



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR & DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DJILLALI LIABES SIDI BEL ABBES
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

Polycopié du cours d'hydraulique Appliquée

chargée de la matière

Nom	LABIOD ép.ALOUI
Prénom	Zehour
Département	Hydraulique
Faculté	Technologie
Université	Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès

Avant propos



La distribution de l'eau potable consiste en l'ensemble des étapes permettant de fournir de l'eau propre à la consommation humaine à partir du captage jusqu'aux abonnés au biais d'un système de distribution d'eau potable. Ce dernier est un réseau complexe conçu pour acheminer l'eau traitée depuis les installations de traitement jusqu'aux consommateurs finaux de manière sûre, efficace et fiable.

L'hydraulique appliquée est une matière destinée aux étudiants inscrits en première année Master Hydraulique Urbaine.

Le programme de cette matière est focalisé en premier lieu sur le captage de la ressource en eau quelle soit superficielle ou souterraine. En deuxième lieu ; la consommation de l'eau domestique et des différentes structures y est abordé permettant ainsi le calcul du débit pour toute les catégories de consommateurs, et même de fournir de l'eau en cas d'incendie. Le troisième chapitre est dédié au réservoir, ouvrage de stockage qui permet aux abonnés de ne pas souffrir de déficits aux heures de fortes demande en eau (heures de pointe). Le quatrième chapitre traite de la nature et des caractéristiques des conduites utilisées dans le réseau de distribution, la signalisation de la tuyauterie et leurs repérages. Le cinquième chapitre a pour objectif de préciser les méthodes de dimensionnement des réseaux maillé et ramifié, et par la suite l'étude du rendement, des indices de performances linéaires du réseau, et enfin la détection des fuites permettent une bonne gestion des réseaux. Le dernier chapitre est destiné à la robinetterie et les ouvrages annexes qui assurent la sécurité d'un réseau d'alimentation en eau potable.

Liste des tableaux

Tableau 1	Consommation en fonction du nombre d'habitant
Tableau 2	Perte selon l'état du réseau
Tableau 3	Variation de $\beta_{\max}$ en fonction du nombre d'habitant
Tableau 4	Matériaux des conduites-avantages-inconvénients et coefficient de rugosité
Tableau 5	Les différents matériaux composant une tranchée
Tableau 6	Pression au sol en fonction de la hauteur des immeubles
Tableau 7	Evaluation du rendement d'un réseau
Tableau 8	Valeur de l' ILP en fonction de la densité d'abonnés
Tableau 9	Récapitulatif des différents indicateurs Type

Liste des figures



Figure 1	Les différentes zones dans un sol
Figure 2	Exemple de nappes captive et libre
Figure 3	Prise en berge maçonnée
Figure 4	Prise en berge au biais d'un puisard
Figure 5	Prise en berge
Figure 6	Prise au fond du lit
Figure 7	Prise d'eau sous le lit d'une rivière
Figure 8	Schéma d'aménagement simple d'une source
Figure 9	Schéma d'aménagement avec réservoir
Figure 10	Puits de surface
Figure 11	Coupe type d'un drain captant
Figure 12	Puits à drains rayonnants
Figure 13	Forage
Figure 14	Schéma d'un ouvrage atteignant la couche impénétrable (nappe libre)
Figure 15	Détermination de la zone utilisable d'après Sichardt
Figure 16	Écoulement en nappe captive
Figure 17	Détermination du coefficient de perméabilité sur terrain
Figure 18	Schéma général d'un système d'alimentation en eau potable
Figure 19	Exemple d'une prise en rivière ; adduction gravitaire vers la distribution
Figure 20	Exemple d'une prise en forage ; adduction par refoulement vers le réservoir et distribution gravitaire
Figure 21	Réservoir semi enterré
Figure 22	Réservoir surélevé
Figure 23	Réservoir surélevé loin de l'agglomération
Figure 24	Réservoir surélevé au centre de l'agglomération
Figure 25	Réservoir aux extrémités de l'agglomération
Figure 26	Distribution étagée
Figure 27	Différentes formes de cuves
Figure 28	Accès au réservoir
Figure 29	Isolation thermique
Figure 30	Coupe transversale d'un réservoir semi-enterré
Figure 31	Équipement d'un réservoir
Figure 32	Équipement réservoir surélevé
Figure 33	Conduite d'alimentation

Figure 34	Conduite de distribution
Figure 35	Conduite du Trop plein
Figure 36	Conduite de vidange
Figure 37	By-pass entre l'adduction et la distribution
Figure 38	Télécommande à distance des réservoirs d'eau potable
Figure 39	Adduction mixte
Figure 40	Pose de la conduite en tranchée
Figure 41	Présentation du grillage avertisseur
Figure 42	Schéma de croisement des différents réseaux
Figure 43	Réseau ramifié
Figure 44	Réseau maillé
Figure 45	Réseau étagé
Figure 46	Représentation d'une maille
Figure 47	Vanne à opercule
Figure 48	Vanne papillon
Figure 49	Crépine
Figure 50	Ventouse
Figure 51	Réducteur de pression

Sommaire



Sommaire

Chapitre 1. Captages de sources	11
1. Généralités	12
1.1 Ressources en eau (points d'eau)	12
2. Etude du projet et travaux préliminaires	16
3. Exécution des ouvrages	18
4. Captage des eaux de surface	18
4.1 Captage en rivière	18
5. Captage de l'eau de fond	20
5.1 Captage à l'exutoire (sources)	20
5.2 Captage au sein de la nappe elle-même	23
5.2.3 Captage par puits rayonnants	24
5.2.4 Forage	25
5.3 Notions de calculs relatifs au débit d'un puits ou forage	26
Chapitre 2. Consommation en eau potable	30
1. Système d'alimentation en eau potable	31
1.1 Les principaux éléments d'un système de distribution d'eau potable	31
1.2 Classification des systèmes de distribution d'eau potable	31
2. Eau de consommation	33
3. Consommation totale par catégorie de consommateur	33
4. Consommation domestique	33
5. Consommation publique	34
6. Consommation dans les zones industrielles	34
7. Pertes	35
8. Lutte contre l'incendie	36
9. Facteur affectant les débits de consommation	36
10. Variation de la consommation	37
Chapitre 3 : Réservoirs	39
1. Classification des réservoirs	40
2. Role des réservoirs	41
3. Emplacement du réservoir	41
4. Forme du réservoir	44
5. Capacité des réservoirs	45
6. Principe de construction	45

7.	Equipement d'un réservoir.....	46
8.	Installation de signalisation et de commande à distance (télécommande).....	49
Chapitre 4. Nature des canalisations(sous pression et à écoulement gravitaire)		51
1.	Définitions	52
2.	Tuyaux en fonte.....	54
3.	Tuyaux en acier.....	55
4.	Tuyaux en béton.....	55
5.	Tuyaux en matière plastique.....	56
6.	Mise en service	57
7.	Repérage, plans d'exécution et signalisation.....	58
Chapitre 5 . Réseaux de distribution des eaux.....		61
1.	Type de réseaux.....	62
2.	Conditions sur les vitesses et les pressions	63
3.	Calcul des réseaux ramifiés	65
4.	Calcul des réseaux maillés	65
5.	Rendement des réseaux.....	67
6.	Recherches des fuites	70
Chapitre 6. Organes accessoires-robinetterie		73
1.	Robinets-vannes	74
1.1	Les robinets-vannes à opercule	74
1.2	Vannes papillons.....	74
1.3	Vanne à soupape	75
2.	Crépine	75
3.	Purgeurs-Ventouses.....	76
4.	Réducteurs de pression et de débit	76
5.	Organes de sécurité	77
6.	Clapets.....	77
Référence bibliographique		79

1. Captages de sources



1. Généralités

1.1 Ressources en eau (points d'eau)

1.1.1 Eaux de surface

Les eaux de surface regroupent l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes en contact direct avec l'atmosphère. Ces eaux peuvent être douces, saumâtres ou encore salées selon leur emplacement.

Parmi les eaux de surface, on peut citer :

- 1.** Les fleuves, les rivières, les lacs, les ruisseaux, les cours d'eau ;
- 2.** Les eaux de ruissellement (eaux de pluies) ;
- 3.** Les lacs de barrage ;
- 4.** Les mers et les océans ;
- 5.** Les zones humides (marais, lagunes, sebkhas...).

Les eaux de surface contiennent souvent beaucoup de matières en suspension ainsi que des substances dissoutes qui varient selon la pluviométrie et la qualité géologique des reliefs.

Les matières en suspension et les polluants empêchent l'utilisation des eaux de surface à l'état brut à des fins domestiques ou industrielles. C'est ainsi qu'elles doivent subir des traitements de potabilisation avant d'être utilisée pour toute activité humaine (agricole, industrielle, domestique). Si leur qualité est véritablement trop dégradée, elles sont écartées de toute utilisation.

Outre les eaux citées précédemment il existe d'autres eaux dites non conventionnelles :

- ☛ les eaux d'épuration des eaux usées qui proviennent des stations d'épuration ;
- ☛ et les eaux de dessalement des eaux de mer

1.1.2 Eaux souterraines

On entend par « eau souterraine » l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers.

Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un cours d'eau, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques.

Les eaux souterraines sont constituées par l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Ces eaux s'infiltrant par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une

couche imperméable où elles s'accumulent, et remplissent les vides, en formant un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère.

Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface et ne nécessitent pas un traitement complet tel qu'exigé par le règlement sur la qualité de l'eau potable, néanmoins elle est fragile et souvent vulnérable aux nombreuses sources de contamination découlant des activités humaines tel que l'agriculture.

1.2 Notions d'hydrogéologie

1.2.1 Profil hydrique des sols

Quand l'eau s'infiltre dans le sol, elle rencontre différentes régions :

1.2.1.1 La zone non saturée (ZNS)

La zone non saturée (ZNS) où les pores sont remplis partiellement d'eau et partiellement d'air. Elle peut-être subdivisée en fonction des teneurs en eau qui croissent vers le bas en trois sous-zones (voir figure.1) :

- ♦ la zone d'évapotranspiration à la surface. Cette partie du sol est soumise à des variations importantes de teneur en eau provoquées par l'infiltration et l'évapotranspiration. Sa profondeur est variable suivant le type de sol et le climat;

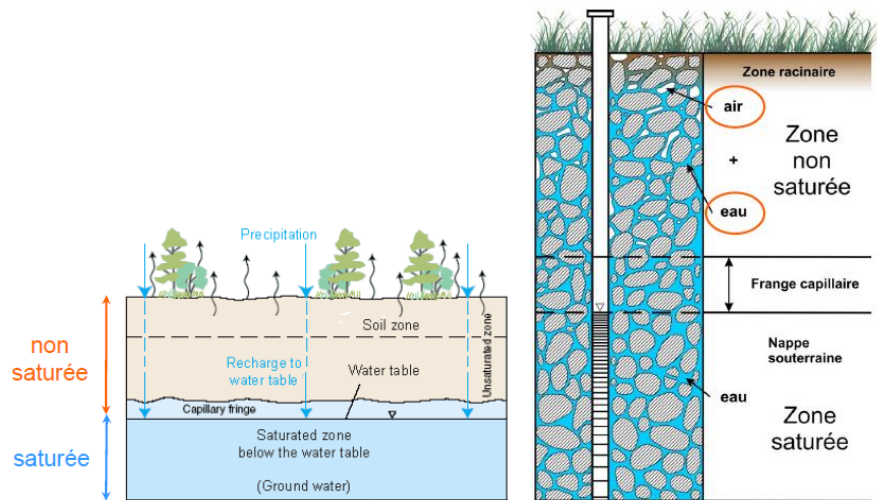


Figure 1. les différentes zones dans un sol

- ♦ La zone de transition où la teneur en eau est voisine de la capacité de rétention;
- ♦ La frange capillaire se trouve au-dessus du niveau de la nappe, c'est une zone pratiquement saturée à 100% où la pression de l'eau est inférieure à la pression atmosphérique. Dans cette zone l'eau remonte de la zone saturée vers la zone non saturée, la saturation du terrain se fait par ascension capillaire. Il peut y avoir une certaine quantité d'air piégée dans cette zone; dans ce cas la saturation est légèrement inférieure à 100% (85 à 90%).

1.2.1.2 La zone saturée (ZS) ou nappe

Le niveau peut-être mesuré par un tube piézométrique. Dans la zone **non saturée** l'écoulement est vertical, par contre dans la zone **saturée** l'écoulement est horizontal. L'infiltration est conditionnée par les principaux facteurs ci-dessous :

- ❖ Le type de sol (structure, texture, caractéristiques hydrodynamiques) ;
- ❖ La couverture du sol ;
- ❖ La topographie et la morphologie ;
- ❖ Le débit d'alimentation (intensité de la précipitation, débit d'irrigation) ;

Les facteurs les plus influents, pour une même topographie, sont le type de sol, sa couverture et son taux initial d'humidité.

1.2.2 Aquifère et nappe

Un aquifère est une formation géologique susceptible de stocker et de transmettre des quantités d'eau telles que l'on peut en retirer un débit appréciable par captage. C'est un réservoir souterrain.

Une nappe est une accumulation d'eau dans les pores d'un terrain perméable, elle représente le volume de l'eau contenu dans l'aquifère.

Par le jeu de la pesanteur, une partie de l'eau de pluie s'infiltre dans le sol, soit directement, soit après circulation à la surface de celui-ci. Selon la perméabilité des terrains rencontrés, elle descend à une plus ou moins grande profondeur. Cette circulation, approximativement verticale, est interrompue par la rencontre d'un terrain de faible perméabilité par rapport à celle qui la précède. L'eau s'y accumule en saturant l'ensemble des vides des terrains sus-jacents plus perméables. Ainsi se constituent dans ces formations relativement perméables appelées aquifères (qui portent l'eau) des nappes.

Autrement dit, l'aquifère est le contenant et la nappe est le contenu.

Parmi les nappes nous pouvons distinguer :

1.2.2.1 Nappe libre

Une nappe libre est limitée par une couche imperméable à sa surface inférieure, mais reste libre sur sa surface supérieure. Ce type de nappe est la première zone directement atteinte par les puits, et si on crée un puits dans une telle nappe, le niveau de l'eau reste inchangé. Dans le cas d'un sol poreux et perméable, l'eau des précipitations s'infiltre jusqu'à une couche imperméable et sature la roche jusqu'à un certain niveau appelé surface libre de la nappe. Dans la nappe l'eau circule jusqu'à des exutoires tels

que les sources, les rivières.....etc. Une nappe alluviale est un cas particulier de nappe libre (nappe peu profonde située sous un sol perméable).

1.2.2.2 Nappe captive

Une nappe captive est une formation saturée limitée par deux couches imperméables qui restreignent les mouvements de l'eau, son alimentation ne s'effectue que par les affleurements du terrain perméable duquel elle se trouve incluse. Quand on pompe le niveau de l'eau change rapidement. Si le complexe (terrain perméable+terrain imperméable) présente des couches en forme de cuvette, on conçoit qu'en pratiquant un forage à la partie basse, l'eau remontera dans le tubage à une cote qui correspondra, en l'absence d'écoulement, à l'altitude du niveau supérieur de la nappe, on a un *forage artésien*. Ce forage peut être jaillissant si l'altitude de du sol au droit du forage est inférieure à l'altitude de la nappe.

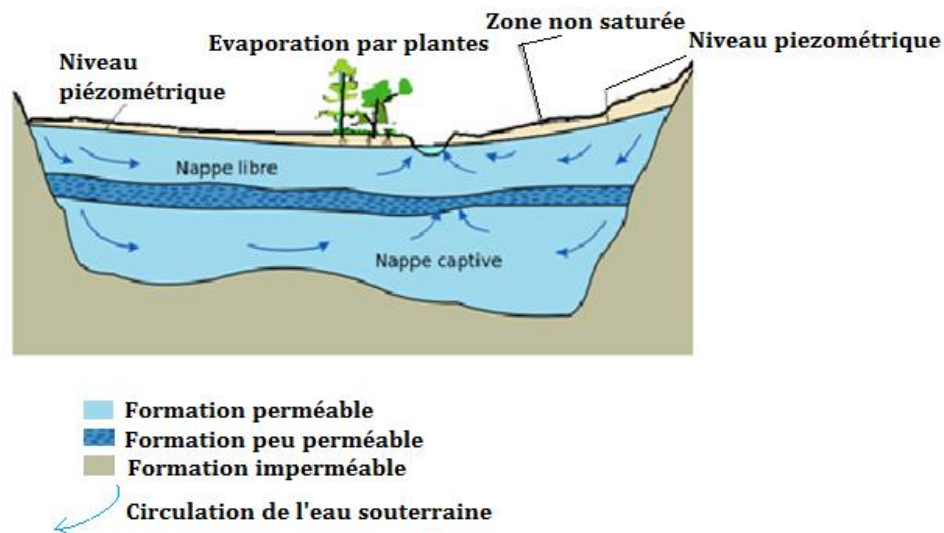


Figure 2. Exemple de nappes captive et libre

1.2.3 Sources

On appelle source, les points privilégiés où l'eau sort de la nappe à l'air libre en produisant un écoulement naturel visible. Elle constitue l'exutoire de la nappe

Une source intéressante à exploiter est une source qui donne en toutes saisons de l'eau potable en quantité suffisante. Les sources sont de différents types, elles peuvent se classer selon leur position structurale :

1.2.3.1 Sources d'affleurement

Les sources d'affleurement sont celles qui apparaissent à l'endroit où affleure le substratum imperméable, elles sont alimentées par la partie inférieure de la nappe et se trouvent généralement dans les vallées. Elles s'observent à l'intersection supérieure d'une couche imperméable avec la surface topographique du terrain, son écoulement

est favorisé par la pente du substratum. L'écoulement apparaît à une cote plus basse que celle de l'assise imperméable sur laquelle l'eau circule, l'eau se fraye un chemin au travers des terrains de couverture où elle risquerait d'être contaminer. Le débit de la source dépend principalement de la pente de la couche imperméable.

1.2.3.2 Sources émergentes

Source émergente est alimentée par la partie supérieure de la nappe (ligne piézométrique) et s'observe à l'intersection de celle-ci avec la surface topographique. Le fond de la vallée n'atteint pas l'imperméable. On rencontre une émergence lorsque, à l'affleurement du niveau aquifère, le niveau piézométrique est égal à la cote du sol. Si la sortie d'eau se fait sur une grande étendue, et qu'il y a un suintement diffus, l'exutoire est une émergence.

1.2.3.3 Sources de déversement

Ces sources sont dues en général à un certain nombre de filets liquides qui, après s'être rassemblés apparaissent dans une cavité plus ou moins profonde.

Elles sont le plus souvent à flanc de coteau. La totalité des filets liquides se meut en amont de la source, au-dessus du niveau de celle-ci. Ces sources prennent naissance dans les formations fissurées en surface comme le granite, l'eau apparaît au point de rencontre des fissures.

2. Etude du projet et travaux préliminaires

En terme de cheminement (ou de démarche), un projet d'alimentation en eau potable comprend les phases suivantes :

2.1 Identification (diagnostique)

C'est la collecte et l'analyse des données nécessaires au diagnostic de départ (population, consommation et besoins en eau, ressources disponibles dans la zone). Au début de l'identification, on sait juste qu'il y a une demande ou des besoins auxquels il faut répondre.

Selon que la zone soit nouvelle donc nécessitant un nouveau réseau ou ancienne et l'intervention se fait sur un réseau existant, les principales données sont énumérées ci-dessous :

- a) Visite de la zone étudiée et consultation des plans d'urbanisme ;
- b) Type de l'agglomération : urbaine, rurale, ;
- c) Données concernant les points d'eau (ressources en eau), le type d'adduction (gravitaire, refoulement.... ;
- d) Le relief de la zone d'étude;

- e) vérification des études précédentes faites sur la zone. Dans le cas d'un réseau existant, il faudrait effectuer un diagnostic et déterminer l'état du réseau et de ses ouvrages annexes ;
- f. Nombre d'habitants actuel et aux différents horizons et leur consommation en eau potable.

2.2 Les études préliminaires

Cette phase du projet d'AEP comprend les calculs préliminaire et qui consiste en :

- Une détermination du nombre d'habitants à l'horizon ;
- Une estimation des besoins en eau potable ;
- Une variation des débits horaires ;
- Une projection du réseau d'alimentation en eau potable sur des plans (le plan de masse 1/2000 ou 1/5000, et le levé topographique 1/1000 ou 1/2000 ou 1/5000).

2.3 L'Avant-Projet Détaillé (APD)

L'Avant-Projet Détaillé (APD) est un document qui décrit précisément toutes les caractéristiques des travaux à entreprendre, et des équipements à acheter. Ce document contient donc des plans, des spécifications techniques et un descriptif des travaux à mener, des difficultés prévues, et des résultats à obtenir.

Dans cette phase du projet d'AEP, le bureau d'étude doit présenter une étude qui comprend :

- a) Le mode de captage et le calcul du débit de l'adduction ;
- b) Le plan du réseau (débit, pression...etc.) ;
- c) La capacité du réservoir ;
- d) Le diamètre de la conduite d'alimentation du réservoir ;
- e) Le dimensionnement des ouvrages annexes ;
- f) Le plan du réseau.

2.4 La phase de réalisation

La réalisation ne peut commencer que lorsque toutes les études sont terminées, et lorsque l'on a très précisément défini ce qu'il fallait réaliser. La réalisation comprend aussi bien les travaux et les équipements que la mise en œuvre des actions d'accompagnement.

3. Exécution des ouvrages

L'exécution des ouvrages ne peut commencer que lorsque toutes les études sont terminées. Cette phase comprend l'exécution du projet, tel que la pose des canalisations et la projection des différents ouvrages .

L'exécution des ouvrages passe par les étapes suivantes :

1. Implantation du réseau ;
2. Stockage, vérification et manutention des conduites : les conduites sont stockées sur deux rangs maximum et sur un sol stable, il faudrait éviter les chocs avec les extrémités ;
3. Décapage de la couche du goudron ;
4. Emplacement des jalons et des piquets ;
5. Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards ;
6. Aménagement du lit de pose ;
7. La mise en place des canalisations en tranché (Les conduites sont posées sans brutalité sur le sol ou au fond des tranchées et ne doivent pas être roulées sur des pierres ou sur le sol rocheux, mais sur des chemins de roulement);
8. Assemblage des tuyaux ;
9. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints ;
10. Remblayer les tranchées.

4. Captage des eaux de surface

4.1 Captage en rivière

Une prise d'eau de surface représente une structure permettant de capter l'eau brute du lac ou de la rivière dans lesquelles on l'a immergée.

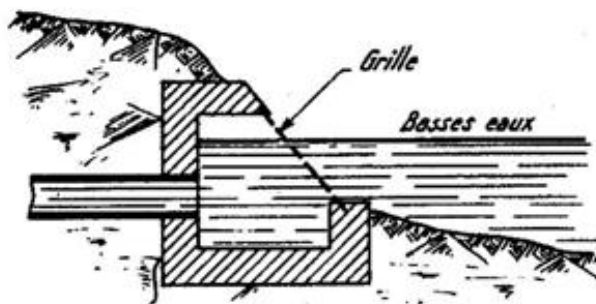


Figure 3. Prise en berge maçonnée

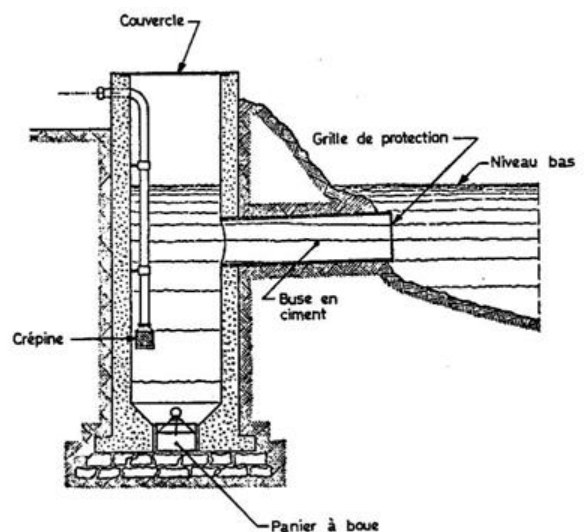


Figure 4. Prise en berge au biais d'un puisard

Le point de captage doit être choisi autant que possible à l'amont des agglomérations, usines etc..., c'est-à-dire aussi loin que possible de toute source de pollution ; on doit ainsi éviter de la placer en aval d'un émissaire d'égout, même si celui-ci déverse l'effluent d'une station d'épuration.

La prise peut être faite, soit dans une berge, soit dans le lit de la rivière (en pleine eau), soit encore en dessous du lit. Le dispositif à employer dépend du débit nécessaire et du caractère temporaire ou permanent de l'ouvrage.

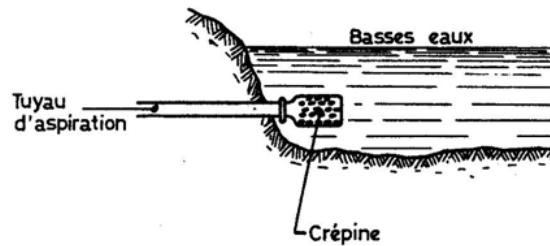


Figure 5. Prise en berge

4.1.1 Prise en pleine eau

La prise d'eau peut se faire soit au fond du lit, soit entre deux eaux et il est impératif de faire attention aux niveaux d'étiage. Ces dispositifs s'appliquent à des rivières de faible courant.

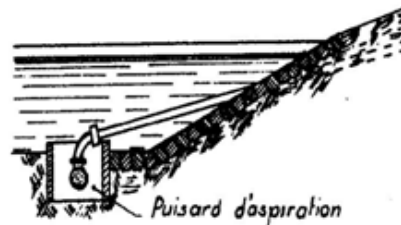


Figure 6. Prise au fond du lit

On peut également confectionner des chambres enterrées au fond de la rivière pour effectuer la prise, quand le régime de la rivière est torrentiel.

4.1.2 Prise d'eau sous le lit d'une rivière

La prise s'effectue par une crépine de grande dimension placée dans une tranchée remblayée par la suite avec du gravier

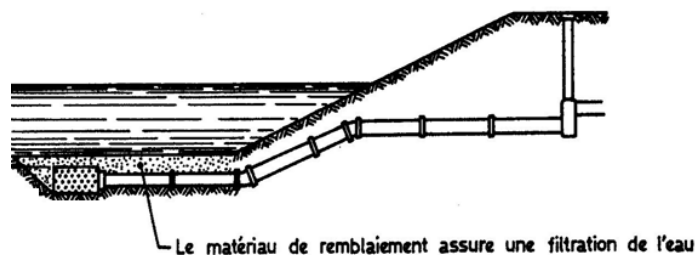


Figure 7. Prise d'eau sous le lit d'une rivière

4.2 Captage à partir d'un barrage réservoir

Le captage peut être au biais d'une tour de prise pour un barrage en remblai ou par une conduite dans le cas d'un barrage en béton.

L'eau est captée depuis la cuvette du barrage par des crépines qui servent à retenir les débris et les gros objets, empêchant ainsi leur entrée dans les conduites.

L'eau captée est acheminée via des conduites spécialement conçus pour minimiser les pertes de pression et assurer un débit constant.

Des vannes de régulation telles que les vannes papillon ou les vannes à opercule, permettent d'ajuster le débit d'eau sortant du barrage, maintenant ainsi des niveaux d'eau appropriés pour diverses utilisations. Ces vannes sont installées le long des conduites, pour permettre de contrôler le volume d'eau transporté.

5. Captage de l'eau de fond

Le captage des eaux souterraines nécessite un ouvrage de captage situé sous la surface du sol, et qui permet de puiser l'eau à partir des nappes d'eau souterraine. Généralement, on distingue les captages à l'exutoire de la nappe représentés par les sources, les captages au sein de la nappe elle-même, ou encore les captages des eaux circulant à de grande profondeurs.

5.1 Captage à l'exutoire (sources)

Capter une source, c'est capter et exploiter l'émergence d'une nappe. Les buts principaux d'un captage de source sont de préserver l'eau de la source de pollution à sa sortie de terre et de la rendre facilement accessible aux consommateurs. Viennent ensuite et suivant les possibilités, l'amélioration du débit et de la qualité de l'eau de la source, et éviter de la tarir (de ne pas diminuer son débit et de ne pas la rendre plus vulnérable à la pollution).

5.1.1 Type d'aménagement de sources

Trois types d'aménagements de sources qui peuvent être envisagés sont :

➤ **Aménagement très simple** : Le captage consiste à recueillir les filets liquides et à les diriger dans une chambre de réception. La collecte se fait par drain, aqueduc, galerie...etc.

Pour cela il faut :

1. faire une tranchée horizontale sur plusieurs mètres pour rechercher l'eau un peu plus loin ;
2. remplir la tranchée de gros cailloux pour que l'eau circule facilement ;
3. reboucher la tranchée ;

4. à l'extrémité, sceller un tuyau par lequel l'eau s'écoulera. Le tuyau doit être scellé dans un mur fait en ciment, en parpaing ou en pierre ;
5. le sol, à l'endroit où le tuyau sort, doit être nivelé et recouvert de cailloux pour éviter qu'il y ait formation d'un boursier ;
6. réaliser une rigole qui évacue au loin l'eau sale.

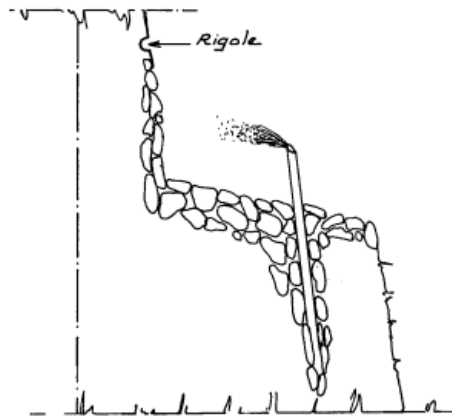


Figure 8. Schéma d'aménagement simple d'une source

- **Aménagement avec réservoir :** Il est nécessaire de construire une chambre maçonnée qui permet de récupérer et de stocker l'eau de la source. L'aménagement extérieur est identique à celui de l'aménagement simple.
- **Aménagement avec réservoir et filtre :** Cet aménagement comprend une chambre maçonnée divisée en deux parties, une partie qui contient le filtre en gravier et en sable et une autre partie qui constitue le réservoir. La sortie de l'eau est identique aux aménagements précédents. A travers une conduite, l'eau est amenée dans un puits de rive pour le stockage et la décantation des dépôts, par la suite, cette eau est aspirée pour être dirigée vers la station de traitement.

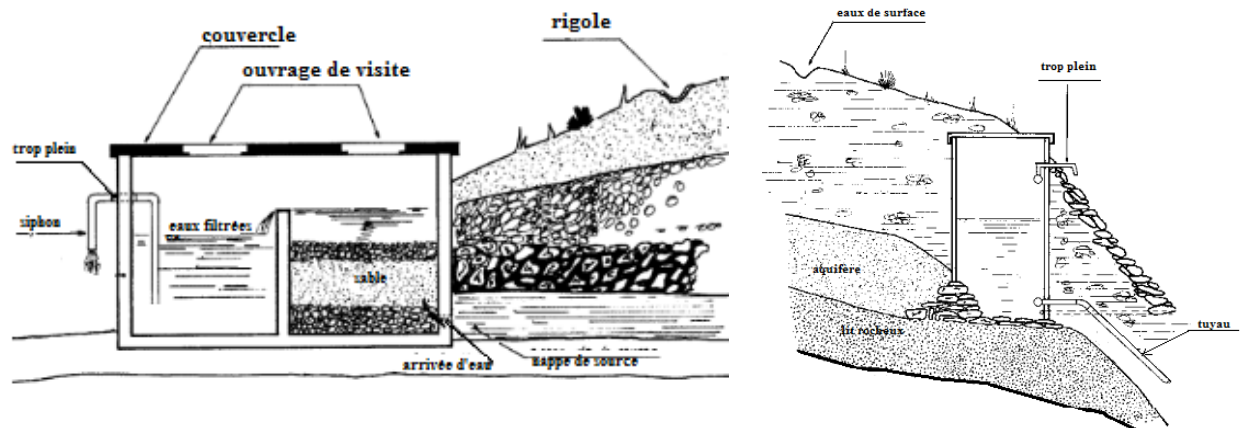


Figure 9. Schéma d'aménagement avec réservoir

5.1.2 Quelques exemples de captages de sources

Citons quelques exemples de captage de source :

5.1.2.1 Cas d'un captage de source d'affleurement)

Le captage de telles sources à l'abri de toutes contaminations s'effectue grâce à la construction au sein même du gisement d'une galerie perpendiculaire au sens de l'écoulement souterrain. Les paramètres à considérer pour capter ces sources sont la profondeur du captage et l'altitude du plan d'eau à la sortie de la source.

L'installation est composée d'une galerie de captage; d'une galerie d'accès étanche pourvu d'un caniveau étanche si l'ouvrage est instable on ménage un radier, et d'un ouvrage de tête. Du point de vue construction, galerie d'accès et galerie de captage, sont exécutée de préférence en tranchée dans ce cas, un corroi d'argile est rapporté au dessus de la galerie captante pour mettre l'eau à l'abri des pollutions de surface. L'ouvrage de tête, qui est construit à la sortie de la galerie d'accès étanche reçoit, selon les cas la totalité ou une partie des besoins à satisfaire ; il faudra avoir la possibilité d'évacuer le trop plein au cours d'eau. On pourra adopter :

- a) Une vanne de réglage du plan d'eau qui permet d'assurer, sur le déversoir, une hauteur de la lame d'eau constante, donc un débit constant, le surplus, ou trop plein, s'écoulera sous la vanne, vers le cours d'eau ;
- b) Une vanne d'isolement en cas de mise en décharge de la source

Un niveau constant peut ainsi être établi, au départ, dans l'ouvrage de tête, résultant de l'égalité entre le débit du captage et celui des pompes par exemple. Un trop plein assurera la constance de ce niveau.

5.1.2.2 Captage de source d'émergence

Si la source apparaît à flanc de coteau (en haut), elle sera captée de la même manière que la source d'affleurement. Et si elle apparaît en fond de vallée, c'est un cas assez fréquent, il faudra dégager l'émergence c'est-à-dire de mettre à nu la cassure après enlèvement des terrains de couverture. Un pavillon en maçonnerie recouvrira l'émergence partir de laquelle l'eau sera évacuée par un canal en maçonnerie. Une maçonnerie en pierres sèches stabilisera les parois inclinées de l'excavation. Si la cassure est profonde, il faudra l'atteindre en traversant les terrains de couverture au moyen d'un puits. L'eau sera canalisée dans une tuyauterie ou un aqueduc, dont le radier aura été établi à une cote inférieure à celle du plan d'eau minimal d'émergence. On aménagera un ouvrage de tête si la totalité du débit n'est pas utilisée.

5.2 Captage au sein de la nappe elle- même

Les ouvrages permettant de capter les eaux dans la nappe elle-même sont :

- ❖ verticalement des puits ;
- ❖ horizontalement des drains ;
- ❖ ou par combinaison des deux procédés, des puits à drain rayonnant ;
- ❖ ou encore pour les eaux circulant à de grandes profondeurs les forages

5.2.1 Les puits

Les puits sont très couramment utilisés pour l'alimentation des villes. Ces ouvrages sont verticaux peu profonds à parois maçonnées et réalisés en gros diamètre. Ils s'alimentent par leurs périphéries, dans toute l'épaisseur de la nappe aquifère. Ils sont constitués de :

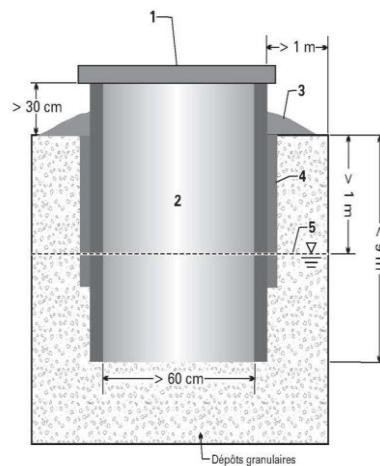


Figure 10. Puits de surface

- cuvelage cylindrique en béton armé (avant- puits), étanche descendu au travers des terrains de couverture et encastré dans l'aquifère dont le but est d'isoler l'ouvrage des éventuelles venues d'eau de la nappe de surface ou nappe phréatique. Il est complété près de la surface du sol, par une dalle circulaire en béton armé afin d'empêcher le cuvelage de descendre et d'isoler l'ouvrage des infiltrations superficielles. Le tout est fermé par une dalle munie d'un capot étanche pour la visite.
- des buses captantes disposées dans toute la traversée de la couche aquifère. Elles sont entourées d'un gravier qui s'interpose entre leur paroi et le terrain naturel. Ces buses sont prolongées, en tête, à l'intérieur de l'avant- puits, par quelques buses pleines, de façon à former, dans l'espace annulaire ainsi constitué, une réserve de gravier.

Le rôle du gravier est d'assurer la continuité de la perméabilité le long de la paroi, donc la perméabilité est améliorée par la disposition du gravier, et de s'opposer à l'éboulement de l'aquifère.

5.2.2 Captage par drains horizontaux

Les drains sont des ouvrages de captage d'une certaine longueur, établis au sein de la nappe selon un profil présentant une légère pente vers un ouvrage d'extrémité étanche où sont aménagés les appareils de pompage. La longueur des drains dépend du débit à extraire. Ils sont utilisés dans le cas des nappes proches du sol pour des raisons d'exécution. Par ailleurs, la nappe devra être puissante et non sujette à de grandes variations de hauteur. Enfin les drains sont surtout efficaces dans les nappes alluvionnaires. Les drains s'apparentent aux puits, ils comportent une paroi captante entourée de gravier. Ils peuvent être captant ou captant et visitables. Ils sont constitués par une suite d'éléments en béton armé solidaires d'une semelle qui s'appuie sur le terrain imperméable. Ils sont percés de barbacanes inclinées se trouvant sur les cotés et s'ouvrant vers les graviers.

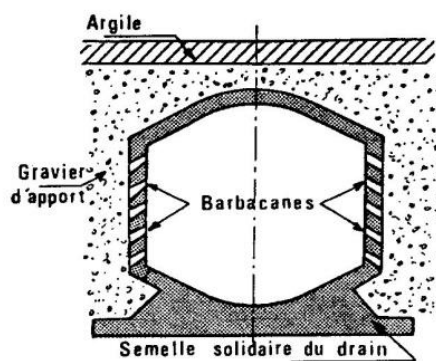


Figure 11. coupe type d'un drain captant

Le rôle de la semelle est de faciliter la mise en place des barbacanes. L'ouvrage est complété, à sa partie supérieure, par un corroi d'argile qui déborde de part et d'autre du drain afin de l'isoler des infiltrations de surface.

5.2.3 Captage par puits rayonnants

Cette méthode consiste à capter l'eau au moyen de drains horizontaux forcés à partir d'un puits central vertical en béton non captant qui joue le rôle de collecteur de l'eau des drains.

La station de pompage est établie directement au dessus du puits en évitant toutes pollutions des eaux. Le fond du puits repose sur l'imperméable. Le nombre et la longueur des drains est fonction de la puissance de la nappe.

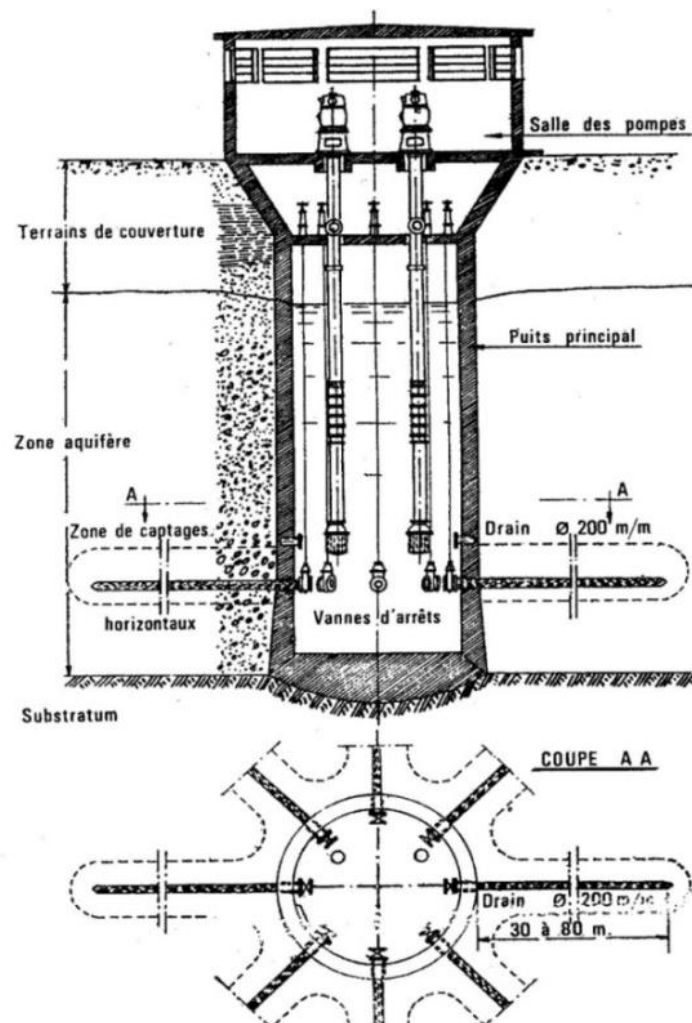


Figure 12. Puits à drains rayonnants

5.2.4 Forage

Lorsque la nappe est très profonde, il est nécessaire en vue de la capter, d'avoir recours aux forages.

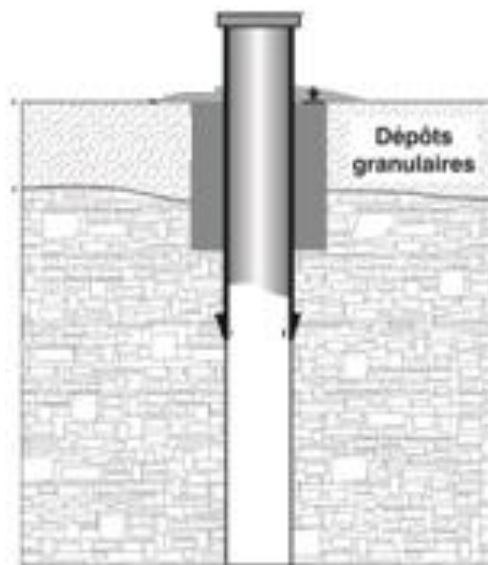


Figure 13. Forage

Les forages sont différents des puits par leurs dimensions : généralement leurs diamètres sont plus petits, et ils s'adressent à des profondeurs plus grandes. Ordinairement les forages recueilleront l'eau des nappes captives. Les forages ne sont exécutés que par des entreprises spécialisées (des foreurs) ayant à leur disposition des matériels. Il existe deux modes principaux d'exécution des forages :

- par percussion ;
- par rotation.

5.3 Notions de calculs relatifs au débit d'un puits ou forage

5.3.1 Cas d'une nappe libre

Soit une nappe libre AB , supportée par une couche imperméable CD , les deux nappes étant horizontales. Supposons qu'à travers la couche perméable qui contient la nappe, il soit enfoncé un puits, de rayon r , et que l'on pompe à l'intérieur du puits de telle manière que le niveau s'abaisse jusqu'à une hauteur " h " au-dessus de la couche imperméable.

Soit " z " le niveau de la nappe à une distance " x " de l'axe du puits. Admettons que le régime est permanent, la vitesse d'écoulement dans la tranche verticale correspondant au cylindre ayant pour axe celui du puits et pour rayon " x " est constante en tous les points d'une même verticale.

D'après Darcy :

$$V = K \times i = K \frac{dz}{dx} \quad (1)$$

V : vitesse de percolation ;

i : est le gradient hydraulique (perte de charge par unité de longueur) ;

k : est le coefficient de perméabilité, ayant les dimensions d'une vitesse, c'est une caractéristique du sol traversé.

Le débit d'eau qui traverse le cylindre de rayon " x " et de hauteur " h " , sera :

$$Q = V \times S = K \times i \times S = 2\pi \times x \times z \times K \frac{dz}{dx}$$

d'où :

$$2\pi K z dz = Q \frac{dx}{x}$$

En intégrant entre $x = r$ et $x = R$, il vient la formule de Dupuit :

$$\int_r^R Q \, dx = \int_h^H K z \, dz$$

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r} \quad (\text{Formule de Dupuit}) \quad (2)$$

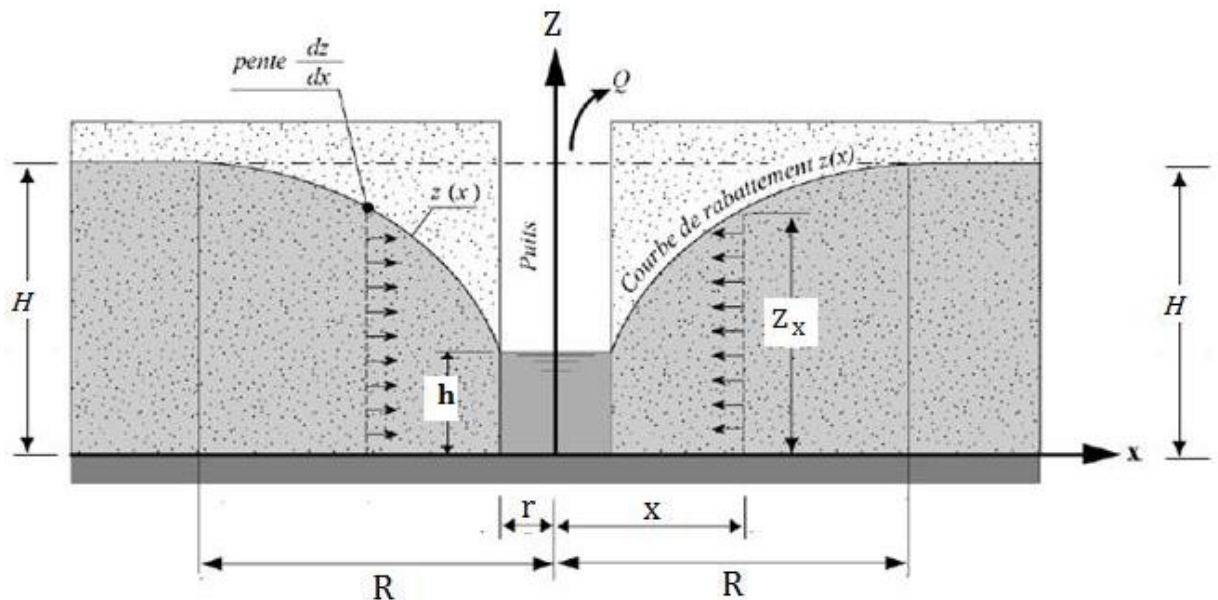


Figure 14. Schéma d'un ouvrage atteignant la couche impénétrable (nappe libre)

Cette relation nous permet, par exemple, d'évaluer le débit recueilli, au mètre linéaire.

Q : Débit d'eau extrait ; H : Hauteur du niveau de la nappe en pompage ; h : Hauteur de l'eau dans le puits ; K : Coefficient de perméabilité ; r : Rayon du puits .

Tout autour du puits, la nappe s'affaisse en forme d'entonnoir. L'affaissement ou encore le rabattement de la nappe est appelé "*cône d'affaissement*" : c'est la différence ($H - h$)

Un rabattement est une diminution de charge hydraulique déterminée en un point donné sous l'effet d'un prélèvement d'eau, traduite en pratique par l'abaissement du niveau piézométrique par rapport au niveau naturel. Sa signification est liée au débit prélevé, à la distance du point de prélèvement et en régime transitoire, au temps écoulé depuis le début du prélèvement

On définit par débit spécifique le rapport " $Q/\Delta h$ ". Il s'exprime en " $m^3/h/m$ " « si " Q " est exprimé en " m^3/h " et " Δh " en " m ".

Plusieurs expressions ont été proposées pour évaluer le rayon d'action. D'après la formule empirique de Sichardt le rayon d'action peut s'exprimer :

$$R = 3000(H - h)\sqrt{K} \quad (\text{Formule de Sichardt}) \quad (3)$$

D'après Sichardt, il existe un gradient limite au dessus duquel toutes les particules fines sont entraînées, ce gradient est donné par la formule empirique :

$$i = \frac{\sqrt{K}}{15K} \quad (4)$$

La vitesse limite à ne pas dépasser pour qu'il n'y ait pas d'entraînement de particule dite vitesse critique est égale d'après Sichardt à :

$$V_{critique} = K \frac{\sqrt{K}}{15K} = \frac{\sqrt{K}}{15} \quad (5)$$

Pour cette vitesse critique, il existe un débit critique pour lequel l'eau arriverait dans le puits avec une hauteur "h"

$$Q_{critique} = 2\pi r h V_{critique} = \frac{2\pi r h \sqrt{K}}{15}$$

$$Q \leq Q_{critique}$$

Et donc

$$Q \leq \frac{2\pi r h \sqrt{K}}{15} \quad (6)$$

Le débit critique peut être augmenté par l'augmentation proportionnelle du rayon du puits. Si on porte en graphique la formule de Dupuit en mettant en relation le débit et le rabattement, et la condition de Sichardt, on visualise la zone utilisable. On peut aussi augmenter la perméabilité autour du puits.

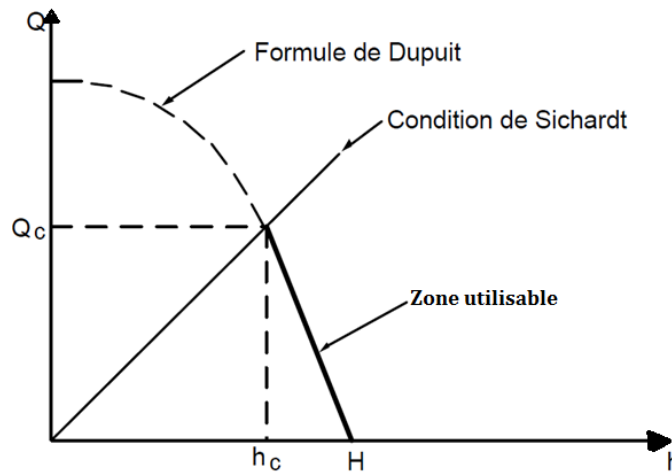


Figure 15. Détermination de la zone utilisable d'après Sichardt

5.3.2 Cas d'une nappe captive

Si nous reprenons le même écoulement dans le cas d'une nappe captive d'épaisseur constante "e", en gardant les mêmes notations, nous pouvons écrire :

$$Q = V \times S = K \times i \times S = 2\pi \times x \times e \times K \frac{dz}{dx}$$

d'où :

$$2\pi K e dz = Q \frac{dx}{x}$$

L'intégration avec comme conditions aux limites :

pour $x = r, z = h$ et pour $x = R, z = H$, il vient la formule de Dupuit :

$$\int_r^R Q \frac{dx}{x} = \int_h^H 2\pi K e dz$$

H : est la hauteur à laquelle s'élèverait l'eau dans le forage.

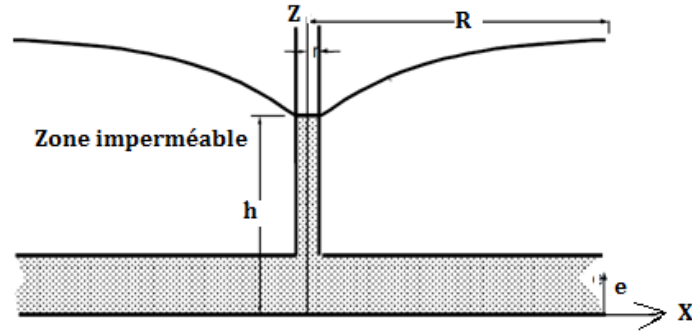


Figure 16. écoulement en nappe captive

on obtient après integration :

$$Q = \frac{2\pi K e (H - h)}{\ln R - \ln r}$$

ou encore

$$Q = \frac{2\pi K e (H-h)}{\ln \frac{R}{r}} \quad (7)$$

Le débit extrait est proportionnel à la dénivellation $(H - h)$.

5.3.3 Détermination du coefficient de perméabilité

On creuse un puits, puis on dispose des piézomètres près du puits. Le premier piézomètre est situé entre 3 à 5 mètres de l'axe du puits et le dernier à environ 200 à 250 mètres, et entre ces piézomètres on dispose 5 à 6 piézomètres. On peut ainsi tracer la ligne piézométrique à partir de ces piézomètres. reprenons la formule de Dupuit :

$$Q = \frac{\pi k (z_2^2 - z_1^2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \Rightarrow k = Q \frac{\ln \frac{x_2}{x_1}}{z_2^2 - z_1^2}$$

un calcul analogue sera effectué en considérant les autres piézomètres. Puis on calcule la moyenne des coefficients de perméabilité obtenu.

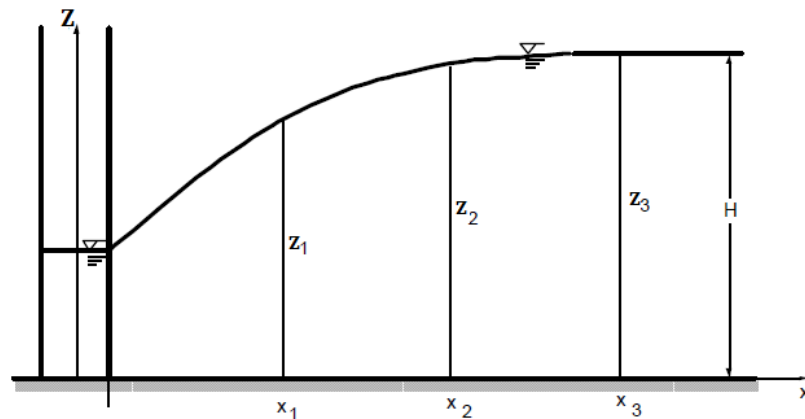


Figure 17. Détermination du coefficient de perméabilité sur terrain

2. Consommation en eau potable



1. Système d'alimentation en eau potable

Le système d'alimentation d'eau est constitué par un ensemble d'ouvrages et d'organes ayant pour objet de mettre de l'eau à la disposition des habitants d'une agglomération. Cette eau doit être conforme aux normes de potabilité en vigueur avant d'être distribuée aux consommateurs.

1.1 Les principaux éléments d'un système de distribution d'eau potable

Les principaux éléments d'un système de distribution d'eau potable sont représentés schématiquement sur la figure 20.

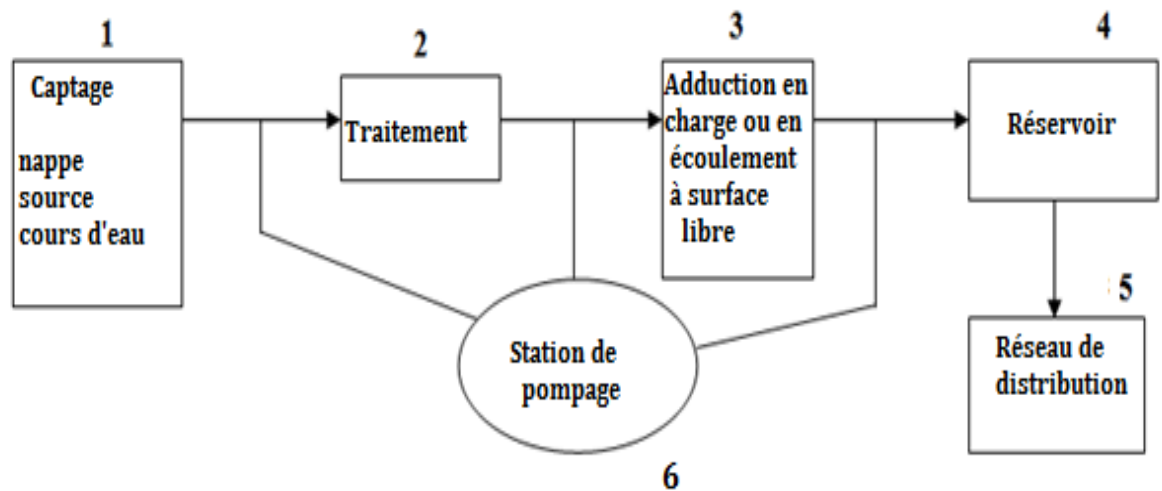


Figure 18. Schéma général d'un système d'alimentation en eau potable

On considère six étapes distinctes en alimentation en eau potable :

1. Captages ;
2. Traitement selon l'origine de la ressource en eau (superficielle ou souterraine) ;
3. Adduction (transport);
4. Stockage (réservoir);
5. Distribution au consommateur (réseau d'Alimentation en Eau Potable) ;
6. Station de pompage selon le relief de la zone d'étude.

Si la qualité de l'eau du captage (par exemple des eaux souterraines) est conforme à une eau potable on peut l'utiliser sans traitement on élimine alors la deuxième phase.

1.2 Classification des systèmes de distribution d'eau potable

Les systèmes de distribution d'eau potable peuvent être classés selon :

1.2.1 Type d'agglomération à alimenter

On distingue les systèmes d'alimentation en eau des agglomérations urbaines, et des agglomérations rurales.

1.2.2 Les sources d'alimentation en eau

Les systèmes dont les captages sont des eaux de surface (fleuves, lacs, barrages, etc...), et les systèmes dont les captages sont des eaux souterraines (voir figure 19 et 20).

1.2.3 La méthode d'amenée d'eau

On distingue les systèmes gravitaires, les systèmes par refoulement et les systèmes combinés (gravitaire et par refoulement dans le même système de distribution (voir figure 19 et 20).

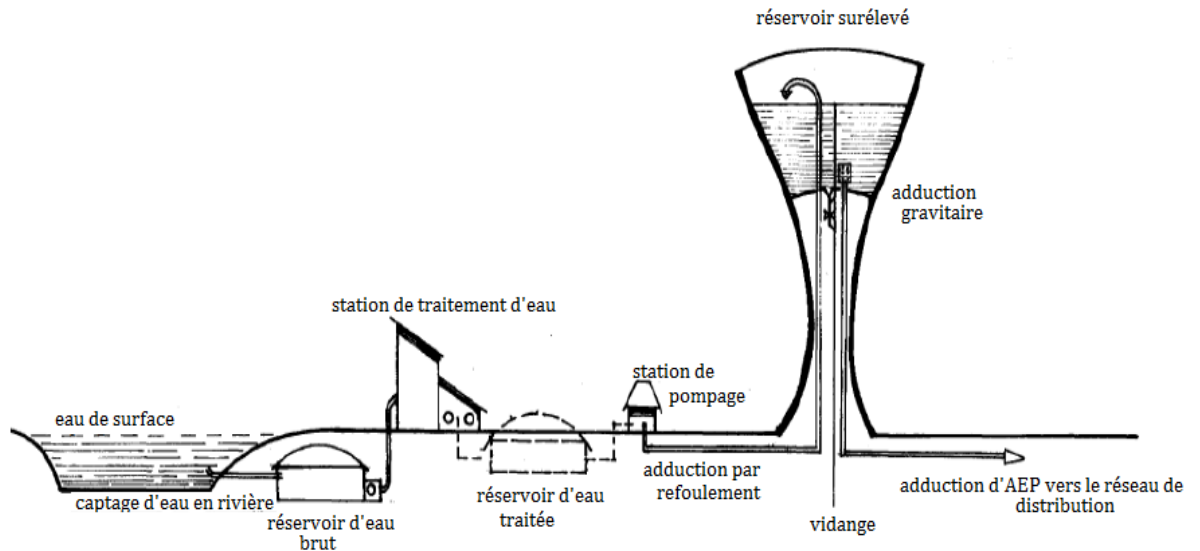


Figure 19. exemple d'une prise en rivière ; adduction gravitaire vers la distribution

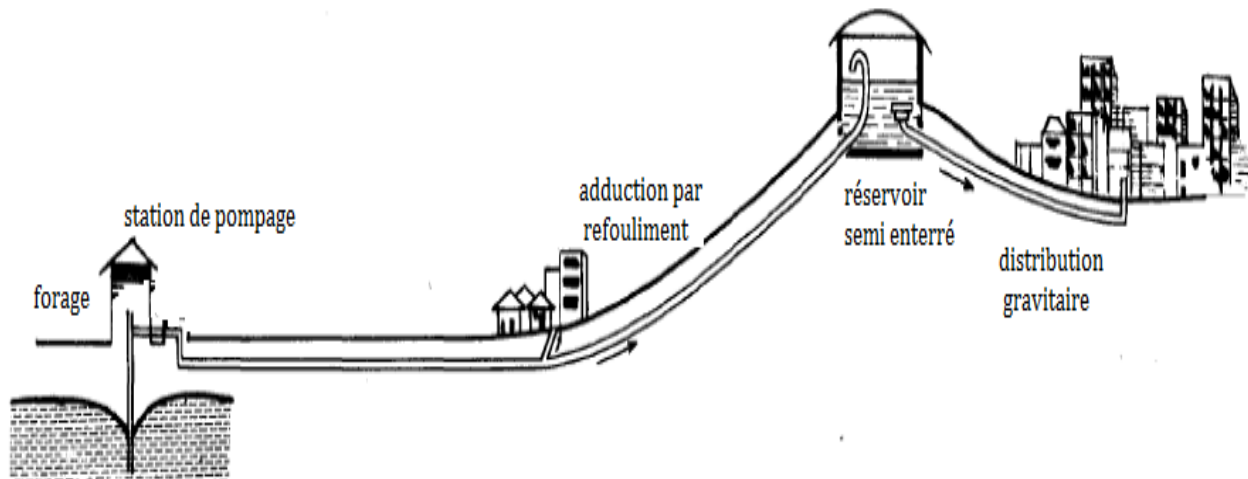


Figure 20. exemple d'une prise en forage ; adduction par refoulement vers le réservoir et distribution gravitaire

2. Eau de consommation

On appelle eau de consommation toute eau produite par les stations de traitement des eaux potables. Néanmoins une eau peut être apte à la consommation humaine sans traitement :

1. si elle provient de sources, ou de nappes souterraines ;
2. ou encore si l'eau est minérale (c'est une eau souterraine, qui se caractérise par sa pureté).

3. Consommation totale par catégorie de consommateur

La consommation est définie comme étant la quantité d'eau facturée aux usagers.

On appelle consommation totale par personne le produit entre la dotation et le nombre de consommateur de cette catégorie, elle est exprimé en $l/j/ha$.

Consommation totale d' une catégorie déterminée

= la dotation $\times$ nombre de consommateur de cette catégorie

La dotation est une estimation de la consommation unitaire par catégorie d'utilisateur, noté " q ".

La dotation est plus importante en ville qu'en zone rurale.

En Algérie 180 litres d'eau sont consommés par personne et par jour (en moyenne).

La consommation d'eau (la dotation) varie en fonction du type de consommateur. Avant tout projet d'alimentation en eau, il nous est nécessaire de procéder à un recensement de toutes les catégories de consommateurs rencontrés au niveau d'une agglomération. Les différentes catégories de consommation d'eau rencontrée dans une agglomération sont:

- Consommation domestique des abonnés particuliers ordinaires;
- Consommation d'eau publique (services publics tels école, arrosage des jardins, mosquée centre de santé...etc...);
- Consommation d'eau les zones industrielle ;
- Consommation d'eau pour la lutte contre l'incendie.

4. Consommation domestique

L'eau employée pour la consommation domestique comprend la totalité de l'eau utilisée pour la boisson, la préparation des repas, le lavage de vaisselle et du linge, douches, la consommation d'eau pour l'arrosage des jardins familiaux, le remplissage des piscines.

L'eau potable utilisée ainsi ne doit pas contenir des éléments minéraux organiques qui pourraient avoir une influence quelconque sur l'organisme qui la consomme. Les

besoins de propreté, de lavage de linge, et de cuisine demandent une eau peu calcaire et peu magnésienne.

La consommation domestique moyenne est généralement rapportée au nombre d'habitants, elle est alors exprimée en litres par jour et par habitant (en l/jour/hab). Cette consommation varie en fonction de plusieurs facteurs: le niveau de vie, les habitudes, la disponibilité de l'eau, le climat, le prix de l'eau, etc.

Tableau 1 : Consommation en fonction du nombre d'habitant

Nombre d'habitant (habitant)	Dotation en l/jour/hab
plus 100000	120 à 200
de 20000 à 100000	120 à 200
de 5 000 à 20000	80 à 120
moins que 5 000	60 à 80

5. Consommation publique

Les besoins publics englobent la consommation des administrations, des hôpitaux, des établissements scolaires, des mosquées, des bains, des douches, nettoyage des rues, piscine,... etc..

Nous citerons, ci-dessous, quelques exemples de besoins publics

- Pour le nettoyage des rues et l'arrosage des jardins: de 3 à 5 l/jour/m²
- Hôpitaux : de 150 à 200 l/jour/lit.
- Pour les administrations : de 5 à 10 l/jour/employé.
- Pour les écoles sans internat : de 3 à 5 l/jour/élève.
- Pour les écoles et casernes avec internat: de 50 à 60 l/jour/personne.
- Mosquée : 50 l/j/pratiquant
- Bain-douche : 100 l/j/poste
- Abattoir : 500 l/j/tête
- arrosage des jardins publique : 2 à 5 l/j/m²

6. Consommation dans les zones industrielles

Généralement, on ne peut tenir compte que des besoins des petites industries, qui sont branchées sur le réseau de la ville. Par contre les grandes industries sont isolées de la ville, elles sont alimentées par des réseaux indépendants, et nécessitent d'autres ressources en eaux tel que le dessalement de l'eau de mer.

Notons que la consommation industrielle dépend du produit fabriqué et surtout du procédé de fabrication utilisé. Nous donnerons, ci-dessous, quelques exemples de besoins industriels.

1. Pour les petites industries :
 - Boulangerie : $1 \text{ l} / \text{Kg de pain}$.
 - Industrie laitière : de 5 à $10 \text{ l} / \text{l de lait}$.
 - Conserve de fruits ou de légumes : de 6 à $15 \text{ l} / \text{Kg de conserves}$.
2. Pour les grandes industries :
 - Sucrierie de 2 à $15 \text{ m}^3 / \text{t de betteraves}$;
 - Cimenterie (voie humide) $2 \text{ m}^3 / \text{t de ciment}$;
 - Tannerie: de 20 à $140 \text{ m}^3 / \text{t de produit fabriqué}$;
 - Papeterie : de 50 à $300 \text{ m}^3 / \text{t de produit fabriqué}$;
 - Raffinerie de pétrole de 1 à $20 \text{ m}^3 / \text{t de pétrole}$;
 - Sidérurgie: de 6 à $300 \text{ m}^3 / \text{t d'acier}$;
 - Centrale électrique de 3 à $400 \text{ m}^3 / \text{MWh}$.

7. Pertes

Lorsqu' on parle de pertes cela comprend:

1. Les fuites sur le réseau :
 - La cassure ou la rupture d'une canalisation ;
 - Une mauvaise étanchéité des joints, des accessoires, ou des appareils hydrauliques ;
2. Les fuites aux branchements :
 - Les volumes d'eau prélevés hors comptage ;
 - Les branchements illicites (fraudes) ;
 - Les purges et vidanges ;
 - Les défauts d'enregistrement des compteurs ;
 - Sous comptage ou blocage des compteurs ...
3. Les fuites chez les abonnés
 - Robinets non ou mal fermés ;
 - Fuites des canalisations, des joints intérieures des immeubles...etc..
4. Fuite au niveau des réservoirs
 - les vannes ;
 - les joints...etc..

L'évaluation du volume de ces fuites dépend de :

- L'âge et l'état du réseau de distribution ;

- La compétence et l'efficacité du service de maintenance du réseau (rapidité de détection des fuites, efficacité d'exécution des travaux, équipement en matériels adéquats, ...etc....).

Selon l'état du réseau on peut distinguer :

Tableau 2 : perte selon l'état du réseau

Etat du réseau	perte
Pour un réseau bien entretenu	Les pertes atteignent jusqu'à 25% de la consommation
Pour un réseau moyennement entretenu	25% à 35%
Pour un réseau mal entretenu	Les pertes peuvent atteindre ou dépasser les 50%

8. Lutte contre l'incendie

Dans toute agglomération, il est nécessaire de tenir compte d'une quantité d'eau pour la lutte contre l'incendie. Les canalisations alimentant les appareils d'incendie devront pouvoir fournir un débit de 17 l/s sous une pression de 1bar.

Les appareils hydrauliques utilisés par les pompiers sont, soit des bouches d'incendie, soit des poteaux d'incendie. Dans les tronçons sur lesquels il est prévu l'installation de bouches d'incendie, le diamètre minimal sera de 80mm. Ces appareils doivent être espacés de 200 à 300 m les uns des autres et être répartis suivant l'importance des risques à défendre. Si le risque est faible, l'écartement pourra être porté à 400 m.

La capacité de cette réserve doit être comprise entre un minimum d'au moins 60 m³ utilisables en 1*heure* et 120 m³ utilisables en 2*heures* .

9. Facteur affectant les débits de consommation

Les facteurs qui affectent les volumes et les débits de consommation dépendent de :

- ☛ la taille de l'agglomération ;
- ☛ la présence d'entreprise ;
- ☛ la qualité de l'eau potable ;
- ☛ la pression de l'eau chez le consommateur ;
- ☛ l'installation de compteur (tarification) ;
- ☛ l'importance et du caractère des localités à desservir ;
- ☛ du mode de vie (des habitudes de la population) ;
- ☛ du climat

10. Variation de la consommation

La consommation d'eau est variable en fonction du mois (la consommation est maximale en Juillet et Août), du jour de la semaine (elle est généralement maximale le Vendredi), et de l'heure de la journée (elle est généralement maximale vers midi).

10.1 Coefficient de variation journalière (K_j)

Les ouvrages de prise, de traitement et d'adduction d'eau (stations de pompage, conduites, etc.) doivent être dimensionnés pour pouvoir fournir la demande journalière maximale (la journée de pointe ou la pointe journalière), de l'année du projet. On définit alors un coefficient de pointe journalière K_j :

$$K_j = \frac{Q_{jmax}}{Q_{jmoy}} \quad (8)$$

Q_{jmax} : Consommation journalière maximale

Q_{jmoy} : Consommation journalière moyenne

La valeur du coefficient K_j est déterminée à partir des statistiques sur la variation journalière de la consommation durant l'année. Généralement, la valeur de K_j varie de 1,1 à 1,3, selon le climat et les activités de l'agglomération (pour une zone touristique, K_j peut atteindre 4,3).

10.2 Coefficient de pointe horaire (K_h)

Les ouvrages de distribution d'eau (réseau, réservoirs) doivent être dimensionnés pour fournir la demande horaire maximale (l'heure de pointe), de la journée de pointe, de l'année du projet. On définit un coefficient de pointe horaire K_h :

$$K_{hmax} = \frac{Q_{hmax}}{Q_{hmoy}} \quad (9)$$

Q_{hmax} : Consommation horaire maximale

Q_{hmoy} : Consommation horaire moyenne

K_{hmax} : Ce coefficient représente l'augmentation de la consommation horaire pendant la journée la plus chargée. Il peut être défini :

$$K_{hmax} = \alpha_{max} \times \beta_{max} \quad (10)$$

α_{max} : Ce coefficient tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du régime de travail de l'industrie, sa valeur varie en fonction entre 1,2 et 1,4.

β_{max} : est un coefficient qui tient compte du nombre d'habitants sa valeur peut être obtenue à partir du tableau ci-dessous donnant le β_{max} en fonction du nombre d'habitant

Tableau 3 : Variation de $\beta_{\max}$ en fonction du nombre d'habitant

Nombre d'habitant $\times 10^3$	< 1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	3000	1000 et plus
$\beta_{\max}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1

10.3 Détermination du débit journalier domestique $Q_{j\text{moy}}$

Un réseau de distribution est généralement dimensionné pour faire transiter les débits de pointe horaire. Le débit journalier domestique est donné par la formule suivante :

$$Q_{j\text{moy}} = \frac{q \times N}{1000} (m^3/j) \quad (11)$$

q : dose unitaire, dotation hydrique par catégorie ou norme de consommation pour une personne pendant une journée en $(l/j/hab)$

N : nombre de la population, ce nombre tient compte de l'augmentation des populations pour un horizon donnée. N est calculé par la formule suivante :

$$N = N_0 (1 + t)^n \quad (12)$$

N : nombre d'habitant par rapport à l'horizon d'étude ;

N_0 : nombre d'habitant par rapport à l'année de base ;

t : taux d'accroissement égal ;

n : nombre d'année entre N et N_0

10.4 Détermination des débits journaliers pour différentes structures

$$Q_{j\text{moy}} = \frac{q \times N}{1000} (m^3/j) \quad (13)$$

N : est le nombre d'unité il peut aussi représenter une surface.

Le débit total est calculé par la formule suivante :

$$Q_{cal} = Q_{tot} + n \cdot Q_{tot} \quad (14)$$

Q_{cal} : c'est le débit final, le débit de dimensionnement

Q_{tot} : c'est la somme des débits calculés ultérieurement

n : pourcentage d'eau qui peut être perdue dans le réseau en %

10.5 Détermination du débit horaire

La variation du débit en fonction de l'heure est représentée par un histogramme. Le débit horaire permet de déterminer les heures maximales et minimales de consommation. L'interprétation de l'histogramme permet de déterminer, les pics, les excès, les déficits dans le but de combler les éventuels carences en eau.

3. Réservoirs

1. Classification des réservoirs

Les réservoirs sont couverts, à l'abri des contaminations, ils doivent être aérés et visitables. Ils peuvent être classés selon :

- La situation des lieux: enterrés, semi-enterrés, surélevés ou château d'eau.
- La nature des matériaux : réservoirs métalliques, réservoirs en béton ordinaire, réservoirs en béton armé, réservoirs en béton précontraint.
- Selon l'usage : réservoir principal d'accumulation et de stockage (réservoir de tête), Réservoir d'équilibre (réservoir tampon), Bâches de reprises (sert à l'alimentation directe en eau des stations de pompages, réservoirs de mise en charge (ils sont placés sur les points hauts du tracé généralement alimentés par refoulement, dont le but est d'alimenter gravitairement une grande partie du réseau d'adduction située à l'aval
- La forme de la cuve : Circulaire, rectangulaire, carrée, forme quelconque



Figure 21. Réservoir semi enterré

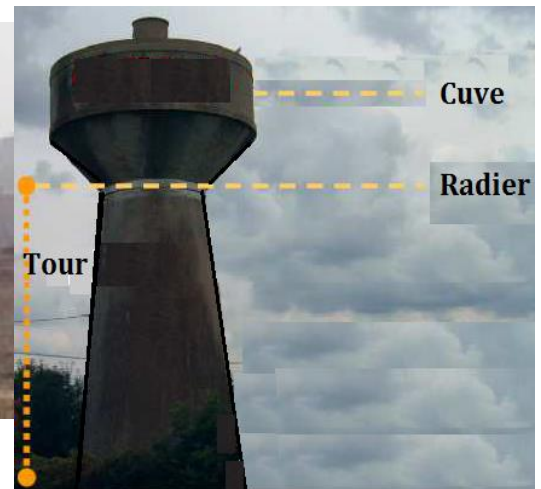


Figure 22. Réservoir surélevé

Les réservoirs enterrés et semi-enterrés sont préférables à ceux surélevés car ils présentent les avantages suivants :

- Etude architecturale très simplifiée;
- Etanchéité plus facile à réaliser ;
- Conservation à une température constante de l'eau emmagasinée.

2. Rôle des réservoirs

Outre l'emmagasinement de l'eau, le réservoir assure la sécurité vis-à-vis des risques d'incendie, de demande en eau exceptionnelle, ou en cas de rupture momentanée de l'adduction. Il a également une fonction économique en assurant un équilibre entre le régime de l'adduction et de la distribution. Il joue un rôle très important dans un réseau d'alimentation en eau potable et peut avoir plusieurs rôles :

1. le réservoir sert principalement à équilibrer la demande et la production, de sorte qu'il accumule l'excédent pour le fournir lorsque le débit de production est supérieur au débit de consommation.
2. le réservoir permet donc le stockage de l'eau venant de l'adduction pour assurer un apport de l'eau constant aux abonnés ;
3. le réservoir assure une réserve de sécurité dite réserve incendie ;
4. le réservoir permet l'alimentation des consommateurs pendant une panne de courant électrique, une réparation de l'adduction...etc. ;
5. le réservoir assure aux heures de pointe les débits nécessaires aux abonnés ;
6. le réservoir fournit aux abonnés une pression suffisante ;
7. le réservoir préserve l'eau de toutes contaminations, de pollutions, ou de fortes variations de températures.

3. Emplacement du réservoir

Un réservoir peut être disposé entre les ouvrages de captage, de traitement et d'adduction d'eau, et le réseau de distribution. L'emplacement des réservoirs doit être choisi de telle sorte à assurer une alimentation en eau au point le plus défavorable. Il dépend de la topographie du lieu. C'est après une étude économique l'on pourra déterminer le meilleur emplacement possible. Le meilleur emplacement n'est déterminé qu'après une étude technico-économique approfondie en prenant en considération les conditions suivantes :

- Ils doivent être placés à un niveau supérieur à celui de l'agglomération qu'ils desservent ;
- L'altitude du réservoir, plus précisément du radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau ;
- Le site du réservoir doit être le plus proche possible de l'agglomération (économie) pouvant alimenter le point le plus défavorable ;
- La topographie intervient et a une place prépondérante dans le choix de l'emplacement, de même que la géologie ;
- Il doit être construit sur des terrains stables et solides

3.1 Implantation en plaine

Lorsque l'agglomération à desservir est implantée en plaine, la localisation du réservoir est libre. Celui-ci doit nécessairement être surélevé, mais en revanche c'est des réservoirs inesthétiques.

- a) alimentation permanente

Si l'alimentation du réservoir est effectuée nuit et jour (soit par gravité depuis un relief éloigné, soit pompage permanent), le réservoir doit être situé le plus près de l'agglomération à alimenter. On diminue ainsi la longueur des canalisations qui doivent transiter le débit de pointe impliquant des pertes de charge importantes et nécessitant une grande énergie de pompage donc un coût élevé.

b) alimentation nocturne

- Si l'alimentation est effectuée par pompage nocturne (exemple 8 heures par nuit) les débits servant de base au calcul des pertes de charge sont du même ordre de grandeur, néanmoins en plaçant le réservoir à proximité des consommateurs, on diminue sa hauteur.

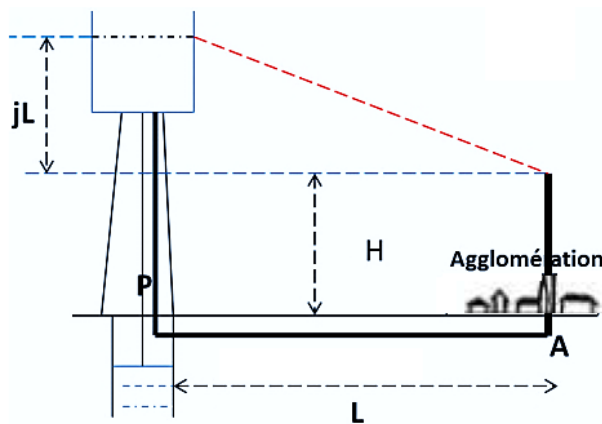


Figure 23. Réservoir surélevé loin de l'agglomération

- Si l'agglomération est étendue (exemple : urbanisation le long d'une voie principale), pour diminuer de la hauteur du réservoir, on le situe vers le milieu de l'agglomération (voir figure 24).

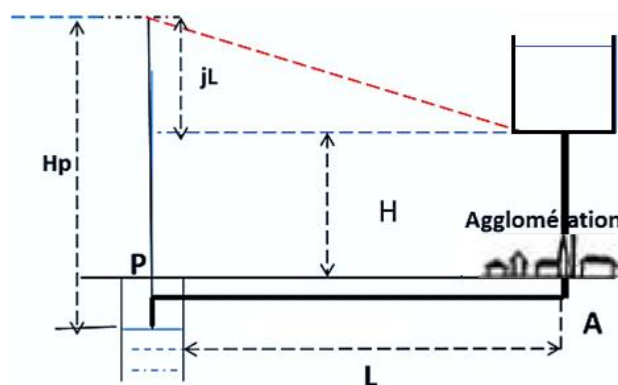


Figure 24. Réservoir surélevé au centre de l'agglomération

- Si des considérations d'esthétique s'opposent au choix d'un réservoir surélevé, et l'agglomération est importante, on peut disposer deux réservoirs de capacités sensiblement égale, aux deux extrémités de l'agglomération.

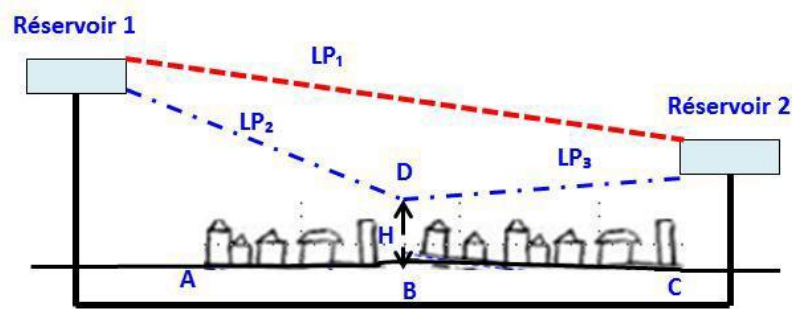


Figure 25. Réservoir aux extrémités de l'agglomération

c) réservoir d'équilibre

On peut disposer un réservoir principal et un ou plusieurs réservoirs de quartiers, moins importants, qui ont pour but de faciliter la distribution pendant les périodes de pointe, ils sont appelés "*réservoirs d'équilibre* »

3.2 Implantation en terrain accidenté

a) implantation du réservoir

En terrain accidenté, il faudrait éviter d'implanter des réservoirs surélevés. On choisit un site de cote dépassant celle des maisons les plus hautes d'une valeur de 10 à 20 m pour assurer leur alimentation correcte par simple gravité. Pour des raisons esthétiques, on opte pour un réservoir enterré, et pour des raisons économiques, on opte pour un réservoir semi-enterré pour lequel les frais de terrassement sont moins onéreux, et dont la couverture peut être plus légère.

Le choix du site doit obéir à la règle suivante : trouver à la cote minimale (assurant une desserte satisfaisante des maisons les plus hautes) le point le plus proche de l'agglomération, compte tenu des possibilités de fondations sur le terrain.

b) alimentation étagée

Quand une agglomération présente des différences de cote très importantes, on peut adopter une alimentation étagée pour éviter les pressions trop élevées au consommateur. Considérons l'exemple de la figure 26, les deux réservoirs R_1 et R_2 se situent à des cotes différentes pour se renforcer si nécessaire. La distribution s'effectue en escalier, Un réservoir R_1 pourra être prévu pour alimenter la zone comprise entre les cotes 30 et 50. R_1 sera implanté à la cote 70 et assurera la pression au sol qui variera de $70-30 = 40$ m et $70-50 = 20$ m d'eau. En outre, un deuxième réservoir R_2 alimentera la zone située entre les cotes 50 et 70.

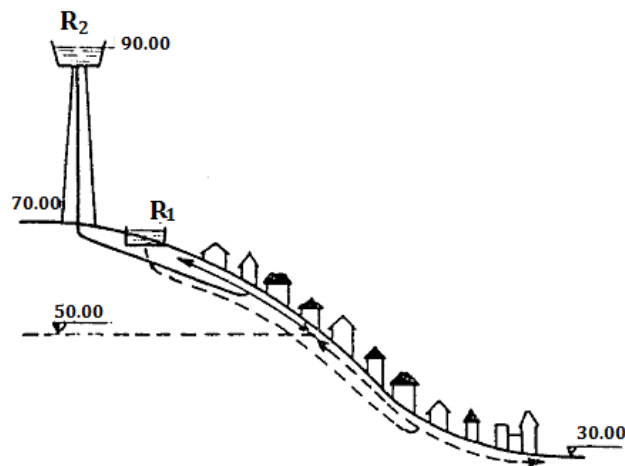


Figure 26. distribution étagée

Ces réservoirs peuvent être alimentés, soit par une station commune, soit par des sources différentes. Ils peuvent également être reliés entre eux.

4. Forme du réservoir

La section en plan des réservoirs est circulaire et parfois rectangulaire. En ce qui concerne les réservoirs surélevés, la forme de la cuve est généralement circulaire, son aspect extérieur doit s'adapter au paysage et demande une architecture appropriée au site pour respecter l'environnement (voir figure 27).



Figure 27. différentes formes de cuves

Les réservoirs semi-enterrés ont un toit voûté muni d'ouvertures d'aération et de visite pour inspection et nettoyage.

Dans certains cas il peut être intéressant de partager la capacité du réservoir entre deux demi-réservoirs, ce qui permet d'assurer la distribution pendant le nettoyage. On peut construire une cloison intermédiaire soit au milieu d'un réservoir rectangulaire, soit

entre deux réservoirs circulaires accolés par une corde commune : pour les réservoirs surélevés, on peut utiliser une séparation concentrique.

5. Capacité des réservoirs

Le calcul du volume réel d'eau se fait à partir de débits entrants (débits apporté par les pompes) et des débits sortants (débits de consommation c'est-à-dire les besoins en eau) du réservoir pendant les différentes heures de la journée.

Les calculs sont abordés selon la méthode analytique pour la répartition de la consommation.

La méthode de calcul du réservoir se présente comme suit :

- ♦ le volume réel du réservoir (V_r)

$$V_r = |\Delta V^+| + |\Delta V^-| \quad (15)$$

Tel que $|\Delta V^+|$ et $|\Delta V^-|$ sont la différence entre le volume apporté et le volume consommé.

Les volumes positifs représentent les excès et les volumes négatifs représentent les déficits.

$$V_t = V_r + V_{inc} \quad (16)$$

(V_t): Le volume total du réservoir (V_t)

V_{inc} : Le volume destiné à l'incendie

Remarque : les volumes des réservoirs les plus utilisés sont :

250 ; 500 ; 1000 ; 1500 ; 2000 ; 3000 ; 5000 ; 7500 ; 10000 ; 12000 ; 15000 et 20000 m^3

Pour des raisons économiques, les réservoirs sont construits en béton armé jusqu'à un volume de 2500 m^3 et en béton précontraint jusqu'à 20 000 m^3 .

Pour des faibles volumes, ils peuvent être métalliques.

La hauteur d'eau utile dans les cuves est comprise entre 3 et 6m. Pour les réservoirs de grande capacité la hauteur d'eau peut atteindre 7 à 10m.

6. Principe de construction

Un bon réservoir doit être résistant, étanche, et Durable.

L'étanchéité peut être obtenue:

- soit par des bandes de caoutchouc dont le bord plus épais est pris dans du ciment, soit par des produits plastiques spéciaux ne donnant pas de goût à l'eau, soit par un enduit au mortier ;
- soit dans la masse même du béton avec un dosage de l'ordre de 400 kg/m^3 ;
- soit par un enduit au mortier ou ou par incorporation d'hydrofuge et de plastifiant

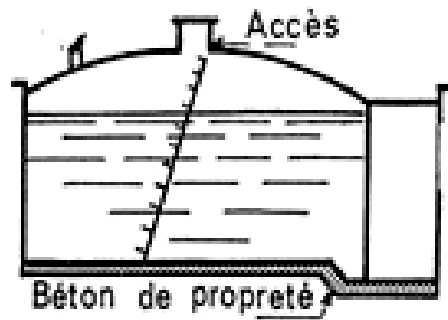


Figure 28. Accès au reservoir

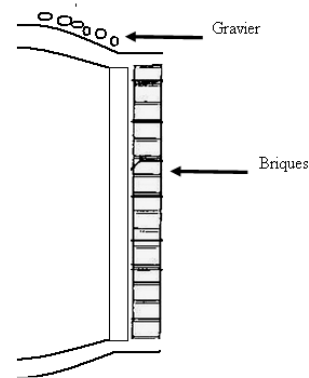


Figure 29. Isolation thermique

Pour les réservoirs enterrés, l'isolation naturelle est généralement suffisante. Pour les réservoirs surélevés ou semi-enterrés, l'isolation contre les rayons solaires du couvercle peut être obtenus en le couvrant d'une couche de gravillon. Les parois latérales peuvent être isolées en montant parallèlement à la paroi un rang de briques qui retient ainsi une couche d'air

7. Equipement d'un réservoir

Le réservoir est constitué par la cuve et une chambre de manœuvre, et comporte généralement des conduites, une crépine, des vannes, une fenêtre d'aération, un accès pour le nettoyage de la cuve, un trop-plein, une galerie de vidange....etc....

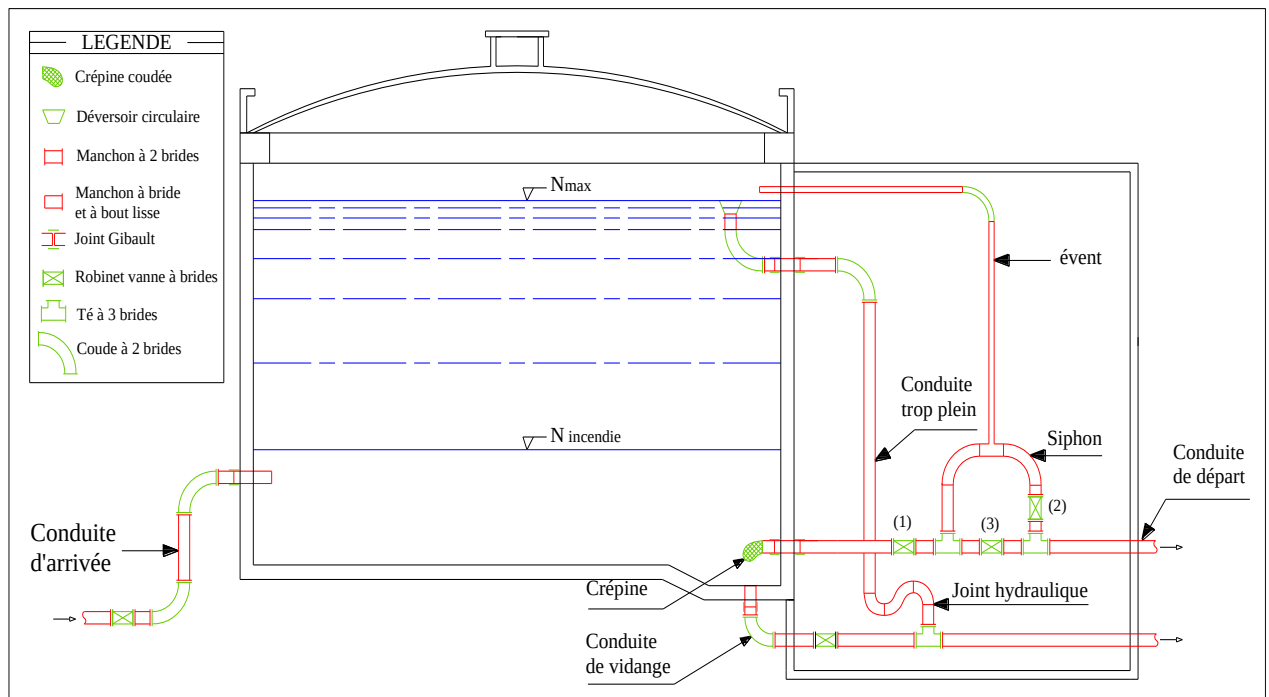


Figure 30. Coupe transversale d'un réservoir semi-enterré

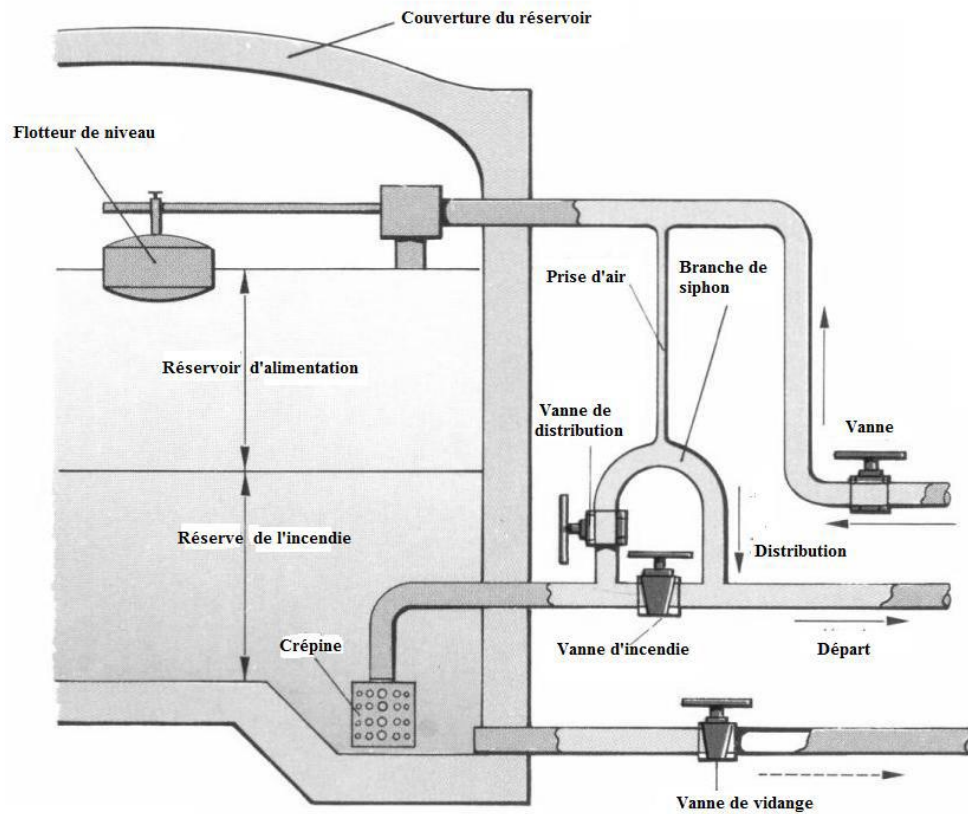


Figure 31. Equipement d'un réservoir semi enterré

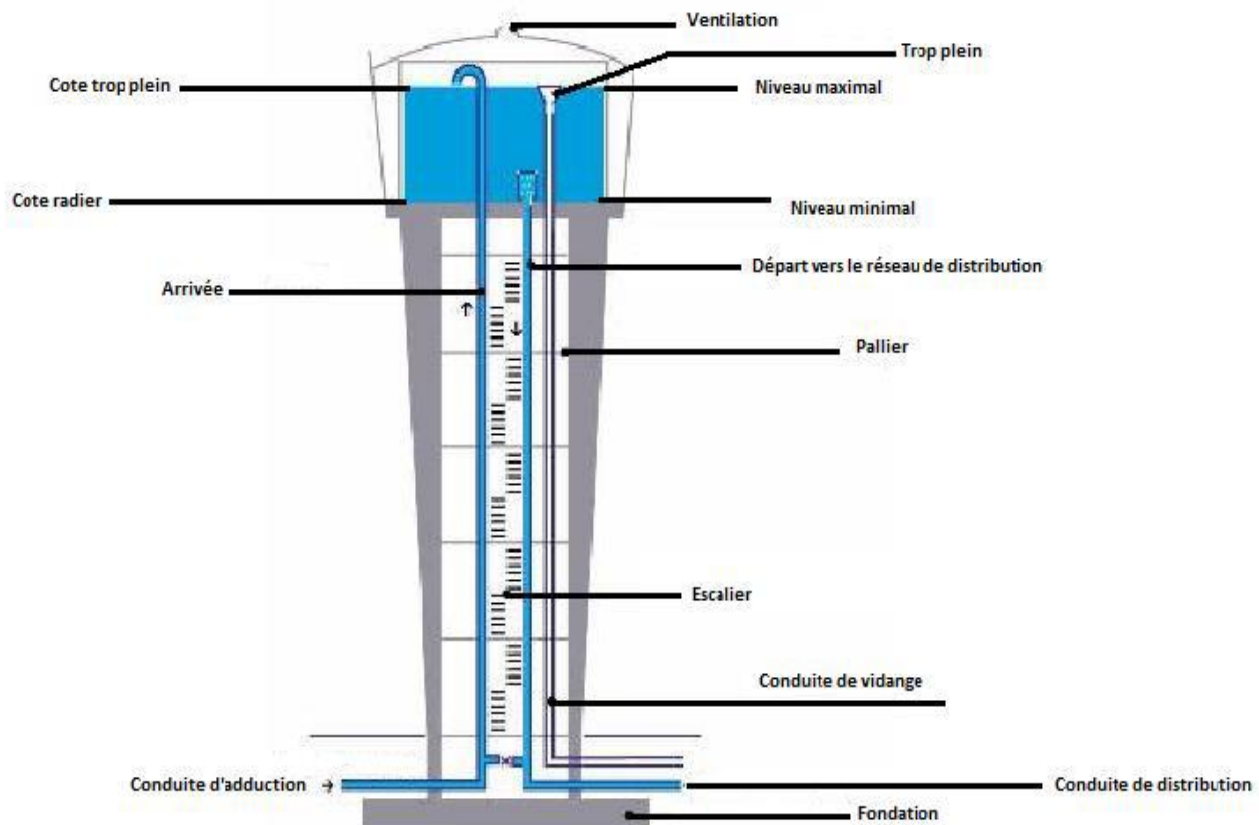


Figure 32. Equipement d'un réservoir surélevé

7.1 Conduite d'alimentation

C'est l'arrivée de l'adduction (voir figure 33), cette conduite débouche dans le réservoir à sa partie supérieure. On prévoit l'arrêt automatique de la pompe lorsque le réservoir est plein. Pour éviter une surveillance constante pendant le remplissage, on prévoit un robinet à flotteur tel qu'aussitôt que le réservoir est plein le robinet se ferme automatiquement : c'est le flotteur de niveau.

7.2 Conduite de distribution

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.20 m au-dessus du radier pour éviter l'introduction des dépôts décantés et du sable dans la conduite (Figure 34). La conduite qui part du réservoir sera munie d'une vanne papillon à fermeture automatique pour éviter le débordement des eaux.

7.3 Conduite du trop-plein

La conduite du trop-plein assure l'évacuation du débit d'adduction excédentaire lors de l'atteinte d'un niveau maximal dans le réservoir. Cette conduite ne doit pas comporter de robinet sur son parcours et son extrémité doit être en forme de siphon afin d'éviter l'introduction de certains corps nocifs dans la cuve.

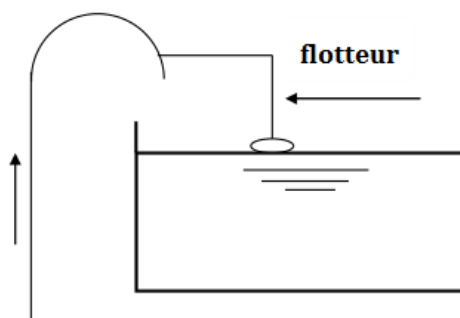


Figure 33. conduite d'alimentation

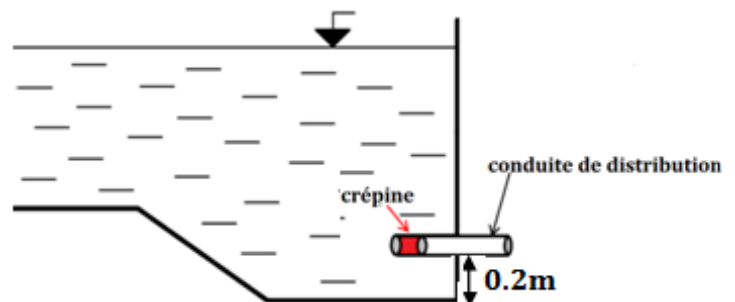


Figure 34. conduite de distribution

7.4 Conduite de vidange

La vidange est indispensable pour l'entretien du réservoir tel que le nettoyage, la réparation. Cette conduite se trouve au plus bas point du réservoir. Le radier du réservoir est réglé en pente vers son origine. Elle est raccordée à la conduite du trop-plein, et comporte un robinet vanne avant le raccordement sur cette dernière (Figure. 36).

7.5 Conduite de by-pass

C'est un tronçon de conduite qui assure la continuité de la distribution en cas de maintenance ou dans le cas de vidange de la cuve. Il relie la conduite d'adduction avec celle de distribution. En cas d'indisponibilité du réservoir par exemple le nettoyage ou

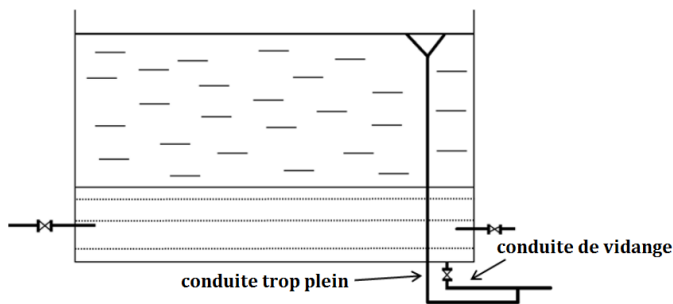


Figure 35. conduite du TROP plein

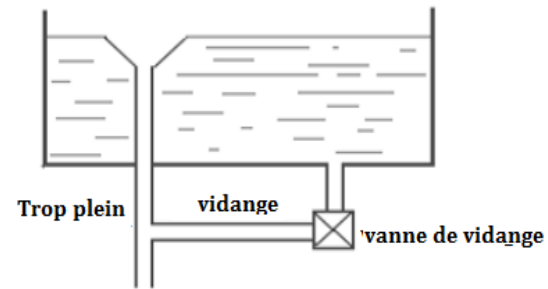


Figure 36. conduite de vidange

la réparation du réservoir, il faut prévoir une conduite de by-pass entre l'adduction et la distribution pour mettre la distribution de l'eau potable aux abonnés.

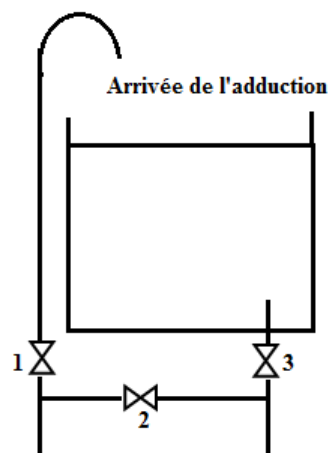


Figure 37. By-pass entre l'adduction et la distribution

En temps normal (figure.37), les vannes 1 et 3 sont ouvertes pour assurer la distribution de l'eau potable aux abonnés et la vanne 2 est fermée. En by-pass, les vannes 1 et 3 sont fermées et la vanne 2 ouverte.

Les travaux sur les réservoirs sont effectués sans que les abonnés aient à souffrir de coupure d'eau.

8. Installation de signalisation et de commande à distance (télécommande)

Les fonctions de la télécommande consistent à surveiller, à commander et à automatiser à distance des installations techniques réparties ou isolées. Les appareils gérés à distance sont nombreux : sonde de niveau, comptage des débits d'eau, pompes, alarmes contre les intrus, contrôle qualité, mesure de pression... L'électricité alimente tous ces appareils de mesure. L'ordinateur de chaque site communique les informations recueillies sur le terrain à un ordinateur central. La télécommande des réservoirs à distance nécessite un capteur d'intrusion, un capteur de niveau d'eau et un compteur d'eau..

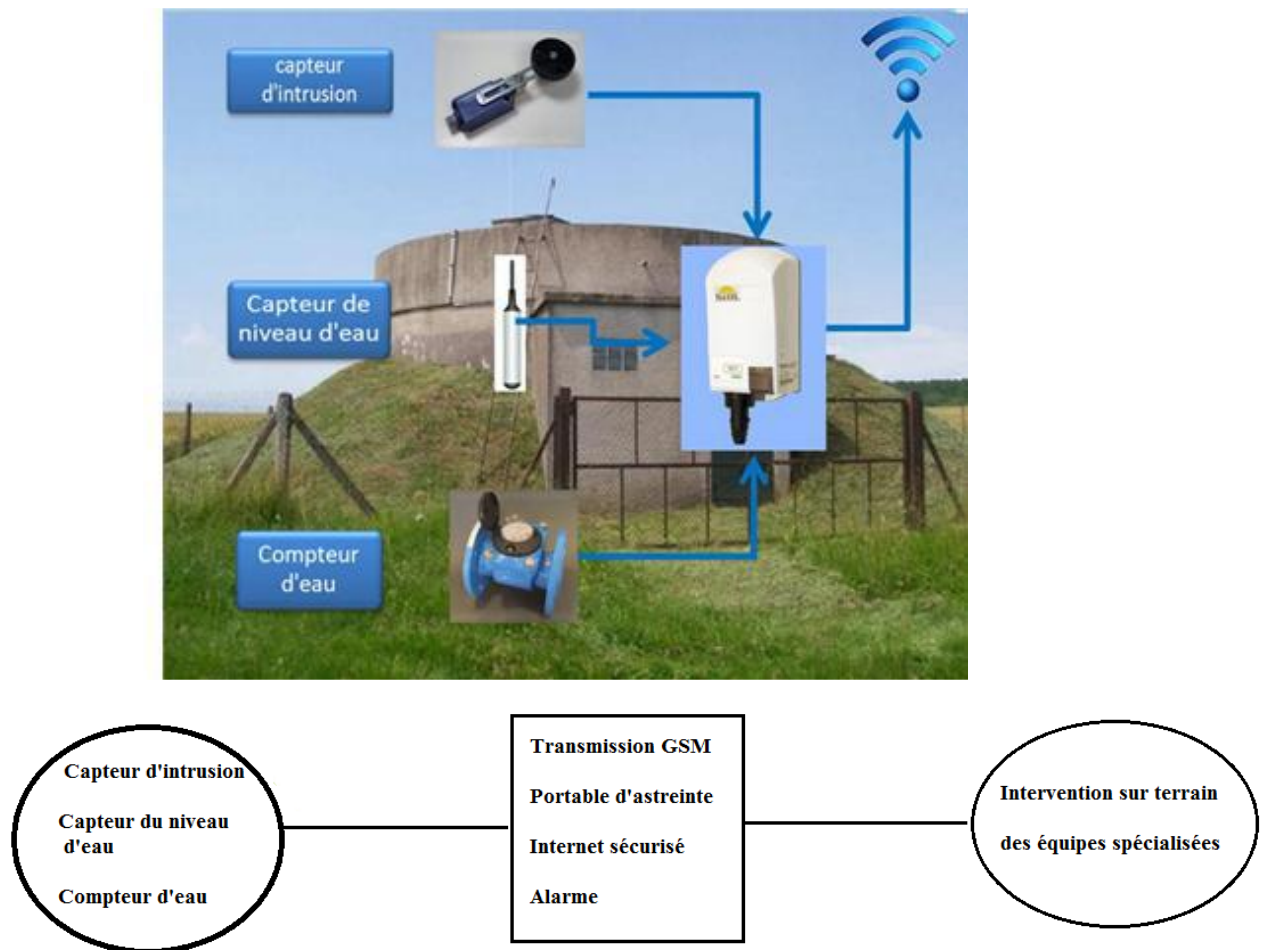


Figure 38. Télécommande à distance des réservoirs d'eau potable

Le capteur d'intrusion détecte toute présence indésirable au voisinage du réservoir alors que le capteur du niveau d'eau repère le dépassement du niveau normal de l'eau pour éviter les débordements donc les pertes importantes en eau potable. La figure 13 donne un aperçu simplifié sur la télécommande à distance des réservoirs d'eau potable

4. Nature des canalisations

**(sous pression et à écoulement
gravitaire)**



1. Définitions

Le terme d'adduction s'applique à l'ensemble des installations reliant la prise d'eau au point d'utilisation ou au réservoir.

➡ Lorsque les eaux peuvent être transportées uniquement par gravité l'ouvrage d'adduction peut consister :

- Soit en un canal découvert, ou un aqueduc couvert (écoulement à surface libre, c'est-à-dire sans pression) ;
- Soit en une conduite forcée (écoulement sous pression).

En Alimentation en Eau Potable on utilise des conduites en charge, l'écoulement est à section pleine, c'est-à-dire sous pression. Ce mode d'adduction permet d'avoir des vitesses plus grandes que dans le cas des aqueducs, de plus l'eau est isolée du milieu extérieur, donc le risque de pollution est éloigné. Néanmoins il est évident que, dans ces conduites en charge, la perte de charge est plus importante que dans les aqueducs.

➡ Adduction par refoulement (écoulement en charge seulement) : le refoulement nécessite l'utilisation de groupes élévatoires (pompes). Le niveau d'eau à l'amont du tronçon considéré est à une cote inférieure au niveau d'eau à l'aval du tronçon, exemple cas d'un captage situé à un niveau inférieur à celui du réservoir de distribution. Les eaux de captage (ou traitées) sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement. S'il y'a une distribution en route on parlera de refoulement distribué.

➡ Adduction mixte : Dans certains cas, la topographie des lieux imposera une adduction mixte refoulement-gravitaire. Un réservoir intermédiaire recevra l'eau provenant de la conduite de refoulement. L'eau s'écoulera ensuite par gravité.

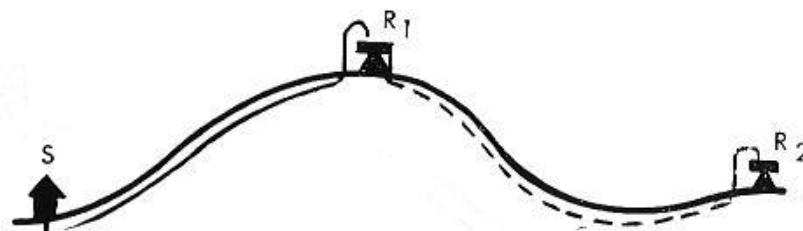


Figure 39. Adduction mixte

S : station de pompage ; R_1 et R_2 sont des réservoirs

➡ Service en route : service en route : il y'a service en route lorsqu'il existe des distributions aux abonnés effectuées à partir d'une adduction, par gravité ou par refoulement, avant l'arrivée de cette dernière au réservoir.

Une canalisation est caractérisée par :

- ☛ La nature et les caractéristiques mécaniques du matériau qui la constitue ;
- ☛ La nature et le type du joint qui assure, par assemblage rigide ou souple, la liaison entre deux éléments de tuyau et entre tuyau et pièce de raccord, tuyau et robinet....etc.. ;
- ☛ La nature et le nombre des pièces de raccord qui permettent les réductions de diamètre (cônes), les déviations (coudes), les dérivations (Tés)....etc....

Suivant les diamètres, les pressions supportées, et les conditions d'installation, on est amené à réaliser des conduites de différente nature. Les tuyaux les plus couramment utilisés pour l'adduction sont en fonte, en acier, en béton armé ou précontraint. En ce qui concerne les conduites de distribution, on utilise généralement des tuyaux en fonte, en amiante-ciment et en matière thermoplastiques, plastique. Pour les branchements et les installations intérieures sanitaires on utilise les tuyaux en plomb, en cuivre et en plastique.

Dans ce chapitre nous nous intéresserons plus particulièrement à la nature du matériau qui constitue les tuyauteries qui composent la canalisation.

2. Tuyaux en fonte

Le montage des pièces et le moulage sont faciles sur les tuyaux en fonte. Ils sont très robustes, résistants à la corrosion mais fragiles. La fonte utilisée est, soit la fonte grise ordinaire, soit la fonte ductile aux propriétés mécaniques plus élevées.

La fonte grise est le matériau le mieux adapté à l'établissement des conduites enterrées, par sa longévité. Ils sont utilisés pour la distribution et aussi pour l'assainissement,

La fonte grise (ordinaire) a été remplacée par la fonte ductile qui permet de supporter des pressions de service atteignant 50 *bars* pour les tuyaux ne dépassant pas 0,6m de diamètre, 40 *bars* pour les tuyaux de diamètre supérieur. Ce métal a des résistances analogues au tuyau en acier. Ces tuyaux nécessitent aussi un revêtement intérieur (à base de bitume ou de ciment) qui améliore l'écoulement, et un revêtement extérieur (par exemple de la soie de verre noyée dans un bitume de houille) si les terrains traversés sont corrosifs.

Ces tuyaux sont fabriqués en longueur utile de 6 m pour les diamètres de 60 mm à 600 mm inclus et en longueur de 7m à 8m pour les diamètres supérieurs. La pression de service varie de 40 à 60 *bars*. Ces tuyaux ont une rugosité de 0,1mm. Leurs 3diamètres nominaux sont :

60 – 80 – 100 – 125 – 150 – 200 – 250 – 300 – 350 – 400 – 450 – 500 –
600 – 700 – 800 – 900 – 1000 – 1200 mm.

3. Tuyaux en acier

Suivant les pressions et les diamètres, on peut utiliser différentes nuances d'acier. Les différents types d'acier sont : l'acier noir, l'acier galvanisé (la galvanisation est plus durable que l'acier noir), le cuivre et l'inox ondulé. Les tuyaux à base d'acier peuvent être utilisés pour différents diamètres intérieurs dans diverses installations : réservoirs, stations de pompage, pour franchir des obstacles particuliers, tel que siphon, passage sur pont. Les tuyaux en acier permettent une pose beaucoup plus souple, par contre ils sont plus sensible à la corrosion et nécessitent un revêtement intérieur (à base de bitume ou de ciment) et un revêtement extérieur (par la soie de verre noyée dans un bitume de houille: anticorrosion). Les tuyaux en acier non revêtus extérieurement doivent être protégés par un système de protection cathodique. Les tubes sont fournis en longueurs de 6 à 16 m. Les diamètres disponibles sont de 0,150 m à 1,00 m avec des épaisseurs de 3 à 9 mm. La pression de service varie de 40 à 60 bars.

Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où une économie de transport, mais plus lourdes que les tuyaux en matière plastique. Elles sont plus longues que les conduites en fonte ce qui diminue le nombre des raccordements et rend la pose plus rapide. Les résistances aux contraintes (chocs, écrasement, déplacements de terrains) est supérieure à celle des tuyaux en matière plastique et en fonte.

4. Tuyaux en béton

Parmi les tuyaux en béton il y'a lieu de distinguer :

- ◆ Les tuyaux à âme en tôle avec double revêtement en béton armé ou non : Les diamètres nominaux de ces tuyaux vont de 200mm à 3500mm avec des longueurs variant de 2.91m à 6.15m. Les épaisseurs des parois varient entre 50mm et 290mm.

- ◆ Les tuyaux en béton précontraint : L'étanchéité est parfaitement assurée, et la résistante est plus élevée. Parmi les tuyaux en béton en précontraint on peut citer :

- ☛ Le tuyau Socoman dont les diamètres varient de 500mm à 2500mm et peuvent atteindre 4000mm pour des longueurs variant de 7m à 5m.

- ☛ Le tuyau en béton précontraint FB (de la société Bonna).

- ☛ Le tuyau en béton précontraint Bonna-Sentab (de la société Bonna).

- ☛ Le tuyau en béton précontraint à âme en tôle incorporés (de la société Bonna).

Les diamètres de ces tuyaux varient de 400mm à 3200mm, la longueur de ces tuyaux varie de 2.82m à 6.15m

- ◆ Les tuyaux en béton armé pour faible pression

Les tuyaux en béton armé pour faibles pressions sont utilisés soit en écoulement libre, soit pour des pressions de services n'excédant pas 4bars . Les tuyaux en béton sont fabriqués par centrifugation. Les longueurs des tuyaux en béton armés varient de 4 à 6 m. Les diamètres disponibles sont de 0,300m à 3,200m.

Les caractéristiques du béton sont :

- ◆ résistance mécanique, résistance à la pression et à la dépression;
- ◆ Pérennité ;
- ◆ Grande résistance à la corrosion, l'abrasion, et aux agents climatiques.

5. Tuyaux en matière plastique

On dit qu'une substance est plastique lorsqu'elle peut se déformer sous l'action d'une force extérieure, puis conserver la forme acquise lorsque l'action est interrompue.

Les caractéristiques générales des tuyaux en matière plastique sont définies par la norme NF T 54-002. Selon la nature du matériau, on distingue quatre catégories :

5.1 Les tuyaux en polychlorure de vinyle non plastifié (P.V.C)

Pouvant être souple ou rigide, ils résistent à la corrosion, ils sont flexible, et léger ce qui facilite la pose et les raccords. Néanmoins le plastique est un matériau relativement sensible aux variations de température, le remblai doit être exécuté avec le plus grand soin. et pour les vieilles conduites en PVC, nous observons des fuites fréquentes au niveau des joints collés. leur diamètre est varié, mais il doit être inférieur à 300 mm. Ils sont fabriqués par longueurs de 5 à 6 m et en 3 classes de pression: 6; 10 et 16 bars.

5.2 Les tuyaux en polyéthylène basse densité (P.E.B.D)

Ces tuyaux sont de plus en plus utilisés: très souples, très légers, faciles à poser, de faible rugosité.

On n'en fabrique que les petits diamètres :16,20,25,32,40,50,63,75,90,110,125,160 et 200mm, avec des épaisseurs variant de 2 à 16mm.

Les pressions sont classées en 3 séries : 4bars, 6bars et 10bars.

5.3 Les tuyaux en polyéthylène haute densité (P.E.H.D)

Les caractéristiques du PEHD sont:

- Permet une pose simple et adéquate (poids faible) (PEHD) ;
- Résistant à des grandes pressions ($> 20\text{ bars}$) ;
- Réduction des pièces spéciales en assemblage ;
- Adaptation aux terrains accidentés ;
- Une très faible rugosité ;
- L'assemblage des tuyaux se fait par le soudage bout à bout .

Les pressions sont classées en 4 séries : 4bars, 6bars et 10bars et 16bars. Les diamètres sont de 10,12,16,25,32,40,50,63,75,90,110,125,140,160,200,250,315,400,et 500mm.

Le Polyéthylène (PE) est appliqué dans les réseaux enterrés d'adduction d'eau potable et branchements.

5.4 Les tuyaux en Polypropylène (PP)

Le polypropylène est un plastique standard à faible cout possédant des performances mécaniques et thermiques supérieures au Polyéthylène. Il peut se retrouver dans le transport ou pour des applications d'infrastructures où par exemple une rigidité supérieure au PE est exigée.

Tableau 4 : matériaux des conduites-avantages-inconvénients et coefficient de rugosité

Matériau	Avantages	inconvénients	coefficient de rugosité
Fonte ductile	Bonne résistance mécanique (réduction du risque de fissure) Matériaux flexible Bonne élasticité technique de pose économique résistance à la corrosion en protégeant la conduite à l'intérieur et à l'extérieur	Nombre de joint important. poids élevé Sensibilité à la corrosion nécessite une protection cathodique passive Prix élevé	0,1-0,5
Fonte grise	résistance à la corrosion durabilité élevée	sensibilité au choc et surpression (risque de cassures) non résistant aux séismes	0,1-0,5
Acier	Bonne élasticité, moins d'assemblages, bonne déformabilité, bonne sécurité contre les ruptures, assemblages par soudure Etanchéité.	corrodables, l'acier nécessite une protection extérieure et intérieure protection cathodique nécessaire grande dépense de temps, pour les assemblages par soudure prix et poids élevés,	0,05-0,5

béton précontraint	résistants à la corrosion bonne résistance aux ruptures non conducteurs d'électricité. .	poids élevé, réparations coûteuses dérivations et raccords très difficiles	0,1-0,25
Polyéthylène (PE)	Souple et flexible résistant à la corrosion résistant à la casse résistant aux UV léger facilité de pose économique grandes longueurs flexibilité, non conducteurs d'électricité. conditions favorable à l'écoulement grandes longueurs	peut libérer des substances dans l'eau sensibles aux coups, inflammables, la résistance diminue avec l'âge,	0,001-0,015
Polychlorure de vinyle (PVC)	résistant à la corrosion flexibilité (résistant aux mouvements du terrain) facilité de pose grandes longueurs	perméable aux hydrocarbures. sensibles à la température et à la lumière	0,001-0,015

6. Mise en service

➡ La mise en eau doit être progressive à partir d'un point bas en vérifiant que l'air s'évacue par les ventouses ;

➡ Les conduites sont éprouvées à l'eau à la pression de service majorée de 50% pendant une heure, les essais de pression se font sur des portions non reliées au réseau public existant en service, la diminution de pression constatée à l'issue de cette période ne doit pas être inférieure à 20 KPa. Les essais de pression sont réalisés dans le but de déterminer d'éventuelles fuites dans la conduite mise en place ;

➡ Il est ensuite procéder à une désinfection et au rinçage de la conduite. La désinfection a lieu lors de la mise en service du réseau. Elle est aussi à prévoir après réparation d'installation d'eau destinée à la consommation humaine. Les produits couramment utilisés pour la désinfection sont le permanganate de potassium ou des

dérivés du chlore. Pour la désinfection, il faut connaître le diamètre et la longueur de la conduite afin de pouvoir déterminer la concentration d'eau de javel ou du chlore HTH à injecter pendant 24 heures.

7. Repérage, plans d'exécution et signalisation

7.1 Repérage des canalisations enterrées

Le repérage des canalisations dépend du matériau utilisé :

- ◆ Pour repérer une canalisation métallique enterrée, on fait parcourir celle-ci par un courant électrique qui crée un signal ;
- ◆ Le repérage des canalisations non métallique peut s'effectuer de la même manière si elle est couverte par un grillage avertisseur muni d'un fil d'acier inoxydable, si non on peut utiliser des sondes de drains (petits émetteurs propulsés) dans la canalisation

7.2 Plans d'exécution

Lors de l'implantation (pose) d'une canalisation dans une tranchée, on doit tenir compte des normes suivantes :

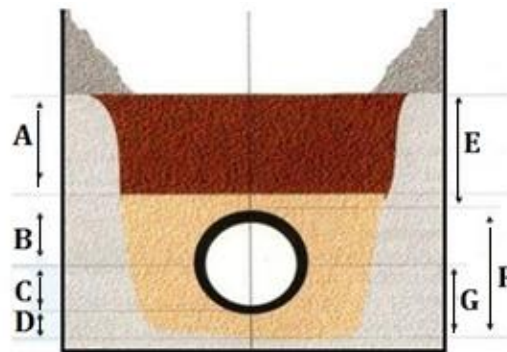
- ◆ La section transversale de la tranchée dépend de la largeur et de la profondeur ;
- ◆ La largeur est en fonction du diamètre de la conduite et de la nature du sol ;
- ◆ Un espacement de 30cm est prévu de part et d'autre de la conduite ;
- ◆ La profondeur doit être suffisante pour assurer la protection de la conduite contre les efforts de surcharges et de la variation de la température, on prévoit une profondeur minimale de 0,8m jusqu'à la génératrice supérieure de la conduite ;
- ◆ Le fond de la fouille doit être purgé des pierres qui pourraient s'y trouver, et convenablement dressé ; après quoi, il sera recouvert d'un lit de pose de 10 à 15 cm ;
- ◆ Le remblayage de la conduite est exécuté de façon à ne causer aucun dommage aux tubes.

Pour obtenir un bon remblai, on utilise une terre dépourvue de pierre très fortement damée par petites couches jusqu'à 30cm au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite ;

- ◆ En terrain agressif, on cherche une homogénéisation du sol par utilisation d'un remblai inerte, bien drainé au contact du métal pour atténuer le phénomène de corrosion ;
- ◆ Dans le cas d'une traversée de route, la pose des conduites s'effectuera dans une gaine (buse en acier de diamètre supérieur dans laquelle la conduite est introduite).

Pour protéger la canalisation des chocs et vibrations, et évacuer les fuites éventuelles hors de la chaussée ;

♦ Pour une traversée de cours d'eau, il est prévu un calage de la conduite tel que la génératrice supérieure se trouve à 2m sous le point le plus bas du lit de l'oued. Le remblaiement de la fouille sera réalisé avec les matériaux en place. En conséquence, la conduite traversant en tranchée un talweg doit être protégée à sa partie aval par un gabion longitudinal enterré jusqu'au ras du sol. Les canalisations seront noyées dans une longrine protectrice en béton ou mise sous gaines de protection en acier.



A : Remblai supérieur
B : Remblai de protection
C : Assise
D : Lit de pose
E : Hauteur de couverture
F : Enrobage
G : Appui

Figure 40. Pose de la conduite en tranchée

Tableau 5 : Les différents matériaux composant une tranchée

Couche	Matériau	Hauteur de remblai
Lit de pose	Sable de diamètre de 0.1 à 5mm	Couche d'au moins 10cm
Assise	Sable de diamètre de 0.1 à 5mm	Jusqu'à hauteur axe du tube
Remblai de protection	Sable de diamètre de 0.1 à 5mm	10 cm au-dessus du tube
Remblai supérieur	Réutilisation déblai	Jusqu'à la surface

7.3 Signalisation des tuyauteries

La signalisation des tuyauteries se fait à l'aide d'un grillage avertisseur qui :

1. Signale la présence de canalisations enterrées. Le grillage avertisseur est posé à 20cm au dessus de la canalisation à signaler (figure.41);
2. Permet de prévenir la présence d'un ouvrage enterré ;
3. Permet d'identifier la nature de l'ouvrage.

Les divers réseaux sont indiqués dans la figure 42.

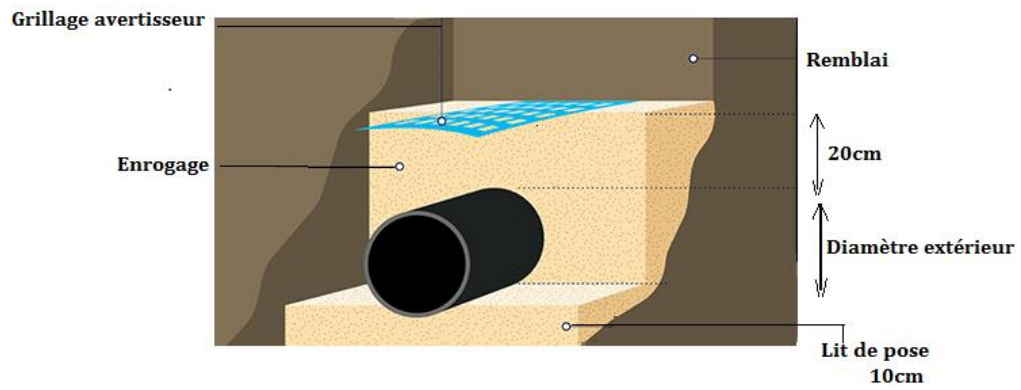


Figure 41. Présentation du grillage avertisseur

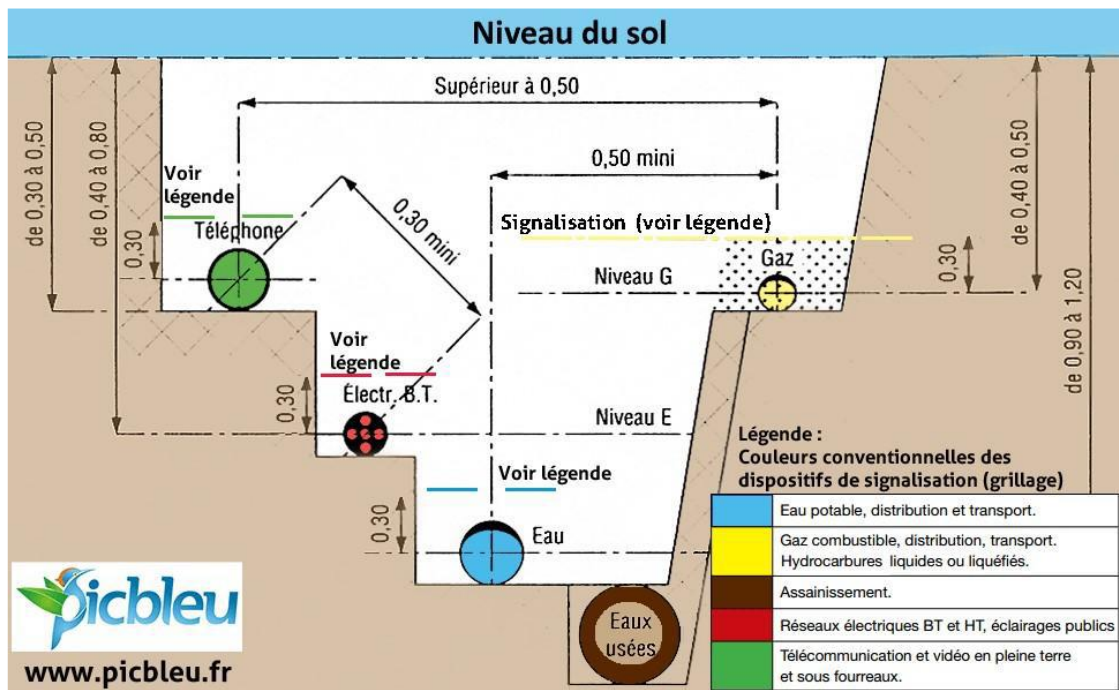


Figure 42. Schéma de croisement des différents réseaux

5. Réseaux de distribution des eaux



1. Type de réseaux

Le réseau d'eau potable est l'ensemble des conduites et appareillages permettant la distribution de l'eau stockée aux abonnés. Il est caractérisé par un tronçon de conduite reliée par des points communs dénommés nœuds, et doit avoir un diamètre suffisant pour assurer le débit maximum avec une pression minimale au sol compatible avec la hauteur des immeubles. Les conduites de distribution sont posées en terre, sous les trottoirs. Elles suivent les rues de la ville.

Selon les liaisons entre les différents tronçons de distribution, on distingue généralement:

- ◆ le réseau ramifié ;
- ◆ le réseau maillé ;
- ◆ le réseau mixte ;
- ◆ sans oublier le réseau étagé.

1.1 Réseau ramifié

Le réseau ramifié présente l'avantage d'être économique mais il manque de souplesse et de sécurité. L'eau circule dans toute la canalisation dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires, vers les conduites tertiaires). De ce fait chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul côté, les conduites ne comportent aucune alimentation en retour. Une rupture sur la conduite principale prive d'eau les abonnés situés en aval.

1.2 Réseau maillé

Un réseau maillé est constitué d'un ensemble de conduite formant des boucles fermées dites mailles.

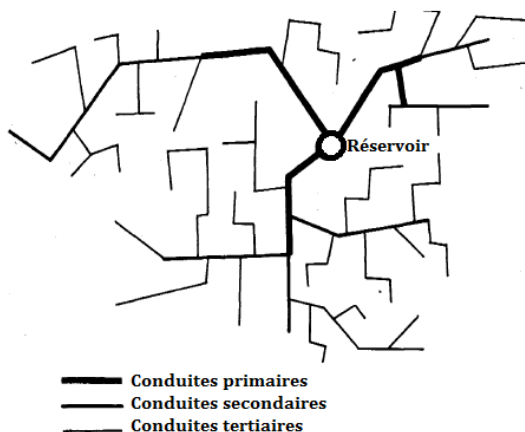


Figure 43. Réseau ramifié

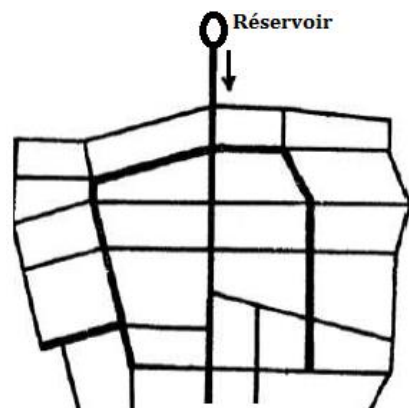


Figure 44. Réseau maillé

Contrairement au réseau ramifié, le réseau maillé permet une alimentation en retour, chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés.

Ce type de réseaux présente les avantages suivants:

- ☛ plus de sécurité dans l'alimentation (en cas de rupture d'une conduite, il suffit de l'isoler et tous les abonnés situés à l'aval seront alimentés par les autres conduites) ;
- ☛ une répartition plus uniforme des pressions et des débits dans tout le réseau. Il est, par contre, plus coûteux et plus difficile à calculer

1.3 Réseau mixte

Un réseau mixte est un réseau maillé comportant, en cas de besoin, quelques ramifications permettant d'alimenter quelques zones isolées de la ville. Ce type de réseau est utilisé pour desservir les quartiers en périphérie de la ville par les ramifications issues des mailles utilisées dans le centre-ville.

1.4 Réseau étagé

En zone accidentée, il est possible de construire les réseaux indépendants avec des pressions limitées aux environ de 60 mètres de colonne d'eau. Lorsque le secteur à alimenter s'étend sur

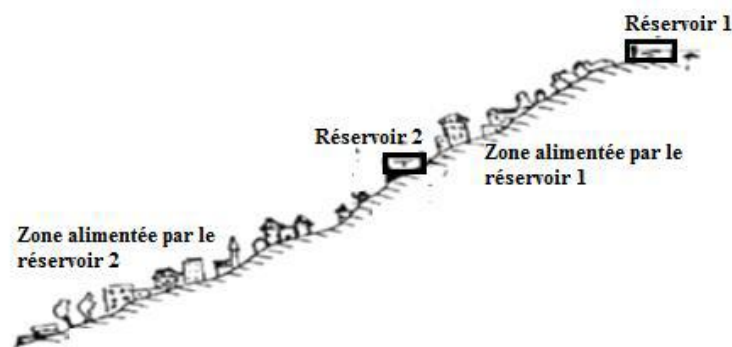


Figure 45. Réseau étagé

une dénivellation trop importante, l'alimentation à partir d'un seul réservoir peut être à l'origine de pressions trop élevées en bas du réseau. Des réservoirs intermédiaires doivent alors être intercalés, ce qui permet de diviser le réseau en sous-réseaux d'une dénivellation satisfaisante. Ces réservoirs peuvent être alimentés par la même source, avoir leur propre alimentation, ou même être reliés entre eux

2. Conditions sur les vitesses et les pressions

2.1 Conditions sur les vitesses

La vitesse de l'eau est comprise entre 0,55 et 1,20 m/s. Les vitesses inférieures à 0,55 m/s favorisent le dépôt solide dans les canalisations. Les vitesses supérieures à 1,20 m/s risquent de favoriser les fuites et le coup de Bélier, et de créer des cavitations et des bruits. En cas d'incendie, généralement, on accepte des vitesses atteignant 2,50 m/s.

2.2 Conditions sur les pressions

En vue de limiter les fuites dans les joints et les bruits dans les conduites, il faut éviter des pressions supérieures à 40m. Sinon il faudrait prévoir soit des réducteurs de pression sur le réseau (ils permettent de réduire la pression de l'eau) soit une distribution étagée.

Le réseau doit être calculé pour fournir les pressions au sol selon la hauteur des immeubles (en mètres d'eau)

Tableau 6 : Pression au sol en fonction de la hauteur des immeubles

Pression au sol	Hauteur des immeubles
12 à 15m	1 étage
16 à 19m	2 étages
20 à 23m	3 étages
24 à 27m	4 étages
29 à 32m	5 étages
33 à 37	6 étages
37 à 40m	7 étages

Pour les immeubles plus élevés, il faudrait installer, dans les sous sols, des surpresseurs.

Les canalisations équipées de bouches d'incendie devront pouvoir fournir, en cas d'incendie, une pression minimale au sol de 10m. Cette pression est nécessaire pour garantir un débit suffisant pour les opérations de lutte contre l'incendie en tout point du réseau de distribution.

Les conduites de distribution doivent pouvoir acheminer les plus forts débits. Elles sont calculées avec le débit de pointe (c'est le débit maximal que la conduite aura à transiter). Il est également nécessaire de vérifier le comportement du réseau de distribution en cas d'incendie en ajoutant à ce débit de pointe, un débit d'incendie égal à 17 l/s,

Le dimensionnement des canalisations se fait donc avec le débit de pointe auquel on ajoute le débit d'incendie. Le débit résultant doit être majoré par :

- 25% si le réseau est bien entretenu ;
- 30% si le réseau est moyennement entretenu ;
- 50% si le réseau est mal entretenu.

Le long d'un tronçon de distribution le débit étant variable, donc le débit de calcul sera donné par les formules suivantes :

$$Q_c = Q_t + 0.55Q_r \text{ (pour le réseau ramifié)} \quad (17)$$

$$Q_c = Q_t + 0.5 \sum Q_r \text{ (pour le réseau maillé)} \quad (18)$$

Q_c : Débit calculé ;

Q_t : Débit au tronçon ;

Q_r : Débit de route.

3. Calcul des réseaux ramifiés

Le calcul du réseau ramifié (figure 46) se fait en partant de l'extrémité aval du réseau et en remontant de tronçon en tronçon jusqu'au réservoir. Les débits calculés dépendent du coefficient de pointe horaire de l'agglomération.

Les étapes de calcul sont comme suite:

1. On calcul le débit consommé au tronçon ;
2. On détermine les débits en route et aval en partant de l'extrémité.
3. Le débit calculé est déduit de la formule

$$Q_c = Q_t + 0.55Q_r \quad (19)$$

4. Pour le choix du diamètre, se référer à l'abaque en limitant la vitesse entre 0,50 et 1,25m/s. Le diamètre minimum étant 0,80 m.
5. On peut déduire de l'abaque la perte de charge unitaire " j "
6. La perte de charge totale étant $J = j \times L$ (L : est la longueur du tronçon) ;
7. On peut trouver la hauteur piézométrique aval ainsi que la pression au sol en utilisant les formules suivantes :

$$H_{\text{piézométrique aval}} = H_{\text{piézométrique amont}} - J \quad (20)$$

$$\text{Pression au sol} = H_{\text{piézométrique aval}} - \text{cote au sol} \quad (21)$$

4. Calcul des réseaux maillés

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour le calcul d'un réseau maillé. Une des méthodes la plus utilisée est celle de Hardy Cross.

4.1 Méthode d'Hardy Cross

Cette méthode de calcul par itération consiste à répartir les grandeurs arbitrairement et de vérifier les conditions d'équilibre ou de continuité. Si ces conditions ne sont pas satisfaites, on modifie la répartition selon des lois permettant de réduire le déséquilibre, on répète le cycle correctif jusqu'à ce que les conditions d'équilibre ou de continuité soient satisfaites. La méthode de Hardy Cross repose sur deux (02) lois appelées lois de Kirchhoff.

- ☛ première loi de Kirchhoff « Loi des nœuds »

En un nœud quelconque, la somme des débits qui arrivent à ce nœud est égale à la somme des débits qui en partent ((il n'y a pas d'accumulation d'eau dans ce nœud). Les débits entrants sont supposés positifs, et les débits sortants sont par contre considérés négatifs;

☛ Deuxième loi de Kirchhoff « Loi des mailles »

Le long d'un parcours orienté et fermé (maille), la somme algébrique des pertes de charges est nulle. Le sens positif est le sens de déplacement des aiguilles d'une montre.

■ Loi des nœuds

Nœud A : $Q_p = Q_1 + Q_2$

■ Loi des mailles

Maille I : $J_1 - J_2 - J_3 + J_4$

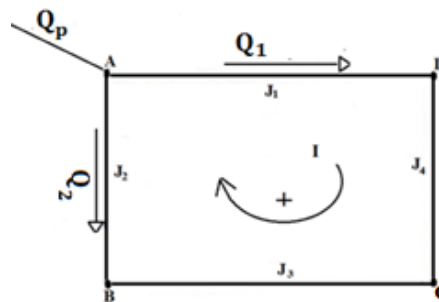


Figure 46. Représentation d'une maille

La méthode de Hardy Cross consiste, à se fixer une répartition provisoire des débits, tout en respectant la première loi de Kirchhoff. Cette première répartition permet de choisir les diamètres provisoires, des canalisations en respectant les vitesses admissibles *entre* 0,55 et 1,25 m/s et de calculer les pertes de charge correspondantes. Généralement, la somme algébrique des pertes de charge ne peut pas être nulle, dans toutes les mailles, dès la première approximation, le débit doit être corrigé avec la un débit correctif " Δq ":

$$\Delta q = \frac{-\sum J}{2 \sum \frac{J}{q}} \quad (\text{Formule de Fair}) \quad (22)$$

Rappelons que les débits positifs, par rapport à l'orientation choisie, seront corrigés par Δq , affecté de son signe, alors que les débits négatifs seront corrigés par Δq multiplié par -1 .

Si la deuxième loi n'est pas encore vérifiée, il faudrait de nouveau corriger les débits d'une nouvelle valeur Δq calculée comme précédemment.

Dans le cas de deux mailles adjacentes, la conduite commune sera affectée par les deux corrections des débits calculées pour les deux mailles, affectées de leurs signes respectifs. On peut arrêter les itérations pour $\Delta q < 0,4 \text{ l/s}$ et $J \leq 0,2$ à $0,5 \text{ m}$.

Dans le cas où le calcul est fait au biais d'un logiciel, les itérations peuvent aller plus loin $\Delta q < 0,01 \text{ l/s}$

4.2 Exemple de calcul d'un réseau maillé

1. Les longueurs des conduites sont donnée par le tracé du réseau;
 2. Les débits sont calculés par la méthode itérative ;
 3. On reporte les débits calculés sur le schéma ;
 4. On établit un tableau dont la première partie (composés de 5 colonnes) concerne les caractéristiques des mailles et des conduites.
 5. La colonne 1 porte les numéros de mailles ;
 6. La colonne 2 couplage (numéro de la maille adjacente lorsqu'une conduite fait partie de deux mailles) ;
 7. Il est ensuite rempli les colonnes 3(numéro du tronçon de la conduite), 4(diamètre de la conduite), et 5(longueur de la conduite) ;
 8. Dans la 6^{ième} colonne il est reporté les débits proposés (portés sur la figure) affectés de leur signe selon la convention ;
 9. Les colonnes 7 et 8 mentionnent les pertes de charge calculées à partir de la table de Colebrook ;
 10. La colonne 9 contient les valeurs absolues des quotients $\frac{J_0}{Q_0}$ (J_0 : est exprimé en m et Q_0 : est exprimé en m^3/s)
 11. La première partie du tableau étant remplie, il est appliqué à chaque maille la formule de Fair : $\Delta q = \frac{-\sum J}{2 \sum \frac{J}{Q}}$;
 12. Dans la colonne 10, il est porté le calcul du débit correctif pour chaque maille ;
 13. Après report dans la colonne 11 des débits corrigés, il y'a lieu de recommencer les opérations précédentes qui ne peuvent s'arrêter que lorsque les débits correctifs deviennent très faibles, c'est-à-dire jusqu'à équilibrage final des mailles.
 14. Il ressort que les sommes algébriques des pertes de charge dans chaque maille sont très faibles, et les débits définitifs sont assez peu différents des débits estimés.
- NB/ Dans le cas contraire, il faudrait rectifier les diamètres

5. Rendement des réseaux

5.1 Définition des volumes d'eau utilisés en Alimentation en Eau Potable

- Le volume produit

Il s'agit du volume issu des ouvrages de production du service, acheminé vers un réservoir ou introduit dans le réseau de distribution.

- Le volume mis en distribution

Volume mis en tête du réseau à partir d'un ouvrage de distribution (réservoir) ou directement d'un ouvrage de production

- Le volume comptabilisé

Il s'agit du volume consommé mesuré issu du relevé des compteurs des clients.

- Volume de service du réseau

Volume utilisé pour l'exploitation du réseau.

- Volume détourné

Il s'agit des volumes utilisés frauduleusement, comme par exemple un branchement non autorisé sur un poteau incendie ou bien encore un piquage avant compteur.

- Volume défaut de comptage

Volume résultant de l'imprécision et/ou du dysfonctionnement des organes de comptage, des oublis de relève et des erreurs de lecture.

- Volume des fuites

Volume résultant des défauts d'étanchéité du réseau de distribution (conduites, branchements et pièces spéciales).

- Volume facturé

Volume résultant de la facturation, il peut être différent du volume comptabilisé à cause des estimations, dégrèvements d'impôt, etc.

- Volume des pertes en distribution

Volume des pertes en distribution = volume détourné + volume des fuites + volume défaut de comptage

5.2 Définition du rendement des réseaux

Les principales opérations qui peuvent être effectuées au titre de la mise en service et de l'entretien des réseaux sont :

- ◆ La désinfection ;
- ◆ Le repérage des canalisations enterrées ;
- ◆ La détection des fuites d'eau ;
- ◆ La désincrustation des canalisations ;
- ◆ Les réparations proprement dites.

L'objet des trois derniers types d'intervention est d'améliorer *le rendement des réseaux*, qui se définit par le rapport suivant

$$R_d = \frac{C}{D} \quad (23)$$

R_d : Rendement en % ;

C : Volume consommé ;

D : Volume distribué.

Tableau 7 : Evaluation du rendement d'un réseau

Classe de rendement	Valeur en %
Bon	sup. à 80%
Moyen	70 à 80%
Mauvais	60 à 70 %
Très mauvais	inf. à 60%

Le rendement est un indicateur de performance d'un réseau. Sa définition a évolué ces dernières années. Ainsi, on distingue :

$$\text{Le rendement primaire} = \frac{\text{volume comptabilisé}}{\text{volume mis en distribution}} \times 100 \quad (24)$$

Dans cette définition, le volume comptabilisé représente le volume facturé à l'abonné, issu du relevé des appareils de comptage. Le rendement primaire ne traduit à aucun moment les pertes en eau sur le réseau puisque tous les volumes consommés ne sont pas pris en compte, comme par exemple les volumes de service.

$$\text{Le rendement net} = \frac{\text{volume consommé}}{\text{volume mis en distribution}} \times 100 \quad (25)$$

Dans cette définition, le volume consommé correspond au volume comptabilisé chez les abonnés auquel est rajoutée une estimation des consommations autorisées sans comptage (service de la propreté, défense incendie...) et le volume utilisé pour le service.

5.3 Les indices linéaires des réseaux

La seule connaissance du rendement est insuffisante pour avoir une idée précise de la bonne étanchéité du réseau, un même volume distribué par des conduites de longueurs différentes ayant des rendements différents. C'est pourquoi on doit ramener le volume des pertes en distribution à la longueur du réseau pour obtenir l'indice des pertes.

a) indice linéaire de pertes en réseau " ILP "

Cet indice permet de comparer des réseaux différents par leur longueur. Les valeurs de référence de l' ILP sont fonction de la densité des branchements. Il est donné par :

$$ILP = V \text{ per dis} / L_r \text{ (m}^3/\text{j/km)} \quad (26)$$

Avec :

$V \text{ per dis}$: Volume des pertes en distribution (m^3) pendant une journée

L_r : Longueur du réseau hors branchement (km).

L' *ILP* est jugé satisfaisant si sa valeur est inférieure aux valeurs de références suivantes :

Tableau 8 : Valeur de l' *ILP* en fonction de la densité d'abonnés

Densité d'abonnés	Valeur maximum d' <i>ILP</i> (m ³ /j/km)
<25 abonnés/km	2,5
25 à 50 abonnés/km	5
> 50 abonnés/km	10

b) Indice linéaire de fuites: " *ILF* "

Cet indice est utilisé comme indicateur servant pour déterminer la répartition spatiale des fuites dans un réseau :

$$ILF = (V.Ft) / Lr \text{ (m}^3\text{/j/km)} \quad (27)$$

V.Ft = volume des fuites en m³ ;

c) Indice linéaire de consommation : *ILC*

Cet indice peut être utile pour déterminer la nature d'un réseau (situation administrative)

$$ILC = Vcomp / Lr \text{ (m}^3\text{/j/km)} \quad (28)$$

Vcomp : Volume comptabilisé en m³

Tableau 9. Récapitulatif des différents indicateurs Type

Type de zone	Rural	Intermédiaire	Urbain
Densité	$D < 20$	$20 < D < 40$	$D > 40$
<i>ILC</i>	$ILC < 10$	$10 < ILC < 30$	$ILC > 30$
Excellent	$ILP < 0.7$	$ILP < 1.5$	$ILP < 3.3$
Moyen	$0.7 \leq ILP \leq 2.5$	$1.5 \leq ILP \leq 5.2$	$3.3 \leq ILP \leq 12.8$
Médiocre	$2.5 < ILP$	$5.2 < ILP$	$12.8 < ILP$

6. Recherches des fuites

La recherche de fuite a pour objectif de détecter le plus rapidement possible les fuites sur le réseau et de réduire le volume des pertes réelles.

Les points d'action pour diminuer les pertes d'eau sont :

- rapidité d'intervention ;
- recherche active des fuites par différentes techniques ;
- contrôle de la pression ;

- restauration ou renouvellement ciblé du réseau.

Les techniques les plus couramment utilisées peuvent être déployées selon les besoins et les spécificités du réseau, garantissant une gestion efficace et proactive des ressources en eau.

La recherche de fuites dans un réseau d'alimentation en eau potable se déroule généralement en plusieurs phases. Ces phases permettent de détecter et de réparer efficacement les fuites, assurant ainsi une gestion optimale des ressources en eau

6.1 Prélocalisation

Analyse des données : Utiliser des données de consommation pour identifier des anomalies et des pertes d'eau potentielles, comme une consommation d'eau élevée pendant les périodes de faible demande.

Sectorisation : Cette méthode consiste à diviser le réseau en secteurs ou zones plus petits pour faciliter la localisation, la surveillance du débit d'eau dans chaque secteur pour identifier les zones où des pertes d'eau sont suspectées, et la gestion des fuites. En comparant les débits entrants et sortants de chaque secteur, les responsables peuvent identifier les zones où les pertes sont les plus élevées.

6.2 Détection

Inspection visuelle : Une inspection physique des infrastructures peut révéler des signes évidents de fuites, comme des flaques d'eau, des zones de végétation exceptionnellement verte, ou des écoulements visibles.

Techniques acoustiques : Utiliser des appareils comme des corrélateurs et des stéthoscopes de sol pour écouter les bruits produits par les fuites. Les appareils acoustiques captent les sons produits par l'eau qui fuit à travers les canalisations, souvent perçus comme des bruits de sifflement ou de ruissellement.

Gaz traceur : Injecter un gaz inerte et inodore dans les canalisations, puis utiliser des détecteurs pour repérer les zones où le gaz s'échappe, indiquant ou encore localisant une fuite.

6.3 Localisation précise

Contrôle de la consommation nocturne : Analyser la consommation d'eau pendant les heures creuses, où l'utilisation de l'eau est minimale par exemple entre 2h et 4h, afin de détecter des anomalies indiquant des fuites. Cette méthode repose sur la surveillance continue des compteurs d'eau.

Capteurs de débit : Les capteurs de débit sont installés sur les canalisations pour surveiller les débits dans différentes sections du réseau et identifier les variations qui peuvent signaler une fuite.

Caméras thermiques : Utiliser des caméras infrarouges pour détecter les variations de température causées par les fuites d'eau, particulièrement utile dans les environnements froids.

6.4 Réparation

Analyse et planification : Évaluer l'étendue des dégâts et planifier les réparations nécessaires.

Exécution des réparations : Effectuer les travaux de réparation pour colmater les fuites identifiées.

6.5 Suivi et maintenance

Contrôle régulier : Effectuer des inspections régulières pour prévenir de nouvelles fuites.

Mise à jour des données : Enregistrer les informations sur les fuites détectées et les réparations effectuées pour une meilleure gestion future.

6. Organes accessoires- robinetterie



1. Robinets-vannes

Les éléments de robinetterie représentent les composants intercalés dans les tuyauteries, employés pour régler le débit d'eau qui circule dans le réseau ou encore pour isoler une conduite (par exemple dans le cas d'une réparation).

Les robinets vannes fonctionnent :

- Ouverture et fermeture : Le robinet vanne est actionné manuellement ou à l'aide d'un actionneur motorisé pour déplacer l'élément de fermeture (guillotine, opercule, etc.) dans la position souhaitée.
- Étanchéité : Lorsqu'il est fermé, le robinet vanne assure une étanchéité complète, empêchant tout passage d'eau.
- Contrôle du débit : En ajustant la position de l'élément de fermeture, le robinet vanne peut également réguler le débit d'eau passant à travers la canalisation.

Les robinets vannes peuvent être de différents types, comme les vannes à opercule, les vannes papillons, à soupape, etc.....

1.1 Les robinets-vannes à opercule

Les robinets vannes à opercule sont des appareils de sectionnement qui fonctionnent soit en ouverture totale, soit en fermeture totale. Ils sont constitués par une portion de tuyau à bride surmonté d'une calotte en fonte ductile et par une lentille (vanne) épaisse qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écrou fixé à la vanne (figure 50).

Les robinets-vannes à opercule sont utilisés pour bloquer ou permettre le passage de l'eau. Ils sont souvent manœuvrés manuellement à l'aide d'une clé de vanne

1.2 Vannes papillons

Les vannes papillons sont des appareils de réglage de débit et de sectionnement grâce à un obturateur en forme de disque ou lentille. L'obturateur dit papillon se déplace dans le fluide par rotation autour d'un axe orthogonal à l'axe d'écoulement du fluide pour réguler le débit. L'axe entraînant le déplacement peut être, soit horizontal, soit vertical (fig.51). Les vannes sont enterrées et exigent l'installation d'une clé, dite clé à béquille pour les commander. L'utilisation exceptionnelle des vannes papillon est également possible pour les robinets vannes-vidange de réservoir. Ils sont populaires pour leur légèreté et leur facilité de manœuvre, même dans les grandes tailles.

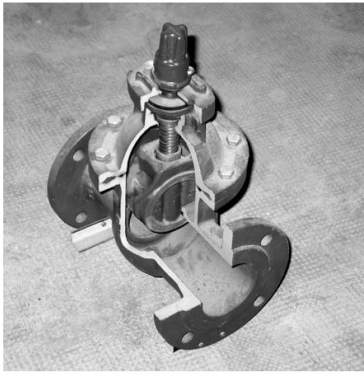


Figure 47. Vanne à opercule



Figure 48. Vanne papillon

1.3 Vanne à soupape

La vanne à soupape, également appelée vanne à globe, est un dispositif utilisé pour contrôler le débit d'eau dans un réseau d'AEP, elle peut aussi être utilisée dans les stations de traitement de l'eau potable et des stations des eaux usées.

La vanne à soupape a un corps en forme de sphère (ou globe) avec une ouverture pour le passage du fluide. À l'intérieur de la vanne, un obturateur (ou clapet) est placé sur un siège pour bloquer ou permettre le passage du fluide. L'obturateur et le siège assurent une bonne étanchéité, minimisant les fuites. L'obturateur se déplace verticalement par rapport au siège. Une tige connectée à l'obturateur est actionnée manuellement ou par un actionneur pour monter ou descendre l'obturateur, régulant ainsi le débit. Le chapeau de la vanne permet un accès facile pour la maintenance et protège les composants internes. Ces vannes sont robustes et peuvent résister à des pressions élevées et à des environnements corrosifs, sauf que la conception interne des vannes à soupape peut provoquer une perte de charge plus importante par rapport à d'autres types de vannes, et nécessitent une maintenance régulière pour assurer un bon fonctionnement.

2. Crépine

Une crépine est un type de filtre qui se place à l'entrée d'un tuyau ou d'une pompe. Le corps est généralement cylindrique ou conique et perforé. Lorsque l'eau passe à travers la crépine, les débris et les particules solides sont retenus par le filtre, empêchant leur entrée dans la canalisation ou la pompe en assurant ainsi la protection des équipements en aval.

Elles peuvent être en cuivre, en acier galvanisé, en acier inoxydable ou en matière plastique. La crépine doit être nettoyée régulièrement pour éviter le colmatage et assurer un fonctionnement optimal.

3. Purgeurs-Ventouses

Les purgeurs-ventouses sont des dispositifs essentiels pour la gestion de l'air dans les réseaux. Ils jouent un rôle crucial en évacuant l'air accumulé aux points hauts des canalisations en exploitation, ce qui permet de prévenir les interruptions de débit et de protéger les pompes et les siphons contre les coups de bélier. Pour évacuer l'air entraîné par l'eau, qui s'accumule aux points hauts dans les conduites, on dispose des ventouses à boule flottante : en l'absence d'air, la boule est plaquée à l'orifice par la pression de l'eau, elle descend si de l'air est présent et permet ainsi à celui-ci de s'échapper.

Les purgeurs-ventouses existent : avec bride, sans bride, avec robinet et sans aucune spécificité.

4. Réducteurs de pression et de débit

Un réducteur de pression comprend généralement un diaphragme, un ressort, et une valve. Ils sont destinés à maintenir un réseau à une pression de sortie réduite et sensiblement constante indépendamment des variations de la pression d'entrée. Ils protègent les équipements en aval contre les dommages causés par une pression excessive : bruits dans les canalisations, coups de bélier, usures des robinetteries, etc.....

Les réducteurs de débit, quant à eux, sont conçus pour limiter le volume de l'eau. Ils réduisent le diamètre de la conduite par laquelle l'eau passe, ce qui diminue le débit tout en maintenant une pression suffisante.



Figure 49. Crépine



Figure 50. Ventouse

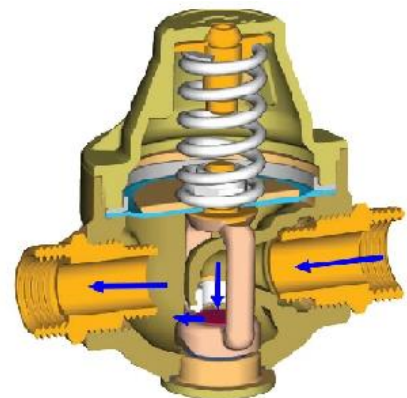


Figure 51. Réducteur de pression

5. Organes de sécurité

Pour prévenir les inconvénients d'une rupture accidentelle de canalisation, il convient de placer en tête de celle-ci, un organe de sécurité permettant d'arrêter l'écoulement si le débit dépasse une certaine valeur.

Parmi ces dispositifs on peut citer

- Vanne "Stop": C'est un obturateur mobile, libre de se déplacer sur la canalisation à protéger muni d'un flotteur immergé ;
- Clapets anti-retour : Empêchent le retour de l'eau dans la direction inverse;
- Régulateurs de pression : Maintiennent une pression constante en aval malgré les variations de pression en amont, garantissant une distribution uniforme et évitant les ruptures de conduites ;
- Purgeurs-ventouses : Éliminent l'air emprisonné dans les conduites, réduisant ainsi les risques de coup de bélier et améliorant le débit d'eau. Ils sont utilisés dans les points hauts des réseaux de distribution où l'air peut s'accumuler ;
- Anti-Béliers : Les anti-béliers absorbent les ondes de choc causées par des fermetures brusques de vannes ou des variations rapides de débit, protégeant ainsi les conduites d'eau et les pompes contre les surpressions soudaines causés par les coups de bélier.
- Réservoirs Tampons : Stockent temporairement l'eau pour compenser les variations de débit et de pression dans le réseau. Ils sont installés à des points stratégiques du réseau pour stabiliser l'alimentation en eau et réduire les risques de surpressions.

6. Clapets

Les clapets sont des appareils de robinetterie, ils sont surtout utilisés dans les stations de pompage. Il existe une grande variété de types de clapets :

- ➡ Clapet battant : Utilise deux battants (ou plaques) montés sur des charnières ou des axes indépendants. En ouverture, la pression de l'eau pousse le disque ou la plaque du clapet, qui pivote autour de son axe pour permettre le passage de l'eau. Et en fermeture, si l'eau tente de revenir en arrière, la pression en sens inverse pousse le disque ou la plaque contre le siège du clapet, fermant ainsi le passage et empêchant le retour du fluide;
- ➡ Clapet à double battant : Un clapet à double battant est une variante du clapet à battant qui utilise deux disques ou plaques mobiles pour contrôler le flux de l'eau ;

➤ Clapet à disques concentriques : Utilise des disques disposés de manière concentrique pour contrôler le flux de l'eau. En ouverture, les disques pivotent autour de leurs axes pour permettre le passage de l'eau. Si l'eau tente de revenir en arrière, la pression inverse pousse les disques contre le siège du clapet, fermant ainsi le passage et empêchant le retour de l'eau ;

- Clapet à ressort : Lorsque l'eau circule, la pression du fluide comprime le ressort, ouvrant ainsi le clapet et permettant le passage de l'eau. Si la pression du fluide diminue ou si le fluide tente de revenir en arrière, le ressort pousse le clapet en position fermée, empêchant ainsi le retour de l'eau. Le ressort est l'élément clé du clapet. Il maintient le clapet en position fermée lorsque la pression en amont est insuffisante pour le comprimer. Le disque ou la bille, en fonction du type de clapet à ressort, se déplace contre le ressort pour ouvrir ou fermer le passage

➤ Clapet pied de crépine : Ils peuvent être installés dans les conduites pour assurer un écoulement unidirectionnel. Non seulement il empêche le reflux, mais agit aussi comme un filtre pour empêcher les débris d'entrer dans le système. Ils protègent les pompes contre les coups de bélier et les retours de l'eau.

Référence bibliographique

1. **Baba Hamed S** : Polycopié de cours Hydraulique Appliquée. Les systèmes de distribution en eau potable. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF. Faculté d'Architecture et de Génie Civil. Département d'Hydraulique
2. **Carlier M** : Hydraulique générale et appliquée. Edition Eyrolles. Paris 1986.
3. **Dupont A** : Hydraulique urbaine Tome I - Hydrologie- Captage et traitements des eaux. Editions Eyrolles, 5^{ème} édition. Paris 1981.
4. **Dupont A** : Hydraulique urbaine Tome II - ouvrages de transport - élévation et distribution des eaux. Editions Eyrolles, 1979.
5. **Gomella C, Guerree H** : Alimentation en eau potable dans les agglomérations urbaines dans les agglomération urbaine et rurales. La distribution. Tome 1. Edition Eyrolles. Paris 1985.
6. **Bonnin J** : Hydraulique urbaine. appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Collection de la direction des études et recherches d'électricité de France. Edition Eyrolles. Paris 1986.
7. **Labiod Z** : Polycopié de cours Hydraulique Générale. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès. Faculté de Technologie. Département d'Hydraulique 2016.

