Le système d'adduction d'eau brute par canalisations sous pression de la région Est de Toulon

Jean Herenguel et Jacques Blanc

Ingénieurs à la Société du Canal de Provence

Introduction

Le système d'adduction de la région Est de Toulon comprend les ouvrages suivants (fig. 1) :

- une conduite principale dont le tracé se développe sur 25 km entre le partiteur des Laures, ouvrage terminal de la branche du Var du Canal de Provence où l'eau est disponible à la cote piézométrique 293 et le barrage du Trapan réalisé en 1966 par la Société du Canal de Provence pour alimenter les communes de Bormes les Mimosas, la Londe et le Lavandou
- huit branchements, quatre directs sur des réseaux ou des canalisations existantes, les autres marquant l'origine de conduites allant dans des réservoirs surélevés
- les conduites d'alimentation des réservoirs
- les réservoirs.

L'eau provient du Verdon. Elle arrive au partiteur des Laures après un parcours de 76 km en galeries et en cuvettes.

La consommation en 1986 a été estimée à 21 millions de m³ et celle de l'an 2000 à 37 millions de m³, répartie entre les besoins agricoles (40 %), usages particuliers divers (4 %), industries et alimentations urbaines (56 %) :

	1986	2000
Débit moyen (valeurs arrondies)	0,7 m ³ /s	1,2 m ³ /s
Débit de pointe	# 3 m ³ /s	# 5 m ³ /s

La consommation de l'an 2000 correspond aux irrigations d'une superficie agronomique utile (SAU) de 8 000 hectares et à l'alimentation de deux usines de traitement d'eau potable et de deux zones industrielles.

L'ensemble représente globalement un linéaire de 30 km de canalisations dont les diamètres sont compris entre 1 250 mm et 450 mm et les pressions statiques entre 300 m et 160 m de CE.

Le présent article a pour objet de développer les aspects techniques les plus caractéristiques du projet, sans insister sur les problèmes communs à toutes les adductions auxquels on apporte depuis longtemps des solutions bien connues.

Parmi les données les plus marquantes du projet, il faut signaler :

- le débit qui se situe entre 3 et 5 m³/s en tête
- la pression qui est comprise entre 25 et 30 bars sur les 3/4 de la conduite principale
- la longueur de la conduite principale (25 000 m).

Débit, pression et linéaire de canalisations ont réagi très directement sur la conception du système et notamment sur :

- le dimensionnement
 - le choix des canalisations
 - le choix des équipements
 - les protections et dispositifs de sécurité
 - la continuité du service,
- qui seront plus particulièrement examinés.

Le dimensionnement

Dédoublage des conduites

L'augmentation progressive de la consommation sur une vingtaine d'années et l'importance des investisse-

Figure 1 -

ments en jeu ont amené à doubler la conduite principale sur toute sa partie amont (plus de 60 % du linéaire) où l'on rencontre les plus gros débits.

La canalisation de première phase a été dimensionnée pour les débits de l'année de rang 10 qui sont un peu supérieurs à la moitié des prévisions du long terme.

L'intérêt financier d'une opération en deux temps est apparu évident⁽¹⁾.

On estime, en effet, que le doublement d'une canalisation de 2 m³/s sous une pente piézométrique de 5 m/km est économique dès qu'il n'intervient pas avant la sixième année.

En outre, le dédoublement procure un certain nombre d'avantages sur le plan technique :

- sécurité accrue
- possibilité de réajuster les prévisions de débit de la deuxième décennie ou au-delà
- possibilité d'étaler les renforcements en commençant par les tronçons les plus saturés.

Debits transités.

Un deuxième aspect important du dimensionnement d'une adduction concerne le débit transporté et le choix qui est offert au projeteur entre une conduite transitant le débit de pointe et une conduite de plus petite peinture, associée à un ou plusieurs réservoirs de compensation, qui transite alors seulement un débit continu.

La solution retenue pour l'adduction de Toulon-Est est mixte. Chaque fois que cela a été possible (existence d'un site favorable), un réservoir tampon a été placé en dérivation sur l'adduction à l'amont des réseaux de distribution.

Une capacité totale de 25 000 m³, répartie en quatre réservoirs, a ainsi permis de réduire le débit de pointe de l'adduction de 1 200 l/s.

Pertes de charge - Profil piézométrique

La Société du Canal de Provence est sensibilisée depuis quelques années par le problème des pertes de charge dans les canalisations.

En effet, des mesures récentes ont montré que la rugosité des conduites augmentait très sensiblement avec le temps et atteignait souvent 1 mm après 5 à 10 ans de service.

La perte de charge moyenne de l'adduction de Toulon-Est étant relativement élevée (5 m/km), une attention particulière a été apportée à ce problème, une erreur d'appréciation sur la formule ou la valeur de la rugosité pouvant entraîner des réductions importantes de débit.

Formule adoptée

La formule de Lechapt et Calmon (sensiblement identique, à 3 % près à celle de Colebrook et plus facilement utilisable) a été adoptée.

La rugosité des tubes a été prise égale à 1 mm et une majoration forfaitaire de 10 % a été appliquée au résultat pour tenir compte :

- des pertes de charge singulières, essentiellement les coudes, dont l'importance est d'ailleurs faible, de l'ordre de quelques % ;
- des allongements de tracés par contournement des parcelles imposés par les propriétaires ;
- d'une certaine sécurité sur le résultat final.

La formule devient ainsi :

$$J = 1,76 Q^{1,975} D^{-5,25}$$

avec J en m/km ; Q en m³/s ; D en m

Influence du diamètre des tubes sur la perte de charge.

L'épaisseur du revêtement intérieur d'un tube augmente sensiblement la perte de charge en raison de l'exposant à la puissance 5 affecté au diamètre dans la formule.

Ce fait est illustré par les courbes ci-après (figure 2) tracées en prenant en compte le diamètre nominal intérieur vrai, aux tolérances de fabrication près, des tubes revêtus.

Figure 2 — Courbes de perte de charge des tubes Φ 700 et Φ 900.

(1) Référence : *La Houille Blanche*, n° 4-5 de 1974.

Figure 3 – Profils piézométriques.

	Diamètre des tubes (mm)		
. Diamètre nominal	700	900	1 050
. Diamètre extérieur	711	914	1 067
. Epaisseur de la tôle	7	9	11
. Epaisseur du revêtement intérieur ciment	8	8	8
. Diamètre intérieur vrai	681	880	1 029

On constate que si on avait fait les calculs avec les diamètres nominaux, d'ailleurs très voisins des diamètres intérieurs des tuyaux nus, on aurait sous-estimé la perte de charge dans les tubes de 700 à 1 050 mm, respectivement de 15 à 11 %.

Dans le même ordre d'idée, la présence d'un revêtement intérieur de 8 mm d'épaisseur entraîne, en raisonnant à perte de charge égale, une diminution de débit de l'ordre de 8 % sur un tube Ø 700.

Vouloir obtenir un débit égal conduirait évidemment à un grossissement du diamètre.

Profil piézométrique

La cote piézométrique élevée au droit de la retenue du Trapan est justifiée par un projet d'extension de la desserte autour du golfe de St-Tropez.

Pression

La pression de la conduite principale dépasse généralement, et plus particulièrement pendant les périodes hors pointe de consommation, la valeur de 16 bars que l'on considère comme une limite supérieure en distribution, ne serait-ce que pour rester dans des gammes courantes de robinetterie et de bornes d'arrosage.

Il est donc apparu nécessaire :

- d'opérer certaines réductions de pression
- de bien choisir le type de canalisation.

Dispositifs réducteurs de pression.

Ils ont été installés sur la conduite principale et sur les conduites en dérivation.

Sur la conduite principale, une seule réduction de pression est réalisée en tête. Celle-ci est obtenue à l'aide d'un bassin de mise en charge à surface libre équipé d'un obturateur à disque qui stabilise le plan d'eau entre les cotes 295-293 NGF, alors que la cote piézométrique statique des gros ouvrages d'amenée est de 335 NGF.

Sur les conduites en dérivation, la réduction de pression est réalisée de manière différente, suivant que la branche concernée est équipée ou non de réservoir tampon (cf. paragraphe "débits transités").

— Lorsque la branche est équipée d'un réservoir, celui-ci est installé en série et est alimenté par l'intermédiaire d'un robinet à flotteur. Seule, la partie amont de la conduite est soumise à la charge du partiteur des Laures et aucun branchement n'est réalisé sur cette partie de la canalisation.

Les réseaux de distribution sont raccordés au réservoir et ne supportent donc que la charge du plan d'eau de ce dernier.

— Lorsque la branche ne peut être équipée de réservoir, on installe un réducteur de pression fonctionnant en charge.

Trois réseaux de distribution, dont un de petit diamètre (alimentation d'une zone industrielle), se trouvent dans cette situation.

Le matériel de réduction de pression (moins sûr qu'un réservoir) a été choisi de qualité pour diminuer les risques.

Choix des tubes

La forte pression de la conduite principale a amené à retenir des tubes en acier assemblés par soudage, de préférence à des tubes en fonte ou en béton assemblés par emboîtement, moins aptes à résister à des pressions dépassant 20 bars et qui doivent être stabilisés aux changements de direction par des massifs de béton coûteux. Un essai de tube fonte Φ 1 000 (tronçon BC de la conduite principale) a cependant été fait.

Ces tubes, de fabrication courante, sont en tôle d'acier protégée extérieurement par un revêtement isolant et intérieurement par un mortier de ciment.

Nous examinerons successivement les tubes proprement dits et leurs revêtements.

Les tubes

L'épaisseur et la nuance des tôles d'acier ont été déterminées de manière que la contrainte du métal ne dépasse pas les 80 % de la limite élastique dans le cas d'utilisation le plus défavorable qui combine les effets :

- de la pression intérieure (pression maximale de fonctionnement = statique + coups de bélier limité à 40 mètres CE) ;
- du poids propre du remblai (couverture maximum au-dessus de la GS : 2,50 mètres) ;
- du poids propre du tube et de l'eau contenue ;
- de la surcharge roulante due à un essieu de 13 tonnes soit 6,5 tonnes par roue.

Pour les calculs de la contrainte du tube par la méthode de MM. Guerrin et Daniel, on a par sécurité conservé la surcharge de 6,5 tonnes malgré la pose en rase campagne et réduit de 10 % l'épaisseur de la tôle. Cet abattement est supérieur aux tolérances de fabrication des tubes.

A signaler que la pression d'essai en tranchée est égale à la pression maximale de fonctionnement majorée de 15 mètres CE.

Le revêtement extérieur

C'est un revêtement courant constitué par :

- un produit dérivé du pétrole, du Shell Primer, appliqué par projection sur tube nu et qui permet l'accrochage du revêtement proprement dit ;
- un autre produit dérivé du pétrole, du Shell pipe Asphalte, appliqué après séchage du primer, avec incorporation d'un voile de verre de 70 g/m² se présentant en bandes (10 % de recouvrement) ;
- une couche de lait de chaux anti-solaire.

D'une épaisseur de l'ordre de 4 mm, il est suffisant pour isoler efficacement le tube et contribuer à la protection cathodique de la ligne.

Toutefois, les observations faites sur des canalisations en service de diamètre supérieur ou égal à 900 mm ayant montré une fissure le long de la génératrice supérieure, fissure que l'on a imputée à un tassement du remblai autour des tuyaux, une précaution a été prise sur l'adduction de Toulon-Est :

Elle a consisté à intercaler entre le tuyau et le remblai une feuille de polyane repliée sur elle-même qui devrait avoir pour effet de diminuer les frottements par tassement du remblai, donc de réduire les tractions dans le revêtement.

Mais il est encore trop tôt pour dire si cette mesure préventive s'est avérée efficace.

Le revêtement intérieur

L'application d'un revêtement de mortier de ciment est une des particularités de l'adduction de Toulon-Est par rapport aux autres adductions de la Société du Canal de Provence, celles-ci étant, dans la plupart des cas, réalisées en tubes d'acier simplement revêtus d'Endolac.

Qu'est-on en droit d'attendre du revêtement ciment que l'on a préféré, à prix égal, à l'Endoplast classique ?

- qu'il protège définitivement les tubes contre toute attaque pouvant provenir de l'eau elle-même ou des agents qu'elle contient ;
- qu'il s'oppose à la tuberculisation du métal.

Le phénomène a été constaté sur une de nos conduites en service depuis une dizaine d'années : présence de protubérances pouvant atteindre jusqu'à 7 mm d'épaisseur, régulièrement réparties sur le 1/3 inférieur de la circonférence des tubes. Ces protubérances ont augmenté la perte de charge de 20 à 30 %.

L'importance du réseau d'adduction de Toulon Est et la pérennité qu'on a voulu lui conférer justifient cette protection, faute d'une plus grande expérience de la dégradation à long terme des tubes d'acier non revêtus.

On pense également que le revêtement agira dans le sens d'une diminution des pertes de charge, sans pour autant s'opposer à la formation des dépôts constatés, quels que soient les matériaux.

Le traitement des tubes a été confié à une entreprise anglaise spécialisée, la Tate Pipe limited Processes de Manchester, qui a opéré sur place, les fabricants français n'étant pas encore équipés à l'époque pour revêtir des tubes de plus de 600 mm de diamètre. 65 000 m² de revêtement ont été appliqués sur la conduite principale.

La technique utilisée a consisté à projeter le mortier de ciment au moyen d'une turbine alimentée à débit constant, montée sur un chariot se déplaçant à vitesse constante, ce qui garantit en principe la régularité de l'épaisseur.

Le lissage du mortier projeté est obtenu par l'action de deux palettes animées d'un mouvement hélicoïdal, combinaison d'une rotation dans un plan perpendiculaire à l'axe du tube et de la translation du chariot.

L'aspect de surface est excellent en dépit de légères ondes dues à l'action des palettes.

Le mortier est un mortier bâtard dont les constituants sable et ciment sont mélangés et livrés en sacs. Le ciment est du CPA 400. Les proportions en volume sont : ciment 50 %, sable 50 %.

Enfin, en ce qui concerne les cadences et les prix, 12 000 mètres en Ø 700 et 1 300 mètres en Ø 900 ont été revêtus à la cadence de 300 m/jour pour un prix moyen de 45 F/m² (H.TVA).

Choix des équipements

La pression importante a également conditionné le choix des équipements et en particulier de la robinetterie. Cette question sera examinée ultérieurement.

Débit

Caractéristiques de la demande

L'adduction de Toulon-Est fonctionne en commande par l'aval et doit satisfaire une demande lentement variable dans le courant de la journée.

Les fluctuations de débit sont surtout dues aux besoins agricoles des branches sur lesquelles ne sont pas installés de réservoirs de compensation, les autres besoins (industriels ou agricoles avec réservoir de compensation) étant beaucoup plus constants. Ainsi, les variations journalières de débits sont comprises entre 2 et 2,6 m³/s en 1986 et entre 4,4 et 5 m³/s en 2000.

Réglage du débit

Le problème du réglage du débit concerne :

- l'alimentation des réservoirs de compensation agricole ;

- la desserte des besoins industriels (usine de traitement d'eau) ;
- l'alimentation de la réserve de Trapan.

En effet, la conduite principale a été calculée en supposant que les réservoirs et les industries recevaient un débit journalier constant. Il fallait donc concevoir un dispositif réalisant cet objectif, si possible de manière simple et sans intervention fréquente pour ne pas risquer de donner naissance à des écoulements instables.

Distribution avec réservoir en tête

Le problème posé consiste à régler, de manière stable, le débit des conduites de remplissage des réservoirs dont la charge en tête, qui est celle de la conduite principale, est excédentaire et variable.

Pour y arriver, on aurait pu utiliser une régulation de débit classique par une vanne associée à un débitmètre donnant le point de consigne.

Mais ce dispositif sophistiqué, nécessitant un apport d'énergie avec dispositif de secours et apparaissant comme plus délicat du point de vue stabilité, a été abandonné.

On a retenu une solution beaucoup plus simple du fait que les caractéristiques de l'installation permettent de régler le débit de manière satisfaisante en agissant sur la pression. Cette fonction est assurée par un réducteur-stabilisateur de pression aval marchant sans apport d'énergie et installé en tête de la conduite de remplissage (figure 4).

Cet appareil maintient la pression aval à une valeur pratiquement constante, indépendante de l'amont. C'est

Figure 4 — Utilisation d'un réducteur de pression en limiteur de débit.

cette propriété qui a été utilisée. Il suffit, en effet :

- de régler la pression aval à la valeur de la charge nécessaire à la conduite pour passer le débit moyen journalier du réseau ;
- de remplir le réservoir par le haut pour rendre la charge de la conduite indépendante du plan d'eau.

On observe qu'il est facile, en changeant le réglage de la pression, de changer le débit de remplissage.

Par ailleurs, la mise en route et l'arrêt du remplissage sont commandés automatiquement par le plan d'eau du réservoir.

Pour cela, la conduite de remplissage est équipée d'un obturateur à disque autocentreur Neyrpic qui élimine pratiquement les surpressions à la fermeture, d'autant que les mouvements du plan d'eau sont lents (réservoirs de grande surface # 1 000 m²) — (figure 5).

La cuve du flotteur est évidemment en liaison avec le réservoir.

On pense qu'un résultat moins satisfaisant aurait été obtenu avec une vanne motorisée commandée au niveau du plan d'eau.

Lors des manœuvres de fermeture et d'ouverture de l'obturateur à disque, le comportement du réducteur de pression est le suivant :

À la fermeture, le débit de remplissage diminue, la perte de charge de la conduite de remplissage également. La pression aval du réducteur remonte. Pour compenser cette remontée, le réducteur tend à fermer.

Théoriquement, la fermeture est complète à débit nul. En fait, pour pallier un éventuel défaut d'étanchéité, on associe le réducteur à une soupape de décharge qui s'oppose à toute remontée de la pression dans la conduite de remplissage.

Figure 5 — Montage d'un obturateur à disque dans un réservoir. Schéma.

À l'ouverture, les opérations se déroulent suivant le processus inverse.

Usine de traitement d'eau potable

Il a été prévu, en principe :

- une alimentation par un bassin à surface libre à niveau pratiquement constant ;
- une limitation de débit pour empêcher tout dépassement au-delà de la valeur souscrite par l'abonné.

Alimentation de la retenue du barrage du Trapan

Elle présente deux particularités qui sont développées dans ce qui suit.

Fonctionnement - Mouvement des eaux

Tout le système d'adductions de Toulon-Est est en commande par l'aval et à fonctionnement entièrement automatique.

La Société du Canal de Provence n'a aucune prise sur la demande qui ne dépend que des usagers. De ce fait, le système d'adduction fonctionne bien si le dimensionnement des canalisations est correct et si les ouvrages d'amenée fournissent l'eau de manière continue et suffisante.

Ces conditions sont respectées grâce à la régulation dynamique des ouvrages du Canal de Provence qui permet de synchroniser le débit des ouvrages d'amenée avec la demande qui se manifeste en tête de la conduite principale.

Cela nécessite la prévision de la demande, donc la connaissance permanente de l'état du système d'adductions.

Les paramètres caractéristiques de l'état du système : débit (tout particulièrement celui mesuré au partiteur des Laures), cotes plans d'eau et volumes stockés dans les réservoirs, sont mesurés et retransmis :

- au Centre Régional d'Exploitation d'Hugueneuve, non loin de Toulon, responsable de l'exploitation des adductions et réseaux de Toulon-Est et Toulon-Ouest ;
- au Centre Général de Télécontrôle du Tholonet, chargé de la régulation dynamique, qui procède aux réglages nécessaires en agissant sur les vannes des cuvettes. Des réglages de moindre importance mais utiles peuvent être opérés en jouant sur le débit fourni au barrage du Trapan.

En effet, il a été jugé intéressant de porter le débit du poste de livraison du Trapan (250 l/s) au maximum des possibilités de la conduite principale, soit 500 à 600 l/s, pour pouvoir évacuer dans la retenue, sans perte d'eau, un surcroît de débit constaté dans les ouvrages d'amenée.

Cela a pu être obtenu sans surdimensionnement important des équipements du poste qui comprennent :

- un obturateur à disque créant une rupture de charge comprise dans la fourchette 120-235 mètres et installé dans un bassin de dissipation dont le plan d'eau est stabilisé autour de la cote 60 ;

- une conduite de liaison bassin-retendue avec vanne de réglage télécommandée ;
- un débitmètre.

Le débit est réglé par télécommande de la vanne et contrôlé par lecture du débitmètre.

Ce dispositif, simple et stable puisque la vanne est immobile en dehors des réglages, combine les avantages de l'obturateur à disque en matière de dissipation d'énergie et d'organe de coupure aux manœuvres douces.

Protection anti-bélier

L'adduction de Toulon-Est est équipée de vannes de sectionnement motorisées de gros diamètre, susceptibles d'engendrer des coups de bélier.

Les vannes doivent être manœuvrées :

- soit en fonctionnement normal, par exemple pour isoler un tronçon et faire un piquage ;
- soit en cas d'urgence après rupture de conduite.

Dans le premier cas, le temps de manœuvre peut être allongé sans inconvénient majeur. Dans le second, il faut trouver un compromis entre le risque engendré sur la conduite amont par une fermeture rapide des vannes et les dangers qu'il y a à laisser s'écouler trop longtemps un débit de fuite important.

Il est donc nécessaire de définir les temps de manœuvre de ces vannes ainsi que les dispositifs de protection anti-bélier éventuels, de manière à limiter les surpressions de régime transitoire à une valeur raisonnable.

L'enveloppe des surpressions a été fixée à la cote 335 NGF, soit 40 mètres au-dessus de la statique.

Cette limitation, assez sévère en pourcentage de la statique maximum, trouve son intérêt au regard de l'épaisseur des tubes et du coût des canalisations.

Examinons successivement les dispositions adoptées pour les coupures brusques de débit et les coupures en fonctionnement normal.

Coupure brusque de débit

Le problème posé consistait à déterminer en quels points de la conduite principale, on pouvait envisager une fermeture rapide de vanne pour couper l'alimentation de l'adduction en cas de casse sur cette dernière.

L'étude et les calculs sur machine effectués par SOGREAH ont montré qu'il fallait renoncer à la fermeture rapide des vannes disposées le long de la ligne lorsqu'elles sont assez loin de l'origine du fait de l'importance des coups de bélier et des protections à mettre en œuvre.

Un point de fermeture a finalement été retenu à 1 400 mètres environ de l'origine de l'adduction, à la cote 140 NGF (point B du profil en long). La protection anti-bélier de cette fermeture a nécessité l'installation de 3 soupapes de décharge (2 en amont des vannes et 1 au milieu du tronçon amont), alors que dans les mêmes conditions et un peu plus à l'aval (au droit du point C à

2 200 mètres de l'origine et à la cote 90 NGF) il fallait installer 8 soupapes.

La fermeture des vannes placées au point B a été rendue automatique sur dépassement de débit, toute perte de temps consécutive à une indécision de l'Exploitation pouvant avoir des conséquences sérieuses.

Une certaine temporisation a du cependant être observée : fermeture de la vanne Ø 1 000 en 25 secondes suivie de la fermeture en 80 secondes de la vanne Ø 300 montée en parallèle. La manœuvre complète est donc exécutée en 105 secondes.

La fermeture des vannes disposées le long de la ligne comme corollaire de ce qui vient d'être exposé n'est possible que si deux conditions sont remplies :

- manœuvre exécutée en 120 secondes minimum ;
- coupure préalable du débit dans l'ouvrage B.

Coupures de débit dans des conditions normales d'exploitation

Elles concernent essentiellement les vannes de garde montées en tête des branchements de réseaux et la vanne de remplissage de la retenue du barrage de Trapan.

Concernant cette dernière, sa fermeture en 60 secondes est possible grâce à l'installation d'une soupape anti-bélier.

Les calculs des coups de bélier à la fermeture des vannes de branchement ont montré qu'aucune disposition particulière n'était à prévoir. La fermeture ne se fera cependant pas en moins de 120 secondes.

Les enveloppes des coups de bélier ont été reportées sur la figure 3.

Protection des branchements

Les réducteurs de pression équipant les branchements ont trop d'inertie pour s'opposer aux coups de bélier qui prennent naissance dans la conduite principale. Les branchements recevront donc une soupape anti-bélier pour filtrer ces surpressions.

Conclusion

Finalement, la limitation des surpressions à 40 m CE dans la conduite principale a pu être obtenue simplement grâce à 4 soupapes anti-bélier et à des temps de manœuvre appropriés, compatibles avec une exploitation correcte du réseau.

Ouvrages ponctuels - Sécurité

On examinera successivement :

- le partiteur des Laures ;
- l'ouvrage de vannage des Laures ;
- un ouvrage de branchement type.

Le partiteur des Laures

Placé au raccordement de la conduite principale avec la galerie de Valaury, il est prévu en trois passes identiques de 3,5 m³/s. Une seule passe est réalisée dans l'immédiat. Les équipements de chaque passe sont représentés sur la figure 6. A noter :

- le by-pass (4) de la vanne de garde muni d'un compteur pour contrôler le débit de remplissage de la conduite principale ;
- le débitmètre (5) dont le rôle est de suivre l'évolution de la demande et de faciliter les prévisions nécessaires au mouvement des eaux ;
- l'enregistreur de niveau (8) avec alarme sur niveau bas (rupture de conduite aval) et commande en fermeture de la vanne (11) après temporisation ;
- le by-pass (9) de l'obturateur qui autorise un service minimum ;
- le filtre (10) qui protège le réseau.

A signaler, enfin, l'intérêt de pouvoir limiter pendant les premières années la course de l'obturateur à disque pour que le débit délivré ne soit pas trop supérieur au débit appelé.

Ouvrage de vannage des Laures (figure 7)

Il est destiné :

- à abriter des vannes à fermeture automatique rapide sur dépassement de débit ;
- à alimenter en secours une canalisation d'eau brute desservant la ville de Toulon.

Figure 6 – Partiteur des Laures.

Schéma

La rupture de la conduite principale au point défavorable pouvant entraîner un débit de fuite instantané de 10 m³/s, on a pris, en matière de sécurité, les dispositions suivantes :

- les vannes Ø 1 000 (1) et Ø 300 (2), toujours ouvertes en fonctionnement normal, ferment automatiquement sur dépassement du débit de consigne détecté par le débitmètre (6). Dans ces conditions, la surpression à la fermeture est limitée par les soupapes (7) ;
- enfin, il faut noter le by-pass des vannes (1) et (2) qui comprend un robinet à pointeau (4) apte au laminage pendant la phase remplissage à débit réduit de la conduite principale, ainsi qu'un robinet de garde (3).

Le débit de remplissage doit se faire à une vitesse n'excédant pas 0,30 à 0,40 m/s pour une évacuation correcte de l'air à travers les ventouses.

Ouvrages de branchement types

Ces ouvrages jouent trois rôles :

- isolement des tronçons de la conduite principale ;
- branchements des conduites dérivées ;
- maillage des deux canalisations constituant l'adduction principale après doublement.

Les dispositions de principe sont représentées schématiquement sur la figure 8.

On vérifie que chaque tronçon peut être isolé par fermeture :

- des vannes (2) à commande locale et à télécommande en fermeture seulement ;

Figure 7 – Ouvrage de sectionnement des Laures.

Schéma

Figure 8 – Ouvrage de branchement type.
Schéma

— des vannes (1) à commande locale.

Les vannes (2) sont équipées de by-pass comprenant un robinet d'arrêt à commande manuelle et un robinet pointeau de réglage du débit.

Sauf cas de dépannage, la vanne (12) est toujours fermée pour ne pas augmenter le débit de fuite du système sur rupture d'une des deux conduites. De ce fait, le rééquilibrage des débits entre les 2 canalisations est prévu lors du doublement.

Les vannes (2) ne sont pas télécommandables en ouverture pour obliger à remplir localement les tronçons en se servant des by-pass.

Le branchement des conduites dérivées dispose d'une vanne de garde motorisée et télécommandée, et du réducteur de pression. Il peut recevoir un réducteur de secours Ø 300 mm banalisé, donc prêt à être installé sur n'importe quel branchement.

Les matériels

Robinetterie

Les vannes de sécurité installées dans l'ouvrage de vannage des Laures sont des papillons Neyrpic, capables de couper 10 m³/s (vanne Ø 1 000) et 3 m³/s (vanne Ø 300).

Les vannes de sectionnement de la conduite principale et les vannes de garde des branchements sont à boisseau sphérique.

Elles sont fabriquées par la Société Saut-du-Tarn et conçues pour être enterrées. Elles coupent le débit de gueule bée sur rupture de la conduite principale mais ne manœuvrent qu'après fermeture des vannes de sécurité ci-dessus.

Par raison d'économie et de simplification des fabrications, on n'a admis que deux diamètres :

- Ø 600 sur les conduites Ø 1 050 et Ø 900 ;
- Ø 350 sur les conduites Ø ≤ 700.

Les by-pass des vannes de sécurité et de sectionnement sont équipés :

- d'un robinet de garde Ø 100, à boisseau sphérique, marque Saut-du-Tarn ;
- d'un robinet de réglage de débit à pointeau Ø 100/65, marque Neyrpic.

La figure 9 représente une vanne de sectionnement et un by-pass.

Réducteurs de pression

Après consultation, le choix s'est porté sur des appareils de marque Lézier que la S.C.P. utilise depuis bientôt une dizaine d'années.

De fabrication robuste en mécano soudé, ils sont adaptés au fonctionnement en eau brute et stabilisent la pression à 2 mètres CE, ce qui est suffisant pour les applications considérées.

Les réducteurs de Toulon-Est appartiennent à une nouvelle série qui a été testée au Centre d'essais des matériels hydrauliques de la S.C.P. et qui se différencie de la précédente par le fait que la valeur de la pression de réglage n'est plus fournie par le dispositif de contre-poids mais par une enceinte type Hydrofort de la société Charlatte.

Figure 9 – Dispositif de sectionnement.

Programme

Les travaux de la canalisation principale Les Laures-Trapan viennent de se terminer. Les marchés ont été signés en avril 1975.

La réalisation des ouvrages ponctuels de la canalisation principale est sur le point de commencer tandis que les réservoirs sont à l'étude.

Le système d'adduction sera opérationnel fin 1977, date à laquelle les premiers réseaux d'irrigation seront terminés.

Discussion

Président : M. DARVES-BORNOZ

M. le Président remercie M. HERENGUEL de son exposé qui décrit en détail une réalisation française fort originale.

Il ouvre ensuite la discussion.

Un bref débat s'instaure sur la question des vannes de sectionnement installées sur les longues conduites d'adduction.

M. LEFEBVRE souligne que la manœuvre de ces vannes doit être faite avec prudence. Pour des vannes placées à l'aval d'un tronçon de conduite en charge de 30 kilomètres de longueur, l'étude des régimes transitoires montre que les coups de bélier au droit de celle-ci peuvent prendre des valeurs considérables par rapport aux suppressions engendrées par le système de régulation en régime normal.

Il faut prévoir des temps de manœuvre suffisamment longs, rappelle M. MISSON.

M. HERENGUEL fait observer que le fait de trop allonger les temps de manœuvre diminue, dans une certaine mesure, l'intérêt procuré par les vannes de sectionnement sous l'angle de la sécurité d'exploitation de l'adduction. Le problème consiste à trouver un compromis satisfaisant.

M. BOS précise que, sur la conduite d'adduction de Rabat à Casablanca, les dommages en cas de rupture de la conduite seraient limités par le simple fait que les pressions sont faibles (en général comprises entre 1 et 4 bars, alors que l'on dépasse 25 bars pour l'adduction de la région Est de Toulon) ; il n'a été prévu de vannes de sectionnement que de part et d'autre des traversées d'oued de façon à permettre les interventions éventuelles sans avoir à vidanger l'ensemble de la conduite.

Abstract

Pressure-pipe raw water supply system in the area east of Toulon

This system is designed to supply sprinkler irrigation systems covering an effective area of 8000 hectares, two drinking water purification plants, two industrial areas and an impounded reservoir. It is estimated that demand will amount to 37 million cubic metres by the year 2000, with a peak supply of 5 m³/sec to the head of the main canal.

The scheme comprises a total length of about 30 kms of pressure ducting varying between 1250 mm and 450 mm in diameter, operating at pressures between 30 bars and 16 bars. Pipe pressure, duct layout and gradual growth of demand were important design factors for the scheme.

Cement mortar-lined welded-steel pipes have been adopted for these high pressures. Provision is made for pressure-reducing arrangements to 3 bars at the head of the supply system and local pressure reducers on some distribution system branch lines.

The following cost-saving design provisions have been made :

- a) Duplication of a major pipe run in ten years' time.
- b) Steady network flow conditions wherever high-level sites are available for building reservoirs for daily demand peak attenuation purposes.

The system is automatic in operation, thus ensuring imme-

diately availability of directly-connected network flow requirements. Steady flow for networks operating from storage is provided by a pressure reducer and stabilizer maintaining the required pressure at the head of the filling duct, irrespective of upstream supply pressure variations. This pressure corresponds to the head required to transmit the flow requirement. Reservoir inflow is controlled by a float valve.

All ducts are protected by automatic flow cutoff arrangements, waterhammer-limiting valve and gate operating time settings, and pressure relief valves.

Operational security is ensured by feedback of significant discharge, pressure and stored water volume data to the operating centre and remote control of valves and gates to correct abnormal operation.

Special attention was paid to the choice of hydraulic equipment, which was supplied by the following :

- a) Automatic shut-off gates, disc valves, relief valves : Neyrpic.
- b) Pressure reducer and stabilizer : Lezier.
- c) High-pressure valves : Saut du Tarn.

Ducting installed to date totals 25 km in length. Further work is in active progress.