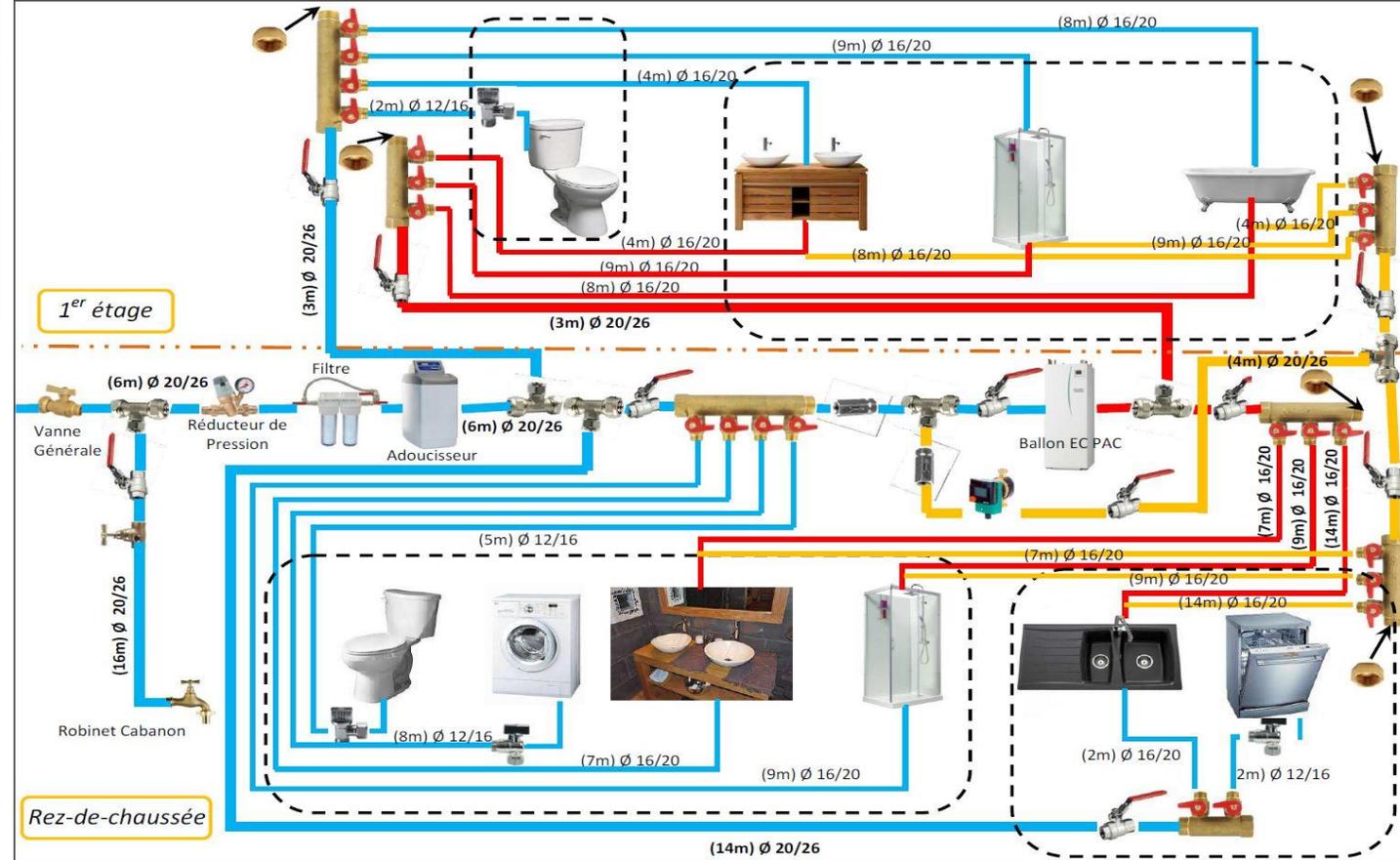
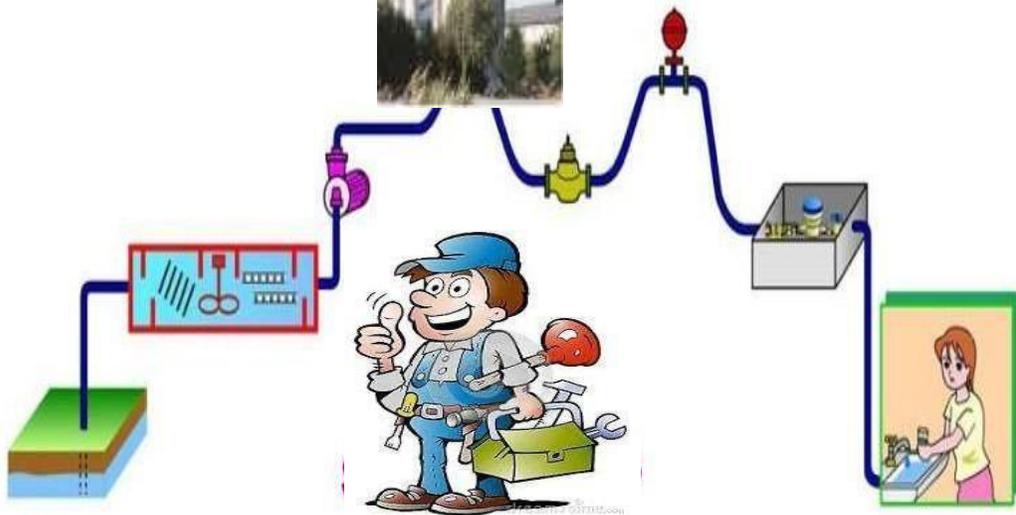


# Module : Hydraulique Appliquée





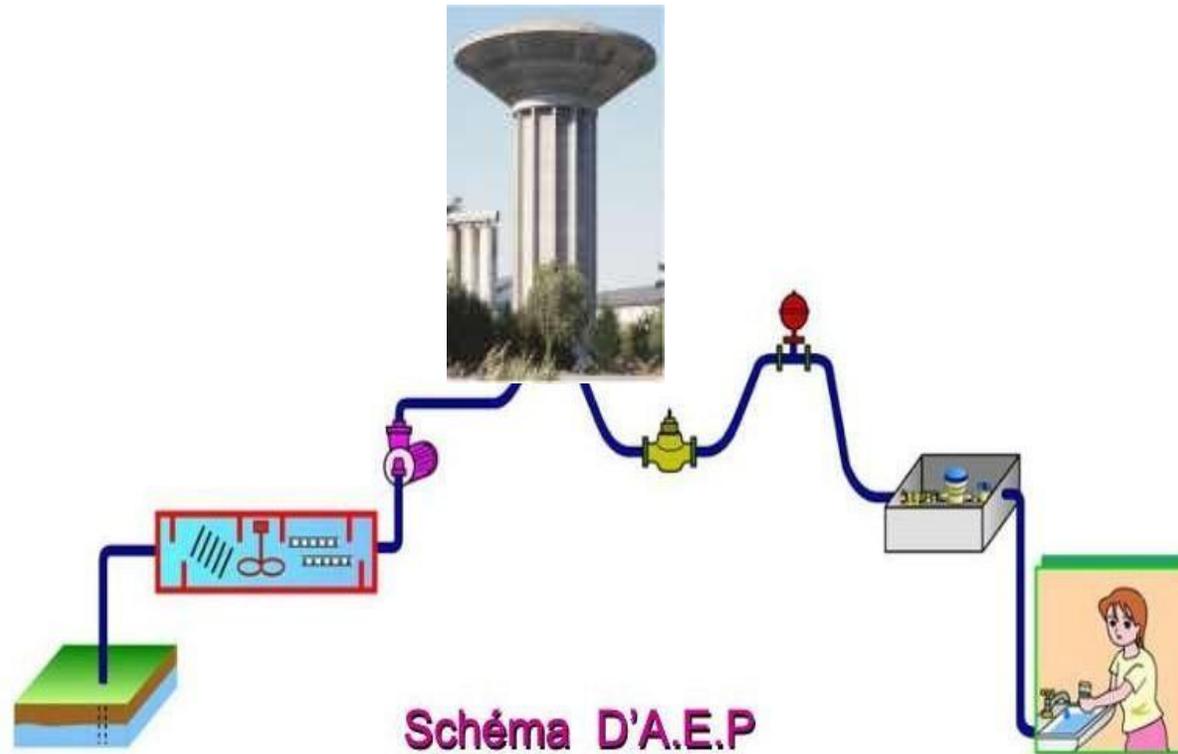
# Plomberie



**Assainir = « rendre sain »**

## Objectifs du cours

**L'hydraulique appliquée** est une branche de l'ingénierie hydraulique qui traite de la conception, de l'analyse et de l'optimisation des systèmes utilisant des fluides, principalement de l'eau, pour accomplir diverses tâches. Elle est utilisée dans plusieurs domaines, tels que la gestion de l'eau, la construction de barrages, les réseaux d'irrigation, le drainage, la prévention des inondations, et les systèmes de traitement des eaux usées.



### 1.2. Concepts Fondamentaux de l'Hydraulique

- **Fluides et propriétés des fluides** : Densité, viscosité, pression, température.
- **Hydrostatique** : Étude des fluides au repos, lois de Pascal et d'Archimède, pression dans un fluide statique.
- **Hydrodynamique** : Étude des fluides en mouvement, équations de Bernoulli, continuité et énergie dans les écoulements.

### 1.3. Lois Fondamentales de l'Hydraulique

- **Équation de Bernoulli** : Relation entre pression, vitesse et hauteur dans un écoulement.
- **Équation de continuité** : Conservation de la masse dans un système fluide.
- **Équation de Navier-Stokes** : Description des écoulements visqueux.

### 1.4. Typologie des Écoulements Fluides

- **Écoulement laminaire vs. écoulement turbulent** : Définition et critères de transition (nombre de Reynolds).
- **Écoulements compressibles vs. incompressibles** : Importance de la compressibilité des fluides dans certaines applications.

### 1.5. Pertes de Charge dans les Écoulements

- **Pertes de charge linéaires** : Résistance due à la friction dans les canalisations.
- **Pertes de charge singulières** : Effet des coudes, vannes, changements de section dans les réseaux.

### 1.6. Outils et Techniques de Modélisation

- **Modèles mathématiques** : Introduction aux équations différentielles utilisées pour modéliser les systèmes hydrauliques.
- **Outils numériques** : Présentation des logiciels et outils de simulation pour l'hydraulique (e.g., ANSYS Fluent, HEC-RAS).

### 1.7. Importance de l'Hydraulique Appliquée dans l'Ingénierie Moderne

- **Rôle dans les infrastructures** : Barrages, stations de pompage, réseaux d'irrigation.
- **Énergies renouvelables** : Application dans les centrales hydroélectriques et les systèmes de gestion d'énergie.

## Objectifs du cours

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de comprendre l'ensemble des opérations d'approvisionnement de la population en eau potable, depuis le prélèvement du milieu naturel jusqu'à l'usager.



- Connaître les différentes sources d'approvisionnement en eau;
  - Maîtriser les divers besoins en eau des populations;
- Connaître les différents types de réseau d'[AEP](#) qui existent
- Dimensionner un réseau de distribution d'[AEP](#)

# Introduction

Généralité

Historique

Le processus de production de E.P

Origine et captage des eaux surfaciques et souterraines

Conception générale d'un réseau d'eau potable

## Généralités

La plomberie dans le bâtiment est un **corps d'état (seconde œuvre)** important pour une meilleure qualité de vie dans les logements.

C'est aussi l'ensemble des travaux du bâtiment (poses et réparations) concernant la distribution et l'évacuation de l'eau, la production d'eau sanitaire, l'alimentation en gaz, les appareils sanitaires et la robinetterie.

Le mot a pour origine le terme latin pour **plomb** (*plumbum*) et, provient de l'utilisation de ce **métal malléable** pour réaliser les installations au cours des siècles précédents. Ces techniques se sont améliorées au fil du temps suite à l'évolution des connaissances scientifiques et de leur Mise en application.



**A.E.P** : Adduction en Eau Potable

## Historique

**Historiquement**, à cause de la nécessité absolue de l'eau pour la vie humaine directement ou indirectement (pour l'élevage des animaux et pour l'agriculture), les anciennes villes ont été conçues:

- Soit près des rivières (comme les grandes villes du monde)
- Soit près des sources naturelles ou des puits,
- Soit alimentées par des citernes ou un autre moyen.

Notons qu'il y avait en général suffisamment d'eau propre (potable) naturellement pour satisfaire les besoins qui était relativement faibles.

Actuellement, du fait de :

- . L'accroissement de la population,
- . L'évolution du niveau de vie,
- . Le développement de l'agriculture
- . Le développement de l'industrie,



## Historique

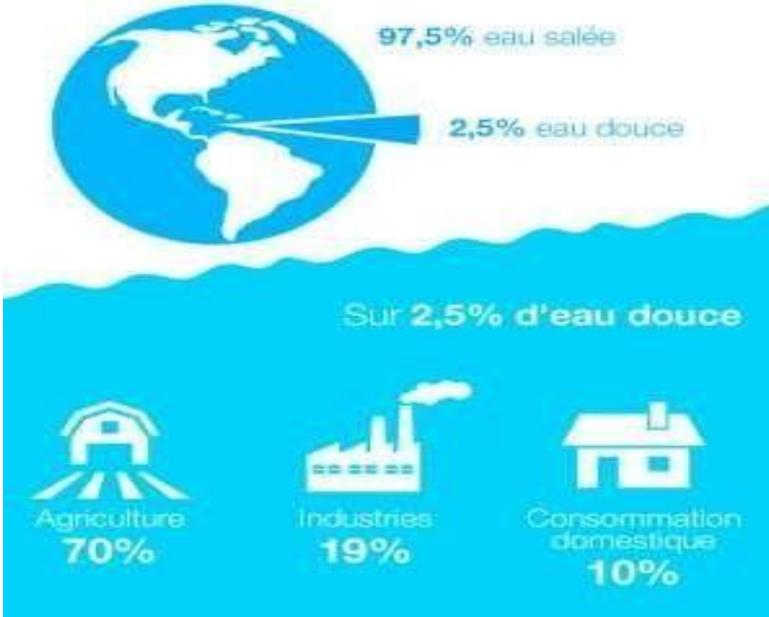
D'une part, la consommation d'eau a grimpé et, d'autre part, la pollution rejetée dans la nature a largement augmenté. Ainsi, l'eau propre naturellement est devenue de plus en plus rare et même absente dans quelques régions.

Deux types d'ouvrages sont devenues alors nécessaires : les **stations de traitement** des eaux de surface, et les **stations d'épuration** des eaux usées. Ainsi, avant d'alimenter en eau potable une population, il faudrait répondre à une série de questions:

- Les besoins en eau ?
- La source d'eau ?
- La qualité de cette eau ?
- Le traitement nécessaire ?
- L'épuration de ces eaux ? Le rejet des eaux usées?
  
- Le mode de transport (adduction) ?
  
- Le réseau de distribution ?
- Le réseau d'assainissement des eaux usées?
- Le degré de pollution des eaux usées ?



# Historique



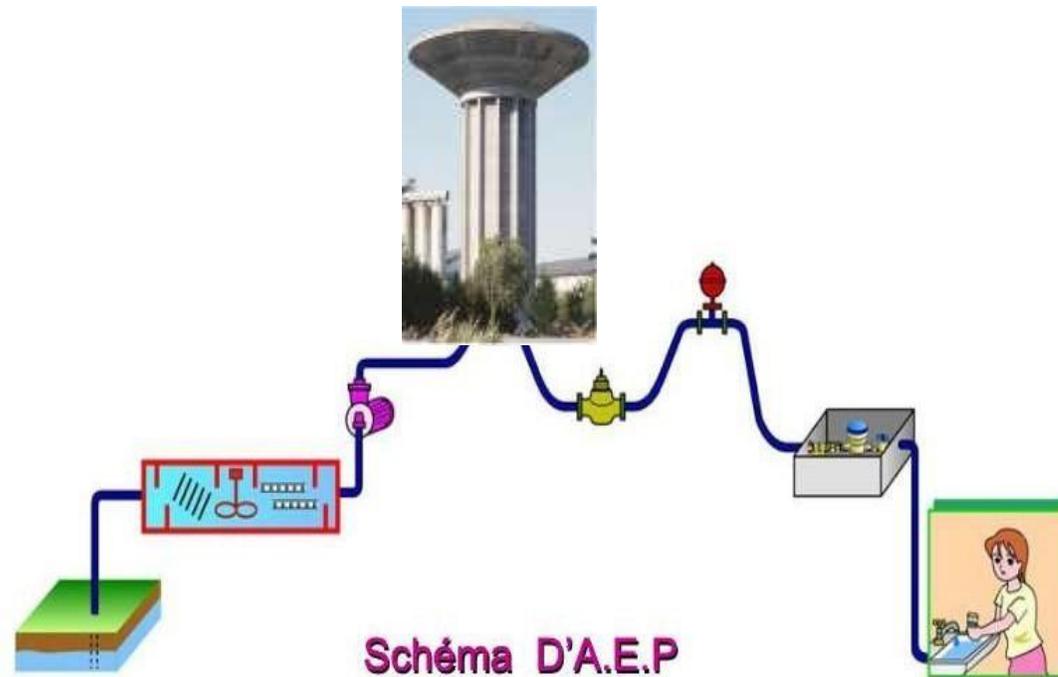
## Population



## Le processus de l'adduction en E.P

Actuellement pour pouvoir alimenter une localité en eau, Il faut que cette eau soit apte à être consommée , C'est à dire **potable** et qui devra satisfaire à certaines normes de qualité, Ainsi fournit sous une **pression** minimale en **quantité** suffisante (pour satisfaire aux **besoins** de la localité).

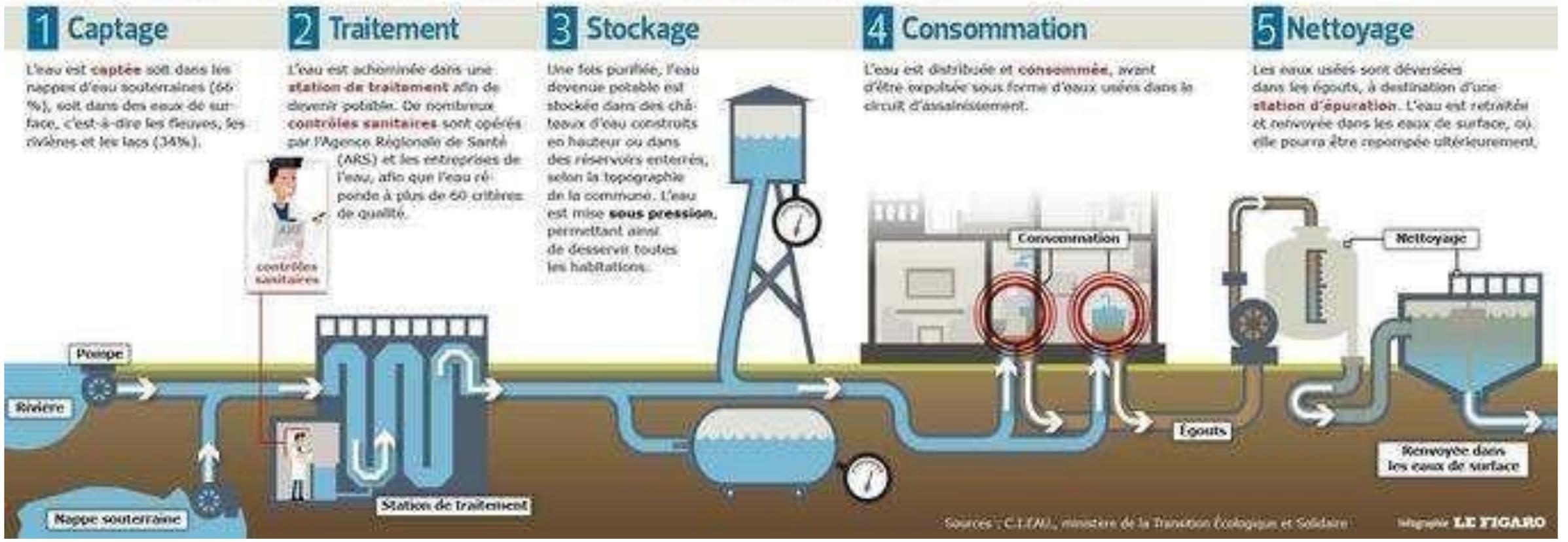
La production de l'eau potable consiste à prélever l'eau dans le milieu naturel par le système de captage, à la traiter si nécessaire pour la rendre potable (potabilisation) puis à la transporter sur les lieux ou elle sera stockée.



# Parcours de l'eau de la source au robinet



## Le parcours de l'eau : de la source au robinet



# Captage ou prise

Il permet de recueillir l'eau naturelle, cette eau peut être d'origine superficielle ou bien Souterraine

## Captage des eaux surfaciques

### Captage en rivière

La prise doit être effectuée en amont des agglomérations pour éviter la prise des eaux polluées par les habitants.

### Captage à partir d'un barrage(ou lac):

On fait appel à la prise à partir d'un barrage lorsque les débits captés deviennent importants.

La prise doit se faire à une profondeur où l'eau est de bonne qualité et à une température ne dépassant pas 15°C, car les eaux tièdes favorisent le développement des microbes.

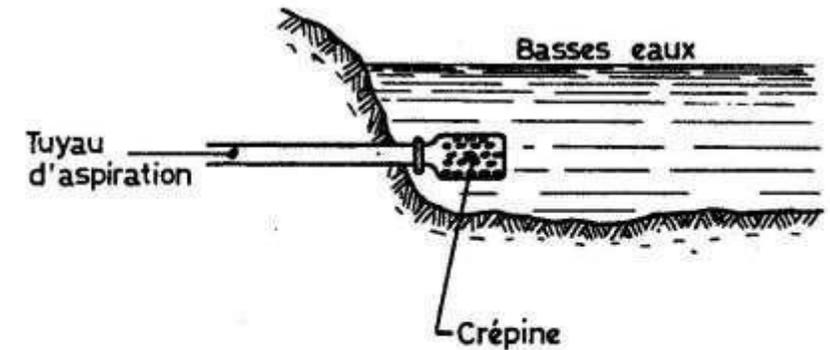


Figure 1 : Prise sommaire dans les berges.

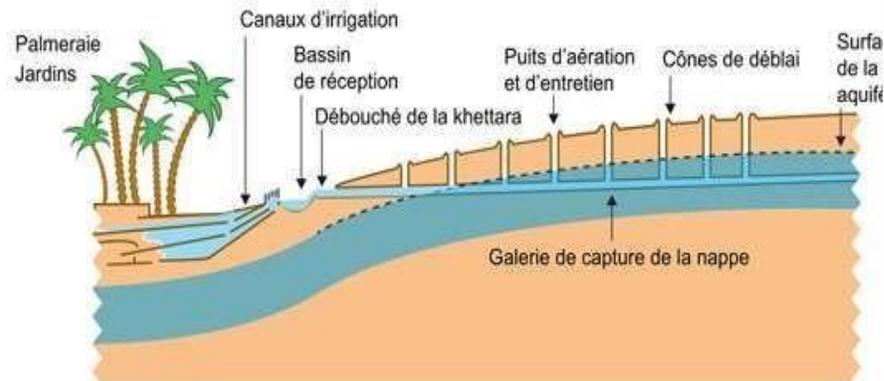
# Captage ou prise

## Captage des eaux souterraines

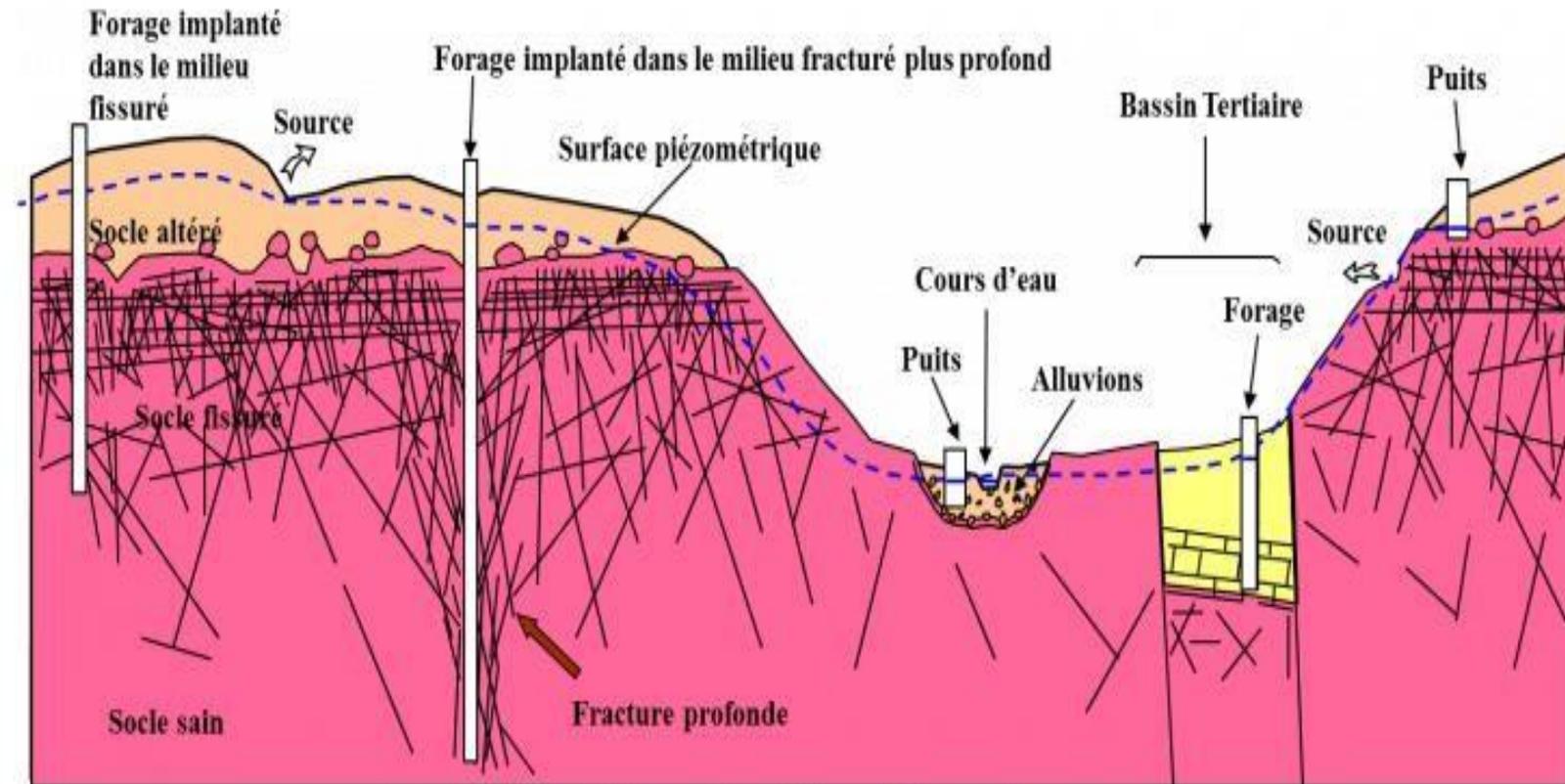
L'accès à la nappe peut s'effectuer comme suit :

- Verticalement par des puits.
- Horizontalement par des drains.
- Par combinaison des 2 procédés en utilisant des puits à drains rayonnants.

### Fonctionnement d'une khattara



Les ouvrages permettant de capter les eaux souterraines (points d'eau) sont généralement des forages, des puits ou des sources.

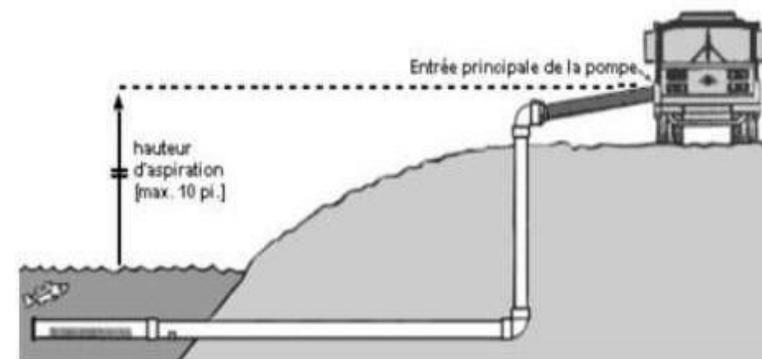


Différents types d'aquifères et de captages en

# Ouvrages de captage



Salle de pompage



Prise en rivière



Puits



Forage



Impluvium

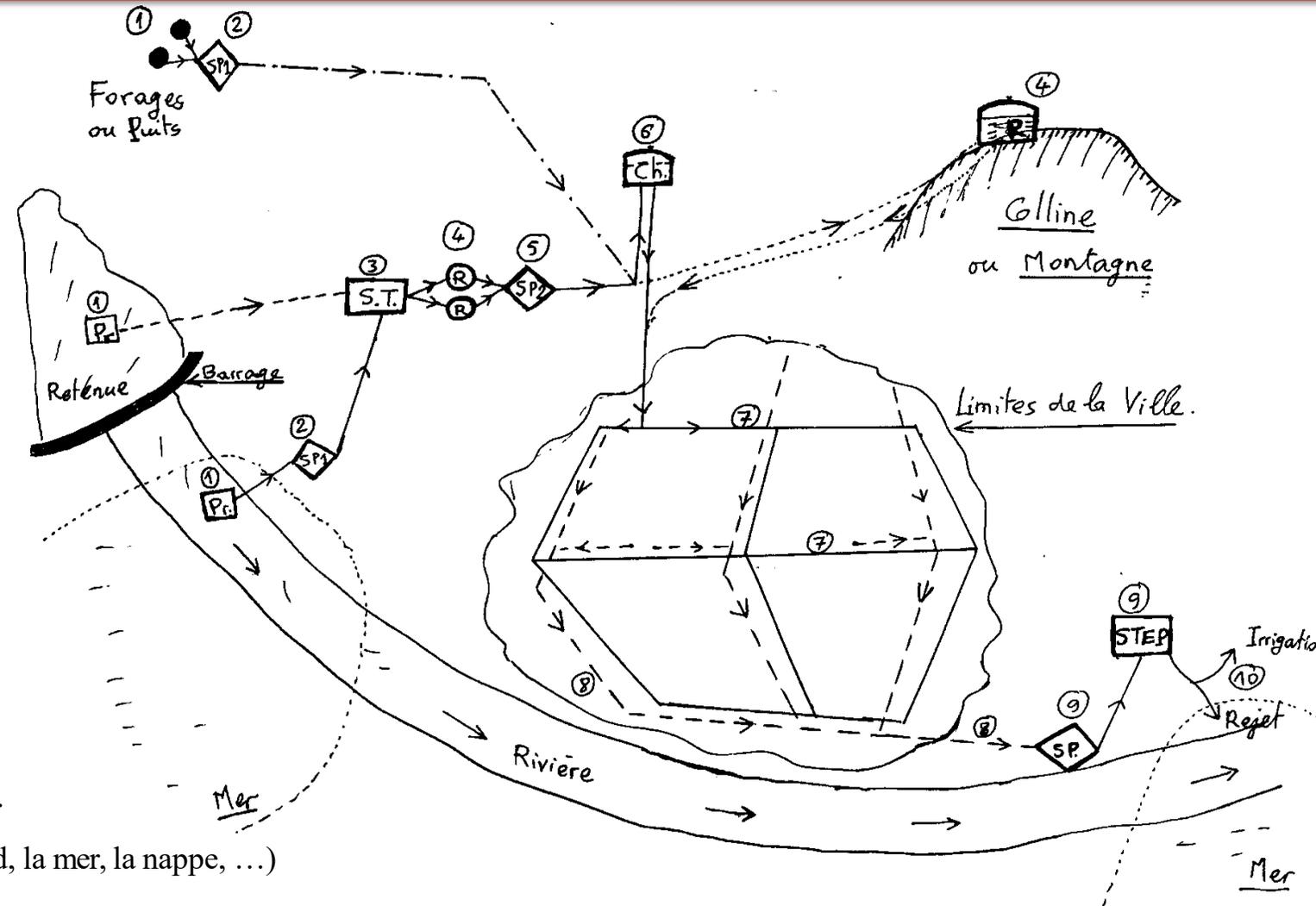
## A retenir

- Lorsque l'eau provient d'une source, le captage est dit **superficiel**. Dans ce cas, une partie de l'eau est prélevée grâce à l'installation d'un système de **drainage** raccordé au réseau d'eau.
- Lorsque l'eau est  **pompée** d'une nappe, le captage est dit **souterrain**. Dans ce cas, un forage est réalisé et l'eau pompée est ensuite injectée dans le réseau d'eau potable.
- L'eau pompée dans une rivière ou captée par forage ne peut pas être consommée directement et doit subir plusieurs **traitements** avant d'être potable : retrait des plus gros éléments, réaction chimique pour ôter les particules restantes, filtration, etc.
- Les traitements nécessaires dépendent beaucoup de la qualité de l'eau utilisée. Ils varient aussi avec le niveau d'exigence et les normes appliquées dans les différents pays.

# Conception générale d'un réseau d'eau potable

Dans le cas général, les installations nécessaires pour la distribution d'eau potable sont:

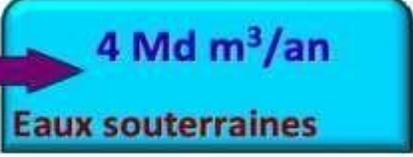
1. La prise d'eau, le puits ou le forage.
2. Première Station de pompage (SP1).
3. Station de traitement (ou dessalement) des eaux.
4. Réservoirs semi-enterrés.
5. Deuxième Station de Pompage (SP2).
6. Réservoir surélevé (ou sur-tour, ou château d'eau).
7. Réseau de distribution d'eau potable.
8. Réseau d'assainissement des eaux usées et/ou pluviales.
9. Station de pompage et/ou station d'épuration des eaux usées.
10. Rejet des eaux usées traitées ou non traitées (irrigation, Oued, la mer, la nappe, ...)





1. Types de demande en eau
2. Estimation des besoin en eau
3. Coefficient de pointe
4. Le débit de calcul des différents ouvrages de réseau

# Ressources en eau



## Types de demande d'eau

Au niveau d'une agglomération urbaine ou rurale, on distingue généralement plusieurs types de consommations :

- Consommation **domestique** ou humaine.
- Consommation **publique** ou collective (administrations, écoles, arrosage des jardins, hôpitaux, commerce,...).
- Consommation **industrielle**
- Consommation **agricole** (irrigation, élevage,...)

Ces types de consommations diffèrent de la quantité et la qualité nécessaire.



## Estimation des besoins en eau

Dans certains pays, quelques réglementations existent visant à fixer les demandes en eau potable, la quantification rigoureuse de ces demandes repose généralement sur des statistiques.

### 1- Besoins domestiques:

La consommation domestique moyenne est généralement rapportée au **nombre d'habitants**, elle est alors exprimée en litres par jour et par habitant (en *l/jour/hab*).

la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) qui fixe la consommation domestique minimale à **55 l/jour/hab**.

On admet souvent une norme de **150 litres par jour et par habitant**.

A titre indicatif:

- Pour une **Grande Ville** (plus de 100 000 habitants) : de **120 à 200 l/jour/hab.**
- Pour une **Ville** de 20 000 à 100 000 habitants : de **100 à 140 l/jour/hab.**
- Pour une **Ville Moyenne** (de 5 000 à 20 000 habitants) : de **80 à 120 l/jour/hab.**
- Pour une **Zone Rurale** (moins que 5 000 habitants) : de **60 à 80 l/jour/hab.**
- Pour les **Bornes Fontaines** : de **20 à 50 l/jour/hab.**

Les valeurs indiquées ci-dessus sont quelquefois majorées pour tenir compte de la consommation publique et des petites industries.

### 2- Besoin publics

Les besoins publics englobent la consommation des administrations, des établissements d'enseignement, des municipalités, des hôpitaux, etc..

Nous citerons, ci-dessous, quelques exemples de besoins publics

- Pour le **nettoyage des rues et l'arrosage des jardins** : de 3 à 5  $\ell/\text{jour}/\text{m}^2$ .
- **Hôpitaux** : de 300 à 600  $\ell/\text{jour}/\text{lit}$ .
- Pour les **administrations** : de 100 à 200  $\ell/\text{jour}/\text{employé}$ .
- Pour les **Ecoles Primaires** : de 10 à 20  $\ell/\text{jour}/\text{élève}$ .
- Pour les **Lycées** : de 20 à 30  $\ell/\text{jour}/\text{élève}$ .
- Pour les **Facultés et Foyers Universitaires** : de 100 à 200  $\ell/\text{jour}/\text{étudiant}$ .

### Besoins industriels:

- Boulangerie : 1  $\ell$  / Kg de pain.
- Industrie laitière : de 5 à 10  $\ell$  /  $\ell$  de lait.
- Conserve de fruits ou de légumes : de 6 à 15  $\ell$  / Kg de conserves.

Pour les grandes industries



- Sucrierie : de 2 à 15  $m^3$  / t de betteraves.
- Cimenterie (voie humide) : 2  $m^3$  / t de ciment.
- Tannerie : de 20 à 140  $m^3$  / t de produit fabriqué.
- Papeterie : de 50 à 300  $m^3$  / t de produit fabriqué.
- Raffinerie de pétrole : de 1 à 20  $m^3$  / t de pétrole.
- Sidérurgie : de 6 à 300  $m^3$  / t d'acier.
- Centrale électrique : de 3 à 400  $m^3$  / MWh.

### *Evaluation du nombre de consommateurs (1/2)*

- La **connaissance de la population** à desservir à un horizon de projet permet l'estimation du volume d'eau à fournir de manière directe. Cette estimation se fait via **une base de donnée statistique** de la population et son **taux de croissance**
- La plupart des modèles de croissance **supposent une tendance** qui est **extrapolée** sur le futur.
- Cependant, le projeteur doit, au-delà de l'application du modèle choisi, **déceler les facteurs socio-économiques** qui ont pu influencer le **taux de croissance** (sur les 5 à 10 dernières années)
  - *Émigration ou immigration*
  - *Développement urbain accéléré ou décéléré*
  - *Installation ou ouverture d'unités économiques*

### Evaluation du nombre de consommateurs (2/2)

#### ■ **Modèle de croissance arithmétique**

- *La croissance de la population est fonction du temps :  $dP/dt = K$*

$$P_n = P_0 + K(t_n - t_0)$$

#### ■ **Modèle de croissance géométrique**

- *le taux de croissance est proportionnel du temps et à la population :  $dP/dt = \alpha P$*

$$P_n = P_0(1 + \alpha)^n$$

#### ■ **Modèle de croissance à taux décroissant** (loi des grands nombres des mégalo-pôles)

- *La population tend à saturation :  $dP/dt = k(S - P)$*

$$P_n = P_0(S - P_0)(1 - e^{-k(t_n - t_0)})$$

Le calcul de la population peut s'effectuer par l'une des méthodes suivantes:

- Méthode rationnelle
- Méthode arithmétique
- Méthode géométrique

### *Variations cycliques de la demande*

- La **demande des utilisateurs** est **variable** au gré des saisons, suivant les jours de la semaine et les heures de la journée.
  - Saison **sèche** vs saison **humide** : ***pointe saisonnière***
  - Jour **ouvré** vs jour **non ouvré** : ***pointe journalière***
  - Heures de **pointe** vs heure **creuse/normale** : ***pointe horaire***
- Ces variations **influent la quantité d'eau à mobiliser** ainsi que le **dimensionnement** des installations.
- Le rôle du projeteur est donc d'opérer des choix de comportement des usagers et **d'offrir un service qui satisfasse à ce comportement mais à hauteur de la capacité financière des usagers.**

### Variation saisonnière

Evaluation du nombre de consommateurs (2/2)

#### ■ **Modèle de croissance arithmétique**

- La croissance de la population est fonction du temps :  $dP/dt = K$

$$P_n = P_0 + K(t_n - t_0)$$

#### ■ **Modèle de croissance géométrique**

- le taux de croissance est proportionnel du temps et à la population :  $dP/dt = \alpha P$

$$P_n = P_0(1 + \alpha)^n$$

#### ■ **Modèle de croissance à taux décroissant** (loi des grands nombres des mégalo-poles)

- La population tend à saturation :  $dP/dt = k(S - P)$

$$P_n = P_0(S - P_0)(1 - e^{-k(t_n - t_0)})$$



- Rappelons que le taux d'accroissement au Maroc varie de 1,5 % à 4 %, selon l'agglomération, avec une moyenne nationale de 1,9 %.

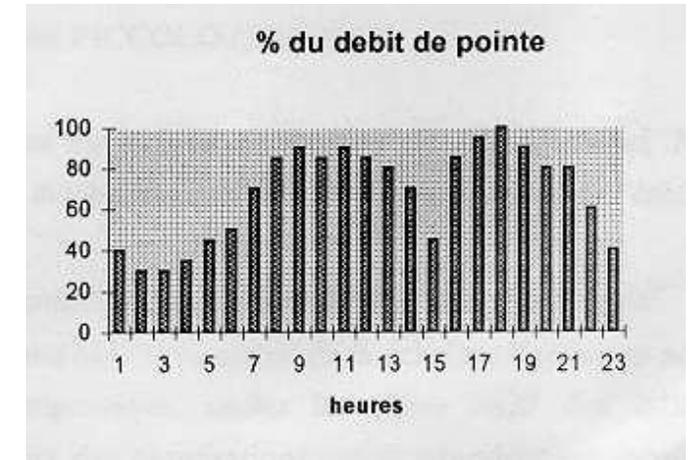
## Variation de la demande

### Variation hebdomadaire

- L'on définit le **coefficient de pointe journalier** par le rapport de la consommation journalière de pointe sur la consommation journalière moyenne du mois de pointe.

$$C_{pj} = \frac{D_{jp}}{D_{jmp}}$$

- Coefficient influencé par le comportement cyclique des usagers au cours de la semaine
- Il est indépendant de la pointe saisonnière!
- Evolue entre **1,05 et 1,15**



### Variation journalière

- Le **coefficient de pointe horaire** traduit les habitudes du consommateur au cours de la journée. Son estimation se fait de manière statistique ou par le biais de relations empiriques.
- Coefficient indépendant de la pointe saisonnière et aussi du volume d'eau à utiliser
- **Permet de définir les débits de pointe à transporter!**

Formule empirique dite du « Génie Rural » (France)

$$C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}(m^3/h)}}$$

$$1,5 \leq C_{ph} \leq 3$$

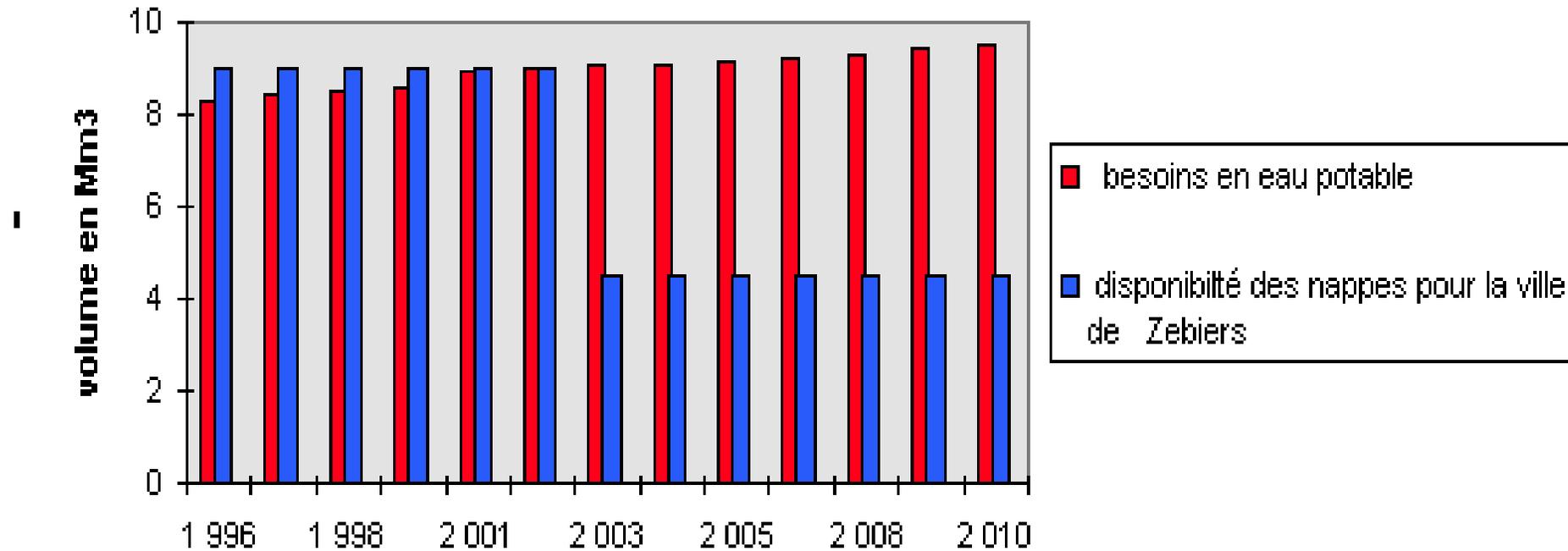
Population (hbts)	$C_{ph}$
< 10 000	2,5 à 3
10 000 à 50 000	2 à 2,5
50 000 à 200 000	1,5 à 2
> 200 000	1,5

Valeurs indicatives de  $C_{ph}$

## Faisabilité offre – demande (Exemple)

On note dans ce cas de figure que le volume disponible dans la nappe sera totalement utilisé en **2002** et que par la suite il faudra envisager une **solution de recharge**. L'idée est de soulager la nappe qui, s'il y a implantation d'un barrage, alimentera une autre ville. On détermine ainsi le volume que devra fournir notre retenue.

### Evolution besoins-ressources



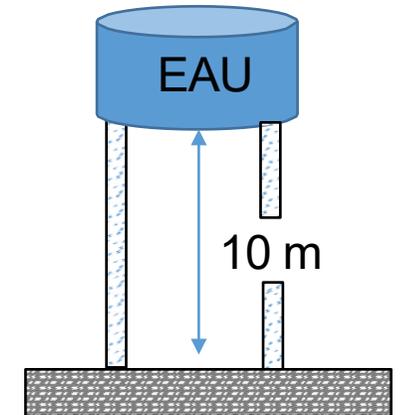
### *Définition des pertes en eau*

- 
- **Pertes de traitement** : eau perdue au niveau des stations de traitement des eaux de surface (eau de lavage des filtres, perdue lors des purge de décanteurs de boue, fuites, etc.)
    - **Valeur admissible**: 4 % à 5 %, soit donc  $\eta_t = 95\%$
  - **Pertes de distribution** : fuites sur le réseau du fait de la nature des conduites, vétusté, manque d'entretien et de maintenance. Elles sont fréquentes en période de faible consommation (pression hydrostatique)
    - **Valeur admissible**: 10 % à 20 %, doit donc  $\eta_r = 85\%$
  - **Pertes commerciales ou de comptage** : imputables aux erreurs de comptage, manque de suivi des facturations, branchements clandestins. Elles ne sont pas prises en compte dans le dimensionnement.
    - **Valeur admissible**: 4 % à 6 % des quantités distribuées

## Pression de service

- C'est la **pression minimale à laquelle l'eau est fournie à l'utilisateur** pour un confort d'utilisation. Elle est fixée suivant les normes en vigueur par le gestionnaire du service d'eau.
- Elle permet à l'utilisateur d'opérer des prélèvements d'eau depuis les canalisations, sans efforts particuliers.
- Le projeteur doit concevoir le réseau AEP de manière à **assurer au minimum la pression de service à tous les nœuds et en situation de pointe.**
- **Valeurs de pression de service :**
  - Valeur contractuelle en AEPS simplifié :  $P_{ser} = 5 [mCE]$
  - Valeur pour les AEP classiques :  $P_{ser} = 10 \text{ à } 20 [mCE]$

OUI



- Le Mètre de Colonne d'Eau (**mCE**), égal à la pression qui règne **sous** un mètre d'eau sous gravité terrestre, vaut **9810 Pa (0,0981 bar)**
- Un château d'eau de **10 m** d hauteur génère une pression de 1 bar :  $10 \text{ M C E} = 10 \text{ mètres} = 1 \text{ Kilo} = 1 \text{ Bar}$

### *Débits caractéristiques*

- **Débit de production**  $Q_{prod}$  : chaîne captage, adduction, traitement

$$Q_{prod} = \frac{D_{jm} C_{ps} C_{pj}}{\eta_t \eta_r T}$$

- **Débit d'adduction**  $Q_{add}$  : chaîne captage, adduction, traitement

$$Q_{add} = \frac{D_{jm} C_{ps} C_{pj}}{\eta_r T}$$

- **Débit de distribution**  $Q_{ph}$  : calé sur la pointe horaire

$$Q_{ph_{(m^3/h)}} = \frac{D_{jm} C_{ps} C_{pj}}{\eta_r \cdot 24} C_{ph}$$

## Exemple de dotation donnée par ONEP

Type d'habitat	Dotation	Type d'habitat	Dotation
Economique R+4 (n<4)	0.10 m <sup>3</sup> /j/personne	Ecole	0.01 m <sup>3</sup> /j/élève
Immeuble (R+4)	0.18 m <sup>3</sup> /j/personne	Dispensaire, Poste de police, Mosquée...	1 m <sup>3</sup> /j
Immeuble > R+5	0.19 m <sup>3</sup> /j/personne		
Appartement	0.103 m <sup>3</sup> /j/personne	Hôtel	0.5 m <sup>3</sup> /j
Villa	0.30 m <sup>3</sup> /j/personne	Espace vert	25 m <sup>3</sup> /j/ha
Bungalow	0.125 m <sup>3</sup> /j/personne	Terrain de sport	50 m <sup>3</sup> /j/ha
Hammam	14 m <sup>3</sup> /j	Zone industrielle	40 m <sup>3</sup> /j/ha net

## Réseaux d'Adduction en eau potable

- Types d'adduction : Gravitaire en charge ou par refoulement
  - Éléments particuliers des réseaux d'adduction
    - Débit d'adduction

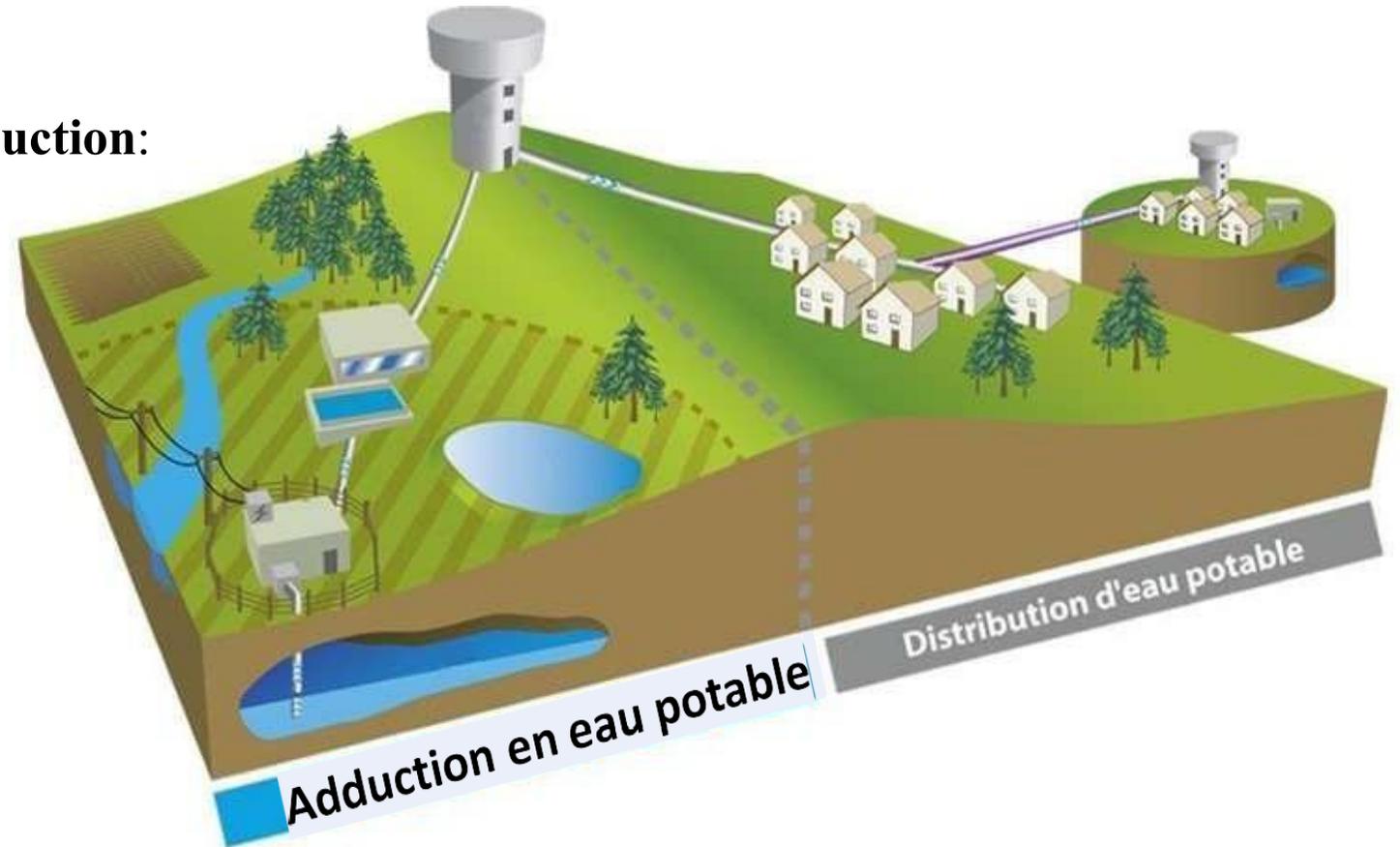


## Définition

L'adduction : C'est l'acheminement de l'eau potable de la source, par le réseau public, soit par gravitation (châteaux d'eau), soit par refoulement jusqu'au compteur du consommateur.

### Les critères de conception d'un réseau d'adduction:

- Le dimensionnement
- Le choix des matériaux
- Le choix du tracé
- Evaluation économique



## Types d'adduction

On distingue généralement deux types d'adduction :

- **Adduction gravitaire** (écoulement à surface libre ou en charge) : quand la cote source est supérieure à la cote du réservoir.

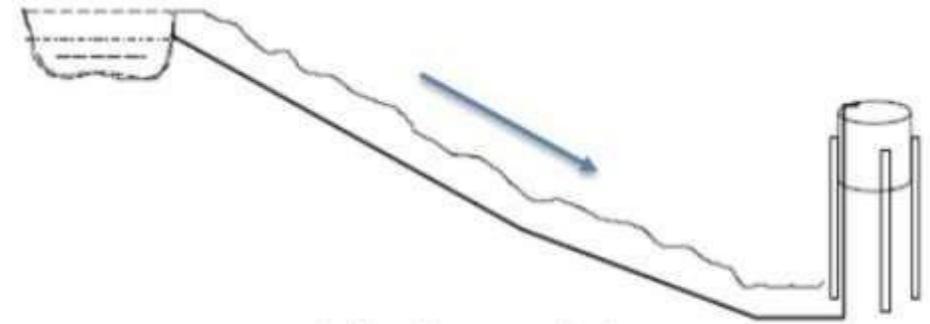
L'adduction gravitaire s'effectue, soit par aqueduc, soit par conduite forcée ou en charge.

- **Adduction par refoulement** (écoulement en charge seulement) par pompage en utilisant une station de pompage.

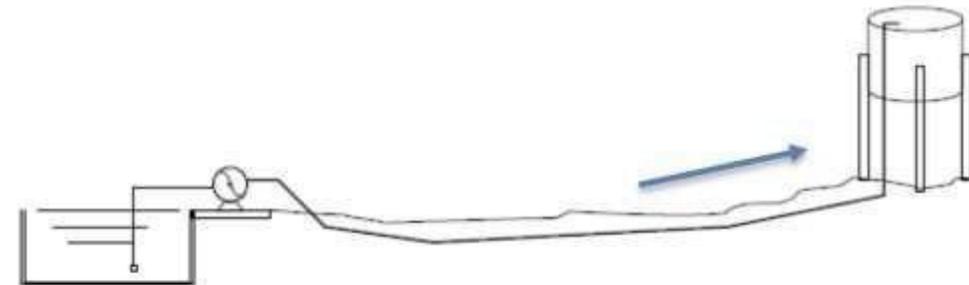
- **Réseaux sont généralement sous pression**

Lois de l'hydraulique en charge applicable

La pression de référence est la pression atmosphérique  $P_{\text{atm}} = 0$  [mCE]



*Adduction gravitaire*



*Adduction par refoulement*

### **Classification des réseaux d'A.E.P**

Les réseaux de distribution peuvent être classés comme suit:

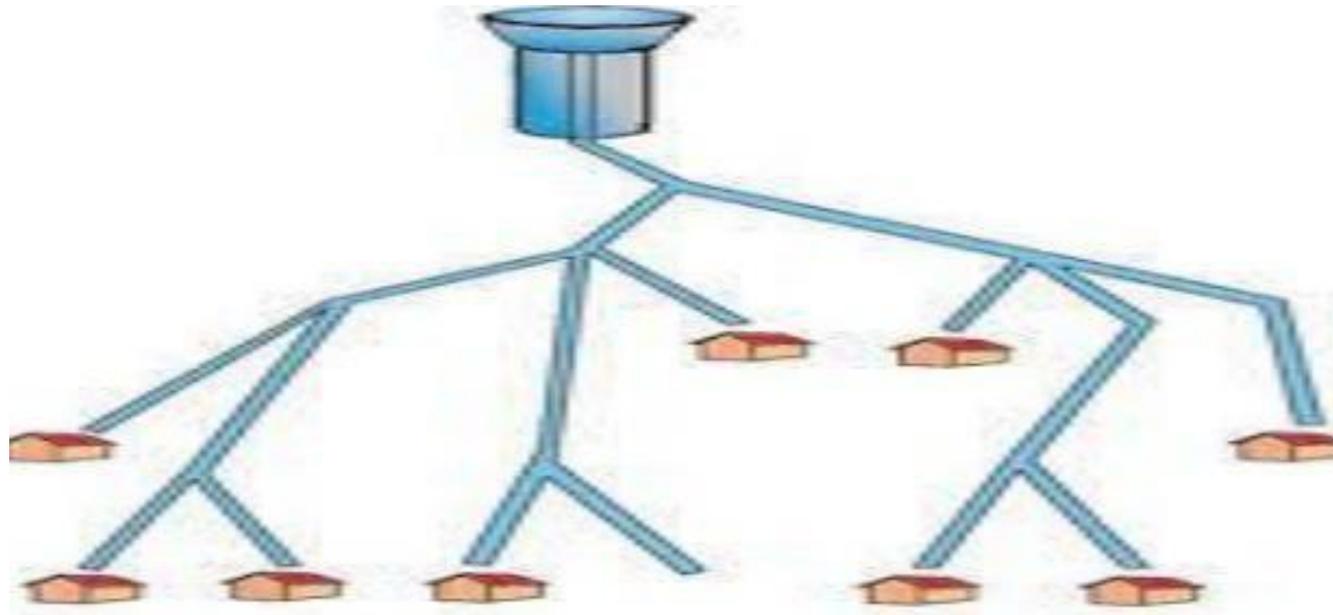
- a. Les réseaux ramifiés ;
- b. Les réseaux maillés ;
- c. Les réseaux étagés ;
- d. Les réseaux à alimentation distincte ;
- e. Les réseaux mixtes.

# Types des réseaux d'adduction

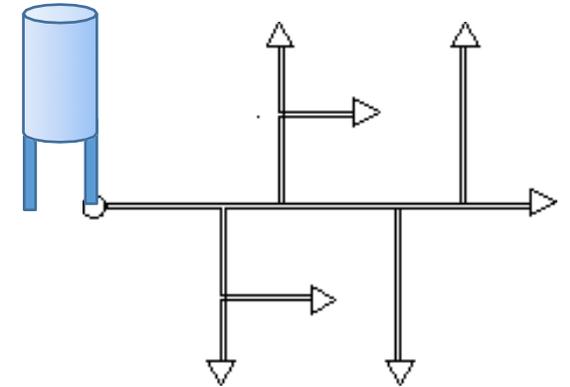
## 1. Réseau ramifié

Il est composé de conduites qui vont toujours en se divisant à partir du point d'alimentation sans jamais se refermer, Ce réseau présente l'avantage d'être économique à cause du linéaire réduit des canalisations posées et du nombre moins important des équipements hydrauliques mis en service.

Ses principaux inconvénients résultent de l'absence d'une alimentation en retour dans les conduites

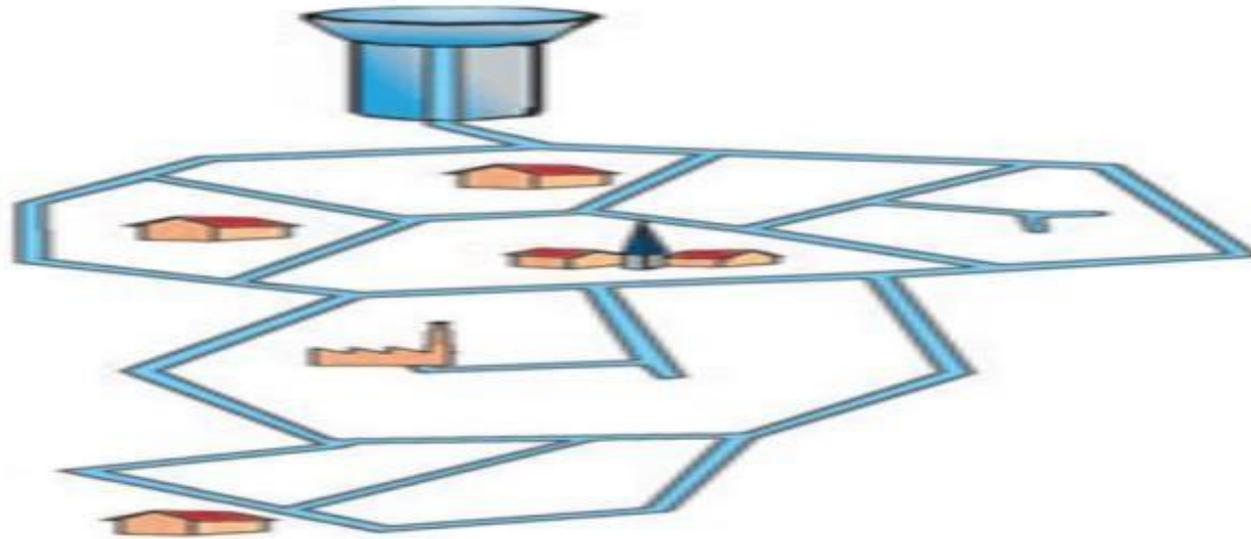


Réservoir

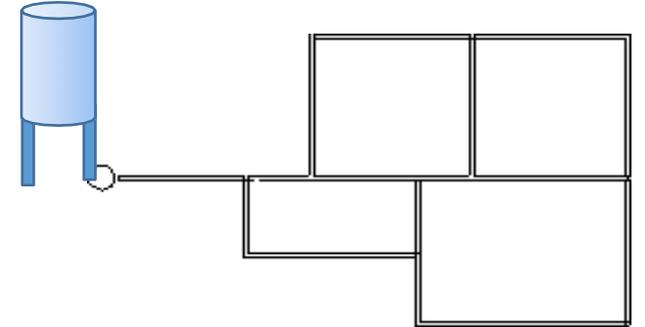


### 2. Réseau maillé

Le réseau maillé est constitué principalement d'une série de canalisations qui forme des boucles fermées, cela permet l'alimentation en retour. Une simple manœuvre de robinet permet d'isoler le tronçon accidenté et poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval. Ce type de réseau est utilisé en général dans les zones urbaines pratiquement plates, et tend à se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associée aux réseaux ramifiés.



Réservoir



### **3. Réseau étagé**

Lors de l'étude d'un projet d'alimentation d'une ville en eau potable, il arrive que celle-ci présente des différences de niveau importantes. La distribution par le réservoir projeté donne de fortes pressions aux points bas (les normes des pressions ne sont pas respectées). L'installation d'un réservoir intermédiaire alimenté par le premier, régularise la pression dans le réseau. Ce type de réseau est appelé réseau étagé.

### **4. Réseau à alimentation distincte**

Constitué généralement de deux réseaux, l'un pour la distribution de l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre pour la distribution de l'eau non potable réservé aux usages industriels, lavage des rues et arrosages des plantations. Ce réseau ne se justifie que dans les installations extrêmement importantes.

### **5. Réseau mixte (combiné)**

Un réseau dit combiné (ramifié et maillé) lorsqu'il est constitué d'une partie ramifiée et une autre maillée. Ce type de schéma est utilisé pour desservir les quartiers en périphérie de la ville par les ramifications issues des mailles utilisées dans le centre-ville.

### Exigences fondamentales du réseau

- Assurer la distribution des quantités et qualités d'eau nécessaires vers les points de la consommation des agglomérations avec une pression acceptable.
- Le prix de revient des ouvrages du système d'alimentation en eau doit être minimum.

### Conception du réseau de l'agglomération

Pour concevoir un réseau de distribution, nous sommes appelés à prendre en compte un certain nombre des facteurs, qui peuvent influencer sur le réseau parmi lesquels, nous avons:

- L'emplacement des quartiers ;
- L'emplacement des consommateurs ;
- Le relief ;
- Le souci d'assurer un service souple et régulier.

# Types des réseaux d'adduction

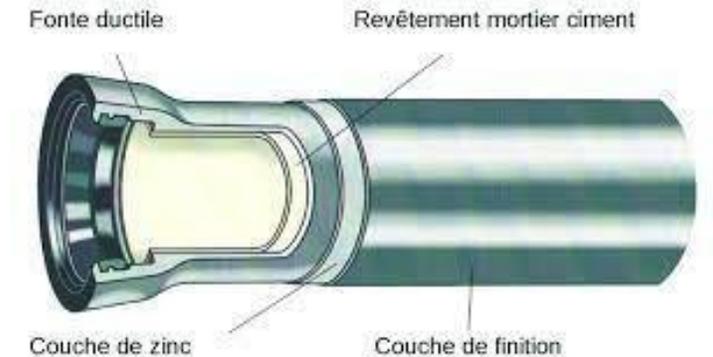
## Choix du trace

Pour définir le tracé définitif, il est important de penser aux points suivants :

- Minimiser le nombre de passage difficiles (traversée de route, de ravine...)
- Eviter les pentes trop fortes ;
- Eviter les zones rocheuses : Une tranchée devra être creusée ;
- Préférer les zones accessibles : Le long des chemins existants par exemple ;
- Penser aux problèmes de propriété de terrain et d'autorisation.

## Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression, l'agressivité dû aux eaux et au sol, et l'ordre économique (coût, disponibilité sur le marché), ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes ....) permettent de faire le bon choix. Parmi les matériaux à utiliser on distingue : L'acier, la fonte ductile, le PVC (polyvinyle de chlorure) et le PE (polyéthylène).



## Typologie des réseaux de distribution

<b>Aspect</b>	<b>Ramifié</b>	<b>Maillé</b>
<b><i>Pertes de charge</i></b>	<i>Elevées</i>	<i>Faibles</i>
<b><i>Ecoulement</i></b>	<i>Risque de zones mortes aux extrémités</i>	<i>Satisfaisant</i>
<b><i>Réparations</i></b>	<i>Risque de mise hors service d'une zone importante suivant le point d'intervention</i>	<i>Risque plus faible de mise hors service d'une zone importante suivant le point d'intervention</i>
<b><i>Frais de pompage</i></b>	<i>Elevés</i>	<i>Faibles</i>
<b><i>Frais de mise en place</i></b>	<i>Faibles</i>	<i>Elevés</i>

## Expression de la charge hydraulique

- **Charge hydraulique** : énergie par unité de poids de fluide

$$H = \frac{p}{\rho g} + z + \alpha \frac{U^2}{2g}$$

- $\alpha$  est appelé **coefficient de Coriolis** et traduit la distribution non homogène de la vitesse d'écoulement en travers de section. Il est généralement **pris égal à 1** dans les application pratiques

Régime	Reynolds	$\alpha$
Laminaire	$Re < 4\,000$	2
Turbulent	$Re \approx 4\,000$	1,076
	$Re \approx 100\,000$	1,058
	$Re \approx 2\,000\,000$	1,030

Valeurs du coefficient de Coriolis en fonction du nombre de Reynolds

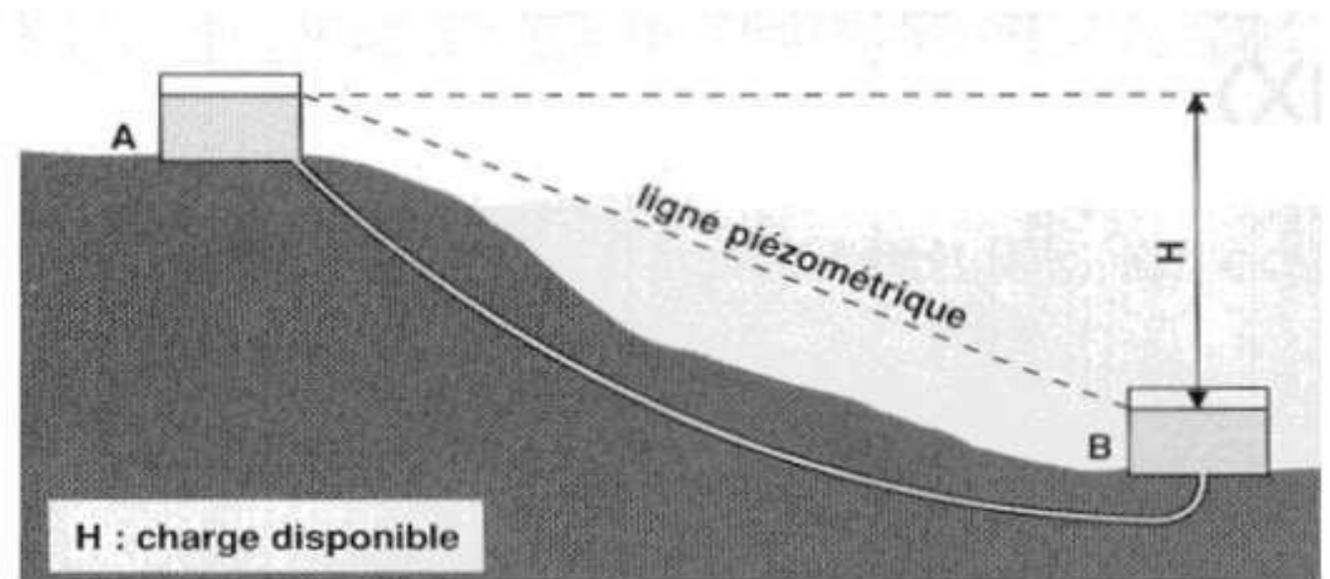
### Adduction gravitaire à pression atmosphérique

- Les pressions sont identiques :  $P_A = P_B = P_{atm}$
- Les charges cinétiques  $U_i^2/2g$  sont négligées
- La dénivelée disponible entre les plans d'eau définit le débit  $Q$  qui sera transporté dans la canalisation de diamètre  $D$

$$Z_A - Z_B = \Delta H_{(Q,L,D,k)}$$

Application du théorème de Bernoulli

$$Z_A + P_A + \frac{U_A^2}{2g} = Z_B + P_B + \frac{U_B^2}{2g} + \Delta H$$

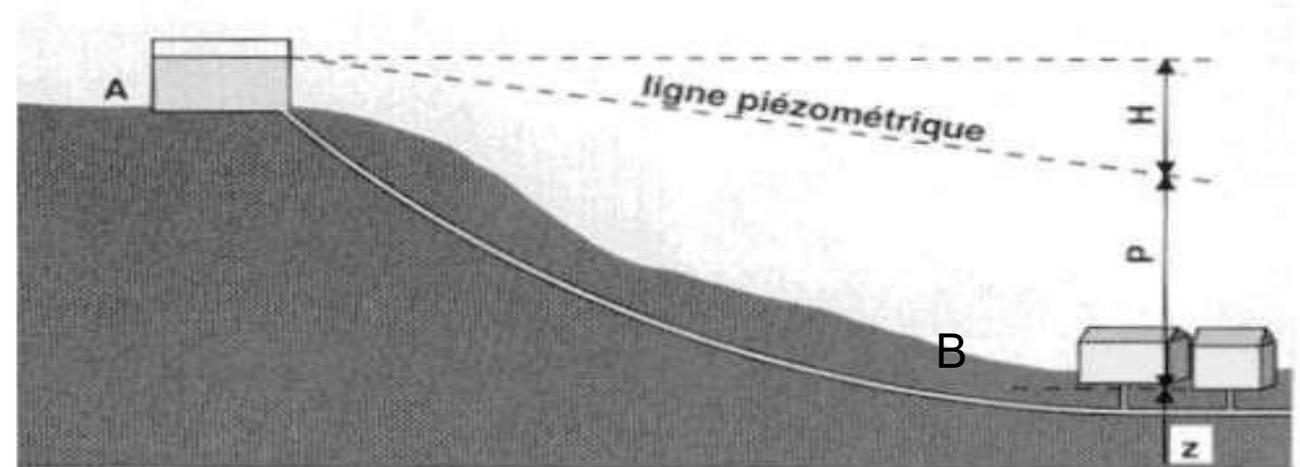


### Adduction gravitaire à pression résiduelle

- Une pression résiduelle  $P$  est exigée au point d'utilisation
- Les charges cinétiques  $U_i^2/2g$  sont négligées
- La dénivelée disponible entre la côte  $Z_A$  et le niveau piézométrique  $Z_B + P$  définit le débit  $Q$  qui sera transporté dans la canalisation de diamètre  $D$

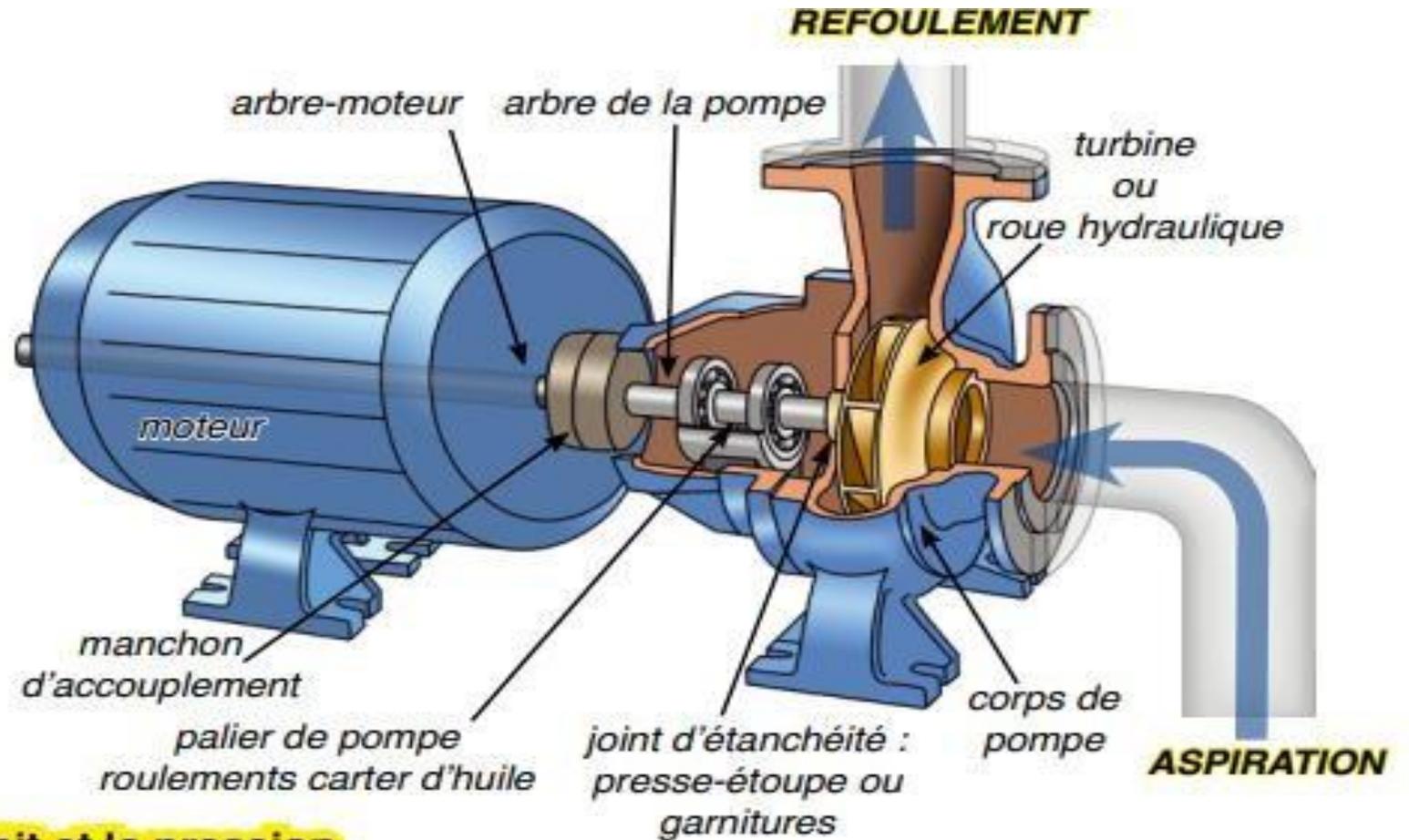
Application du théorème de Bernoulli

$$Z_A + P_A + \frac{U_A^2}{2g} = Z_B + P + \frac{U_B^2}{2g} + \Delta H$$



$$Z_A - (Z_B + P) = \Delta H_{(Q,L,D,k)}$$

# LE POMPAGE



Une pompe se caractérise par : **le débit et la pression.**

- le **débit de fonctionnement** en  $m^3/h$  ou  $l/s$  ; il est imposé par le besoin en débit de son matériel à la parcelle.
- le **besoin en pression** pour amener l'eau d'un point **A** à un point **B**.

### *Définition et types de pertes de charge*

- ***Tout fluide réel qui s'écoule perd de l'énergie***
  - frottement contre les parois de la section d'écoulement
  - action des forces de viscosité
  - turbulence
  - obstacles induisant une courbure prononcée des lignes de courants,...
  
- La **perte d'énergie**, ou **perte de charge**, peut être :
  - ***Linéaire*** (ou régulière) : frottement du fluide contre la paroi interne de la conduite, sur une longueur  $L$
  - ***Singulière*** (ou locale) : du fait de singularités (variation brusque du diamètre, changement de direction, robinetterie,...)

La relation entre débit, vitesse et section de la canalisation est la suivante :

$$q = V \times S$$

Où  $q$  est le débit exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $V$  est la vitesse moyenne de l'eau en  $\text{m}/\text{s}$  et  $S$  est la section en  $\text{m}^2$ .

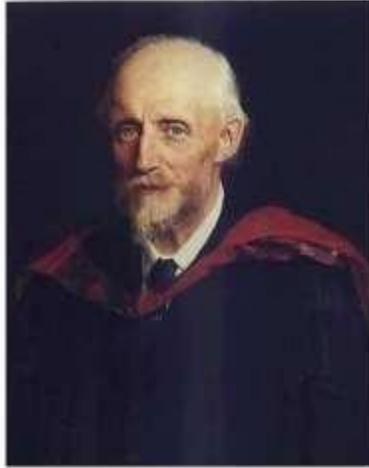
En pratique, on prendra :

$$q[\text{l/s}] = V[\text{m/s}] \times \frac{\pi d_i[\text{mm}]^2}{4000}$$

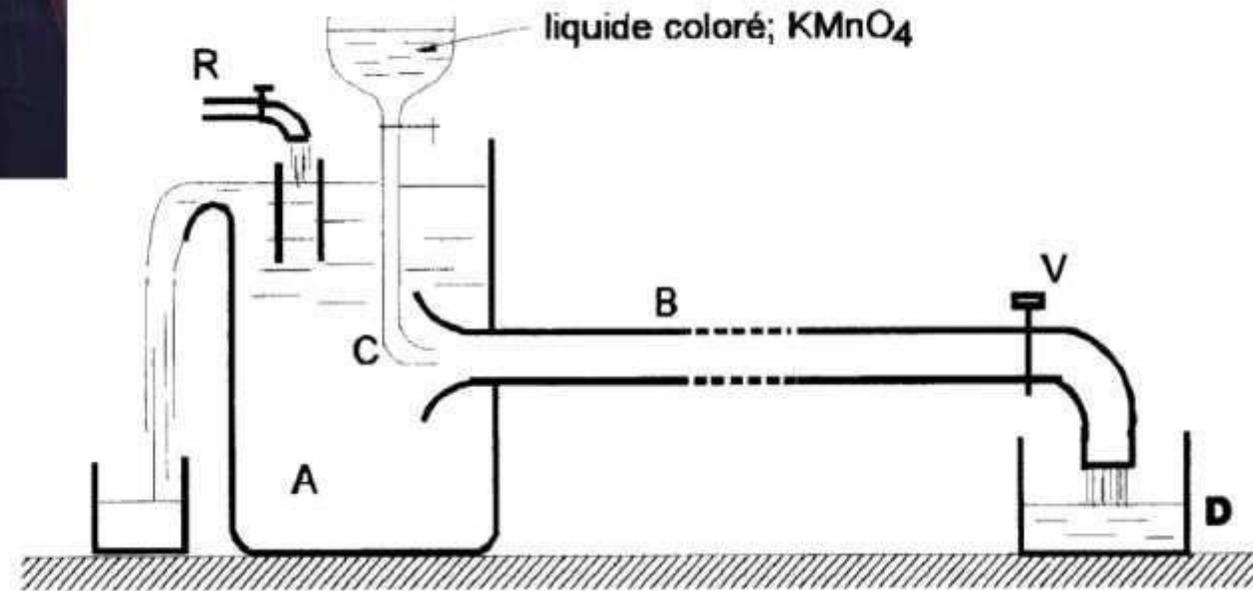
Où  $d_i$  est le diamètre intérieur de la canalisation.

## Rappel : Régime d'écoulement

### Expérience de Reynolds : dispositif expérimental



Osborne Reynolds  
1842 - 1912



## Rappel : Régime d'écoulement

### Expérience de Reynolds : observations

a) régime laminaire

$Q, U$  très faibles  
Écoulement en minces  
filets parallèles



b) régime de transition

$Q, U$  ± faibles  
Filets de courant  
sinueux



c) régime turbulent

$Q, U$  élevés  
Apparition de turbulence



### Nombre de Reynolds

- **Nombre adimensionnel**, représente le **rapport entre les forces d'inertie et de viscosité**

$$Re = \frac{F^I}{F^v} = \frac{\rho U^2 L^2}{\mu UL} = \frac{\rho UL}{\mu} = \frac{UL}{\nu}$$

$$Re = \frac{UD_h}{\nu} = \frac{4Q}{\pi D_h \nu}$$

- Permet la caractérisation du régime d'écoulement d'un fluide
  - $Re < 2300$  : régime **laminaire**
  - $2300 < Re < 4000$  : régime **transitoire** (*instable*)
  - $Re > 4000$  : régime **turbulent**

*Formulations*

**Formule de Chézy (1775)**

$$\Delta H = \frac{U^2}{C^2 R_h} L$$

**Formule de Darcy et Weisbach (1775)**

$$\Delta H = \frac{\lambda U^2 L}{D 2g} = \frac{8\lambda Q^2 L}{g\pi^2 D^5}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

**Formule de Manning-Strickler**

$$\Delta H = \frac{4^{\frac{10}{3}} Q^2 L}{\pi^2 K_s^2 D^{\frac{16}{3}}} \approx \frac{10,29 Q^2 L}{K_s^2 D^{5,33}}$$

**Formule de Hazen et Williams**

$$\Delta H = \frac{10,675 Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} D^{4,87}} L$$

**Formule de Calmon et Lechapt**

$$\Delta H = a \frac{Q^n}{D^m} L$$

### *Cas spécifique du refoulement (1/3)*

- En refoulement, le diamètre  $D$  ne **s'impose pas à priori**, car l'élévation d'un débit  $Q$  à une hauteur piézométrique  $H$  **ne dépend que** de la **puissance** hydraulique de pompage  $P_h$

$$P_h = \rho g Q H$$

- De ce fait, pour **élever un débit**  $Q$ , **quelque soit le diamètre**  $D$ , il **existe toujours une puissance hydraulique** correspondante,
- Le choix du diamètre relève alors du compromis entre l'investissement d'équipement  $I$  et les charges de fonctionnement  $C$ :
  - Si **D grand**, alors **I élevé**, mais on **économise sur C** (car  $\Delta H$  est faible)
  - Si **D faible**, alors **I faible**, mais **C élevé** (car  $\Delta H$  est élevé)

Cas spécifique du refoulement (2/3)

Investissement :  $I_{(D)} = k_1 D^2$

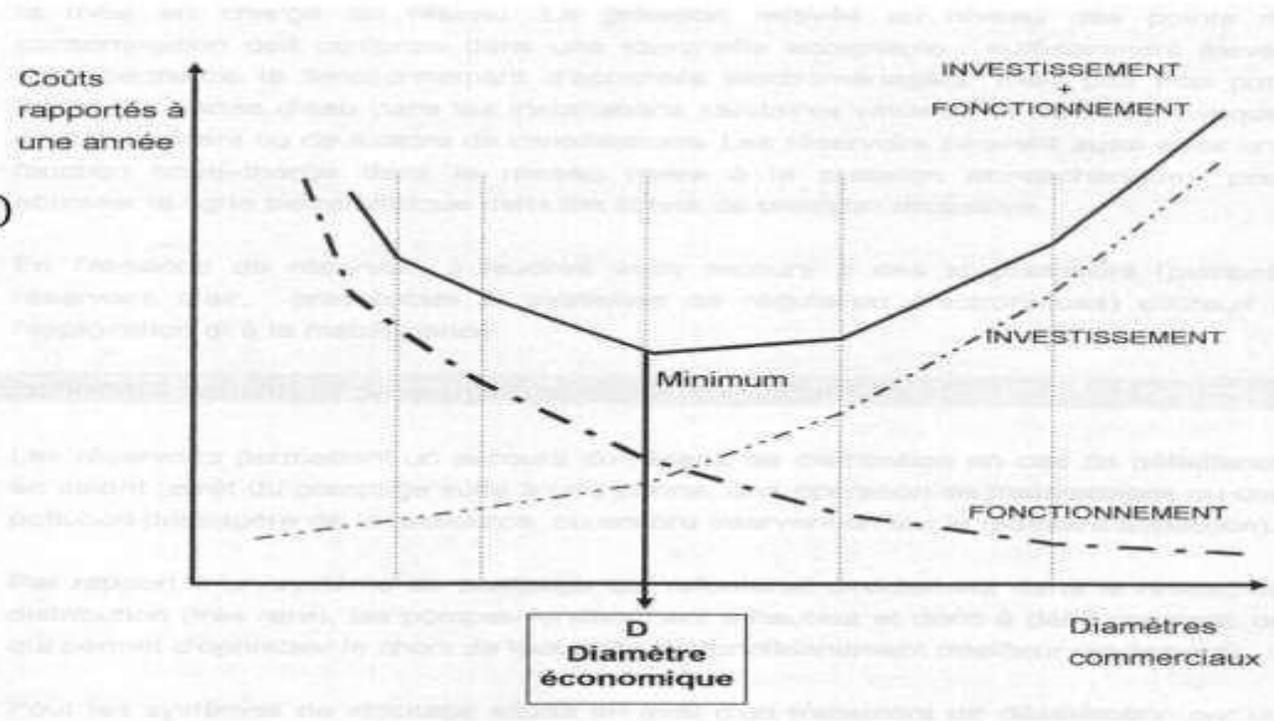
Fonctionnement :  $J_{(D)} = k_2 / D^n$

Minimisation du coût  $C_{(D)} = I_{(D)} + J_{(D)}$

$$\frac{dC}{dD} = 0$$

$$\frac{k_2}{D^n} = \frac{2}{n} k_1 D^2$$

**Le diamètre optimal serait celui pour lequel les charges de fonctionnement vaudraient  $2/n^{\text{ièmes}}$  de l'investissement initial**



**Nécessité de conduire une étude économique spécifique sur les grands projets!**

### Cas spécifique du refoulement (3/3)

#### Formules empiriques

- Flamant :  $V_{(m/s)} \leq 0,6 + D_{(m)}$
- Bresse :  $D_{(m)} = 1,5\sqrt{Q_{(m^3/s)}}$
- Bresse modifié :  $D_{(m)} = 0,8Q_{(m^3/s)}^{1/3}$
- Munier (1961) :  $D_{(m)} = (1 + 0,02n_{(nb\ h\ pomp./j)})\sqrt{Q_{(m^3/s)}}$

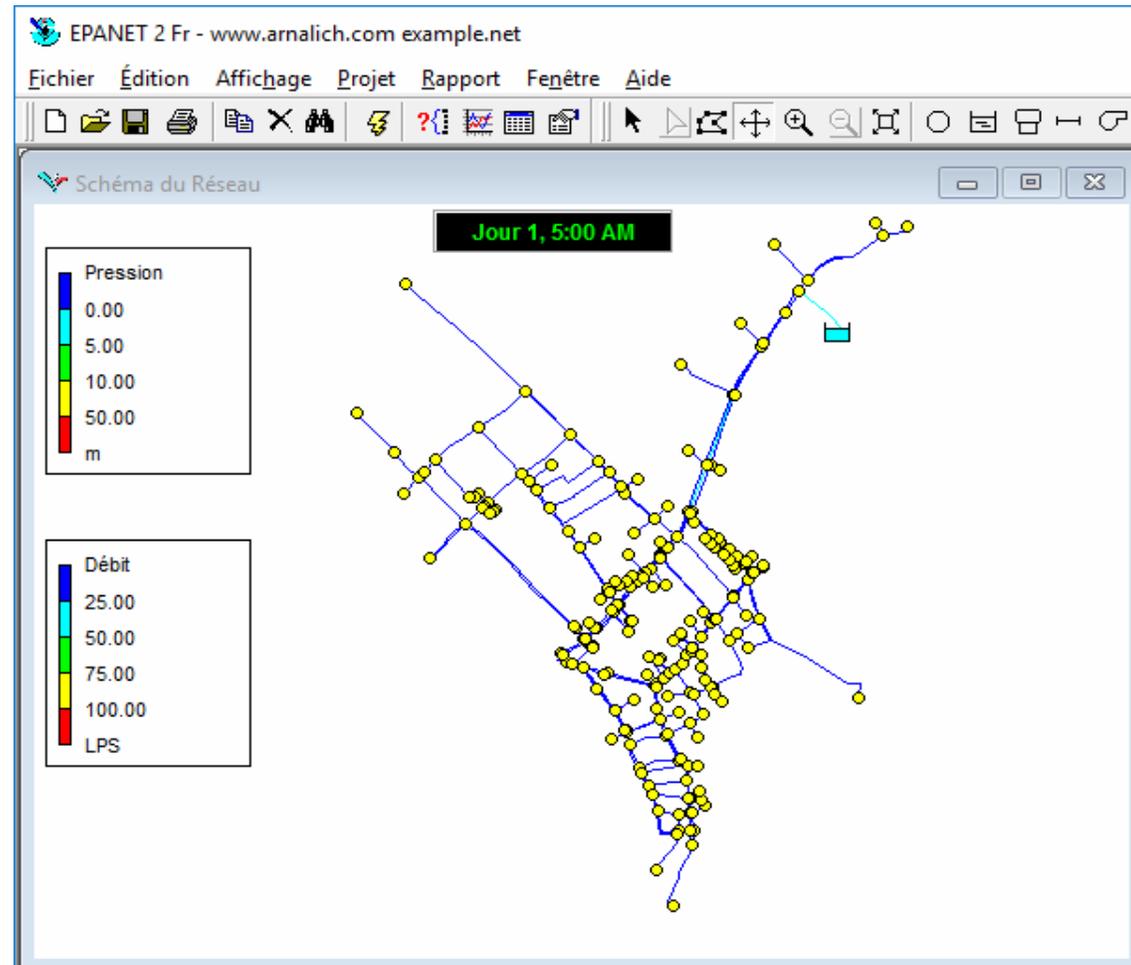


Jean Antoine Charles Bresse  
(1822-1883)

## Outils numériques de modélisation

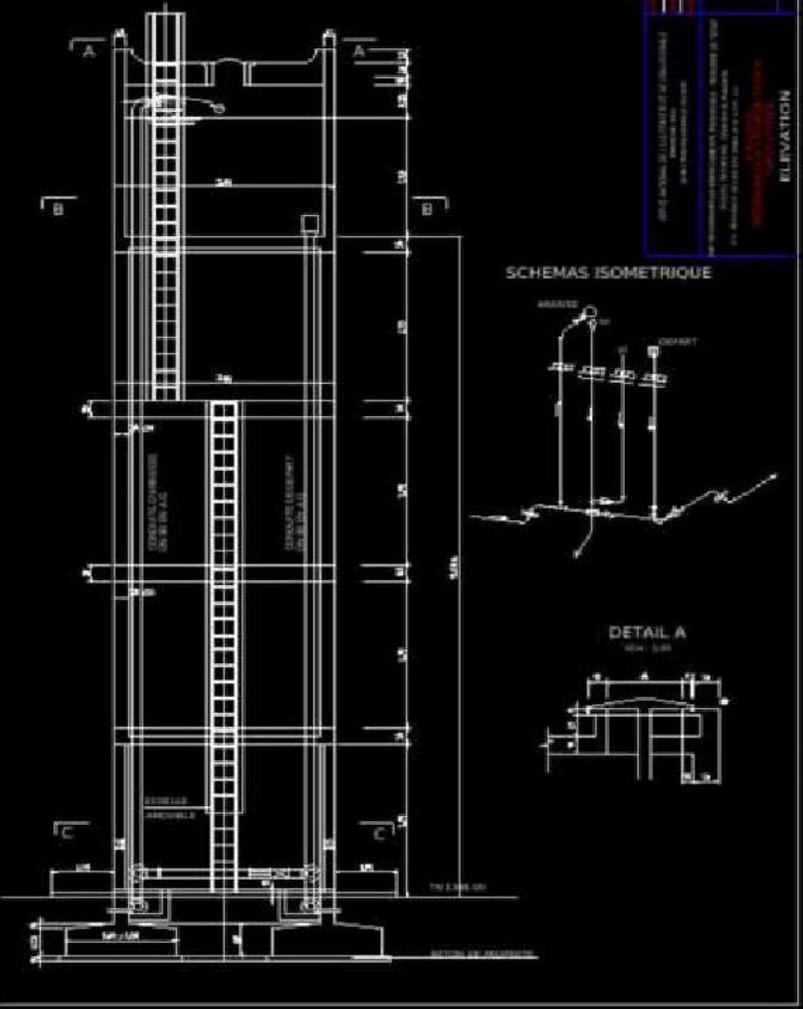
Il existe plusieurs logiciels de modélisation des réseaux AEP dans le marché, on cite :

- RESODO
- Water CAD
- PICCOLO
- PORTEAU
- EPANET
- ...etc





# Exemple d'installation de château d'eau



## Condition du calcul des diamètres

### Contrainte de vitesse d'écoulement:

Les vitesses dans les conduites devront être comprise entre une valeur minimale de 0.3 m/s et 2 m/s.

car :

- Pour  $V < 0.3 \text{ m/s}$  : il y'a risque de dépôt et acheminement de l'air vers les points hauts.
- Pour  $V > 2 \text{ m/s}$  : il y'a un accroissement du risque de dégradation de la conduit en plus d'un puissant coup de bélier\*.

La conduite sera dimensionnée pour faire circuler le **débit de la pointe journalière** (débit moyen de la journée la plus chargée) avec une vitesse moyenne comprise entre **0,3 et 2 m/s**.

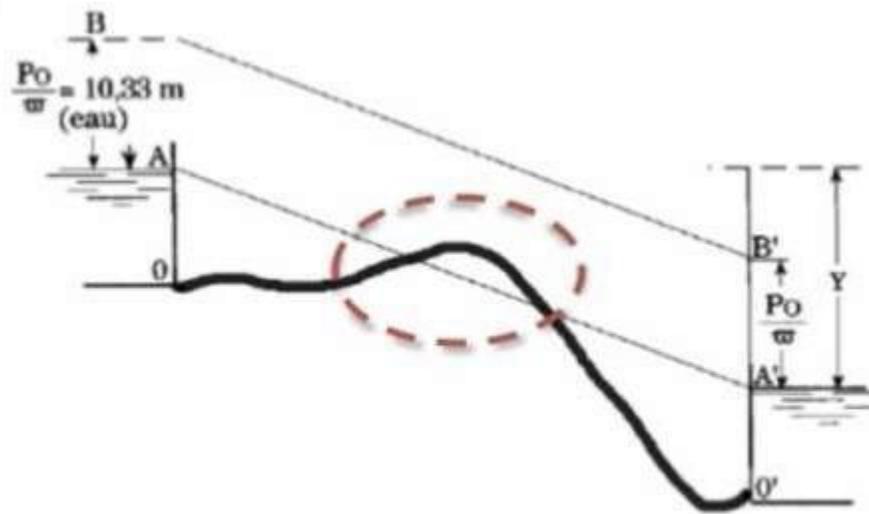
Le diamètre de cette conduite doit faire l'objet d'un calcul économique, puisque à un diamètre donné correspond à **une perte de charge** à vaincre et donc une puissance du groupe de pompage dont le coût est proportionnel à sa puissance.

\* (voir section :Problème de désordre dans le réseau de plomberie)

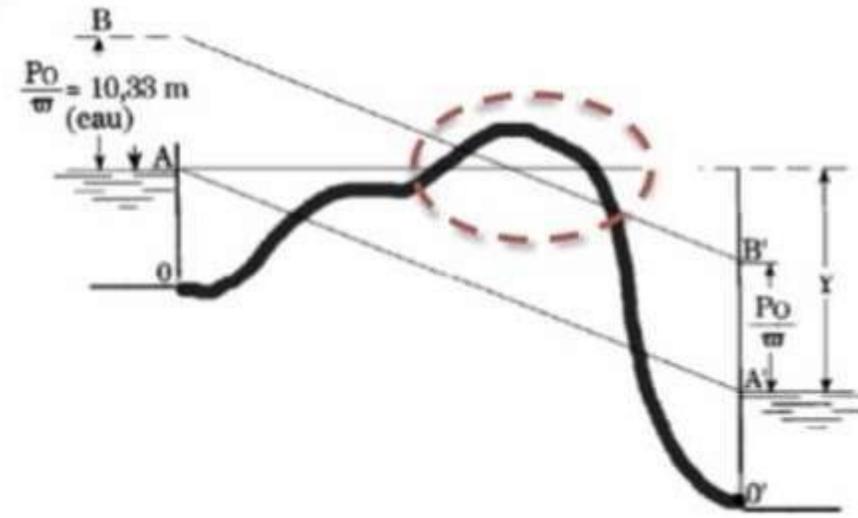


### Contrainte de Pression:

- **S'assurer que la ligne piézométrique reste toujours au-dessus du profil en long de la conduite afin d'éviter les dépressions et la cavitation**
- **S'assurer aussi que la pression en réseau reste inférieure à la pression maximale admissible de la canalisation**



*Profil en dépression*



*Cavitation*

# Problèmes de désordre dans les réseaux de plomberie

Pour la construction ou la rénovation d'un réseau de plomberie en copropriété, il peut être intéressant de bénéficier de certaines informations concernant le schéma des canalisations, les interventions d'entretien à prévoir, les possibilités d'extension du réseau de plomberie dans le cadre d'un agrandissement de l'immeuble ou tout simplement de disposer des informations nécessaires pour réagir le plus rapidement possible dans le cadre d'un dégât des eaux.

# Coup de Bélier

## Coup de bélier (1/4)

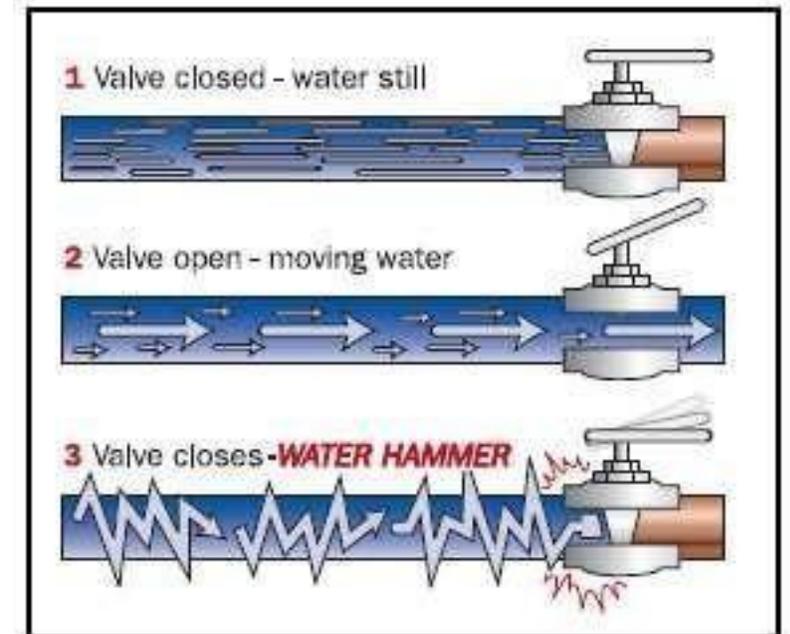
- **Phénomène de variation de pression** qui consiste en une **alternance de dépressions et de surpressions** qui se propagent dans la conduite
- Générés par une **modification brusque du régime d'écoulement**
  - Arrêt/marche brusque d'une pompe
  - Ouverture et fermeture brusque d'une vanne



Rupture de conduites



Rupture des aubes d'une pompe

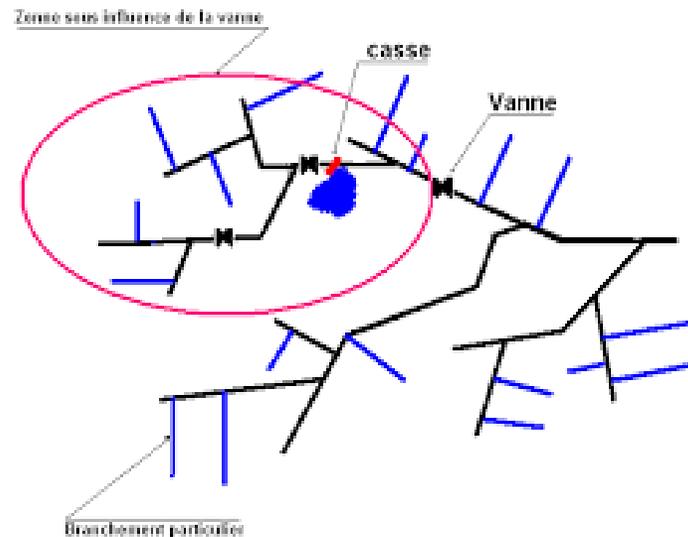


## Cas de perte d'eau

Dans le cadre de la lutte contre les pertes, les vannes sont les éléments essentiels des opérations de sectorisation et d'ilotage\*.

Typiquement, l'exploitant a besoin de sectionner une partie du réseau lors d'opérations de maintenance (réparation, remplacement de conduite ou d'équipement) ou lors de contamination par un polluant

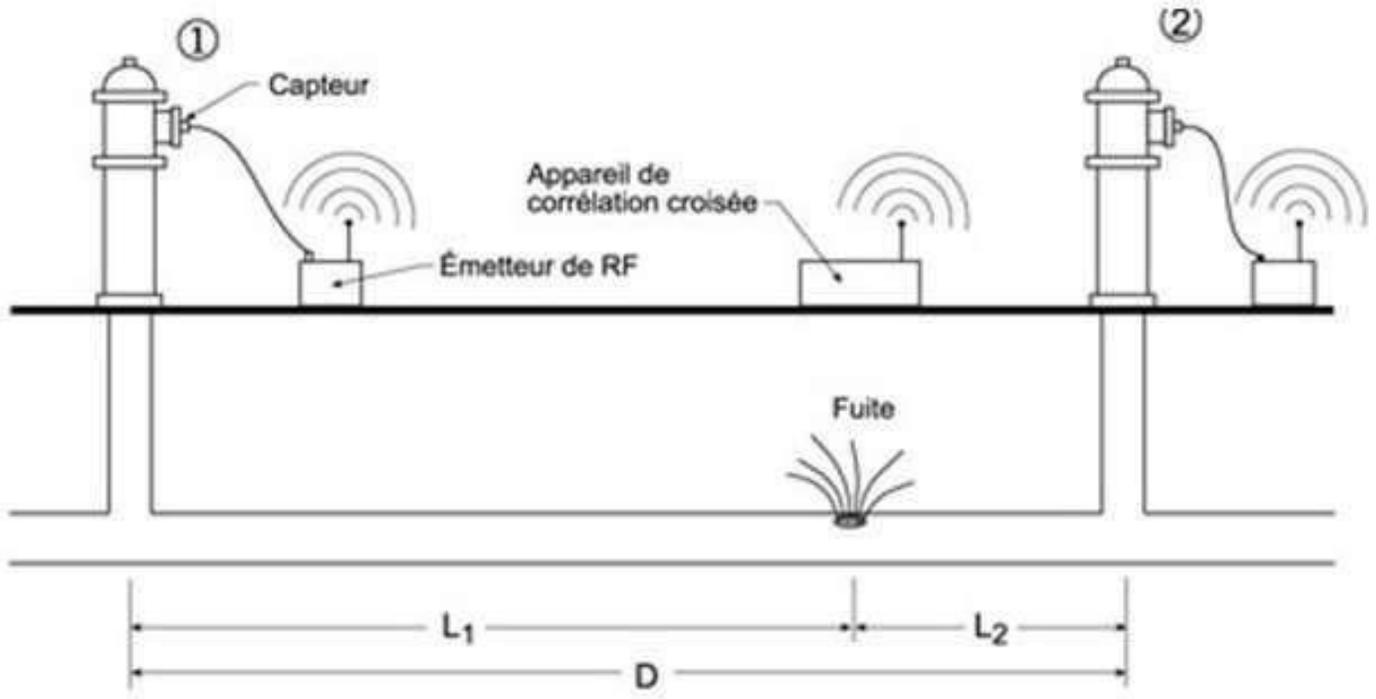
Il s'agit de mesurer le débit introduit dans les différents ilots de la zone du réseau étudiée. L'ilotage est généralement réalisé de nuit lorsque les consommations sont minimales et l'impact pour les usagers limité ce qui permet d'assimiler les débits mesurés aux pertes de l'îlot



Robinet vanne d'arrêt

# Opération d'écoute du réseau

L'opérateur écoute le réseau avec un stéthoscope et identifie le bruit généré par une fuite. Cette méthode rustique d'auscultation des réseaux a des performances qui dépendent de l'expérience de l'opérateur.



Temps mis par le signal ① pour arriver :  $T_1 = L_1 / V$ , où  $V$  représente la vitesse de propagation du son dans la conduite  
 Temps mis par le signal ② pour arriver :  $T_2 = L_2 / V$   
 Décalage du signal ② par rapport au signal ① :  $\Delta T = T_2 - T_1 = (L_2 - L_1) / V$   
 $L_2 = D - L_1 \Rightarrow \Delta T = (D - 2L_1) / V \Rightarrow L_1 = (D - V\Delta T) / 2$



Amplificateur d'écoute direct

## *Durée de vie*

### ■ **Canalisations :**

- Fonte : 50 *ans*
- PVC : 30 *ans*

### ■ **Ouvrages de génie civil :** 25 à 40 *ans*

### ■ **Matériel électromécanique** : 5 à 15 *ans*

### ■ **Pompes** : 15 000 à 20 000 *h*



PAM

*fonte*



PVC



*Pompe électromécanique*

## Dimensionnement des conduites d'eau potable domestique

Le dimensionnement des conduites d'eau potable domestique est une étape essentielle pour assurer un débit suffisant, une pression adéquate et un fonctionnement efficace du réseau. La démarche générale pour dimensionner un réseau d'eau potable est la suivante :

Appareils	Débits	Ø intérieurs mini
Poste d'eau robinet 1/2	0,33 l/s	12 mm
Poste d'eau robinet 3/4	0,42 l/s	13 mm
W.C avec réservoir de chasse	0,12 l/s	10 mm
W.C avec robinet de chasse	1,50 l/s	Au moins le Ø du robinet



## 1. Collecte des données initiales

### a. Débits de consommation :

- Consommation moyenne journalière : entre 100 et 200 L/jour/personne (selon les normes locales).
- Consommation de pointe :
  - Débit journalier maximal ( $Q_j$ ) :  $Q_m \cdot K_1$ ,
  - Débit horaire maximal ( $Q_h$ ) :  $Q_m \cdot K_2$ , où  $K_1$  et  $K_2$  sont les coefficients de pointe journalière et horaire.

### b. Pression minimale requise :

- Dans les bâtiments : 2 à 3 bars au niveau des robinets.
- En amont des compteurs : généralement 4 bars minimum.

### c. Longueur et topographie :

- Longueur totale des conduites.
- Pertes de charge dues aux élévations et au frottement.

### 2. Calcul des débits et des diamètres

#### a. Loi de continuité :

$$Q = v \cdot S$$

où :

- $Q$  : débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),
- $v$  : vitesse de l'eau ( $\text{m}/\text{s}$ ),
- $S$  : section de la conduite ( $\text{m}^2$ ).

#### Vitesse admissible :

- Réseaux principaux : entre 0,5 et 2  $\text{m}/\text{s}$ .
- Branchements domestiques : environ 0,5  $\text{m}/\text{s}$ .

# Dimensionnement des conduites d'eau potable domestique

## b. Formule de Hazen-Williams :

Utilisée pour calculer les pertes de charge dans les conduites d'eau potable :

$$h_f = 10,67 \cdot \frac{L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

où :

- $h_f$  : perte de charge (m),
- $L$  : longueur de la conduite (m),
- $Q$  : débit (m<sup>3</sup>/s),
- $D$  : diamètre intérieur (m),
- $C$  : coefficient de rugosité (plastique/PVC : 150 ; acier : 120).

## c. Diamètre minimal recommandé :

$$D \approx \left( \frac{10,67 \cdot L \cdot Q^{1,852}}{h_f \cdot C^{1,852}} \right)^{1/4,87}$$

### 3. Étapes pratiques pour dimensionnement

1. Déterminez la consommation totale (débit  $Q$ ) :
  - Nombre de personnes desservies.
  - Consommation moyenne et de pointe.
2. Choisissez la pression minimale requise (en tenant compte des pertes de charge et de l'élévation du terrain).
3. Estimez les pertes de charge :
  - $h_f$  doit être compatible avec la pression disponible.
4. Choisissez un diamètre correspondant au débit calculé.

## 4. Exemple de dimensionnement

### Données :

- Nombre de personnes : 100.
- Consommation moyenne : 150 L/jour/personne.
- $K_1 = 1,5$ ,  $K_2 = 2$ .
- Longueur du réseau : 200 m.
- Perte de charge admissible : 5 m.
- Matériau de la conduite : PVC ( $C = 150$ ).

### Étapes :

1. Calcul du débit moyen :

$$Q_m = \frac{100 \cdot 150}{86400} = 0,1736 \text{ L/s.}$$

2. Calcul du débit de pointe journalière :

$$Q_j = Q_m \cdot K_1 = 0,1736 \cdot 1,5 = 0,260 \text{ L/s.}$$

3. Débit horaire maximal :

$$Q_h = Q_m \cdot K_2 = 0,1736 \cdot 2 = 0,347 \text{ L/s.}$$

4. Calcul du diamètre avec Hazen-Williams :

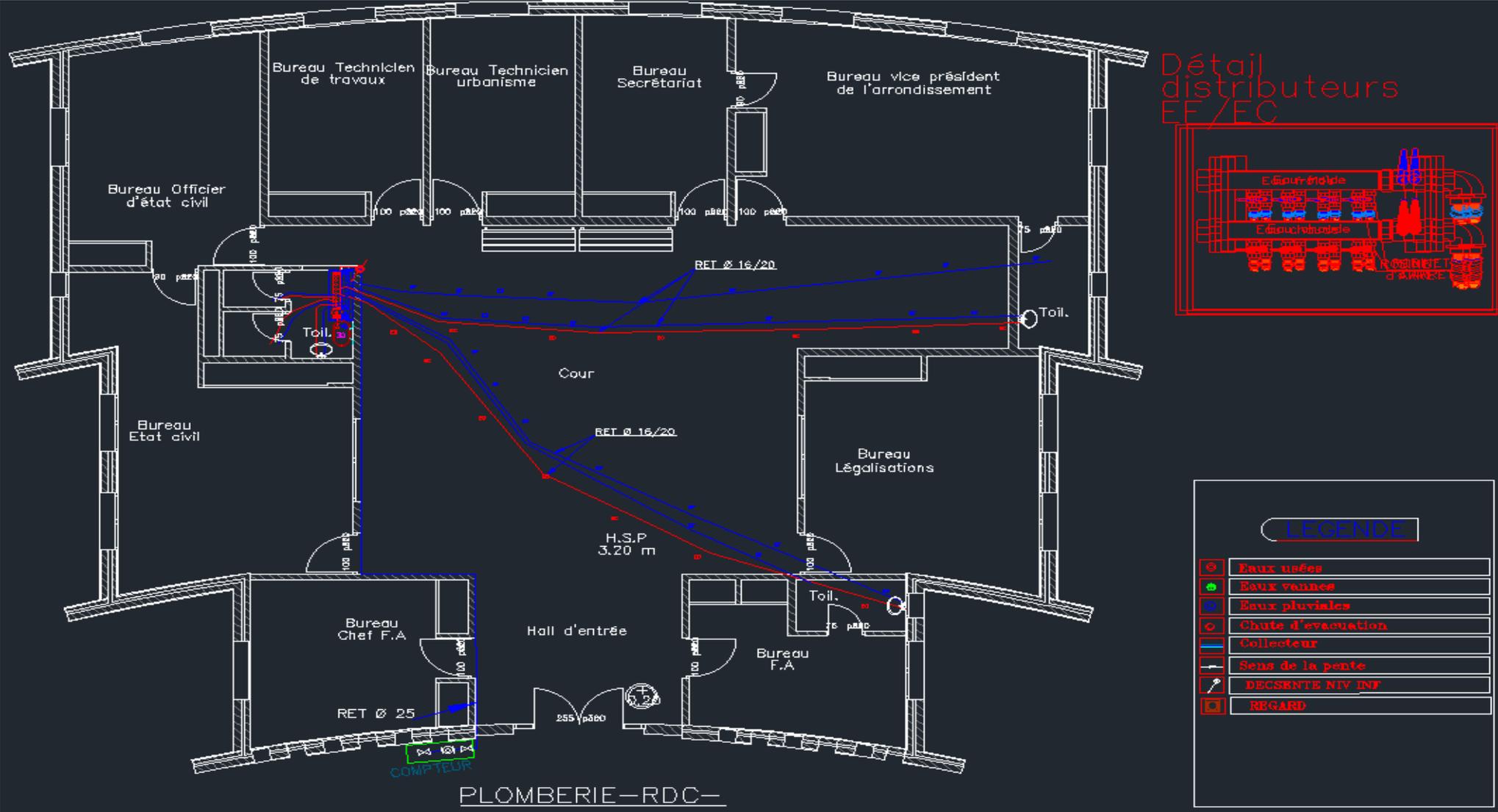
$$D = \left( \frac{10,67 \cdot 200 \cdot (0,347)^{1,852}}{5 \cdot (150)^{1,852}} \right)^{1/4,87}.$$

5. Résultat approximatif :

$$D \approx 50 \text{ mm (50 mm PVC pour le débit estimé).}$$

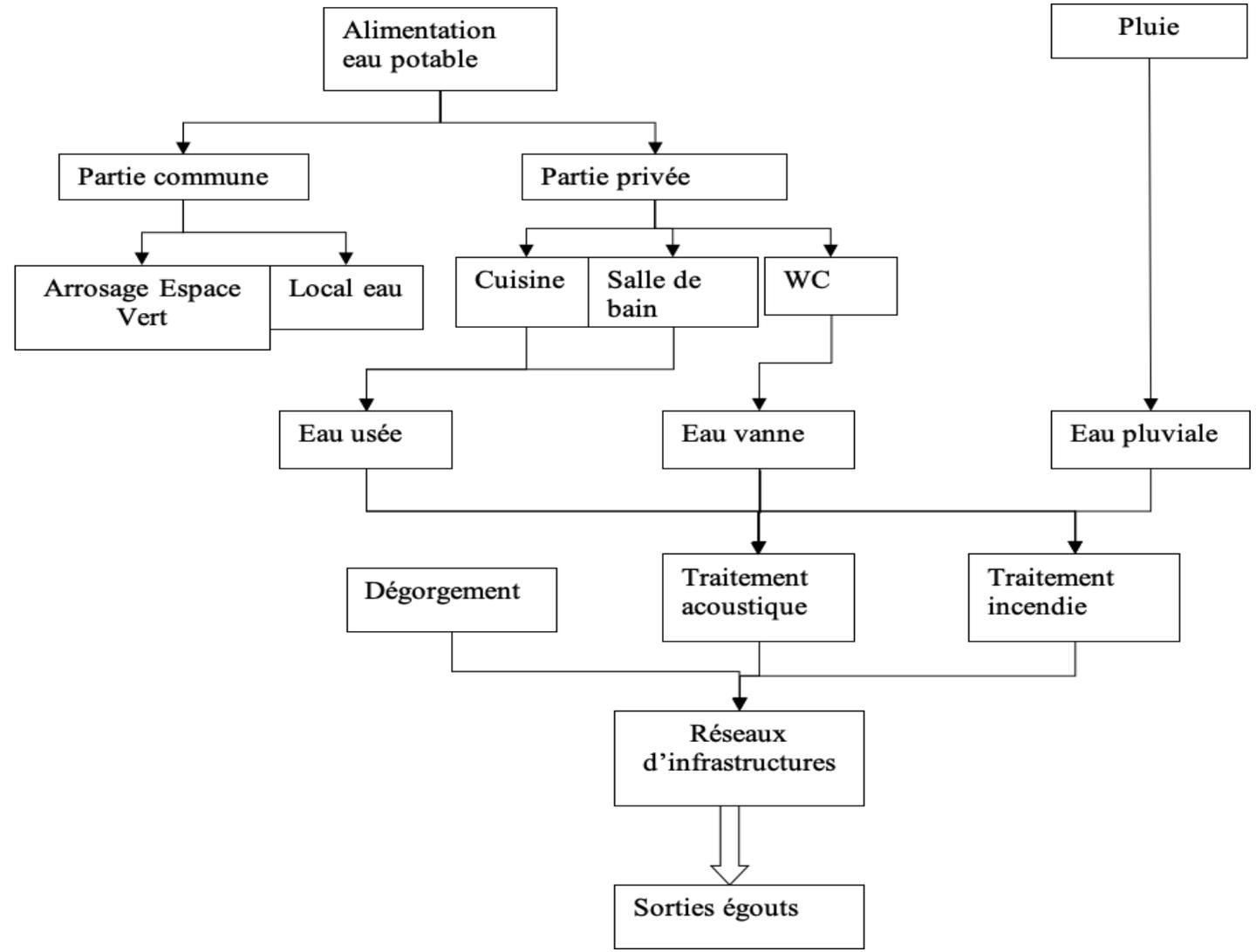
# Dimensionnement des conduites d'eau potable domestique

Exemple d'un Plan de Plomberie pour un RDC du bâtiment



# Résumé : Analyse fonctionnelle

## Résumé : Analyse fonctionnelle



Traditionnellement, les réseaux d'assainissement sont classifiés en deux types :

Réseaux d'assainissement **unitaires**

Réseaux d'assainissement **séparatifs**

Un **réseau unitaire** est un système de collecte où toutes les eaux (eaux usées et eaux pluviales) se mélangent et transitent par **une seule** et même canalisation.

Une alternative à ce système est la construction de **réseaux séparatifs** où l'eau de pluie et les eaux usées possèdent chacune leur réseau d'évacuation **séparé**. Les eaux de pluie retournant au milieu naturel, tandis que les eaux usées vont en station de traitement.

Cette classification traditionnelle a une variante qui ne s'adapte pas de façon rigoureuse à aucune des deux types : **les réseaux pseudo-séparatifs** et **les réseaux séparatifs doubles**.

### Les eaux d'évacuation

**Les eaux pluviales (EP)** évacuées par les toitures, les dallages extérieurs, les rampes des garages, le drainage périphérique.

Les eaux domestiques sont :

**Les eaux vannes (EV)** qui provient du WC.

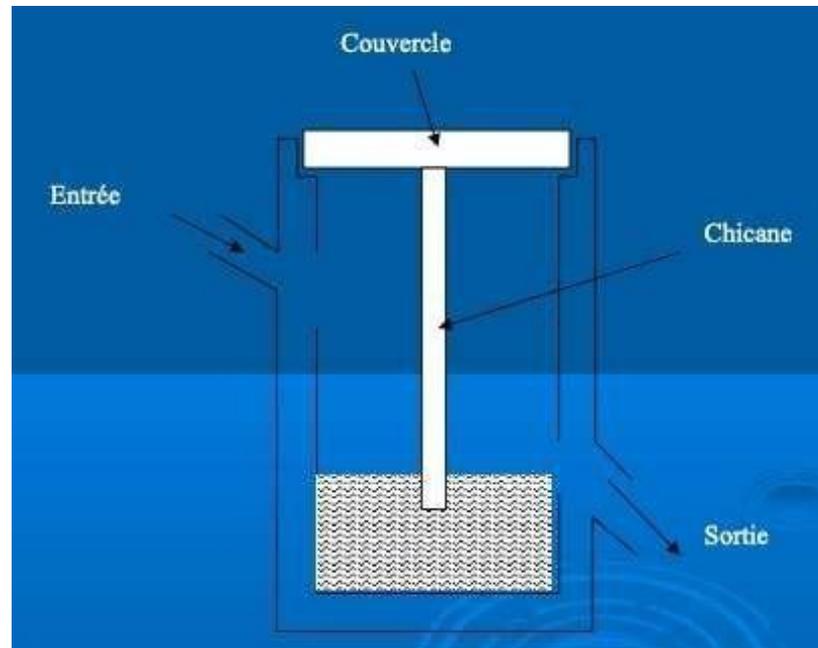
**Les eaux usées (EU)** ou ménagères qui proviennent des appareils de cuisine ou des salles de bains ( machines à laver, lavabos...)

**L'égout** : canalisation enterrée destinée à recueillir les eaux usées et/ou pluviales et à les acheminer jusqu'au lieu de traitement ou de rejet.



### Les regards siphon

Ce sont des regards composés de deux compartiments séparés par une chaîne plus basse que le niveau d'eau et qui sépare l'entrée et la sortie du regard ce qui empêche le passage des mauvaises odeurs vers le collecteur.

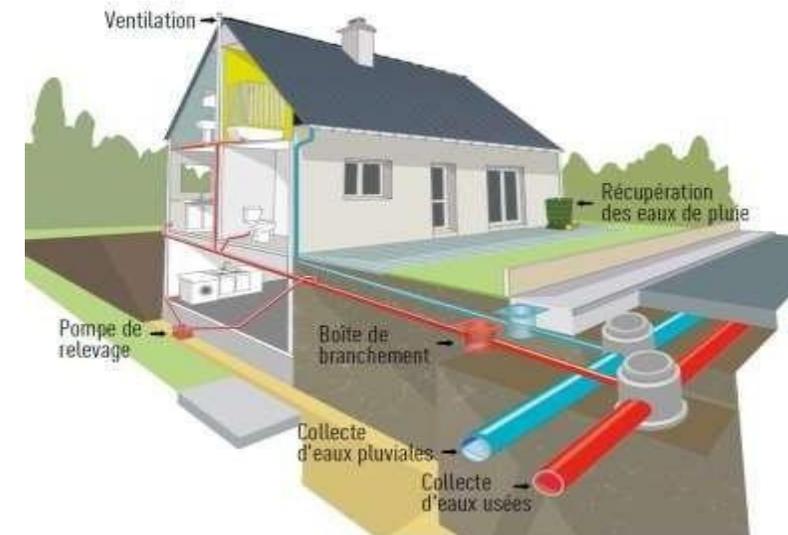
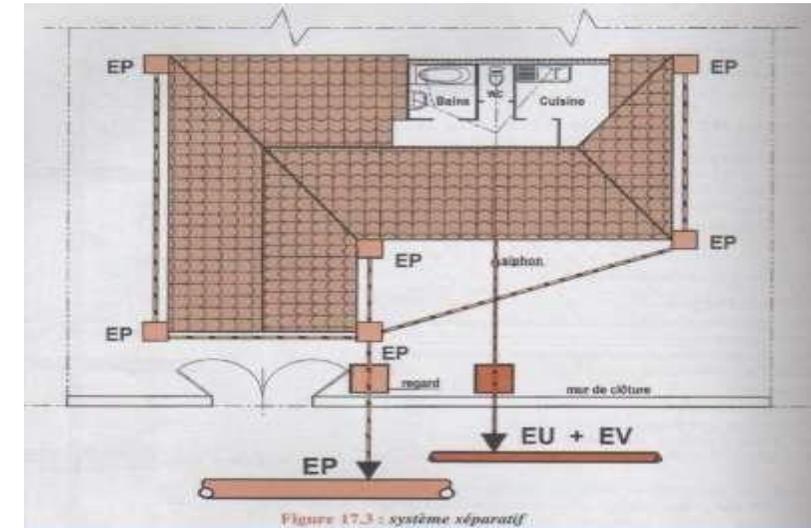


### Système séparatif

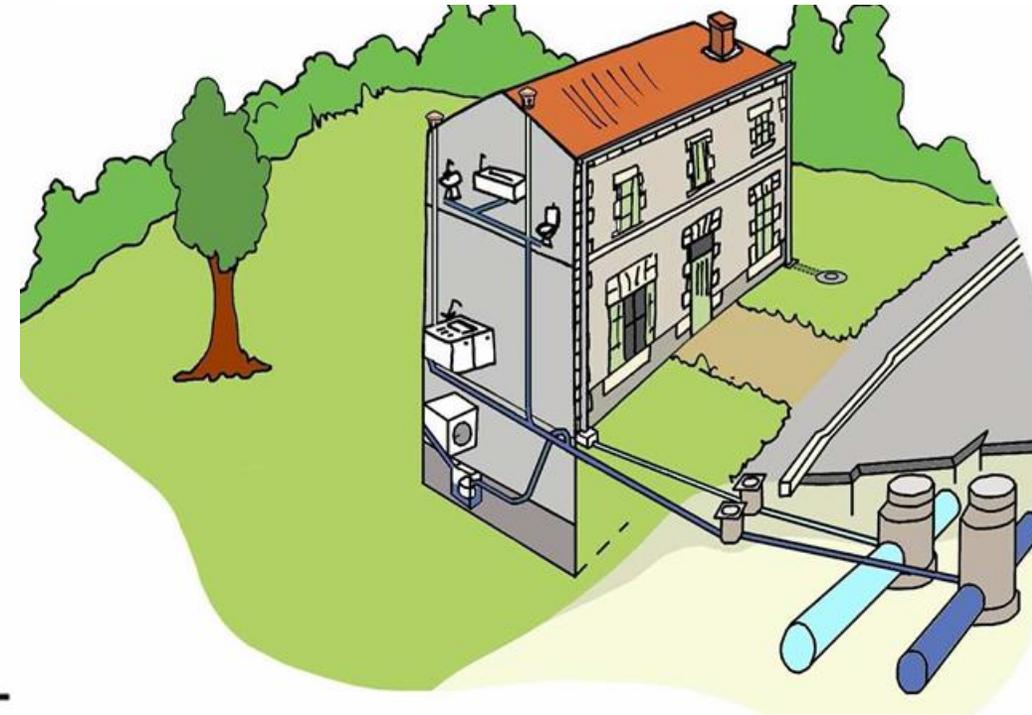
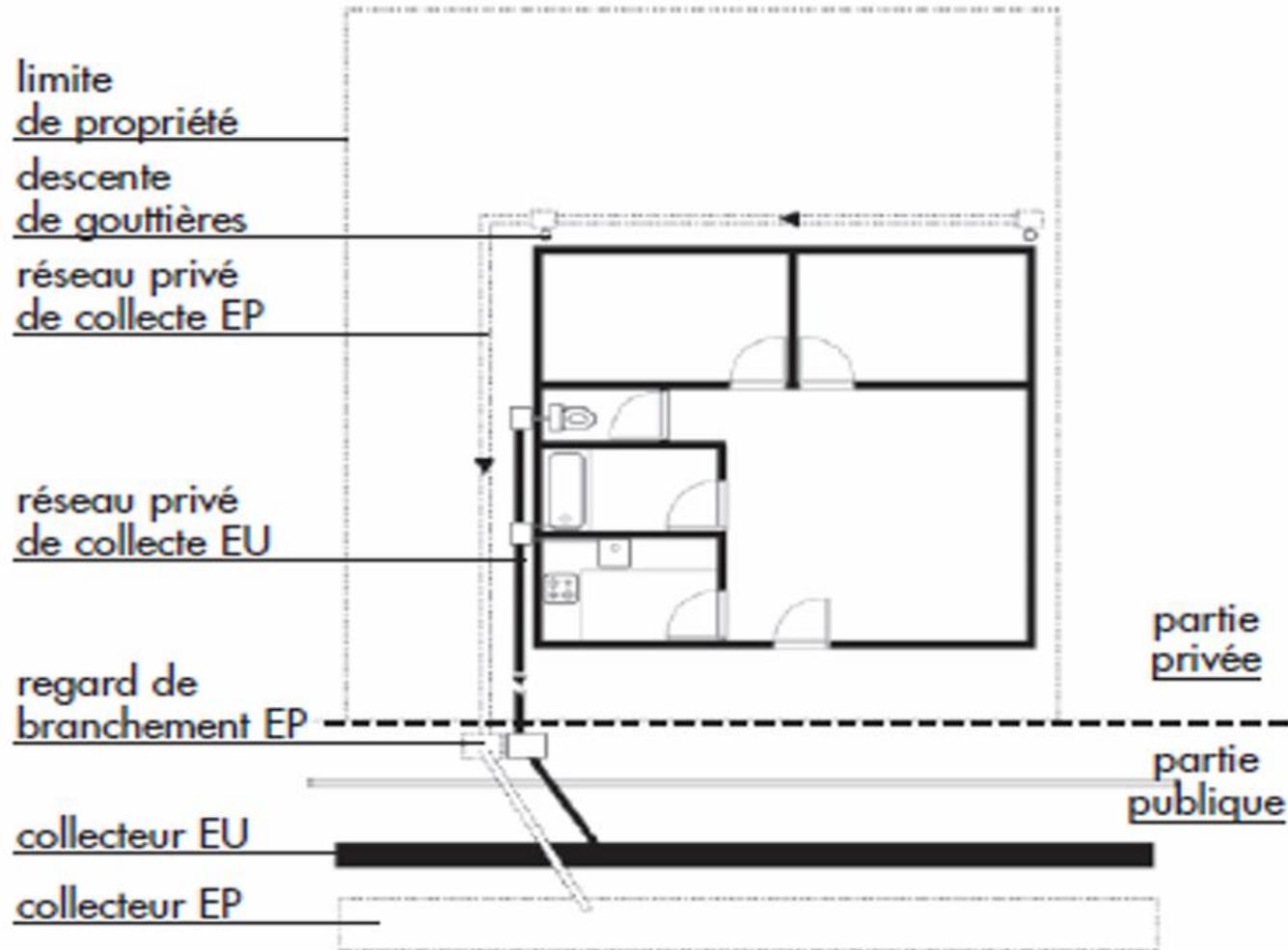
On appelle système séparatif, le système d'évacuation qui possède deux catégories de collecteurs : les collecteurs qui véhiculent d'une part les eaux de pluie (les collecteurs d'eaux pluviales) et ceux qui véhiculent les eaux usées (les collecteurs d'eaux usées).

Le système séparatif évite de surcharger la station de traitement des eaux usées en cas de forte pluie.

Les deux réseaux sont placés **en parallèle**. Le collecteur d'eaux pluviales a un diamètre plus important que celui des usées et est placé à un niveau plus bas dans la voie publique

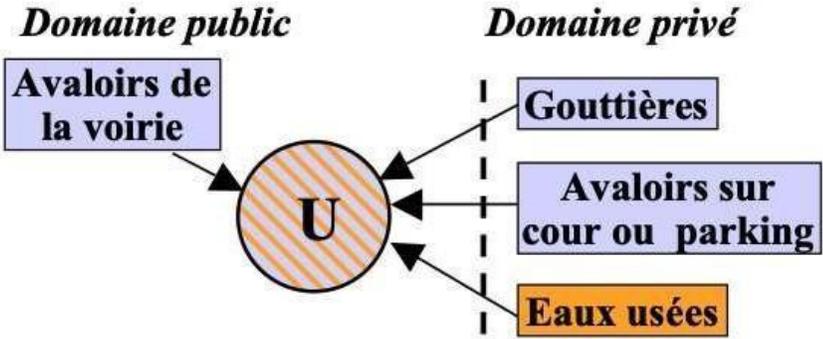


## Systeme séparatif

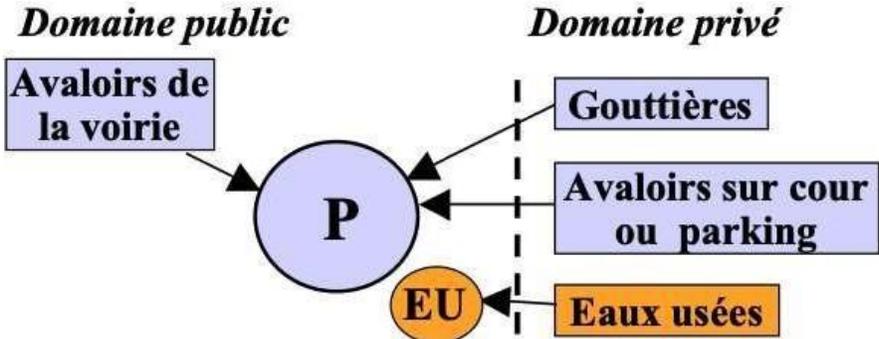


# Réseaux d'assainissement

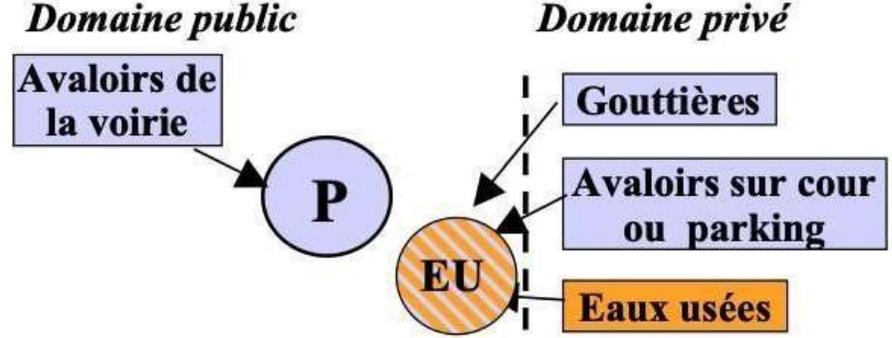
## RESEAU UNITAIRE



## RESEAU SEPARATIF



## RESEAU PSEUDO SEPARATIF



## QUEL RESEAU CHOISIR?

### Le réseau séparatif si:

- ❖ **population dispersée + possibilité évacuation des EP par voie superficielle**
- ❖ **nécessité de postes de pompage**

### Le réseau unitaire si réseau séparatif pas possible économiquement:

- ❖ **exutoire naturel loin des points de collecte**
- ❖ **surface imperméabilisée très élevée et pentes fortes  $\Rightarrow$  ouvrages importants, visitables avec fortes vitesses**

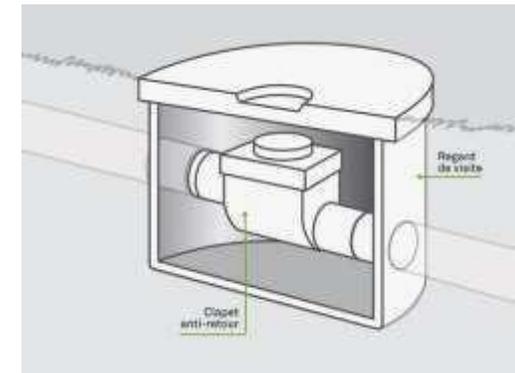
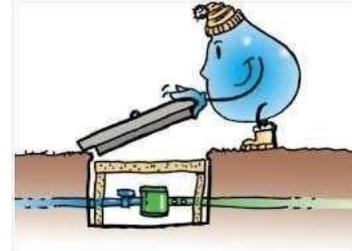
### Regards de visites

Ce sont des ouvrages en béton armé, qui jouent le rôle de fenêtres permettant au personnel d'exploitation d'accéder au réseau, ils sont destinés aussi à la fois à recevoir les eaux usées provenant des branchements particuliers ou les eaux pluviales provenant de chaussées, mais aussi à l'aération des réseaux.

On les place dans les cas suivants :

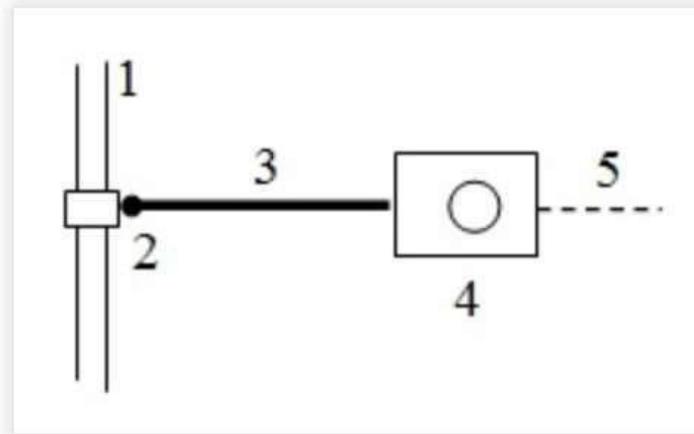
- Changement de direction ou de pente des collecteurs
- Changement de diamètre des collecteurs
- Dans le cas d'une chute
- Pour une intersection entre deux conduites

En alignement droit la distance maximale entre les regards de visite est environ 50m pour les eaux usées et 70m pour les eaux pluviales.



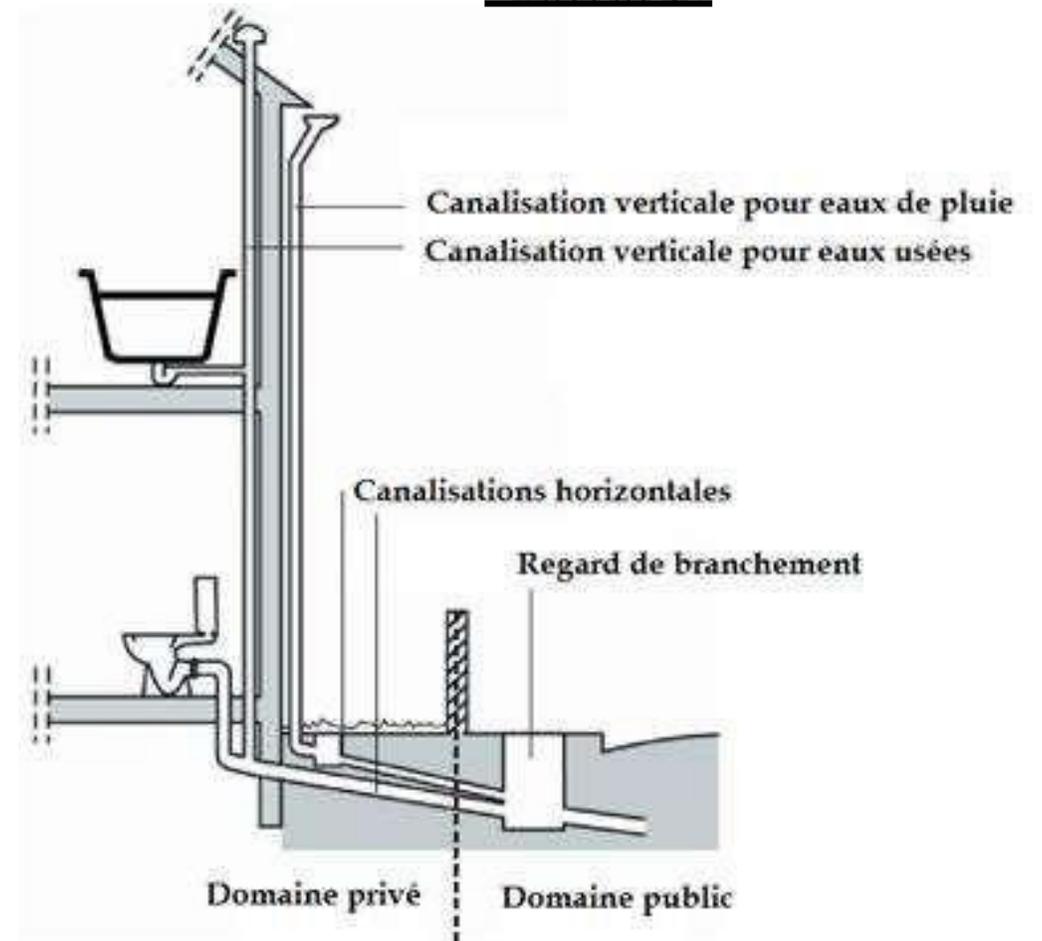
## Raccordement & Evacuation

### Raccordement & branchement



- 1 Réseau de distribution
- 2 Prise en charge avec robinet d'arrêt
- 3 Canalisation de branchement
- 4 Compteur avec robinet d'arrêt
- 5 Réseau de l'abonné

### Evacuation



# Ouvrages d'adduction et de distribution

- Canalisation, robinetteries
- Borne fontaines, branchements
- Appareillage hydraulique : ventouse, vidanges

Laisser échapper l'air stocké  
dans les conduites



*Tuyau PVC*



*Canalisation HDPE*



*Borne fontaine*



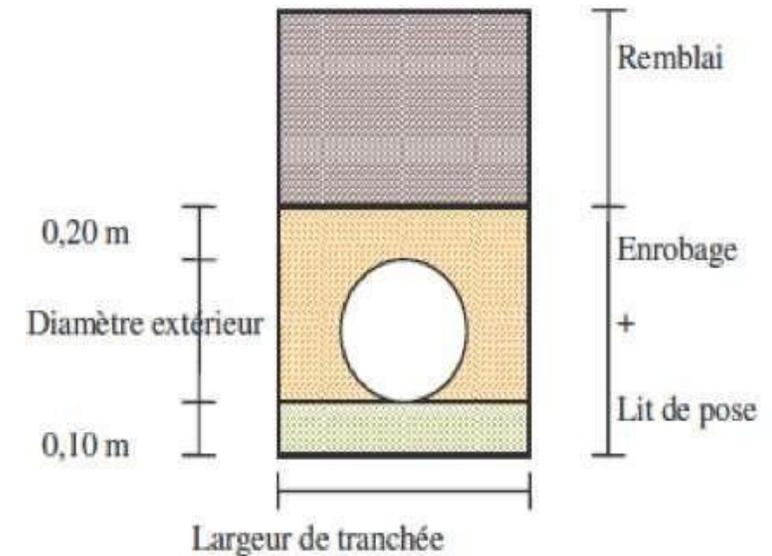
*Ventouse*

### Schéma type de mise en œuvre d'une conduite

- On admet une profondeur de pose moyenne  $h=1\text{ m}$  et qui oscille dans l'intervalle  $0,8\text{ m} \leq h \leq 5\text{ [m]}$ .

#### Matériaux des canalisations

- ❖ **Fonte ductile**
  - ⇒ peut être utilisé, pour assainissement « à risque »
- ❖ **Matières plastiques (PVC et polyéthylène)**
  - ⇒ petites sections circulaires uniquement ( $\varnothing < 50\text{ cm}$ )
- ❖ **Amiante ciment (fibrociment)**
  - ⇒ caractéristiques voisines du PC
- Béton non armé**
  - ⇒ utilisé en préfabrication
- ❖ **Béton armé**
  - ⇒ pour grandes sections



#### Caractéristiques nécessaires des canalisations

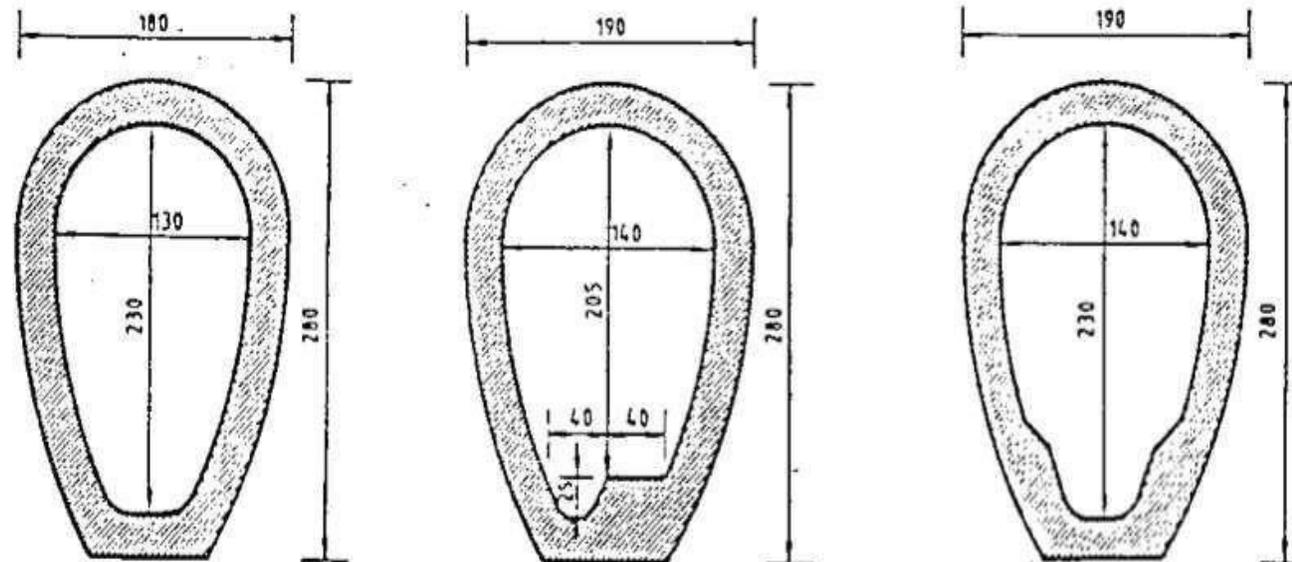
- Étanchéité
- Inertie à l'action des polluants
- Epaisseur suffisantes pour résister aux surcharges
- Faible rugosité

## Caractéristiques des égouts

- Types et formes de canalisations
- circulaire ( $\varnothing$  10 cm à  $> 4$  m)
- ovoïde (hauteur 1 à 2 m)
- profils particuliers (canalisations visitables)

Exemples:

Egouts élémentaires visitables

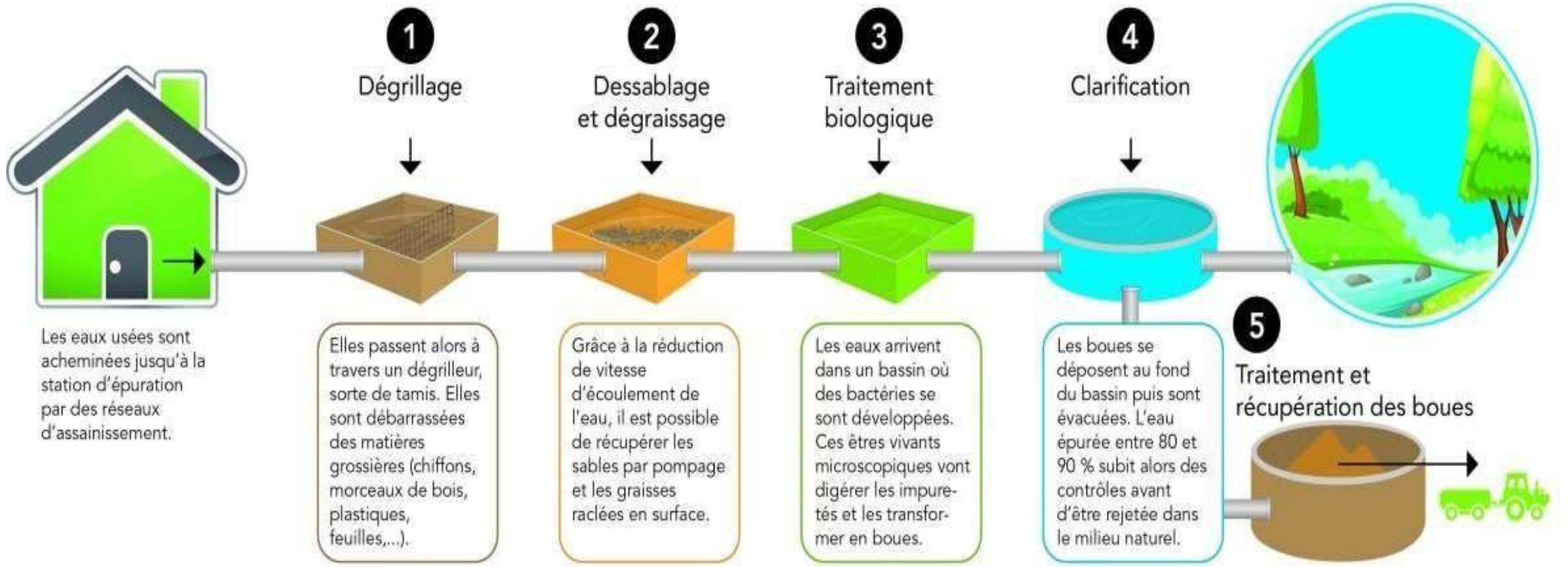


# Traitement des Eaux Usées



## 5 ÉTAPES POUR ÉPURER LES EAUX USÉES

OUI



## 1ère étape : le dégrillage

Les eaux usées qui sortent de ta maison sont acheminées jusqu'à la station d'épuration par des réseaux d'assainissement.



Elles passent alors à travers un dégrilleur, une sorte de tamis, qui les débarrasse des matières grossières et inertes (chiffons, morceaux de bois, plastiques, feuilles,...).

Après le nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères.

Le tamisage, qui utilise des grilles avec de plus faibles espacements, peut compléter cette phase du prétraitement

### 2ème étape : le dessablage et le déshuilage

Les étapes suivantes permettent de débarrasser l'eau des matières qui n'ont pas été arrêtées par le dégrillage. Grâce à la réduction de vitesse de l'écoulement, il est possible de récupérer Les sables (par pompage) et les graisses (qui sont raclées en surface)

Les eaux s'écoulent d'abord dans un premier bassin (appelé le « dessaleur ») où les matières plus lourdes que l'eau (sables, graviers,...) se déposent au fond, Puis elles passent dans un deuxième bassin, où les graisses seront récupérées en surface.



Les bassins sont équipés d'un pont automoteur et de pompes aératrices. Ces pompes, installées le long de chaque ouvrage, diffusent de fines bulles d'air qui favorisent la remontée des graisses et corps flottants en surface.

Le pont automoteur assure un raclage de surface pour pousser les flottants sur des goulottes et bâches de pompage.

Les produits récupérés sont évacués en vue d'un traitement ultérieur. (Traitement des boues) Les eaux sont alors évacuées et continuent leur assainissement dans la station.

## 3ème étape : le traitement biologique

C'est la partie essentielle du traitement.

Elle consiste à reproduire, mais en accéléré, le processus naturel qui existe dans les rivières.

Les eaux arrivent dans un bassin où se sont développées des bactéries. Ces êtres vivants microscopiques vont digérer les impuretés et les transformer en boues.



Ces techniques se réalisent avec oxygène (aérobies) ou sans oxygène (anaérobies). En France, c'est le procédé des boues actives (avec oxygène) qui est le plus répandu.

### 4ème étape : la clarification

Cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques.

Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs".  
Les boues se déposent au fond du bassin, où elles sont raclées et évacuées.



L'eau débarrassée de 80 à 90 % de ses impuretés subit alors des analyses et des contrôles avant d'être rejetée dans le milieu naturel.

### 5ème étape : le traitement des boues

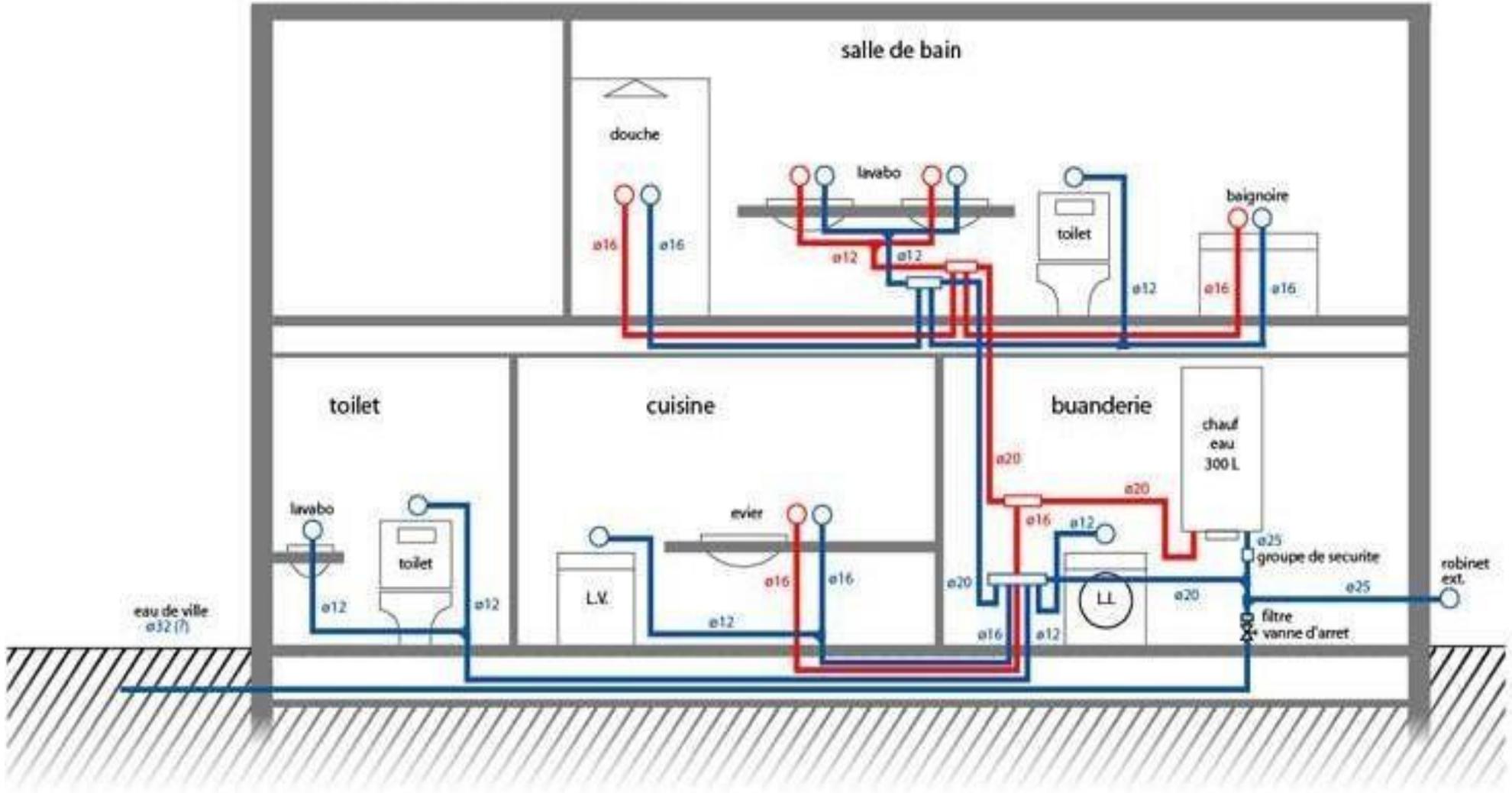
Une station d'épuration produit 2 litres de boues résiduaires par habitant et par jour. Les boues récupérées lors de la décantation, le traitement biologique et la clarification doivent être traitées.



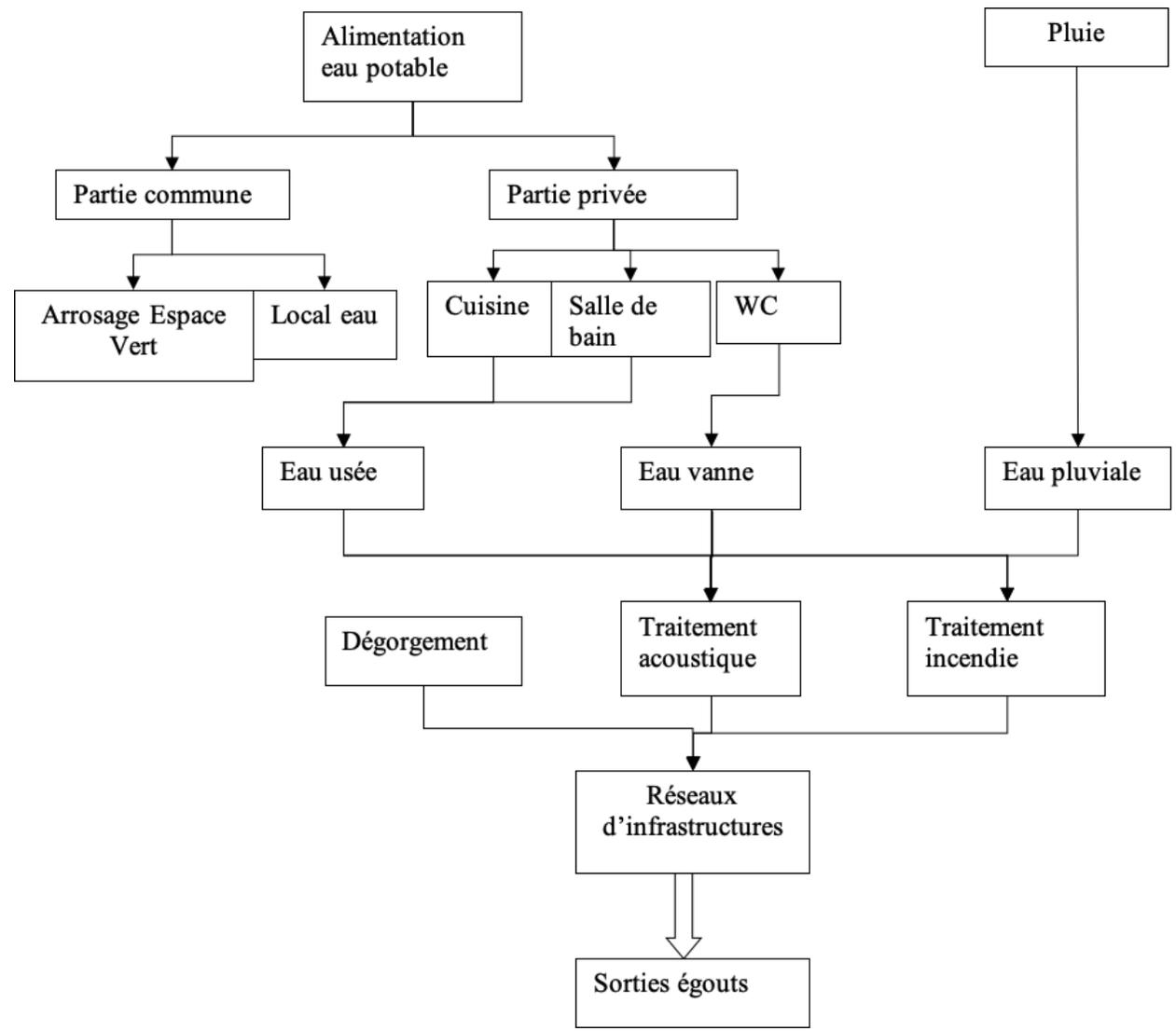
Ces boues sont généralement utilisées en agriculture comme engrais. Une fois sèches, elles peuvent également être incinérées ou mises en décharge (solution plus coûteuse).

# Exemple de plan d'installation sanitaire

Schématique alimentation de l'eau



# Résumé : Analyse fonctionnelle



- ❖ **Choix du mode d'assainissement**
- ❖ **Choix du type de réseau**
- ❖ **Localisation des points de rejets**
- ❖ **Type et implantation des ouvrages de stockage**
- ❖ **Implantation des ouvrages de traitement**
- ❖ **Tracé en plan du réseau**
- ❖ **Dimensionnement**

**Pas de solution unique – Analyser plusieurs variantes**

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### ❖ Données naturelles

- Pluviométrie
- Topographie
- Hydrographie
- Géologie

### ❖ Caractéristiques de l'agglomération

- Importance et nature
- Modes d'occupation du sol
- Assainissement déjà en place
- Développement futur de l'agglomération

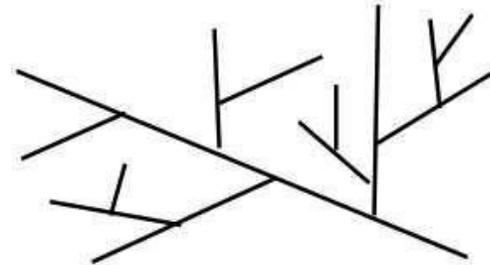
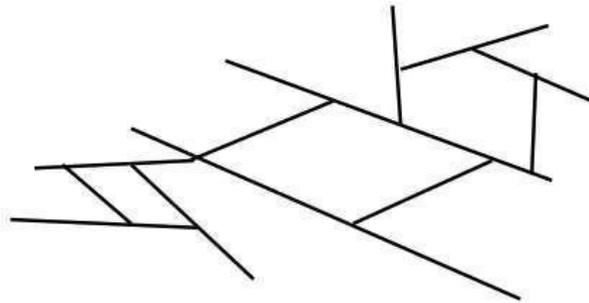
### ❖ Contraintes liées à l'assainissement

- Conditions de transport des eaux usées
- Facilité d'exploitation
- Réduction des nuisances

# Tester mes connaissances

## Tester mes connaissances

1. C'est quoi un îlotage et qu'il est son utilité pour résoudre les problèmes d'assainissement ?
2. Quels sont les types des réseau de distributions des eaux potables ?



3. Quels sont les étapes de traitement des EU ?
4. Calculer la pression engendrée par un réservoir situé à une hauteur de 15 m?
5. Quels sont les deux types d'adduction ?
6. Comment remédier à un problème de coup de bélier
7. Quels sont les paramètres de dimensionnement d'un réseau d 'AEP ?

## Dimensionnement des conduites d'assainissement

Le dimensionnement des conduites d'assainissement consiste à déterminer leurs caractéristiques (diamètre, pente, matériau, etc.) afin d'assurer un écoulement efficace des eaux usées ou pluviales tout en évitant les débordements ou obstructions. Les étapes principales pour dimensionner des conduites d'assainissement sont les suivantes :



## 1. Identifier le type de réseau

- Réseau séparatif :
  - Un conduit pour les eaux usées.
  - Un autre pour les eaux pluviales.
- Réseau unitaire :
  - Un seul conduit pour les deux types d'eau.

## 2. Collecte des données essentielles

- Population desservie (habitant ou équivalent-habitant).
- Consommation d'eau (pour les eaux usées) :
  - Valeur moyenne : entre 80 et 150 L/jour/habitant.
- Surface imperméable (pour les eaux pluviales).
- Intensité de pluie de projet (en mm/h, basé sur des études hydrologiques locales).
- Topographie et pente naturelle du terrain.

## 2. Calcul des débits

- **Eaux usées :**

$$Q_{\text{eaux usées}} = N \cdot C,$$

où  $N$  est le nombre d'habitants ou de consommateurs, et  $C$  est la consommation moyenne quotidienne d'eau par habitant.

- **Eaux pluviales :**

$$Q_{\text{eaux pluviales}} = I \cdot A \cdot C_v,$$

où :

- $I$  : Intensité des précipitations (mm/h),
- $A$  : Surface drainée (en  $\text{m}^2$ ),
- $C_v$  : Coefficient de ruissellement (selon les matériaux du sol).

### 3. Dimensionnement hydraulique

Le dimensionnement repose sur des formules hydrauliques, notamment la formule de **Manning-Strickler** :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

où :

- $Q$  : débit (m<sup>3</sup>/s),
- $n$  : coefficient de rugosité (dépend du matériau de la conduite),
- $S$  : section mouillée (m<sup>2</sup>),
- $R_h$  : rayon hydraulique (m),
- $i$  : pente de la conduite (sans unité).

Pour les conduites circulaires en écoulement partiellement rempli, il faut ajuster les valeurs de section et de rayon hydraulique.

#### Étapes :

1. **Choisir un diamètre initial** : basé sur les débits calculés.
2. **Vérifier les vitesses d'écoulement** :
  - Vitesse minimale : 0,6 m/s (pour éviter les dépôts).
  - Vitesse maximale : 3 m/s (pour éviter l'érosion).
3. **Ajuster le diamètre si nécessaire.**

## 5. Choix des matériaux

- **Béton** : durable, adapté pour les grands diamètres.
- **PVC** : léger, lisse, idéal pour les petits réseaux.
- **PRV (plastique renforcé de verre)** : pour des conduits spécifiques ou conditions chimiques particulières.

## 6. Exemple simplifié

Pour un réseau pluvial :

- **Surface drainée (A)** : 5 ha = 50 000 m<sup>2</sup>.
- **Intensité (I)** : 40 mm/h.
- **Coefficient de ruissellement (C<sub>v</sub>)** : 0,8.

Débit :

$$Q = I \cdot A \cdot C_v = \frac{40}{3600} \cdot 50000 \cdot 0,8 = 0,444 \text{ m}^3/\text{s}.$$

On choisit un diamètre de conduite en utilisant la formule de Manning ou des abaques.

# Dimensionnement des conduites d'assainissement

## Choix d'un diamètre de conduite avec la formule de Manning

Prenons l'exemple donné précédemment pour un débit de  $Q = 0,444 \text{ m}^3/\text{s}$ , avec les paramètres suivants :

- Pente de la conduite ( $i$ ) : 0,005 (0,5 %),
- Coefficient de rugosité ( $n$ ) : 0,013 (béton),
- Forme de la conduite : circulaire.

**Formule de Manning :**

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

- $S$  : section mouillée ( $\text{m}^2$ ),
- $R_h$  : rayon hydraulique =  $\frac{S}{P}$ , où  $P$  est le périmètre mouillé (m).

Pour une conduite circulaire pleine :

- Section  $S = \pi D^2/4$ ,
- Périmètre mouillé  $P = \pi D$ ,
- Rayon hydraulique  $R_h = \frac{S}{P} = \frac{D}{4}$ .

# Dimensionnement des conduites d'assainissement

## Étape 1 : Réarranger la formule pour $D$

Pour une conduite circulaire pleine :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Simplifions :

$$Q = \frac{\pi}{4n} \cdot D^{8/3} \cdot i^{1/2}$$

Isolons  $D$  :

$$D = \left(\frac{4nQ}{\pi \cdot i^{1/2}}\right)^{3/8}$$

## Étape 2 : Calcul

Substituons les valeurs :

- $n = 0,013,$
- $Q = 0,444 \text{ m}^3/\text{s},$
- $i = 0,005.$

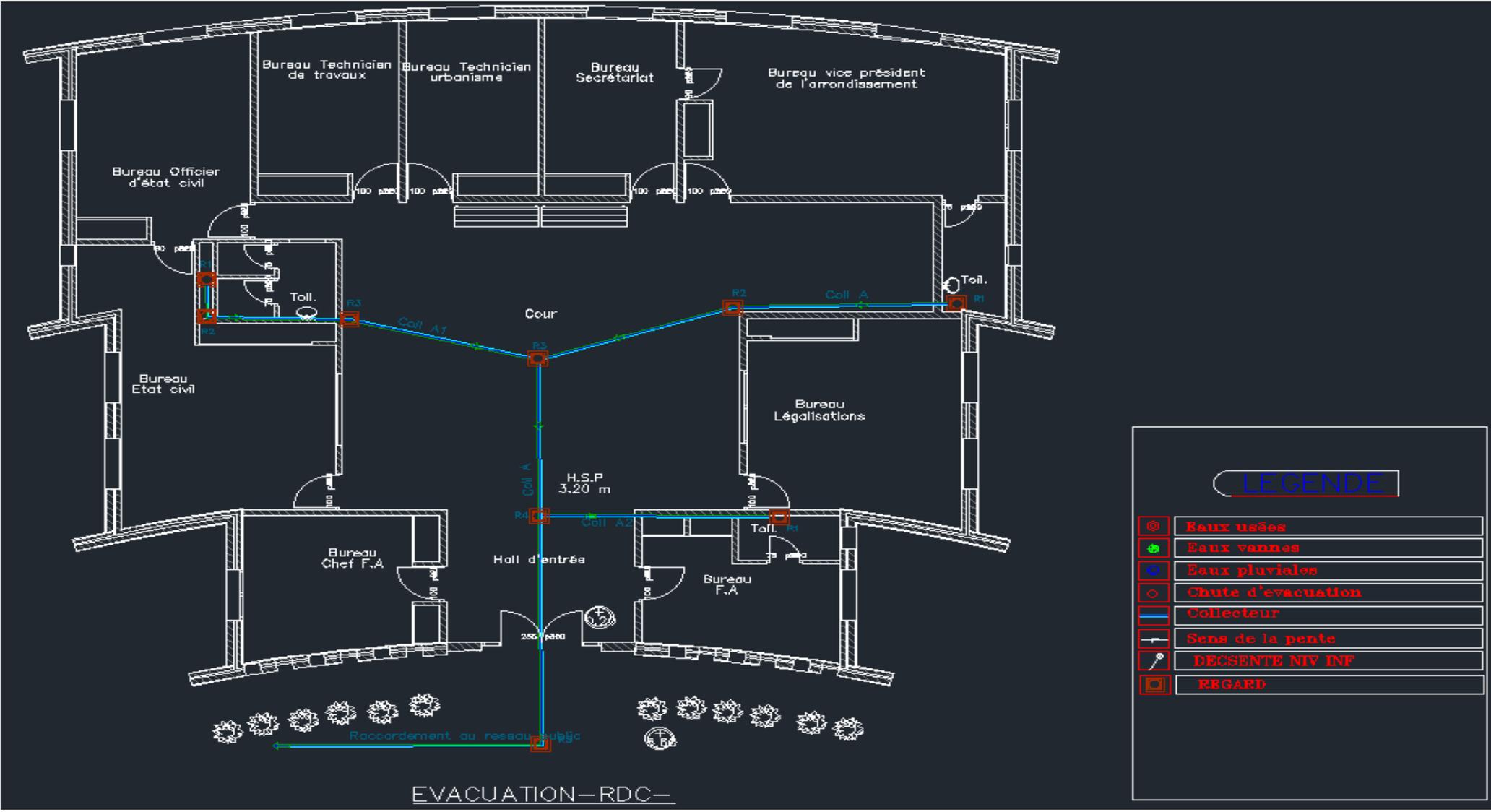
$$D = \left(\frac{4 \cdot 0,013 \cdot 0,444}{\pi \cdot \sqrt{0,005}}\right)^{3/8}$$

Calculons étape par étape :

1.  $\sqrt{0,005} = 0,07071,$
2.  $\pi \cdot 0,07071 = 0,222,$
3.  $4 \cdot 0,013 \cdot 0,444 = 0,023088,$
4.  $\frac{0,023088}{0,222} = 0,104,$
5.  $D = (0,104)^{3/8} \approx 0,39 \text{ m}.$

# Dimensionnement des conduites d'eau potable domestique

Exemple d'un Plan d'évacuation des EUs du bâtiment



## LEGENDE

	Eaux usées
	Eaux vannes
	Eaux pluviales
	Chute d'évacuation
	Collecteur
	Sens de la pente
	DESCENTE NIV INF
	REGARD