

Définition :

Potabilité : Une eau est dite potable si elle peut être consommée sans danger pour la santé, c'est-à-dire si ses caractéristiques sont conformes aux obligations réglementaires.

Alimentation en eau potable : c'est la mise en disposition de l'eau aux différents consommateurs (agglomérations, industries, incendies, ...) avec une potabilité requise pour chaque type de consommation.

I. Les besoins en eau en milieu urbain

➤ **Besoins en eau domestiques**

L'eau employée pour la consommation domestique comprend la totalité de l'eau utilisée dans les résidences pour des usages aussi variés que l'hygiène personnelle, lessive et l'arrosage des pelouses, on ajoute souvent à cette consommation, l'eau fournie aux petits commerces. 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...

- Pour une grande ville (plus de 100000 habitants) : de 120 à 200 l/jour/hab.
- Pour une ville de 20 000 à 100000 habitants: de 100 à 140 l/jour/hab.
- Pour une ville moyenne (de 5 000 à 20000 habitants) : de 80 à 120 l/jour/hab.
- Pour une zone rurale (moins que 5 000 habitants) : de 60 à 80 l/jour/hab.
- Pour les bornes fontaines: de 20 à 50 l/jour/hab.

➤ **Besoins publics**

Les besoins publics englobent la consommation des administrations, des établissements d'enseignement, des municipalités, des hôpitaux, 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 300 à 600 l/jour/lit.
- Pour les administrations : de 100 à 200 l/jour/employé.
- Pour les écoles primaires : de 10 à 20 l/jour/élève.
- Pour les lycées : de 20 à 30 l/jour/élève.
- Pour les facultés et foyers universitaires : de 100 à 200 l/jour/étudiant.
- Mosquée : 50 l/j/ fidèle
- Bain-douche : 100 l/j/poste
- Abattoir : 500 l/ j/tête

➤ **Besoins industriels:**

On ne tient compte, en général, que des besoins des petites industries, qui consomment de l'eau potable et branchées sur le réseau de la ville.

Actuellement, les grandes industries sont isolées de la ville (ou situées dans des zones industrielles) et alimentées par des réseaux indépendants. Celles qui consomment beaucoup d'eau doivent avoir leur propre source en eau: puits, forages, barrage, la mer, etc...

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.

Pour les petites industries:

- Boulangerie : 1 l / Kg de pain.
- Industrie laitière : de 5 à 10 l / l de lait.
- Conserve de fruits ou de légumes : de 6 à 15 l / Kg de conserves.

Pour les grandes industries :

- Sucrierie de 2 à 15 m³ / t de betteraves ;
- Cimenterie (voie humide) 2 m³/ t de ciment ;
- Tannerie: de 20 à 140 m³/ t de produit fabriqué ;
- Papeterie : de 50 à 300 m³/ t de produit fabriqué ;
- Raffinerie de pétrole de 1 à 20 m³/ t de pétrole ;
- Sidérurgie: de 6 à 300 m³/ t d'acier ;
- Centrale électrique de 3 à 400 m³/ MWh.

Puisqu'il est difficile d'estimer avec précision tous les besoins publics et industriels (les petites industries), on peut en tenir compte en augmentant légèrement les besoins domestiques.

➤ Besoin en eau pour la lutte contre l'incendie

Toute municipalité doit fournir de l'eau aux pompiers pour que ceux-ci luttent contre les incendies. La quantité d'eau nécessaire dans ce cas est relativement faible, mais puisque cette quantité est utilisée durant de très courtes périodes, les débits sont élevés.

On détermine les débits et les volumes d'eau nécessaire d'après les normes suggérées.

On calcule les dimensions des réservoirs d'eau et des réseaux de distribution de telle sorte que les consommateurs reçoivent de l'eau en quantité suffisante et, à une pression acceptable :

- Durant la journée de consommation maximale (Q_{jmax}), alors qu'il y a un ou plusieurs incendies.
- Durant l'heure de consommation maximale. (Q_h) max

Généralement, on prendra un volume d'incendie de 120 m³ qui correspond à deux incendies de 60 m³ pendant 1h soit un débit $Q_{inc} = 17$ l/s.

➤ Autres besoins :

Parmi les autres besoins d'eau potable, nous rappelons:

- Besoins touristiques (des hôtels) : de 400 à 700 l/jour/lit (et pouvant atteindre 1200 l/jour/lit pour les hôtels de luxe).
- Besoins d'irrigation: vue que le prix de l'eau potable est très élevé, son utilisation en irrigation se limite, éventuellement, à quelques cultures de fleurs et à quelques pépinières.

II. Débits de consommation d'eau potable des agglomérations

1. Régime de la consommation d'eau :

Pour la détermination par le calcul hydraulique des dimensions de certains ouvrage et installations, le nombre de pompes et leurs capacités, la hauteur et capacité des réservoirs, et enfin le dimensionnement des canalisations, il est nécessairement utile de connaître la quantité d'eau et le régime de consommation de l'agglomération. Le régime est variable en fonction des habitudes de la population et de sa vocation.

2. Estimation des populations à desservir

Les installations et les équipements qui servent à l'alimentation et la distribution de l'eau dans une agglomération ont une durée d'utilisation limitée, donc il est nécessaire de prévoir quelle sera la population à desservir durant la vie de la structure projetée.

Les principales sources d'information nécessaires à l'évaluation démographique d'une population sont : Les recensements, Les données relatives à l'immigration et à l'émigration sur le plan national, Les répertoires des naissances et décès, les taux de natalité et les taux de mortalité, Les plans d'urbanisme, grâce auxquels on connaît l'occupation actuelle et projetée du territoire et on peut estimer la densité de population probable.

Il existe différentes méthodes de prédiction la plus connue est la méthode de progression géométrique :

$$P_n = P_a (1 + T)^n$$

P_n : Population à l'horizon n (hab)

P_a : Population à l'année de référence (hab)

T : taux d'accroissement de la population (%)

$n = h - a$: nombre d'années séparant l'année de référence de l'horizon d'étude (ans)

3. Débit moyen journalier :

En fonction des normes de consommation les besoins journaliers propre à une agglomération sont déterminés par l'établissement de la somme des besoins pour chaque catégorie de consommation.

$$Q_{moy,j} = \sum \frac{N_i \cdot Dot_i}{1000} (m^3/j)$$

$Q_{moy,j}$: Débit moyen journalier

N_i : Nombre de consommateurs dans chaque catégorie

Dot_i (L/j/usager) : Dotation journalière de la consommation (Norme)

4. Débits maximum et minimum journaliers :

Au cours d'une année, il existe une journée où la consommation d'eau est maximale de même une journée où la consommation est minimale par rapport à la consommation moyenne, nous pouvons déterminer un rapport indiquant de combien de fois la consommation maximale $Q_{max,j}$ a dépassé la consommation moyenne $Q_{moy,j}$, de même façon pour la consommation minimale, ces rapports sont appelés respectivement les coefficients d'irrégularité journalière maximum et minimum $K_{max,j}$ [1.1 - 1.3] et $K_{min,j}$ [0.7 - 0.9]

$$Q_{max,j} = K_{max,j} \cdot Q_{moy,j} (m^3/j) \quad Q_{min,j} = K_{min,j} \cdot Q_{moy,j} (m^3/j)$$

5. Débits horaires :

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

$$Q_{moy,h} = \frac{Q_{max,j}}{24} (m^3/h)$$

$$Q_{max,h} = K_{max,h} \cdot Q_{moy,h} (m^3/h) \quad Q_{min,h} = K_{min,h} \cdot Q_{moy,h} (m^3/h)$$

$$K_{max,h} = \Omega_{max} \cdot \Phi_{max}$$

$$K_{min,h} = \Omega_{min} \cdot \Phi_{min}$$

Ω : Coefficient tenant compte du développement industriel et des habitudes de la population, Ω_{max} [1,2 – 1,4] et Ω_{min} [0,4 – 0,6]

Φ : Coefficient lié à l'accroissement de la population donné par le tableau suivant

Nombre d'habitant x 10 ³	1	1,5	2,5	4	6	10	20	30	100	300	1000
Φ_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,03	1
Φ_{min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,83	1

- ✓ Le débit de dimensionnement et de calcul des ouvrages d'adduction (station de pompage, station de traitement, réservoirs, conduites d'adduction, etc.) est égal au débit journalier maximum **$Q_{max,j}$**
- ✓ Le débit de dimensionnement et de calcul des ouvrages de distribution (station de pompage, surélévation des réservoirs, réseau de distribution) est égal au débit horaire maximum **$Q_{max,h}$**

III. Un système d'alimentation en eau potable : est un ensemble d'ouvrages et d'organes ayant pour but de mettre de l'eau à la disposition d'une agglomération pour satisfaire les besoins humains, industriels, agricoles.

I.2. Classification des systèmes de distribution d'eau

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

- 1. Type de consommateur :** les systèmes de distribution d'eau peuvent être ; domestique ou potable ; agricole ; industriel etc...
- 2. Type de zone d'alimentation :** on distingue les systèmes d'alimentation en eau des agglomérations urbaines, des agglomérations rurales ainsi que des zones industrielles.
- 3. D'après les sources d'alimentation en eau :** les systèmes avec l'utilisation des eaux de surface (fleuves, lacs, retenues, mers, etc...) ; les systèmes avec l'utilisation des eaux souterraines et les systèmes combinés.
- 4. Par la méthode d'amené d'eau :** on distingue les systèmes gravitaires ; les systèmes de refoulement et les systèmes combinés.

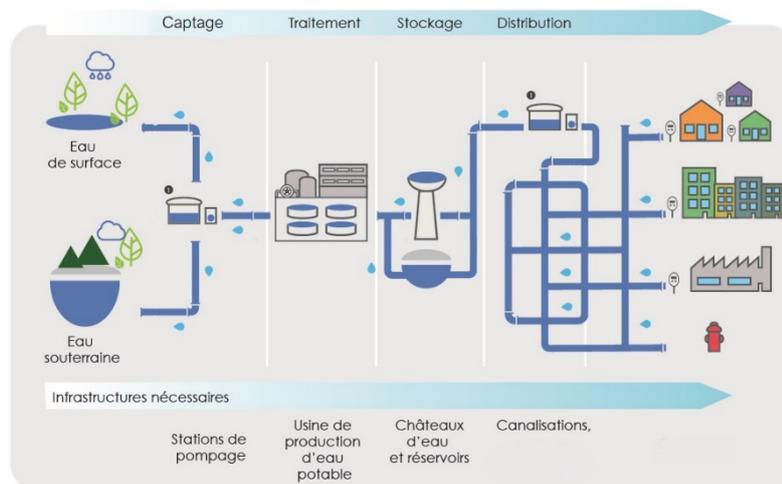
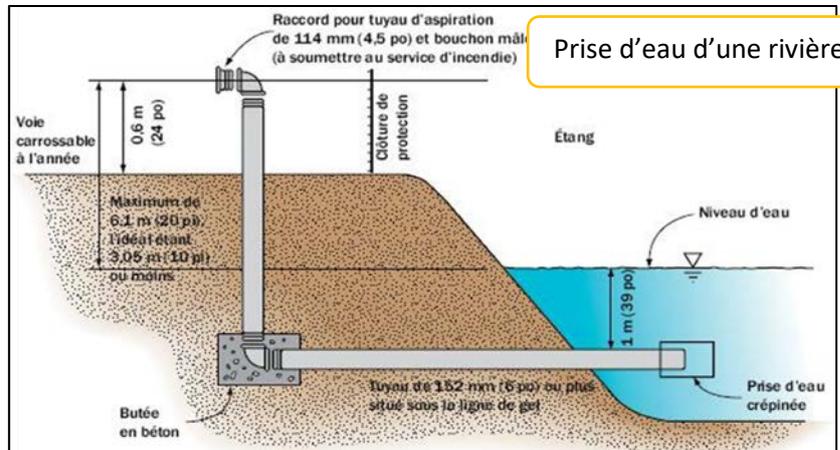
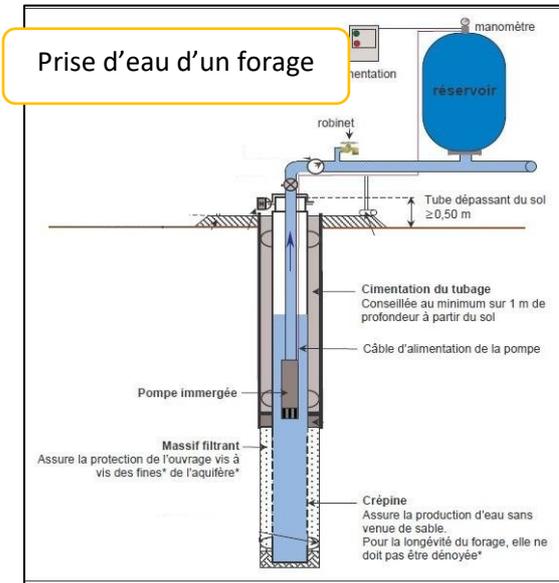


Schéma générale d'un système d'alimentation en eau potable

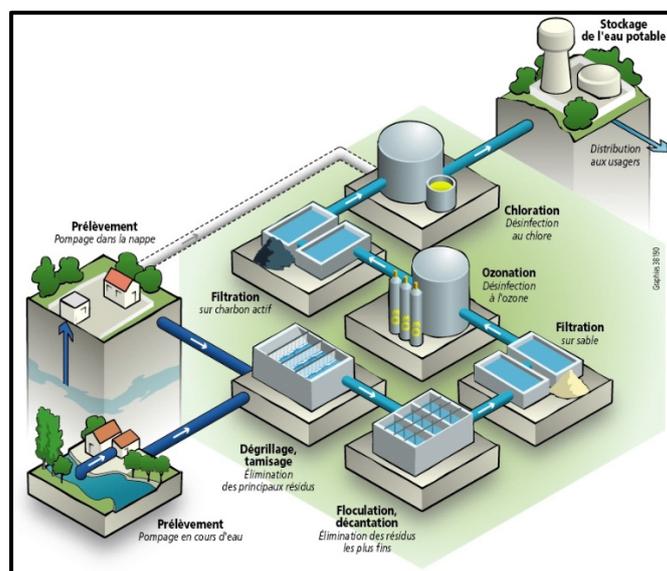
1. Le Captage

Le captage consiste à recueillir soit des eaux souterraines (source, nappe, aquifère), soit des eaux de surface (rivières, lacs) à l'aide d'une prise d'eau et d'une conduite d'adduction qui transporte l'eau vers un réservoir qui doit alimenter de façon continue une station de traitement si cette dernière est nécessaire.



2. Traitement des eaux

Parfois les eaux captées ne présentent pas en permanence, les qualités requises à la consommation, elles doivent faire l'objet d'un traitement, afin que celle-ci puisse être prise sans aucun danger par la population.



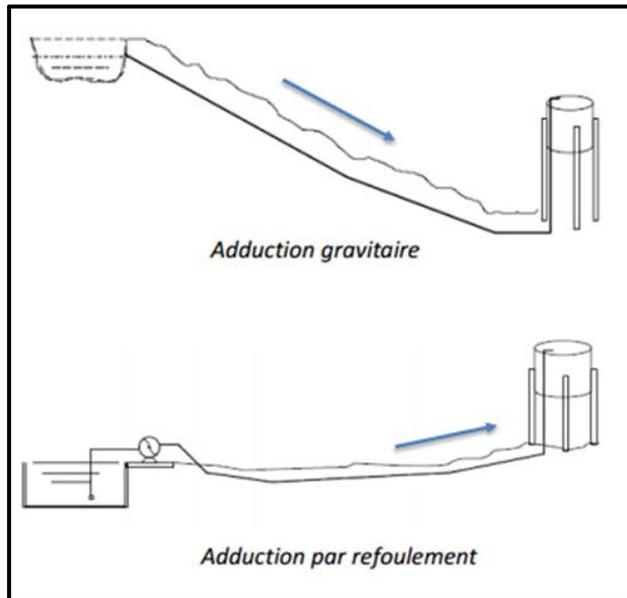
Procédés de traitement des eaux

3. Adduction

C'est le transport de l'eau, depuis la zone de captage jusqu'à proximité de la zone d'utilisation (distribution), il peut avoir lieu avant le traitement. On distingue deux types d'adductions

Adduction par refoulement (écoulement en charge)

Adduction gravitaire ment si la source est située à une cote supérieur à celle du réservoir d'accueil (écoulement en charge, à surface libre)



3.1- Notion sur les écoulements en charge

Charge hydraulique:

Rappelons que la charge hydraulique (en m) dans une section quelconque d'une conduite est définie par:

$$H = \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

V (m/s) : est la vitesse moyenne de l'eau dans la conduite (= débit / section).

P (Pa): est la pression moyenne dans la conduite.

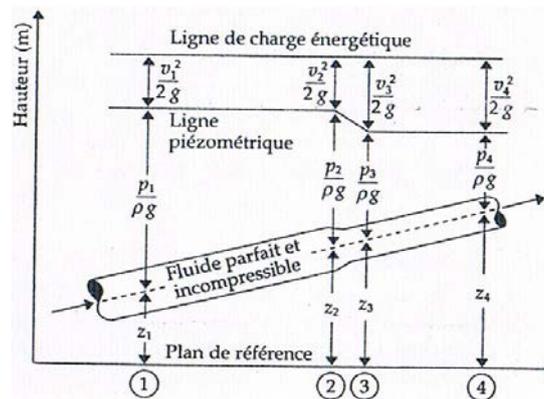
g = 9,81 (m/s²) :est l'accélération de la pesanteur.

Z (m) : est la cote moyenne de la conduite.

ρ =1000 (Kg/m³) : est la masse volumique de l'eau.

Le théorème de Bernoulli

Soit H1 la charge hydraulique dans la section S1 et H4 dans la section S4, le théorème de Bernoulli, pour un fluide réel, permet d'écrire : H1 = H4 + ΔH



Où ΔH représente la perte de charge totale entre la section S1 et S4. Ces pertes de charge sont en réalité de deux types :

- **Pertes de charge linéaires** (ou répartie sur toute la longueur de la conduite): due aux frottements visqueux, turbulents et contre les parois des canalisations. L'expression universelle suivante (formule dite de Darcy-Weisbach) :

$$\Delta H = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

L : est la longueur totale de la conduite (en m)

λ est le coefficient de perte de charge.

D est le diamètre de la conduite (en m)

- **Pertes de charge singulières** (ou locale): due aux diverses singularités qui peuvent être placées le long de la canalisation. (Élargissements, rétrécissements, diaphragmes, ...) ou des changements de la direction de l'écoulement (coudes, dérivations, robinets, vannes, ...)

$$\Delta H = K \frac{V^2}{2g}$$

K est un coefficient qui dépend de la forme et des dimensions de la singularité

3.2- Calcul hydraulique des adductions

Cas d'un écoulement gravitaire :

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H_t = \frac{K' \cdot L_e \cdot Q^\beta}{D_{av}^m}$$

ΔH_t : Perte de charge totale (m);

K' : Coefficient de perte de charge ;

L_e : Longueur équivalente de la conduite (m) ;

$L_e = L_g + L_{es}$

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ;

L_{es} : Longueur équivalente des pertes de charge singulière (m) ;

Q : Débit véhiculé par la conduite (m³/s) ;

D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,1 \cdot \Delta H_l \Rightarrow L_e = 1,1 \cdot L_g$$

ΔH_l : Perte de charge linéaire (m).

Selon le type de matériau les coefficients K' , m et β sont donnés dans le tableau :

Tuyau	K'	m	β
Acier et fonte	0,00179 - 0,001735	5,1 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' \cdot L_e \cdot Q^\beta}{\Delta H_t}}$$

Cas d'un écoulement par refoulement

La perte de charge due au frottement de l'eau dans les conduites varie en sens inverse du diamètre des tuyaux : aussi y a-t-il intérêt à augmenter celui-ci pour diminuer la dépense de force motrice nécessaire au refoulement ; cependant, la dépense d'amortissement de la conduite se trouve ainsi accrue.

On conçoit donc qu'il existe un diamètre économique pour lequel la somme de ces deux dépenses est minimale

- Relation de Bonin

$$D_{éc} = \sqrt{Q}$$

- Relation de Bresse

$$D_{éc} = 1,5 \cdot \sqrt{Q}$$

- formule de Vibert :

$$D_{éc} = k \left(\frac{e}{f} \right)^{0.154} Q^{0.46}$$

Déc : diamètre économique de la conduite (m) ;

Q : débit véhiculé par la conduite (m³/s).

k : Coefficient dépendant du nombre d'heures de marche du groupe, de la durée d'amortissement et du taux d'intérêt de l'investissement.

f = prix de la conduite posée par kilogramme

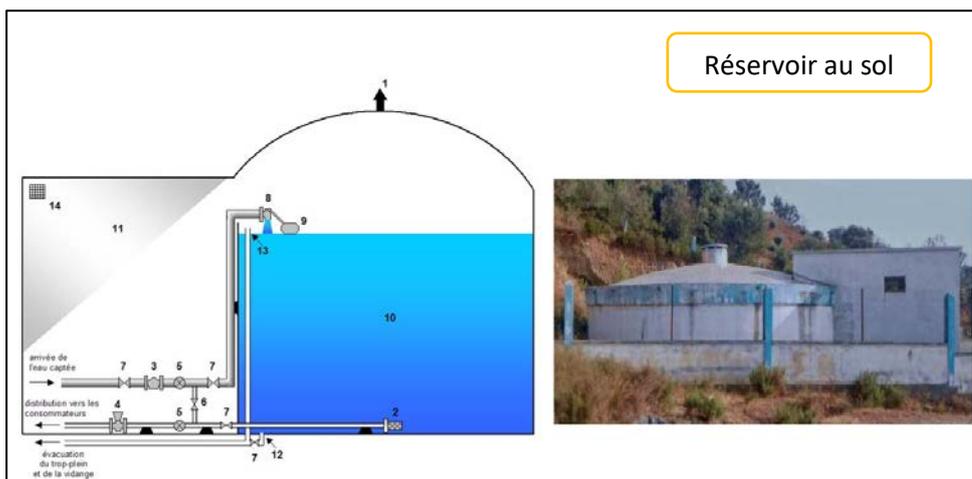
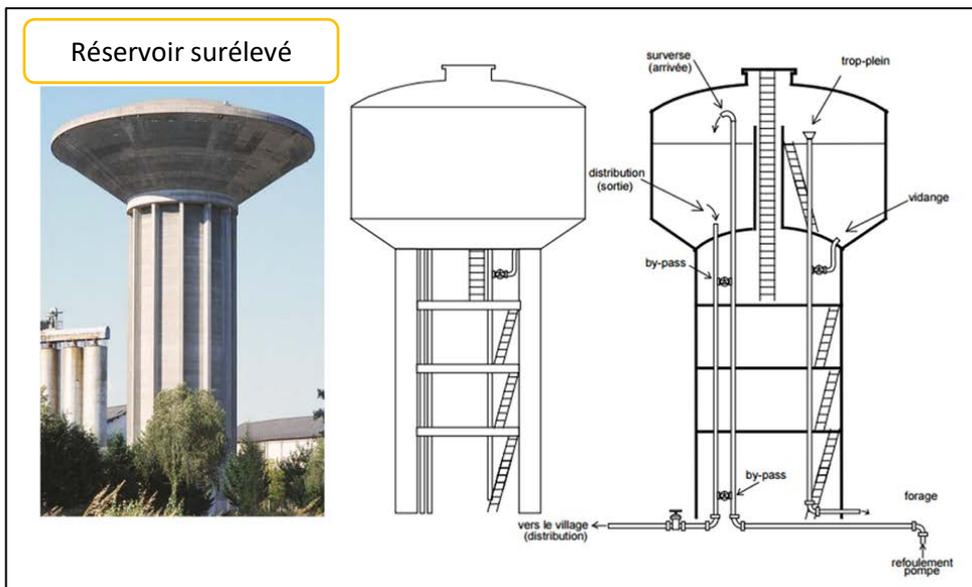
e = prix du kilowattheure

4. Stockage

On a souvent besoin de mettre en réserve une partie de l'eau, soit pour régulariser le débit dans les ouvrages qui précèdent, soit pour assurer une sécurité en cas de panne, on l'accumule alors dans des réservoirs spéciaux.

On peut regrouper les diverses fonctions des réservoirs sous cinq rubriques principales :

- Un réservoir est un régulateur de débit entre le régime d'adduction (déterminé par le pompage et le traitement) et le régime de distribution (déterminé par la courbe de consommation).
- Un réservoir est un régulateur de pression en tout point du réseau. Il permet de fournir aux abonnés une pression suffisante et plus ou moins constante, indépendamment de la consommation.
- Si la côte ne permet pas de fournir une charge suffisante à toute l'agglomération, il sera nécessaire de construire un réservoir surélevé (ou château d'eau).
- Un réservoir est un élément de sécurité vis-à-vis des risques d'incendie, de demande en eau exceptionnelle ou de rupture momentanée de l'adduction (panne dans la station de pompage, rupture de la conduite d'adduction, arrêt de la station de traitement,).
- Un réservoir a une fonction économique, puisqu'il permet une certaine adaptation du fonctionnement de pompage de telle façon à optimiser l'ensemble adduction + réservoir (moins de consommation d'énergie électrique pendant les heures de pointe, pompes refoulant un débit constant correspondant au rendement maximum).



4.1- Volume des réservoirs:

Différentes méthodes sont utilisées pour le calcul de la capacité utile des réservoirs.

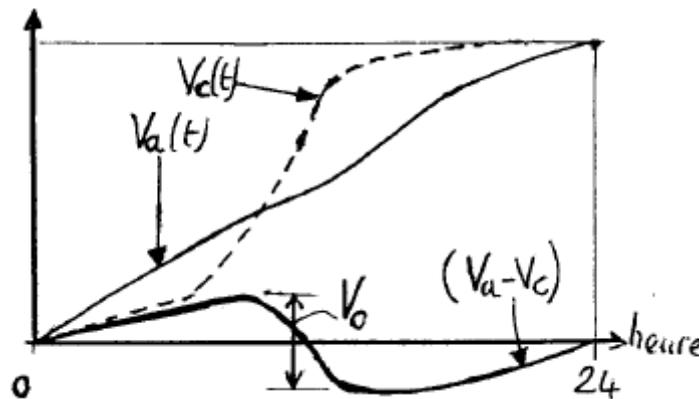
- Calcul forfaitaire: On prend, forfaitairement, une capacité des réservoirs égale à:
 - 100% de la consommation journalière maximale de l'agglomération, dans le cas d'une commune rurale.
 - 50% de la consommation journalière maximale de l'agglomération, dans le cas d'une commune urbaine.
 - 25 % de la consommation journalière maximale de l'agglomération, dans le cas d'une grande ville.
- Calcul à partir des courbes d'alimentation et de distribution:

La capacité des réservoirs est déterminée à partir des courbes de variation, en fonction des heures de la journée la plus chargée, des débits d'alimentation des réservoirs (provenant de la station de pompage ou de la station de traitement) et des débits sortant des réservoirs (distribués ou, éventuellement, aspirés par une autre station de pompage). Le principe de calcul est simple :

On trace, sur 24 h, les courbes de volumes cumulés $V_a(t)$ provenant de l'alimentation et $V_c(t)$ correspondant à la consommation. On trace ensuite la courbe $[V_a(t) - V_c(t)]$.

Le volume minimum nécessaire des réservoirs V_0 sera alors égal à la somme, en valeurs absolues, de la plus grande valeur et la plus petite valeur (négative) de cette différence.

Cette méthode, très précise, suppose que l'on dispose de statistiques suffisantes concernant la variation horaire de la consommation pendant la journée de pointe, ce qui est très difficile surtout pour les villes qui ne sont pas encore alimentées.



5. Distribution

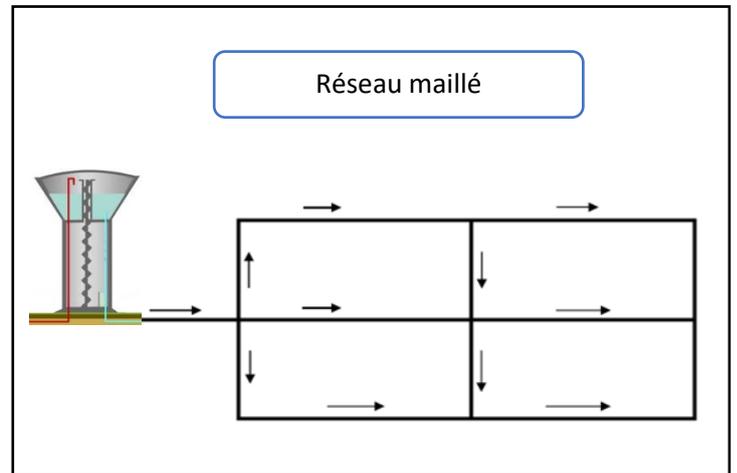
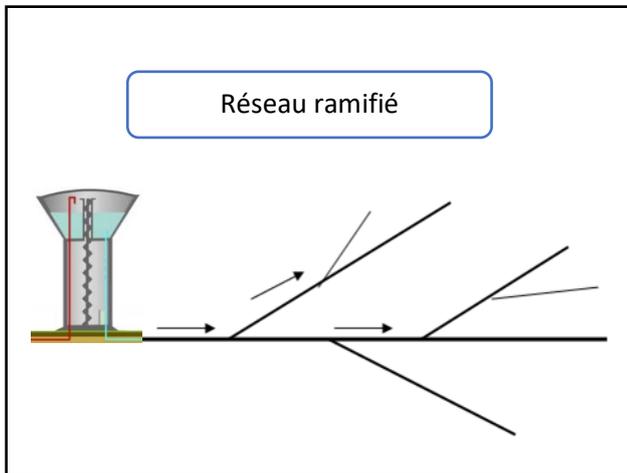
La distribution consiste à fournir à chaque instant aux utilisateurs à une pression convenable, le débit d'eau dont ils ont besoin, elle s'effectue par un réseau de conduites sous pression, dimensionnées, pour permettre le passage en chaque point du débit maximal prévisible.

5.1. Structure des réseaux : Les principaux éléments d'un réseau de distribution sont :

- Les conduites.
- Les branchements.
- Les pièces spéciales (coudes, raccordements, vannes, compteurs, ...)

Les conduites de distribution doivent suivre les rues de la ville et sont posées en terre, généralement sous le trottoir.

5.2. Types des réseaux de distribution :



- **Réseaux ramifiés :**

Ils sont caractérisés par :

- la circulation de l'eau dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires, vers les conduites tertiaires...).
- chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul côté.
- Ce réseau présente l'avantage d'être économique.

Ses principaux inconvénients : alimentation sans retour dans les conduites, il manque de sécurité (en cas de rupture d'une conduite principale, tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau).

- **Réseaux maillés :**

Ils sont composés de conduites suivant des contours fermés permettant une alimentation en retour. Les risques de perturbation de service sont ainsi réduits.

Ainsi, chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés.

Ce type de réseau 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) et une répartition plus uniformes des pressions et des débits dans tout le réseau.

Il est par contre plus coûteux et plus difficile à calculer.

5.3. Éléments de calcul d'un réseau de distribution d'eau potable :

Les principes fondamentaux qui s'appliquent pour le calcul des canalisations de distribution sont : caractéristiques hydrauliques (pertes de charges linéaires et singulières, ligne piézométrique), diamètre économique, types de tuyaux, protection contre les coups de bélier, pose de conduites et accessoires (vannes, robinets, ventouse, brise charge, pièces spéciales).

- Débit de dimensionnement : les conduites de distribution devront pouvoir transiter les plus forts débits. Le calcul hydraulique des canalisations se fait donc avec le débit de pointe (pendant l'heure de pointe). $Q_{\max,h} = K_{\max,h} * Q_{\text{moy},h}$ (l/s) ou (m³/s).
En ajoutant à ce débit de pointe, un débit d'incendie qu'il faut prévoir au point le plus défavorable du réseau égal à 60m³/h (soit 17 l/s)
- Choix du diamètre :
 - Le diamètre à adopter doit être normalisé.
 - Le diamètre doit être suffisant pour assurer le débit et la pression au sol.
 - Le diamètre minimal à adopter est de 60 mm.
 - Dans les tronçons sur lesquels est prévue l'installation de bouches d'incendie, le diamètre minimal à retenir est de 100 mm.
- Vitesse d'écoulement : la vitesse de l'eau dans le diamètre choisi d'un tronçon de distribution sera entre 0,5 et 1,0 m/s.
 - Les vitesses inférieures à 0,5 m/s favorisent le dépôt solide dans les conduites
 - Les vitesses supérieures à 1,0 m/s favorisent les fuites et les coups de bélier.
 - En cas d'incendie, généralement, on accepte des vitesses atteignant 2,5 m/s.
- Pression : le réseau doit satisfaire les conditions de pression suivantes :
 - 1- Une charge minimale de 3 m doit être prévue sur les orifices de puisard (robinets) les plus élevés.
 - 2- Il faut éviter des pressions supérieures à 40 m (limitation des fuites et bruits) et les pressions inférieures à 10m.
 - 3- Il faut prévoir, si des pressions supérieures se manifestent, des réducteurs de pression sur le réseau (brise charge) soit une distribution étagée.
 - 4- La pression au nœud = cote piézométrique - cote du terrain naturel.
Pression au nœud > Pression minimale
Pression au nœud < Pression maximale
 - 5- Pression minimale : Le réseau de distribution doit assurer, dans les conditions les plus défavorables (pointe horaire), une pression au sol P_s correspondant à : $P_s = P_r + H + \Delta H$
 - Pression résiduelle P_r
 - Hauteur de l'habitat desservi H
 - Perte de charge dans chaque habitat ΔH

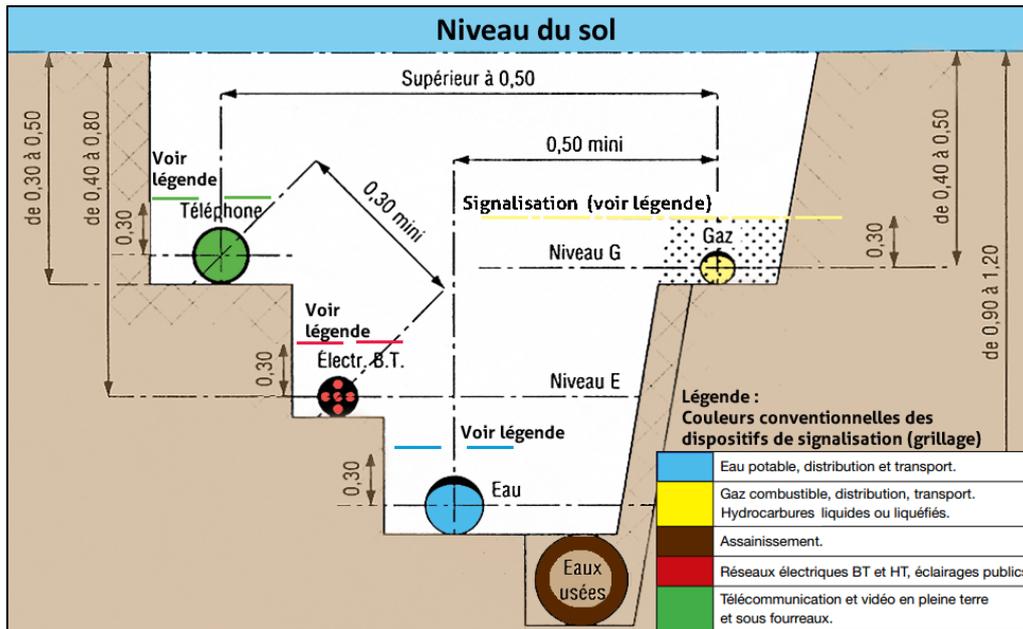
Ainsi, le réseau doit être calculé pour fournir les pressions au sol suivantes, selon la hauteur des immeubles (en mètre d'eau) :

12 à 15 m pour un étage	29 à 32 m pour 5étages
16 à 19 m pour 2 étages	33 à 36 m pour 6 étages
20 à 23 m pour 3 étages	37 à 40 m pour 7 étages
24 à 27 m pour 4 étages	

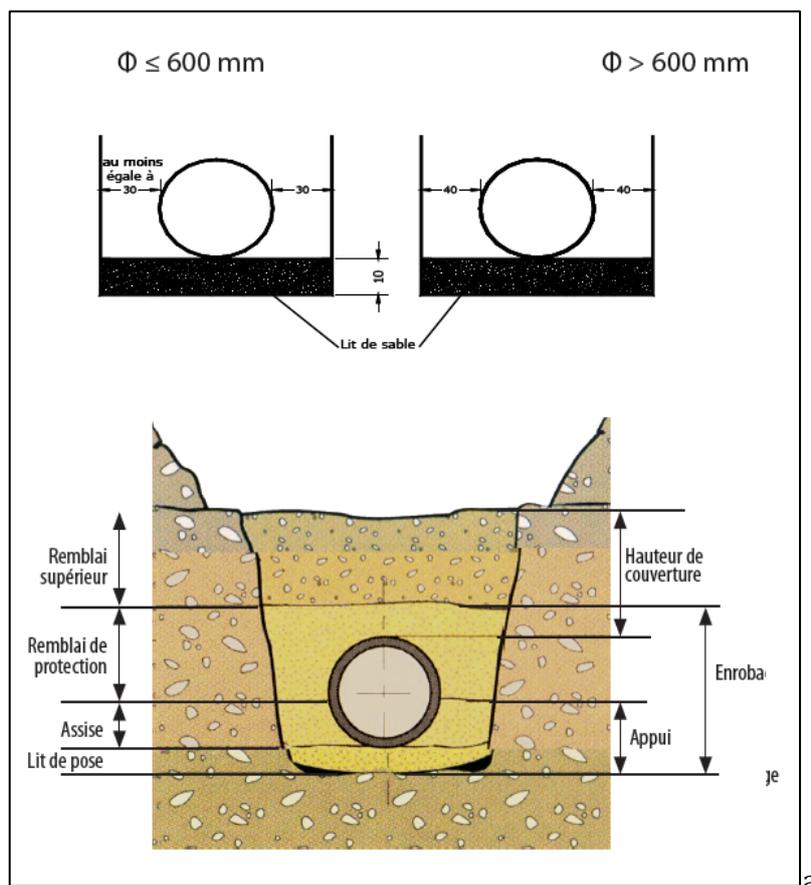
6. Pompage (élévation d'eau)

Ils trouvent leur justification dans le cas où l'ouvrage de réception (réservoir de stockage, réseau...) se trouve à une cote supérieure à celle de la source d'eau, le transit de l'eau se fait par refoulement sous l'influence d'une charge exigée à l'aide des pompes.

IV. Disposition de Pose de canalisation d'alimentation en eau potable



Profile d'emplacement du réseau d'eau potable par rapport à d'autres réseau



Coupe de pose des conduite d'AEP dans la tranchée