

Cours :HYDROGEOCHIMIE, EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT LIQUIDE

STU 6 - MODULE OPTIONNEL 4 (MOP4 2014-2015)

Chapitre I- Introduction à l'alimentation en eau potable (AEP)

Chapitre II- Evaluation des besoins en eau

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

I- INTRODUCTION: AEP

- Actuellement 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
 - 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(installations) et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire ,depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés

- Deux types d'ouvrages sont devenus nécessaires ; les stations de traitement des eaux de surface et les stations d'épuration des eaux usées .
- 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 ?

Schéma General d'un Réseau d'AEP

INSTALLATIONS

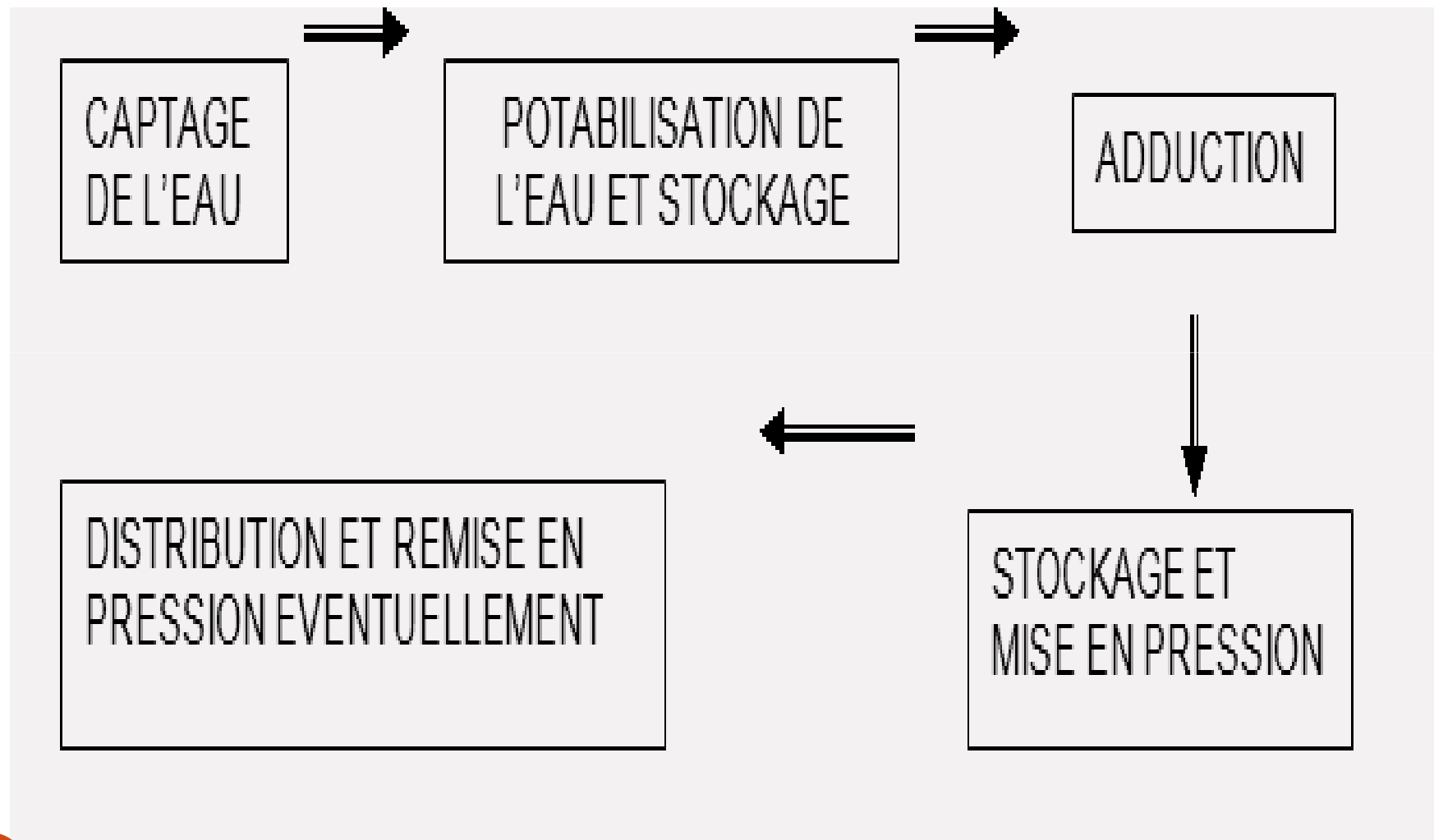
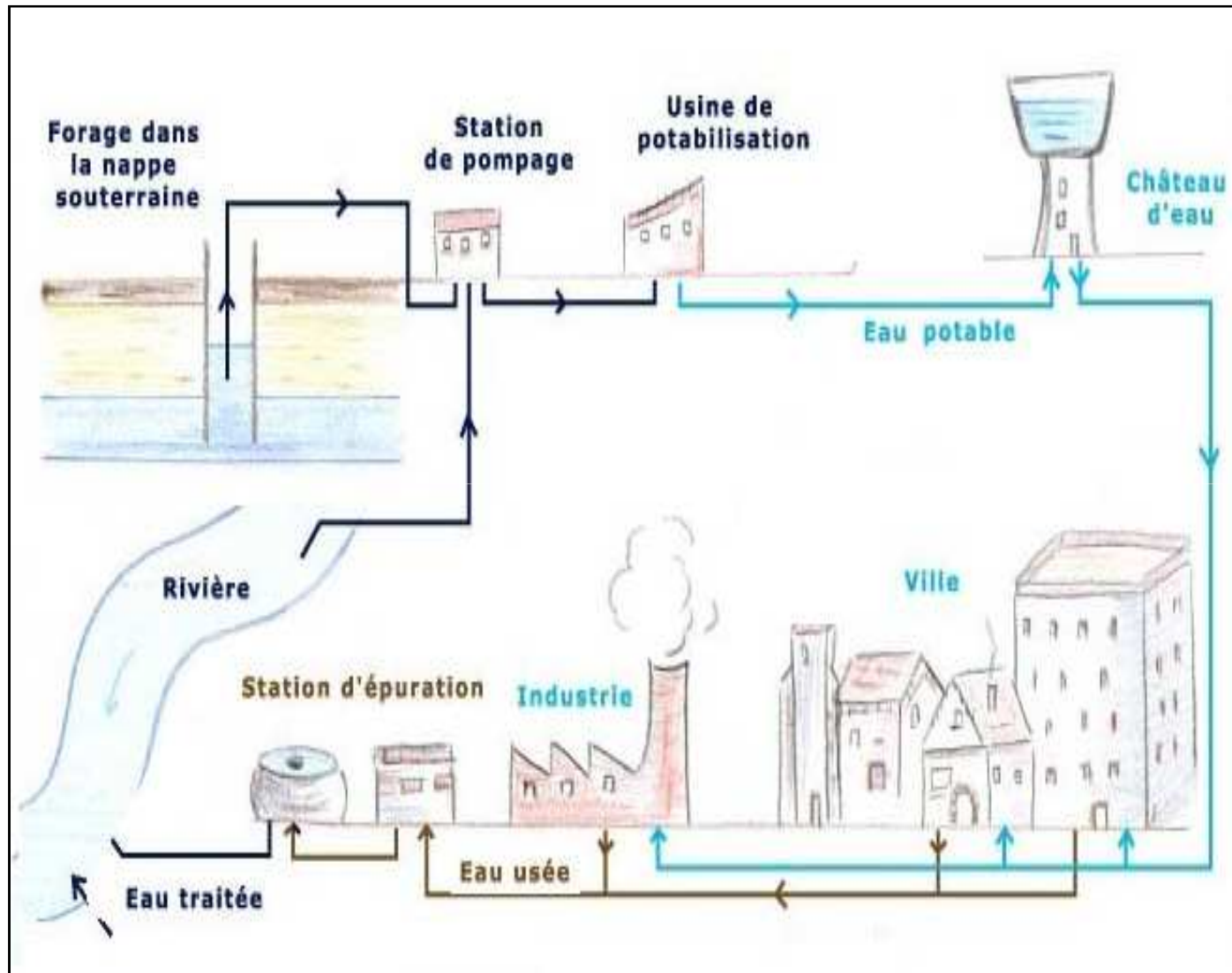
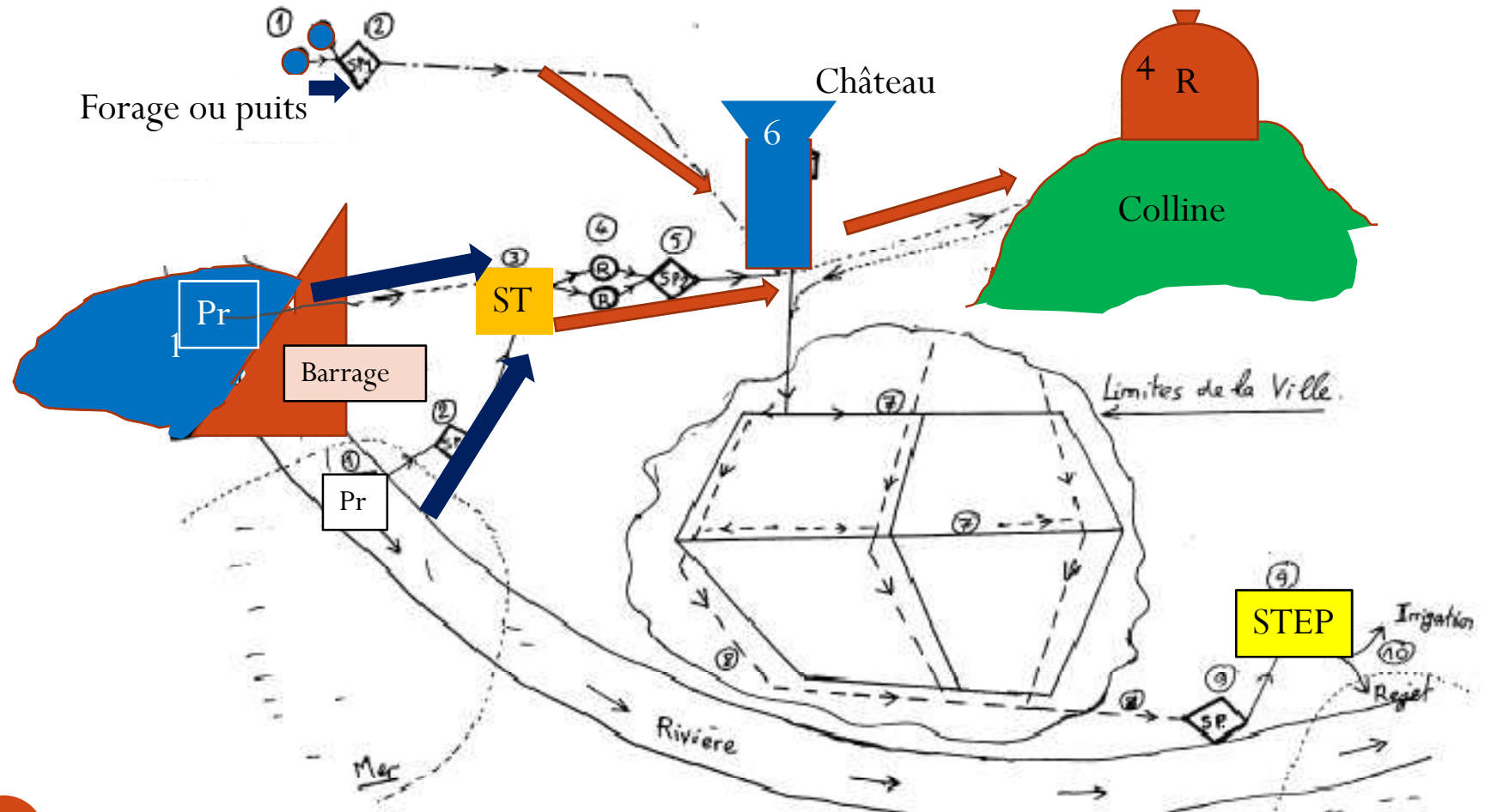


Schéma d'un réseau AEP



- | | | |
|---------------------------------|---|---|
| 1- prise d'eau, puits ou forage | 5 -Station de pompage 2 | 9 - Station dépuration des eaux usées |
| 2-station de pompage1 | 6- réservoir surélevé ou château d'eau | 10- Rejet des eaux usées traités ou non |
| 3-Station de de Traitement | 7- réseau de distribution d'eau potable | |
| 4-réservoir semi-enterrés | 8- réseau assainissement des eaux usées | |
- Conduite d'adduction → Conduite de liaison



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.
 - Elle peut être **gravitaire**, : lorsque la cote 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.
 - Comme elle peut être une adduction par **refoulement** (c'est à dire non gravitaire), et dans ce dernier cas, il faudra installer une station de pompage. La dite station de pompage se compose de :
 - L'ensemble des pompes qui donnent l'énergie de pression nécessaire à l'eau pour être refoulée.
 - L'ensemble des moteurs qui font fonctionner (tourner) les pompes.
 - Les accessoires nécessaires à la station de pompage tel que tableau de commande, anti-bélier, ...
 - Le bâtiment qui abrite l'ensemble de ces appareils et pièces de rechange.

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
- La mise en pression de cette eau

LA 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.

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 CATÉGORIES DE CONSOMMATION

Usages fondamentaux de l'eau

Consommation domestique :

Eau destinée aux besoins domestiques qui sont :

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

Consommation publique :

- 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 :

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


Consommation touristique :

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

Consommation agricole

➤ Facteurs influençant la Consommation

Correspond aux quantités d'eau utilisés par les habitants
dépend de(s) :

- 
- Gros 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

Et tenir compte de:

- 
- Cons.Population.branchée
 - Cons.Population. Non branchée

Définition :

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

2- MÉTHODOLOGIE SUIVI DANS LES ÉTUDES D'AEP

○ **ETAPE 1 :**

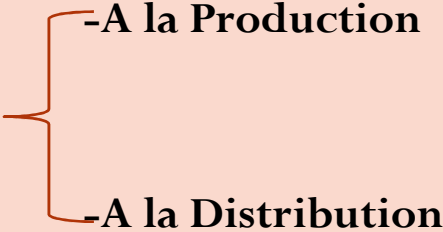
- Appréciation des besoins unitaires actuels relatifs à chaque catégorie de consommation
- Evaluation des besoins globaux actuels du périmètre d'aménagement

○ **ETAPE 2:**

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

2a- ESTIMATIONS DES BESOINS EN EAU

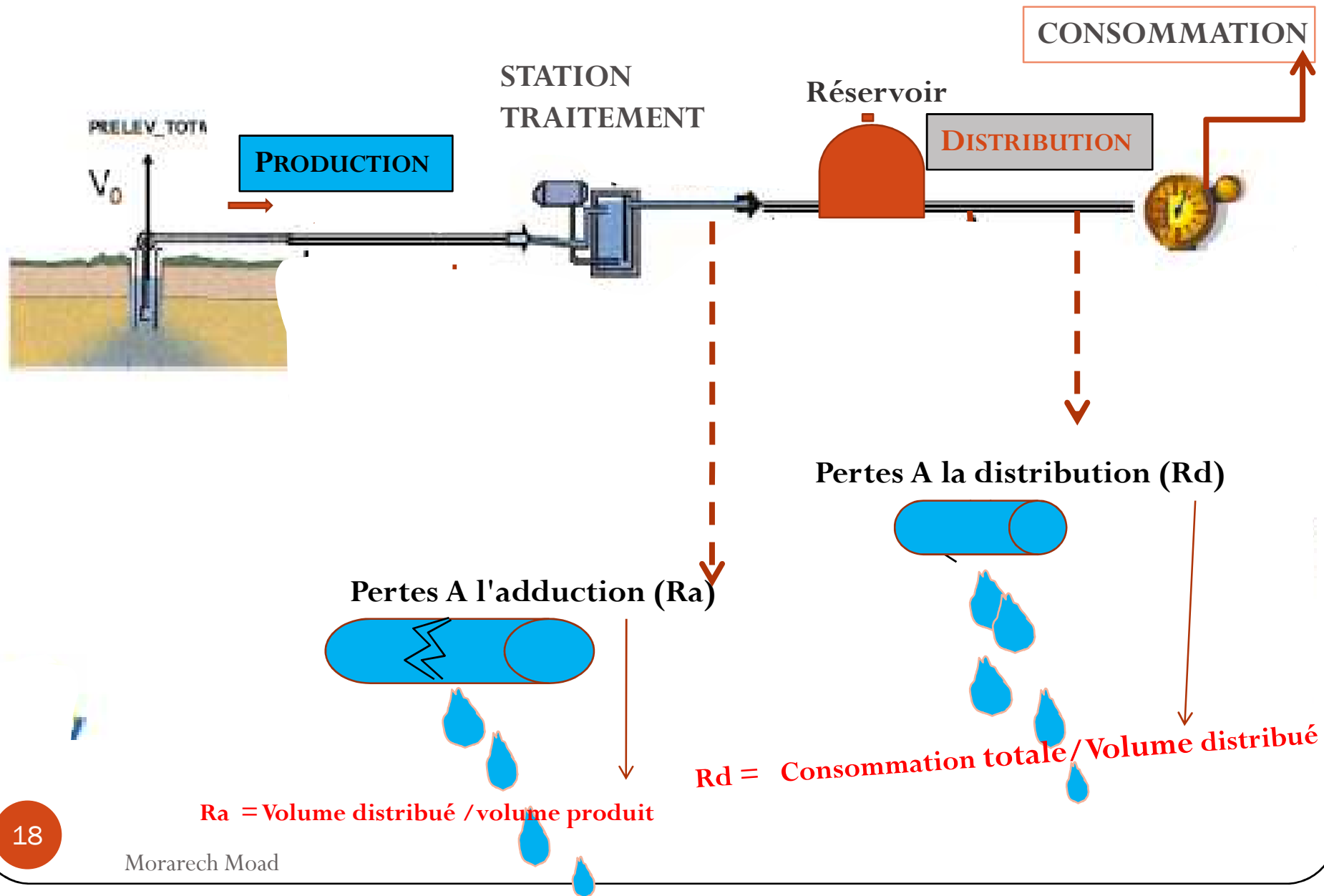
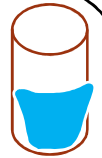
Données à prendre en compte dans les études d'AEP:

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

ETAPE 1 :

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

2b- Niveaux de Besoins en eau et Rendements



Rendements

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

$$R_d = \text{Consommation totale} / \text{Volume distribué}$$

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

$$R_a = \text{Volume distribué} / \text{volume produit}$$

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}).

Nous avons les relations suivantes :

$$V_{\text{dis}} = V_{\text{cons}} / R_d = V_{\text{cons}} + (\text{pertes au niveau du réseau de distribution})$$

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

→ **RENDEMENT GLOBAL**

Avec:

R_d : le rendement du réseau de distribution.

R_a : le rendement de l'adduction.

3- APPRÉCIATION DES BESOINS UNITAIRES PAR CATÉGORIE DE CONSOMMATION

3-1 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

Elle s'obtient par le rapport entre la consommation totale d'une catégorie déterminée et le nombre de consommateurs de cette catégorie

3-1 Les dotations unitaires

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

Au Maroc la moyenne de la consommation tout type confondue est de l'ordre de 110 l/jour/hab

Cette moyenne est en soit peu significative parce qu'en effet la consommation spécifique réelle varie énormément en fonction de la zone et du mode d'alimentation .

<i>Dotation de la population branchée (l/j/hab)</i>	<i>Dotation de la population non branchée (l/j/hab)</i>
<p>(Consommation population branchée) / (Population branchée (hab))</p> <p>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 .</p>	<p>(Consommation des bornes fontaines) / (Population non branchée (hab))</p> <p>Au Maroc elle est comprise entre 20 et 40 l/j/hab.</p>

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.

3-1 Dotations unitaires : litres/jour/hab

- *Dotation moyenne de la population branché : 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

$$\text{P} = 30000 \text{ hab.}, \text{TB} = 50\% \quad \text{Cons.PopB} = 1200 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{PB} = 30000 \times 0,5 = 15000$$

$$\text{Dot.PopB} = 1200 \times 1000 / 15000 = 80 \text{ l/j/hab}$$

3-1 Dotations unitaires

- *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

- P : Nombre de population

$$\text{PNB} = \text{P} - \text{PB}$$

3-1 Dotations unitaires

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

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

Cons.A : Consommation des équipements administratifs

P: Population totale(hab)

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

Cons.I : Consommation industrielle

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

4- Dotation globale

On définit aussi d'autres dotations considérés comme des indicateurs d'exploitation dans un centre donné :

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**

Phase 2 : Prévisions des besoins pour différents horizons

Avant de projeter un réseau d'AEP, on est amené à étudier l'évolution de la population, et d'analyser le développement urbanistique et socio-économique prévu pour pouvoir finalement effectuer un choix en matière de satisfaction des besoins à court, moyen ou long terme .

6-CALCUL DE LA POPULATION FUTURE

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

Le nombre d'habitants futur (à l'année du projet) dans une agglomération urbaine, N_0 , est déterminé par :

$$N_0 = N (1 + a)^n$$

Où N est le nombre d'habitants en une année quelconque.
 a est le taux d'accroissement annuel de la population.
 n est le nombre d'années entre N et N_0 .

7- ACCROISSEMENT DE LA DOTATION EN EAU

- Selon le degré de développement du village, on admet que la dotation en eau est:
 - $D_n = D_0 (1 + a)^n$ pour un centre plutôt urbain.
 - $D_n = D_0 + \alpha * n$ pour un village plutôt rural (douar)

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

D₀: 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.)

8- Besoins de consommation (Prévisionnelle)

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

$$\mathbf{Vcons = DOT_PB \times PB + DOT_PNB \times PNB + DA \times P + DI \times P}$$

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)

9- CALCULS DES DÉBITS

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

Or la consommation de l'eau n'est nullement constante dans le temps, d'où la notion de Débit de pointe ou débit maximum de consommation lors des heures de pointe

servant pour dimensionner des ouvrages en relation avec la pointe tel que le réseau de distribution.

NOTION DU DÉBIT MOYEN

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

- Débit Q_{moy} (l/ s) = Population * Dotation

Il exprime le débit moyen nécessaire pour un logement pour satisfaire ses besoins, son unité est le : l/s, il se calcule comme suit

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

Q_m : débit moyen en l/s

Calculs de Débits/ Accroissement dotation

- $Q_n = N.(1 + a)^n . D_0.(1 + r)^n / 86400$ ou

M.urbain

- $Q_n = N.(1 + a)^n . (D_0 + \alpha .n) / 86400$ en l/s

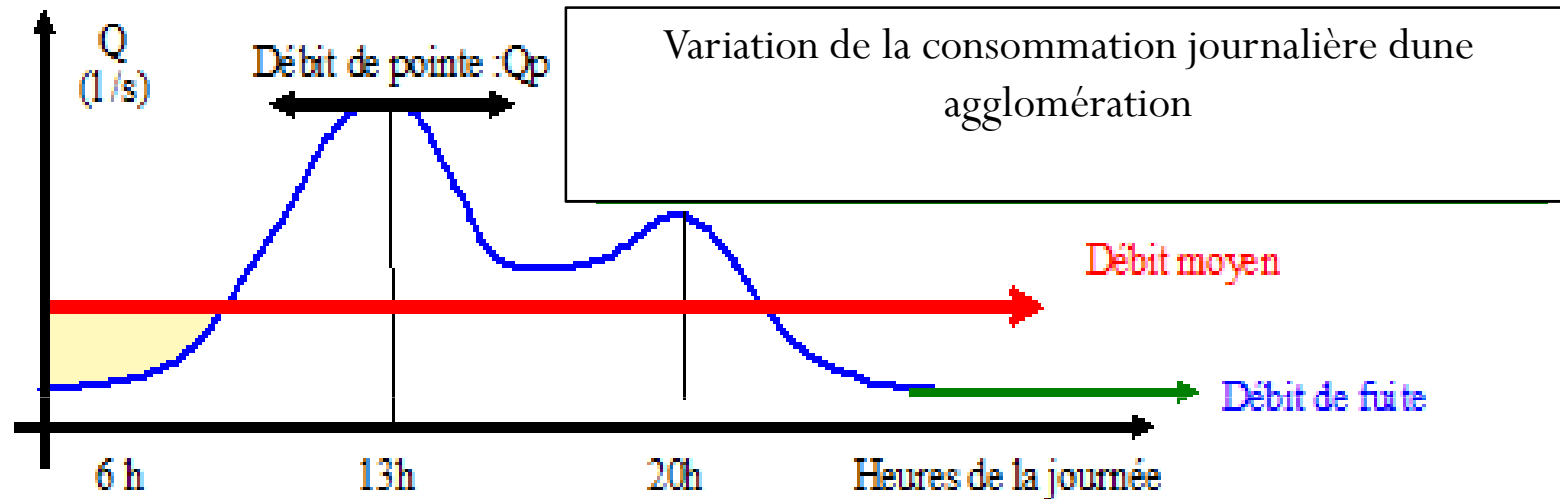
M.rural

Débit Maximale journalier/débit de Pointe journalier

le **Débit maximal journalier /ou
débit de pointe** est défini comme étant le débit d'une journée où la
consommation est maximale pendant une année. Il est donné par la formule
suivante :

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moy}j} \cdot K_{\max j} \text{ (m}^3\text{/j)}$$

NOTION DU DÉBIT DE POINTE



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

Débit de pointe journalier : K_1 ou K_{pj}

Il reflète le débit satisfaisant les besoins d'un logement pendant le jour où la demande est à son maximum. Pour calculer ce débit, on introduit la notion du coefficient de pointe journalier, qui varie pour tenir en compte des gaspillages, des pertes, ainsi que des erreurs d'estimations. Son unité est le : l/s, et sa formule est

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

Débit moyen l/s

Débit pointe journalier l/s

Coefficient de pointe journalier

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

K_{pj} varie entre 1,3 et 1,6
Pour une zone touristique il est de 1,6

Des 3 journées les plus chargées de l'année

Débit de pointe horaire : K_2 ou (K_{ph})

Il définit le débit contentant les besoins en eau d'un logement pendant l'heure la plus chargée, il fait intervenir à son tour un coefficient de pointe horaire qui varie lui aussi pour les mêmes raisons. Son unité est le : l/s, et on utilise la formule suivante pour l'évaluer (

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

⇔ **Variations horaires**

Le coefficient de pointe horaire, K_h , est le rapport du volume moyen de l'heure la plus chargée d'une journée par le volume moyen de cette journée.

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

Année

- 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 $3,5$

Application 1: Calcul des Besoins en eau-voir TD

Application2/ accroissement demande

Référence : : COURS AEP- INSTITUT DES TECHNICIENS
SPÉCIALISÉS EN GÉNIE RURAL ET TOPOGRAPHIE DE MEKNÈS 2008-2009

- Si on admet que la dotation en eau suivra un accroissement arithmétique, avec: $D_0 = 60 \text{ l/j/hab.}$; $\alpha = 0.7 \text{ l/j/hab.}$;
Efficienc/rendement : (**Réseau = 0.8 et Adduction = 0.9**)
- Calculer jusqu'à quel horizon la source sera t-elle suffisante pour un douar ? Si son débit d'étiage est de 2.5 L/s .
 - La population du douar est de 700 hab. et son accroissement démographique est de 5% .

Débit d'étiage : Plus faible débit que peut donner la ressource en eau

- 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 :
- $P_n = P_0 * (1 + a)^n$
- $D_n = (D_0 + \alpha * n)$

Et $Q_n = P_n * D_n$; Soit:

- $Q_n = P_n * (D_0 + \alpha * n) / 86400$ en (l/s)
- **Diviser par Ra x Rd**
- Debit global $Q_n = Q_n / \text{Rendement global}(R1 \times R2)$

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

Références :

- COURS AEP- INSTITUT DES TECHNICIENS SPÉCIALISÉS EN GÉNIE RURAL ET TOPOGRAPHIE DE MEKNÈS 2008-2009
- [HTTP://ALMOHANDISS.COM/ALIMENTATION EN EAU POTABLE](http://almohandiss.com/alimentation-en-eau-potable)
- ALIMENTATION EN EAU POTABLE : ECOLE NATIONAL D'INGENIEURS DE TUNIS-MAHMOUD MOUSSA
- ETUDE APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DU CERCLE DE KARIAT BAMOHAMED A PARTIR DU BARRAGE AL WAHDA-PFE MASTER GGEE-FACULTÉ DES SCIENCES DE RABAT. 2013
- L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE : CAHIERS PÉDAGOGIQUES N°3-MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE-ISBN (PDF) : 978-2-916869-51-3