

## I introduction

Les réservoirs sont des ouvrages hydrotechniques variés nécessitant une étude technique approfondie afin qu'ils puissent remplir à bien, les tâches auxquelles ils sont conçus. Ils servaient de réserve d'eau, cependant leur rôle a sensiblement changé au cours du temps.

Un réservoir est une enveloppe ; qui contient un liquide qui peut être généralement de l'eau, soit potable (réservoir des distributions publiques), soit usées (eau d'égouts). Parmi les liquides que l'eau ; les plus courants sont le lait et les hydrocarbures ; etc.

Dans le cas des réseaux d'eau, le réservoir est un ouvrage intermédiaire entre le réseau d'adduction et le réseau distribution ; ce dernier possède des débits non uniformes durant la journée ; d'où le rôle du réservoir qui permet de gérer les débits selon la demande.

## II rôle des réservoirs

Le rôle des réservoirs a sensiblement varié au cours de des âges. Servant tout d'abord de réserves d'eau, en suite à parer à un accident survenu sur l'adduction. Les réservoirs disposent d'un volume permettant de compenser :

- La variation horaire de consommation aval, appelé volume de régulation
- D'une réserve de sécurité dite réserve incendie
- D'une réserve pour utilisation exceptionnelle

Autrement dit, les réservoirs servent principalement à harmoniser la demande et la production, alors que pour être efficace, la production doit être constante lorsque le débit de production est supérieur au débit de consommation, on accumule l'excédent dans des réservoirs

Le stockage sur les réseaux de distribution assure quatre grandes fonctions techniques qui peuvent être prises séparément ou combinées.

### - Écrêtage des pointes de consommation journalière

Le débit d'adduction est quasiment constant et bien situé dans le temps. Le débit de distribution est très variable au cours de la journée. Le stockage sert de tampon entre la somme des volumes mobilisés au cours de la journée QA et la distribution journalière QD, par l'accumulation du surplus d'eau aux heures de faible consommation et sa restitution pendant les heures de forte consommation.

### - Mise en pression d'un réseau gravitaire

Dans le cas de réseau de distribution gravitaire, le stockage situé en tête du réseau maintient une pression dans l'ensemble du réseau dont la variation ne dépasse pas la hauteur de

marnage du réservoir aux heures de pointe. La faiblesse des variations des pressions se traduit par une moindre sollicitation des points de faiblesse du réseau, joints des conduites, nœuds, appareils de sectionnement. C'est un avantage pour la protection du réseau.

#### **- Equilibrage des pressions sur le réseau.**

Dans le cas d'une distribution en route par la conduite de refoulement, le stockage situé hydrauliquement en bout de réseau est alimenté par le surplus de débit pendant les heures de faible consommation. Le volume stocké permet d'équilibrer les pressions aux heures de fortes consommations par une réalimentation du réseau : c'est un stockage d'équilibre.

#### **- Volume de sécurité**

Les interruptions de fourniture d'eau dues à des défaillances du système ; tels que les ruptures de conduite, les coupures d'électricité, l'entretien préventif ou curatif des installations sont mal tolérées par les usagers qui ont longtemps bénéficié d'un service régulier. L'adjonction d'un volume supplémentaire au volume normalement renouvelé par la distribution, appelé réserve de sécurité permet de limiter l'interruption en assurant la continuité du service pendant un certain temps. Le volume effectif dépend de la tolérance, du confort exigé par les usagers, des mesures prises pour éviter la dégradation de la qualité de l'eau dans le réservoir. Les volumes varient de six heures de consommation moyenne à celle d'une journée

Fraction de la consommation	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1 journée
Temps de service approximatif	6 h	8h	12h	16h	24h

#### **- Réserve incendie**

Une certaine quantité d'eau devra rester toujours disponible et réservée à la lutte contre les incendies, le cas échéant. C'est souvent une précaution supplémentaire prise par les services d'eau et les brigades de sapeurs pompiers pour pallier les défaillances du réseau. Les dispositions constructives doivent être prises pour rendre cette quantité d'eau toujours disponible tout en assurant qu'elle n'est pas une tranche morte.

### III Classification des réservoirs

On peut classer les réservoirs en plusieurs catégories :

- D'après la nature des matériaux de construction, on distingue :
  - Les réservoirs métalliques
  - Les réservoirs en maçonnerie
  - Les réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint



**FIGURE 1** Réservoirs métallique



**FIGURE 2** Réservoir en maçonnerie



**FIGURE 3** Réservoir en béton armé

- D'après la situation des lieux, ils peuvent être :
- Enterrées
  - Semi-enterrés
  - Surélevées



**FIGURE 4** Réservoir enterrée



**FIGURE 5** Réservoir Semi-enterré



**FIGURE 6** Réservoir Surélevée

- D'après leurs formes :
  - Circulaires
  - Rectangulaires
  - Ou d'une forme quelconque

☛ **Réservoirs terminaux:**

Les réservoirs terminaux du réseau d'adduction constituent les réservoirs placés en tête des réseaux de distribution des différents centres à desservir.

☛ **Réservoirs de mise en charge:**

Les réservoirs de mise en charge sont des réservoirs placés sur les points hauts du tracé généralement alimentés par refoulement, dont le but est d'alimenter gravitairement d'une grande partie du réseau d'adduction située à l'aval.

☛ **Les bâches de reprises:**

Les bâches de reprises sont des réservoirs qui servent à alimentation directe en eau des stations de pompages.

## VI Capacité des réservoirs

Le réservoir servant un tampon entre l'adduction et la distribution, le débit moyen horaire de distribution  $a = C/24$

$C$  : consommation journalière

Type de variation :

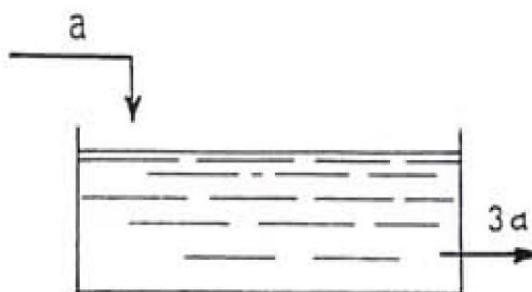
**1- Annuelle** : en fonction du développement de la population

**2- Mensuelle** : selon les villes (ville touristique)

**3- Journalière** : selon les jours de la semaine (jour de marché)

**4- Horaire** : suivant la journée (heure de repas)

Le débit de pointe (du jour le plus chargé de l'année) est obtenu par multiplication du débit moyen par un coefficient de majoration, généralement 3



**FIGURE 7** variations des débits

Pour satisfaire au rôle qu'ils doivent jouer, les réservoirs doivent avoir une capacité suffisante, cette dernière est en fonction de la variation du débit à l'entrée, ainsi que la variation de la demande

Pour chaque fonction à assurer il correspond un volume partiel

Volume	Fonction à assurer
V rest	A restituer en période de pointe
V invc	Réserve d'incendie ( $120m^3$ )
V prod	Réserve en cas de dysfonctionnement de l'usine de production en adduction
V supp	Réserve supplémentaire de point (en période estivale)

Donc, plusieurs capacités possibles à déduire pour un réservoir :

- 1- Capacité maximale : correspond à la somme des quatre volumes
- 2- Capacité économique :  $V_{rest} + V_{prod} + V_{inc}$
- 3- Capacité minimale :  $V_{rest} + V_{inc}$

## VI Emplacement des réservoirs

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 que l'on pourra déterminer le meilleur emplacement possible.

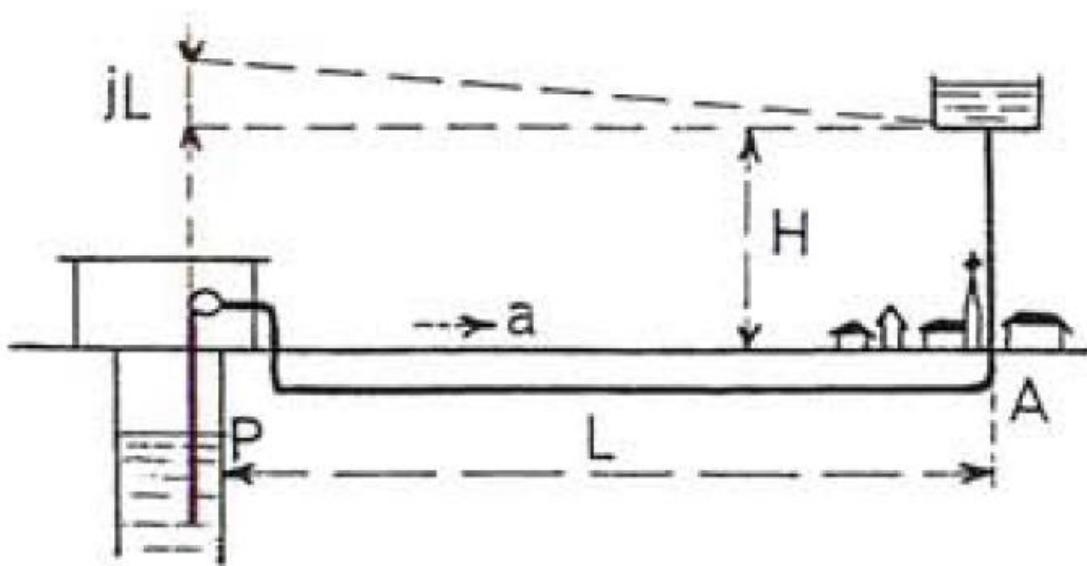
### Réservoirs alimentés garvitairement

Les réservoirs alimentés garvitairement, que ce soit des réservoirs terminaux, des réservoirs tampons ou des bâches de reprises, possèdent à leurs entrées des obturateurs à disques auto-centreurs qui contrôlent le niveau haut des réservoirs et détruisent la charge résiduelle au droit de l'entrée des réservoirs. Ces dispositifs nécessitent un certain volume d'eau pour permettre la dissipation de l'énergie résiduelle à la sortie de la vanne.

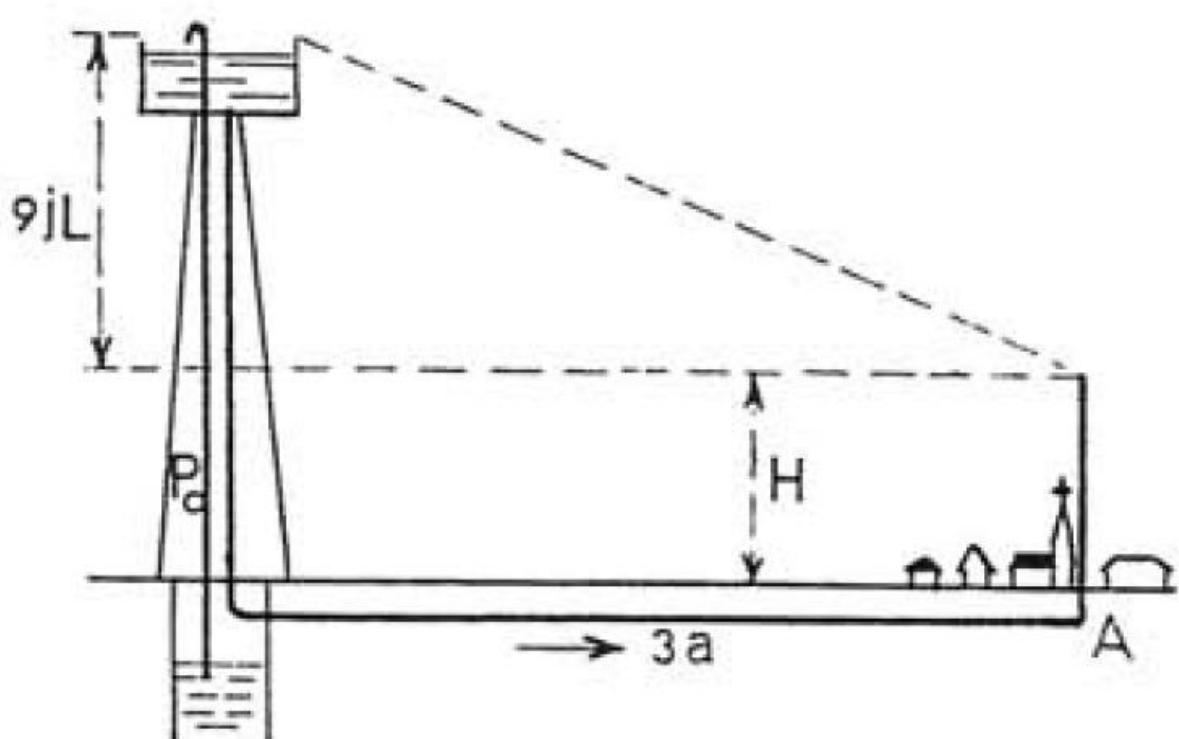
## Réservoirs alimentés par refoulement

Ces réservoirs doivent disposer d'un volume suffisant entre le niveau haut d'arrêt des pompes et le niveau de remise en charges de ces dernières, ceci dans le but de limiter le nombre d'arrêts et de mise en charge des pompes de la station d'alimentation.

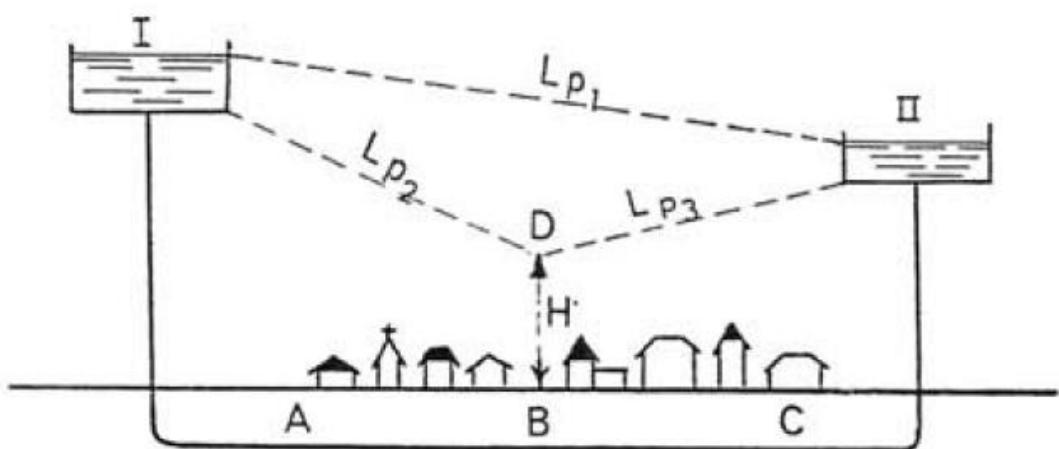
(a)



(b)



**Figure 8** Emplacement optimal du réservoir



**Figure 9** réservoir d'équilibre

## Dimensionnement de la capacité du réservoir

Le plus souvent, un réservoir est calculé pour satisfaire les variations journalières du débit consommé, en tenant compte, bien entendu du jour de plus forte consommation. La capacité du réservoir est déterminée en fonction du débit d'apport et celui de sortie augmenté éventuellement de la réserve incendie. Deux méthodes peuvent être appliquées pour la déterminer:

- La méthode analytique

- La méthode graphique

### 1. Méthode analytique

La méthode analytique consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir. Le volume de régulation sera :

$$V_r = \frac{a * Q_{\max,j}}{100} \quad (\text{m}^3)$$

Le volume total détermine en ajoutant le volume d'incendie au volume de régulation :

$$V_T = V_r + V_{\text{inc}}$$

- **Détermination de la capacité des réservoirs :**

Pour dimensionner un réservoir, on est appelé à déterminer le résidu maximal. Souvent ce dernier eut être localisé aux environs des heures de pointe où la consommation est élevée. La variation entre le débit entrant et le débit à distribuer peut nous permettre sa localisation. Donc si la différence de débit entrant au réservoir est supérieure à celui qui sort de ce dernier cela indique qu'il y a un surplus ; et dans le cas contraire, on aura un déficit.

On détermine ensuite le résidu dans le réservoir pour chaque heure. La valeur maximale trouvée sera le pourcentage du volume de stockage.

### 2. Méthode graphique

Cette méthode est basée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l'apport de la station de pompage; en additionnant en valeur absolue les écarts de deux extrêmes de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtiendra le résidu maximal journalier.

Donc :

$$R_{\max} = |V|^+ |V| \quad (\%)$$

Le volume de régulation  $V_r$  est calculé selon la formule suivante :

$$V_r = \frac{Q_{\max,j} * R_{\max}}{100} \quad (\text{m}^3) \quad (\text{III.3})$$

Dont le volume total sera :  $V_t = V_r + V_{\text{inc}}$ .

### 3. Dimensionnement d'un réservoir

Le réservoir terminal du réseau d'adduction constitue le réservoir de tête du réseau de distribution des différents sites à desservir. A cet effet, le réservoir doit être prévu, et son capacité est déterminée par la formule suivante:

$$V_r = \frac{a * Q_{\max,j}}{100} \quad (\text{m}^3)$$

#### ➤ Estimation de la capacité totale du réservoir terminal

La capacité totale réservoir terminal Cap de Fer est déterminée par le tableau III.7.

**Tableau III.7:** Evaluation du volume résiduel du réservoir

Heures	Apports (%)	Distribution (%)	Stockage (%)	déstockage (%)	cumul (%)
<b>00 – 01</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>	<b>8,5</b>
<b>01 – 02</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>	<b>7,5</b>
<b>02 – 03</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>	<b>6,5</b>
<b>03 – 04</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>	<b>5,5</b>
<b>04 – 05</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	-	<b>8,5</b>
<b>05 – 06</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-	<b>10,5</b>

<b>06 – 07</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10,5</b>
<b>07 – 08</b>	<b>5</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>1,5</b>	<b>9,5</b>
<b>08 – 09</b>	<b>5</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>1,5</b>	<b>8</b>
<b>09 – 10</b>	<b>5</b>	<b>5,5</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>	<b>7,5</b>
<b>10 – 11</b>	<b>5</b>	<b>4,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>8</b>
<b>11 – 12</b>	<b>5</b>	<b>5,5</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>	<b>7,5</b>
<b>12 – 13</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>5,5</b>
<b>13 – 14</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>3,5</b>
<b>14 – 15</b>	<b>5</b>	<b>5,5</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>	<b>3</b>
<b>15 - 16</b>	<b>5</b>	<b>4,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>3,5</b>
<b>16 - 17</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,5</b>
<b>17 - 18</b>	<b>5</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>
<b>18 - 19</b>	<b>5</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>
<b>19 - 20</b>	<b>5</b>	<b>5,0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>
<b>20 - 21</b>	<b>5</b>	<b>4,5</b>	<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
<b>21 - 22</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2,5</b>
<b>22 - 23</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>5,5</b>
<b>23 - 00</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>9,5</b>

### Calcul de la capacité du réservoir:

- Le volume résiduel sera :  $V_{RP} = \frac{10,5 * 2925,4}{100} \Rightarrow V_{RP} = 307,18 \text{ m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 307,18 + 120 \Rightarrow V_t = 427,167 \text{ m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 500 \text{ m}^3$ .

➤ **Forme des réservoirs :**

La section circulaire est généralement adoptée pour les réservoirs de capacité inférieure à 10 000 m<sup>3</sup>, ce qui permet de choisir cette forme pour tous les réservoirs terminaux.

La hauteur d'eau utile est limitée généralement entre 3 et 6 mètres.

- Le diamètre D de la cuve :

On calcule le diamètre de la cuve moyennant la formule

$$S = \frac{V_n}{h} \Rightarrow \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{V_n}{h} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * V_n}{\pi * h}} \quad (\text{III.4})$$

- Réévaluation de la hauteur d'eau *h* :

On calcule le diamètre de la cuve moyennant la formule

$$\text{AN: } h = \frac{4 * V}{\pi * D_n^2} \quad (\text{III.5})$$

- La section de la cuve *S*:

On calcule la section de la cuve moyennant la formule

$$S = \frac{V}{h} \quad (\text{III.6})$$

- La hauteur totale H du réservoir H :

On calcule la hauteur du réservoir moyennant la formule

$$H = h + R$$

- La hauteur de la réserve d'incendie *h<sub>inc</sub>* :

On calcule la hauteur de la réserve d'incendie moyennant la formule

$$h_{inc} = \frac{V_{inc}}{S}$$

## IV Équipement du réservoir.

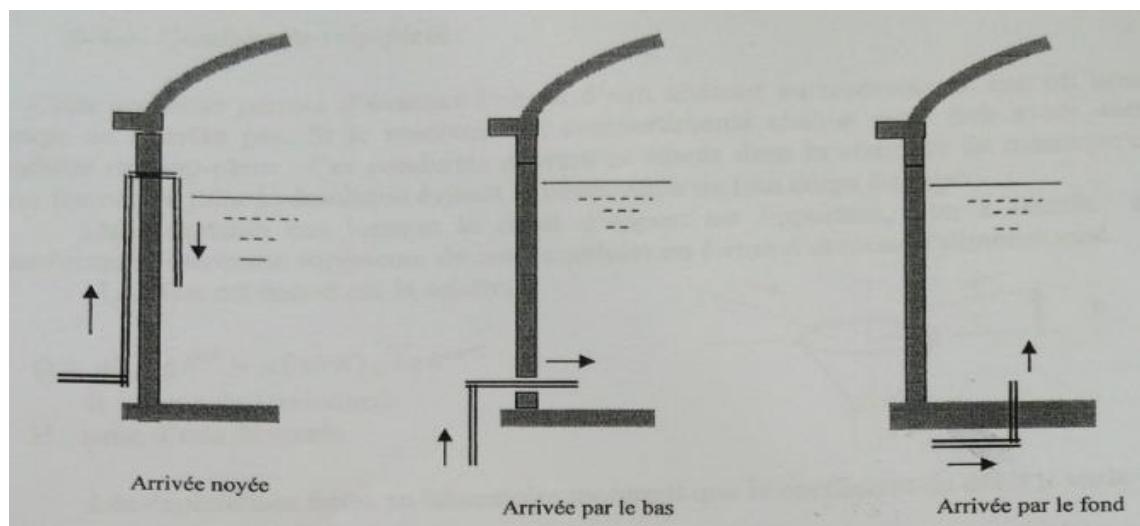
Le réservoir doit être équipé :

- D'une conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- D'une conduite de départ ou de distribution.
- D'une conduite de vidange.
- D'une conduite de trop -plein.
- D'un système de matérialisation de la consigne d'incendie.
- D'une conduite by-pass.

Ces conduites sont commandées dans une chambre de manœuvre.

### 1. Conduite d'arrivée ou d'adduction

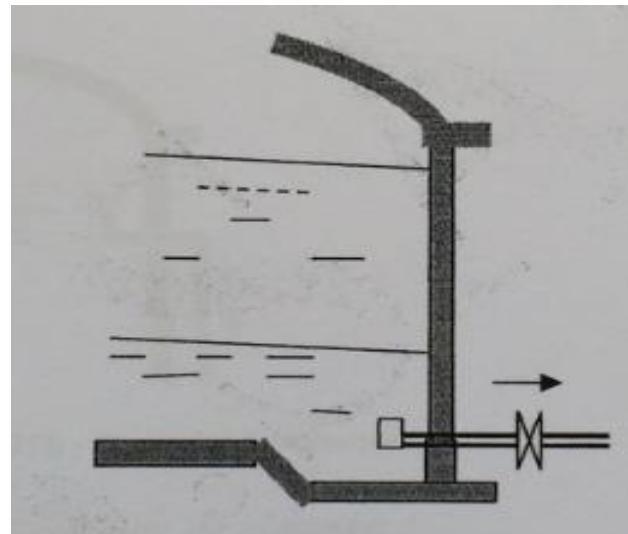
L'adduction est faite par refoulement, arrivée dans la cuve en siphon noyé (à la partie supérieur de la cuve), ou par le bas placé à l'opposé de la conduite de départ, afin de provoquer le brassage, par conséquent, un dispositif de contrôle situé au niveau de la station de pompage permet le déclenchement de l'arrêt ou de la mise en marche des pompes.



**Figure 10** Conduite d'arrivée

### 2. Conduite de départ ou de distribution

C'est la conduite qui véhicule l'eau du réservoir (cuve) vers l'agglomération. Son orifice sera disposé à l'opposé de la conduite d'arrivée, elle est placée à quelques centimètres (15/20cm) au dessus du fond de la cuve, pour éviter l'introduction de matières en suspension de l'air. L'extrémité est munie d'une crête courbée à fin d'éviter le phénomène de vortex (pénétration d'air dans la conduite).

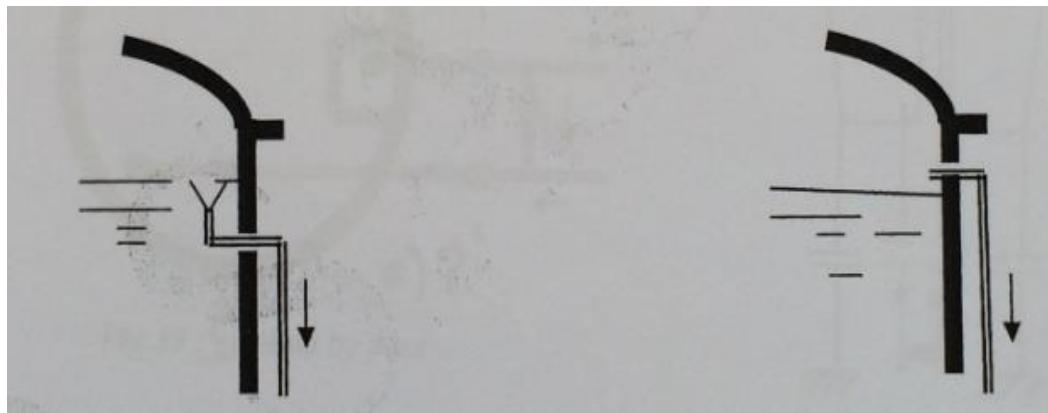


**Figure 11** Conduite de départ

Cette conduite est équipée d'une vanne à survitesse, permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite.

### 3. Conduite du trop-plein

Cette conduite a pour rôle d'évacuer l'excès d'eau arrivant à réservoir sans provoquer de déversement. Dans le cas où la pompe ne se désamorce pas après le remplissage du réservoir, l'extrémité supérieure de cette conduite est munie d'un entonnoir jouant le rôle d'un déversoir circulaire permettant cette évacuation.

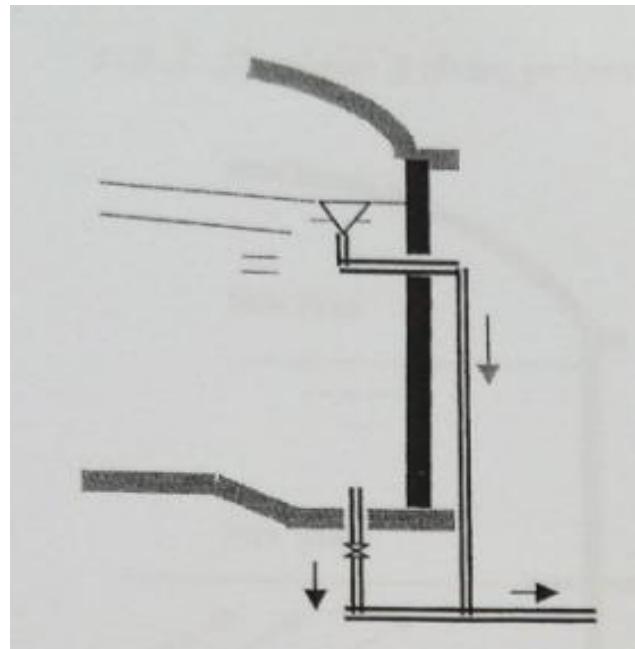


**Figure 12** Conduite de Trop-plein

### 4. Conduite de vidange

Elle permet la vidange du réservoir, en cas de nettoyage ou d'éventuelles réparations, il est nécessaire de prévoir la vidange au moyen d'une conduite généralement raccordée à la conduite de trop -plein .Elle est munie d'un robinet vanne qui doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter le dépôt de sable qui entraîne une difficulté de manœuvre. On a

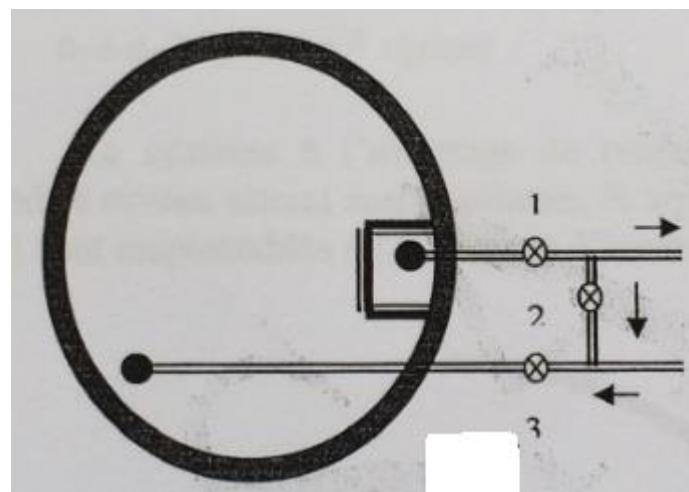
intérêt à n'effectuer cette vidange que sur un réservoir préalablement presque vidé en exploitation.



**Figure 13** Conduite de vidange

### 5. Conduit by-pass

Pour assurer la continuité de la distribution, en cas de travaux de maintenance ou dans le cas de vidange de la cuve ; on relie la conduite d'adduction à celle de la distribution par un tronçon de conduite appelé By-pass.



**Figure 13** Conduite by-pass

## **6. Les joints d'étanchéité**

Il faudra veiller aux traversées des conduites dans le béton de la cuve (les parois ou le radier).

## **7. Système de matérialisation de la réserve d'incendie**

C'est une disposition spéciale pour préserver le volume d'incendie au niveau du réservoir, qui permet d'interrompre l'écoulement, une fois le niveau de la réserve d'eau consacrée à l'extinction des incendies est atteint.

On a deux systèmes :

- Système à deux prises dont la réserve n'est pas renouvelable.
- Système à siphon qui a l'avantage de renouveler constamment la réserve d'incendie

## **8. Hygiène et sécurité**

Les réservoirs doivent être protégés contre toute pollution d'origine extérieure et contre les élévations importantes de températures.

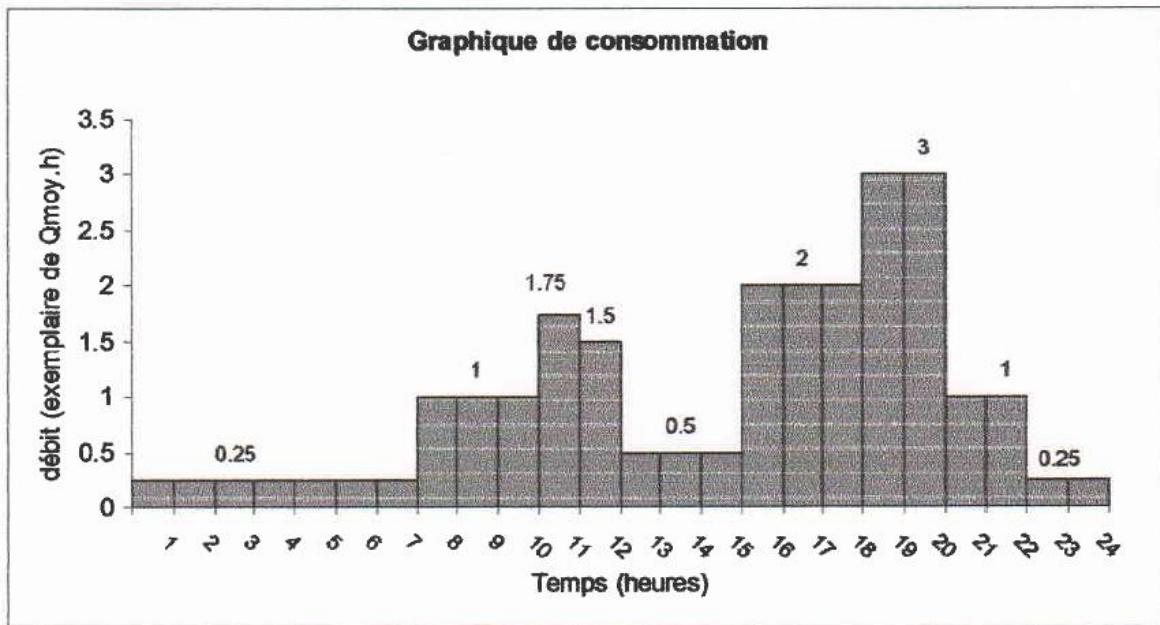
Ils doivent être faciles d'accès et leur installation doit permettre de vérifier en tout temps leur étanchéité. Ils doivent être munis d'un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir.

L'ensemble des matériaux constituants les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou odeurs désagréables. La stagnation prolongée de l'eau peut y être la cause, une vidange chaque mois en période d'été s'avère nécessaire.

Au moins une fois par ans, les réservoirs sont vidés, nettoyés et désinfectés pour éviter toute contamination de l'eau.

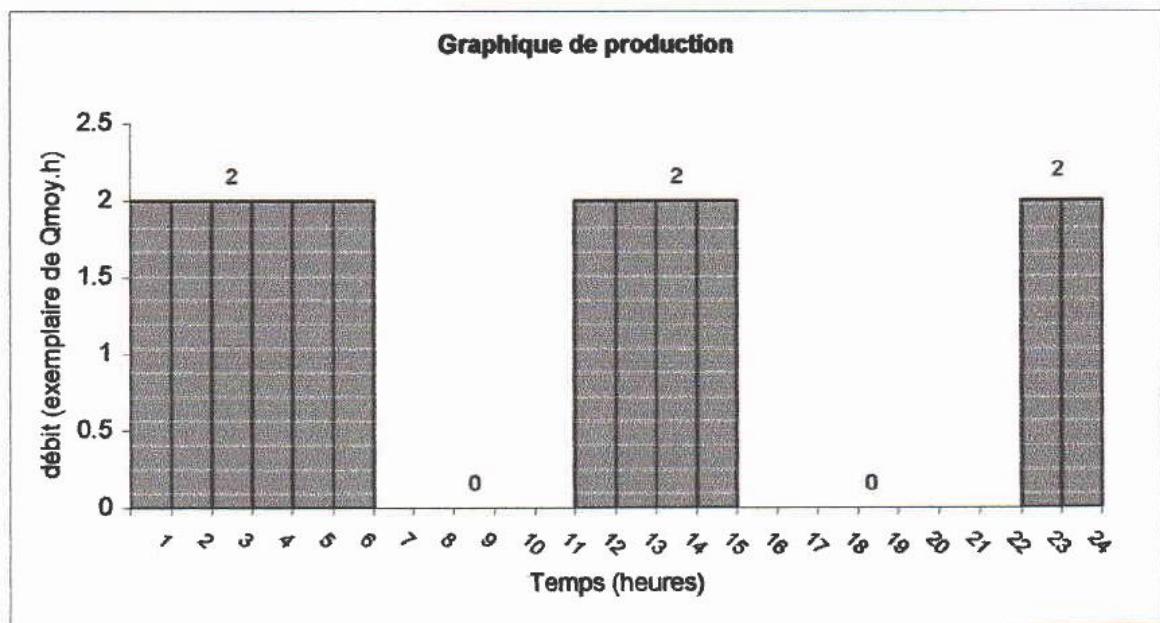
### **EXERCICE :**

Soit le graphique de consommation d'une agglomération x, donnée ci-dessous.

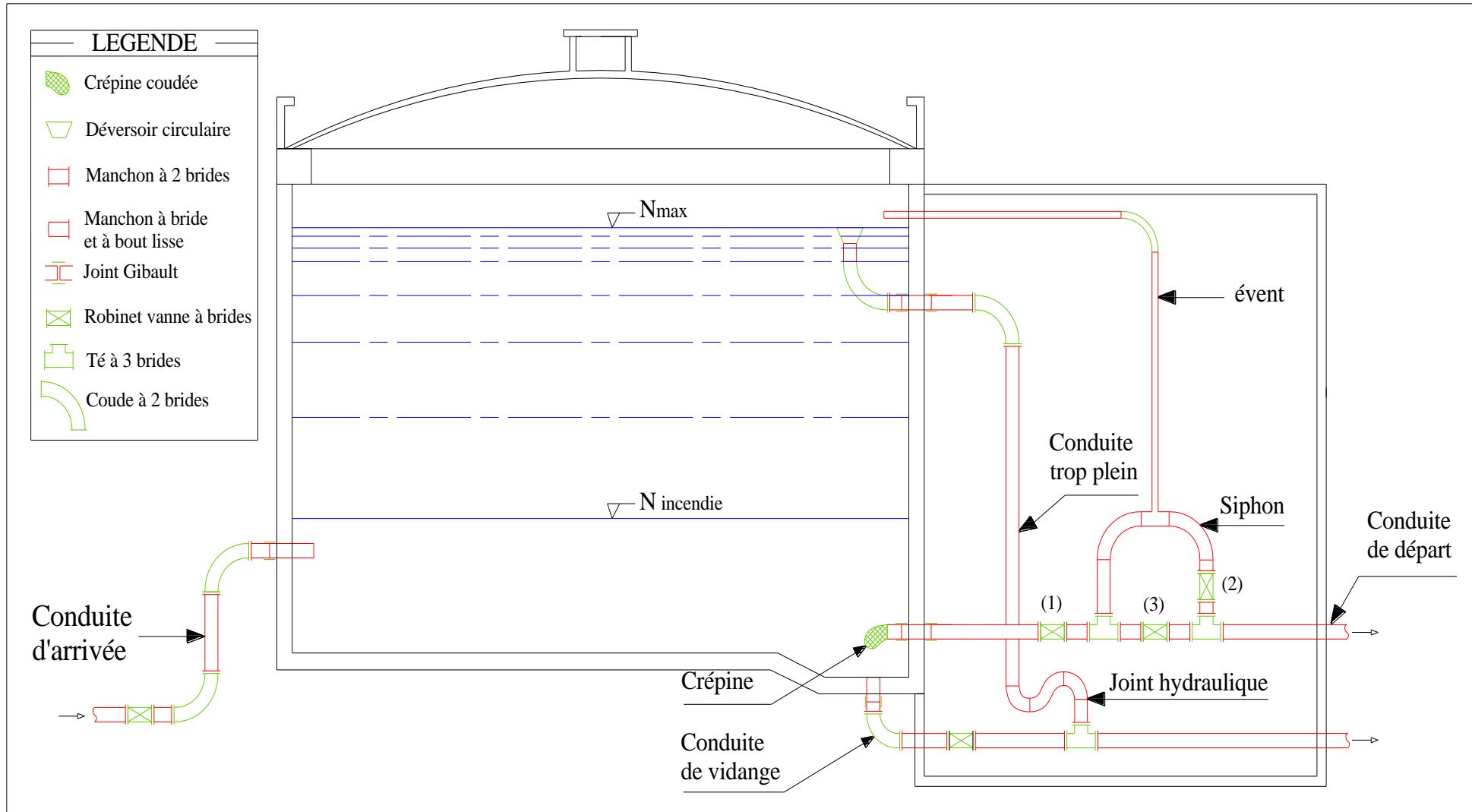


**Figure 14** Consommation journalière

Si la station de pompage (la production) fonctionne 12 heures : de 22h du soir à 6h du matin, et de 11h de matin à 15h de l'après midi ; Déterminer la capacité du réservoir à réaliser ?



**Figure 15** débit de production



**Figure 16:** Equipements des réservoirs