



Université Mohammed V
Faculté des Sciences
Rabat

ALIMENTATION EN EAU POTABLE

CHAPITE 1: GÉNÉRALITES

Master GOES 2017

Pr. MORARECH MOAD
Faculté des Sciences de Rabat
Département des Sciences de la Terre

I- INTRODUCTION: AEP

- Chapitre 1 : Généralités
- Chapitre 2: Notions D'hydraulique
- Chapitre 3 : Distribution d'eau potable



I- INTRODUCTION: AEP

LA DEMANDE EN EAU

- Le besoin en eau d'un usager est ce qu'il consommerait en dehors de toute contrainte économique.
Dans la conception des systèmes, c'est une simple allocation de quantité d'eau fixée par les pouvoirs publics ou le projeteur.
- La demande d'un usager est la consommation qu'il a atteinte lorsque celui-ci intègre la synthèse de ses contraintes économiques, son appréciation de la valeur sociale et sanitaire de l'eau La

I- INTRODUCTION: AEP

❑ Pour pouvoir alimenter une localité en eau, il faut que cette eau soit :

- ❖ Apte à être consommée, c'est à dire potable .Qui devra satisfaire à certaines normes de qualité /Normes de qualité..
- ❖ En quantité suffisante (pour satisfaire aux besoins de la localité)
- ❖ Fournit sous une pression minimale

❑ Le réseau de l 'A.E.P: Ensemble des ouvrages et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire ,depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés

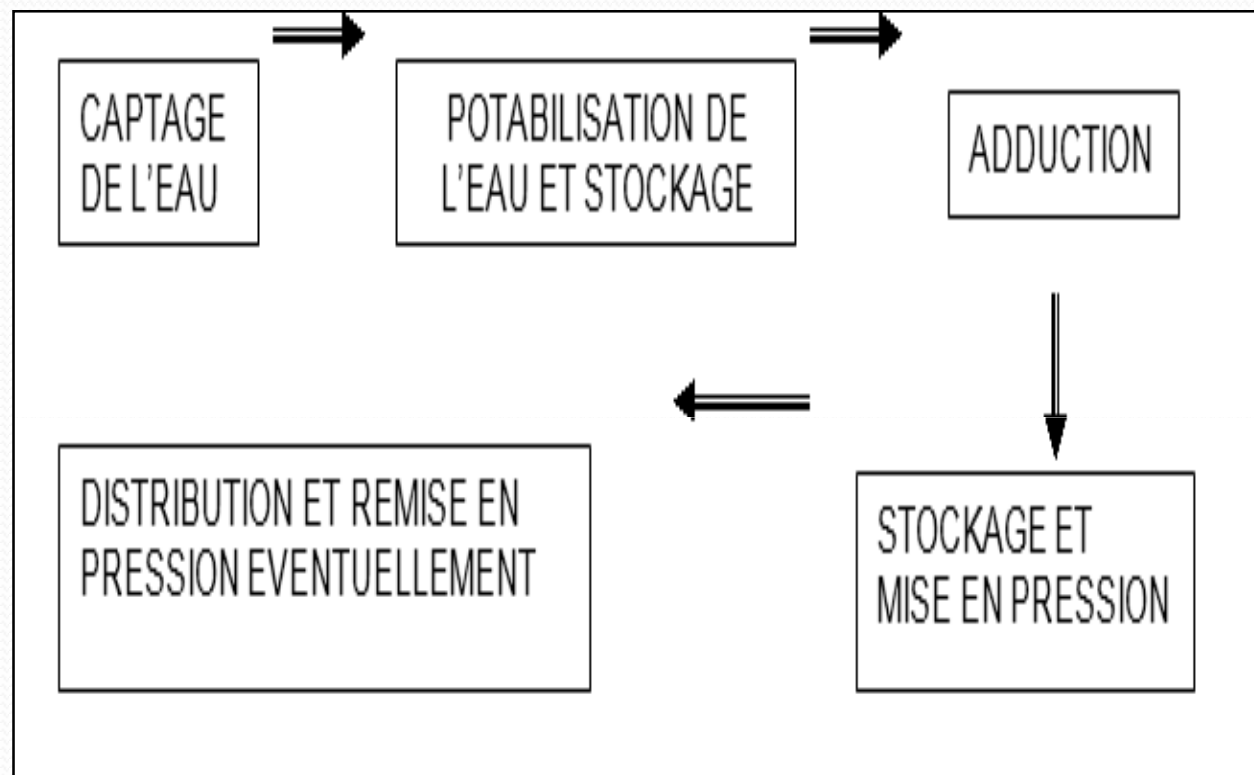
Des questions s'imposent donc lorsqu'on se propose d'alimenter une localité en eau potable :

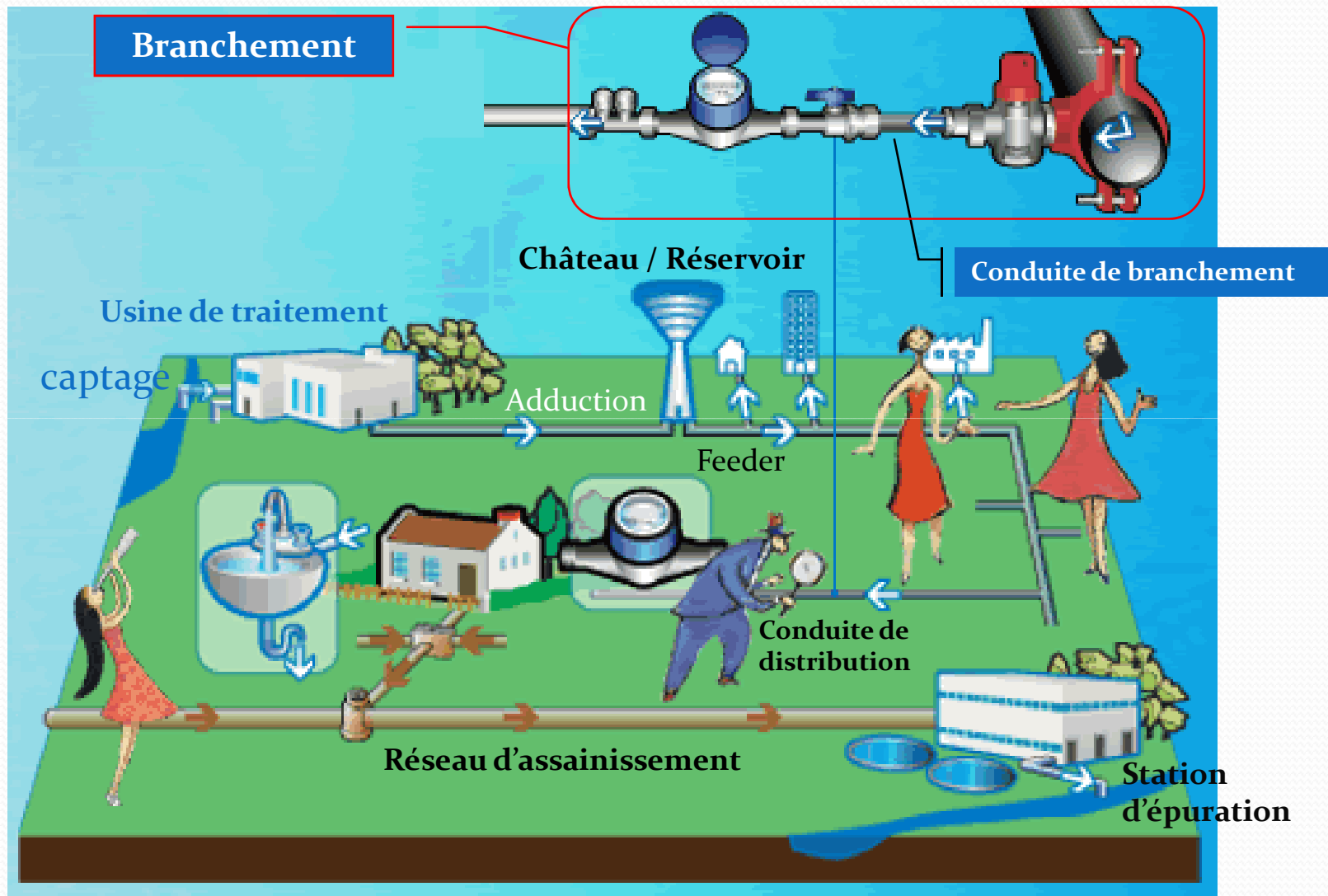
- Les besoins en eau ?
- La source d'eau ?
- La qualité de cette eau ?
- Le traitement nécessaire ?
- Le mode de transport (adduction) ?
- Le réseau de distribution ?
- Le réseau d'assainissement des eaux usées?
- Le degré de pollution des eaux usées ?
- L'épuration de ces eaux ?
- Le rejet des eaux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



INSTALLATIONS

Schéma General d'un Réseau d'AEP





INSTALLATIONS DE : **CAPTAGE**

- Ensemble des ouvrages qui permettent de capter de l'eau (au niveau de la ressource en eau) et qui peut être :
 - Une eau de surface telle qu'une rivière, source non captée sur place, ...retenue de barrage
 - Une eau de profondeur telle qu'un puits ou forage , source captée sur place, ...

INSTALLATIONS DE TRAITEMENT

- Ensemble des ouvrages qui permettent de traiter (rendre potable) une eau naturelle qui vient d'être captée.

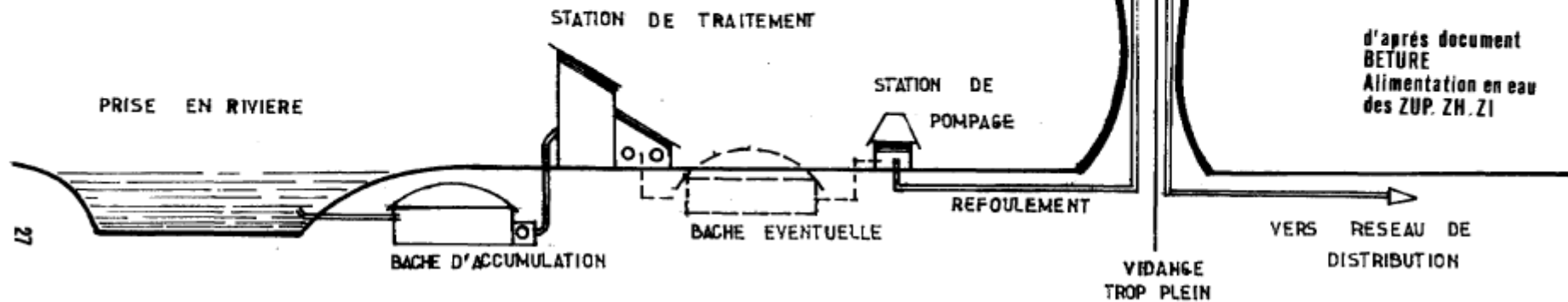
Le traitement :

- peut être très simple, par exemple pour le cas d'une eau de profondeur;
- ou éventuellement complexe, et c'est le cas d'une eau de surface (cours de traitement des eaux potables).

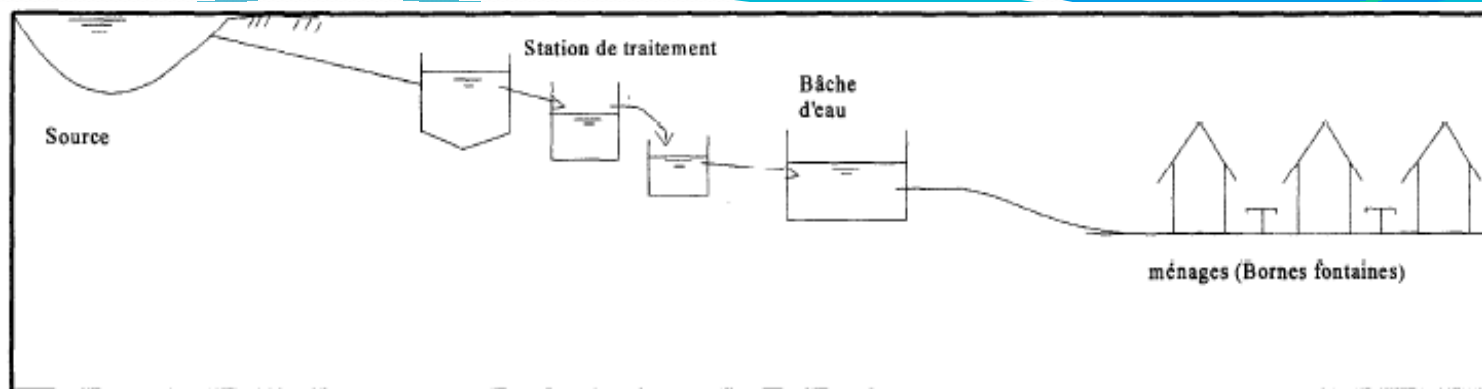
INSTALLATIONS : L 'ADDUCTION/ CONDUITE D'AMENÉE

- Ensemble des **conduites ,ouvrages** et appareillages permettant le transport de l'eau captée, jusqu'à son lieu de stockage au niveau du village:
 - ❖ **Gravitaire**, : lorsque la côte de captage de l'eau est largement supérieure à celle du stockage (au niveau du village). Par suite, l'eau coule dans des conduites sous pression et non à surface libre.
 - ❖ **Par Refoulement** (c'est à dire non gravitaire), et dans ce dernier cas, il faudra installer une station de pompage

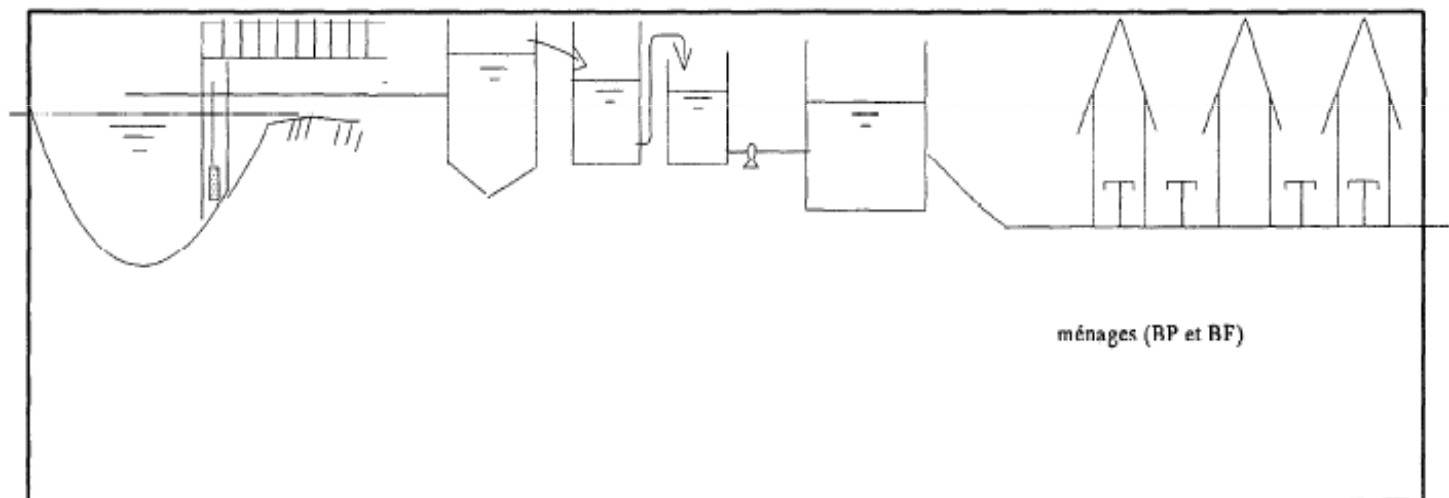
Type de réseau :- Prise en rivière-
traitement- reprise en réservoir surélevé
puis distribution gravitaire



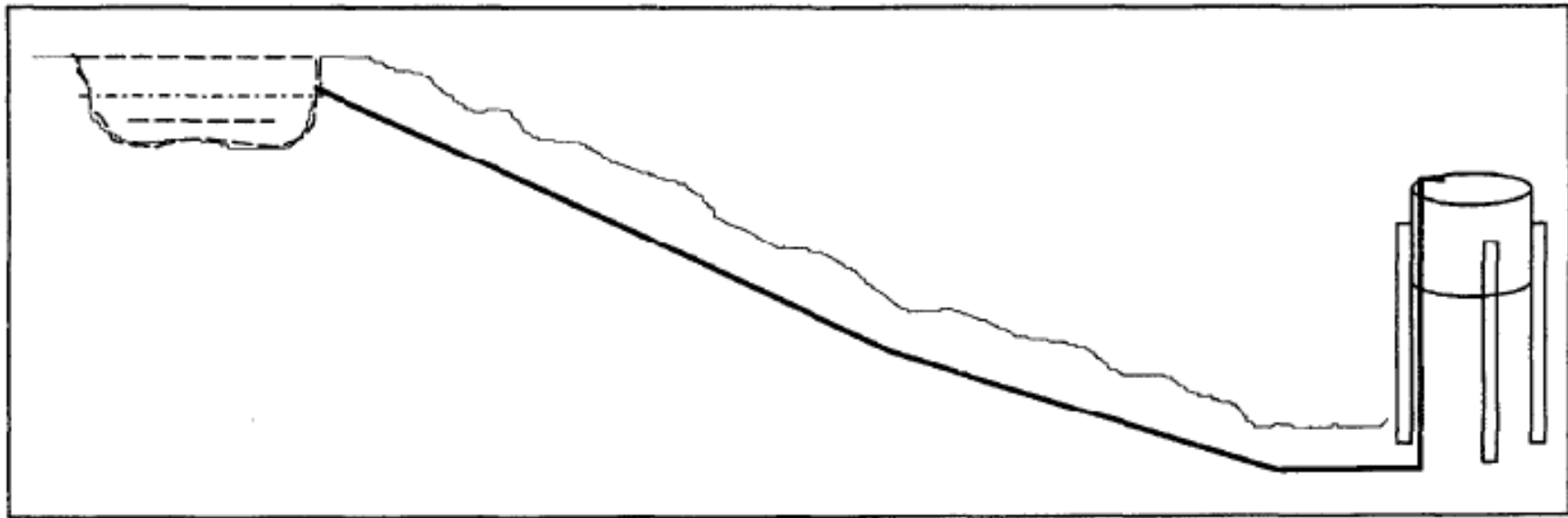
Type de réseau :- Forage-Pompage
stérilisation –distribution en
refoulement et distribution gravitaire



Adduction et distribution gravitaire



Adduction et distribution par pompage

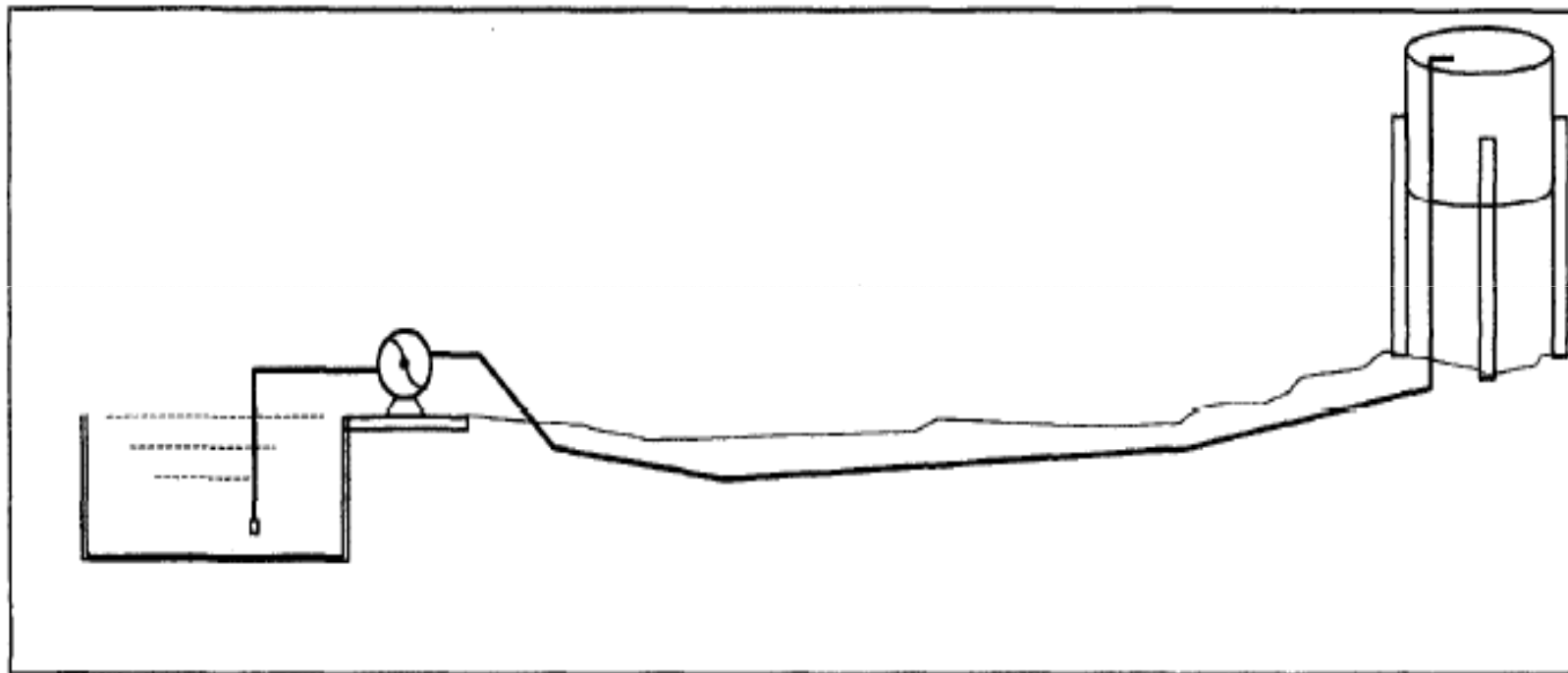


Adduction gravitaire à partir d'une source

- La force de déplacement de l'eau est l'énergie potentielle

Le débit transitaire est modulé, permanent, commandé par l'aval.

L'adduction est dite par refoulement lorsque le déplacement de l'eau est mû par une pompe. Le débit transité est alors discontinu, variable dépendant du débit de pompage. Il est commandé par l'amont avec la mise en marche des pompes.

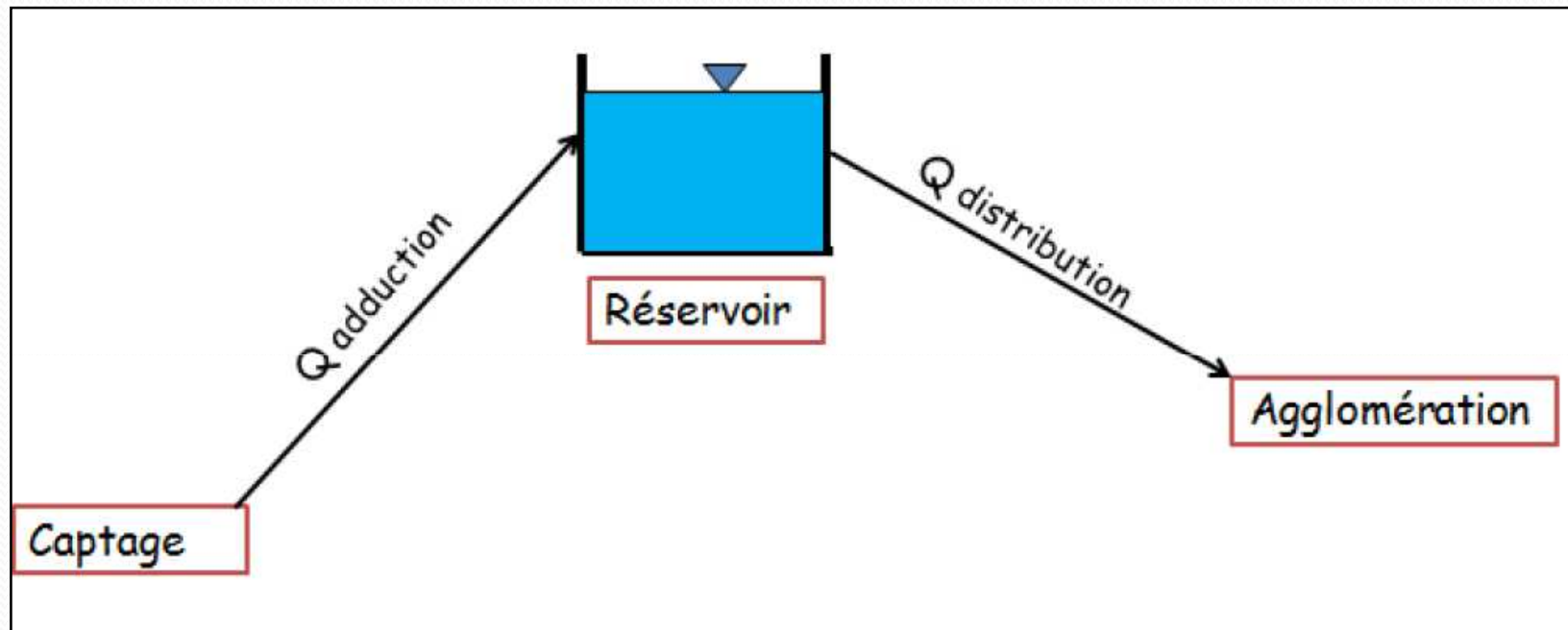


INSTALLATIONS :

LE STOCKAGE

- Ensemble des ouvrages du génie civil qui assurent principalement L'emmagasinement de l'eau dans le (ou les) réservoir(s)
 - Pour assurer la régularité du débit capté et pour avoir des réserves d'eau en cas d'indisponibilité de la conduite d'amenée
 - Harmoniser la demande et la production: **demande variable/production doit être constante**
 - La mise en pression de cette eau





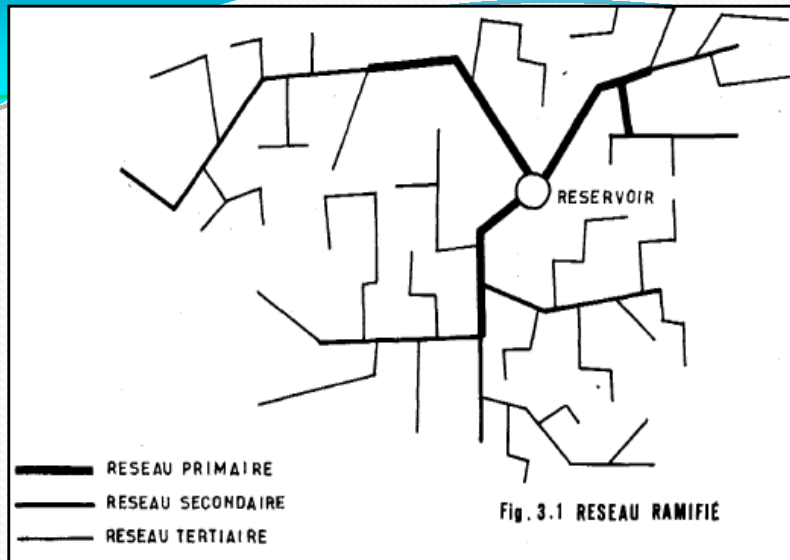
INSTALLATIONS DE : DISTRIBUTION

- C'est l'ensemble des conduites et appareillages permettant la distribution de l'eau stockée aux abonnés.



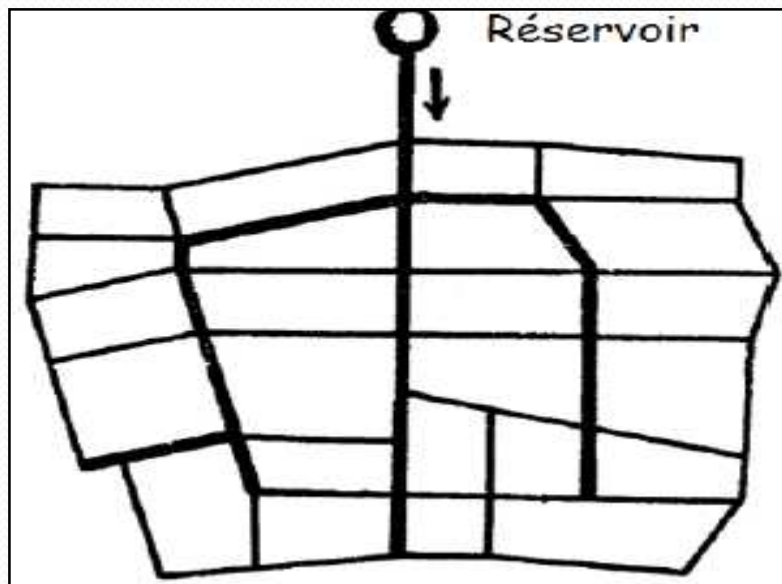
Ce réseau de distribution peut être

- ramifié,
- maillé,
- comme il peut être les deux à la fois, et sans oublier le cas des réseaux en étage.



Réseau Ramifié

L'eau circule dans toutes la canalisation dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires, vers les conduites tertiaires.) De ce fait chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul côté



Réseau Maillé

Un réseau maillé est un ensemble de conduites qui forment des boucles fermées dites mailles

Ainsi chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés



FIGURE 14 : Groupes de pompage constituant la station de pompage du bouregreg.

II- EVALUATION DES BESOINS EN EAU

- Pour définir les besoins en eau il y'a deux aspects:
 - Aspect qualitatif de ses besoins: (Traitement des eaux)
 - Aspect quantitatif de ses besoins en eau, qui est la **base pour dimensionner les différents ouvrages** (de traitement, stockage et de transport) à mettre en œuvre

1- DIFFÉRENTS TYPES DE BESOINS

Consommation domestique :

Eau destinée aux besoins domestiques qui sont :

- oo Usages domestiques (boissons, lavage, douche, WC, ...)
- oo Arrosage des jardins

Consommation publique :

- oo C'est une eau destinée aux équipements publiques tels que les écoles, les administrations, les hôpitaux ...

Consommation industrielle :

L'eau des industries est consommée de deux façons :

- oo Matière première
- oo Refroidissement
- oo La consommation dépend de la nature de l'industrie.

Consommation touristique :

Il s'agit de la consommation des établissements touristiques : hôtels, campings ...

Consommation agricole

➤ 1.a Facteurs influençant la Consommation

- Type de consommateurs: Gros consommateurs-petits consommateurs
- la taille de l'agglomération
- Evolution de la population
- la qualité du réseau de distribution
- Niveau de vie; type d'habitat
- des exigences de pressions élevées
- Population. Branchée ≠ Population. Non branchée
- Evolution des besoins ou dotations
- Prix de l'eau

Définition :

La consommation est définie comme étant la quantité d'eau facturé aux usagers

➤ 2.a- Estimations des besoins en eau

- LA DÉMOGRAPHIE : C'est la base de l'étude de AEP pour:
 - Débits de dimensionnement des ouvrages
 - Diamètres des conduites
 - Appareils de régulation
- TAUX DE BRANCHEMENT
- DOTATIONS (*BESOINS UNITAIRES PRÉVISIONNELS*)
 - A la Production
 - A la Distribution
- RENDEMENTS
- POINTES : variations journalières

2- MÉTHODOLOGIE SUIVI DANS LES ÉTUDES D'AEP

○ ÉTAPE 1 :

- Appréciation des besoins unitaires actuels relatifs à chaque catégorie de consommation
- Evaluation des besoins globaux actuels du périmètre d'aménagement

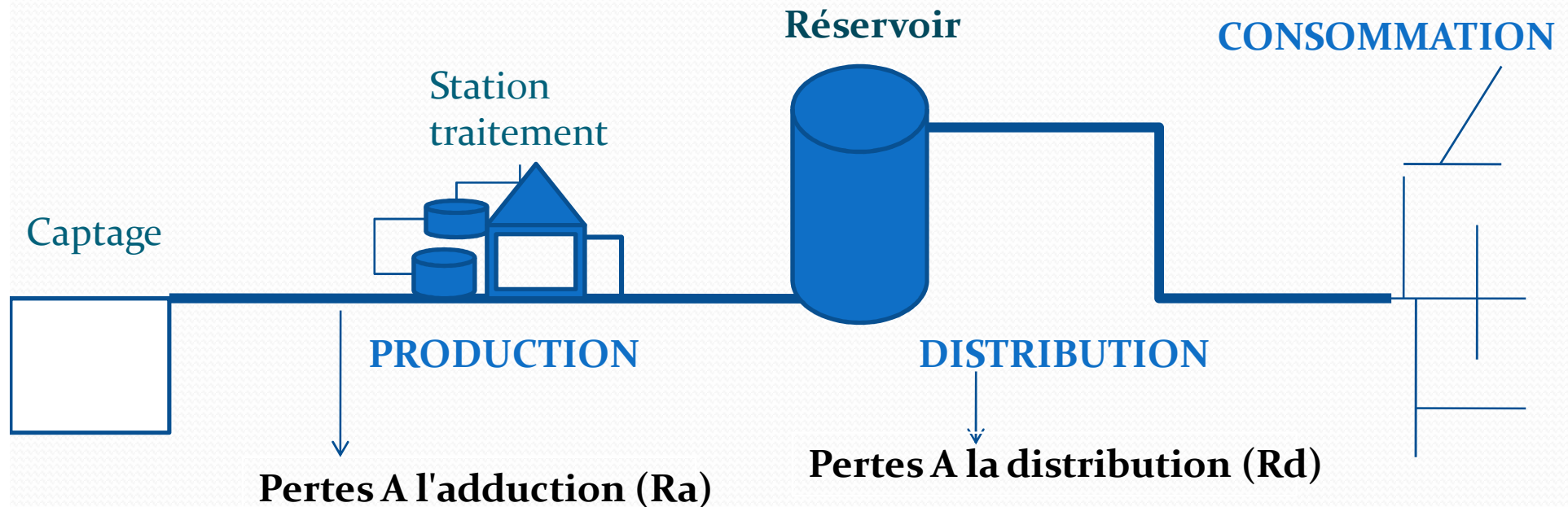
○ ÉTAPE 2:

- Prévisions des besoins pour différents horizons : il faut tenir compte d'une double augmentation :
 - - - celle des besoins unitaire
 - - - celle du nombre habitants

ETAPE 1 :

- Appréciation des besoins unitaires actuels relatifs à chaque catégorie de consommation
- Evaluation des besoins globaux actuels du périmètre d'aménagement

➤ 2.b- Niveaux de Besoins en eau et Rendements

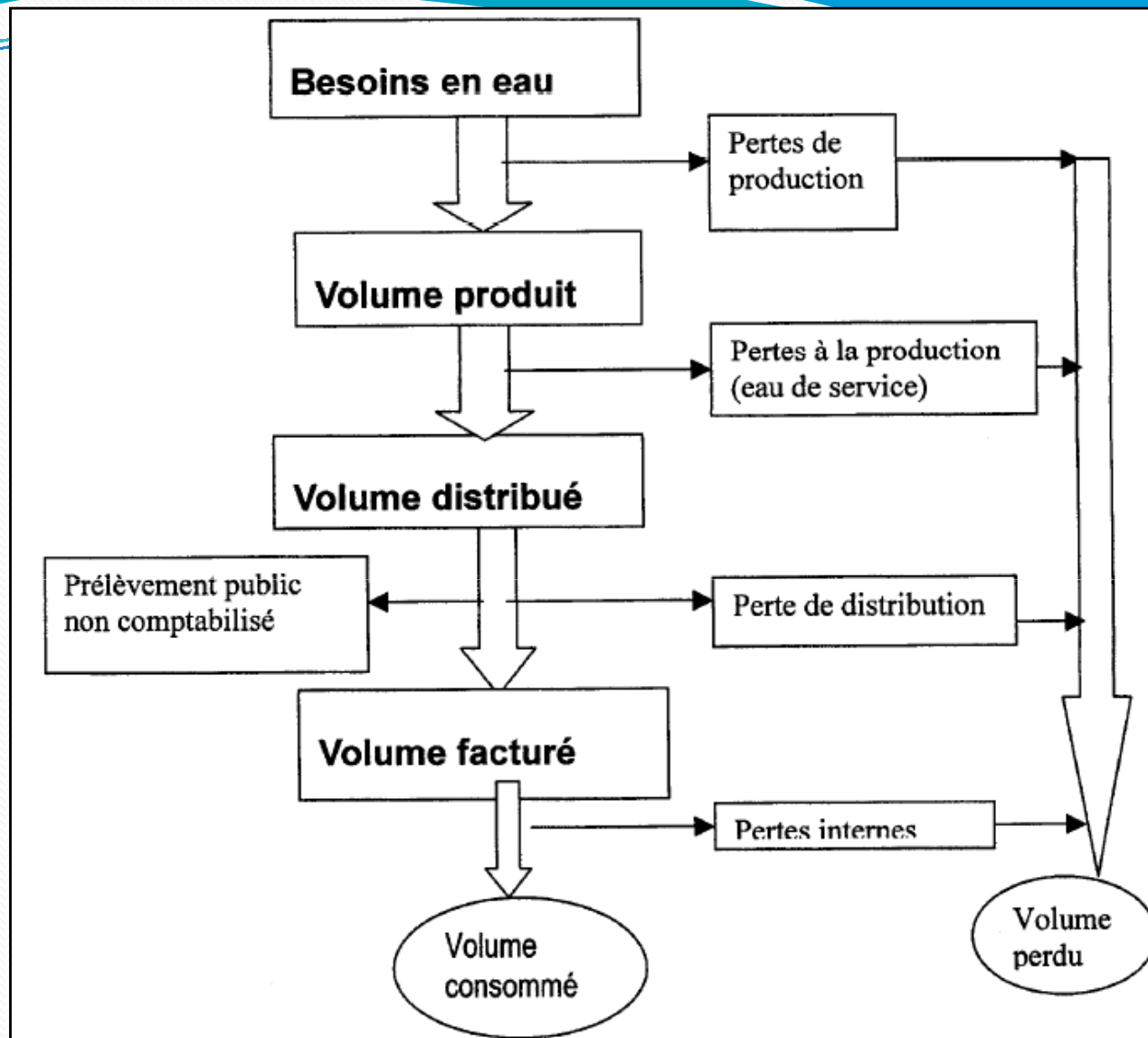


Il existe trois niveaux de besoins en eau :

Production : (quantité prélevée = V_{prod}) - (pertes au niveau de la production)

Distribution : quantité en eau distribuée (V_{dist})

Consommation : quantité d'eau consommée par les utilisateurs (V_{cons}).



PERTES D'EAU

Lorsqu ' on parle de pertes cela comprend:

Les fuites sur le réseau :

La cassure ou la rupture d'une canalisation,

Une mauvaise étanchéité des joints, des accessoires, ou des appareils hydrauliques,

Les fuites au branchements ...

Les volumes d'eau prélevés hors comptage :

Les branchements illicites (fraudes),

La lutte contre l'incendie (BI),

Les purges et vidanges ...

Les défauts d'enregistrement des compteurs :

Sous comptage ou blocage des compteurs ...

Les fuites chez les clients

Rendement du réseau

Le calcul de divers paramètres repose sur la connaissance du volume introduit (amont) dans le réseau et de celui consommé (aval).

- **Rendement de distribution:** représente les pertes d'eau dans les systèmes de distribution

$$R_d = \frac{C}{D} = \frac{\text{volume consommé} \times 100}{\text{volume distribué}} \text{ en } \%$$

- **Rendement d'adduction** : représente les pertes d'eau dans les systèmes d'adduction

$$R_a = \frac{\text{Volume distribué}}{\text{volume produit}} \%$$

RENDEMENT GLOBAL

$$V_{\text{dis}} = V_{\text{cons}} / R_d = V_{\text{cons}} + (\text{Pertes distribution})$$

$$V_{\text{prod}} = V_{\text{dist}} / R_a = V_{\text{cons}} / (R_d \cdot R_a)$$

Avec:

R_d : le rendement du réseau de distribution.

R_a : le rendement de l'adduction.



ETAPE₁

3- APPRÉCIATION DES BESOINS UNITAIRES PAR CATÉGORIE DE CONSOMMATION

➤ 3.a Les dotations unitaires

- L'exploitation des données statistiques relatives à la production, à et aux consommations pour différents types d'utilisateurs permet de dégager l'évaluation des différents dotations (**besoins prévisionnels**)

Dotation : C'est une estimation de la consommation unitaire par catégorie d'utilisateur

$$\text{Dotation} = \frac{\text{Consommation Totale d'une catégorie déterminée}}{\text{Nombre de Consommateurs de cette catégorie}} \quad \text{1/j/hab}$$

➤ 3.a Les dotations unitaires : Exemples estimations

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

- Pour les Bornes Fontaines : 11 l/jour/hab.
- Pour les Zones Rurales : 50 l/jour/hab.
- Pour les Villes Moyennes : 80 l/jour/hab.
- Pour les Grandes Villes : 140 l/jour/hab.

<i>Dotation de la population branchée (l/j/hab)</i>	<i>Dotation de la population non branchée (l/j/hab)</i>
(Consommation population branchée) / (Population branchée (hab)) On peut admettre une dotation de 30 à 60 l/j/hab pour les petites agglomérations et 100 à 120 l/j/hab pour les agglomérations importantes .	(Consommation des bornes fontaines) / (Population non branchée (hab)) Au Maroc elle est comprise entre 20 et 40 l/j/hab.

➤ 3.a Les dotations unitaires: Touristique

La consommation touristique :

Il existe une différence de consommation entre les différentes catégories d'équipements touristiques :

- Grands hôtels 500 l/j/touriste.
- Hôtels moyens 300 l/j/touriste.
- Campings 60 l/j/touriste.

➤ 3.b Calcul de la dotations unitaire L/J/hab

- *Dotation moyenne de la population branchée : Dot.PopB*

$$\text{Dot.PopB} = \text{Cons. PopB} / \text{PB}$$

-Consommation de la population branchée : Cons. PopB

-Population Branchée: PB

-P : Nombre de population

TB : Taux de branchement

$$\text{PB} = \text{TB} \times \text{P}$$

EXEMPLE

P = 30000 hab., TB= 50% Cons.PopB = 1200 m³/j

PB = 30000 X 0,5 = 15000

Dot.PopB = 1200 X 1000/15000 = 80 l/j/hab

➤ 3.b Calcul de La dotations unitaires L/J/hab

- ***Dotation moyenne de la population Non branché : Dot.PopNB***

$$\text{Dot.PopNB} = \text{Cons. PopNB} / \text{PNB}$$

- Consommation de la population non branchée : Cons. PopNB
- Population non Branchée: PNB -PNB = P- PB
- P : Nombre de population

- ***Dotation des équipements administratifs : DA (l/j/hab)***

$$\text{DA} = \text{Cons.A} / \text{Pop.}$$

Cons.A : Consommation des équipements administratifs

P : Population totale(hab)

- ***Dotation industrielle : DI (l/j/hab)***

Cons.I : Consommation industrielle

$$\text{DI} = \text{Cons.I} / \text{P}$$

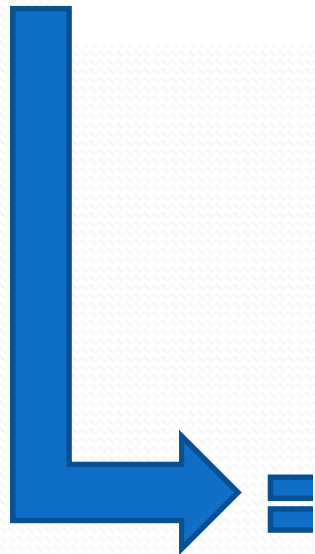
➤ 3c- Dotation globale

Dotation nette globale ($l/j/hab$) :

Consommation totale (l/j) / (Population totale (hab))

Dotation brute globale ($l/j/hab$) :

(Demande moyenne à la production (l/j)) / (Population totale (hab))



C'est la consommation par habitant et par jour en tête de l'adduction : **Dotation nette globale / rendement global**

ETAPE 2 : 4 PRÉVISIONS DES BESOINS POUR DIFFÉRENTS HORIZONS

Les études *des besoins en eau aboutissent* à la détermination de la demande en eau d'une population sur une période appelée *Horizon d'Etude* de l'ordre de 5,10,15 à 20 ans

➤ 4a-Calcul de la population future

Plusieurs Méthodes sont utilisées pour l'estimation de la population la plus utilisée c'est la méthode rationnelle-

Une croissance géométrique ou taux de croissance proportionnel à la population et au temps. Le taux est fixe pendant une certaine période déterminée par le projeteur ou par les démographes.

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

P_n = Population après n années

P_0 = Population à l'année de référence

α = Taux d'accroissement de la population

Une croissance arithmétique ou taux de croissance uniquement proportionnel au temps

$$P_n = P_0 + K_{arith}(t_n - t_0)$$

P_n = Population de l'année t_n

P_0 = Population de l'année de référence t_0

K_{arith} = Constante de croissance arithmétique

4b- Accroissement de la dotation en eau

- Selon le degré de développement du village, on admet que la dotation en eau est:
 - $D_n = D_o (1 + a)^n$ pour un centre plutôt urbain.
 - $D_n = D_o + \alpha * n$ pour un village plutôt rural (douar)

D_n : Dotation en eau à l'année n de référence (l/j/hab.)

D_o : Dotation en eau à l'année zéro de référence (l/j/hab.)

a : Accroissement de la dotation (on admet une valeur de 2 à 5%),

α : Accroissement de la dotation (on admet une valeur de 0.5 à 1 l/j/hab.)

➤ 4c- Besoins de consommation

(Prévisionnelle)

Les besoins de consommation sont calculés par l'expression suivante :

$$V_{cons} = DOT_PB \times PB + DOT_PNB \times PNB + DA \times P + DI \times P$$

DOT_ PB : Dotation de la population branchée (l/j/hab)

PB : Population branchée (hab)

DOT_ PNB : Dotation de la population non branchée (l/j/hab)

PNB : Population non branchée (hab). $PNB = P - PB$,

P : population totale (hab)

DA : Dotation des équipements administratifs (l/j/hab)

DI : Dotation des équipements industriels (l/j/hab)

➤ 4d-Calcul des débits (demande)

La demande se traduit par la détermination du débit moyen **Q moy** supposé constant dans le temps .

Le débit moyen représente le besoin en eau journalier, abstraction faite sur le moment de sa demande, ...

- Débit Q_{moy} (l/ s) = $\underbrace{\text{Population} * \text{Dotation}}_{(\text{m}^3/\text{j})}$

$$Q_m = \frac{\text{Consommation (m}^3 \text{ /j) . 1000}}{24 . 3600}$$

Q_m : débit moyen en l/s

Application : Calculer les besoins en eau de l'agglomération

2- 4-1 Besoins domestiques

Type de consommateur	Nombre de consommateurs	Dotation (l/j/hab)	Qmoyj(m ³ /j)
Habitants	35318	80	2825

2-4-2 Besoin d'arrosage :

Equipements	Surfaces (m ²)	Dotation (l/j/m ²)	Qmoyj(m ³ /j)
Rues	80 000	05	400
Jardin public	10 000	06	60
Total	90 000	--	460

2-4-3 Besoin d'élevage :

Tableau N°3

Type de tete	Nombre	Dotation (l/j/tete)	Qmoyj (m ³ /j)
Bovins	6 000	50	300
Ovins	20 000	10	200
Total	26 000	--	500

2-4-4 Besoins industriels :

Tableau N°4

Equipement	Produit (tonne/j)	Dotation (m ³ /tonne)	Qmoyj (m ³ /j)
Savonnerie	04	50	200

Récapitulation des besoins en eau de l'agglomération :

Tableau N°5

Categorie des besoins	Qmoyj(m ³ /j)
Domestiques	2825
Arrosages	460
Elevages	500
Industrie	200
Total	3985

4d-Calcul des débits/ Accroissement dotation

- $Q_n = N.(1 + a)^n . D_0 .(1 + r)^n / 86400$ M.urbain
ou
- $Q_n = N.(1 + a)^n . (D_0 + \alpha .n) / 86400$ en l/s : M.Rural

D₀: Dotation en eau à l'année zéro de référence (l/j/hab.)

r: Accroissement de la dotation (on admet une valeur de 2 à 5%)

α: Accroissement de la dotation (on admet une valeur de 0.5 à 1 l/j/hab.)

4 e. Variations des débits de consommation en fonction du temps

Les débits de consommation sont soumis à plusieurs variations dans le temps, parmi ces variations :

Variation annuelle et longtemps qui dépendent du niveau de vie de l'agglomération

Variation mensuelle et saisonnière qui dépendent de l'importance de la ville

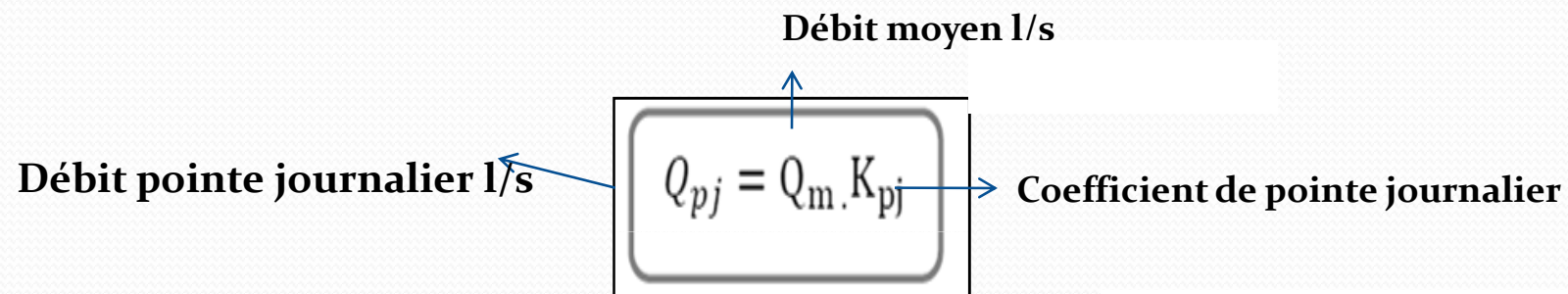
Variation journalière qui dépend de jour de la semaine ou la consommation est plus importante

Variation horaire qui dépend du régime de consommation de la population.

➤ 4f. Débit de Pointe journalier K_1 ou K_{pj}

Pour Les ouvrages de prise, de traitement et d'adduction d'eau (stations de pompage, conduites, etc.)

Coefficient de pointe journalière K_1 :



$$K_1 = \frac{\text{Consommation journalière maximale}}{\text{consommation journalière moyenne}} = \frac{Q_{j \max}}{Q_{j m}}$$

K_1 varie entre 1,3 et 1,6
zone touristique = 1,6

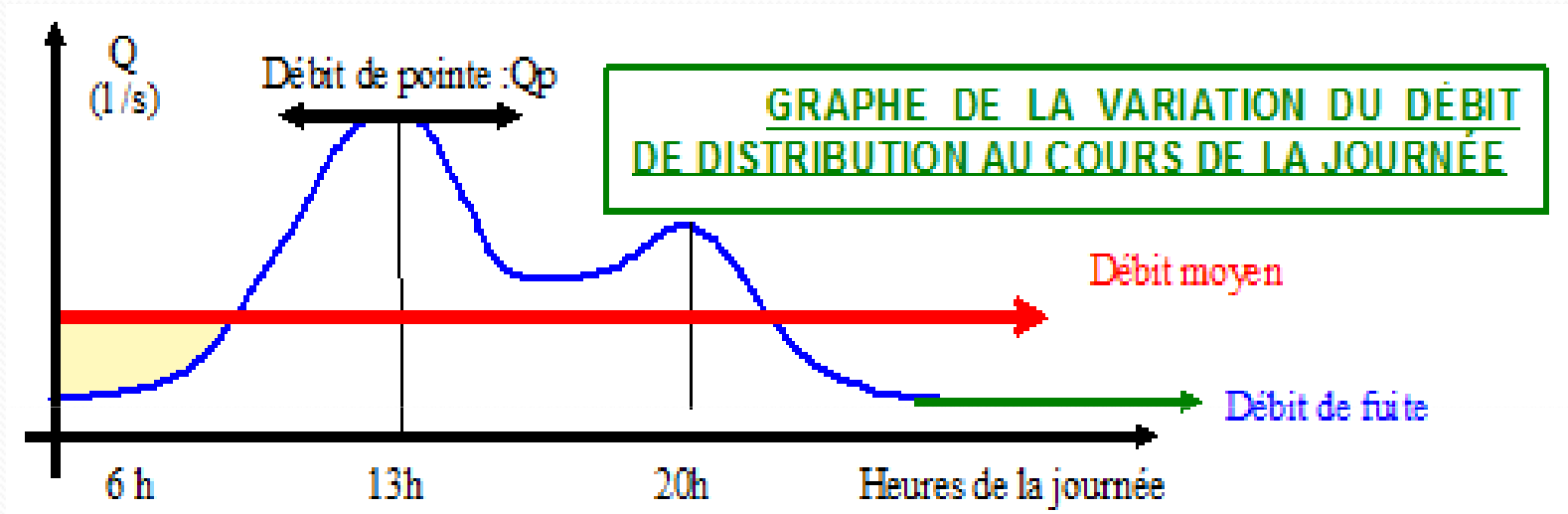
Des 3 journées les plus chargées de l'année

Récapitulation des besoins en eau maximaux journaliers de la ville

Tableau N°6

Categorie des besoins	Qmoyj (m ³ /j)	Kmaxj	Qmaxj (m ³ /j)
Domestiques	2825	1.3	3673
Arrosages	460	1	460
Elevages	500	1	500
Industrie	200	1	200
Total	3985	--	4833

4g. Débit de Pointe horaire



Le débit de consommation passe par un débit maximum Q_p lors des heures de pointes, le débit moyen est égale au débit constant qui serait étalé sur 24 heures

4g. Débit de Pointe horaire K_2 ou K_{ph}

- Les ouvrages de distribution d'eau (réseau, réservoirs) doivent être dimensionnés pour fournir la demande horaire maximale (l'heure de pointe)c

Coefficient de pointe horaire K_2 :

$$Q_{ph} = Q_m \cdot K_{ph}$$

$$K_2 = \frac{\text{Consommation horaire maximale}}{\text{consommation horaire moyenne}} = \frac{Q_{h \max}}{Q_{h m}}$$

- Pour une **Grande Ville** : $K_2 = 1,5$ à 2
- Pour une **Ville Moyenne** : $K_2 = 2$ à $2,5$
- Pour une **Zone Rurale** : $K_2 = 3$ à $3,5$

4h. Pertes d'eau : K_3 ou Rendement ($K_3 = 1/R$)

Dans un réseau d'alimentation en eau potable, les pertes d'eau sont situées à différents niveaux: la prise d'eau, la station de traitement, les stations de pompage, les réservoirs, les réseaux d'adduction et de distribution, les vannes, les joints, les compteurs, etc.

$$K_3 = 1/\text{Rendement} :$$

Exemple : pour Rendement de 85% , $K_3 = 1/0,85 = 1,2$

En général, la valeur de K_3 varie de 1,2 à 1,5 :

- $K_3 = 1,2$; pour un **réseau neuf** ou **bien entretenu**.
- $K_3 = 1,25$ à $1,35$; pour un **réseau moyennement entretenu**.
- $K_3 = 1,5$; pour un **réseau vétuste** ou **mal entretenu**.

Le Débit de Calcul (ou de dimensionnement) des ouvrages du réseau

- Le **volume d'eau annuel** (V_{tot}) à prévoir au niveau de la **source d'eau** (ou **volume capté**) :

$$V_{\text{tot}} = K_3 \cdot 365 \cdot Q_{j \text{ m}} \quad ; \quad \text{en m}^3/\text{an} \quad (1.7)$$

- Le **débit de dimensionnement et/ou de calcul des ouvrages d'adduction** (station de pompage, station de traitement, réservoirs, conduites d'adduction, etc.) est égal au **débit journalier maximum** ($Q_{j \text{ max}}$) :

$$Q_{j \text{ max}} = K_3 \cdot K_1 \cdot Q_{j \text{ m}} \quad ; \quad \text{en m}^3/\text{jour} \quad (1.8)$$

- Le **débit de dimensionnement et/ou de calcul des ouvrages de distribution** (station de pompage, surélévation des réservoirs, réseau de distribution) est égal au **débit horaire maximum** ($Q_{h \text{ max}}$) :

$$Q_{h \text{ max}} = K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot Q_{j \text{ m}} / 24 \quad ; \quad \text{en m}^3/\text{heure} \quad (1.9)$$

K_1 pointe journalier
 K_2 pointe horaire
 K_3 pertes ou rendements

Application 1: Calcul des Besoins en eau-voir TD

Les besoins de consommation sont calculés par l'expression suivante :

$$V_{cons} = DOT_PB \times PB + DOT_PNB \times PNB + DA \times P + DI \times P$$

DOT_PB : Dotation de la population branchée (l/j/hab)

PB : Population branchée (hab)

DOT_PNB : Dotation de la population non branchée (l/j/hab)

PNB : Population non branchée (hab). $PNB = P - PB$,

P : population totale (hab)

DA : Dotation des équipements administratifs (l/j/hab)

DI : Dotation des équipements industriels (l/j/hab)

$$Q_{pj} = Q_m \cdot K_{pj}$$

$$Q_m = \frac{\text{Consommation (m}^3 \text{ /j) } \cdot 1000}{24 \cdot 3600}$$

$$= \text{Con/Rx } 86,4(\text{l/s})$$

$$V_{dis} = V_{cons} / R_d = V_{cons} + \text{pertes}$$

$$V_{prod} = V_{dist} / R_a = V_{cons} / (R_d \cdot R_a)$$

Avec:

R_d : le rendement du réseau de distribution.

R_a : le rendement de l'adduction.

Dotation nette globale (l/j/hab) :

$$\text{Consommation totale (l/j)} / (\text{Population totale (hab)})$$


$$Q_d = Q_m * \text{Pointe} / r_d = Q_m \times K_2 \times K_3$$

Débit de dimensionnement -distribution

- Pour répondre à cette question, il faudra faire le calcul année par année des besoins en eau du douar, et à comparer le résultat avec le débit de la source. Soit, on a :
- $P_n = P_o * (1 + a)^n$
- $D_n = (D_o + \alpha * n)$

Et $Q_n = P_n * D_n$; Soit:

- $Q_n = P_n * (D_o + \alpha * n) / 86400$ en (l/s)
- **Diviser par $R_a \times R_d$**
- Debit global $Q_n = Q_n / \text{Rendement global } (R_1 \times R_2)$



Année	Population (Hab)	Dotation (l/j/Hab)	Débit (l/s)
0			
1			
2			
3			
--			

A partir de l'année 22 ou 23, la population manquera d'eau tant qu'il n'y a pas de changement au niveau de l'accroissement démographique ou de la dotation en eau.

Année	Population (Hab)	Dotation (l/j/Hab)	Débit (l/s)
0	700	60	0,68
1	735	60,7	0,72
2	772	61,4	0,76
3	810	62,1	0,81
....			
...			
22	2048	75,4	2,48
23	2150	76,1	2,63