

Il faut partir des constatations de base.

Un réseau ramifié part de quelques branches principales, partant dans différentes directions, pour alimenter les divers quartiers desservis. L'idéal serait d'équiper le point de départ de chaque grand embranchement d'un compteur d'eau ou débitmètre intégré, pour déterminer la quantité d'eau annuelle passant par cet embranchement, et comparer avec les relevés de consommation situés à son aval. Ceci permettrait d'avoir une idée du niveau de fuites alimentées par chaque embranchement, et donc de définir les priorités : par quel embranchement commencer les recherches de fuites.

Bien entendu, les agents du réseau doivent parcourir le terrain, le long des conduites enterrées pour détecter les anomalies (dont les flaques d'eau suspectes), et surveiller particulièrement les endroits où le terrain bouge, ceux où la circulation des gros camions et engins est intense (zones de travaux par exemple), et l'exploitation du réseau, notamment les vols d'eau à partir des bornes à incendie. En saison sèche, ils repèreront sur le trajet des conduites, les endroits où la végétation reste anormalement verte et abondante, car nourrie par l'eau d'une fuite dans le sous sol.

Ils auront en outre comme tâche d'assurer la maintenance des vannes de sectionnement (graissage des tiges de manœuvre), et les manœuvres éventuelles (une vanne qui ne fonctionne jamais grippera, et refusera de fonctionner le jour où on en aura besoin).

Les outils de détection de fuites

Nous en dressons une liste, telle que celle définie sur le site de la « Maintenance Francilienne »

- Recherche de la fuite par **écoute acoustique**;
- Recherche de la fuite par **thermographie** infrarouge (image thermique des canalisations) ;
- Recherche de la fuite par **endoscopie et vidéoscopie** : inspection des tuyauteries, des gaines, des cavités et des voies d'écoulement à l'aide d'une caméra
- Recherche de la fuite par **injection d'un gaz traceur** inoffensif ou d'un fumigène capable de traverser béton, asphalte et autres matériaux.
- Recherche de fuite par **mise en épreuve** des canalisations

Des capteurs de bruit sophistiqués sont actuellement mis au point, qui , installés sous une trappe de visite, amplifient, enregistrent ou télétransmettent le sifflement caractéristique des fuites.

Nous y rajouterons une technique innovante, utilisable quand l'eau est chlorée : l'utilisation de chiens renifleurs, qui détectent de minimes traces de chlore... et donc la présence d'une fuite souterraine.

L'action après la découverte d'une fuite

Il n'y a alors pas d'autre moyen que d'ouvrir une tranchée à ce niveau après avoir pris les dispositions nécessaires, pour constater de visu la nature et l'ampleur de la fuite : tuyau déboîté, fissuré ou corrodé, joint fuyard, trou isolé, etc, puis déterminer l'action à entreprendre, qui peut aller d'un remplacement de joint à l'installation d'un tuyau neuf. Ou commencer par effectuer une rapide réparation provisoire, telle que la pose d'un tampon fixé par un collier en deux parties sur le trou d'une fuite.

Après avoir informé les usagers de la programmation des travaux, l'alimentation sera coupée sur le tronçon concerné pendant leur exécution. La préparation des travaux sera minutieuse pour réduire au minimum possible la durée de la coupure.

L'étanchéité après travaux sera en principe contrôlée en soumettant la conduite pendant une certaine durée à une pression d'épreuve égale à une fois et demi la pression de service (test défini par la norme NF EN 805, qui entre autres spécifications définit la chute de pression tolérable pendant la durée du test). La tranchée ouverte ne sera refermée qu'après s'être assuré que la fuite est définitivement supprimée.

FIN

G. Neyret, ing. ECP

ANNEXE

Quelques sites Web utiles :

Maîtriser débit et pression dans les réseaux d'eau :

<https://groupe-claire.com/maitriser-debit-pression-reseaux-eau/>

Pompes à axe horizontal et à axe vertical

<https://www.peme-gourdin.com/nos-pompes/>

Pompes immergées :

<https://pleugerindustries.com/fr/produits/pompes-immergees/>

Différents types de tuyaux :

<https://www.over-view.fr/resodo-extrait-f11>

Raccords et joints d'étanchéité :

<https://www.norham.fr/eau-assainissement/raccords-et-joints>

Robinetterie et raccords - distribution d'eau potable

<https://www.pamline.com/fr-fr/robinetterie>

Bornes à incendie :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Borne_%C3%A0_incendie

Un château d'eau, comment ça marche ?

<https://www.sydec40.fr/un-chateau-deau-comment-ca-marche/>

Château d'eau : plan en coupe :

<http://chateau.deau.free.fr/rdef/Dossiers/DossierFR/P02Reservoir.htm>

Un milliard de mètres cubes d'eau potable perdu chaque année en France :

<https://www.ici.fr/infos/societe/comment-un-milliard-de-m3-d-eau-potable-sont-perdus-chaque-annee-en-france-1842169>

Recherche de fuite non destructive :

<https://maintenance-francilienne.fr/recherche-de-fuite-non-destructive>

* * *