

Adduction de distribution

Didier Gallard *
Juillet 2000

- Objectif:** Connaître la démarche à suivre pour concevoir une adduction de distribution.
Enjeux: Eviter les dysfonctionnements hydrauliques
 Assurer un service de qualité
 Minimiser les coûts de l'ouvrage

Mise en garde

Il est indispensable de maîtriser la fiche concernant l'adduction gravitaire avant de d'aborder le thème de la distribution.

Introduction

Cette fiche est un complément de la fiche technique concernant l'adduction gravitaire (1.4.1.). Une adduction, si un stockage de l'eau est nécessaire, se décompose en deux parties distinctes, de fonctionnements très différents au niveau hydraulique:

- en amont du réservoir, l'alimentation, fonctionne continuellement à un régime fixe imposé par la source captée et les conditions topographiques. Sa conception est expliquée dans la fiche sur les adductions gravitaires.

- en aval du réservoir, la distribution, fonctionne de façon discontinue suivant la demande des utilisateurs qui ouvrent et ferment les robinets disposés le long de l'ouvrage. La nuit les écoulements seront nuls, pour atteindre un maximum aux heures de pointe.

Le cas est fréquent, de disposer d'une forte pente depuis la source jusqu'à la citerne; l'alimentation fonctionnant en continue son diamètre sera réduit. Par contre la distribution de l'eau captée devra se faire en générale, dans une zone moins en pente, pendant quelques heures de la journées et les diamètres qui seront utilisés devront être souvent plus importants. Ces éléments montrent que le coût de la distribution est souvent plus important que celui de l'alimentation et qu'un dimensionnement bien calculé est indispensable.

AVIS IMPORTANT

Les fiches et récits d'expériences « Pratiques » sont diffusés dans le cadre du réseau d'échanges d'idées et de méthodes entre les ONG signataires de la « charte Inter Aide ».

Il est important de souligner que ces fiches ne sont pas normatives et ne prétendent en aucun cas « dire ce qu'il faudrait faire »; elles se contentent de présenter des expériences qui ont donné des résultats intéressants dans le contexte où elles ont été menées.

Les auteurs de « Pratiques » ne voient aucun inconvénient, au contraire, à ce que ces fiches soient reproduites à la condition expresse que les informations qu'elles contiennent soient données intégralement y compris cet avis .

Octobre 2000 - 1/9



PRATIQUES

Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement

D'autre part, la qualité du service est en jeu. Tous les robinets doivent pouvoir être alimentés en même temps, avec un débit satisfaisant et une pression suffisante. Les calculs permettent d'assurer un service de qualité, faute de quoi les risques de détérioration de l'ouvrage sont grands. Des dysfonctionnements peuvent entraîner des conflits entre comités fontaine et risquent de mettre en péril la survie de l'ouvrage. Même à petite échelle, le partage de l'eau est un thème délicat, autant social que technique.

Enfin, les risques de pollution de l'eau, lorsque l'adduction présente des passages en dépression, doivent être évités par un dimensionnement approprié. C'est la santé des bénéficiaires qui est en jeu.

Les conditions préalables à l'étude.

Pour assurer la qualité de l'ouvrage à moindre coût, une adduction de distribution ne peut être envisagée avant de disposer des éléments suivants :

- profil en long du parcours envisagé (branche principale et secondaires et des positions des différentes fontaines). C'est l'aboutissement de la phase d'animation et de l'étude topographique.
- on se fixe un débit minimum par fontaine à 0.2 l/s avec une pression minimum de 5m en tout point de l'adduction (pour éviter les risques de pollution de l'eau).
- pour des fontaines publiques, on considère qu'elles seront toutes ouvertes ensemble aux heures de pointe et que le service doit être assuré.

Méthode de travail

La démarche consiste à suivre dans l'ordre les étapes suivantes

- 1 Tracer le profil en long.
- 2 Dessiner le schéma d'ensemble du système et y reporter les fontaines
- 3 Etablir les débits transitant dans chaque tronçon de **l'aval vers l'amont** à partir des points de distribution (fontaine, prises privées).
- 4 Calculer les pertes de charge par tronçon de **l'amont vers l'aval** à partir des débits à transporter et en choisissant un diamètre approprié le plus petit possible pour le débit donné et la pente naturelle.
- 5 Vérifier que la pression disponible est au moins de 5 m en tout point de l'adduction en traçant la ligne piézométrique de chaque tronçon. On reprendra les calculs avec des diamètres de tuyauterie supérieur sur les tronçons amont si cette condition n'est pas vérifiée.
- 6 Effectuer les calculs sur les branches secondaires en reprenant les calculs sur l'adduction principale si nécessaire.
- 7 Réaliser une évaluation économique du coût de l'ouvrage, éventuellement une comparaison entre différentes solutions techniques envisageables.



Exemple de La Romana en République Dominicaine

Contexte de l'étude

La Romana est une localité dispersée dans une vallée de la province de Sanchez Ramirez (Cotui), qui a sollicité une intervention du centre de La Cabirma pour la réalisation d'une adduction d'eau potable.

La source retenue d'un débit de 0.6 l/s en période sèche semble suffisante pour la période actuelle pour alimenter les 300 familles demandeuses. On peut compter sur une consommation de 25 l/personne/jour, soit environ 30 m³, alors que la ressource représente une production journalière de 50 m³. L'adduction d'alimentation et l'emplacement du réservoir sont imposés par le terrain et les calculs de ces ouvrages ne sont pas détaillés dans ce document (adduction de 2 pouces et réservoir de 20 m³ correspondant à 8 heures de stockage).

Les calculs

1. **Tracer le profil en long et y localiser les points de distribution**, sur la branche principale comme sur les branches secondaires. (Schéma n°1)
2. **Tracer un schéma d'ensemble** du système projeté. (voir schéma n°2)
3. **Etablir les débits transitant par chaque tronçon**, en partant du bas et en remontant la ligne et en additionnant les débits des différentes fontaines ou branches. Un tronçon étant une partie de l'adduction par lequel transite un débit constant en heure de pointe (toutes fontaines ouvertes). On reporte ces données dans le tableau suivant (tableau n°1): Tronçon, longueur du tronçon, dénivelé depuis la citerne jusqu'au point final du tronçon, débit transitant par le tronçon. On peut alors démarrer les calculs de dimensionnement depuis la partie haute de la ligne en choisissant un diamètre arbitrairement, et en utilisant l'abaque des pertes de charge des canalisations PVC. On reporte **la pente hydraulique** correspondant au débit considéré et au diamètre retenu.

Tronçon	Longueur	Dénivelé cumulé	Débit	Diamètre	Pente hydraulique	Pertes de charges du tronçon	Pertes de charge cumulées	Pression résiduelle.	Remarques
	en m	en m	l/s	en pouce	en m/100m	en m	en m	en m	
T1	840	53	3.2	2	6	50.4	50.4	2.6	rejeté
T1	840	53	3.2	3	1	8.4	8.4	44.6	O.K.
T2	730	59	2.4	3	0.45	3.3	11.7	47.3	O.K.
T3	350	63	2.2	3	0.35	1.25	12.9	50.1	O.K.
T4	500	71	2	3	0.3	1.5	14.5	56.5	O.K.
T5	1250	82	1.8	2	2.2	27.5	42	40	O.K.
T6	1000	84	1.6	2	1.8	18	60	24	O.K.
T7	600	91	1.4	2	1.3	7.8	67.8	23.2	O.K.
T8	200	94	0.8	1 1/2	1.8	3.6	71.4	22.4	O.K.
T9	450	94	0.6	1 1/2	1	4.5	75.9	18.1	O.K.
T10	100	95	0.4	1 1/2	0.6	0.6	76.5	18.5	O.K.
T11	500	103	0.2	1	1.5	7.5	84	19.5	O.K.

Tableau n°1: Calcul hydraulique sur la branche principale



4 On calcule en suite, **la perte de charge total sur le tronçon considéré** (en multipliant la longueur du tronçon par la pente hydraulique extraite de l'abaque) et l'on reporte sur le profil la ligne piézométrique correspondante.

Dans l'exemple ci-dessus la ligne piézométrique est une droite qui relie le réservoir (distance = 0 m; altitude 109.9m) au point final du premier tronçon, (distance 840 m; altitude 109.9- 8.4= 101.5 m).

5. Vérification: pour chaque choix de diamètre on doit s'assurer que **la pression dans l'adduction est supérieure à 5m**. Cette valeur seuil est indispensable pour éviter toute pollution de l'eau et une bonne qualité de la distribution (pression suffisante aux fontaines).

Dans l'exemple ci-dessus (tableau n°1), le choix d'un diamètre de 2 pouces donne une pente hydraulique de 6 % soit des pertes de charge total sur le tronçon 1 de 50.4 m. Le dénivelé de ce tronçon étant de 53m la pression résiduelle sera de 2.6m au point final du tronçon, ce choix de diamètre doit donc être rejeté pour un diamètre supérieur.

6. On poursuit les calculs de tronçon en tronçon, en déterminant la pression résiduelle à partir du **dénivelé cumulé et des pertes de charge cumulées**. On mène en parallèle aux calculs, le **tracé des lignes piézométriques** de façon à s'assurer que les points hauts des tronçons ne présentent pas des pressions inférieures à 5 m.

Le tableau n°1 présente les résultats des calculs effectués pour le dimensionnement de l'adduction de La Romana sur la branche principale avec un choix de diamètre de 3 pouces pour les tronçons 1 à 4.

Le schéma n°1 courbe supérieur, montre le profil hydraulique de la branche principale correspondant aux choix de diamètre et aux calculs du tableau précédent.

7. Pour **les branches secondaires**, on effectue les mêmes type de calculs en reportant les dénivelés cumulés et les pertes de charge cumulées sur les tronçons en amont.

Exemple de calcul pour l'embranchement LA CUESTA qui démarre à partir à la fin du tronçon 1 (tableau n°2):

Tronçon	Longueur	Dénivelé cumulé	Débit	Diamètre	Pente hydraulique	Pertes de charges	Pertes de charge cumulées	Pression résiduelle.	Remarques
	en m	en m	l/s	en pouce	en m/100m	en m	en m	en m	
T1							8.4		
TB1.1	750	44.8	0.4	1	4.5	33.8	42.2	- 2.6	rejeté
							8.4		
TB11	750	44.8	0.4	1 1/2	0.5	3.8	12.2	32.6	O.K.
TB12	450	31	0.2	1	1.4	6.3	18.5	12.5	O.K.

Tableau n°2: Calculs hydrauliques sur la branche LA CUESTA

Autre exemple pour l'embranchement EL CANAL qui démarre à partir de la fin du tronçon 7, et doit alimenter deux fontaines publiques (tableau n°3).



Tronçon	Longueur	Dénivelé cumulé	Débit	Diamètre	Pente hydraulique	Pertes de charges	Pertes de charge cumulées	Pression résiduelle.	Remarques
	en m	en m	l/s	en pouce	en m/100m	en m	en m	en m	
T7							67.8		
TB21	750	101.9	0.6	1 1/2	1.1	8.3	76.1	25.8	O.K.
TB22	1000	111.5	0.2	1	1.4	14	90.1	21.4	O.K.

Tableau n°3: Calcul hydraulique sur la branche EL CANAL

On notera que les calculs sur une branche peuvent amener à reprendre l'ensemble ou une partie des calculs effectués sur la ligne principale. Il est toujours intéressant d'évaluer la situation la plus limite, satisfaisant aux conditions que l'on s'impose.

On a effectué les calculs en utilisant un diamètre de 2 pouces sur la ligne principale à partir du quatrième tronçon (tableau n°4).

Tronçon	Longueur	Dénivelé cumulé	Débit	Diamètre	Pente hydraulique	Pertes de charges	Pertes de charge cumulées	Pression résiduelle.	Remarques
	en m	en m	l/s	en pouce	en m/100m	en m	en m	en m	
T1	840	53	3.2	3	1	8.4	8.4	44.6	O.K.
T2	730	59	2.4	3	0.45	3.3	11.7	47.3	O.K.
T3	350	63	2.2	3	0.35	1.3	13	50	O.K.
T4	500	71	2	2	2.4	12	25	46	O.K.
T5	1250	82	1.8	2	2.2	27.5	52.5	29.5	O.K.
T6	1000	84	1.6	2	1.8	18	70.5	13.5	O.K.
T7	600	91	1.4	2	1.3	7.8	78.3	12.7	O.K.
T8	200	94	0.8	1 1/2	1.8	3.6	81.9	12.1	O.K.
T9	450	94	0.6	1 1/2	1	4.5	86.4	7.6	Trop juste
T8	200	94	0.8	2	0.5	1	79.3	14.7	O.K.
T9	450	94	0.6	2	0.31	1.4	80.7	13.3	O.K.
T10	100	95	0.4	1 1/2	0.6	0.6	81.3	12.7	O.K.
T11	500	103	0.2	1	1.5	7.5	88.8	14.2	O.K.

Tableau n°4: Calculs hydrauliques de la ligne principale avec T4 en 2 pouces

Les résultats montrent (tableau n°4) que ce choix se répercute par l'obligation de réaliser les tronçons 8 et 9 en diamètre de 2 pouces. D'autre part, en reprenant les calculs sur la branche EL CANAL avec le nouveau cumul des pertes de charge, la pression en fin de ligne chute à moins de quinze mètres, ce qui est proche de la limite.

8. A partir des calculs de dimensionnement, on pourra réaliser **une évaluation économique** des différentes solutions envisagées.

Dans l'exemple de La Romana, deux solutions sont en concurrence dont le coût respectif est évalué dans le tableau suivant (tableau n°5)



en \$ R.D.	Matériaux	Calcul 1		Calcul 2		
		prix du m lin. en \$RD	quantité en m	Sous total	quantité en m	Sous total
	PVC 3"	71	2 420	171 820	1 920	136 320
	PVC 2"	30	2 850	85 500	4 000	120 000
	PVC 1"1/2	25	750	18 750	100	2 500
	PVC 1"	14	500	7 000	500	7 000
	Totaux		6 520	283 070	6 520	265 820

Tableau n°5: Evaluation des coûts des différentes solutions techniques envisagées

Dans le cas présent, compte tenu des incertitudes au niveau des extensions possibles et de la faible différence de coût entre l'une et l'autre des deux solutions, c'est le calcul 1 qui a été retenu pour un coût de 283 070 pesos.

Précautions à la mise en œuvre

La localisation de la citerne

On tentera autant que possible de le positionner au point le plus haut à proximité de la zone à desservir. C'est l'altitude du réservoir qui est le moteur de l'adduction (on pourra alors diminuer les diamètres des tuyauteries à utiliser).

Il est évident qu'à partir de la citerne vers le bas, il n'est plus envisageable de placer de brise charge. Pour des pressions supérieures aux tolérances des tuyaux utiliser, il sera nécessaire de revoir l'ensemble du schéma (modifier l'emplacement de la citerne ou envisager une distribution avec citerne fontaine et bassins de répartition)

Décantation

Compte tenu du fait que les débits peuvent être nuls (la nuit par exemple), il est indispensable de prévoir un système de décantation pour éviter une sédimentation dans l'adduction. Si l'on veut éviter la construction d'un décanteur on pourra placer le départ de la distribution à 20 cm du radier de la citerne pour éviter d'entraîner des éléments déposés au fond.

Fontaines

Chaque fontaine devra être équipée d'une vanne de régulation en plus du robinet manœuvré par les usagers. Cette vanne sera réglée pour que chaque fontaine fournisse 0.2 l/s lorsque toutes les fontaines sont ouvertes. Le type de vanne recommandé est de type " globe valve " qui sont des vannes orientée.

Cette précaution est indispensable sous peine de voir des fontaines sur alimentées et d'autres à sec.

Précautions particulières



Il est indispensable pendant la phase d'animation de mettre en garde les usagers contre les abus de consommation d'eau (!). Dans le cas de la Romana, le stockage utile prévu est de 20 m³ (10 heures de stockage pour un débit de 0.6l/s). Si tous les robinets sont ouverts en même temps, le réservoir sera vide en 2 heures environ. Il est donc clair que les robinets doivent être fermés dès que possible par les usagers, et que la fontaine dont le robinet est cassé doit être réparée dans les meilleurs délais.

On pourra également prévoir une vanne générale, qui sera fermée la nuit et permettra d'assurer un stockage suffisant et une bonne distribution au moins en début de journée. Cette vanne sera placée à proximité du réservoir et en amont d'une prise d'air qui évitera que l'adduction ne passe en dépression avec les risques que l'on connaît (rupture de la tuyauterie et aspiration d'eau polluée).

Cas de profils de terrain accidentés

Il pourra s'avérer intéressant de réduire le diamètre sur les portions de terrain en forte pente. Cette réduction entraîne une chute de la ligne piézométrique qui suit le profil de terrain. On devra cependant s'assurer que les pertes de charge ne nuiront pas au fonctionnement de la partie basse de l'adduction.

Pour les adduction de distribution de type profil en U. La précaution indispensable est de s'assurer que la pression hydraulique ne dépasse pas la résistance de la tuyauterie.

Bibliographie

A Handbook of gravity-flow water systems. Thomas D. Jordan Jnr. (*une mine d'informations pratiques à lire absolument avant de se lancer dans une réalisation*).

Cours de l'ENGREF (Mastère maîtrise de l'eau et développement)

** Actuellement responsable du programme hydraulique de Bayaguana (BayAGUAna Servicio) en République Dominicaine, Didier Gallard a aussi travaillé en Haïti sur le programme hydraulique d'Inter Aide dans le Nord Ouest de 1988 à 1990, et en Éthiopie sur le programme hydraulique de Bélé de 1990 à 1992.*





