



N° Ref :.....

## Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme  
**LICENCE ACADEMIQUE**  
en Hydraulique  
Spécialité : Sciences Hydrauliques

# Thème Réservoirs : Typologies ; méthode de calcul et dimensionnement

Préparé par :

- Tifratene Mounir
- Achiouane Fatma
- Benchikhe Imene
- Khenfri Aissa

Dirigé par :

Mr : Guettiche Abdelheq

Année universitaire :2013/2014

## **REMERCIEMENTS**

Après avoir rendu grâce à ALLAH Seigneur des mondes, Nous adressons nos sincères à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements vont tout particulièrement à mon encadreur, Monsieur Guettiche Abdelheq, enseignant au département d'hydraulique de centre universitaire de Mila, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée, pour ses conseils éclairés, sa patience et ses encouragements tout au long de ce travail.

Que l'Ingénieur principale de génie civil M.Belaidi Boudjmaà soit remercié très sincèrement pour m'avoir aidé à prendre les calculs de réservoirs circulaires et pour ses remarques constructives.

Mes remerciements vont à ma famille qui m'a énormément soutenu et aidé à surpasser les moments difficiles.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis et aussi nos collègues de l'étude, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

## SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b> .....	(1)
<b>Chapitre I: Rappel sur les réservoirs</b>	
I.1-Définition :.....	(4)
I.2- Rôle d'un réservoir.....	(4)
I.2.1-Cas d'une adduction gravitaire.....	(4)
I.2.2-Cas d'une adduction par refoulement .....	(4)
I.3-Type des réservoirs.....	(5)
I.3.1-La position du réservoir par rapport au sol.....	(5)
I.3.2-La forme de la cuve .....	(6)
I.3.3- Selon le mode de fermeture.....	(6)
I.3.4- Selon la complexité de la construction.....	(7)
I.3.5-Selon l'usage.....	(7)
I.3.6- Selon la nature des liquide conserve.....	(8)
I.4-Matériaux disponibles et couts.....	(9)
I.5- Equipements des réservoirs.....	(9)
I.5.1- La fontainerie comprend les organes.....	(9)
I.5.2- Les ouvrages secondaires.....	(10)
I.6- Fonctions des réservoirs.....	(11)
I.6.1-Fonctions techniques des réservoirs.....	(11)
I.6.2-Fonctions économiques des réservoirs.....	(11)
I.7-Place du réservoir dans le réseau.....	(11)
I.7.1-Altitude des réservoirs.....	(12)
I.8-Déférence entre le château d'eau et le réservoir.....	(12)
I.8.1-Sur le plan énergétique.....	(13)
I.8.2-Sur la fiabilité.....	(13)

I.8.3-Sur le plan urbanistique.....	(13)
I.8.4-Sur le cout de fonctionnement.....	(13)
I.9-Nettoyage et désinfection des réservoirs d'eau potable.....	(14)
I.9.1-Une vidange.....	(14)
I.9.2-Les risques de contamination.....	(14)
I.9.3-Les produits autorisent et la procédure type.....	(17)
I.9.4-Les prestation associent au nettoyage.....	(18)
I.9.5-Les moyens humains et techniques .....	(18)
I.9.6-Le matériel.....	(19)
I.9.7-Conclusions de nettoyage.....	(19)
I.10-Les pathologies.....	(20)
I.10.1-Les fissures.....	(20)
I.10.2-Les dégradation de revêtements.....	(20)
I.10.3-Les dégradation de structures.....	(21)
I.10.4-Les dégradation de couverture.....	(21)
I.10.5-Ecaillage.....	(21)
I.10.6-Défaut d'enrobage des armatures .....	(21)
I.10.7-Gonflement .....	(22)
I.10.8-Présence de végétation .....	(22)

## **Chapitre II : Méthodes de calcul des réservoirs**

II.1- Généralités.....	(26)
II.2- Calcul des sollicitations.....	(27)
II.2.1-La coupole .....	(27)
II.2.1.1-La flèche.....	(27)
II.2.1.2-Le rayon de courbure de la coupole.....	(27)
II.2.1.3-La surface de la coupole.....	(27)

II.2.1.4-Le poids propre de la coupole.....	(27)
II.2.1.5-La force à la traction horizontale .....	(27)
II.2.1.6-force à la compression verticale .....	(27)
II.2.1.7-La résultante des forces.....	(28)
II.2.1.8-La charge de calcul.....	(28)
II.2.1.9-La charge de calcul par mètre linéaire .....	(28)
II.2.1.10-L'effort normal par mètre linéaire .....	(28)
II.2.1.11-La poussée horizontale par mètre linéaire .....	(28)
II.2.2-La ceinture .....	(28)
II.2.2.1-L'effort de traction .....	(28)
II.2.3- La paroi circulaire .....	(28)
II.2.3.1-Effort de traction horizontale.....	(29)
II.2.3.2-Moments fléchissant verticale.....	(29)
II.2.4-Le radier .....	(29)
II.2.4.1-Le poids de la superstructure .....	(29)
II.2.4.2-Le poids total.....	(29)
II.2.4.3-La surface du radier .....	(30)
II.2.4.4-La sous pression sous radier .....	(30)
II.2.4.5-Le moment radial sur appui .....	(30)
II.2.4.6-Le moment tangentiel sur appui .....	(30)
II.2.4.7-Le moment au centre .....	(30)
II.3- Calcul des armatures .....	(30)
II.3.1-La coupole .....	(30)
II.3.2-La ceinture .....	(30)
II.3.3-La paroi.....	(31)
II.3.3.1-Les armatures horizontales .....	(31)

II.3.3.2-Les armatures verticales .....	(31)
II.3.3.3-Les armatures extérieures .....	(31)
II.3.3.4-Les armatures intérieures.....	(31)
II.3.4-Le radier .....	(32)
II.3.4.1-Les armatures radiales sur appui .....	(32)
II.3.4.2-Les armatures tangentielles sur appui.....	(32)
II.3.4.3-Les armatures au centre .....	(32)
II.4-Ferraillage de réservoir circulaire.....	(32)
II.4.1-Ferraillage vertical .....	(32)
II.5- Les plan de ferraillage et coffrage de réservoir circulaire semi enterré....	(33)
II.6- ferraillage et coffrage du chambre vanne.....	(34)
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>(38)</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>(39)</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>(40)</b>

## **LISTE DE FIGURE**

Fig. I.1 : Type de réservoirs

Fig. .I.2 : Réservoirs enterré est semi-enterré

Fig. .I.3 : Réservoirs surélevé

Fig. I.4 : château d'eau

Fig. I.5 : Sur bâtiment

Fig. I.6 : Réservoir non couvert

Fig. I.7 : Réservoir simple et multiples

Fig. I.8 : Réservoir superposé et réservoirs superposé multiples

Fig. I.10 : Bassin sportif

Fig. I.11 : Cuve à gazomètre

Fig. I.12 : Cuve cidre

Fig. I.13 : Citerne à bitume

Fig. I.14 : Réservoirs pétrole

Fig. I.15 : Equipement des réservoirs

Fig. I.16 : Réservoir en ville et sur captage

Fig. I.17 : Place de réservoir dans le réseau selon la topographie

Fig. I.18 : Distribution étagée et réservoir d'équilibre

Fig. I.19 : Plan d'adduction

Fig. I.20 : Altitude de réservoir

Fig. I.21 : Nettoyage de réservoir

Fig. I.22 : Vidange de réservoir

Fig. I.23 : Produits chimiques

Fig. I.24 : Vidange de réservoir

Fig. I.25 : Sécurité des personnels

Fig. I.26 : Matériel de nettoyage

Fig. I.27 : Fissuration de l'enduite sur couple

Fig. I.28 : Les dégradations de revêtements

Fig. I.29 : Eclat et dégradation sur la ceinture basse

Fig. I.30 : Couverture dégradé

Fig.I.31 : absence d'enrobage des aciers verticaux du réservoir

Fig.I.32 : gonflement au niveau de la ceinture supérieur du réservoir

Fig.I.33 : présence de végétations autour du réservoir

Fig.II.1: les force traction et compression de la coupole

Fig. II. 2: Diagramme de moment extérieur et intérieur de réservoir 500 m<sup>3</sup>

Fig.II.3 : coffrage de réservoir 500m<sup>3</sup>

Fig.II.4 : ferrailage de radier

Fig.II.5 : détail du puisard et ferrailage de la ceinture

Fig.II.6 : ferrailage vertical du paroi

Fig.II.7 : ferrailage de nappe inferieur et supérieur de coupole

Fig.II.8 : ferrailage de coupe verticale

Fig.II.9 : ferrailage poteaux, chainage, poutre

Fig.II.10 : ferrailage chainage

Fig.II.11 : ferrailage radier et paroi, ferrailage poteaux

Fig.II.12 : ferrailage la de dalle

Fig.II.13 : Plan de coffrage radier et paroi

**ABREVIATIONS**

$f$  : flèche coupole

$D$  : diamètre intérieur

$R$  : rayon de courbure la coupole

$S_c$  : La surface de la coupole

$P_{pC}$  : Le poids propre de la coupole

$e_c$  : épaisseur de la coupole

$\rho_b$  : poids volumique un béton

$r$  : rayon de la coupole

$H1$  : force à la traction horizontale

$Q1$  : force à la compression verticale

$N1$  : Résultante

$P_{TC}$  : Poids total de la coupole

$q_u$  : La charge à Etat limite ultime

$q_{ser}$  : La charge à Etat limite service

$Q, S_n$  : la surcharge sur la coupole

$q_{u1}$  : La charge de calcul par mètre linéaire à Etat limite ultime

$q_{ser1}$  : La charge de calcul par mètre linéaire à Etat limite service

$R_{ce}$  : Rayon de la ceinture

$N_u$  : L'effort normal par mètre linéaire à Etat limite ultime

$N_{ser}$  : L'effort normal par mètre linéaire à Etat limite service

$Q_u$  : La poussée horizontale par mètre linéaire à Etat limite ultime

$Q_{ser}$  : La poussée horizontale par mètre linéaire à Etat limite service

$T_u$  : L'effort de traction à Etat limite ultime

$T_{ser}$  : L'effort de traction à Etat limite service

$T$  : Effort de traction horizontale

$M$  : Moments fléchissant verticale

$\delta_1, \delta, \delta_2$  : les coefficients sécurité en tableau de henry thonier de Béton armé

$h$  : hauteur du paroi

H : hauteur du d'eau  
 $P_{sup}$  : Le poids de la superstructure  
ep : épaisseur du paroi  
 $P_C$  : Le poids de la coupole  
 $P_{ce}$  : Le poids de la ceinture  
 $P_P$  : Le poids de la paroi  
 $P_{en}$  : Le poids de l'enduit  
 $P_t$ : Le poids total  
 $P_{eau}$  : Le poids de l'eau  
 $P_r$  : Le poids du radier  
 $P_b$  : Le poids du béton de propreté  
 $S_r$ : La surface du radier  
 $D_r$  : Diamètre de radier  
 $S_p$ : La sous pression sous radier  
 $M_{ra}$ : Le moment radial sur appui  
 $M_{ta}$  : Le moment tangentiel sur appui  
 $M_{rc}$ : Le moment au centre  
 $A_s$ : section d'acier  
 $A_{s\ min}$ : section d'acier minimal  
B : section béton  
 $\sigma_b$  : la contrainte de béton  
 $\sigma_s$  : la contrainte d'acier  
b : largeur en mètre  
 $A_{su}$ : section d'acier à Etat limite ultime  
 $A_{sser}$ : section d'acier à Etat limite service  
F : Force de traction dans la ceinture  
A : Section d'acier nécessaire  
 $B_C$  : Section du béton de la ceinture  
 $f_e$  : Résistance caractéristique de l'acier  
 $f_{t28}$  : Contrainte limite de traction du béton  
 $T_m$  : effort de traction moyenne  
 $\mu, \mu_1$  : coefficient de poisson  
 $M_{ex}$  : moment extérieur  
 $M_{in}$  : moment intérieur  
 $\beta, \beta_1$  : coefficient sur tableau BAEL  
 $M_{ra}$  : moment radial sur appui  
 $M_{ta}$  : moment tangentielles sur appui  
 $M_{rc}$ : moment radial au centre  
 $M_{MAXin}$ : moment max intérieur  
 $M_{MAXex}$ : moment max extérieur  
Z: Bra de le vier

**Introduction générale:**

Pénurie d'eau est aujourd'hui une des préoccupations les plus importantes de pays à travers le monde. Comme vous le savez que ce n'est pas possible pour quiconque de survivre sans eau. Il s'agit d'une ressource qui n'est pas seulement vital pour les êtres humains à vivre, mais aussi les animaux et tous les autres êtres vivants. Mais aujourd'hui la situation est telle que la disponibilité de l'eau est très limitée. Nous devons prendre conscience du fait que l'eau est une ressource qui ne peut pas être recyclés et donc nous devons utiliser à bon escient et commencer à le conserver pour l'avenir. Nous avons été bénis avec un approvisionnement continu en eau et, par conséquent nous n'avons jamais tenu compte du fait qu'il pourrait manquer de disponibilité et, partant, le monde d'aujourd'hui fait face à la crise de l'eau.

Donc, par la mise en œuvre des moyens d'économiser l'eau et de le réutiliser, nous pouvons non seulement sauver la terre, mais aussi assurer notre avenir et peut également enregistrer une quantité suffisante en réduisant le nombre de nos factures d'eau. Une façon d'obtenir ce fait, c'est en installant des réservoirs d'eau qui nous aideront à réutiliser les milliers de gallons d'eau qui autrement seraient perdues. En installant des réservoirs d'eau, vous serez en mesure de stocker et d'économiser beaucoup d'eau que vous pourrez ensuite utiliser pour vos travaux de jardinage et d'autres fins chère.

Si vous êtes prêt à dépenser de l'argent un peu plus que ce que vous pouvez installer un système de purification de l'eau qui peuvent vous aider à convertir l'eau de pluie que vous stockez dans de l'eau potable. En fait citernes d'eau pluviale récolte de l'eau peut s'avérer une option très bénéfique pour tout le monde et surtout pour les personnes qui ont des jardins. Il a été constaté que plus de trente pour cent de l'eau destinée à votre maison est consommée l'arrosage de votre jardin et vos plantes. Ainsi vous pouvez économiser 30% de votre facture d'eau si vous avez l'eau de pluie réservoir installé à la maison. En fait, il Ya de nombreuses villes à travers le monde qui offrent également des rabais vous si vous utilisez l'eau de pluie du réservoir.

Même si vous avez une petite maison et un petit toit encore, vous pouvez obtenir un réservoir d'eau installé dans votre maison. Il existe plusieurs types de réservoirs d'eau disponibles sur le marché aujourd'hui qui viennent dans différentes tailles et vous pouvez facilement trouver celui qui convient à votre besoin de sable à votre budget. Aussi au moment de décider de la taille du réservoir d'eau pour votre usage ne prendre en considération dans quel but vous allez utiliser cette eau que vous stockez. Il Ya beaucoup de gens qui utilisent l'eau de pluie pour le jardinage et le rinçage, mais éviter de l'utiliser dans leur cuisine.

En fait tout le concept de réservoirs d'eau et le réservoir d'eau de pluie est très essentiel dans le monde d'aujourd'hui compte tenu du fait que le monde d'aujourd'hui est confronté à une crise aiguë de l'eau qui pourrait conduire à une catastrophe à l'avenir.

Notre objectif de ces mémoire adressée au sujet des réservoirs et leur importance dans nos vies, dans le premier chapitre nous avons parlé des réservoirs mentionnent généralement les types et les différent fonctions techniques et économiques, y compris les réservoirs et la localisation dans le réseau d'eau et la différence entre le château d'eau et le réservoir.

Dans le deuxième chapitre, nous avons traité avec les méthodes de calcul des réservoirs de tenir compte de la charge et détermination de l'épaisseur des parois et de la coupole et aussi détermination des armatures et enfin les fondations

Ainsi, les réservoirs est ai un rôle plus important est réside dans la fourniture d'eau et réutilisée a l'eau d'une grande importance dans nos vies

Au Nom d`Allah Le Miséricordieux et Le Clément :

«Et nous avons fait de l'eau toute chose vivante»

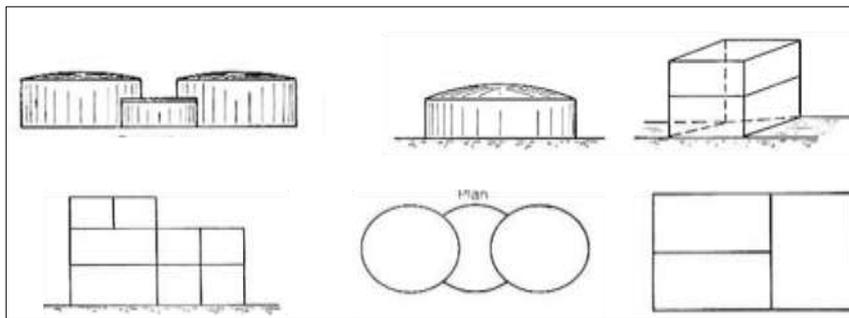
Chapitre I :  
Rappels sur les réservoirs

### I.1-Définition:

Les réservoirs sont constitués par une ou plusieurs cuves dont le fond, situé au niveau du sol ou en dessous, repose sur celui-ci directement ou par l'intermédiaire de tout mode de fondation [1]. Un réservoir est une enveloppe contenant un liquide ,Ce liquide est généralement de l'eau, soit potable (réservoir d'eau des distributions publiques), soit usée (eau d'égouts). Parmi les liquides autres que l'eau, les plus courants sont : le lait, les hydrocarbures,... etc.

Les réservoirs sont des ouvrage de stockage nécessaires pour un système d'alimentation en eau potable qui ont plusieurs fonctions ces réservoirs différent de leur forme ; leur capacité de stockage ; leur position par rapport à l'agglomération et même leur rôle.

Ces réservoirs peuvent être soit posés sur le sol, soit légèrement enterrés, soit sur une superstructure (piscines au-dessus du sol), soit sur des pylônes de grande hauteur (châteaux d'eau) ou sur des bâtiments



**Fig.I.1: type de réservoirs**

Les réservoirs peuvent être découverts (bassins) ou munis d'une couverture chargée de diverses façons (habitations, machines, équipements, etc.).

Les réservoirs peuvent être simples, ou complexes, et formés de réservoirs multiples ou même superposés [2]. (Fig.I.1.)

### I.2-Rôle d'un réservoir :

Les réservoirs d'eau sont, en général, nécessaires pour pouvoir alimenter, convenablement une agglomération en eau. Il a beaucoup de rôles [3] :

#### I.2.1-Cas d'une adduction gravitaire :

Il ya deux pion on peu présenter :

- Pouvoir stocker l'eau au moment de faible consommation et la restituer au moment de la pointe.
- Avoir une réserve d'incendie.

#### I.2.2-Cas d'une adduction par refoulement :

- L'absence d'un réservoir présent sui
- Coupure d'eau en cas de :

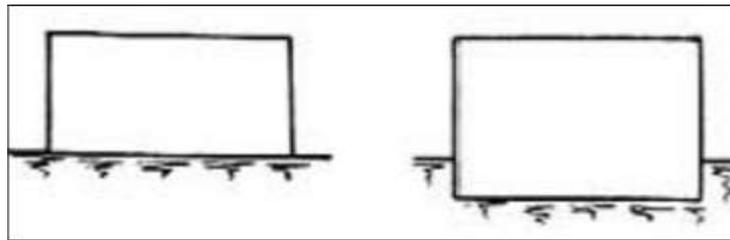
- ▶ panne électrique.
- ▶ travaux sur adduction.
- ▶ panne de pompe.

### I.3-Types des réservoirs :

On peut les classer selon [4]:

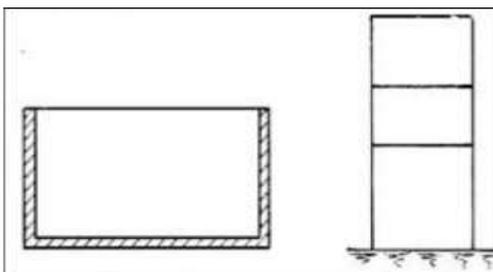
#### I.3.1- la position du réservoir par rapport au sol

Au niveau du sol (très peu enterré, fig.I.2) : le radier du réservoir est toujours placé au contact du sol sur un béton maigre de 5 à 10 cm d'épaisseur.



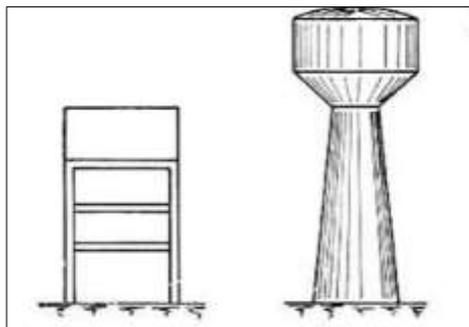
**Fig.I.2: réservoir enterré et semi enterré**

- ▶ sur poteaux (légèrement surélevé, fig. I.3) : c'est le cas des piscines.



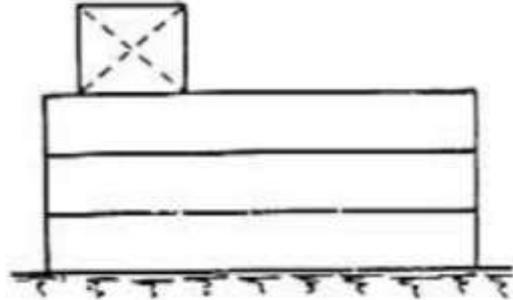
**Fig.I.3: réservoir surélevé**

- ▶ sur pylônes (fig.I.4), châteaux d'eau.



**Fig.I.4: châteaux d'eau**

- ▶ sur bâtiment (fig.I.5) : ce peut être la une façon économique d'utiliser quasi gratuitement un « pylône » existant pour alimenter non seulement le bâtiment porteur lui-même, mais ceux voisins d'un niveau inférieur.



**Fig.I.5: sur bâtiment**

### **I.3.2-La forme de la cuve :**

- ▶ réservoir carré.
- ▶ réservoir rectangulaire.
- ▶ réservoir circulaire.
- ▶ réservoir de forme quelconque

### **I.3.3-Selon le mode de fermeture :**

- ▶ réservoirs non couverts.



**Fig.I.6: réservoir non couvert**

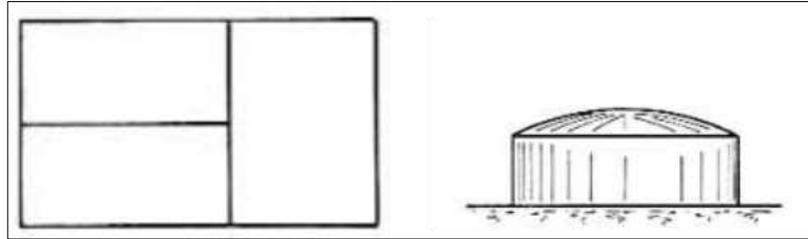
- ▶ réservoirs couverts.



**Fig.I.7: réservoir couvert**

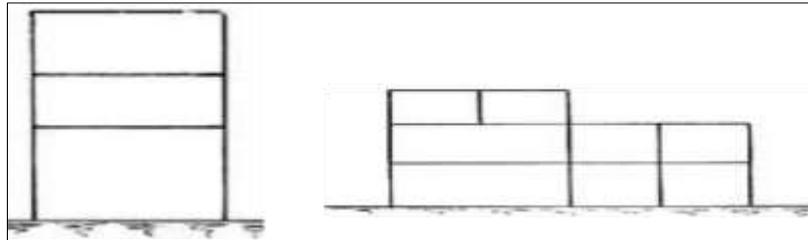
### I.3.4-Selon la complexité de la construction

- ▶ réservoir simple (Fig.I.8)
- ▶ réservoirs multiples (Fig.I.8)



**Fig.I.8: réservoir simple et réservoirs multiples**

- ▶ réservoirs superposés et réservoirs superposés et multiples (Fig.I.9)



**Fig.I.9: réservoir superpose et réservoirs superposés et multiples**

### I.3.5-selon l'usage:

- ▶ réservoir d'emménagement quand il s'agit seulement de liquides divers,
- ▶ bassins de traitement (pour épuration des eaux usées, le malaxage de produit, etc.),
- ▶ bassins sportifs (piscines).



**Fig.I.10: bassin sportif**

- ▶ cuve à gazomètre.



**Fig.I.11: cuve à gazomètre**

### I.3.8-selon la nature du liquide conserve:

Il ya une deferense entre un reservoir à lutre a conséquence de la nature de fluide qui conserve dans le sol.

- ▶ réservoir à eau,
- ▶ cuves à vin, bière, cidre, etc.,



**Fig.I.12: cuve cidre**

- ▶ citernes à produits noirs (goudron, bitume),



**Fig.I.13: citerne à bitume**

- ▶ réservoirs à hydrocarbures (pétrole, essence, gas-oil, huiles minérales).



**Fig.I.14: réservoirs pétrole**

#### **I.4-Matériaux disponibles et coûts:**

▶ Le ferrociment est un matériau bon marché composé d'acier et de mortier. Comme des parois d'une épaisseur d'1 cm suffisent, on utilisera moins de matériau que pour les réservoirs en béton, ce qui réduira les coûts.

▶ Les réservoirs en ferrociment sont composés d'une armature constituée par une grille en acier ou des tiges de bambou, renforçant des piquets attachés les uns aux autres par du fil de fer entourant des couches serrées de grillage à poulailler. On applique ensuite autour de l'armature un mélange de ciment, de sable et d'eau que l'on laisse sécher.

▶ On répare facilement les petites fissures et les fuites en appliquant un mélange de ciment et d'eau là où apparaissent des tâches humides à l'extérieur du réservoir.

▶ Il suffit d'ajouter le prix de chacune des composantes pour avoir une idée du budget à prévoir pour un système donné de CEP. On choisit ensuite en fonction des fonds dont on dispose. C'est le réservoir qui coûte habituellement le plus cher[5].

#### **I.5-Equipements des réservoirs :**

les réservoirs seront équipés par:

- ✚ Une fontainerie.
- ✚ Constructions secondaires divers.

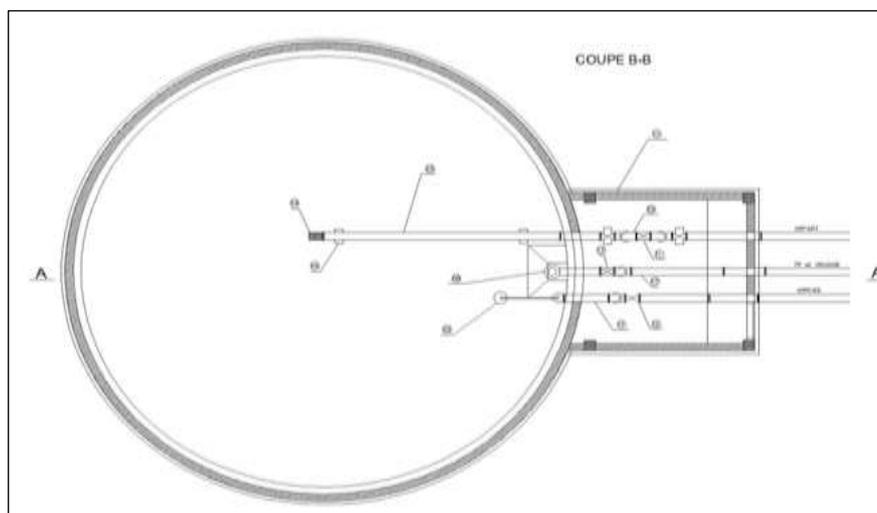
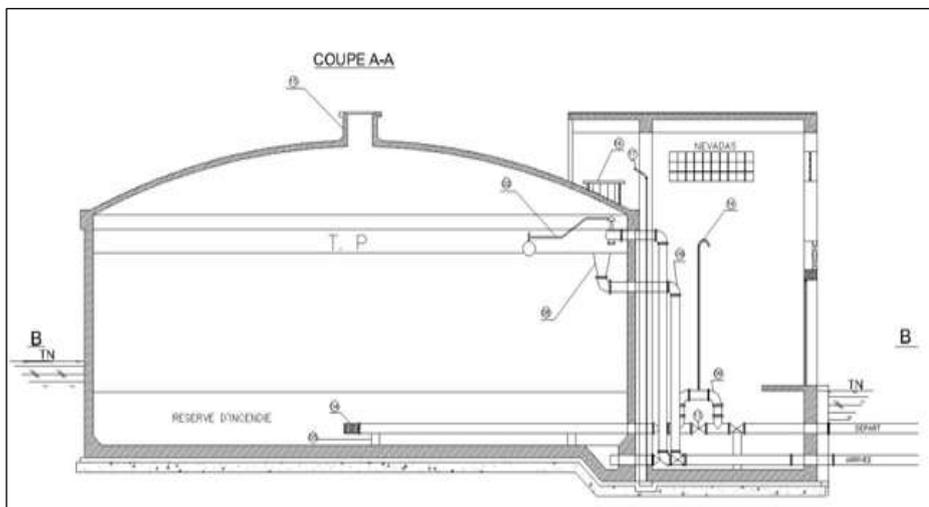
##### **I.5.1- La fontainerie comprend les organes suivant :**

- ✚ Conduite d'aménagé avec vanne et robinet flotteur.
- ✚ Conduite de départ avec vanne.

- ✚ Conduite de trop plein reliait vers le champ ou le réseau d'égout.
- ✚ Conduite de vidange avec vanne.
- ✚ Conduite tory-pass avec vanne.

### I.5.2- Les ouvrages secondaires sont :

- ✚ La chambre de manœuvre.
- ✚ Le dispositif d'insolation thermique.
- ✚ Le dispositif d'étanchéité.
- ✚ Accès à la cave.
- ✚ Pompe d'injection du clore.



**Fig.I.15: Équipements des réservoirs**

**I.6- fonctions des réservoirs :**

- On a plusieurs fonction de réservoir, son divers et nombreux selon leur type et leur utilisation [6] :

**I.6.1-fonctions techniques des réservoirs :**

Le stockage est une fonction vitale. Son importance stratégique conditionne le bon fonctionnement de l'organisation économique. Aussi la nature, le type et la capacité de stockage font toujours l'objet d'une attention particulière pour pouvoir répondre aux besoins exprimés (stocker la quantité qu'il faut dans les meilleures conditions de conservation) et permettre d'éviter les goulots d'étranglement (rupture de stocks de matières premières ou de produits finis et semi-finis, manque d'engagement vis à vis du client,...)

Donc les réservoirs nous a permis :

- La régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en amont et en aval de lui.
- La régulation de la pression dans le réseau de distribution.
- L'assurance de la continuité de l'approvisionnement en cas de panne dans les ouvrages situés dans la partie amont.

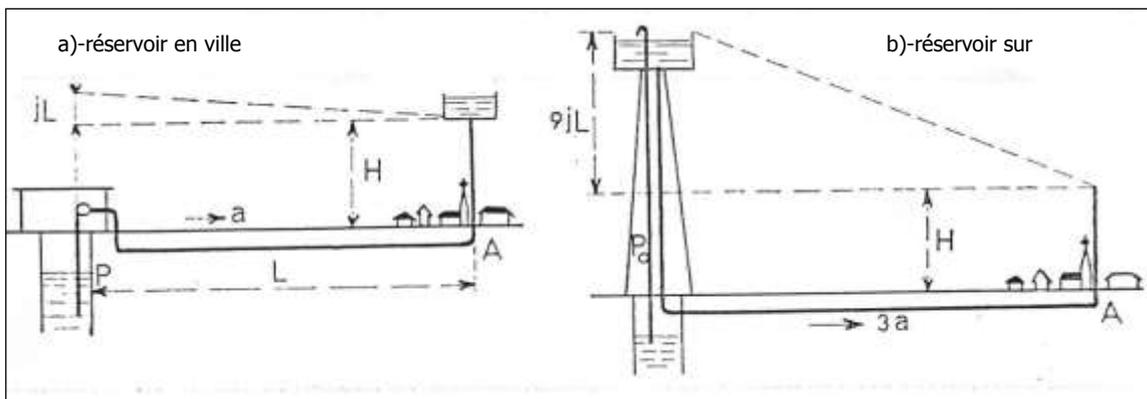
**I.6.2-Fonctions économiques des réservoirs :**

- La réduction des investissements sur tous les autres ouvrages du réseau d'A.E.P.
- La réduction des coûts de l'énergie.
- La capacité d'un réservoir dépend du mode d'exploitation des ouvrages de la partie amont et de la variabilité de la demande.
- Pour l'emplacement d'un réservoir, selon que l'agglomération est située en plaine ou en terrain accidenté, il peut être soit enterré, soit semi-enterré, soit surélevé.

**I.7-Place du réservoir dans le réseau :**

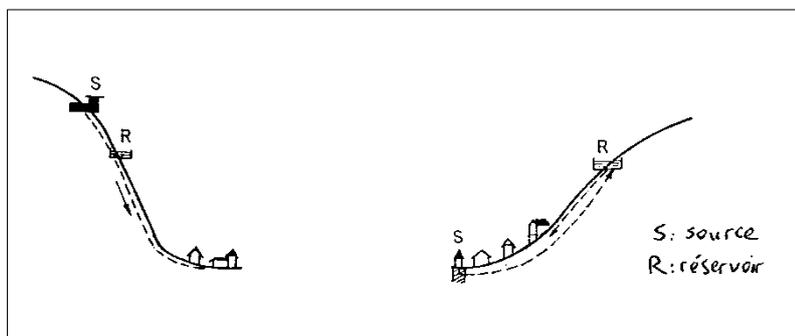
Le réservoir d'eau doit être situé le plus près possible de l'agglomération à alimenter (en limite de l'agglomération). En effet, compte tenu du coefficient de pointe dont on doit affecter le débit horaire moyen de consommation pour déduire la consommation horaire maximale (de 1,5 à 3,5), la perte de 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) [7].

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



**Fig. I.16:réservoir en ville et sur captage**

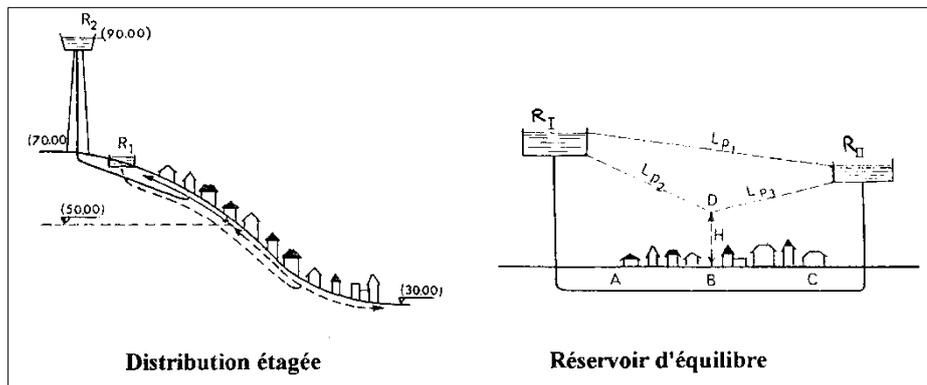
La topographie des lieux ou l'emplacement de la source d'eau peuvent parfois modifier le point de vue établi ci-dessus. On essaye, généralement, d'exploiter le relief à proximité de la ville pour utiliser un réservoir semi-enterré, qui sera toujours plus économique qu'un réservoir sur tour.



**Fig.I.17:Place de réservoir dans le réseau selon la topographie**

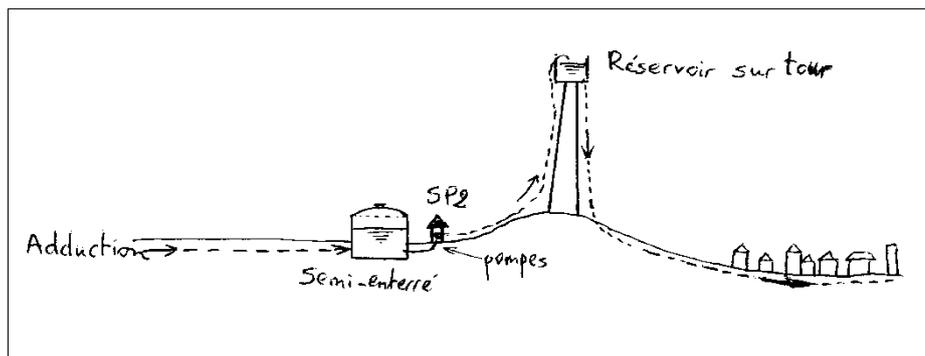
Quand la ville présente des différences de ru veau importantes, on peut adopter une Distribution étagée (voir exemple ci-dessus).

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).



**Fig.I.18: Distribution étagée et 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).



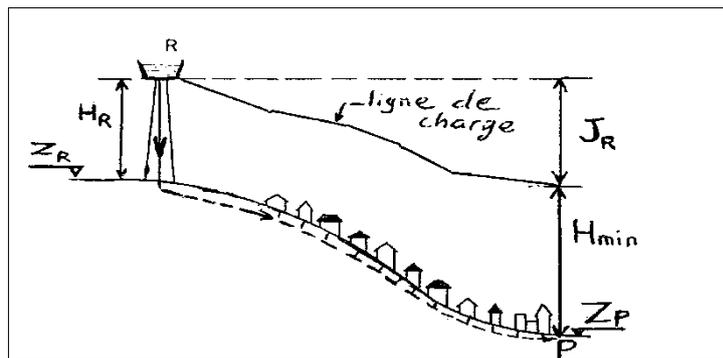
**Fig.I.19: plan d'adduction**

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.

### I.7.1-Altitude des réservoirs:

Un des principaux rôles du réservoir est de fournir, pendant l'heure de pointe, une pression au sol suffisante " $H_{\min}$ " 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  $H_{\min}$ . C'est la cote du radier du réservoir qui est prise en compte, ce qui correspond au cas d'alimentation le plus défavorable (le réservoir est alors presque vide).



**Fig.I.20:Altitude de réservoirs**

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 ( $H_{IV}$  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.

### I.8-Déférence entre le château d'eau et le réservoir :

Les ouvrages (château d'eau et réservoir) ont la même fonction de stockage et d'organe régulateur de la pression dans le réseau.

Le château d'eau fait partie de la famille des réservoirs d'eau, il est un élément important du réseau de distribution, Lorsque le terrain ne présente pas de point assez

haut, le concepteur du réseau a le choix entre un château d'eau (réservoir surélevé) et un réservoir au sol alimentant un sur presseur. Mais si la topographie permet de disposer d'un point haut pour construire un réservoir au sol, c'est cette solution qui est en général choisie. Pour cela on peut citer les différences suivantes [8] :

### **I.8.1-Sur le plan énergétique :**

► Le remplissage du réservoir se fait par pompe d'alimentation de façon automatique pour maintenir un niveau constant dans le réservoir. Les pompes d'alimentation fonctionnent à pression à débit constants. donc avec un bon rendement, donc ce qui nous a donné une consommation en énergie est faible mais importante si l'on envisage une alimentation par une production d'électricité locale.

► La plupart des réservoirs surélevés desservent en partie des abonnés situés sur des points en contrebas de la base du château d'eau.

### **I.8.2- Sur la fiabilité**

► Le château d'eau remplit une double fonction, constituer un réservoir tampon entre la production d'eau et la distribution aux consommateurs et livrer l'eau, ces réservoirs sont placés en hauteur afin qu'ils se situent au-dessus du plus haut des robinets à desservir.

► Le château d'eau apporte au réseau de distribution une grande sécurité. Il permet le maintien de la pression sur le réseau de distribution.

► Tout en autorisant les interventions techniques sur la partie amont du réservoir. En cas de catastrophe (tempête. délestage électrique

### **I.8.3-sur le plan urbanistique :**

► Le château d'eau, en activité ou pas, tient une place importante dans le paysage. Il été souvent décrié car il occasionnerait une "pollution visuelle".

► Il facilite le maintien de la distribution en eau à moindre coût.

► Dans le cas d'une panne du fournisseur d'énergie.

### **I.8.4-Sur le coût de fonctionnement :**

► Le réservoir au sol généralement semi-enterré, dispose exactement des mêmes organes que ceux prévus dans le château d'eau.

► Il est évident qu'un réservoir enterré de même capacité est beaucoup moins coûteux qu'un château d'eau qui doit être construit généralement à 30 ou 40 mètres de hauteur.

► Le coût d'entretien d'un réservoir est faible, qu'il soit surélevé ou au sol. C'est le coût des équipements électromécaniques qui est toujours prépondérant.

► Une installation de surpression est en général complexe car elle doit gérer plusieurs pompes de débit différent.

► Elle doit aussi disposer d'une alimentation énergétique de secours.

- ▶ De pompage d'un château d'eau est simple et donc peu coûteux en maintenance et en entretien.

### **I.9-Nettoyage et désinfection des réservoirs d'eau potable :**

Le nettoyage annuel des réservoirs d'eau potable est une obligation réglementaire [9].



**Fig.I.21 : nettoyage de réservoir**

#### **I.9.1-une vidange :**

pour nettoyer le réservoir et sa réserve il faut au préalable vider le contenu de l'ouvrage. Pour cela, une vanne située dans la chambre de visite et au pied de la réserve permet de vider cette dernière. Comme un siphon au fond d'un évier, un trou au fond de la réserve permet d'évacuer cette eau. Le sol de la réserve est fait de telle manière que l'eau s'écoule naturellement vers cette vidange.



**Fig.I.22 : vidange de réservoir**

#### **I.9.2-Les risques de contamination :**

- ▶ Formation de dépôts et incrustations au fond des cuves et sur les parois.
- ▶ Infiltrations par les fissures du génie civil.

- ▶ Développement de mousses et d'algues.
- ▶ Intrusion d'insectes et de petits animaux.
- ▶ Temps de séjour excessif.
- ▶ Malveillance, vandalisme...
- **Nature et origine des dépôts :**
  - ▶ Aspect: Floconneux, spongieux, granuleux, colloïdal.
  - ▶ Couleur : Brun clair ou sombre, rouge/noir, orangé.

### Origine :

- ▶ Chimiques : carbonates et sulfates de calcium oxydes de fer ou de manganèse silicates, sulfures...
- ▶ Biologiques : sédiments biologiques dus aux algues, champignons, bactéries.
- ▶ Mixtes : réactions biochimiques « dopées » par certains ions métalliques (Fe+2, Mn+2...).
- ▶ consommation excessive en chlore.
- ▶ favorisation du développement des microorganismes.
- **Facteurs d'influence sur la formation des dépôts :**
  - ▶ Eaux acides et agressives (PH<7, TAC et TH<10°F)
  - ▶ Eaux entartrantes ( TAC et TH>30°F )
  - ▶ Instabilité de l'équilibre calco-carbonique
  - ▶ Température de l'eau
  - ▶ Concentrations en éléments métalliques (fer, manganèse...)
  - ▶ Concentration en flore libre et résiduel de chlore

### I.9.3-Les produits autorisent et la procédure type :

- Les produits chimiques utilisés pour le nettoyage et la désinfection doivent être autorisés d'emploi par le ministère de la santé.



**Fig.I.23 : produits chimiques**

- La procédure type en 8 étapes :
  - ▶ Vidange de cuves (exploitant)
  - ▶ Humidification et «débouillage » (sous pression d'eau)

- ▶ Nettoyage chimiques (produit acide)
- ▶ Rinçage et neutralisation (contrôle du PH)
- ▶ Vidange des eaux neutralisées
- ▶ Désinfection (produit oxydant)
- ▶ Rinçage final et contrôle



**Fig.I.24 : rinçage de réservoir**

- ▶ Remise en service et contrôle de la qualité de l'eau

#### **I.9.4-Les prestations associées au nettoyage :**

- Prélèvement et analyses bactériologiques
- Inspection de l'ouvrage:
  - ▶ sécurité des personnels (échelles, garde-corps ...)
  - ▶ génie civil (fissures, revêtements ...)
  - ▶ maintien de la qualité de l'eau (bonne circulation, état des aérations...)
  - ▶ équipements hydrauliques (canalisations et robinetterie)
  - ▶ sécurisation des accès (portes, trappes ...)

#### **I.9.5-les moyens humains et techniques :**

Les hommes :

Ces interventions relèvent des travaux spéciaux

- ▶ Risques liés au travail en hauteur
- ▶ Manipulations et mise en œuvre de produits chimiques
- ▶ Compétences spécifiques requises

Les opérateurs doivent être munis des E.P.I. suivants : gants, casques, masques, harnais de sécurité ...



**Fig.I.25 : sécurité des personnels**

Le travail de nettoyage en cuve doit être réalisé en binôme.

#### **I.9.6-Le matériel :**

- 1 Unité Mobile de Nettoyage et Désinfection comprenant :
  - ▶ 1 véhicule 3,5 tonnes spécialement équipé
  - ▶ 1 groupe électrogène sur remorque
- Equipements du véhicule
  - ▶ des postes réactifs
  - ▶ 1 armoire électrique + télécommande
  - ▶ 1 cuve 600 l
  - ▶ des tourets de tuyaux, lances, accessoires...



**Fig.I.26 : matériel de nettoyage**

#### **I.9.7-Conclusions de nettoyage:**

Le nettoyage et la désinfection des réservoirs sont une obligation réglementaire qui :

- ▶ participent à l'amélioration de la qualité de l'eau
- ▶ permettent une réduction sensible des quantités de produits désinfectants utilisés
- ▶ contribuent à une meilleure gestion patrimoniale

## I.10-Les pathologies :

### I.10.1-Les fissures :

Fissures de béton se produisent pour de nombreuses raisons différentes. Il peut s'agir de fissures sur le degré de risque peuvent influencer sur l'âge de réservoir [10].

Si les bras de l'utilisateur distribués correctement (individualiser fer) et étaient de béton de bonne qualité, ces fissures sont exacts.



**Fig.I.27 : fissuration de l'enduite sur coupole**

### I.10.2-Les dégradations de revêtements :

Le nettoyage et la désinfection ne doivent pas causer la dégradation des revêtements. L'attention des opérateurs est attirée sur :

- ▶ Nettoyage mécanique, rinçage : choix d'une pression et d'un débit adaptés
- ▶ Nettoyage chimique, désinfection : respect du dosage et du temps de contact

Cependant, les revêtements peuvent subir des dégradations dès leur mise en place ou plus ou moins rapidement au fil du temps, pour différentes causes indépendantes de l'entretien du réservoir :

- ▶ Exécution peu soignée
- ▶ Mauvaise préparation du support
- ▶ Mauvais accrochage, décollement
- ▶ Phénomène de bullage, cloques, poches entre différentes couches, pustules gonflées de liquide où l'on retrouve les divers additifs de la résine en solution aqueuse
- ▶ Fissures suite au traitement insuffisant de celles-ci
- ▶ Dépôts douteux provenant de la décomposition du revêtement



**Fig.I.28 : Les dégradations de revêtements**

### **I.10.3-Les dégradations de structures :**

Il existe des réactions chimiques qui conduisent à la rupture du béton à la suite de l'union avec le soufre ciment d'aluminate, en présence d'eau

Le déséquilibre chimique montre le résultat des granules de sélection (grain) est approprié, les bosses et les cratères apparaissent à la surface du béton signifie que les granules isolés peuvent être fragmentés.



**Fig.I.29 : éclat et dégradations sur la ceinture basse**

**I.10.4-Lés dégradations de couverture :****Fig.I.30 : couverture dégradée**

**I.10.5-Ecaillage :** Est une fine couche de mortier durci, décollée de la surface et laissant à nu les agrégats. La cause probable de ce défaut est l'insuffisance d'enrobage. Les conséquences de cette pathologie sont les aciers dénudés et désintégration quand il y'a perte de granulats.

**Fig.I.30 : écaillage sous la ceinture supérieur du réservoir****I.10.6-Défaut d'enrobage des armatures :**

C'est lorsque l'enrobage inférieur à celui indiqué dans le règlement ou celui imposé par l'environnement (atmosphère agressive). L'absence d'enrobage peut entraîner un défaut l'adhérence avec impossibilité de mobiliser localement des efforts de traction dans les aciers



**Fig.I.31 : absence d'enrobage des aciers verticaux du réservoir**

### **I.10.7-Gonflement :**

C'est l'augmentation du volume du béton. Cette pathologie est causée par le gel, attaque chimique, phénomène d'alcali-réaction (faiénçage). Elle a pour conséquences des fissures puis un écaillage.



**Fig.I.32 : gonflement au niveau de la ceinture supérieur du réservoir**

### **I.10.8-Présence de végétation :**

La végétation (arbres et arbustes) pousse directement sur le remblai autour des réservoirs. Ce défaut est générateur de défauts plus grave. En premier lieu pour les matériaux (à cause des matières organiques agressives et du maintien de l'humidité) et en second lieu pour la structure (à cause de l'action mécanique des racines).



**Fig.I.33 : présence de végétations autour du réservoir**

Chapitre II :  
Méthodes Calcul des réservoirs

**II.1.Généralités:**

Les réservoirs, étant destinés à recevoir des liquides doivent présenter une étanchéité absolue. En général, on considère l'état de fissuration très préjudiciable et on utilise pour leur exécution un béton au dosage de 350 à 400 kg/m<sup>3</sup> avec des valeurs assez faibles des contraintes admissibles des aciers; en outre, on dispose souvent à l'intérieur d'un enduit [11].

Les réservoirs peuvent être surélevés, posé sur le sol, ou enterrés. La seule différence entre le dernier cas et les deux premiers est qu'alors il faut tenir compte de la poussée de terre et vérifier que, lorsque le réservoir est vide, il peut résister à cette poussée. Lorsque le réservoir est plein, on peut, par mesure de sécurité, négliger la poussée des terres qui agit en sens inverse de celle de l'eau; si on tient compte de cette poussée de terre, il faudra alors être très prudent dans son estimation afin de ne pas déduire, dans les calculs, une force supérieure à celle qui agit réellement.

Le réservoir projeté est, comme cité plus haut, il est implanté sur un site dont la capacité portante du sol est moyenne.

L'ouvrage sera de forme circulaire couvert d'une coupole avec cheminée d'aération au sommet.

Une chambre de manœuvre est projetée afin de permettre la mise en place de l'équipement de commande hydromécanique. Celle-ci est dimensionnée afin de permettre une manipulation aisée des équipements.

**II.2- Calcul des sollicitations : [12]**

**II.2.1-La coupole :**

**II.2.1.1-La flèche en (m) :**

$$f = 0.104 * D \dots\dots\dots(1)$$

D : diamètre intérieur en (m)

**II.2.1.2-Le rayon de courbure de la coupole (m):**

$$R = \frac{D^2}{(8*f)} + \left(\frac{f}{2}\right) \dots\dots\dots(2)$$

**II.2.1.3-La surface de la coupole en (m<sup>2</sup>) :**

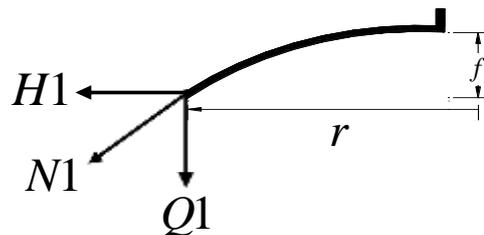
$$S_c = 2 * \pi * R * f \dots\dots\dots(3)$$

R : rayon de courbure la coupole

**II.2.1.4-Le poids propre de la coupole en (kn/m<sup>2</sup>) :**

$$P_{pC} = e_c * \rho_b \dots\dots\dots(4)$$

e<sub>c</sub> :épaisseur de la coupole / ρ<sub>b</sub>:poids volumique un béton



**Fig.II.1: les force traction et compression de la coupole**

**II.2.1.5-La force à la traction horizontale :**

$$H1 = P_c \frac{(r^4 - f^4)}{4*f*r^4} \dots\dots\dots(5)$$

r : rayon de la coupole

H1 :force à la traction horizontale

**II.2.1.6-force à la compression verticale :**

$$Q1 = \frac{P_{TC}}{\pi.D} \dots\dots\dots(6)$$

Q1 :force à la compression verticale

$$P_{TC} = P_C * S_C \dots\dots\dots(7)$$

$P_{TC}$  : poids total de la coupole

### II.2.1.7-La résultante des forces:

$$N1 = \sqrt{H1^2 + Q1^2}$$

$N1$  : résultante

### II.2.1.8-La charge de calcul en (kn) :

$$\text{Elu} : q_u = (1.35 * P_{pC} + 1.5 * Q + 1.2 * S_n) * S_C \dots\dots\dots(8)$$

$Q, S_n$  : la surcharge sur la coupole

$$\text{Els} : q_{ser} = (P_{pC} + Q + 0.9S_n) * S_C \dots\dots\dots(9)$$

### II.2.1.9-La charge de calcul par mètre linéaire (kn /ml):

$$\text{Elu} : q_{u1}/ml = \frac{q_u}{(2\pi * R_{ce})} \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Els} : q_{ser1}/ml = \frac{q_{ser}}{(2\pi * R_{ce})} \dots\dots\dots(11)$$

$R_{ce}$  : rayon de la ceinture

### II.2.1.10-L'effort normal par mètre linéaire (kn/ml):

$$\text{Elu} : N_u/ml = \frac{q_{u1} * R}{R_{ce}} \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{Els} : N_{ser}/ml = \frac{q_{ser1} * R}{R_{ce}} \dots\dots\dots(13)$$

### II.2.1.11-La poussée horizontale par mètre linéaire (kn/ml):

$$\text{Elu} : Q_u/ml = \frac{q_{u1} * (R-f)}{R_{ce}} \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{Els} : Q_{ser}/ml = \frac{q_{ser1} * (R-f)}{R_{ce}} \dots\dots\dots(15)$$

## II.2.2-La ceinture :

### II.2.2.1-L'effort de traction (kn):

$$T_u = Q_u * R_{ce} \dots\dots\dots(16)$$

$$T_{ser} = Q_{ser} * R_{ce} \dots\dots\dots(17)$$

## II.2.3- La paroi circulaire :

Méthode lebelles :

que la paroi d'épaisseur constante est constituée par :

- Des anneaux limités par des plans horizontaux ;
- Des poutres découpées dans la paroi par des plans passant par l'axe.

Anneaux et poutres assurent simultanément la résistance à la pression hydrostatique.

Chaque poutre, liée au radier et à la ceinture supérieure, s'appuie sur les anneaux constituant un appui élastique continu.

### II.2.3.1-Effort de traction horizontale (T) :

$$T = \delta_1 * \delta * h * r \dots\dots\dots(18)$$

### II.2.3.2-Moments fléchissant vertical (M) :

$$M = \delta_2 * \delta * h^3 \dots\dots\dots(19)$$

$\delta_1, \delta, \delta_2$  : les coefficients sécurité en tableau de Henry Thonier de Béton armé

h : hauteur du paroi

r : rayon intérieur

$$\frac{H^2}{e_p * D} \dots\dots\dots(20)$$

H : hauteur du d'eau

$e_p$  : épaisseur du paroi

## II.2.4-Le radier :

### II.2.4.1-Le poids de la superstructure (kn):

$$P_{sup} = P_C + P_{ce} + P_p + P_{en} \dots\dots\dots(21)$$

$P_C$  :Le poids de la coupole

$P_{ce}$  :Le poids de la ceinture

$P_p$  :Le poids de la paroi

$P_{en}$  : Le poids de l'enduit

### II.2.4.2-Le poids total (kn):

$$P_t = P_{eau} + P_r + P_b \dots\dots\dots(22)$$

$P_{eau}$  : Le poids de l'eau

$P_r$  : Le poids du radier

$P_b$  : Le poids du béton de propreté

**II.2.4.3-La surface du radier (m<sup>2</sup>):**

$$S_r = \frac{\pi * D_r^2}{4} \dots\dots\dots(23)$$

D<sub>r</sub> : diamètre de radier

**II.2.4.4-La sous pression sous radier (kn/m<sup>2</sup>):**

$$S_p = \frac{P_{sup}}{S_r} \dots\dots\dots(24)$$

**II.2.4.5-Le moment radial sur appui (kn.m):**

$$M_{ra} = \frac{(S_p * D_r^2)}{32} \dots\dots\dots(25)$$

**II.2.4.6-Le moment tangentiel sur appui (kn.m):**

$$M_{ta} = \frac{(S_p * D_r^2)}{213} \dots\dots\dots(26)$$

**II.2.4.7-Le moment au centre (kn.m):**

$$M_{rc} = \frac{(S_p * D_r^2)}{55.7} \dots\dots\dots(27)$$

**II. 3-Calcul des armatures :****II.3.1-La coupole :**

Le calcul des armatures est fait pour la compression simple :

$$A_s = \frac{(N_u - B * \sigma_b)}{\sigma_s} \dots\dots\dots(28)$$

$$A_{s \min} = (0.2\%) * b * e_c \dots\dots\dots(29)$$

B : section béton

σ<sub>b</sub> : la contrainte de béton

σ<sub>s</sub> : la contrainte d'acier

b : largeur en mètre

e<sub>c</sub> : épaisseur de la coupole

**II.3.2-La ceinture :**

Le calcul des armatures se fait à la traction simple :

$$A_{su} = \frac{T_u}{(100 \cdot \sigma_s)} \dots\dots\dots(30)$$

$$A_{sser} = \frac{T_{ser}}{(100 \cdot \sigma_s)} \dots\dots\dots(31)$$

Force de traction dans la ceinture

$$F = H1 \cdot r \dots\dots\dots(32)$$

Section d'acier nécessaire

$$A = \frac{F}{\sigma_s} \dots\dots\dots(33)$$

Section du béton de la ceinture

$$B_C \leq A \cdot \frac{f_e}{f_{t28}} \dots\dots\dots(34)$$

$f_e$  : Résistance caractéristique de l'acier

$f_{t28}$  : Contrainte limite de traction du béton

### II.3.3-La paroi :

#### II.3.3.1-Les armatures horizontales :

Le calcul des armatures horizontales se fait à la traction simple par tanches horizontale :

$$A_s = \frac{(1.5 \cdot T_m)}{(100 \cdot \sigma_s)} \dots\dots\dots(35)$$

(1.5= coefficient de majoration)

$T_m$  : Effort de traction moyenne

#### II.3.3.2-Les armatures verticales :

Le calcul des armatures verticales se fait à la flexion simple d'une bande de 1 mètre :

#### II.3.3.3-Les armatures extérieures :

$$\mu = \frac{M_{ex}}{(b \cdot D \cdot \sigma_b)} \dots\dots\dots(36)$$

$\mu$  : Coefficient de poisson

$$A_s = \frac{M_{ex}}{(\beta \cdot D \cdot \sigma_s)} \dots\dots\dots(37)$$

$M_{ex}$  : Moment extérieur

$\beta$  : Coefficient sur tableau BAEL

#### II.3.3.4-Les armatures intérieures:

$$\mu = \frac{M_{in}}{(b \cdot D \cdot \sigma_b)} \dots \dots \dots (38)$$

$$A_S = \frac{M_{in}}{(\beta \cdot D \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (39)$$

$M_{in}$  : Moment intérieur

### II.3.4-Le radier :

La fissuration est très préjudiciable, le calcul des armatures se fait à la flexion simple à l'El's d'une bande d'un (1) mètre :

#### II.3.4.1-Les armatures radiales sur appui :

$$\mu_1 = \frac{M_{ra}}{(b \cdot D^2 \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (40)$$

$\mu_1$  : coefficient de poisson

$$A_S = \frac{M_{ra}}{(\beta_1 \cdot D \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (41)$$

$M_{ra}$  : moment radial sur appui

$\beta_1$  : Coefficient sur tableau BAEL

#### II.3.4.2-Les armatures tangentielles sur appui :

$$\mu_1 = \frac{M_{ta}}{(b \cdot D^2 \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (42)$$

$$A_S = \frac{M_{ta}}{(\beta_1 \cdot D \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (43)$$

#### II.3.4.3-Les armatures au centre :

$$\mu_1 = \frac{M_{rc}}{(b \cdot D^2 \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (44)$$

$$A_S = \frac{M_{rc}}{(\beta_1 \cdot D \cdot \sigma_S)} \dots \dots \dots (45)$$

## II.4-Ferrailage de réservoir circulaire

### II.4.1-Ferrailage vertical :

Intérieur :

$$A = \frac{M_{MAXin}}{\sigma_S \cdot Z} \dots \dots \dots (46)$$

$M_{MAXin}$  : moment max intérieur

Z : Bra de levier

Extérieur :

$$A = \frac{M_{MAXex}}{\sigma_s * Z} \dots\dots\dots(47)$$

$M_{MAXex}$ : moment max extérieur

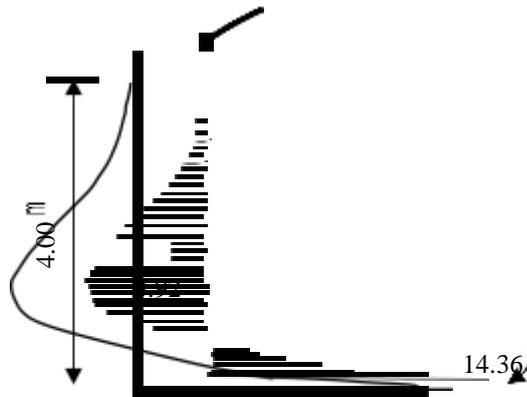


Fig .II. 2: Diagramme de moment extérieur et intérieur de réservoir 500 m<sup>3</sup>

II.5-Les plan de ferrailage et coffrage de réservoir circulaire semi enterré :

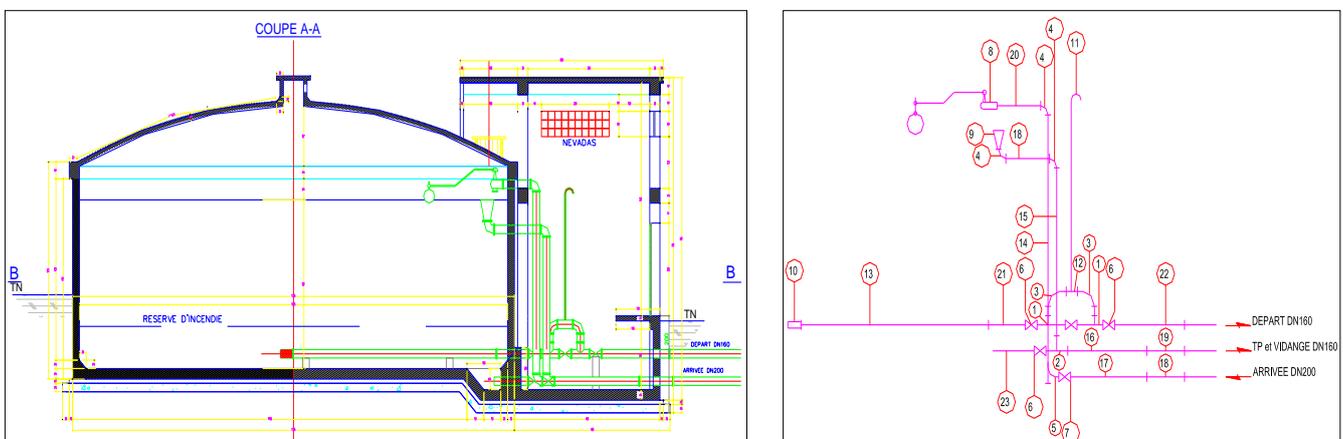
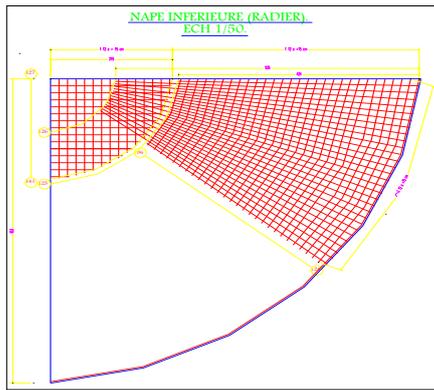
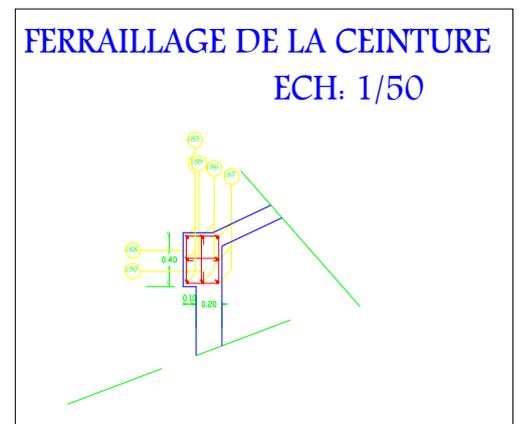
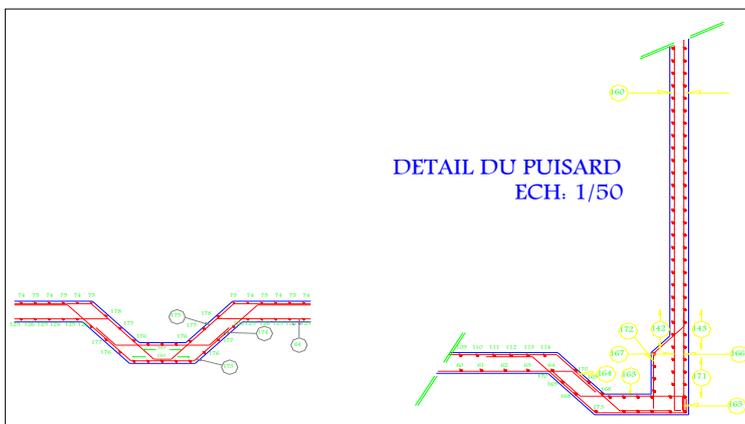


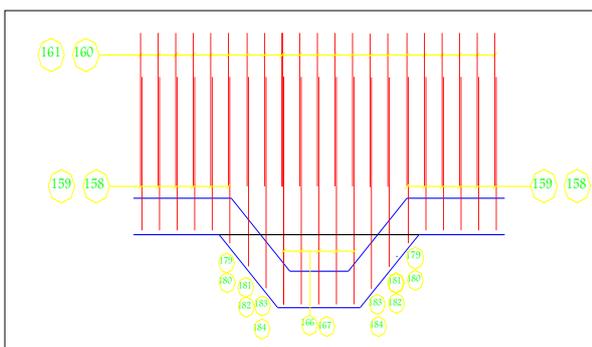
Fig.II.3 : coffrage de réservoir 500m<sup>3</sup>



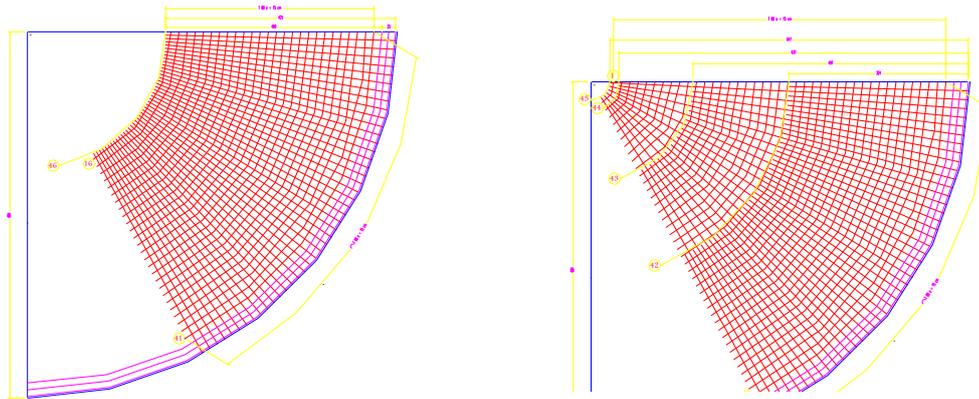
**Fig.II.4 : ferrailage de radier**



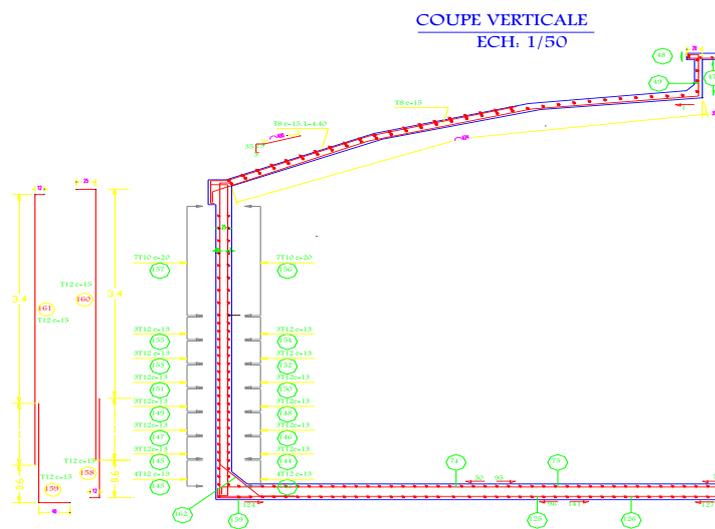
**Fig.II.5 : détail du puisard et ferrailage de la ceinture**



**Fig.II.6 : ferrailage vertical de la paroi**



**Fig.II.7 : ferrailage de nappe inférieur et supérieur de coupole**

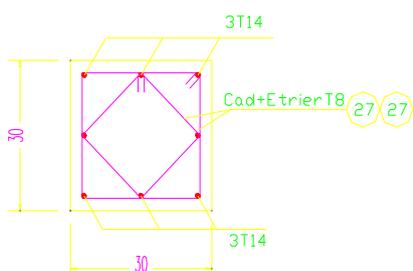


**Fig.II.8 : ferrailage de coupe verticale**

**II.6. ferrailage et coffrage du chambre vanne :**

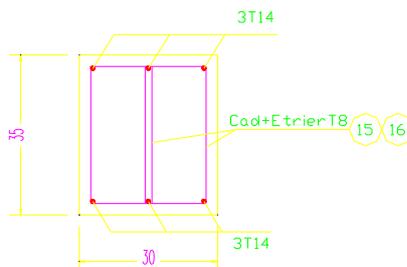
FERRAILLAGES POTEAUX

COUPE K-K



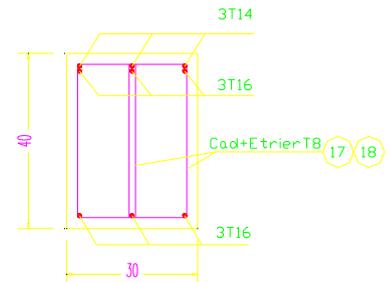
FERRAILLAGES CHAINAGES

COUPE G-G

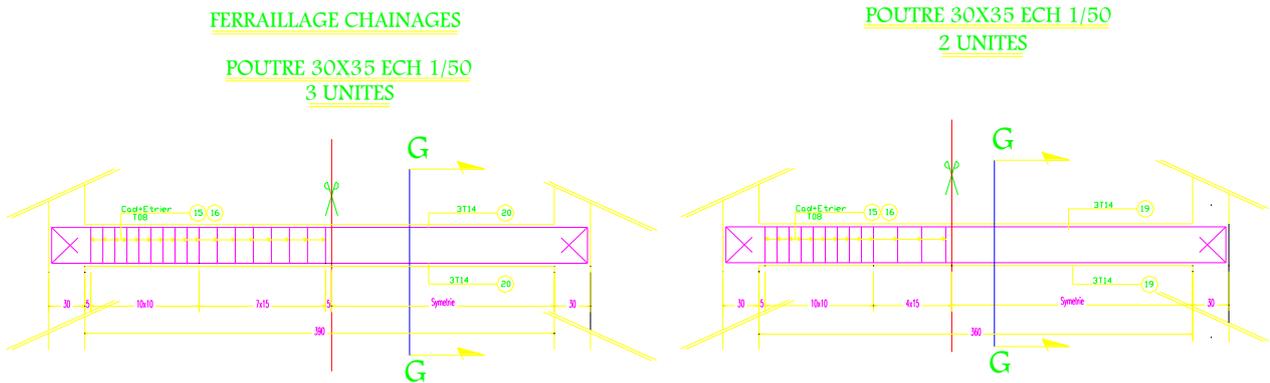


FERRAILLAGES POUTRES

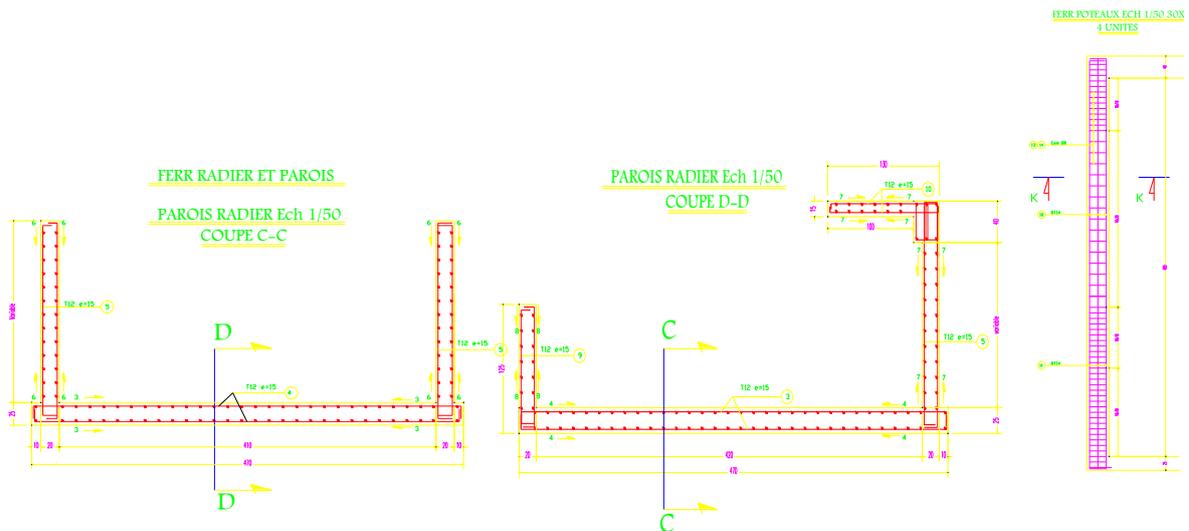
COUPE E-E



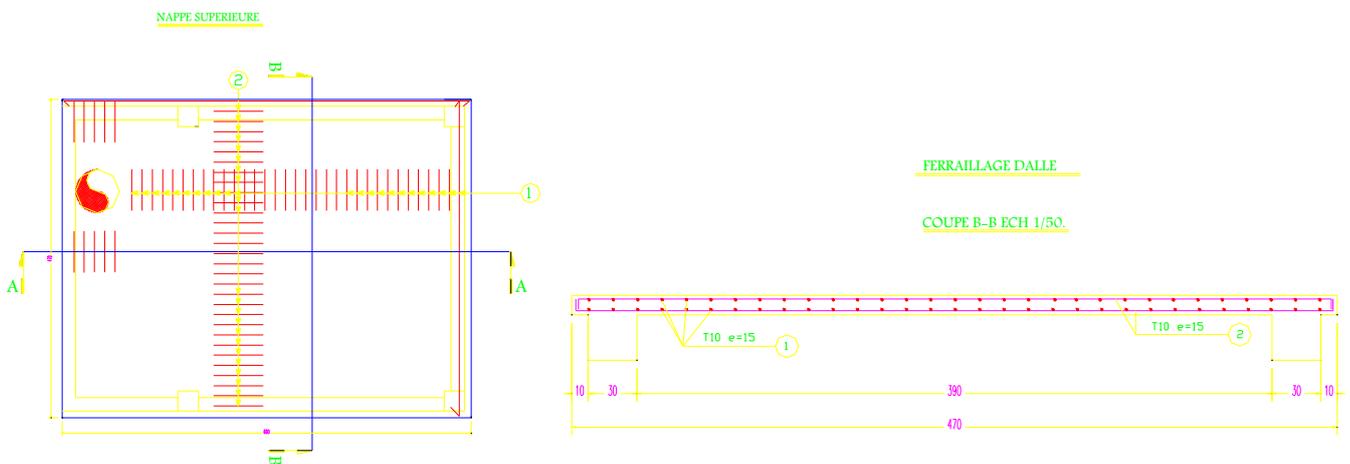
**Fig.II.9 : ferrailage poteaux, chainage, poutre**



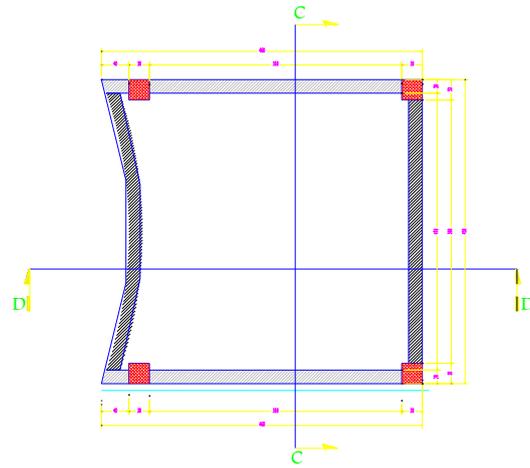
**Fig.II.10 : ferrailage chainage**



**Fig.II.11 : ferrailage radier et paroi, ferrailage poteaux**



**Fig.II.12 : ferrailage la de dalle**



**Fig.II.13 : Plan de coffrage radier et paroi**

**Conclusion générale :**

Si vous habitez dans une région où l'eau est rare ou chère, vous pouvez chercher à recueillir l'eau de pluie pour l'eau potable. Certaines personnes doivent compter sur l'eau amenée dans d'autres domaines. Dans les deux cas, vous devez créer une sorte de stockage pour l'eau potable. Certaines personnes tombent dans les réservoirs en plastique, tandis que d'autres préfèrent des cuves en ciment. Si vous utilisez ce dernier, vous devez savoir quelques inconvénients de ces pour stocker l'eau, mais les réservoirs d'eau en béton ont des avantages et des inconvénients.

Le réservoir d'eau est permet de stocker de grandes quantités d'eau à utiliser pour l'irrigation des terres agricoles, la production d'électricité et de fournir aux gens l'eau nécessaire à la consommation et les loisirs à proximité des étangs.

Malgré leurs avantages les réservoirs ont des inconvénients sont :

- Le ciment est fabriqué avec de la chaux, une forme de carbonate de calcium. Si de l'eau du réservoir est légèrement acide, le calcium peut être libéré dans le réservoir d'eau, cela rend l'eau est de plus en altère le goût.

L'eau dure peut également s'accumuler dans le verre et dans le pipeline. Si vous utilisez du ciment à stocker de l'eau, Le ciment est moins flexible que les autres réservoirs de stockage des matériaux tels que le plastique ou le bois et peut être modifié au fil du temps, surtout si le réservoir est enterré.

Vous pouvez patches cuves en ciment, mais vous pouvez avoir besoin de vider le réservoir et le laisser sécher à le faire. Aussi, la prochaine fois que la terre se meut pourrait avoir une nouvelle fissure, bien que le ciment n'est pas le plus coûteux pour un matériau de réservoir d'eau, un réservoir en béton peut coûter plus d'une matière plastique ou en métal Peut être des réservoirs utiles à l'homme, mais nuisibles à la fois parce que les réservoirs peuvent de venir un terrain fertile pour les vecteurs de maladies, en particulier dans les régions tropicales où le moustique (qui est des vecteurs du paludisme), escargots (qui sont porteurs de la schistosomiase de la maladie) peut bénéficier de cette eau qui coule lentement.

Enfin, ce Projet de Fin d'Etudes nous a permis l'approfondissement de nos connaissances sur les systèmes de stockage des eaux et spécialement les réservoirs, on a la chance de traiter et de présenter les points suivants : les types des réservoirs, leurs fonctions techniques et économique, les méthodes de calcul des réservoirs (spécialement le réservoir circulaire).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Ministère de l'équipement des transports et du logement, Construction des réservoirs en béton ,édition ,2012.
- [2] A.Guerrin, Traité de béton armé Tome VI, deuxième édition Dunod, 1979, page1.
- [3] Cours : généralités sur les réservoirs.
- [4] A.Guerrin, Traité de béton armé Tome VI, deuxième édition Dunod, 1979, page13-15.
- [5] JAnetteWorm, Tim Vanhattum, La collecte de l'eau de pluie à usage domestique, 1ère édition 2006.
- [6] projet fin d'étude, optimisation multicritère pour la gestion d'un réseau d'AEP, Bejaia 2002.
- [7] Mahmoud moussa, Alimentation en eau potable, école nationale d'ingénieurs de Tunis version 2002.
- [8] projet de fin d'étude génie civil élaboration de programmes de dimensionnement de réservoirs en béton arme, application sur la conception des ouvrages hydrauliques en béton arme du projet d'alimentation en eau potable a mbane. 2008- 2009. page 4.
- [9] laurent pissavy, XIII<sup>ème</sup> colloque aquatech Limoges, le 17 Octobre 2007.
- [10] hammoum Hocine, diagnostic et analyse de risques liés au vieillissement des réservoirs en béton armé développement de méthodes d'aide a l'expertise, L'UMMTO. thèse doctorat 2012.
- [11] projet de fin d'étude, génie civil, élaboration de programmes de dimensionnement de réservoirs en béton arme, application sur la conception des ouvrages hydrauliques en béton arme du projet d'alimentation en eau potable a mbane, juillet 2008-2009 Page.
- [12] bureau d'études design projects hydrauliques par abréviation (D.P.H),calcul de réservoirs de 2000m<sup>3</sup>,constantine.

### **Site internet :**

<http://siaep.faye.free.fr>