



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 Conception et calcul d'un château d'eau

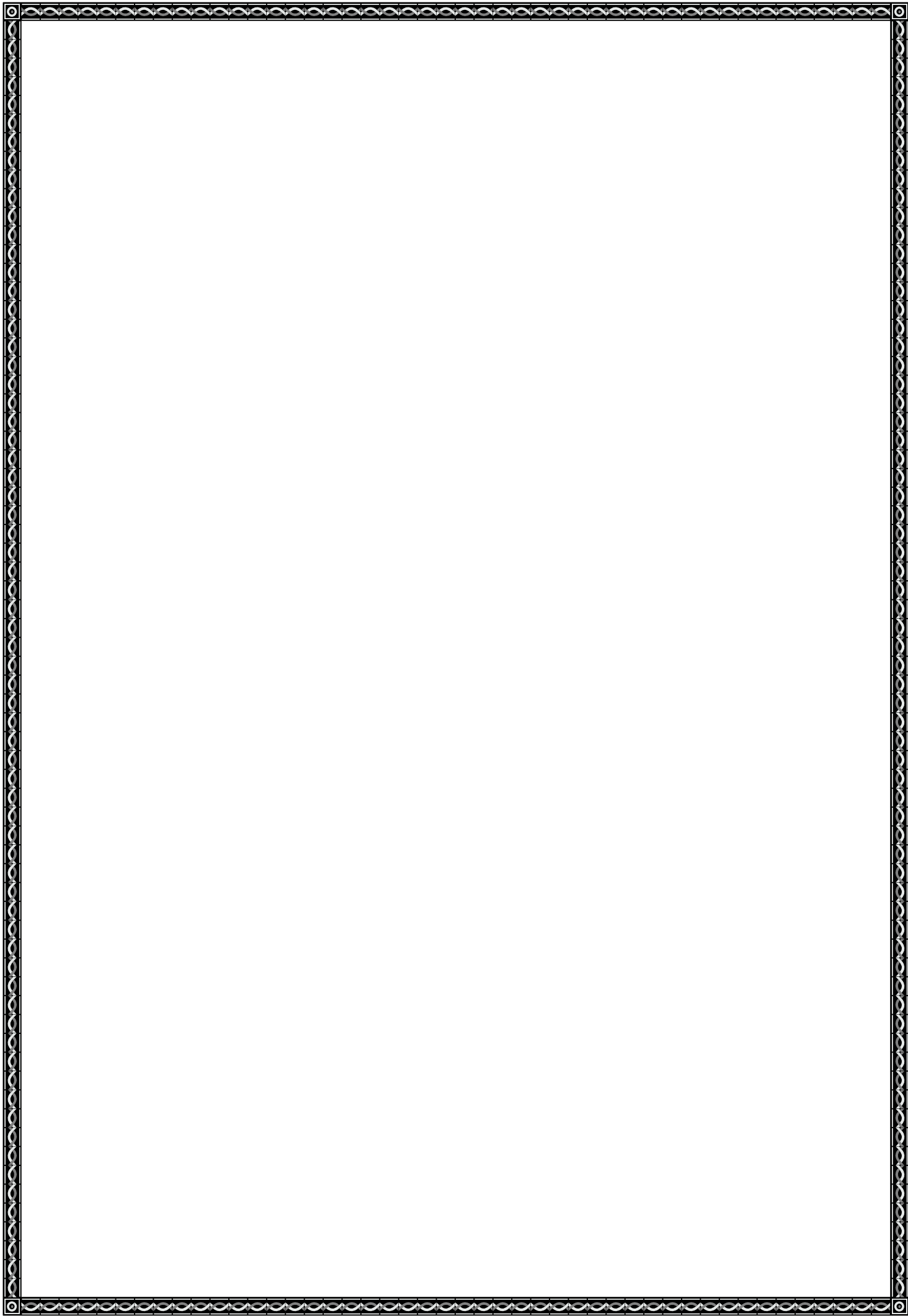
Préparé par :

Bouhallas Dounya
Bennacer Qamra
Zaoui Mohamed Lamine
Zahtani Chaima

Dirigé par :

Guettiche abdelhaq

Année universitaire :2013/2014



Sommaire :

INTRODUCTION GENERAL.....	(5)
Chapitre I : Rappelles sur les châteaux d'eau	(6)
I.1.Définition	(7)
I.1.1.Avantages et inconvénients	(7)
I.1.2.Historique et types de château d'eau	(8)
I.2.Choix de matériau	(13)
I.2.1.Béton armé	(13)
I.2.2.Les aciers	(16)
I.2.2.1.Module d'élasticité longitudinal.....	(16)
I.2.2.2.Coefficient de poisson.....	(16)
I.2.3.Mortier souple.....	(16)
I.2.4.Membranes.....	(17)
I.2.5.Résines époxy.....	(17)
I.3.Places de château d'eau.....	(17)
I.4.Différences entre château d'eau et réservoirs.....	(17)
Chapitre II. Estimation des besoins en eau.....	(19)
II.1.Introduction.....	(20)
II.2.Evaluation de la population.....	(20)
II.3.Estimation des besoins en eau par catégorie.....	(20)
II.3.1.Besoins domestique.....	(20)
II.3.2.Besoins sanitaire.....	(21)
II.3.3.Besoins administratif.....	(21)
II.3.4.Besoins scolaire.....	(21)
II.3.5.Besoins socioculturels.....	(22)
II.3.6.Besoins commerciaux.....	(22)
II.4.Détermination de débit maximale journalier.....	(22)
II.4.1.Types des variations	(22)
II.4.1.1.Variation annuelles.....	(22)
II.4.1.2.Variation mensuelle.....	(23)
II.4.1.3.Variation horaire.....	(23)
II.4.1.4.Variation journalière.....	(23)
II.4.1.5.Variation hebdomadaire.....	(23)
II.4.1.6.Variation saisonnière.....	(23)
II.4.2.Calculs des débits.....	(23)
II.5.Evaluation de la consommation horaire en fonction de nombre d'habitant...(24)	
II.5.1.Débit de pointe.....	(24)
Chapitre III : Rôle, fonction et capacité d'un château d'eau	(25)
III.1.Généralités.....	(25)
III.2.Rôle et fonction de château d'eau.....	(25)

III.2.1.Fonctions techniques des châteaux d'eau.....	(25)
III.2.2.Fonctions économiques.....	(26)
III.3.Construction de château d'eau.....	(26)
III.3.1.Fondations.....	(27)
III.3.2.Le fut	(28)
III.3.3.Planches bas et planches intermédiaires.....	(29)
III.3.4.La cuve.....	(29)
III.3.4.1.Cuve coffré en tête de cuve.....	(30)
III.3.4.2.Cuve coffré au sol.....	(30)
III.3.5.La coupole de couverture.....	(31)
III.3.6.Les problèmes et les causes.....	(31)
III.3.6.1.Problèmes au cours de construction.....	(31)
III.3.6.2.Problèmes au cours de service.....	(31)
II.4.Choix de types de château d'eau.....	(31)
III.5.Hauteur de château d'eau.....	(33)
Chapitre IV :Les équipements hydraulique	(35)
IV.1.Introduction.....	(36)
IV.2.Conduite d'arrivé ou d'alimentation.....	(37)
IV.3.Conduite de départ ou de distribution.....	(38)
IV.4.Conduite trop pleine.....	(39)
IV.5.Conduite de vidange.....	(40)
IV.6.By- passes.....	(41)
IV.7.Système de matérialisation de la réserve d'incendie	(41)
IV.8.Les joints d'étanchéité.....	(42)
IV.9.Accessoire	(43)
IV.9.1.Coude et TE.....	(43)
IV.9.2.Vannes.....	(43)
IV.9.3.Robinets flotteur.....	(43)
IV.9.4.Joints Gibaults.....	(43)
IV.9.5.Crépines	(43)
IV.9.6. Manchons.....	(43)
Conclusion.....	(45)

Liste des figures

Figure1- Château d'eau	(7)
Figure2- Réservoir métallique sur fût maçonné du début du XXe siècle.....	(8)
Figure3- Réservoir construit en 1907.....	(9)
Figure4- Réservoir construit en1936, capacité 700 m ³	(9)
Figure5- Réservoir construit en1977, capacité 200 m ³	(10)
Figure6- Réservoir construit en1930, capacité 500 m ³	(10)
Figure7- Réservoir construit en1977, capacité 200 m ³	(11)
Figure8- Réservoir construit en1985, capacité 1600m ³	(11)
Figure9-Réservoir construit en1976, capacité 1000m ³	(12)
Figure10- Réservoir sphéroïdale	(12)
Figure11-Réservoir à fond sphéroïdale.....	(13)
Figure12- Diagramme de contrainte-déformation.....	(15)
Figure13- Places de château dans le réseau.....	(17)
Figure14- Réservoir sur tour à cuve conique.....	(27)
Figure15- Vue en plan du ferrailage d'une semelle de fondation circulaire.....	(28)
Figure16- Coffrage grim pant de fut	(29)
Figure17- Réalisation de la cuve.....	(30)
Figure18- Mise en place de l'échafaudage.....	(30)
Figure19- Levée de la cuve par câbles.....	(31)
Figure20- Schéma d'une cote d'un château d'eau.....	(33)
Figure21- Conduite d'adduction.....	(36)
Figure22- conduite de distribution	(38)
Figure23- Déversoir circulaire	(39)
Figure24- L'écoulement par orifice.....	(40)
Figure25- Vidange et trop pleine	(40)
Figure26- Conduite by- Passes.....	(41)
Figure27- Traversée des parois par les conduites (1 ^{ère} et 2 ^{ème} cas)	(42)
Figure28- Equipements du château d'eau.....	(43)

Liste des tableaux

Tab1- Les normes de consommation proposée par l'OMS	(20)
Tab2- Besoin sanitaire et leur dotation.....	(21)
Tab3- Besoin administratif et leur dotation.....	(21)
Tab4- Besoin scolaire et leur dotation.....	(21)
Tab5- Besoin socioculturels et leur dotation.....	(22)
Tab6- Besoin commerciaux et leur dotation.....	(22)
Tab7- Valeur de β_{max} en fonctions de nombre d'habitants.....	(24)

Tab8- Valeur de fonction tenant compte du matériau de canalisation.....	(37)
Tab9- Les valeurs de K, m et β	(37)
Tab10- Valeur de α , a et b en fonction du type de matériau.....	(38)
Tab11- Valeur de rapport	(39)
Tab12- Caractéristique de la conduite de vidange.....	(41)

Liste des symboles :

h : La hauteur de château.

Ω : Désigne la section de conduite.

m : Coefficient de débit (pour orifice circulaire $m=0.6$).

v: Désigne le volume de château d'eau.

μ : Coefficient de débit.

h: Hauteur de lame d'eau.

R: Rayon du déversoir.

Q : Etant le débit évacué.

V : Vitesse donne la conduite.

S: Section de conduite.

a et b: Grandeurs dépendant du type du matériau, de la profondeur de pose.

C_{const} : Coût de construction de la canalisation.

α : Coefficient tenant compte du lien : investissement – diamètre.

m: Exposant tenant compte du type du matériau.

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement

M: Facteur tenant compte du matériau de la canalisation.

K_H : Coefficient de variation horaire de la consommation.

K_j : Coefficient de variation journalière de la consommation.

K_0 : Coefficient d'augmentation annuelle de la consommation d'eau .

Y: Coefficient de l'irrégularité de la consommation et du régime de travail.

T: Prix du kWh d'énergie en [DA].

C_j : Coefficient exprimant le rapport du débit du tronçon sur le débit à la tête.

Q_j : Débit en m^3/s .

e: Un facteur économique.

C_{p_n} : Cote du terrain au point considéré.

$\sum \Delta H_{ch-n}$: Somme des pertes de charge du château, au point considéré.

H_n : Désigne la pression de service au point le plus défavorable.

K_p : Coefficient de pointe.

B_{max} : Coefficient qui dépend de nombre d'habitants.

A_{max} : Coefficient qui tien conte de degré de commodité et de niveau de confort.

K_h : Coefficient qui dépend de l'uniformité et l'irrégularité de la consommation.

K_j : Coefficient de variation journalière de consommation.

Q_{moyj} : Le débit moyen journalier (m^3/j).

Q_{maxj} : Le débit maximal journalier.

P : Les pertes

C_D : Consommation domestique (l/j).

P_f : Nombre d'habitant considéré à la future

D : Dotation journalière en ($l/j/hab$).

n : Durée de vie du projet.

z : Taux d'accroissement démographique.

P_0 : Nombre de population actuel

B : la base de poutre

F_{tj} : La résistance de la traction a « j » jour

d : Le diamètre de la poutre

A_{min} : La section minimale à flexion+compression

τ_u : La contrainte de cisaillement

γ_b : Coefficient de sécurité qui tient compte de la résistance du

θ : Coefficient de minoration qui compose l'effet du fluage négligé

f_{c28} : La résistance à la compression à 28 jour (résistance caractéristique du béton

f_{cj} : La résistance a la compression à « j » jour

INTRODUCTION GENERALE :

Depuis plus d'une décennie, on assiste à une grande mobilisation mondiale sur les questions relatives à l'eau (qualité, disponibilité, gestion...). Perçue comme une denrée qu'il faut préserver tant dans sa diversité que dans ses qualités et quantités, l'eau est l'un des éléments naturels dont notre planète est dotée pour favoriser la vie aussi bien humaine animale que végétale. Donc sans eau pas de vie sur terre, en plus est une ressource rare est précieuse, indispensable pour tout développement agricole et industriel, sa demande est en croissance permanent, la réalisation des ouvrages hydraulique doivent pouvoir répondre aux besoins de la population pendant une certaine durée de vie (exploitation), ce qui ne obligent à estimer la population futur à desservir pour une horizon égale à durée de vie d'ouvrages projetée.

Dans ce cadre, une étude sera faite sur la conception et le calcul d'un ouvrage hydraulique, «châteaux d'eau ». La plupart des châteaux d'eau sont réalisés en béton armé ou précontraint. Certains sont réalisés en acier soudé. Les plus anciens sont en maçonnerie traditionnelle.

Le but de notre étude est donc est basée sur les différentes composantes d'un château d'eau, les phases et les matériaux de construction, les bases de conception, calcul et dimensionnement des châteaux d'eau.

AI' issue de ce travail, un commentaire permettra d'éclaircir, et de présenter la politiques de gestion et d'alimentation d'eaux, dans notre région et dans notre pays.

chapitre 01

Rappels sur les châteaux d'eau

Chapitre 1

I.1.définition :

Le château d'eau est le réservoir qui sert à emmagasiner l'eau qui vient d'une source et la distribuer vers les différents points à servir. Le château d'eau est installé sur le point le plus haut et le plus facilement accessible de la zone à desservir relevé sur le levé topographique.

Il est placé en hauteur pour pouvoir faciliter la distribution de l'eau en comptant uniquement sur la force gravitationnelle qui entrainera l'eau vers les points plus bas et sans apport d'énergie extérieure : c'est-à-dire une pompe.



Figure 1 : château d'eau

En effet, le château d'eau dans une région doit se trouve sur le point le plus haut et sert :

- à stocker l'eau et la distribuer.
- de transits entre le forage et les bornes fontaines qui desserviront ensuite les populations.

Remarque :

Le calcul de la capacité du château d'eau dépend de la population de la consommation

I.1.1. Avantages et inconvénients :

Plusieurs phénomènes principaux ont marqué une remise en cause des châteaux d'eau :

- ❖ **Sur le plan technique** : l'amélioration des technique de mise sous pression des réseaux de canalisation d'eau.
- ❖ **Sur le plan esthétique** : le château d'eau a connu les attaques des défenseurs de l'environnement et des paysages.
- ❖ **Sur le plan financier** : leur coût est élevé, en termes de construction comme d'acheminement de l'eau qui doit bien y être placée, avec un stockage limité (5000 à 10000 m³ maximum).

A l'inverse, les défenseurs des châteaux d'eau explique que :

Chapitre 1

- ❖ Ils forment un élément de sécurité d'approvisionnement : ils « peuvent assurer, en cas de problème à la station de production d'eau, la distribution d'eau pendant en général 12 à 24 heures. »
- ❖ Ils assurent une pression constante sur le réseau.
- ❖ La distribution de l'eau emmagasinée dans un réservoir élevé n'est pas arrêtée par une panne d'électricité ou par un bris de pompe.
- ❖ Les pompes qui permettent de remplir les réservoirs fonctionnent de façon intermittente.
- ❖ Ils constituent un élément de sécurité de l'eau, un bassin de décantation supplémentaire.
- ❖ Ils servent de repère pour les promeneurs, les pilotes d'avions.
- ❖ Le château d'eau, en activité ou pas, tient une place importante dans le paysage. Il a été souvent décrié car il occasionnerait une « pollution visuelle » mais l'expérience montre qu'il demeure une solution économique. Fiable, qu'il peut être esthétique et qu'il rend de nombreux services en offrant un point haut pour la région.

I.1.2.histoire et types de château d'eau :

Les premiers réservoirs sur tour remontent à l'époque de la civilisation romaine. En l'an 100 après Jésus-Christ, Rome compte 19 aqueducs, 250 châteaux d'eau et 1352 fontaines qui apportent l'eau courante à la ville.

Depuis le début de construction des réservoirs d'eau sur tour, différents types de structures se sont imposés au fil des temps. Suivant les matériaux et les connaissances techniques de l'époque, les châteaux d'eau ont eu une forme différente. Un classement des différents réservoirs sur tour modernes peut être donné :

❖ Cuve cylindrique métallique :

Ce type de réservoir a été utilisé au début du 20^e siècle par les compagnies ferroviaires, afin de ravitailler en eau les chaudières des locomotives à vapeur. D'une capacité inférieure à 100 m³, la cuve métallique repose sur un fût constitué de maçonnerie brique ou de poutres en béton et de maçonneries entre celles-ci.



Figure 2 : Réservoir métallique sur fût maçonné du début du XXe siècle

Chapitre 1

❖ Réservoir de type Hennebique

Les premiers réservoirs en béton armé sont de type Hennebique, du nom de leur concepteur François Hennebique, ingénieur Français, l'un des premiers à utiliser le béton armé dans la construction. Ils sont constitués de six ou huit appuis en béton armé disposés de façon cylindrique ou pyramidale, et reliés entre eux par des poutres circulaires.

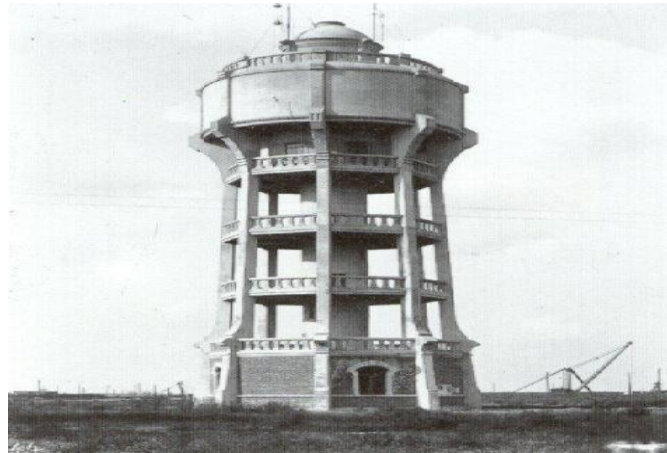


Figure3 : Réservoir construit en 1907

❖ Réservoir de type Monnoyer :

C'est un réservoir avec un fût polygonal tronconique sur semelle, constitué d'un assemblage de parpaings moulés à cet effet, qui s'emboîtent les uns dans les autres, créant à chaque jonction une sorte de demi-colonne creuse dans laquelle est coulé le béton armé.



Figure4 : Réservoir construit en 1934

Chapitre 1

❖ Réservoir de type colonne :

Le diamètre du fût et de la cuve est identique et constant sur toute la hauteur. Des variantes existent : elles présentent des contreforts sur toute ou partie de la hauteur du réservoir, et une distinction peut se faire entre la cuve et le fût par la présence d'un léger encorbellement sur la base de la cuve.



Figure 5 : Réservoir construit en 1936 – 700 m³

❖ Cuve à faible encorbellement ou champignon :

Elle se caractérise par une cuve droite en béton reposant sur un fût en béton ou en maçonnerie. La base de la cuve connectant cette dernière au fût, est légèrement inclinée.



Figure6 : Réservoir construit en béton 1930 – 500 m³

❖ Cuve conique avec fût droit ou fût conique :

Ce type de réservoir se caractérise par une forme conique inversée de la cuve. Cette dernière repose sur un fût conique ou droit. La capacité de ces réservoirs ne dépasse pas les 500 m³.

Chapitre 1



Figure 7 : Réservoir construit en 1977 –200 m³

❖ Cuve à fort encorbellement :

Elle se caractérise par une cuve avec un voile fortement incliné ou droit, et un fût étroit et haut sur lequel est implantée la cuve. Le diamètre du fût peut être variable sur la hauteur.

De tels châteaux d'eau sont conçus pour emmagasiner des volumes d'eau compris entre 1500 et 3000 m³, et sont construits suivant un procédé différent.



Figure 8 : Réservoir construit en 1985 -1600m³

❖ Réservoirs sphériques :

Dans ces réservoirs métalliques, la cuve est sphérique. Pour les réservoirs de capacité ne dépassant pas 500 m³, le support est généralement composé d'un fût cylindrique légèrement conique de faible diamètre par rapport à celui de la cuve

Chapitre 1



Figure9 : Réservoir construit en 1976 –1000 m³

❖ Réservoirs sphéroïdaux :

La cuve métallique de ces réservoirs présente une forme de bulbe qui est plus avantageuse du point de vue de la résistance. Ces réservoirs peuvent atteindre des capacités de 2000 à 3000 m³.



Figure10 : Réservoir sphéroïdale

❖ Réservoirs à fond sphéroïdale :

La cuve métallique de ce type de réservoir est composée de deux calottes sphériques raccordées par un élément en forme de cylindre. Ce type de réservoir est utilisé pour des grandes capacités de 1 000 à 10 000 m³. **(1)**

Chapitre 1



Figure11 : Réservoir à fond sphéroïdale

I.2. choix de matériau :

Les matériaux employés dans la construction des châteaux d'eau devront être choisis pour assurer leur parfait étanchéité concurremment avec les conditions de leur mise en œuvre, et ne devront en aucun cas provoquer une altération des qualités de l'eau emmagasinée, à cet effet, ils seront choisis pour la construction du château des matériaux durable. Le béton armé présente l'avantage de ne pas être atteint par la rouille, tout en préservant l'eau des variations de température. Construit essentiellement en béton armé, l'acier, mortier souples, les membres, les résines époxy :

I.2.1.Le béton armé :

Nous utilisons un béton hydraulique (mélange de ciment, sable, eau et gravier).

Son dosage doit répondre à :

Une bonne résistance mécanique.

Une bonne résistance aux agents agressifs.

Une indéformabilité instantanée différée.

Nous utiliserons donc un dosage en ciment de 400 kg/m³ de C.P.A 325(2)

➤ Résistance à la compression :

Le « BAEL91 » donne la résistance à la compression « f_{cj} » en fonction du temps j par les formules suivantes :

Pour $j \leq 28j$:

$$f_{cj} = \frac{j}{4.76 + 0.83j} f_{c28} \quad [MPa] \rightarrow f_{c28} \leq 40MPa \dots \dots \dots (1)$$

$$f_{cj} = \frac{j}{1.4 + 0.9j} f_{c28} \quad [MPa] \rightarrow f_{c28} > 40MPa \dots \dots \dots (2)$$

Chapitre 1

Pour $j > 28j$:

$$f_{cj} = 1.1 \times f_{c28} [\text{MPa}] \dots \dots \dots (3)$$

f_{cj} : la résistance à la compression à $\ll j \gg$ jour

f_{c28} : la résistance à la compression à 28 jour (résistance caractéristique du béton) (2)

Contrainte limite ou admissible en compression :

a) Contrainte de calcul à l'état limite ultime (ELU) :

C'est la contrainte limite qu'il ne faut jamais dépasser, elle est donnée, d'après le règlement B.A.E.L 91, par la formule qui suit :

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} \dots \dots \dots (4)$$

- F_{bu} : la résistance du béton en compression à l'état limite ultime
- θ : Coefficient de minoration qui compose l'effet du fluage négligé
- γ_b : Coefficient de sécurité qui tient compte de la résistance du béton ainsi que d'éventuels défauts localisés.

(Cas accidentel) $1.15 \leftrightarrow \gamma_b \leftrightarrow 1.5$ (cas générale)

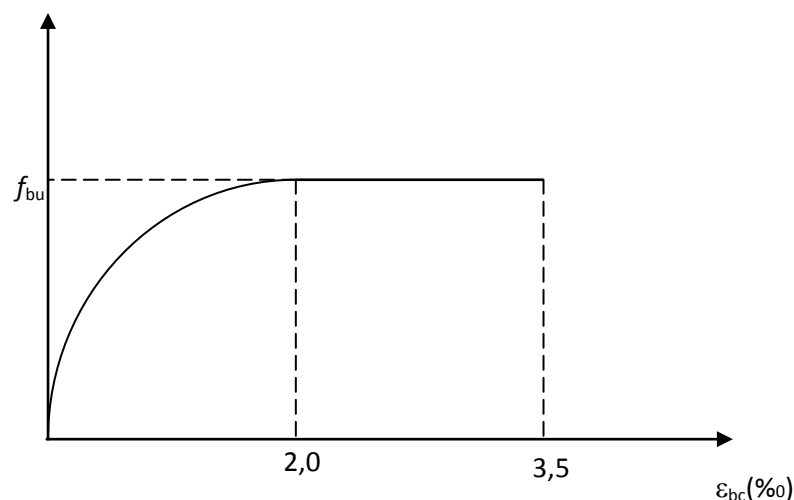
b) Contrainte de calcul à l'état limite de service (ELS)

Le règlement B.A.E.L 91 fixe la contrainte de compression du béton comme suit :

$$\sigma_{bc} = 0.6 f_{c28} \dots \dots \dots (5)$$

✓ Diagramme de contrainte-déformation :

A l'ELU : nous adoptons un diagramme parabole-rectangulaire



A l'ELS : le béton doit travailler à l'état élastique, le diagramme est donc linéaire

Chapitre 1

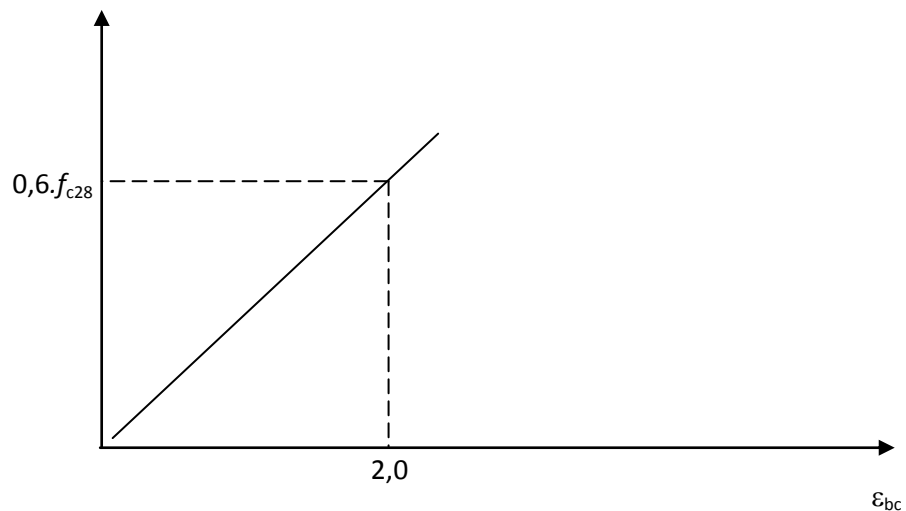


Figure 12 : Diagramme de contrainte-déformation (ELU, ELS)

Contrainte de cisaillement :

Cette contrainte est limitée, selon le type de fissuration, pour des armatures droites ($\alpha = 90^\circ$).

Fissuration peu préjudiciable F.P.P :

$$\tau_u = \min \left(\frac{0,2 f_{c28}}{\gamma_b} \right) \dots \dots \dots (6)$$

Fissuration préjudiciable et très préjudiciable F.P et F.P.P :

$$\tau_u = \min \left(\frac{0,15 \times f_{c28}}{\gamma_b} ; 4 \text{ MPA} \right) \dots \dots \dots (7)$$

τ_u : la contrainte de cisaillement.

I.2.2.Les aciers :

Les aciers utilisés pour construire les pièces en béton armé sont les suivants :

les treillis soudés(T.S) ;

les ronds lisses (R.L) ;

les armatures à haute adhérence(R.H).

Les nuances d'aciers utilisés dans cet ouvrage sont les suivantes :

Rond lisse (R.L)-FeE 25: Fe=235MPA

Haute adhérence (H.A)-FeE 40 : Fe=400MPA.(3)

I.2.2.1.Module d'élasticité longitudinale :

L'expérience a montré que la valeur du module élastique (E_s) est pratiquement constante quelle que soit la nuance de l'acier.

I.2.2.2Le coefficient de Poisson :

Pour le béton, supposé non fissuré, le coefficient de Poisson à les valeurs suivantes :

ELU $\rightarrow \mu = 0,00$

ELS $\rightarrow \mu = 0,20$

Flexion composée :

Chapitre 1

$$\text{Flexion+ compression} \rightarrow A_{\min} \geq 0.23 b.d. \frac{f_{tj}}{f_e} \cdot \frac{e-0.455.d}{e0-0.185.d} \dots\dots\dots (8)$$

A_{min} : La section minimale à flexion+compression

b : la base de la poutre

d : le diamètre de la poutre

F_{tj} : la résistance à la traction de j jour

Remarque : La section minimale doit satisfaire :

$$A_{\min} > \frac{2 \times B}{1000} \dots\dots\dots (9)$$

B : la base de poutre

I.2.3 Mortier souple :

- fort adhérence
- Economique
- Sensible au produit de nettoyage
- Reprise de 10% d'eau(4)

I.2.4 Membranes :

- Indépendance avec drainage
- Préfabriquée en usine

I.2.5 Résines époxy :

- Adhérence.
- Grand résistance chimique

I.2.6 Les adjuvants :

Les adjuvants permettent de modifier la prise et le durcissement comme les accélérateurs de prise qui permettent de décoffrer rapidement, ou au contraire des retardateurs, utilisés pour maintenir l'ouvrabilité du béton.

Les hydrofuges de masse rendent les bétons imperméables aux liquides, les entraîneurs d'air vont quant à eux les rendre insensibles au gel et aux produits dégivants.

I.3.places de château d'eau :

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. La production d'eau doit se faire le plus régulièrement possible alors que la livraison est soumise à la demande des usagers. Quelle que soit le moment de la journée et la hauteur de la demande en eau, il faut que chaque utilisateur bénéficie d'un débit correct.

Le stockage de l'eau permet également de faire face aux demandes exceptionnelles en cas d'incendie.

Un château d'eau est une construction placée en général sur un sommet géographique permettant de stocker de l'eau et de fournir le réseau de distribution en eau sous pression, afin qu'ils se situent au-dessus du plus haut des robinets à desservir.

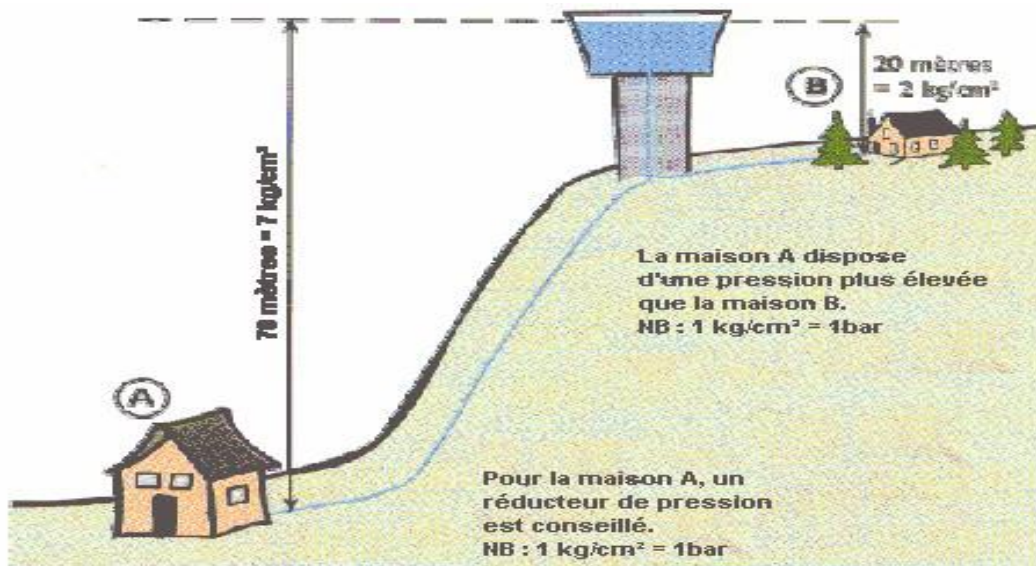


Figure 13 : Places de château d'eau dans le réseau

La distribution de l'eau va pouvoir utiliser le phénomène naturel des vases communicants pour alimenter le réseau de distribution.

Le remplissage du réservoir se fait par pompe d'alimentation de façon automatique pour maintenir un niveau constant dans le réservoir.

Les habitations qui se trouvent dans le fond d'une vallée auront donc une pression plus élevée.

I.4. Différence 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. La seule différence est que le réservoir est construit sur un terrain situé à une altitude suffisante pour permettre de garantir une pression correcte dans sa zone d'alimentation, tandis que le château d'eau est construit lorsque la cote du terrain est insuffisante pour permettre une pression convenable dans la zone de desserte.

Une grande différence sur le plan urbanistique est que le réservoir, bien souvent enfoui sous une butte herbeuse avec simplement un local d'un étage visible est beaucoup plus discret qu'un château d'eau qui attire l'attention particulièrement en zone de plaine ou de plateau où de nombreux ouvrages de ce type ont été construits.

sur le plan structurel, La cuve d'un château d'eau est généralement constituée d'un double paroi, qui isole à la fois l'eau et la structure elle-même de l'effet des températures extérieures et évite les conséquences défavorables de fuites éventuelles.

La conduite d'amenée traverse la cuve jusqu'au-dessus du niveau de trop-plein et l'alimente... Une vanne commandée soit par flotteur, soit électriquement ou hydrauliquement, obture la canalisation quand le niveau de trop-plein est atteint.

La conduite de distribution prend l'eau au fond de la cuve, à travers une crépine. Son diamètre est souvent plus important que celui de la conduite d'amenée, compte tenu des débits de pointe qu'elle doit véhiculer.

Le réservoir au sol généralement semi-enterré, dispose exactement des mêmes organes

Chapitre 1

que ceux prévus dans le château d'eau.

Outre la différence quant à la visibilité de l'ouvrage déjà mentionnée, une autre différence très importante repose dans son coût. 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.

C'est pour cette raison, ainsi que pour répondre à des réticences d'ordre urbanistiques que, de plus en plus souvent, il est opté aujourd'hui pour une solution qui prévoit l'adjonction à un réservoir au sol d'une station de pompage à vitesse variable qui permet de suivre la demande du réseau alimenté.

chapitre 02

Estimation des besoins en eau

Chapitre 2

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre on présente estimation de besoin en eau et dimensionner un réseau de distribution d'eau potable, pour satisfaire les besoins des habitants du village.

II.2.Evaluation de la population :

L'évaluation de nombre d'habitant dans notre cas est basée sur la relation suivante :

$$p_f = p_0 \times (1 + z)^n \dots \dots \dots (10)$$

Te que :

p_f : Nombre de population au futur.

p_0 :Nombre de population actuel.

z : Taux d'accroissement démographique.

n : Durée de vie du projet.

II.3. Estimation des besoins en eau par catégorie :

L'étude des besoins en eau dépend généralement de niveau de vie et degré d'urbanisation de l'agglomération dans cette vision il est Important d'évaluer au préalable les besoins futurs des différents secteurs d'étatisations, ensuite procéder à l'établissement des bilans ressources-besoins pour permettre de cerner l'importance du déficit ou l'excédent en eau, La consommation journalière sera évaluée par la formule suivante :

$$Q_{moyj} = \frac{D \times P_f}{1000} \dots \dots \dots (11)$$

D'où :

Q_{moyj} : débit moyen journalier domestique en (m^3/j).

D : Dotation journalière en (l/j/hab).

P_f : Nombre d'habitant considéré à la future

II.3.1.Besoins domestiques :

Nombre d'habitant	$P_f < 2000$	$2000 < P_f < 20.10^3$	$20.10^3 < P_f < 10^5$	$P_f > 10^5$
Dotation (l/j/h)	100	150	200	300

TAB 1 .exprime les normes de consommation proposée par l'OMS

$$C_D = P_f \times D \dots \dots \dots (12)$$

$$Q_{moyj} = \frac{C_D + P}{86400} \dots \dots \dots (13)$$

Avec :

- Q_{moyj} : Débit moyen journalier domestique en (m^3/j).
- C_D : Consommation domestique (l/j)

Chapitre 2

- **P** : Les pertes

II.3.2.Besoin Sanitaire :

Désignation	Unité de mesure	Dotation l/j/u
Hôpital	Unité	Jusqu'à 600
Salle de soin	Unité	10
Policlinique	Unité	50

TAB 2.exprime les besoins sanitaire et leur dotation

II.3.3-Besoins administratifs :

Désignation	Unité de mesure	Dotation l/j/u
Centre administratif	employer	60
APC	employer	60
PTT	employer	60
Gendarmerie	employer	60

TAB 3.exprime les besoins administratifs et leur dotation

II.3.4-Besoins scolaires :

Désignation	Unité de mesure	Dotation l/j/élève
Ecole	Elève	50-200
CEM	Elève	50-200
Lycée	Elève	50-200

TAB 4.exprime les besoins scolaire et leur dotation

Chapitre 2

II.3.5-Besoin socioculturels :

Désignation	Unité de mesure	Dotation l/j/u
Masdjid	Fidèle	75-100
Maison de jeune	Unité	10-50
Stade	Unité	20-100
Aéroport	Passager	8-12
Cinéma	Siège	10-15
Hôtel	Lit	150-200

TAB 5.exprime les besoins socioculturels et leur dotation

II.3.6-Besoins commerciaux :

Désignation	Unité de mesure	Dotation l/j/u
Centre commercial	unité	40
Cafés	Place	40
Restaurants	Siège	150
Boucheries	Unité	40
Battoire	Tête	500
Douche	Utilisateur	200-500
Magasin	Client	8
Station de service	Véhicule	40

TAB 6.exprime les besoins commerciaux et leur dotation

II.4.Détermination du débit maximale journalière :

Généralement les débits consommés par les habitants n'est pas constants, ils varient selon les périodes de consommation soit annuelles, mensuelles, journaliers ...

II.4.1.Types des variations :

II.4.1.1. Variations annuelles :

Le débit consommé varie d'une année à une autre en fonction de développement de la population.

Chapitre 2

II.4.1.2. Variations mensuelle :

La variation mensuelle dépend de l'importance de la ville (grande ville ; ville touristique;.....)

II.4.1.3. Variations horaire :

Suivent les heures de la journée le débit consommé est supérieur ou inférieur à de la valeur moyenne de consommation. Les variations de ce débit est instantanées tout dépend de nombre d'habitant locale et l'importance de l'agglomération.

II.4.1.4. Variations journalières :

Le débit consommé varie selon les jours de la semaine et en fonction de la nature d'activité de l'agglomération.

II.4.1.5. Variation hebdomadaire :

Soit liées aux coutumes en usage dans la région. Habituellement le développement du travail féminin extérieur tend à augmenter la consommation en fin de semaine.

II.4.1.6. Variation saisonnières:

On a noté que la consommation journalière peut aller jusqu'à doubler lors d'une journée chaude ; les variations correspondantes sont plus accusées dans les régions dans climats continental.

En raison de toute ces variations il y'a lieu d'appliquer au débit moyen un coefficient de majoration pour obtenir la valeur de débit de pointe du jour le plus chargé de l'année.

II.4.2. Calcul des débits :

➤ Débit moyen journalier : Q_{moyj}

Il représente la consommation moyenne d'une agglomération pendant une journée, donc ce débit exprime la somme des différents besoins regroupés en ville (domestiques, scolaires, sanitaires,.....).

➤ Débit maximal journalier : Q_{maxj}

Il représente la demande en eau d'une agglomération durant la journée et il est donné par formule suivante :

$$Q_{maxj} = Q_{moyj} \times k_j \dots \dots \dots (14)$$

Avec :

- Q_{maxj} : Le débit maximal journalier.
- Q_{moyj} : Le débit moyen journalier.
- k_j : Coefficient de variation journalière de consommation.

Remarque :

En général k_j varie de 1,1 à 1,3.

Chapitre 2

II.5.Evaluation de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitat : Q_{maxh}

Il représente la demande maximale en eau d'une agglomération pendant une heure, il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{maxh} = \frac{Q_{maxj} \times K_h}{24} \dots \dots \dots (15)$$

Tel que :

- K_h : Coefficient qui dépend de l'uniformité et l'irrégularité de la consommation moyenne horaire, il est donné par le rapport de la consommation maximal horaire la consommation moyenne horaire, donc :

$$K_h = \frac{Q_{maxj}}{Q_{moyh}} \dots \dots \dots (16)$$

On peut aussi calculer le K_h par la **relation russe** :

$$K_h = \alpha_{max} \times \beta_{max} \dots \dots \dots (17)$$

- α_{max} : Coefficient qui tient compte du degré de commodité et de niveau de confort de la population ainsi que le régime de travail. La valeur α_{max} est comprise entre (1,2÷1,4)
- β_{max} : Coefficient qui dépend du nombre d'habitants (TAB07)

Nombre d'habitant	10^3	$1,5 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	4×10^3	6×10^3	10^4	2×10^4	5×10^4
β_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15

TAB7 : Valeur de β_{max} en fonction du nombre d'habitant

II.5.1.Débit de pointe Q_p :

Il représente la demande en eau dans les heures de pointe donnée par la formule suivante

$$Q_p = Q_{moyj} \times k_p \dots \dots \dots (18)$$

Tel que :

- k_p : coefficient de pointe donné par la relation suivante :

$$K_p = K_j \times K_h \dots \dots \dots (19)$$

- K_j : coefficient de variation journalier.
- K_h : coefficient de variation horaire.(5)

chapitre 03

Role, fonction et capacité du chateau d'eau

Chapitre 3

III.1. Généralités :

Lorsque les besoins journaliers sont supérieurs au volume d'eau produit par la source en 24 heures, il est nécessaire de construire d'un château d'eau de stockage.

Le principe est de stocker l'eau sur les périodes où la demande des populations est faible, et de pouvoir fournir un débit plus important lorsque la demande augmente.

Les châteaux d'eau sont des ouvrages dont la durée de vie est généralement assez étendue. Ils trouvent le plus souvent leur défaillance dans des insuffisances au niveau de leur conception.

Ces raisons montrent l'importance qu'il convient d'accorder à la phase de conception de l'ouvrage. Aussi Un ouvrage bien conçu sera facile à exploiter et requerra des travaux d'entretien faciles et simples.

Donc une conception des châteaux d'eau doit impérativement tenir compte des deux facteurs suivants :

Conserver la qualité de l'eau stockée.

Faciliter les conditions d'exploitation et d'entretien.

III.2. Rôle et fonctions des châteaux d'eau:

Le rôle des châteaux d'eau a sensiblement changé au cours du temps, servant tout d'abord de réserve d'eau, leur rôle principal fut ensuite de parer à un incident survenu dans l'adduction.

Les fonctions générales des châteaux d'eau potable sont multiples:

III.2.1. Fonctions techniques des châteaux d'eau :

- Régulation de l'apport de la consommation d'eau pour permettre aux pompes un refoulement constant
- Sécurité d'approvisionnement
- Régulation de la pression
- Simplification de l'exploitation

III.2.2. Fonctions économiques :

- La station de pompage travaille avec une charge constante c'est-à-dire réduction des dépenses d'énergie.
- Le réseau se trouve sous une charge stable créée par le château d'eau. (6)

III.3. Construction des châteaux d'eau:

Les matériaux employés dans la construction des châteaux d'eau devront être choisis pour assurer leur parfaite étanchéité concurremment avec les conditions de leur mise en œuvre, et ne devront en aucun cas provoquer une altération des qualités de l'eau emmagasinée, à cet effet, ils seront choisis pour la construction du château des matériaux durable.

Le béton armé est le matériau de prédilection pour la construction des châteaux d'eau modernes.

Chapitre 3

L'art du coffrage, l'excellente connaissance théorique et pratique du matériau, dans sa composition et dans sa mise en œuvre, sa résistance et sa faible sensibilité à la corrosion, moyennant le respect de quelques règles, permettent de donner une grande variété de formes aux réservoirs.

Ci-dessous, un schéma de principe structurel d'un réservoir sur tour moderne à cuve conique (1)

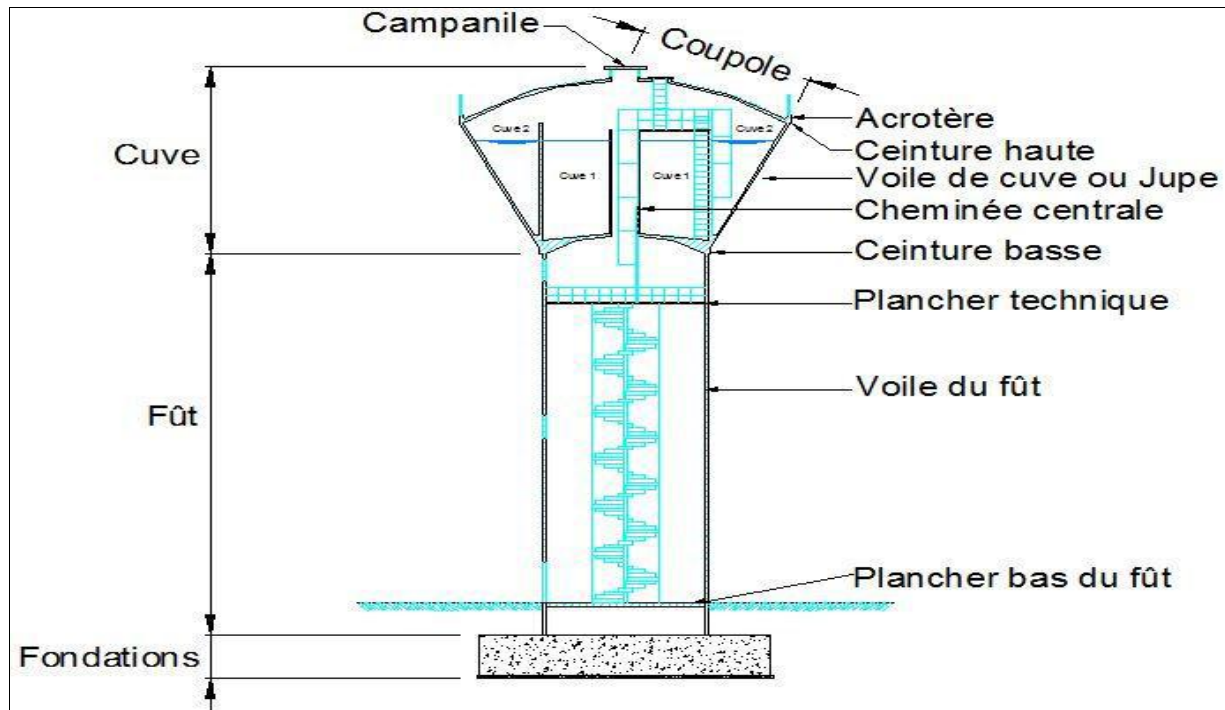


Figure 14 : Réservoir sur tour à cuve conique

III.3.1. Les fondations :

La fondation des châteaux d'eau est toujours importante car elle reçoit une charge de plusieurs milliers de tonnes que constitue le fût avec la cuve.

Elle dépend évidemment en premier lieu de la qualité du sol. En bon terrain, une fondation directe sur semelle suffit (semelle annulaire sous piliers et semelle ou petit radié sous fût).

Les couches de sol sous radier peuvent être améliorées par remplacement ou battage de colonnes de gravier.

Enfin, des pieux en béton armé, battus ou forés, sont réalisés quand le terrain possède des caractéristiques mécaniques faibles sur une grande profondeur. Cette solution est d'ailleurs souvent plus économique et meilleure vis-à-vis des tassements, qu'un radier général de grande étendue.

La fondation en terrain réputé minier demande, par sécurité, un radier général, éventuellement sur pieux, calculé selon certaines hypothèses d'affaissement de sol.

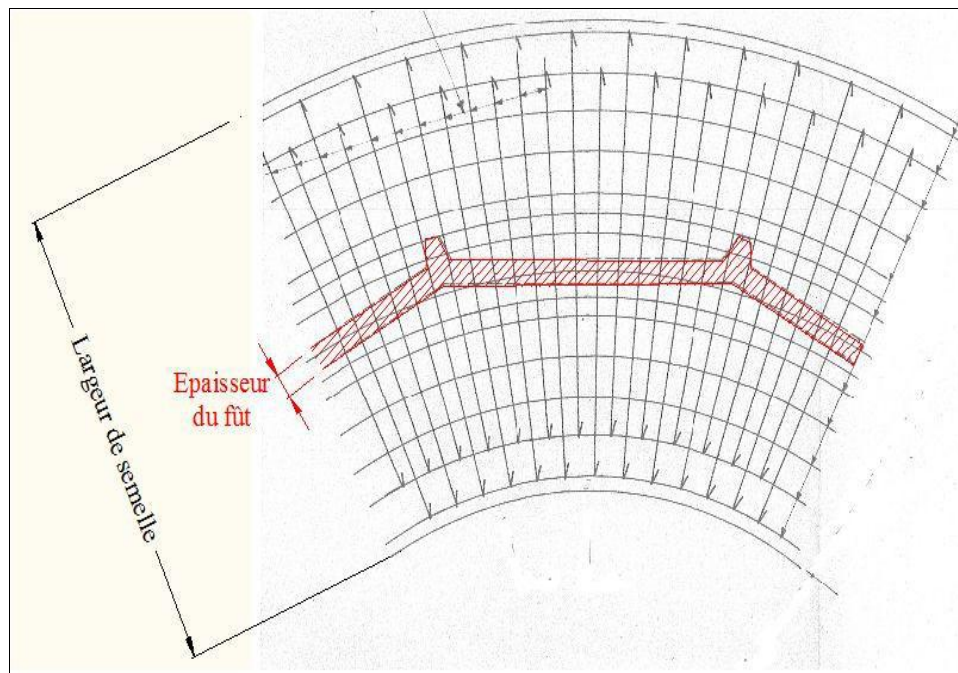


Figure 15 : Vue en plan du ferrailage d'une semelle de fondation circulaire

III.3.2. Le fût :

Les fûts cylindriques des ouvrages en béton à cuve conique ou droite reprennent seuls la charge verticale et les efforts du vent, et sont donc sollicités à la fois en compression et en flexion. Leur relative flexibilité impose la vérification à la résonance, phénomène oscillatoire produit par les rafales de vent.

Classiquement, le château d'eau en béton est construit à l'aide d'un échafaudage.

En raison de la hauteur de l'ouvrage, de l'étendue de la cuve et des charges élevées qui lui sont transmises en cours de travaux, cette construction provisoire doit être robuste et occupe dans l'espace un volume important. Son montage et son immobilisation représentent une fraction substantielle des charges du chantier. D'autre part, le coffrage dans ses méthodes traditionnelles, appliquées à des formes complexes, dans des conditions de travail difficiles, représente le coût prépondérant dans le gros-œuvre de l'ouvrage.

Les efforts des entreprises spécialisées ont donc porté sur la suppression de tout ou partie de l'échafaudage et la rationalisation du coffrage.

Le coffrage grimpeur permet la réalisation, par tranches verticales successives, du fût du château d'eau. Il comporte les passerelles de travail nécessaires et prend appui sur la structure même.



Figure 16. Coffrage grimpant du fût

III.3.3. plancher bas et planchers intermédiaires :

Les différents planchers, du plancher bas aux planchers intermédiaires sont réalisés au fur à mesure de l'avancement du fût.

Dans le cas de la mise en place d'un escalier hélicoïdale en béton, ou métallique, celui-ci est également monté en avancement avec la construction du fût.

III.3.4. La cuve :

Les cuves des châteaux d'eau sont presque entièrement composées de parois relativement minces. La base de la cuve est le siège d'efforts horizontaux considérables, qui doivent être repris par des ceintures travaillant, selon le cas en traction ou en compression.

Les parois et les ceintures tendues des cuves en béton reçoivent un ferrailage important, qui assure seule leur résistance, le béton étant inapte à reprendre la traction. Les tensions dans le béton doivent y être limitées, pour éviter sa fissuration. Les sections sont donc assez importantes. Ce qui a conduit à utiliser pour ces éléments, dans les ouvrages importants, la précontrainte, mise en compression préalable du béton par câbles ou fils, qui conduit à une réduction considérable des quantités d'armatures et est très favorable pour l'étanchéité.

La paroi latérale des cuves cylindriques à fond plat est encastrée à la base et donc soumise à la fois à un effort annulaire de traction et à flexion. Le fond est, de son côté, fléchi entre ses supports, colonnes et fût, auxquels il transmet intégralement le poids de l'eau.



Figure 17 : Réalisation de la cuve

III.3.4.1. Cuve coffrée en tête du fût :

Ordinairement, la cuve béton d'un réservoir se construit avec un échafaudage de grande hauteur mis en place en périphérie du fût. Ce dispositif provisoire permet ainsi d'accueillir le coffrage de la cuve, sur lequel seront mises en place les armatures de construction, et dans lequel le béton sera mis en œuvre. Pour l'aspect fini et lisse, un enduit de type mortier hydraulique a été mis en place sur de nombreux réservoirs anciens.(2)



Figure 18 : mise en place de l'échafaudage

Cette technique de construction de la cuve a l'inconvénient d'immobiliser un important dispositif de coffrage.

III.3.4.2. Cuve coffrée au sol :

Des constructeurs ont pu éliminer cet inconvénient en concevant la cuve au sol, autour du fût déjà réalisé, et en levant celle-ci à l'aide de vérins et de câbles placés en tête du fût. Une fois la cuve mise en place, elle est fixée au fût par des éléments précontraints. Ce procédé permet ainsi un gain de temps manifeste, et réduit la quantité de matériel nécessaire à la réalisation de la cuve. Cette technique est bien adaptée à l'exécution de réservoirs de grande hauteur, et à cuve de fort encorbellement.



Figure 19 : Levée de la cuve par câbles

III.3.5 .La coupole de couverture :

La coupole est l'élément voûte en forme de demi-sphère qui repose sur la cuve et qui la rend clos. Cet élément beaucoup plus léger que la cuve, est en béton armé pour les réservoirs modernes. Elle est fabriquée au sol, et levée à l'aide d'une grue pour être mis en place sur la cuve. Elle peut également être coffrée et coulée en place.

Sur les châteaux d'eau plus anciens, les coupoles peuvent être constituées de maçonnerie enduite d'un mortier présent en intrados et en extrados.

III.3.6.Les problèmes est les causes :

III.3.6.1. Problèmes au cours de construction :

❖ Ségrégation du béton :

C'est un phénomène de séparation des différents constituants d'un béton frais conduisant à une perte d'homogénéité du mélange. La ségrégation voit en particulier des éléments les plus lourds (granulats) « tomber » au fond du mélange et les plus légers (fine, ciment...) rester en surface. Il peut être provoqué par un malaxage insuffisant, une formulation mal adaptée à un pompage ou par une vibration excessive.

III.3.6.2. problèmes au cours de service :

❖ Défauts du parement :

Le défaut de parement est une imperfection esthétique de la surface d'un béton qui se manifeste par :

- Des ondulations ou autres variations localisées du profil. Son origine provient d'une mauvaise réalisation, une mauvaise conception du coffrage ou un décoffrage prématuré. Ce défaut n'est pas une pathologie du béton à proprement parler, mais dans certains cas, sa présence peut provoquer des problèmes d'adhérence des revêtements d'imperméabilisation et d'étanchéité.
- Le spectre visible des armatures : on distingue par « transparence » la présence d'armatures trop proches de la surface. Ce phénomène se traduit par le dessin visible des armatures sous la peau du béton. Ce défaut est du à un manque de calage des armatures et une mauvaise vibration du béton lors du coulage.

Chapitre 3

❖ Déformations :

Il s'agit des déformations anormales du béton par rapport à sa forme d'origine, dépassant les estimations de la note de calcul. Elles sont visibles sous forme de flèche dans le cas d'une déformation verticale, ou sous forme de tassements, gonflements, fissures, cassures engendré par le sol dans le cas d'une déformation horizontale. Ces déformations sont causées par une surcharge non prise en compte lors du dimensionnement ou par une rigidité insuffisante de l'élément de structure.

❖ Différences de teinte :

Il s'agit d'un défaut de couleur propre au béton. On peut distinguer : la reprise de bétonnage, les zones contrastées de forme géométrique, les ragréages, les traces de rouilles dues à la non élimination des chutes de fer de ligature en fond de coffrage ou l'utilisation de cales métalliques.

❖ Fissuration structurelle :

La fissuration du béton armé est inhérente à son fonctionnement. Les fissures auxquelles sont sujets les réservoirs d'eau sont de plusieurs types : de retraits, thermiques, structurels ou mécaniques.

❖ Suintements et efflorescences :

Les suintements se caractérisent par des écoulements lents, goutte à goutte, perceptibles par l'humidité du parement du réservoir. Elles s'accompagnent souvent d'efflorescences se manifestant par des dépôts blanchâtres irréguliers à la surface du béton ou de l'enduit. Elles sont constituées de calcite (carbonate de calcium) qui n'apparaît et ne se cristallise qu'en présence d'eau. Ces désordres sont la conséquence de fissures et de circulation d'eau à travers la paroi.

❖ Eclat du béton :

L'éclat de béton correspond à la destruction en surface du béton, et se manifeste sous forme de fragments ou d'éclats. Il est la résultante de l'expansion du produit de corrosion de l'armature au sein du béton, consécutif à plusieurs facteurs tel qu'un défaut de porosité du béton et/ou une insuffisance d'enrobage, et/ou une carbonatation du béton. Il peut également résulter d'une compression excessive provoquée par les effets du gel. En effet, l'eau présente intérieurement dans les pores du béton, se cristallise en période hivernale, et augmente son volume ainsi que celui du béton. En se formant dans les capillaires, le gel peut générer de telles contraintes dans le béton, qu'une fissuration peut se développer.

L'éclat s'accompagne souvent d'une microfissuration ou d'une fissuration.(1)

.III.4.Choix du type de château d'eau:

Depuis le début de construction des réservoirs d'eau sur tour, différents types de structures se sont imposés au fil des temps. Suivant les matériaux et les connaissances techniques de l'époque, les châteaux d'eau ont eu une forme différente. Un classement des différents réservoirs sur tour modernes peut être donné :

➤ Choix selon le matériau de construction :

Ce choix est basé sur la nature des matériaux de construction des réservoirs :

Chapitre 3

- Réservoir métalliques.
- Réservoir en maçonnerie.
- Réservoir en béton armé ou précontraint.

➤ **Choix selon l'usage :**

Vu les nombreux usages des réservoirs on peut les classer en :

- Réservoir principal d'accumulation et de stockage.
- Réservoir d'équilibre (réservoir tampon).
- Réservoir de traitement.

➤ **Choix selon des considérations esthétiques :**

Selon des servitudes d'esthétisme on peut affirmer les fonctions d'un réservoir comme on peut l'intégrer au paysage.

➤ **Choix selon la forme géométrique :**

Généralement on retrouve dans la pratique deux formes usuelles :

- réservoir cylindrique.
- Réservoir rectangulaire (carré).

Comme on trouve parfois des réservoirs à formes quelconques (sphérique, Conique.....)(6)

III.5.La hauteur du château d'eau:

La hauteur d'implantation du château d'eau est calculée en fonction de la consommation d'eau et la pression demandée et la topographie du site.

Le calcul de la hauteur se fait après l'étude du dimensionnement du réseau d'AEP de la ville c'est-à-dire (diamètres des tronçons, les pertes de charges, les vitesses admissibles) à partir du point le plus défavorable dans le réseau, on doit calculer les pressions à chaque point du réseau d'AEP, jusqu'à arriver au château d'eau c'est-à-dire le calcul se fait de l'amont à l'aval.

La cote du radier du château d'eau est déterminée suivante la relation :

$$C_r = C_{p_n} + H_n + \sum \Delta H_{ch-n} \dots \dots \dots (20)$$

Avec:

- H_n : désigne la pression de service au point le plus défavorable.
- $\sum \Delta H_{ch-n}$: Somme des pertes de charge du château, au point considéré.
- C_{p_n} : Cote du terrain au point considéré.

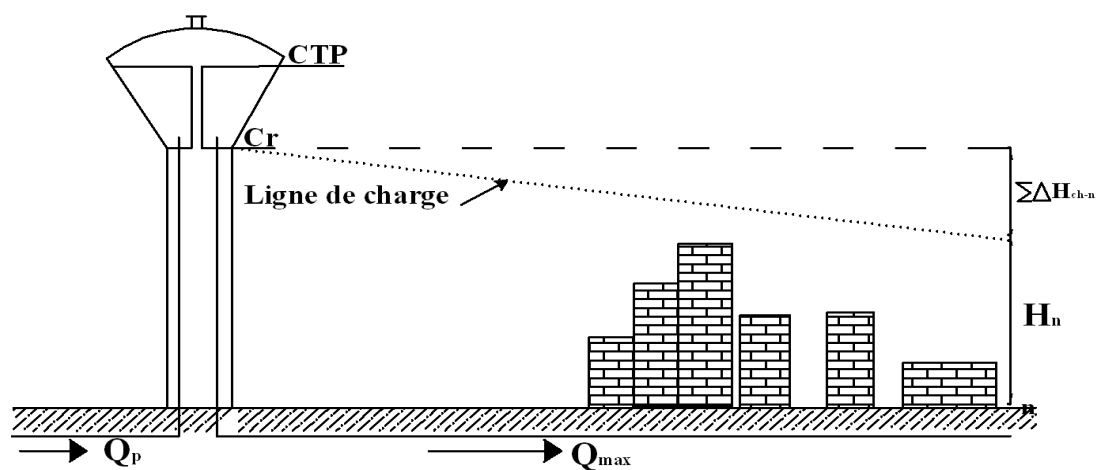


Figure 20 : Schéma d'une cote d'un château d'eau

chapitre 04

Equipement hydraulique

Chapitre 4

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, on présentera les différents éléments constituant le château d'eau et leurs fonctions.

Le béton armé est le matériau de prédilection pour la construction des châteaux d'eau modernes, L'art du coffrage, l'excellente connaissance théorique et pratique du matériau, dans sa composition et dans sa mise en œuvre, sa résistance et sa faible sensibilité à la corrosion, moyennant le respect de quelques règles, permettent de donner une grande variété de formes aux réservoirs.

Les réservoirs surélevés (château d'eau) ont une hauteur souvent supérieure à la dizaine de mètres. L'accession à la cuve et aux différents organes de fonctionnement nécessaires à la distribution d'eau potable exige des équipements qui soient fonctionnels et sécuritaires.

Dans le cas de château d'eau, les différents équipements de sécurité se répartissent sur toute la hauteur du réservoir.

Les canalisations intérieures du château d'eau sont en acier inox, à brides boulonnées. Leur diamètre est souvent réduit par rapport à celui des conduites extérieures enterrées qui aboutissent à l'ouvrage. L'économie et le plus faible poids des pièces à manipuler compensent les pertes de charges accrues sur quelques dizaines de mètres de canalisations. Elles sont revêtues d'époxy, ou métallisées et peintes ensuite, ou encore plastifiées à chaud. Tous les équipements hydrauliques utilisés à l'intérieur de la cuve détiennent l'Attestation de Conformité Sanitaire délivrées par les laboratoires agréés par le Ministère de la Santé.

Le château d'eau doit être équipé :

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

Ces conduites sont commandées dans une chambre de manœuvre.

IV.2.conduite d'arrivée ou d'alimentation (adduction) :

Cette conduite, du type refoulement, doit arriver de préférence dans la cuve en siphon noyé(à la partie supérieure de la cuve), ou par le bas ou par sur verse, placé à l'opposé de la conduite de départ, pour provoquer en quelque sorte le brassage, par conséquent un dispositif de contrôle situé au niveau de la station de pompage permet le déclenchement de l'arrêt ou de la mise en marche des pompes, pour notre cas on choisit l'arrivée par le bas (par le fond)

Elle traverse la cuve jusqu'au-dessus du niveau de trop-plein et l'alimente par jet à l'air libre ; parfois, pour éviter que la perte d'acide carbonique libre provoquée par cette aération rende l'eau incrustante, la conduite d'amenée est prolongée jusqu'au fond de la

Chapitre 4

cuve. Une vanne commandée soit par flotteur, soit électriquement ou hydrauliquement, obture la canalisation quand le niveau de trop-plein est atteint

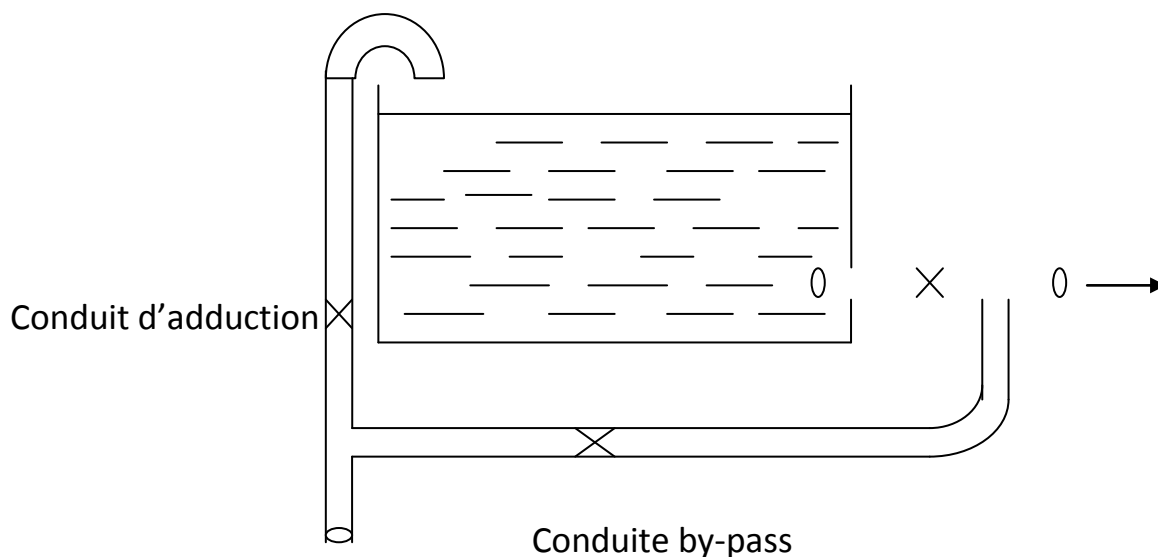


Figure 21 : conduit d'adduction

A son débouche dans le réservoir, la conduite s'obture quand l'eau atteint son niveau maximum. L'obturation est assurée par un robinet flotteur si l'adduction est gravitaire, par un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement. On applique la formule de diamètre économique :

$$\text{Déc} = E1/\alpha + m \times c_j \beta / (\alpha + m) \times Q_j (\beta + 1) / (\alpha + m) \dots \dots \dots (21)$$

Avec:

- Q_j : débit en m^3/s .
- C_j : coefficient exprimant le rapport du débit du tronçon sur le débit à la tête du Réseau

$$Q_j = C_j \times Q \dots \dots \dots (22)$$

- E : un facteur économique :

$$E = 10 \times M \times T \times \gamma \dots \dots \dots (23)$$

- T : prix du kWh d'énergie en [DA].
- γ : coefficient de l'irrégularité de la consommation et du régime de travail de la station de pompage :

$$\gamma = 1 / K_0 \times K_j \times K_H \dots \dots \dots (24)$$

- K_0 : Coefficient d'augmentation annuelle de la consommation d'eau = 1,03 à 1,04.
- K_j : Coefficient de variation journalière de la consommation = 1,1 à 1,3.
- K_H : Coefficient de variation horaire de la consommation.
- M : Facteur tenant compte du matériau de la canalisation :

Chapitre 4

Tuyau	M
Acier	0,92
Fonte	0,43
Amiante ciment	0,24
plastique	0,13

TAB 8 .valeurs de facteur tenant compte du matériau de canalisation

- β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement
- m : Exposant tenant compte du type du matériau

Tuyau	K	M	β
Acier	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Fonte	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Amiante ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,774	1,77

TAB 9: Les valeurs de K, m et β

- α : Coefficient tenant compte du lien : investissement – diamètre, tel que :
- C_{const} : Coût de construction de la canalisation
- a et b : grandeurs dépendant du type du matériau, de la profondeur de pose et du type de sol.

$$C_{\text{const}} - a = b \times d^{\alpha}$$

$$\log(C_{\text{const}} - a) = \log b + \alpha \log D \dots \dots \dots (26)$$

Ce qui nous donne le tableau suivant :

Chapitre 4

Tuyau	α	A	B
Acier	1,4	53	6.9
Fonte	1,6	107	8.4
A .ciment	1,95	78	11.0
Plastique	1,95	157	9.00

TAB10: Les valeurs de α , a et b, en fonction du type de matériau

IV.3.Conduite de départ ou de distribution :

C'est la conduite qui véhicule l'eau du château (cuve) vers l'agglomération. Elle est placée à l'opposé de la conduite d'arrivée. L'extrémité est munie d'une crépine courbée à fin d'éviter le phénomène de vortex (pénétration d'air dans la conduite).

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.20 m au-dessus du radier afin d'éviter l'introduction des matières et sables décantés dans la cuve.

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

Cette conduite est dimensionnée par le débit pointe + incendie,

On détermine le diamètre avantageux (écoulement gravitaire), avec une vitesse limite

$$Q = S \times V \dots \dots \dots (27)$$

Avec :

- **S**: section de conduite
- **V** : vitesse donne la conduite

Les diamètres normalisés des tuyaux en fonte sont les suivants (en mm):

60-80-100-125-150-175-200-250-300-350-400-450-500-600-700-800-900-1000-1100-1250

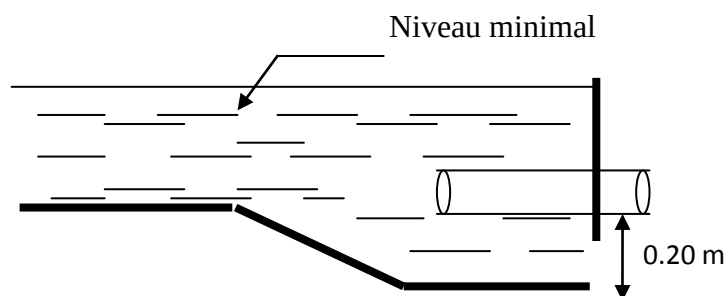


Figure 22 : conduite de distribution

IV.4.Conduite du trop-plein :

Cette conduite a pour rôle d'évacuer l'excès d'eau arrivant au château sans provoquer de déversement. Pour le cas où la pompe d'alimentation ne se serait pas arrêtée. L'extrémité supérieure de cette conduite est munie d'un entonnoir jouant le rôle d'un

Chapitre 4

déversoir circulaire permettant cette évacuation. Un détecteur-enregistreur du niveau d'eau dans la cuve, relié au réseau téléphonique, indique à distance, sur simple appel, le degré de remplissage du château d'eau.

Le débit évacué par cette conduite donnée par cette formule:

$$Q = \mu \times 2\pi \times R \times \sqrt{2g} \times h^{3/2} \dots\dots\dots (28)$$

Avec :

- Q : Etant le débit évacué.
- R: Rayon du déversoir.
- h: Hauteur de lame d'eau.
- μ : Coefficient de débit.

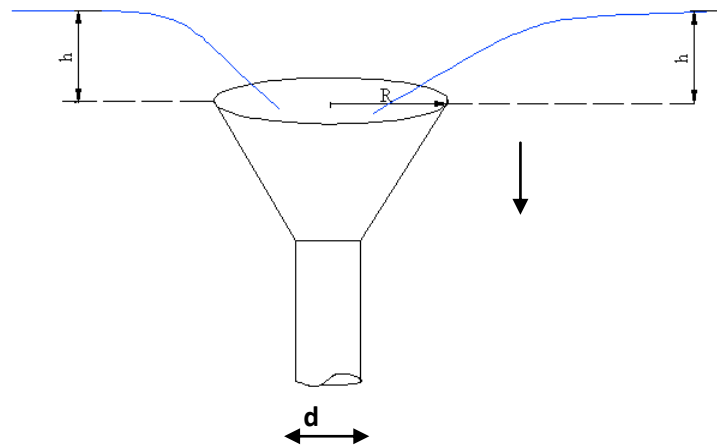


Figure 23 : Déversoir circulaire.

Les expériences faites au laboratoire, montrent que le coefficient de débit varie très peu avec le rapport $\frac{h}{R}$.

Valeurs de $\frac{h}{R}$	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Valeurs de μ	0,415	0,414	0,410	0,404	0,393

TAB 11 : valeurs de : rapport h/R de μ

IV.5. Conduites de vidange :

Elle permet la vidange du château d'eau, en cas de nettoyage ou d'éventuelles réparations, il est nécessaire de prévoir la vidange au moyen d'une conduite généralement raccordée à la conduite de trop-plein .Elle est munie d'un robinet vanne qui doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter le dépôt de sable qui entraîne une difficulté de manœuvre. On a intérêt à n'effectuer cette vidange que sur un château préalablement presque vide en exploitation.

Le diamètre de la conduite de vidange est choisi en fonction du temps de vidange.

Chapitre 4

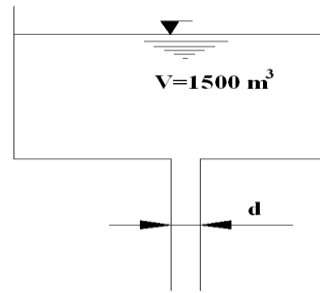


Figure 24: Écoulement par orifice

$$T = \frac{2V}{m\Omega\sqrt{2gh}} \dots\dots\dots(29)$$

Avec :

- **V**: désigne le volume de château d'eau
- **m** : coefficient de débit pour orifice circulaire $m=0.6$
- **Ω** : désigne la section de conduite
- **h**: la hauteur de château

Dans le cas général le diamètre de la conduite de vidange est égal à $d = 80\text{mm}$

Donc :

- pour $d = 80\text{mm}$ $T = 22$
- Pour $d=100\text{mm}$ $T=50216,21\text{s} \Rightarrow T=14\text{h}$
- Pour $d=250\text{mm}$ $T= 8034,593\text{s} \Rightarrow T=2\text{h}$ donc ce temps est logique

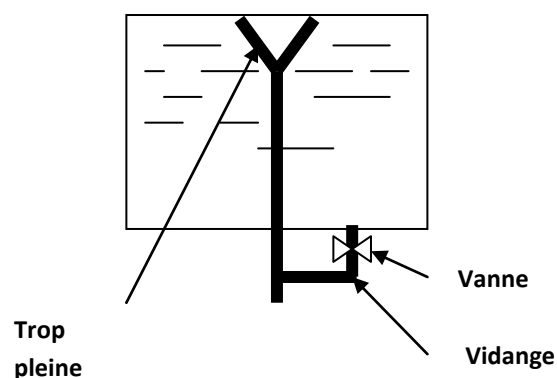


Figure 25.vidange et trop pleine

Chapitre 4

Désignation	Q (m ³ /s)	D (mm)	Longueur (m)	Vitesse (m/s)	Temps de vidange
Conduit de vidange	0,131554	200	25,8	2,09	4h13min23s

TAB 12 : Caractéristique de la conduite de vidange

IV. 6. Conduit by-pass:

En cas d'indisponibilité (nettoyage, si le réservoir n'est compartimenté) ou de réparation du réservoir, il est bon de prévoir une communication entre ces deux conduites elle s'effectue selon le schéma de la figure ci-dessous :

- En temps normal les robinets vannes 1 et 3 sont ouverts et 2 est fermé.
- En By-pass on ferme les robinets vannes 1 et 2 et on ouvre 3

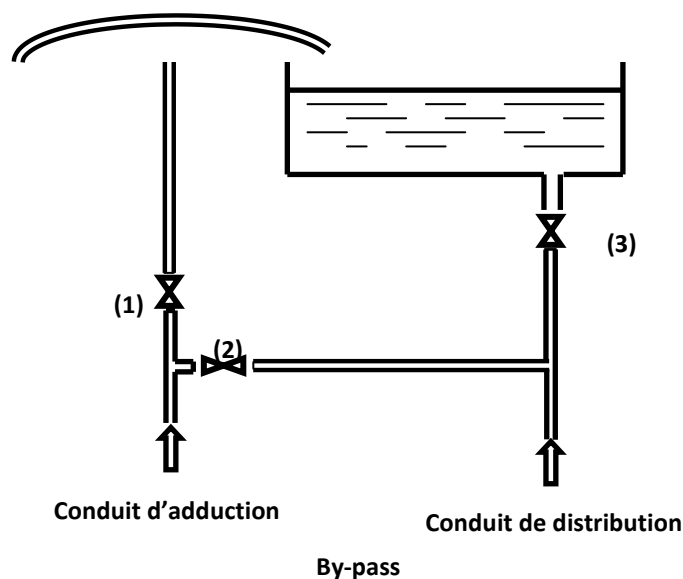


Figure 26.conduite by- pass

IV.7.Système de matérialisation de la réserve d'incendie :

C'est une disposition spéciale de la tuyauterie à adopter au niveau du château d'eau qui permet d'interrompre l'écoulement une fois le niveau de la réserve d'eau consacrée à l'extinction des incendies atteint.

On a deux systèmes :

1. Système à deux prises dont la réserve n'est pas renouvelable.
 2. Système à siphon qui a l'avantage de renouveler constamment la réserve d'incendie.
- (11)

Chapitre 4

IV.8. Les joints d'étanchéité :

Il faudra veiller aux traversées des conduites dans le béton de la cuve (les parois ou le radier). Pour la traversée, l'étanchéité est assurée deux cas :

1^{er} cas :

La traversée peut être faite avec un manchon à bout lisse raccordé à la conduite extérieure au moyen d'un joint de type **Gibault**, en cas de tassement différentiel, le mouvement n'est pas transmis au manchon. Dans ce cas l'étanchéité est assurée par un produit bitumineux reposant sur une bague en forme de "U".

2^{er} cas :

La traversée peut être réalisée également par des gaines en fonte comportant des cannelures. La gaine comporte un retentissement ou vient s'insérer la rondelle en caoutchouc d'étanchéité, celle-ci est coincée grâce à un écrou visé ou clavette.

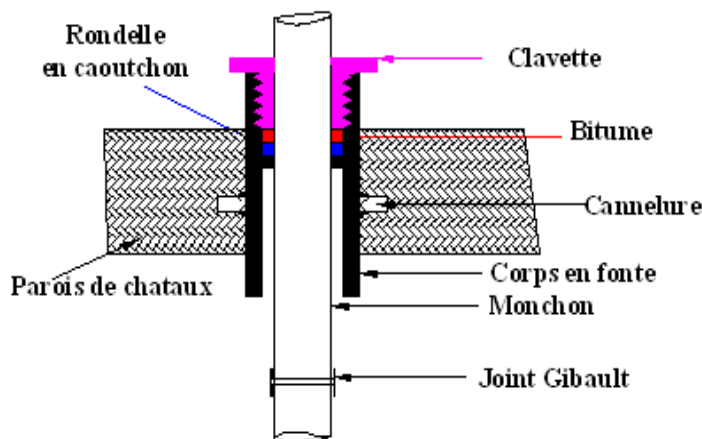
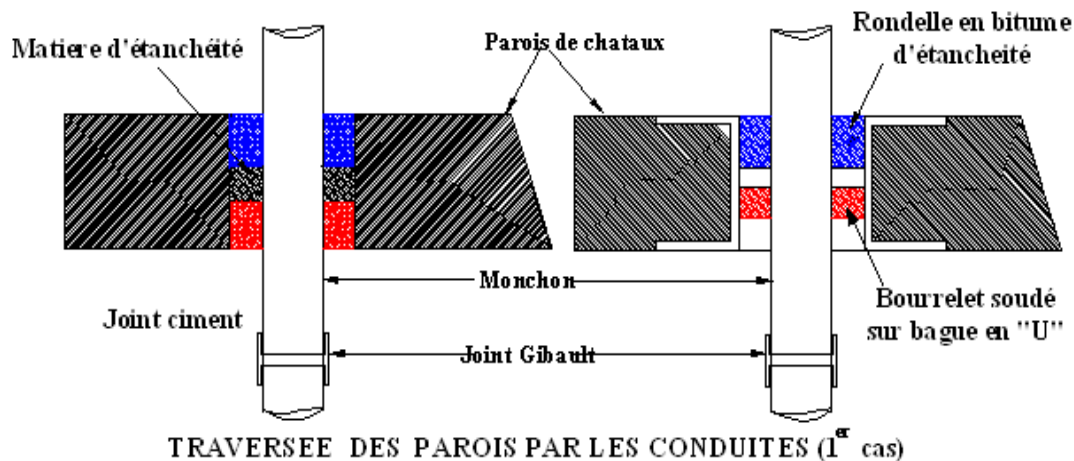


Figure 27. Traversée des parois par les conduites (1^{ère} et 2^{ème} cas)

Remarque : Les conduites sont de forme circulaire en fonte ductile, caractérisées par d'excellentes propriétés mécaniques (déformabilité, résistance à la corrosion).

Chapitre 4

IV.9.Accessoires :

Grâce au point haut qu'ils représentent, de nombreux réservoirs sur tour (château d'eau) sont utilisés comme emplacement d'antenne relais des différents opérateurs de téléphonie mobile. Ces antennes sont placées sur le campanile de la coupole, fixées sur les bords périmétriques de la cuve, ou au sol à proximité du château d'eau.

Le long d'une canalisation différents organes accessoires sont installés pour :

- Assurer un bon écoulement.
- Régulariser les pressions et mesurer les débits.
- Protéger les canalisations.
- Soutirer les débits.

IV.9.1.Coudes et TE: Elles sont placées dans la tuyauterie de :

1. le coude permet le changement de direction.
2. le TE permet la prise de canalisation secondaire sur la conduite principale .

IV.9.2.Vannes : On prévoit des vannes de sectionnement au niveau de la conduite d'adduction à fin d'isoler les tronçons de la conduite en cas d'avarie, à la sortie de la conduite de départ, on admet des vannes papillons (à survitesse) ; utile en cas de vidange rapide.

IV.9.3.Robinet flotteur : Il permet de maintenir à un niveau déterminé le plan d'eau dans la cuve et ceci en fermant la conduite d'arrivée quand ce niveau est atteint.

- **Joints Gibault:** C'est un joint qui est utilisé pour tuyaux cylindriques. Il permet de faciliter le nettoyage du robinet vanne, en cas de tassement différentiel, le mouvement n'est pas transmis au canalisation
- **Crépines:** Pour éviter l'entrée de matières en suspension qui entraîne une difficulté de manœuvre les vannes et d'éviter le phénomène De vortex.
- **Manchons:** Utilisé pour les traversées des conduites dans la paroi de cuve **(1)**

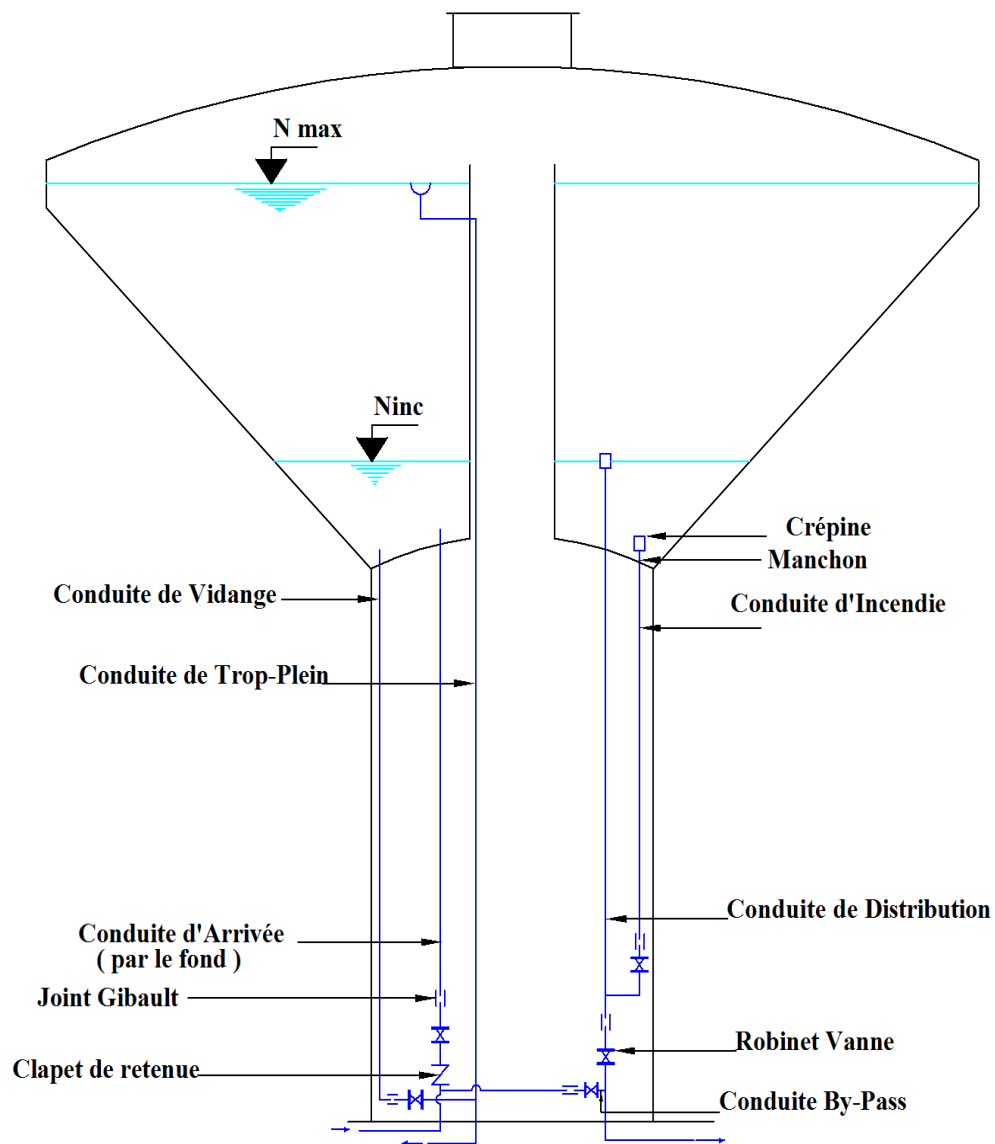


Figure 28 :Équipements du château d'eau

Conclusion

Conclusion :

La construction de château d'eau en béton armé a été extrêmement répandue en France au milieu du XXe siècle. Aujourd'hui la majorité de ces ouvrages est encore en service et n'échappent pas à la loi générale du vieillissement des ouvrages en béton. Ils subissent, des dommages et des dégradations auxquels il importe de remédier bien avant que soit atteint le seuil de non-retour, qui rendrait l'ouvrage impropre à sa destination. Les désordres sont essentiellement structurels, et liés à l'étanchéité.

Les facteurs principaux dégradant de la cuve et de son fût proviennent de l'agressivité de l'eau, des techniques de nettoyage et de désinfection des cuves, pour l'intérieur, et de l'exposition en altitude, l'ensoleillement différentiel, les intempéries (neige et vent) pour l'extérieur.

Le nombre de désordres pouvant affecter un tel ouvrage est en effet très important. En outre, tirer des conclusions sur le comportement d'un ouvrage à court, moyen et long terme nécessite de maîtriser les données structurelles, environnementales, etc...

Les missions d'inspection et de diagnostic doivent donc clairement s'inscrire dans une démarche permettant de faire un état des lieux de l'ouvrage au regard du cahier des charges initial. Pour répondre de manière optimale à une problématique, il est nécessaire de faire un choix d'investigations et une analyse des désordres judicieux.

Ces missions sont des outils permettant de détecter les « zones d'ombre » des mécanismes de vieillissement des réservoirs. Ils constituent une aide décisionnelle pour le maître d'ouvrage.

Les travaux de réparation et de confortement tiennent compte de l'ensemble des préconisations élaborées à l'issue du diagnostic.

Ces travaux permettent de restaurer la structure, et de la conforter pour un usage prolongé et durable.

Bibliographie

Bibliographie :

- (1)- mémoire de fin d'étude, les pathologies des châteaux d'eau en béton armée 2011-2012
- (2)- Cours MDC, 3^{ème} année licence hydraulique année 2013/2014
- (3)-A.Guerrine, R.C.Lavaur ; traité de béton armé 2^{ème} édition dunod 1979 6
- (4)- choix de matériaux ; château d'eau ; réservoir ; Sanawa, Mila BUREAU D'ETUDE
- (5)- document de l'estimation en eau ; algérienne de l'eau.
- (6)- EN BAROEUL ; Réhabilitation du château de beaurevoire

Sites internet :

- www.watertouers-of-belguim.net
- www.chateau-d'eau.free.fr
- www.toutpourlebeton.com