CHAPITRE IV

Etude des réservoirs

Introduction :

Les réservoirs d'eau potable permettent d'écrêter la demande d'eau ce qui contribue à réduire la capacité des ouvrages de captage des usines de traitement, des stations de pompage et des conduites d'adduction.

Les réservoirs d'eau potable peuvent aussi être utilisés pour équilibrer les pressions dans le réseau de distribution. Ils assurent aussi une sécurité contre les bris des ouvrages de captage, de traitement et d'amenée et ils peuvent aussi servir à assurer une réserve pour fins de protection contre les incendies.

Un réservoir servant à contrôler la pression dans le réseau devrait être suffisamment élevé pour que sa fonction puisse s'accomplir gravitairement, tout en étant dans la mesure du possible, capable de se remplir durant la nuit sans pompage auxiliaire. Il doit se situer à l'intérieur ou à proximité du secteur où l'amélioration des pressions est requise.

Tout réservoir devrait se localiser le plus près possible des secteurs à desservir de façon à éviter l'installation de conduites de grand diamètre et réduire les pertes de charge.

IV.1 Capacité du réservoir : [6]

Le volume des réservoirs est habituellement établi comme étant la somme de la réserve d'opération et de la réserve incendie dans les cas où le réseau assure une telle protection. Ces réserves peuvent être réparties entre les différents réservoirs du système de traitement et de distribution.

Pour les projets où il est prévu une réserve dédiée pour les besoins de la désinfection et de nettoyage, le volume de cette réserve ne peut être inclus dans les calculs des réserves d'opération et d'incendie.

IV.1.1 Réserve des besoins (d'opération) :

La réserve d'opération permet de faire face aux variations horaires de débit dans le réseau de distribution et à des événements particuliers tels que bris de conduites principales, bris de pompe ou pannes à l'usine de traitement de l'eau.

Lorsque l'approvisionnement du réservoir se fait sur une base continue (24 heures par jour), la réserve d'opération doit correspondre à une valeur située entre 12 et 24 heures de la consommation journalière moyenne (typiquement entre 14 et 20 heures de la consommation journalière moyenne).

Dans le cas des réservoirs existants, des valeurs inférieures à 12 heures mais toujours supérieures à 6 heures peuvent être jugées acceptables si supportées par des données historiques visant à qualifier le degré de fiabilité du système existant.

IV.1.2 Réserve d'incendie :

Le débit d'incendie requis pour un édifice dépend de la superficie du bâtiment, de son type de construction, de sa vocation, de son voisinage et des moyens d'auto-protection dont il dispose. Ce dernier point est important car il implique qu'en favorisant l'installation d'équipements d'auto-protection dans les édifices d'importance (commerces, bureaux, usines, etc.), une municipalité pourrait diminuer substantiellement les débits d'incendie requis et par conséquent réduire les coûts des infrastructures d'aqueduc à installer.

En général, l'alimentation en eau des réseaux d'aqueduc offrant une protection contre l'incendie devrait être établie selon des règles techniques.

IV.2 Type des réservoirs d'eau potable :

Dans la conception d'un réservoir d'eau potable, on doit viser à assurer la stabilité et la durabilité de l'ouvrage ainsi que la qualité de l'eau traitée emmagasinée.

Les réservoirs d'eau potable peuvent être de type souterrain en béton armé ou hors-terre en acier. Pour les constructions hors-terre, on retrouvera les réservoirs de type élevé ou cylindrique. Les réservoirs d'eau potable hors-terre en béton précontraint ne sont pas acceptés.

IV.2.1 Réservoir souterrain :

Ce type de réservoir est généralement employé lorsque le réservoir est construit à la même station de traitement de l'eau ou lorsque le site est suffisamment élevé afin d'assurer une pression adéquate par gravité pour le réseau desservi. Lorsqu'il est construit à la même station de traitement de l'eau, le réservoir sera généralement utilisé en combinaison avec une station de pompage de type « haut niveau » qui assure un débit et une pression convenables au réseau de distribution.

IV.2.2 Réservoir cylindrique :

Lorsqu'il n'y a aucun site ayant une élévation suffisante pouvant assurer des pressions adéquates dans le réseau de distribution à partir d'un réservoir souterrain, on utilise parfois un réservoir cylindrique, lequel comprend une réserve de soutien assurant l'élévation nécessaire à la réserve utile.

La conception, les matériaux, la fabrication et l'installation des réservoirs cylindriques en acier doivent être conformes aux exigences des normes.

IV.2.3 Réservoir élevé et château d'eau :

Lorsqu'il n'y a aucun site ayant une élévation suffisante pouvant assurer des pressions adéquates dans le réseau de distribution à partir d'un réservoir souterrain, on utilise parfois un réservoir élevé ou château d'eau.

Ce type de réservoir est supporté par des piliers et s'utilise dans les mêmes conditions qu'un réservoir cylindrique, sauf que la hauteur requise pour assurer une pression adéquate est généralement élevée.

IV.3 Eléments de conception des réservoirs d'eau potable : [7]

IV.3.1 Protection sanitaire :

Le fond du réservoir devrait autant que possible se situer au-dessus du niveau de la nappe phréatique et de tout niveau possible d'inondation. Un système de drainage peut être avantageux pour empêcher la nappe d'eau d'atteindre le fond du réservoir.

Quand le fond du réservoir se situe sous la surface du sol, aucune conduite d'égout, service privé, conduite de gaz naturel, mare d'eau stagnante ou autres sources semblables de contamination, ne doit se situer à moins de 15 mètres des parois du réservoir. Toutefois, une conduite d'aqueduc ayant subi des tests à une pression de 345 10^{-3} bar sans perte d'eau peut être utilisée comme conduite d'égout à écoulement libre à une distance moindre que 15 mètres mais supérieure à 6 mètres.

Tout réservoir d'eau potable doit avoir un toit et un couvercle empêchant l'intrusion de poussière, d'insectes et autres animaux, de façon à maintenir la qualité de l'eau. Dans le cas d'un réservoir recouvert de terre, le toit doit être parfaitement étanche.

Une clôture, des verrous sur les regards d'accès et autres précautions utiles doivent être prises pour empêcher l'entrée d'intrus, le vandalisme ou le sabotage.

Le système de drainage d'un réservoir doit être conçu de façon à assurer le maximum de sécurité contre les retours d'eau et l'invasion par la vermine. Des accessoires comme les vannes à clapets ou des dispositifs anti-retour n'assurent pas nécessairement cette sécurité maximale. De plus, le système de drainage d'un réservoir ne doit pas être raccordé à un réseau d'égout.

Le terrassement autour du réservoir doit être conçu de façon à éloigner les eaux de ruissellement.

IV.3.2 Trop-plein :

Tout réservoir doit avoir un trop-plein se déversant à une élévation de 30 à 60 cm au-dessus du sol, au-dessus d'une entrée de drain ou d'une plaque de dispersion. Aucun trop-plein ne doit être raccordé à une conduite d'égout domestique, unitaire ou pluviale.

L'ouverture de trop-plein doit être dirigée vers le bas et être munie d'une grille non-corrosive, installée à l'intérieur de la conduite de façon à empêcher sa détérioration par un acte de vandalisme.

Le tuyau de trop-plein doit avoir un diamètre suffisant pour permettre l'évacuation du surplus d'eau correspondant au taux maximal d'entrée d'eau dans le réservoir.

IV.3.3 Accès :

Tout réservoir doit avoir des ouvertures d'accès pour permettre le nettoyage et la réparation.

Les regards d'accès au-dessus du plan d'eau doivent :

- avoir une bordure surélevée d'au moins 10 cm, et préférablement de 15 cm. Pour les réservoirs de surface ou souterrain, les regards d'accès doivent se situer à au moins 0,6 mètre au-dessus du niveau final du sol ;
- être fermé avec un couvercle étanche recouvrant la bordure du regard et se prolongeant d'au moins 5 cm le long de cette bordure. Le drain des trappes d'accès ne doit pas se drainer dans le réservoir ;
- être munis d'un gond sur l'un de ses côtés ;
- être pourvus d'un dispositif de verrouillage.

IV.3.4 Ventilation :

Tout réservoir doit être ventilé adéquatement. Il est à noter que le trop-plein ne peut pas être utilisé comme conduite de ventilation. Des ouvertures entre le toit et les murs du réservoir ne sont pas acceptables comme moyens de ventilation. Les conduites de ventilation doivent :

- empêcher l'intrusion d'eau de surface ou de pluie ;
- éviter l'entrée d'oiseaux ou autres animaux ;
- empêcher l'entrée d'insectes et de poussière en autant que cette exigence est compatible avec une ventilation efficace. Pour des réservoirs élevés ou cylindriques, un grillage non-corrosif d'au moins 1.6 au centimètre peut être employé à cette fin.

IV.3.5 Toit et parois latérales :

Le toit et les parois latérales doivent être étanches, sans aucune ouverture à l'exception de celles prévues pour les conduites de ventilation, les regards d'accès, les trop-pleins, les drains de vidanges, les tuyaux d'entrée et de sortie d'eau.

Tous les tuyaux traversant le toit ou la paroi d'un réservoir métallique doivent être soudés ou convenablement scellés à la paroi. Pour les réservoirs en béton, ces conduites doivent être reliées à des ancrages mis en place lors du coulage du béton.

Les ouvertures dans le plafond d'un réservoir, requises pour l'installation des appareils de contrôle et les colonnes des pompes, doivent être protégées de façon à empêcher l'intrusion d'eau de surface ou souterraine à l'intérieur du réservoir.

Les vannes et les appareils de contrôle doivent se situer à l'extérieur du réservoir de manière à ce que les tiges des vannes ou autres tiges similaires ne traversent le toit, le couvercle ou la paroi du réservoir. Si cela n'est pas possible, il faut bien protéger les ouvertures dans le toit du réservoir des intempéries et des intrusions d'eau.

IV.3.6 Drainage du toit :

Le toit de tout réservoir doit être drainé efficacement. Les gouttières de descente ne doivent pas pénétrer à l'intérieur du réservoir. Les parapets ou autres constructions similaires qui pourraient retenir l'eau ou la neige sur le toit sont à proscrire.

IV.3.7 Passerelles intérieures :

Toute passerelle surplombant un plan d'eau à l'intérieur d'un réservoir doit avoir un plancher sans trou avec des bordures relevées pour empêcher la chute de détritus dans l'eau.

IV.3.8 Arrêt des sédiments :

Toute conduite de sortie d'eau d'un réservoir doit être installée de façon à empêcher l'entraînement des sédiments dans le réseau de distribution. Un dispositif d'arrêt des boues doit être prévu là où c'est nécessaire.

IV.3.9 Structure :

Les murs de tout réservoir doivent résister aux pressions internes et externes sous toutes les conditions de niveau à l'intérieur du réservoir et à l'extérieur s'il est enfoui.

Dans le cas de réservoir enfoui, celui-ci doit être conçu pour éviter sa flottaison et pour résister aux pressions induites par le remblayage du réservoir lorsque ce dernier est vide.

La figure VI.1 représente un schéma d'un réservoir

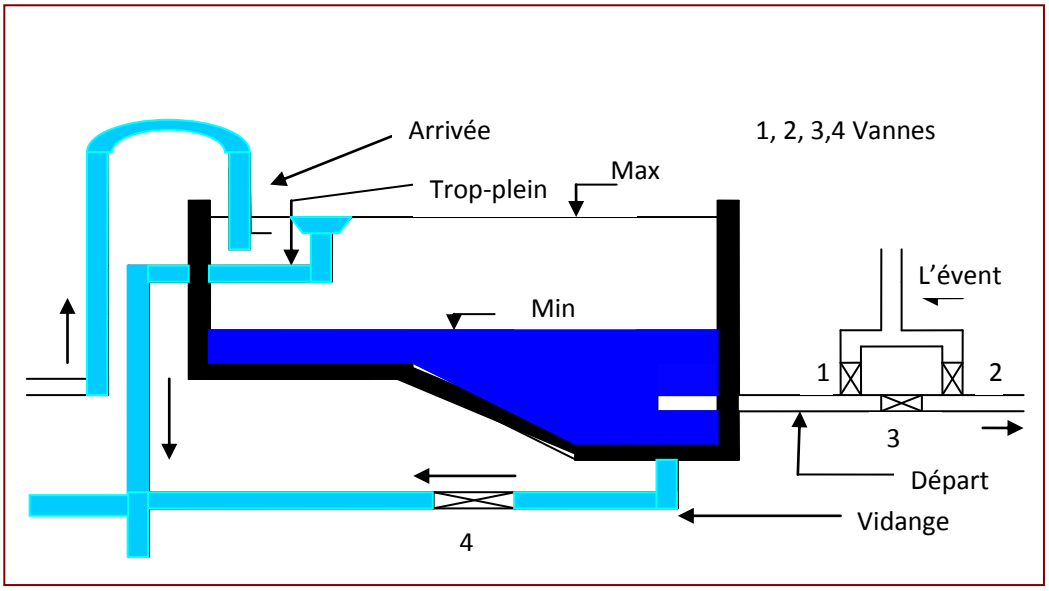

Fig VI.1 : Schéma d'un réservoir

IV.4 Les réservoir existant :

La ville de ***Sidi Ameur*** comprend cinq (5) réservoirs d'une capacité de stockage de 2000 m^3.

Les caractéristiques principales des différents réservoirs sont dressées sur le tableau **VI.1** :

Réservoir	**Capacité (m^3)**	**Cote radie (m)**	**Profondeur (m)**
R1	250	760,00	-1,50
R2	500	762,00	-1,50
R3	500	799,00	-2,00
R4	500	769,00	0,00
R5	250	769,00	0,00

Tableau IV.1 : Les réservoirs existants

IV.5 Dimensionnement des réservoirs : [6]

IV.5.1 Variation des débits horaires :

Le tableau IV.2 illustre la variation des consommations au cours de la journée.

Heure	Consommation totale					Courbe de la consommation Cumulée (Intégrale)				
	(%)	*(m^3/h)*				*(%)*	*(m^3/h)*			
		A	**B**	**C**	**D**		**A**	**B**	**C**	**D**
0– 1	01	29,486	26,752	11,931	14,715	01	29,486	26,752	11,931	14,715
1 – 2	01	29,486	26,752	11,931	14,715	02	58,971	53,505	23,862	29,431
2 – 3	01	29,486	26,752	11,931	14,715	03	88,457	80,257	35,793	44,146
3 – 4	01	29,486	26,752	11,931	14,715	04	117,942	107,010	47,724	58,862
4 – 5	02	58,971	53,505	23,862	29,431	06	176,913	160,515	71,585	88,293
5 – 6	03	88,457	80,257	35,793	44,146	09	265,370	240,772	107,378	132,439
6 – 7	05	147,428	133,762	59,654	73,577	14	412,798	374,534	167,032	206,017
7 – 8	6,5	191,656	173,891	77,551	95,651	20.5	604,454	548,425	244,583	301,667
8 – 9	6,5	191,656	173,891	77,551	95,651	27	796,110	722,316	322,134	397,318
9 – 10	5,5	162,171	147,138	65,620	80,935	32.5	958,281	869,454	387,754	478,253
10 – 11	4,5	132,685	120,386	53,689	66,220	37	1090,966	989,840	441,443	544,473
11 – 12	5,5	162,171	147,138	65,620	80,935	42.5	1253,136	1136,979	507,062	625,408
12 – 13	07	206,399	187,267	83,516	103,008	49.5	1459,535	1324,246	590,579	728,416
13 – 14	07	206,399	187,267	83,516	103,008	56.5	1665,934	1511,513	674,095	831,425
14 – 15	5,5	162,171	147,138	65,620	80,935	62	1828,105	1658,651	739,715	912,360
15 – 16	4,5	132,685	120,386	53,689	66,220	66.5	1960,790	1779,037	793,404	978,579
16 – 17	05	147,428	133,762	59,654	73,577	71.5	2108,218	1912,799	853,058	1052,157
17 – 18	6,5	191,656	173,891	77,551	95,651	78	2299,874	2086,690	930,609	1147,807
18 – 19	6,5	191,656	173,891	77,551	95,651	84.5	2491,530	2260,581	1008,159	1243,458
19 – 20	05	147,428	133,762	59,654	73,577	89.5	2638,958	2394,343	1067,814	1317,035
20 – 21	4,5	132,685	120,386	53,689	66,220	94	2771,643	2514,729	1121,503	1383,255
21 – 22	03	88,457	80,257	35,793	44,146	97	2860,099	2594,987	1157,295	1427,402
22 – 23	02	58,971	53,505	23,862	29,431	99	2919,070	2648,492	1181,157	1456,833
23 – 24	01	29,486	26,752	11,931	14,715	100	2948,556	2675,244	1193,088	1471,548

Tableau IV.2 : Répartition des débits horaires

En se basant sur les données du tableau IV.2, en trace l'histogramme de répartition de la consommation par heure et par jour et les courbes de consommation cumulée (voir les Figures IV.02 et IV.03 respectivement).

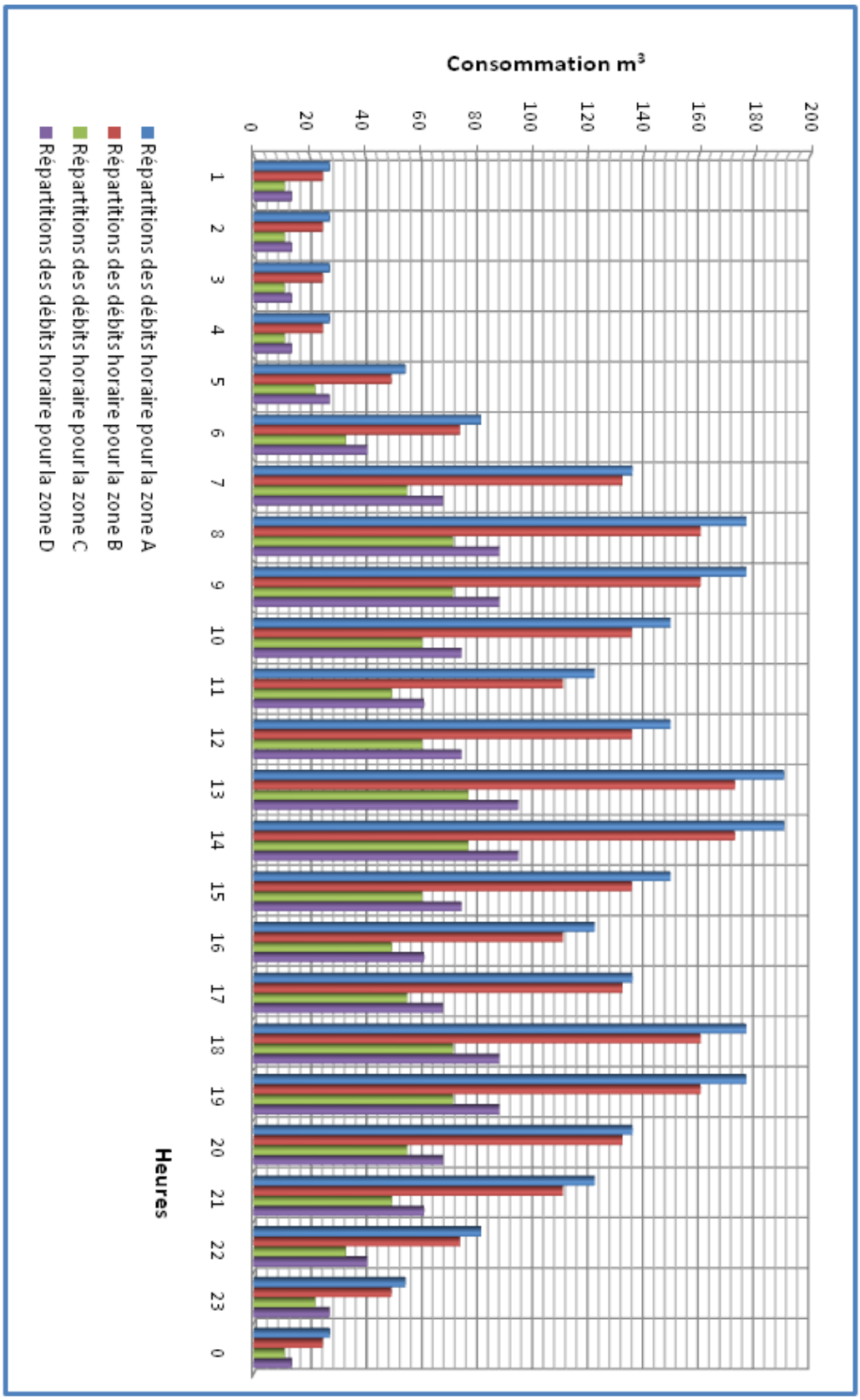

Fig IV.2 : Répartition de consommation horaire

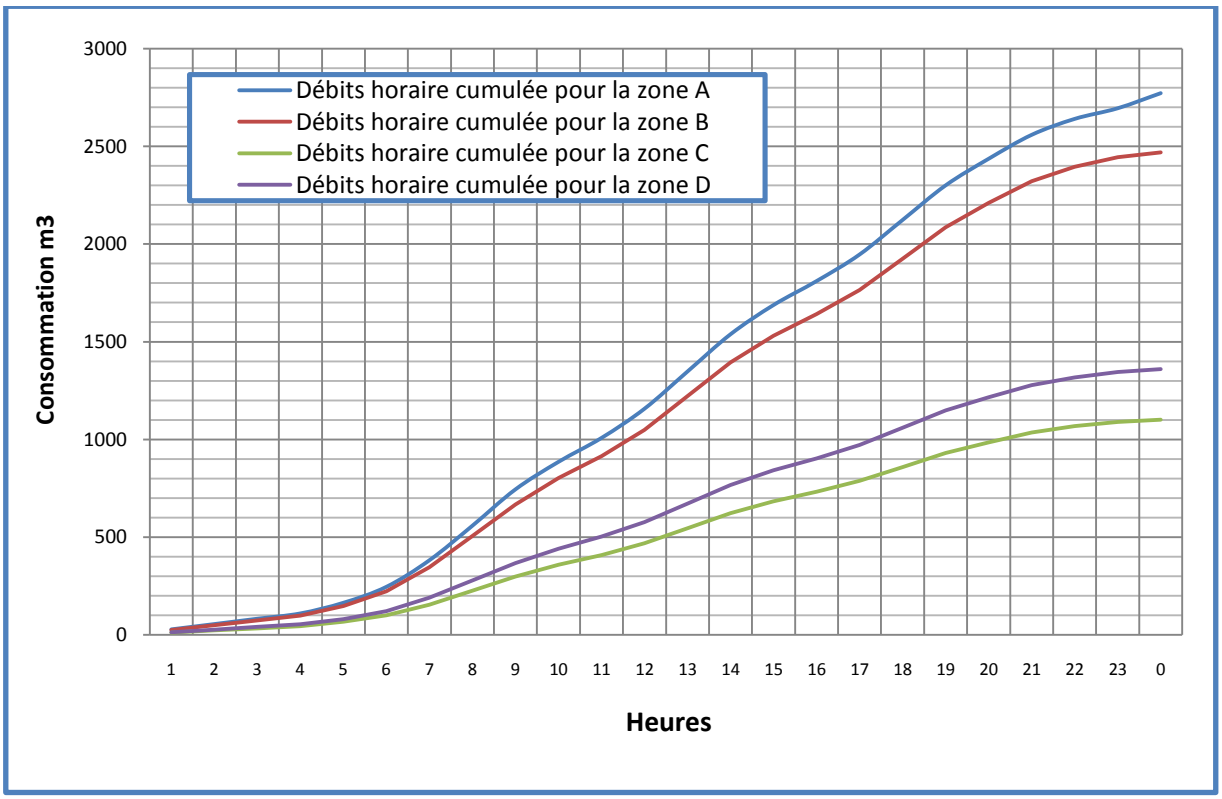

Fig IV.3 : Courbe de Consommation cumulée

IV.6 Méthode de calcul :

La capacité du réservoir doit être estimée en tenant compte des variations des débits à l'entrée comme à la sortie ; c'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont et d'autre part de la variation de la demande. Le plus souvent, la capacité est calculée pour satisfaire aux variations journalières de débit de consommation en tenant compte de la consommation journalière maximale et de la réserve d'eau destinée à l'incendie. Il est possible de réduire leur capacité en calculant le volume minimum pour assurer la continuité de la distribution à la limite.

Pour estimer la capacité d'un réservoir, deux méthodes sont disponibles :

- Soit la méthode graphique, qui tient compte de la courbe de consommation totale déduite, à partir des coefficients des variations horaires de la consommation et de la courbe d'apport de débit pompé.
- Soit à la méthode analytique qui tient compte des débits d'apport et des débits de départ.

Dans nos calculs, la capacité des réservoirs est estimée par les deux méthodes.

IV.6.1 Méthode analytique :

Le tableau VI.3 représente la variation horaire du volume d'eau dans le réservoir .

Heures	Apport %	distribution %	surplus%	déficit %	reste %
00h-01h	04,16	01	03 ,16	/	03,16
01h-02h	04,16	01	03 ,16	/	06,32
02h-03h	04,16	01	03 ,16	/	09,48
03h-04h	04,16	01	03 ,16	/	12,64
04h-05h	04,16	02	02 ,16	/	14,80
05h-06h	04,16	03	01 ,16	/	15,96
06h-07h	04,16	05	/	-0,84	15,12
07h-08h	04,16	6,5	/	-2,34	12,78
08h-09h	04,17	6,5	/	-2,33	10,45
09h-10h	04,17	5,5	/	-1,33	09,12
10h-11h	04,17	4,5	/	-0,33	08,79
11h-12h	04,17	5,5	/	-1,33	07,46
12h-13h	04,17	07	/	-2,83	04,63
13h-14h	04,17	07	/	-2,83	01,80
14h-15h	04,17	5,5	/	-1,33	00 ,47
15h-16h	04,17	4,5	/	-0,33	00,14
16h-17h	04,17	05	/	-0,83	-00,69
17h-18h	04,17	6,5	/	-2,33	-03,02
18h-19h	04,17	6,5	/	-2,33	-05,35
19h-20h	04,17	05	/	-0,83	-06,18
20h-21h	04,17	4,5	/	-0,33	-06,51
21h-22h	04,17	03	01,17	/	-05,34
22h-23h	04,17	02	02,17	/	-03,17
23h-00h	04,17	01	03,17	/	00,00
Total	100	100			

Tableau IV.3 : La variation du volume d'eau dans le réservoir

A partir de ce tableau, le résidu maximal : $\boldsymbol{P_{max}}$ **% = 22.47 %**

IV.6.2 Méthode graphique :

Le tableau VI.4 représente le pourcentage des apports et de la distribution en cumules pendant tout la journée.

Heures	Apport %	distribution %	VCA %	VCD %	V. Du réservoir
00h-01h	4,16	01	4,16	1,00	3,16
01h-02h	4,16	01	8,32	2,00	6,32
02h-03h	4,16	01	12,48	3,00	9,48
03h-04h	4,16	01	16,64	4,00	12,64
04h-05h	4,16	02	20,80	6,00	14,80
05h-06h	4,16	03	24,96	9,00	15,96
06h-07h	4,16	05	29,21	14,50	14,71
07h-08h	4,16	6,5	33,28	20,50	12,78
08h-09h	4,17	6,5	37,45	27,00	10,45
09h-10h	4,17	5,5	41,62	32,50	9,12
10h-11h	4,17	4,5	45,79	37,50	8,29
11h-12h	4,17	5,5	49,96	42,50	7,46

Tableau IV.4 : La distribution et l'apport en cumulent

Suite du **Tableau III.3** ……

12h-13h	4,17	07	54,13	49,50	4,63
13h-14h	4,17	07	58,30	56,50	1,80
14h-15h	4,17	5,5	62,47	62,00	0,47
15h-16h	4,17	4,5	66,64	66,50	0,14
16h-17h	4,17	05	70,81	71,50	-0,69
17h-18h	4,17	6,5	74,98	78,00	-3,02
18h-19h	4,17	6,5	79,15	84,00	-4,85
19h-20h	4,17	05	83,32	89,50	-6,18
20h-21h	4,17	4,5	87,49	94,00	-6,51
21h-22h	4,17	03	91,66	97,00	-5,34
22h-23h	4,17	02	95,83	99,00	-3,17
23h-00h	4,17	01	100	100	0

Tableau IV.4 : La distribution et l'apport en cumulent

Les résultats de tableau sont analysés et présentés graphiquement par la figure VI.4.

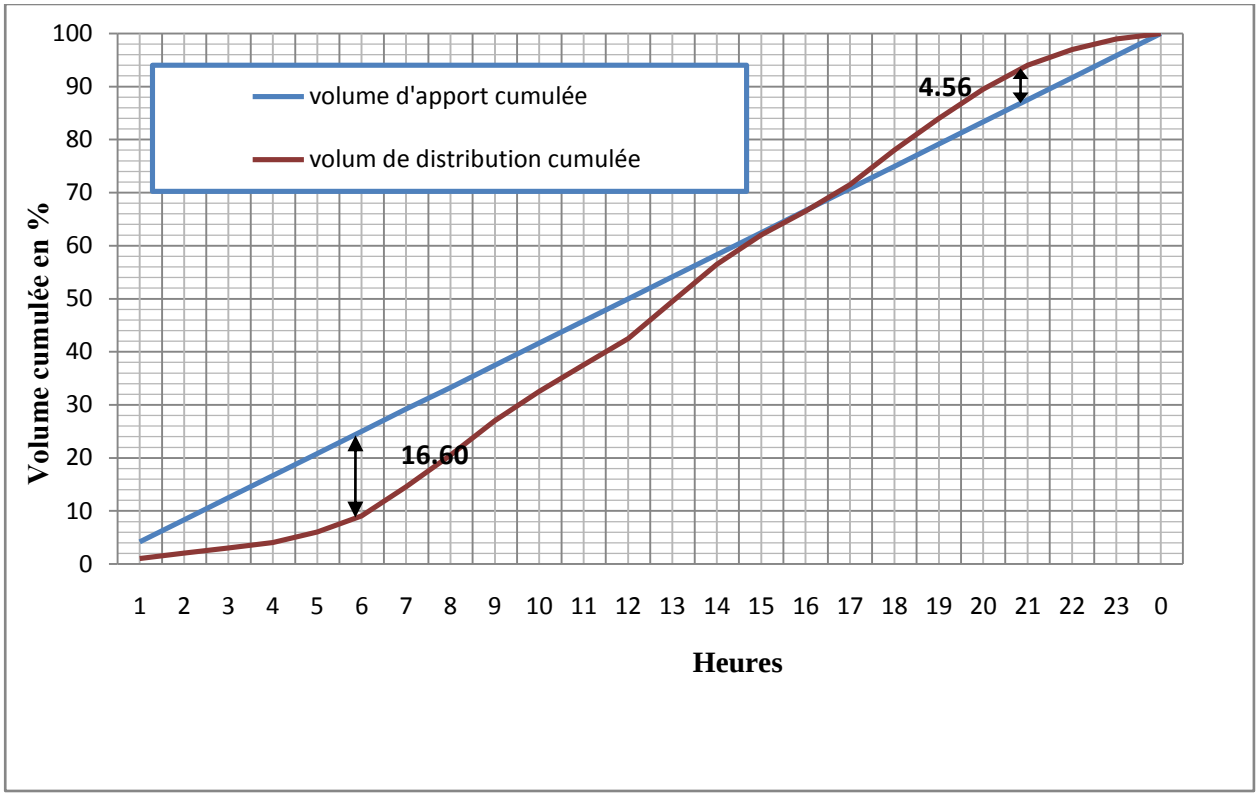

Fig IV.4 : Volume d'apport et distribution cumulée

A partir de ce graphe en remarque que le résidu maximal

$$\boldsymbol{P_{max} = |(+)P_{max}| + |(-)P_{max}|}$$

$\boldsymbol{|+P_{max}| = 16,60}$ $\boldsymbol{|-P_{max}| = 4,56}$

$\boldsymbol{P_{max} = |(+)14.60| + |(-)4.56|}$ $\boldsymbol{P_{max} = 21.16\ \%}$

IV.6.2.1 Calcul du volume de réservoir :

Le volume du réservoir est déterminé par la relation :

$$V_T = V_R + V_{inc} \quad (1)$$

$$V_R = {P_{max} * Q_{max\,j}}/{100} \quad (2)$$

- S_r : Surface (section) de la cuve du réservoir en m^2.
- V_r : Volume du réservoir en m^3.
- H_r : Hauteur du réservoir en *m*, varie entre 3 et 6 *m.*
- V_{inc} : Volume d'incendie en m^3.

Donc les volumes des réservoirs seront comme suit :

$$V_r = {21.16 * Q_{max\,j}}/{100} \quad (3)$$

Pour chaque zone nous avons les résultats récapitulés dans le tableau IV.5 :

Zone	V_r	V_{inc}	V_{Toatl}	$V_{normalise}$
A	662,5405	120	782,5405	1000,000
B	601,1273	120	721,1273	750,000
C	268,0869	120	388,0869	500,000
D	330,6568	120	450,6568	500,000

Tableau IV.5 : Capacité des réservoirs

Le tableau IV.6 représente la différence entre les capacités des réservoirs existants et les capacités calculées.

Zones	réservoirs	Capacité actuelle	Capacité a l'horizon	Observations
A	R3	500 ,000	1000,000	déficit de 500 m^3
B	R4+R5	750,000	750,000	vérifiée
C	R1	250,000	500,000	déficit de 250 m^3
D	R2	500,000	500,000	vérifiée

Tableau IV.6 : Comparaison des capacités

En conclu que les réservoirs existants **(R4+R5)** dans le zone **B** et **R2** pour la zone **D** peuvent assurer la consommation. Mais pour les zones **A** et **C** les réservoirs existants ne peuvent satisfaire la consommation. Pour cela il faut projeter deux réservoir d'une capacité de 500 m^3 pour la zone **A** et 250 m^3 pour la zone **C**.

IV.6.2.2. Calcul de la section de la cuve du réservoir :

La section de la cuve du réservoir peut être calculée par :

$$S_r = {V}/{H} \quad (4)$$

$$S_r = \pi\ {D_r^2}/{4} \quad (5)$$

Avec :

- S_r : Surface (Section) de la cuve du réservoir en m^2 ;
- V_r : Volume du réservoir en m^3 ;
- H_r : Hauteur du réservoir en *m*, varie entre 3 et 6 *m ;*
- D_r : Diamètre de réservoir en *m.*

IV.6.2.3 Diamètre de réservoir :

D'après les équations (4) et (5), le diamètre du réservoir est comme suit :

$$\boldsymbol{D = \sqrt{S_r * 4/\pi}}$$

IV.6.2.4 Calcule de l'hauteur d'incendie :

La hauteur d'incendie se calcule comme suit :

$$\boldsymbol{H_{inc} = V_{inc}/S_r} \quad (6)$$

IV.7 Résultats et discutions :

Les dimensions des réservoirs projetés sont caractérisées dans le tableau IV.7 :

Zone	S_r	D_r	H_{inc}	H_r
A	125,00	12,61	0,96	4,00
C	83,34	10,30	1,44	3,00

Tableau IV.7 : Caractéristiques des réservoirs

Conclusion :

D'après les calculs précédents, on constate que la capacité totale est de 2750 m^3 pour toute l'agglomération.

Les réservoirs existants dans la zone **B** et **D** peuvent assurer la distribution, par contre les réservoirs **R3** et **R1** ne peuvent le faire, la solution est de projeter deux autres réservoirs de capacité 500 m^3 et 250 m^3 pour les zone **A** et **C** respectivement.