

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Origine des eaux

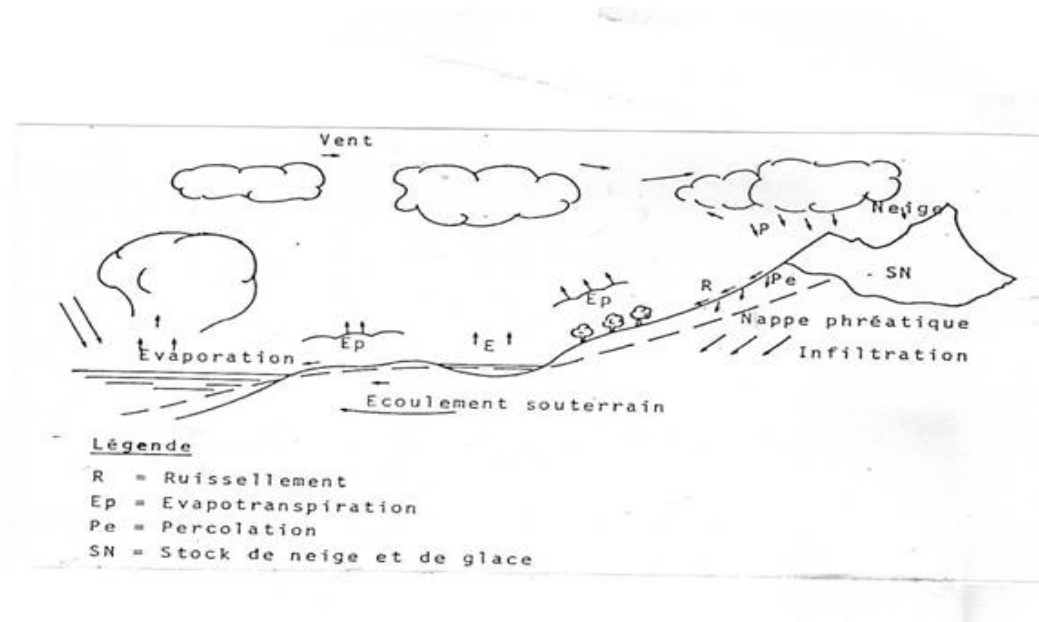


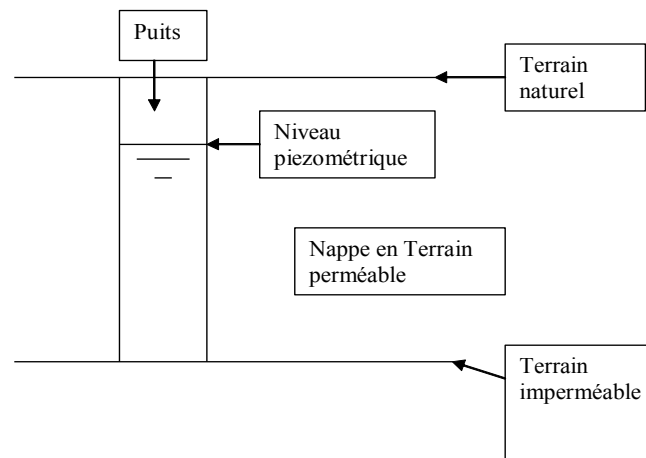
Figure 3.1 : Cycle de l'eau

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Eaux souterraines

a- Nappes libres :

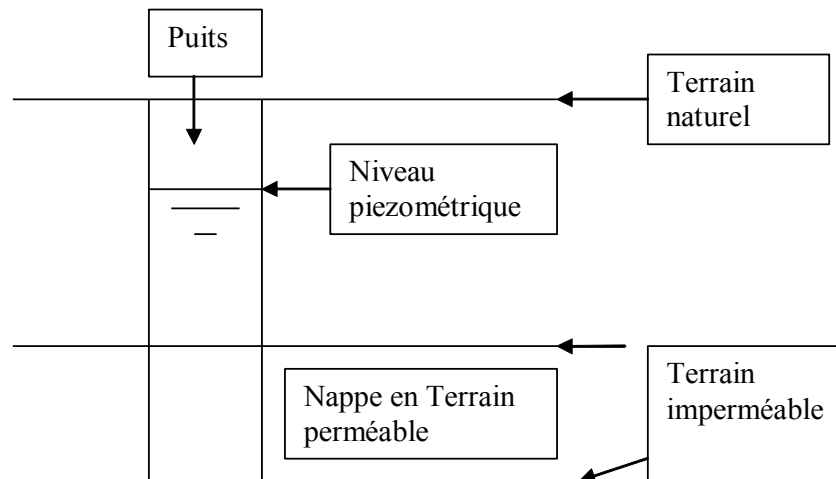
Lorsque la nappe peut se développer librement vers le haut, on dit que cette nappe est **une nappe libre**.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

b- Nappes captives :

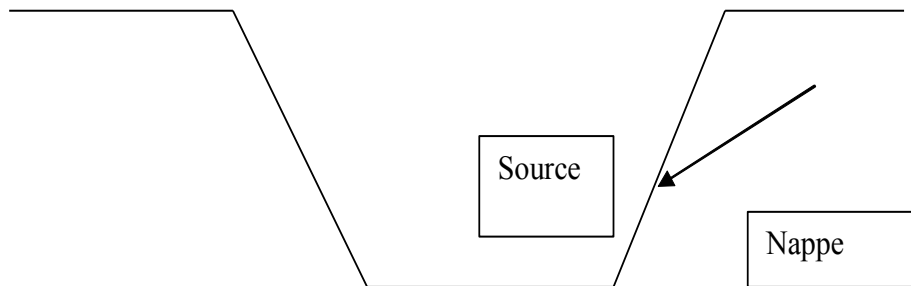
Si la nappe est emprisonnée entre deux couches imperméables, elle est dite **captive**.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Sources :

- Les sources sont les emplacements où les eaux souterraines débouchent à l'air libre.
- Toute source est alimentée par une portion de la nappe qui lui a donné naissance.



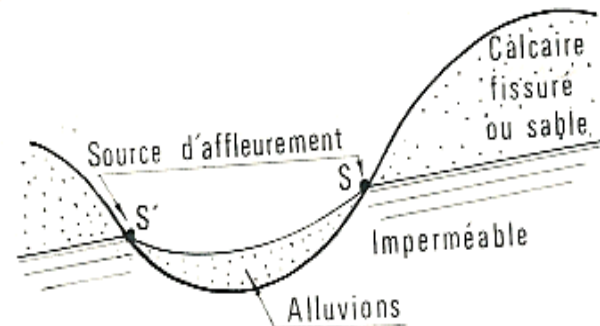
CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Les principaux types de sources sont :

- Sources d'affleurement
- Sources de déversement
- Sources d'émergence.

a- Sources d'affleurement :

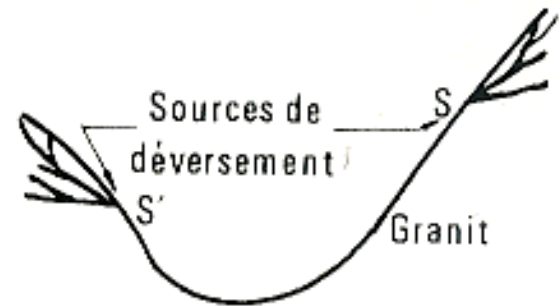
- Les sources d'affleurement sont alimentées par la partie inférieure de la nappe. Le fond de la vallée atteint l'imperméable.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

b- Sources de déversement :

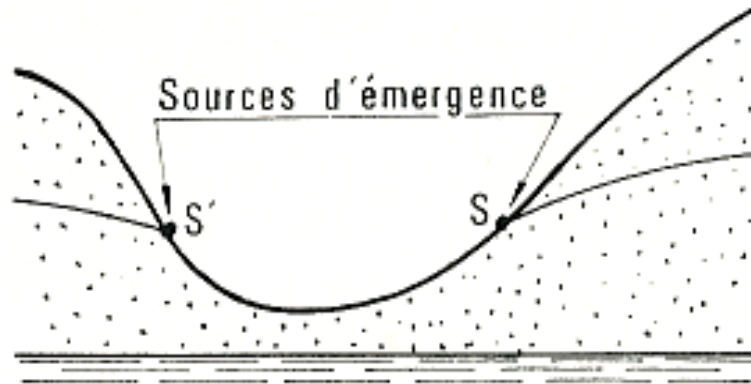
- Les sources de déversement prennent naissance dans les formations fissurées. L'eau apparaît au point de rencontre des fissures avec le flanc de la vallée.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

c- Sources d'émergence :

- Ces sources sont alimentées par la partie supérieure de la nappe. Le fond de la vallée n'atteint pas l'imperméable.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Eaux de surface :

- Eaux de rivière
- Eaux de barrage ou lac

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Captage des eaux

Eaux souterraines :

Captage des nappes (eaux peu profondes)

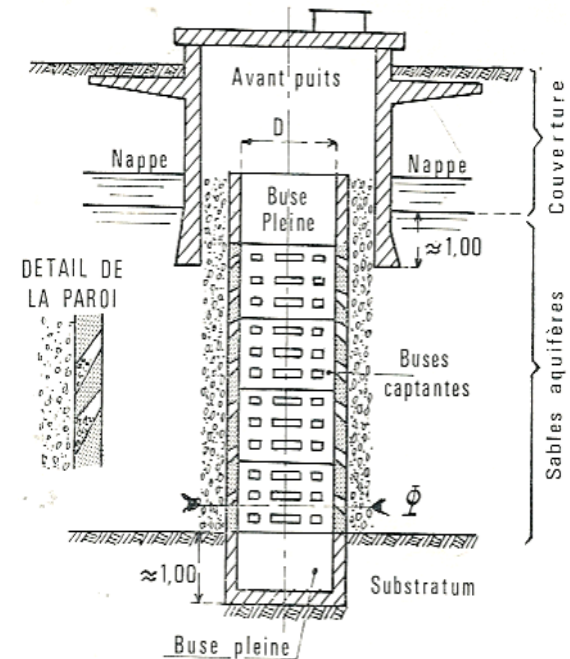
L'accès à la nappe peut s'effectuer comme suit :

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

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

a- Puits :

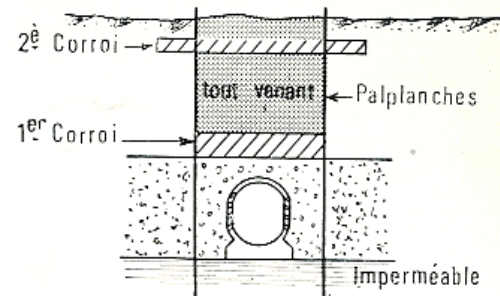
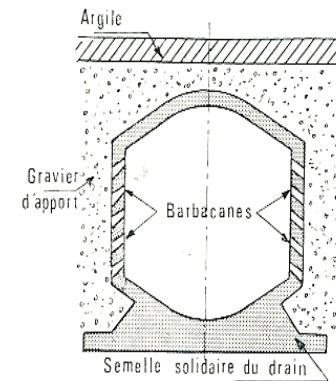
- Une nappe souterraine peut être atteinte par un ouvrage vertical : **puits**.
- Les conditions à satisfaire pour la réalisation des puits, dans le souci d'éviter la pollution des eaux, sont :
 - Construction d'un avant puits et montage de buses pleines.
 - Le corps de puits sera constitué de buses captantes perforées ou barbacanes. Les trous sont dirigés du bas vers le haut afin d'éviter les rentrées du sable dans le puits.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

b- Drains horizontaux :

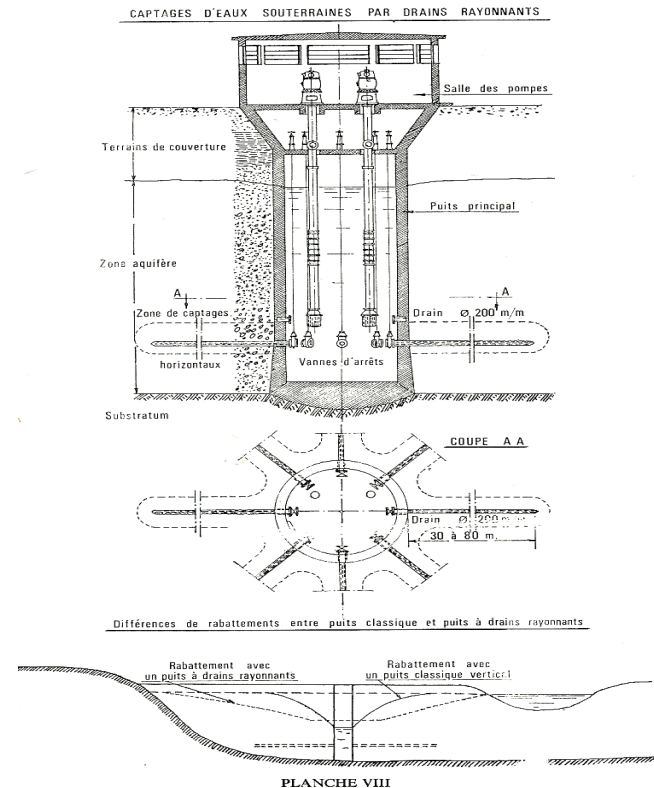
- Lorsque la nappe est peu profonde et peu épaisse, on utilise les drains horizontaux.
- Ces drains sont constitués d'éléments préfabriqués en béton, comportant :
 - Semelle d'appui
 - Sur les faces verticales, des barbacanes inclinées
 - La protection contre la pollution superficielle s'effectue par des corrois en argile



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

c- Puits à drains rayonnants :

- Pour capter des débits importants dans une nappe, il peut être intéressant, de forer des drains horizontaux depuis le fond d'un puits de grand diamètre.
- La Technique des puits à drains rayonnants consiste à capter l'eau, au moyen de drains horizontaux, foncés à partir d'un puits qui n'est pas captant.

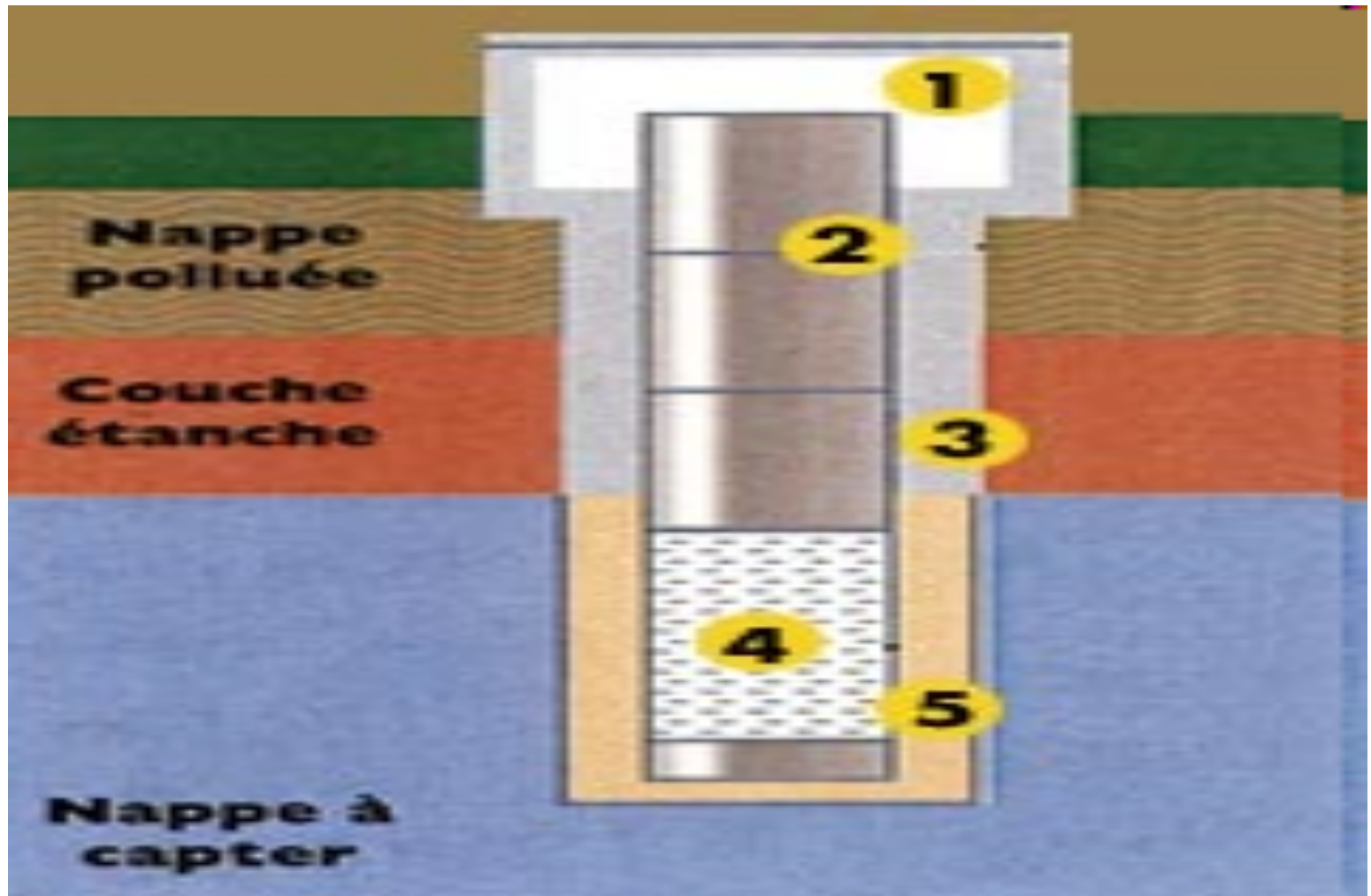


CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Captages profonds

- Le captage des eaux profondes s'effectue généralement au moyen d'ouvrages dénommés forages.
- Le forage est un moyen d'atteindre la nappe souterraine.
- Il faut ensuite capter l'eau avec toutes les précautions dictées par l'hygiène.
- Cet équipement comprend une colonne de captage et un dispositif de prise d'eau, ou crépine.
- La colonne de captage est constituée par des éléments pleins et la crépine sert au captage de l'eau.

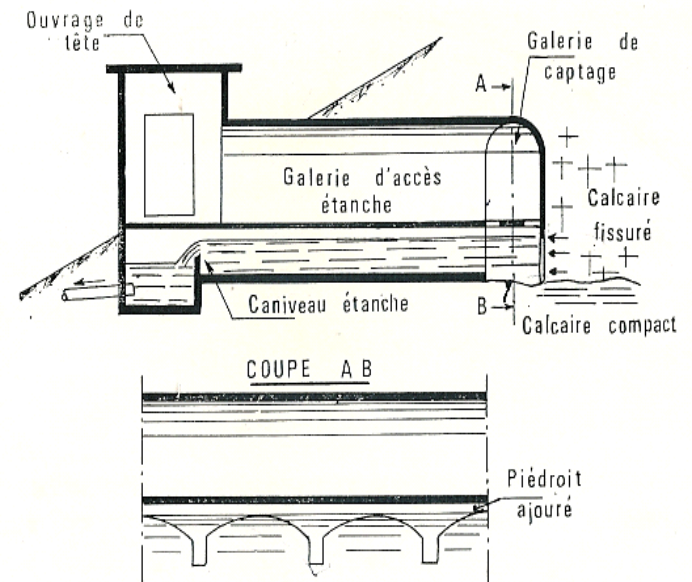
CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Sources :

- Le captage des sources s'effectue par construction d'une galerie établie au sein du gisement.

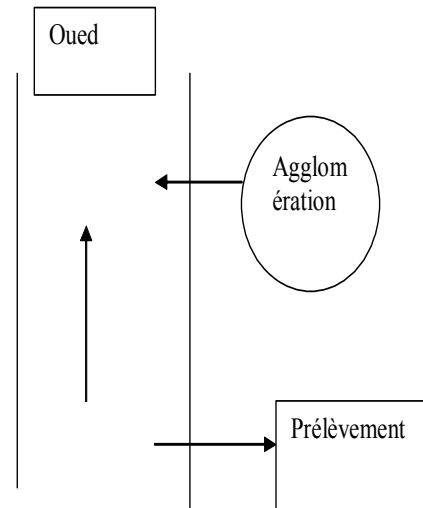


CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Captage des eaux de surface

Captage en rivière :

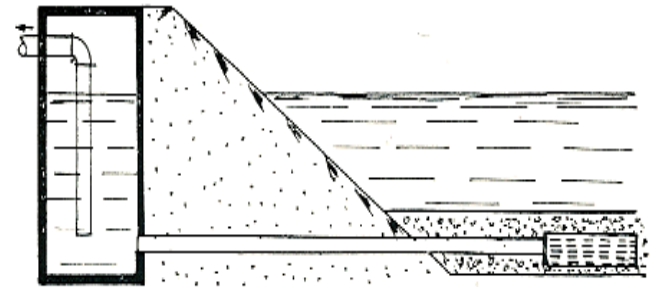
- La prise doit être située en amont des agglomérations pour éviter les pollutions.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

a- Prise dans le fond du lit :

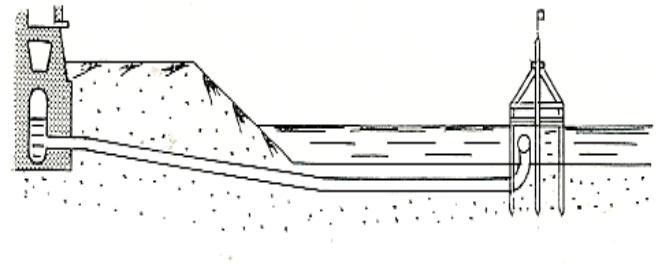
- Utilisé dans les rivières à régime torrentiel (fortes pentes et grandes vitesses d'écoulement).
- On dispose de gros graviers autour de la crépine afin de la protéger.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

b- Prise au milieu de la rivière :

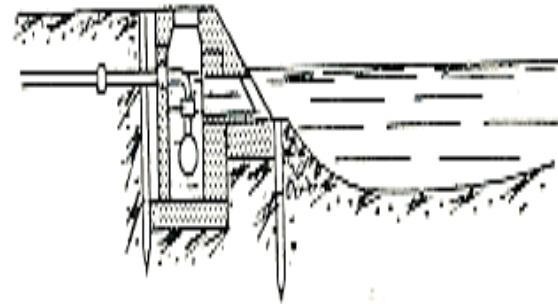
- La prise doit être protégée par une estacade pour éviter sa détérioration.
- Le captage doit s'effectuer à une certaine distance des berges.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

c- Prise sur la berge :

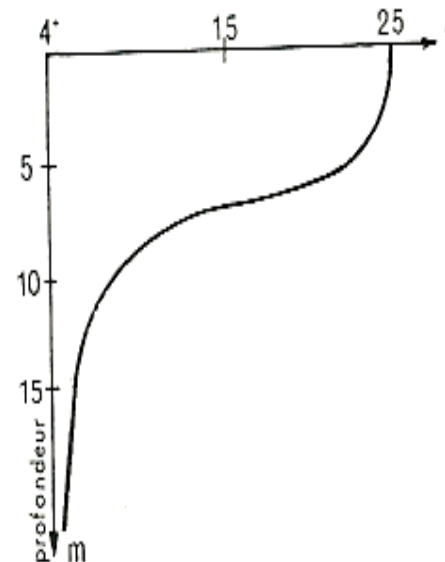
- La prise doit s'effectuer à une profondeur convenable, dans le but d'éviter, d'une part, l'influence de la fermentation du fond du lit, et d'autre part, la présence éventuelle d'hydrocarbures ou de mousses à la surface de l'eau.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

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

- Pour le captage de débits importants, on fait recours aux barrages ou lacs.
- L'eau d'un barrage ou d'un lac est caractérisée par la stratification de la température et de la composition, d'où le problème de choix de la profondeur de la prise. En effet :
 - Il n'est pas souhaitable de distribuer de l'eau, dont la température est supérieure à 15 °C.
 - L'eau tiède connaît un développement rapide des microbes.
 - La qualité de l'eau est variable avec les saisons, il faut alors envisager une tour avec prises à différentes profondeurs.



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Débits de captage

Loi de Darcy

La loi de Darcy s'écrit comme suit :

$$v = K.j$$

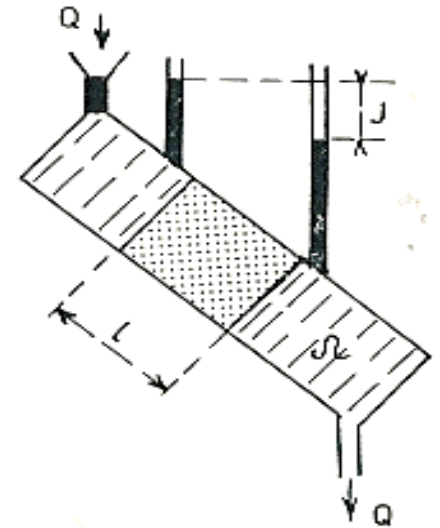
v : vitesse de filtration

K : coefficient de perméabilité

$j = \frac{J}{l}$: *gradient hydraulique*

Le débit de l'écoulement souterrain est déterminé par la relation :

$$v = \frac{Q}{\Omega} = K.j \quad Q = K.\Omega.j$$



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Débit dans une galerie filtrante

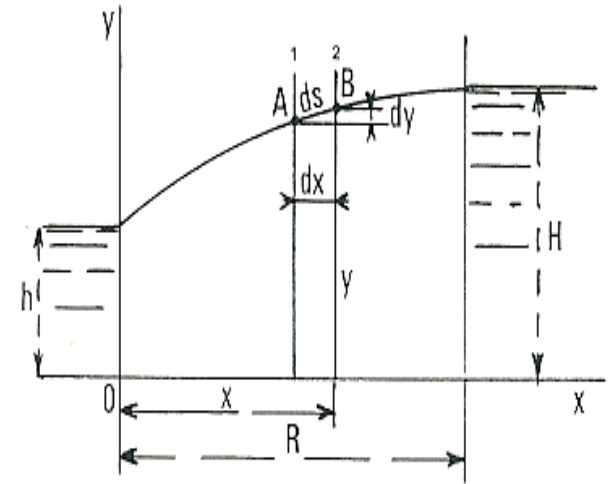
Les hypothèses de calcul du débit dans la galerie filtrante sont :

- La loi de Darcy est applicable
- Le gradient hydraulique j est faible donc $ds = dx$ - ($j = \frac{dy}{ds} = \frac{dy}{dx}$)
- La vitesse v est constante sur toute la hauteur d'une tranche de terrain.

$$Q = K \cdot \Omega \cdot j = K \cdot y \cdot \frac{dy}{dx} \quad Q dx = K \cdot y \cdot dy \quad Q \cdot x = \frac{K \cdot y^2}{2} + cte$$

- Pour $x = 0$, $y = h$ et $x = R$, $y = H$
- L'expression du débit par mètre linéaire est :

$$Q = \frac{K \cdot (H^2 - h^2)}{2 \cdot R}$$



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Débit dans un puits Nappe libre

Soit un puits de section circulaire de rayon r , descendu jusqu'au substratum.

Soit R le rayon d'influence du puits et H son niveau statique

$$Q = K.\Omega.j$$

$$Q = \Omega.v$$

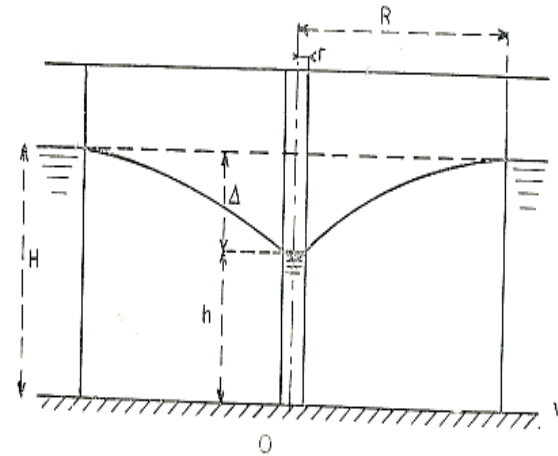
Ω : surface latérale d'un tube hauteur y à une distance x

$$\Omega = 2.\Pi.x.y$$

$$Q = K.2.\Pi.x.y.\frac{dy}{dx}$$

$$Q[Lnx]^R = K.2.\Pi.\left[\frac{y^2}{2}\right]_h^H$$

$$Q = \frac{\Pi.K.(H^2 - h^2)}{Ln\frac{R}{r}}$$



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Nappe captive

Dans le cas d'une nappe captive, située à l'intérieur de la couche d'épaisseur e , l'eau va remonter dans le puits jusqu'à une hauteur h qui est supérieure à l'épaisseur e .

$$Q = K \cdot \Omega \cdot j$$

$$Q = \Omega \cdot v$$

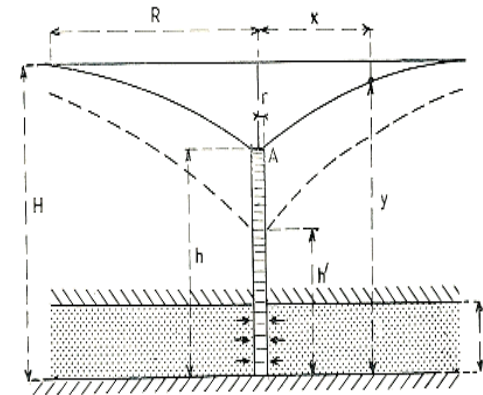
Ω : surface latérale d'un tube hauteur e à une distance x

$$\Omega = 2 \cdot \Pi \cdot x \cdot e$$

$$Q = K \cdot 2 \cdot \Pi \cdot x \cdot e \cdot \frac{dy}{dx}$$

$$Q [\text{Log}x]_r^R = K \cdot 2 \cdot \Pi \cdot e [y]_h^H$$

$$Q = \frac{2 \cdot \Pi \cdot K \cdot e \cdot (H - h)}{\text{Ln} \frac{R}{r}}$$



CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Détermination du rayon d'influence

- Le rayon d'influence R est donné par la formule de SICHARDT :

$$R = 3000.(H - h).\sqrt{K}$$

K : coefficient de perméabilité

$H-h = \Delta =$ rabattement

- Vibert admet $R/r = 100-300$ (moyenne 200)
- Sichardt préconise une vitesse critique :

$$V_c = \frac{\sqrt{K}}{15}$$

- Si $V > V_c$, toutes les particules fines seront entraînées.
- Le débit maximal (critique) est calculé par la formule :

$$Q_c = 2.\Pi.r.h.\frac{\sqrt{K}}{15}$$

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Détermination du coefficient K

Le coefficient K se déduit de l'analyse granulométrique des matériaux par la formule d'Allen Hazen :

$$K(cm/s) = 100.(d_{10},cm)^2$$

d_{10} : dimension des grains du matériau n'ayant que 10 % en poids des grains de dimensions inférieures (cm).

Les ordres de grandeur des coefficients de perméabilité des sols naturels courants sont :

- Graviers, cailloux, gros sables 10^{-3} à 10^{-1} cm/s
- Sable fin 10^{-3} à 10^{-4} cm/s
- Silt 10^{-4} à 10^{-6} cm/s
- Limon 10^{-5} à 10^{-8} cm/s
- Argile, marne 10^{-6} à 10^{-9} cm/s
- Argile plastique 10^{-8} à 10^{-10} cm/s

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Application : Calcul du débit d'un puits d'une nappe libre

Soit un puits d'une nappe libre dont les caractéristiques sont :

$$K = 2.10^{-4} \text{ m/s}$$

$$H = 20 \text{ m}$$

$$h = 15 \text{ m}$$

$$r = 1 \text{ m}$$

- 1- Calculer le rayon d'influence R par la formule de Sichardt
- 2- Calculer le débit à capter à partir du puits, Q
- 3- Calculer le débit critique, Qc
- 4- Combien faut-il de puits pour alimenter une ville dont les besoins de 2015 sont de 1500 l/s.

CHAPITRE 3 / ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX

Solution :

1- Rayon d'influence (formule de Sichardt)

$$R = 3000.(H - h).\sqrt{K} = 3000.(20 - 15)\sqrt{2.10^{-4}} = 212m$$

2- Le débit à capter à partir du puits, Q

$$Q_c = 2.\Pi.r.h.\frac{\sqrt{K}}{15} = \frac{2.3,14.1.15.\sqrt{2.10^{-4}}}{15} = 0,0888m^3 / s = 88,8l / s$$

3- Le débit critique Qc

$$Q = \frac{\Pi.K.(H^2 - h^2)}{\text{Ln} \frac{R}{r}} = \frac{3,14.2.10^{-4}.(20^2 - 15^2)}{\text{Ln} \frac{212}{1}} = 0,0205m^3 / s = 20,5l / s$$

4- Nombre de puits, Np

$$N_p = \frac{1500}{22,5} = 67$$