

5.1 - Les réservoirs de distribution :

5.1.1 - Rôle des réservoirs:

Les réservoirs d'eau sont, en général, nécessaires pour pouvoir alimenter, convenablement, une agglomération en eau potable. Ils sont principalement imposés par la différence entre le débit de captage ou de refoulement d'eau (plutôt constant) et le débit d'eau consommé par l'agglomération (variable en fonction de l'heure de la journée).

En principe, les réservoirs se différencient d'après leur position par rapport au sol réservoirs enterrés et réservoirs surélevés.

Par rapport au réseau d'approvisionnement, ils peuvent aussi être groupés en deux types : réservoirs de passage (placés entre le captage et le réseau de distribution de l'eau) et réservoirs d'équilibre (placés à la fin du réseau de distribution).

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/ou le traitement) et le régime de distribution (déterminé par la courbe de consommation). Il permet alors de transformer, de point de vue de la production et du pompage, les pointes de consommation horaire en demande moyenne. D'où des économies d'investissement pour tous les ouvrages situés à l'amont du réservoir. D'autre part, les stations de pompage ne peuvent pas suivre exactement les variations de la demande en eau.
- 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. En effet, la pression fournie par les stations de pompage peut varier: au moment de la mise en marche et de l'arrêt, coupure ou disjonction du courant, modification du point de fonctionnement par suite de la variation du débit demandé,...

Si la côte du réservoir 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 du pompage de telle façon à optimiser l'ensemble adduction + réservoirs (moins de consommation d'énergie électrique pendant les heures de pointe, pompes refoulant un débit constant correspondant au rendement maximum).



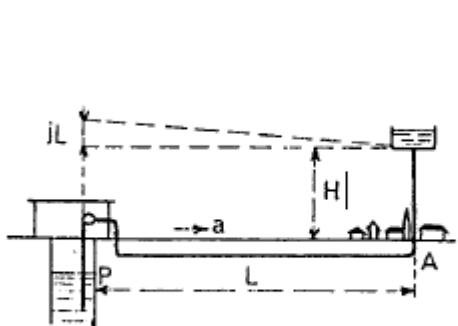
- Un réservoir est un *point test*, en volume et en pression, d'un réseau maillé. Il est en effet un baromètre précis, en permanence et en continu de l'état du réseau (pression) et de l'évaluation de la demande réelle (variations de niveau).

Compte tenu des multiples fonctions d'un réservoir, il reste très souvent difficile et surtout coûteux de lui trouver un substitut complet. Certes, l'eau peut être injectée directement dans le réseau avec des débits variables selon les besoins, avec un système de gestion en temps réel de la station de pompage (automatisation du fonctionnement). De nombreuses villes d'Europe et d'Amérique ont des réseaux sans réservoirs (Chicago, Leningrad, Toulouse, Anvers,...). En Algérie, actuellement, toutes les villes sont alimentées par des réservoirs. Un réservoir n'est donc pas indispensable, mais il reste la solution la plus économique.

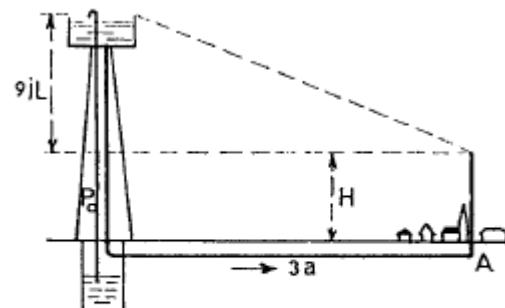
5.1.2 -Emplacement géographique des réservoirs:

Le réservoir d'eau doit être situé le plus près possible de l'agglomération à alimenter (en limite de l'agglomération). En effet, compte tenu du coefficient de pointe dont on doit affecter le débit horaire moyen de consommation pour déduire la consommation horaire maximale (de 1,5 à 3,5), la perte de charge sera généralement plus grande sur la conduite de distribution que sur la conduite d'adduction. Ceci fait que plus le réservoir s'éloigne de l'agglomération, plus la cote du plan d'eau doit être élevée (d'où une énergie de pompage plus grande).

Le schéma ci-dessous montre l'avantage de l'emplacement du réservoir proche de l'agglomération, avec un coefficient de pointe égale à 3.



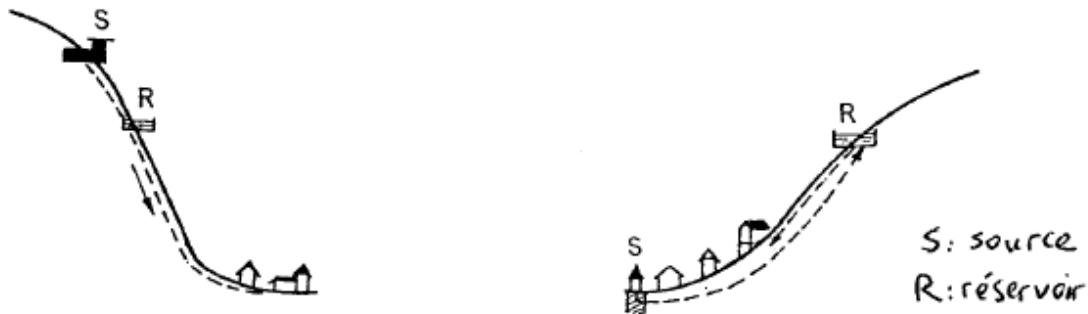
Réservoir en ville



Réservoir sur captage

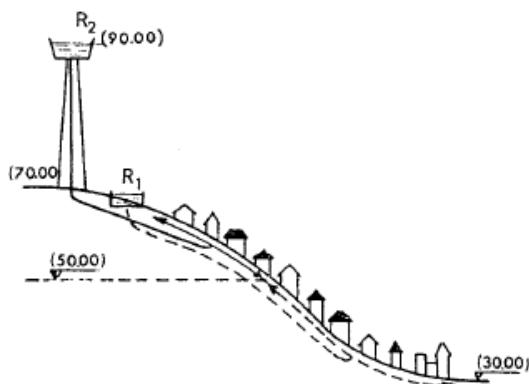
La topographie des lieux ou l'emplacement de la source d'eau peuvent parfois modifier le point de vue établi ci-dessus. On essaye, généralement, d'exploiter le relief à proximité de la ville pour utiliser un réservoir semi-enterré, qui sera toujours plus économique qu'un réservoir sur tour.



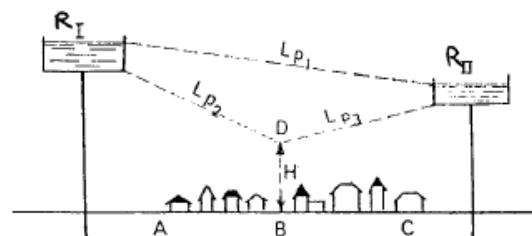


Quand la ville présente des différences de niveau importantes, on peut adopter une distribution étagée (voir exemple ci-dessous).

Dans le cas où l'agglomération s'étend dans une direction donnée, un réservoir unique peut devenir insuffisant et fournir, en extrémité du réseau, des pressions trop faibles aux heures de pointe. On peut ajouter alors un ou plusieurs réservoirs d'équilibre, situés à l'autre extrémité de la ville, qui permettent d'avoir une pression acceptable dans leur zone d'action. Ces réservoirs d'équilibre sont en liaison avec le réservoir principal et se remplissent au moment des faibles consommations (la nuit principalement).



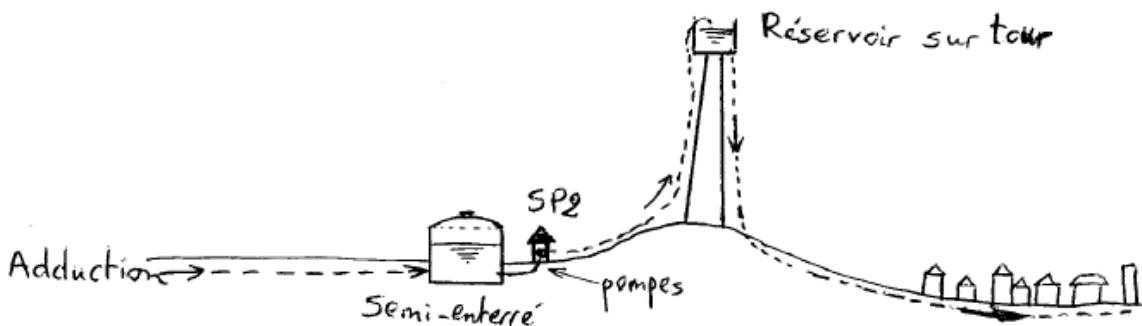
Distribution étagée



Réservoir d'équilibre

Dans quelques cas, on peut adopter, en même temps, les deux types de réservoirs: réservoir semi-enterré et réservoir surélevé (ou château d'eau). Le réservoir semi-enterré est alimenté par la station de traitement, avec ou sans pompage, avec un débit constant Q_{hm} . Le château d'eau, situé avant la distribution, est alimenté par une autre station de pompage (SP2) qui fonctionne à débit variable (voir le schéma ci-dessous). L'adoption de ce type de schéma permet de limiter le volume nécessaire du réservoir sur tour.





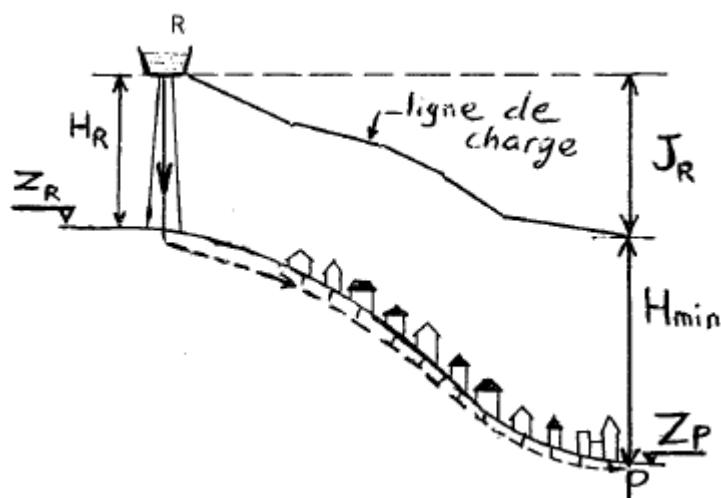
En fait, ce n'est qu'après une étude économique approfondie et compte tenu des conditions locales (surtout le relief) que l'on pourra déterminer le meilleur emplacement du réservoir et, éventuellement, de la station de pompage, étude dans laquelle entreront les coûts des conduites, du pompage et de construction du réservoir.

5.1.3 -Altitude des réservoirs:

Un des principaux rôles du réservoir est de fournir, pendant l'heure de pointe, une pression au sol suffisante "Hmin" en tout point du réseau de distribution (voir plus loin les valeurs de cette pression), en particulier au point le plus défavorable du réseau (le point le plus loin et/ou le plus élevé). L'altitude du réservoir d'eau (précisément la cote de son radier) doit être calculée donc pour que, dans toute l'agglomération à alimenter, la pression soit au moins égale à Hmin. C'est la cote du radier du réservoir qui est prise en compte, ce qui correspondant au cas d'alimentation le plus défavorable (le réservoir est alors presque vide).

C'est le calcul du **réseau de distribution**, pendant l'heure de pointe, qui permet de déterminer les différentes pertes de charge et d'en déduire la cote de radier du réservoir.

La valeur de cette cote et la topographie des lieux détermineront le type de réservoir à adopter (semi-enterré ou surélevé). On peut, si un relief est disponible, augmenter les diamètres des conduites de distribution pour diminuer les pertes de charge et éviter la surélévation du réservoir (solution à justifier par un **calcul économique**).



Notons aussi que, pour les châteaux d'eau, et pour des raisons économiques, on doit éviter des surélévations (HR) supérieures à 40 m. Le cas échéant, on peut augmenter les diamètres de quelques conduites de distribution pour diminuer les pertes de charge et limiter la surélévation nécessaire.

5.1.4 - 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.

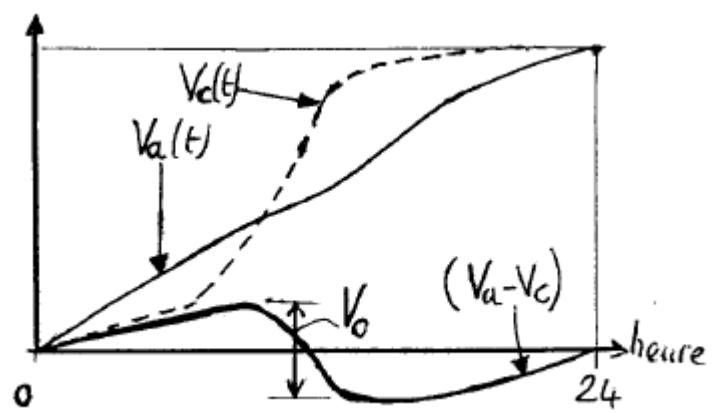
- ***Calcul à partir des courbes d'alimentation et de distribution:***

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.



- ***Calcul approximatif:***

La capacité des réservoirs est toujours déterminée à partir des courbes de variation des débits d'alimentation des débits distribués, avec des simplifications concernant, principalement, une approximation par paliers de la courbe de consommation.

Il faut choisir un régime de variation de l'alimentation des réservoirs [qa(h)] :

- Soit une adduction continue de débit horaire constant égal à a ($= Q_{jmax} / 24$),
- Soit un pompage de nuit (de durée 10 h seulement: de 20 h à 6 h) de débit horaire égal à 2,4.a ($= Q_{jmax} / 10$),
- Soit un pompage variable durant les 24 heures de la journée.

En ce qui concerne la variation horaire de la consommation, elle varie selon l'importance de l'agglomération. Le coefficient de pointe horaire augmente quand la ville devient plus petite. Les valeurs adoptées sont généralement 1,5 pour une très grande ville, entre 2 et 2,5 pour une ville moyenne, et pouvant atteindre 3,5 pour une petite ville. Selon l'importance de l'agglomération, il faut alors choisir un régime de variation de la consommation [qc(h)] et en déduire le volume des réservoirs.

Dans **l'ANNEXE 5.1**, nous présentons des exemples de calcul du volume des réservoirs pour quelques variantes d'adduction.

Notons que, dans ces calculs, il faut prévoir l'évolution future de la consommation et ajouter une réserve d'incendie. En effet, tout réservoir doit comporter aussi une réserve d'incendie, qui doit être disponible à tout moment. La réserve minimale à prévoir est de 120 m³ pour chaque réservoir (la motopompe de lutte contre le feu utilisée par les pompiers est de 60 m³/h et la durée approximative d'extinction d'un sinistre moyen est évaluée à 2 h).

Pour les agglomérations à haut risque d'incendie, la capacité à prévoir pour l'incendie pourrait être supérieure à 120 m³. Pour les grandes villes, le volume d'incendie est généralement négligeable par rapport au volume total des réservoirs.

Enfin, nous signalons qu'il faut répartir le volume nécessaire sur au moins deux réservoirs (ou cuves indépendantes), pour plus de sécurité dans la distribution et pour prévoir la possibilité de nettoyage des cuves.

Les volumes des réservoirs les plus utilisés sont :

250 ; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 ; 5000; 7500; 10000; 12000; 15000 et 20 000 m³.

A cause des frais élevés exigés par la construction, l'exploitation et l'entretien des châteaux d'eau, leur volume dépasse rarement 1000 m³. Un bon ajustement du régime de pompage ou, éventuellement, l'utilisation simultanée d'autres réservoirs semi-enterrés, nous permettent alors de réduire le volume nécessaire du château d'eau.



5.1.5 - Formes et types de réservoirs:

La forme des réservoirs est généralement circulaire, et est rarement carrée ou rectangulaire. En ce qui concerne le château d'eau, la forme de la cuve est aussi généralement circulaire, son aspect extérieur doit s'adapter au paysage et demande une architecture appropriée au site pour ne pas détruire l'environnement.

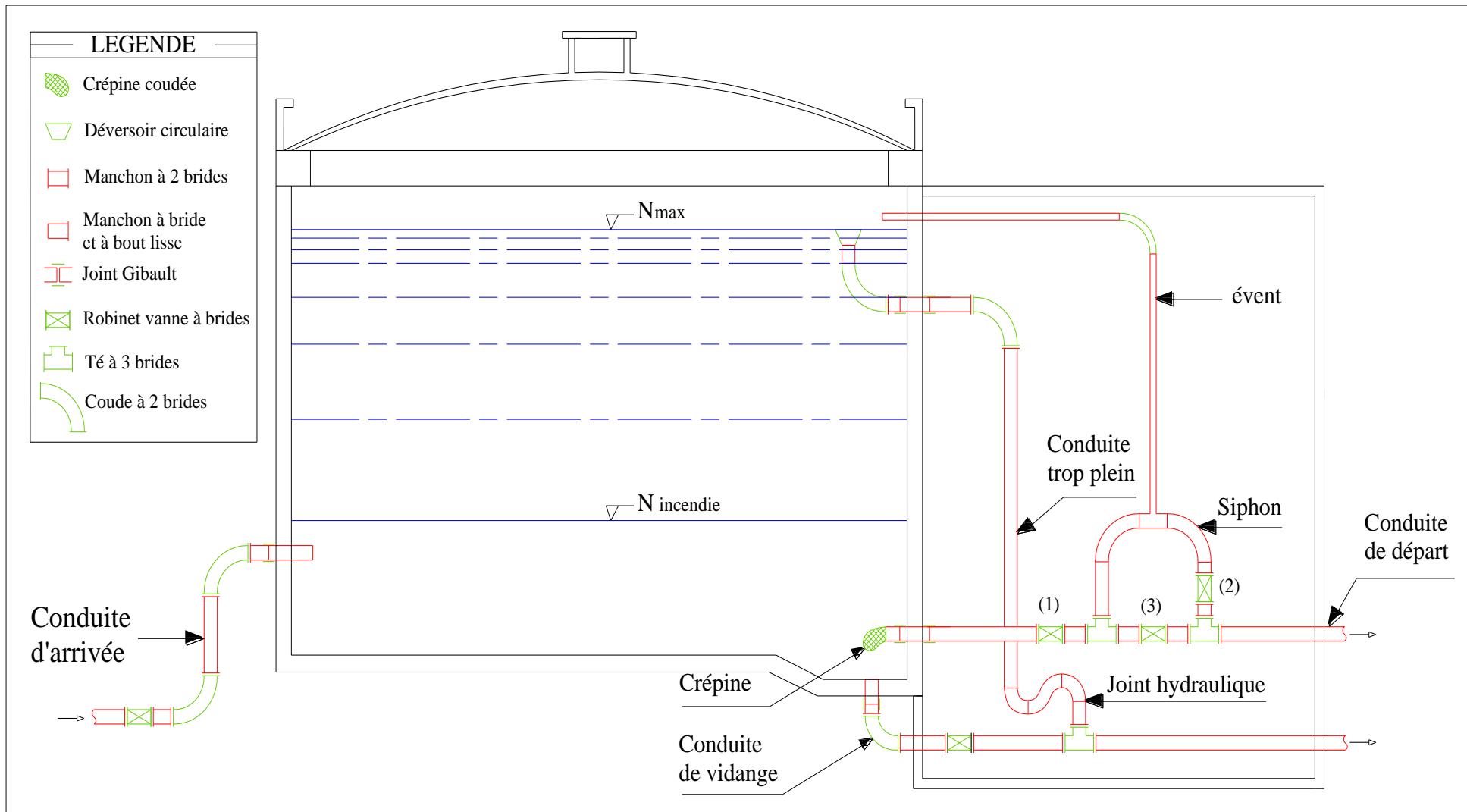
La hauteur d'eau (hr) dans les réservoirs est comprise entre 3 et 6 m, et atteint, exceptionnellement, 10 m pour les grandes villes. Le diamètre du réservoir circulaire, imposé par le volume, varie de 1,5 à 2 fois la hauteur de la cuve hr.

Pour des raisons économiques, les réservoirs sont construits en béton armé jusqu'à un volume de 2500 m³ et en béton précontraint jusqu'à 20 000 m³. Pour des faibles volumes, et rarement, ils peuvent être métalliques. Les réservoirs semi-enterrés sont les plus utilisés, avec un toit généralement voûté, et une couverture par de la terre ou du sable sur 0,2 à 0,3 m (isolation thermique de l'eau).

Quelques équipements sont aussi à prévoir dans les réservoirs: une fenêtre d'aération (entrée et sortie de l'air lors du remplissage et de la vidange), un accès pour le nettoyage de la cuve, une chambre de vannes, un trop-plein (évacuation de l'excédent d'eau), une galerie de vidange (au fond), une fermeture par flotteur de l'alimentation, un enregistreur du niveau d'eau dans le réservoir et un by-pass entre adduction et distribution (utile en cas d'indisponibilité du réservoir: nettoyage, entretien, réparation,...).

Eventuellement, On peut prévoir aussi une bâche d'arrivée de l'eau équipée d'un déversoir permettant la mesure des débits d'adduction





Exemple d'une étude d'un réservoir :

On suppose une agglomération alimenté par un château d'eau, qui lui-même est alimenté par pompage (20 h /jours)

On fixe avec des critères la durée du fonctionnement de la pompe (on la fixe à 20/24 heure) et au bout de ce temps 20 heures pendant une journée il faut que la pompe refoule 100% le débit maximum journalier.

Tableau IV -1 : Capacité horaire du réservoir

Heure	Cons horaire		Q st		Stockage		Distribution		capacité horaire	
	1	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%
0-1	1,46	108,09					1,46	108,087	-0,62	-45,90
1-2	1,46	108,09					1,46	108,087	-2,08	-153,99
2-3	1,46	108,09					1,46	108,087	-3,54	-262,07
3-4	1,46	108,09	5	370,1	3,54	262,07			0	0,00
4-5	2,43	179,90	5	370,1	2,57	190,26			2,57	190,26
5-6	3,41	252,45	5	370,1	1,59	117,71			4,16	307,97
6-7	4,38	324,26	5	370,1	0,62	45,90			4,78	353,87
7-8	5,35	396,07	5	370,1			0,35	25,91	4,43	327,96
8-9	6,42	475,29	5	370,1			1,42	105,13	3,01	222,84
9-10	6,42	475,29	5	370,1			1,42	105,13	1,59	117,71
10-11	6,42	475,29	5	370,1			1,42	105,13	0,17	12,59
11-12	6,42	475,29	5	370,1			1,42	105,13	-1,25	-92,54
12-13	4,85	359,06	5	370,1	0,15	11,10			-1,1	-81,44
13-14	5,2	384,97	5	370,1			0,2	14,81	-1,3	-96,24
14-15	5,2	384,97	5	370,1			0,2	14,81	-1,5	-111,05
15-16	6,18	457,52	5	370,1			1,18	87,36	-2,68	-198,41
16-17	6,18	457,52	5	370,1			1,18	87,36	-3,86	-285,76
17-18	5,35	396,07	5	370,1			0,35	25,91	-4,21	-311,68
18-19	5,35	396,07	5	370,1			0,35	25,91	-4,56	-337,59
19-20	4,38	324,26	5	370,1	0,62	45,90			-3,94	-291,69
20-21	3,89	287,99	5	370,1	1,11	82,18			-2,83	-209,51
21-22	2,92	216,17	5	370,1	2,08	153,99			-0,75	-55,52
22-23	1,95	144,36	5	370,1	3,05	225,80			2,3	170,27
23-24	1,46	108,09					1,46	108,087	0,84	62,19



IV I – 3 / Calcul de la capacité du réservoir :

La capacité du réservoir est déterminée par la formule suivante :

$$V_u = [a_i \cdot Q_{max_j}] / 100$$

D'après le tableau précédent on a deux pointe donc notre a_i sera égale à la somme des deux pointe la positive et la négative $a_i = |4,78| + |-4,56| = 9,34$

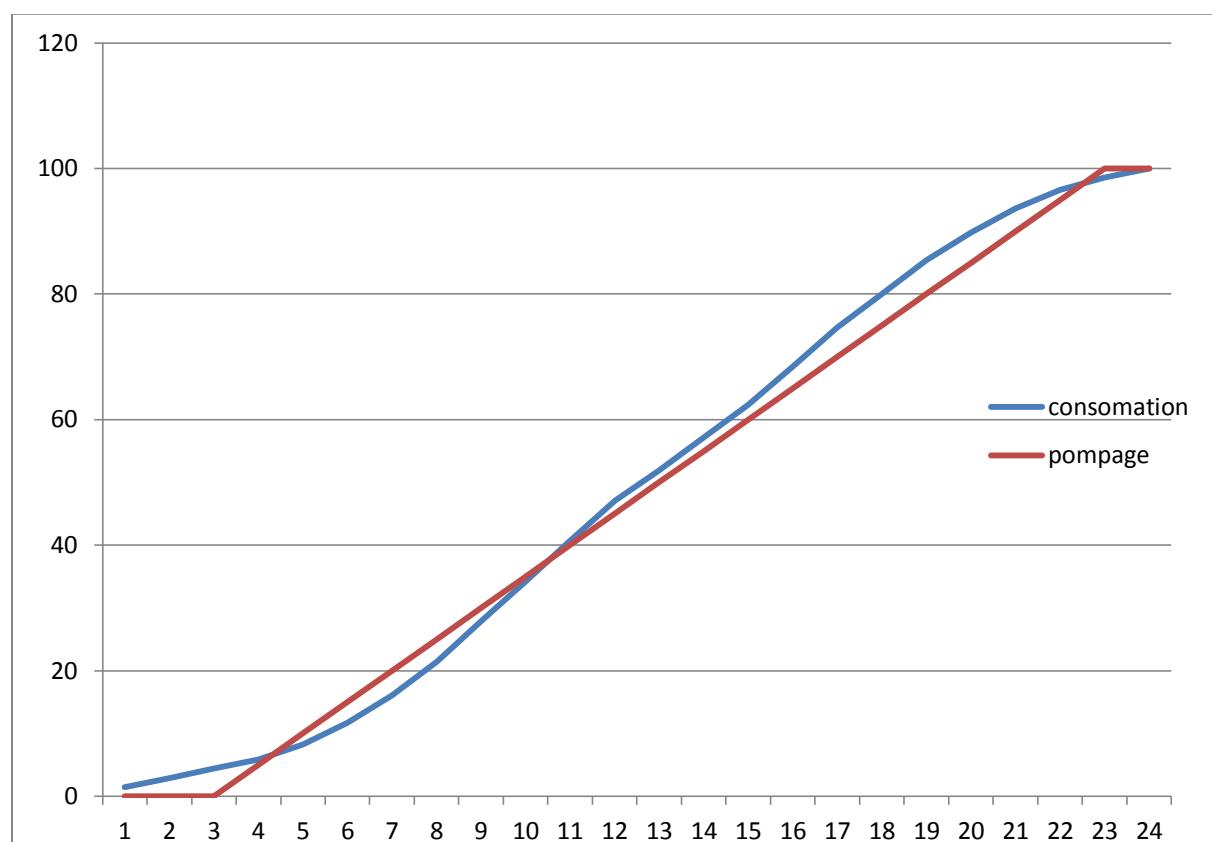
On a $Q_{max_j} = 7403,23 \text{ m}^3/\text{j}$

$$V_u = 9,34 \cdot 7403,23 / 100 = 691,46 \text{ m}^3$$

Donc le volume total sera :

$$V = V_u + V_{inc}$$

$$V = 691,46 + 120 = 811,46 \text{ m}^3$$



Courbe de la consommation

