

Estimation des besoins en eau:

Estimation de la population

L'estimation de la population en situation future, consistera à prendre en compte l'évolution de la population à long terme.

Pour un taux d'accroissement défini, la loi d'évolution de la population d'une agglomération est donnée par la formule des intérêts composés suivante :

$$P = P_0 * (1+T)^n$$

P : Population pour l'horizon considéré.

- **P₀** : Population de l'année de référence.

- **T** : Taux de croissance (par exemple T=1,8 %).

n : Nombre d'années pour laquelle la croissance est géométrique, séparant l'année de base de l'année d'horizon.

Calcul des besoins

Les besoins en eau de la population sont obtenus en multipliant le nombre d'habitants par la dotation de chaque zone. Elle est donnée par la formule ci après

$$Q_{moy,j} = \sum (q * Ni / 1000)$$

Q_{moy,j} : Consommation moyenne journalière en (m³/j).

- **q** : Dotation moyenne journalière en (l /j/hab).

- **Ni** : Nombre de consommateurs.

Estimation de besoins en tenant compte des pertes

La consommation moyenne journalière est majorée de 15 % pour éviter toute insuffisance dans la consommation journalière et pour combler les fuites.

exemple de calcul:

Actuel : 2020 à	2229,8 /j	25,81 l/s
Long terme (2040) : à	3313,79 /j	38,35 l/s

Les pertes

$$\text{Actuel } P = 2229,8 * 0,15 = 334,47 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc on aura un débit moyen journalier actuel en 2020 est de:

$$Q_{moy,j} = 2229,8 + 334,47 = 2564,27 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Long terme } P = 3313,79 * 0,15 = 497,068 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc, on aura un débit moyen journalier à l'horizon 2040 de :

$$Q_{moy,j} = 3313,79 + 497,068 = 3810,858 \text{ m}^3/\text{j}$$

Variation de la consommation journalière

Le débit d'eau consommé n'est pas constant, mais varie en présentant des maximums et des minimums. Cette variation est caractérisée par des coefficients d'irrégularités $K_{\max,j}$ et $K_{\min,j}$.

$K_{\max,j}$ = consommation maximale journalière / consommation moyenne journalière

$K_{\min,j}$ = consommation minimale journalière / consommation moyenne journalière

Consommation maximale journalière $Q_{\max,j}$

Elle représente le débit du jour le plus chargé de l'année, il s'agit de faire une majoration de la consommation moyenne journalière de 20 % à 30 %. Elle se détermine par la formule suivante :

$$Q_{\max,j} = K_{\max,j} * Q_{\text{moy},j}$$

$K_{\max,j}$: Coefficient d'irrégularité maximale qui tient compte de l'augmentation de la consommation. Il est compris entre 1,1 et 1,3, nous optons par exemple pour $K_{\max,j}=1,3$

$$Q_{\max,j} = 1,3 * Q_{\text{moy},j}$$

Consommation minimale journalière $Q_{\min,j}$

Elle représente le débit du jour le moins chargé de l'année. Elle se calcule par la formule suivante :

$$Q_{\min,j} = K_{\min,j} * Q_{\text{moy},j}$$

$K_{\min,j}$: Coefficient d'irrégularité journalière minimale, qui tient compte d'une éventuelle sous-consommation. Il est compris entre 0,7 et 0,9, nous optons par exemple pour $K_{\min,j}=0,8$

$$Q_{\min,j} = 0,8 * Q_{\text{moy},j}$$

Variation de la consommation horaire:

Le débit journalier subit des variations durant les 24 heures de la journée. Ces variations sont caractérisées par les coefficients $K_{\max,h}$ et $K_{\min,h}$ dits respectivement, coefficient de variation maximale horaire et coefficient de variation minimale horaire.

$K_{\max,h}$ = consommation maximale horaire / consommation moyenne horaire

$K_{\min,h}$ = consommation minimale horaire / consommation moyenne horaire

$$Q_{\max,h} = K_{\max,h} * (Q_{\text{moy},j}/24)$$

$K_{\max,h}$: Coefficient d'irrégularité horaire.

$$K_{\max,h} = \alpha \max x * \beta \max$$

α_{max} : Coefficient tenant compte du confort et des équipements de l'agglomération, compris entre 1,2 et 1,3, nous optons pour $\alpha_{max}=1,3$.

β_{max} : Coefficient donné dans le tableau suivant en fonction du nombre d'habitants.

Tableau : Variation des valeurs de β_{max}

Nombre d'habitants	100	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	100000
β_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1

Exemple de calcul

Dans notre cas, par exemple nous avons 10500 habitants, compris entre 10 000 et 20 000, on procède alors à une interpolation :

20 000 -10 000	1,2-1,3
10500 -10 000	β_{max} -1,3

Donc on aura:

10 000	-0,1
500	β_{max} -1,3

$$\beta_{max}=1,3+ (500 \times (- 0,1))/10\,000$$

$$\text{donc } \beta_{max}=1,295$$

$$K_{max.h}=\alpha_{max} \times \beta_{max}$$

$$K_{max.h}=1,3 \times 1,295$$

$$K_{max.h}=1,683$$

Consommation maximale horaire (horizon, 2040)

$$Q_{max.h} = K_{max.h} \times (Q_{max.j} / 24)$$

Consommation moyenne horaire (horizon, 2040)

$$Q_{moy.h} = Q_{moy.j} / 24$$

Consommation minimale horaire (horizon, 2040)

$$Q_{min.h} = Q_{min.j} / 24$$

Adduction

Calcul du diamètre économique:

Pour le calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement, on utilise les deux formules approchées suivantes:

Formule de BRESS : $D_1 = 1.5 \times \sqrt{Q}$

Formule de BONNIN : $D_2 = \sqrt{Q}$

On prendra tous les diamètres compris entre D1 et D2

Notre choix final se portera sur le diamètre pour lequel le coût sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre **0.5 m/s** et **1.5 m/s**.

Calcul de la vitesse

La vitesse dans une conduite est donnée par la formule suivante :

$$Q = V \times S \Rightarrow V = 4 Q / \pi D^2$$

Q : Débit transitant dans la conduite en (m3/s).

- D : Diamètre de la conduite en (m).

- V : Vitesse d'écoulement dans la conduite en (m/s).

- S : Section de la conduite en (m2)

Calcul des pertes de charge

Les pertes de charges linéaires:

Elles sont déterminées par la formule de DARCY:

$$H_L = J \times L$$

avec

$$J = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g \times D}$$

Calcul du coefficient des pertes de charge λ :

Régime turbulent rugueux:

Formule de NIKURADZE:

$$\lambda = \left(1.14 - 0.86 \times \ln \frac{K}{D} \right)^{-2}$$

Régime transitoire:

Formule de COLEBROOK :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{K}{3.71 \times D} + \frac{2.51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right]$$

J : Pertes de charge par frottement en mètre de colonne d'eau par mètre de tuyau.

- λ : Coefficient de pertes de charge.

- D : Diamètre du tuyau en (m).

- V : Vitesse d'écoulement en (m/s).

- g : Accélération de la pesanteur en (m/s²).

- L : Longueur de la conduite en (m).

- K : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi qui varie comme suit :

Pour les tubes en PEHD :

- $D \leq 200$ mm $k = 0.01$ mm.

- $D > 200$ mm $k = 0.02$ mm.

Re : Nombre de Reynolds donné par la formule suivante:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

ν : Viscosité cinématique de l'eau calculée par la formule de Stokes:

$$\nu = \frac{0.00178}{1 + 0.00337t + 0.000221t^2}$$

Avec :

- t : Température de l'eau, avec :

- à 10°C : $\nu = 1.31 \times 10^{-6}$ (m²/s).

- à 20°C : $\nu = 1.00 \times 10^{-6}$ (m²/s).

- à 30°C : $\nu = 0.08 \times 10^{-6}$ (m²/s).

Les pertes de charge singulières:

$$J_s = 0,2 \times J_l$$

Les pertes de charge totales

Elles sont déterminées par la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$J_T = J_l + J_s = 1,2 \times J_l$$

Calcul de la hauteur manométrique totale

$$H_{mt} = H_g + J_T$$

H_g : Hauteur géométrique (m).

J_T : Pertes de charge totales (m)

Puissance de pompage

$$P_a = \frac{g \times Q \times H_{mt}}{\eta}$$

P_a : Puissance absorbée par la pompe (KW).

H_{mt} : Hauteur manométrique totale (m).

Q : Débit à transiter (m³/s).

η : Rendement de la pompe en (%).

Energie consommée par la pompe:

$$E = P_a \times t \times 365$$

E : Energie consommée par la pompe (KWh).

t : Temps de pompage (h).

Frais d'exploitation

$$F_{exp} = E \times e'$$

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA).

e' : Prix unitaire du KWh. fixé par la SONELGAZ (par exemple $e' = 4,67$ DA).

Frais d'amortissement:

$$F_{amort} = P_u \times L \times A$$

F_{amort} : Frais d'amortissement (DA).

P_u : Prix du mètre linéaire de la conduite (DA/ml).

A : Amortissement annuel :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i$$

i : Taux d'intérêt annuel (annuité), $i = 8\%$.

n : Nombre d'années d'amortissement ($n = 25$ ans).

Bilan des frais

$$B_L = F_{exp} + F_{amort}$$

Réseau de distribution (AEP)

Détermination du débit de pointe

➤ Première méthode

Débit de pointe

Le débit de pointe correspond à la consommation maximale horaire, avec laquelle on dimensionnera le réseau de distribution.

$$Q_p = K_{\max.h} * (Q_{\max.j} / 24)$$

Débit spécifique

C'est le débit uniforme, représentant le débit de pointe sur le nombre d'habitants.

$$Q_s = Q_p / \Sigma \text{ hab}$$

Q_s : Débit spécifique en (l/s/hab).

Q_p : Débit de pointe en (l/s).

hab : Somme des habitants.

Débit au tronçon

C'est le débit soutiré dans chaque tronçon, il est déterminé en multipliant le débit spécifique par le nombre d'habitants dans le tronçon.

$$Q_{tr} = Q_s * N_{(hab./tr)}$$

Q_{tr} : Débit au tronçon en (l/s).

Q_s : Débit spécifique en (l/s).

N(hab/tr) : Nombre d'habitants par tronçon.

➤ Deuxième méthode

Débit spécifique

Représente le débit de pointe sur la somme des longueurs de chaque tronçon.

$$Q_s = Q_p / \Sigma L$$

L : La longueur du tronçon.

Débit en route

Il est déterminé en multipliant le débit spécifique par la longueur du tronçon.

$$Q_r = Q_s * L$$

Q_r : Débit en route.

Débit au tronçon

$$Q_{tr} = Q_{aval} + 0.55 * Q_r$$

Q_{tr} : Débit au tronçon en (l/s).

Q_{aval} : Débit à l'aval de chaque tronçon.

Dimensionnement de réseau d'assainissement pluvial

Méthode rationnelle

C'est une méthode qui consiste à estimer le débit à partir d'un découpage du bassin versant en secteurs limités par les lignes isochrones.

La méthode est définie sous la forme :

$$Q = \alpha \cdot i \cdot Cr \cdot A$$

Q: Débit maximal (l/s);

α : Coefficient correcteur de l'intensité de pluie ;

i : Intensité de pluie (l/s.h)

Cr: Coefficient de ruissellement ;

A: Surface du bassin versant (h) ;

Le coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est déterminé comme un facteur de concentration du débit.

Aussi, dans l'application de la méthode rationnelle, il doit être évalué en prenant en considération de nombreux paramètres comme la perméabilité des sols, l'influence de la topographie et l'urbanisation des bassins, etc.

$$C = \frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A_i}$$

C_i : Coefficient de ruissellement du sous bassin considéré ;

A_i : Surface du sous bassin versant considéré (h) ;

$\sum A_i$: Surface totale de sous bassin considéré ;

bassin en série	bassin en parallèle
$A = \sum_{i=1}^N Ai$	$A = \sum_{i=1}^N Ai$
$Creq = \frac{\sum_{i=1}^N Cri.Ai}{\sum_{i=1}^N Ai}$	$Creq = \frac{\sum_{i=1}^N Cri.Ai}{\sum_{i=1}^N Ai}$

Le procédé de calcul

Détermination des temps de concentration

Le temps de concentration des sous bassins est calculé par la formule de Kirpich :

$$t_c = 0,0195 \times L^{0.77} \times I^{-0.385}$$

Cas 1 : Bassin versant sans réseau :

$$t_C = t_2 = 0,0195 \times L^{0.77} \times I^{-0.385}$$

Cas 2 : Bassin versant avec réseau :

$$t_C = t_1 + t_2, \quad t_1 = \frac{L}{60 \times V}$$

L : longueur de plus long parcours (m) ;

I : pente moyenne du sous bassin (m/m) ;

v: la vitesse d'écoulement

Détermination des pentes radiers

Les pentes des sous bassins sont calculées par la formule suivante :

$$I = \frac{CT(\text{radier am}) - CT(\text{radier av})}{\text{Longueur}}$$

Calculer le débit de pointe

Le débit de pointe est calculé par la formule suivante :

$$Q_p = 0,167 \times C \times A \times 4 \times t_c^{-0.5}$$

Qp: Débit de pointe (l/s) ;

C : Coefficient de ruissellement ;

A : Surface du bassin versant considéré (h) ;

tc : temps de concentration (mn) ;

0,167 : Coefficient de conversion des unités ;

(4 et 0,5) : sont des paramètres d'ajustement de la courbe IDF d'une période de retour décennale de la région ;

Calculer le diamètre approximatif

La valeur du diamètre approximatif de la conduite est calculée par la formule de MANNING :

$$D = \left(\frac{n}{0.03137} \times \frac{Q_p}{\sqrt{I}} \right)^{3/8}$$

Qp : Débit de pointe m³/s ;

I : Pente hydraulique de la conduite ;

n : coefficient de MANNING ;

0,03137 : coefficient d'homogénéité des unités ;

Calculer les différentes caractéristiques d'une conduite débitantes à plein section

Débit pleine section

La valeur de débit de pleine section sont données par la formule suivante :

$$Q_{ps} = \frac{0.03137}{n} \times Q_p^{8/3} \times \sqrt{I}$$

Vitesse pleine section

La vitesse de pleine section est calculée par la formule suivante :

$$V_{ps} = \frac{4 \times Q_{ps}}{\pi \times D n^2}$$

Calcul du rapport hydraulique, rapport de vitesse

La formule de rapport hydraulique est :

$$r_q = \frac{Q_p}{Q_{ps}}$$

Avec l'abaque de BAZIN, on détermine la valeur de r_v et r_h .

Calcul de la vitesse effective et la hauteur de remplissage

La vitesse effective et la hauteur de remplissage de la conduite sont données par les formules suivantes :

$$V = r_v \times V_{ps}$$

$$H = r_h \times D_n$$

Il faut que $V < 3 \text{ m/s}$. Si cette condition n'est pas vérifiée, on doit changer la pente

Condition d'auto curage

Lorsqu'il s'agit d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales, en système séparatif ou en système unitaire, les conditions d'auto curage sont vérifiées pour le 1/10 du débit à pleine section, et l'on considère généralement que cette condition est remplie si la vitesse obtenue est de l'ordre de 0.6 m/s.