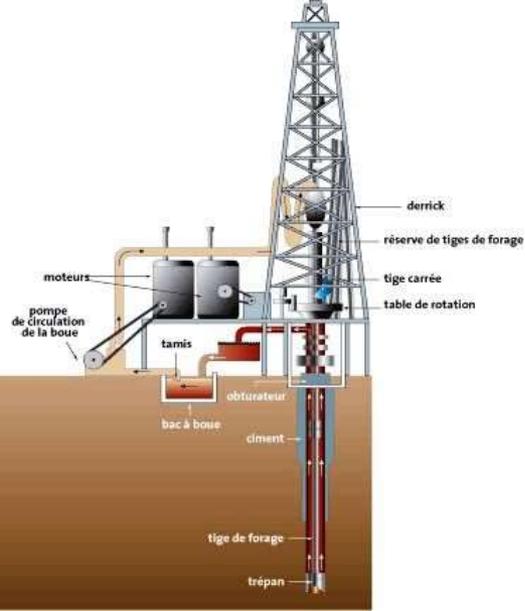


Techniques de forage

HU 922

Master 2

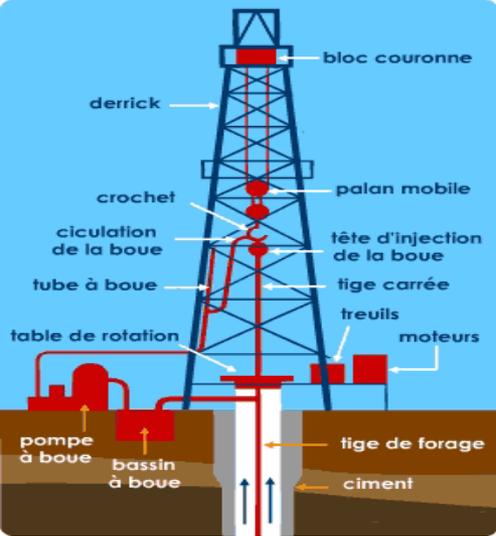
Hydraulique urbaine



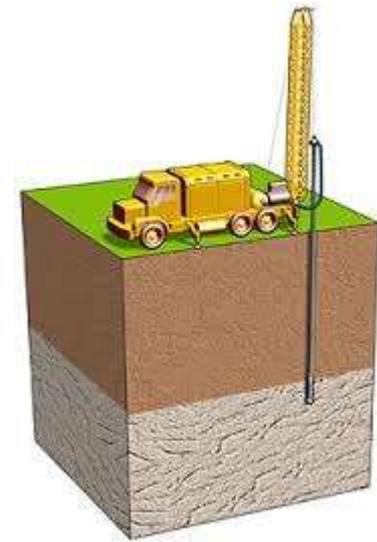
Pr. K. BABA HAMED
2020- 2021



Techniques de forage HU 922 Master 1 Hydraulique urbaine



EQUIPEMENT DE FORAGE

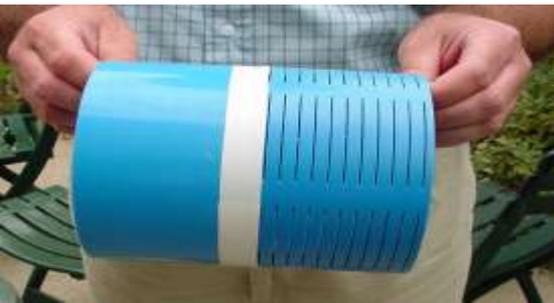


TUBES ET CREPINES

Le choix correct de l'équipement de forage peut conduire à une nette économie.

Un forage mal conçu peut entraîner notamment :

- une productivité trop faible.
- une durée de vie limitée.
- une eau de mauvaise qualité, ensablement, turbidité.
- un colmatage accéléré.
- des coûts de maintenance élevés.

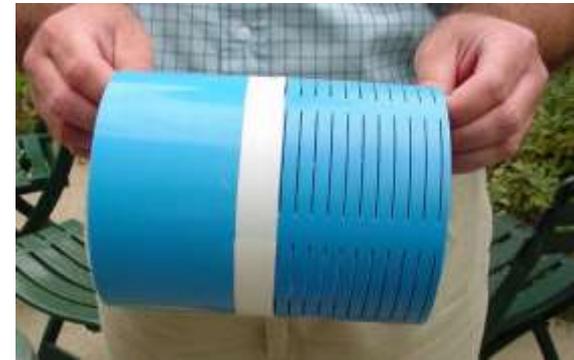


PRÉSERVONS
L'EAU



TUBES ET CREPINES

- *- Le rôle du tubage est le soutènement du trou de forage contre l'éboulement et l'effondrement.
- *- Le rôle de la crépine est d'éviter l'entrée de sables et des éléments fins de l'aquifère à l'intérieur de la colonne de crépine, car ils constituent un grand risque pour cette dernière (corrosion, usure).

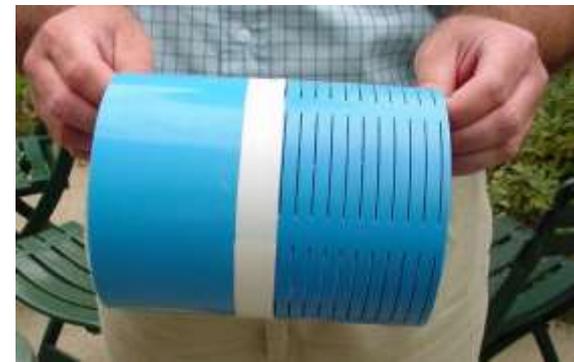


TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Le choix de la longueur d'une crépine dépend :

- du niveau de la nappe.
- du rabattement de la nappe pendant son exploitation.
- de l'épaisseur de la nappe à exploiter.
- de la nature et la structure des couches aquifères formant la nappe.



TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

La crépine doit être placée dans une position où les caractéristiques hydrauliques sont les meilleures. Pour ce faire, on doit se baser sur :

- les diagraphies instantanées, pertes de boue...
- le carottage.
- l'analyse granulométrique des échantillons.
- les essais de perméabilité.

Il est recommandé de ne pas rabattre la nappe au dessous du sommet de la crépine.



TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Nappe captive en terrain homogène

On crépine **80 à 90%** de son épaisseur, en s'assurant que le rabattement ne descend pas sous le niveau du toit.

Les prix actuels des crépines permettent de crépiner la totalité de l'épaisseur de la nappe, contrairement à l'idée du passé qui consiste à faire une alternance entre parties crépinées et partie non crépinées sur la colonne de crépinage (coût élevé).

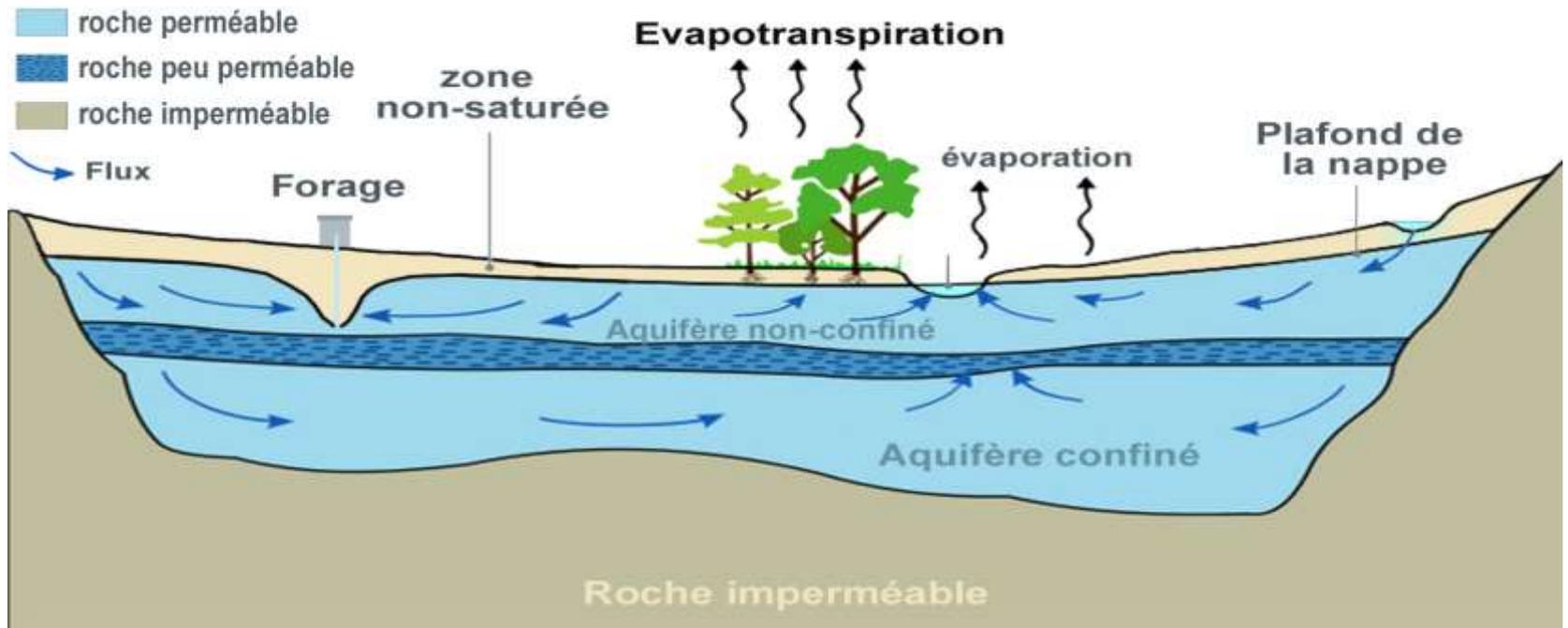


TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Nappe captive en terrain hétérogène

On crépine **80 à 90%** des couches les plus perméables.



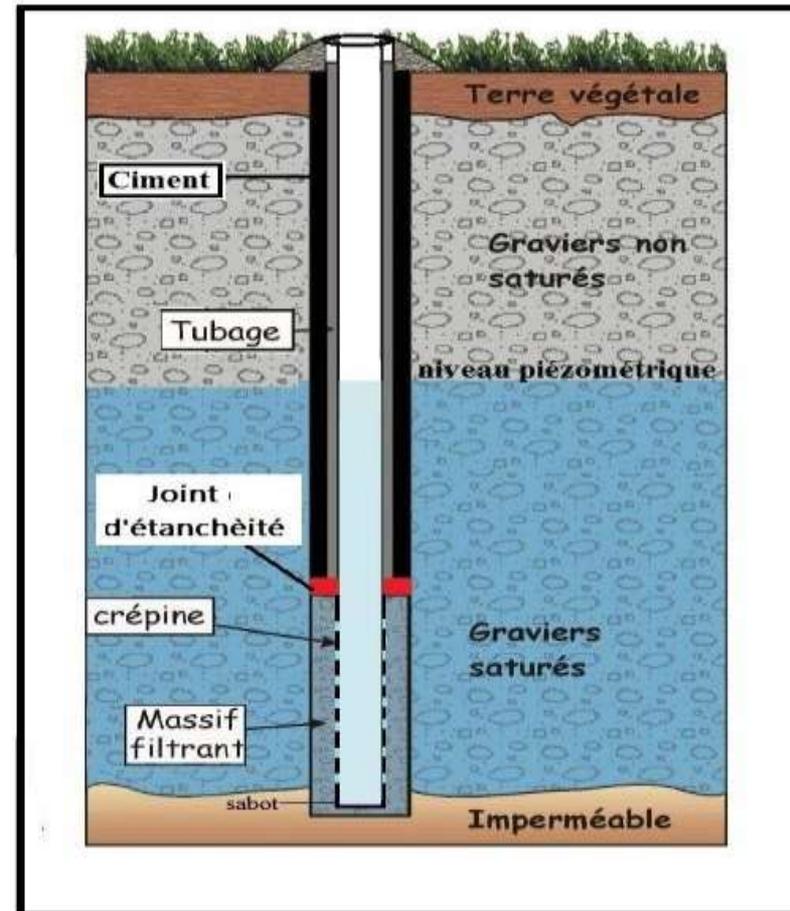
TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Nappe libre en terrain homogène

*- Pour une nappe ayant une épaisseur inférieure à 45m : il est recommandé de crépiner au moins le tiers inférieur sans dépasser une hauteur de 50% de son épaisseur.

*- Pour une nappe à épaisseur plus grande, on peut crépiner jusqu'à 80% de son épaisseur pour obtenir une capacité spécifique plus importante.



TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Nappe libre en terrain hétérogène



On positionne la crépine dans les **couches les plus perméables** afin de permettre un **rabattement maximum** dans les meilleures conditions d'exploitation.

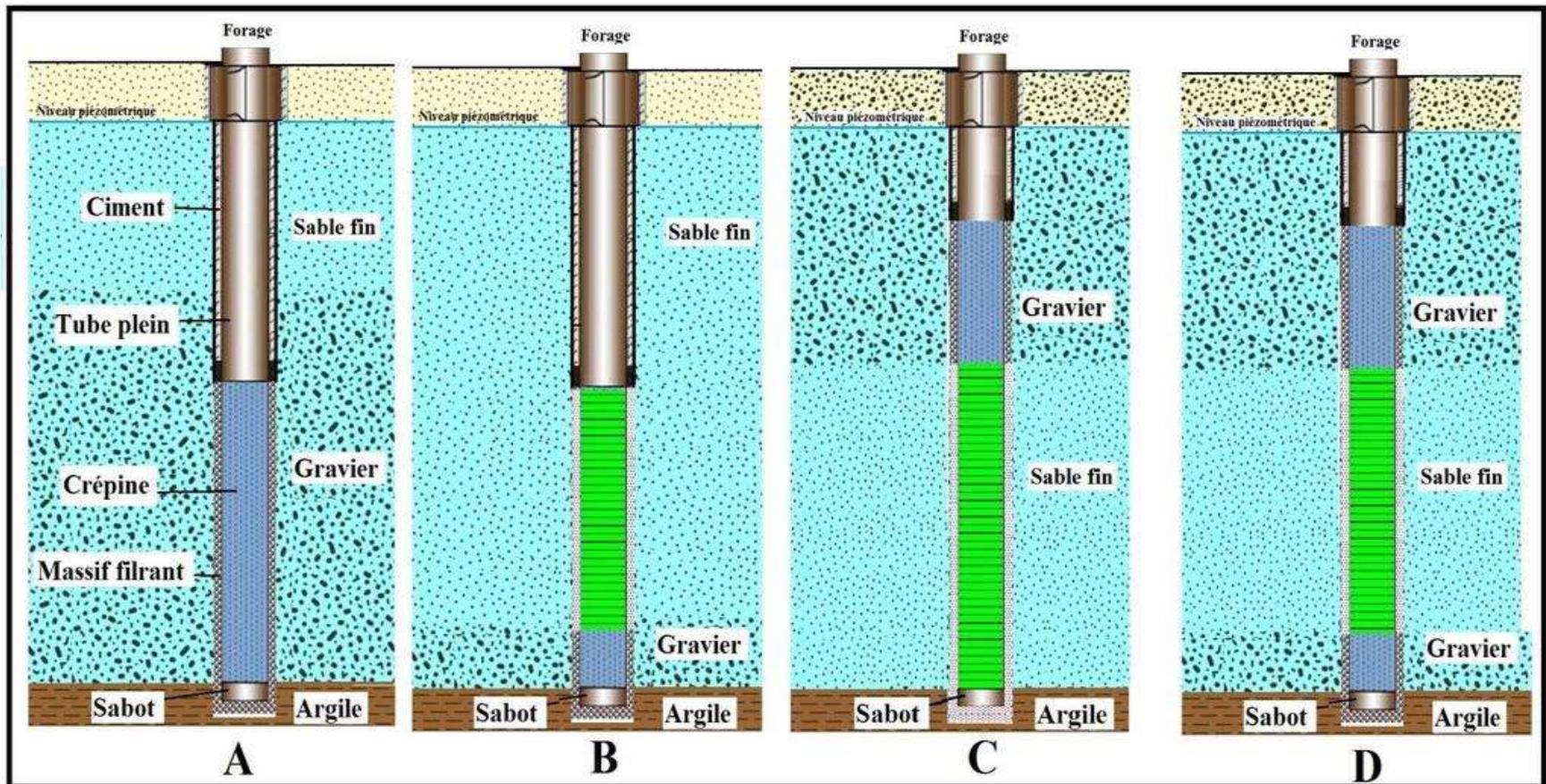
La longueur totale de la crépine doit être de l'ordre du **tiers de l'épaisseur de l'aquifère** pour des **couches perméables** relativement importantes et régulières.

Pour des **couches très perméables** et relativement **minces**, on capte Les **autres couches moins aquifères** avec des ouvertures de crépine adaptées à ces différentes couches.. Quatre cas se présentent:

TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Nappe libre en terrain hétérogène



TUBES ET CREPINES

Longueur et position des crépines

Nappe libre en terrain hétérogène



A- Sable fin surmontant une épaisse couche de gros sable ou gravier : on crépinera seulement **70% à 80% de sable grossier** (ou gravier).

B- Forte couche de sable fin surmontant une mince couche de gros sable ou de gravier : **crépiner toute la couche de gros sable** et environ la moitié de la couche de sable fin mais avec des ouvertures différentes.

C- Sable grossier surmontant une couche d'égale épaisseur de sable fin : **crépiner toute la couche de sable fin** et la moitié au moins du sable grossier, avec des ouvertures différents.

D- Sable fin, en sandwich entre deux couches de matériaux grossier : **crépiner les deux couches inférieures** et le tiers ou la moitié de la couche supérieure, avec des ouvertures différents.

DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

La crépine est l'élément essentiel du forage, son choix se fait selon :

- *- les ouvertures (fentes) continues sur sa périphérie permettant un écoulement régulier.
- *- la surface d'ouverture maximum (compatible avec sa résistance).
- *- les ouvertures doivent être croissantes vers l'intérieur pour éviter le colmatage.
- *- le choix de la matière pour éviter la corrosion.

Leur matière peut être en acier ordinaire, en acier inoxydable, en PVC...etc.



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

La crépine est l'élément essentiel du forage, son choix se fait selon :

- *- les ouvertures (fentes) continues sur sa périphérie permettant un écoulement régulier.
- *- la surface d'ouverture maximum (compatible avec sa résistance).
- *- les ouvertures doivent être croissantes vers l'intérieur pour éviter le colmatage.
- *- le choix de la matière pour éviter la corrosion.

Leur matière peut être en acier ordinaire, en acier inoxydable, en PVC...etc.



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

Type Johnson



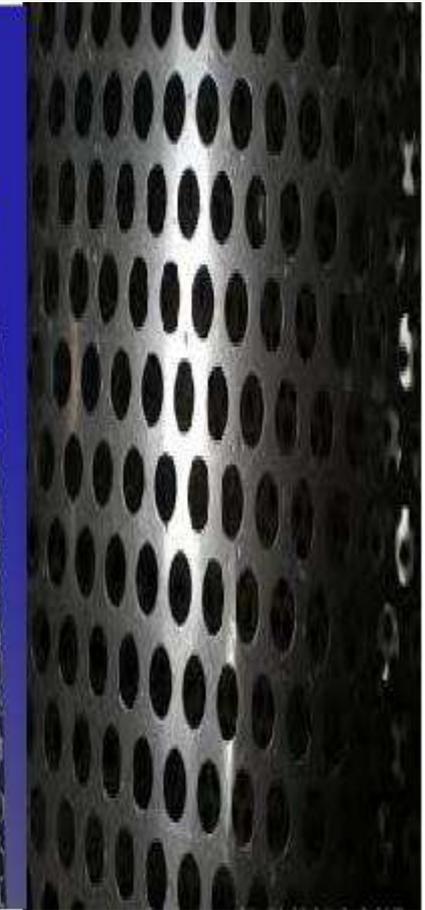
Trous oblongs



Nervures repoussées



Trous ronds



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

a- Les crépines à fentes continues (type JOHNSON)

L'ouverture est horizontale continue sur toute la longueur de la crépine.
Ce sont les plus utilisées et les plus répandues.

Les principaux avantages sont:

- la régularité et la précision des ouvertures,
- les faibles risques de colmatage,
- caractéristiques mécaniques élevées (résistance) pour un poids minimum.
- et le coefficient d'ouverture le plus élevé par rapport aux autres crépines.

Crépine type Johnson



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

b- Les crépines trous oblongs

avec des fentes rectangulaires verticales, de largeur au moins égale à l'épaisseur de la tôle.

Crépine à trous oblongs



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

c- Les crépines à nervures repoussées

présente une bonne résistance mécanique du fait du faible enlèvement du métal.



Crépine à nervures repoussées



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

d- Les crépines à trous ronds

utilisés en terrains durs



Crépines à trous ronds



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

d- Les crépines à persiennes

présentent une bonne résistance mécanique

Crépines à persiennes



DIFFERENTS TYPES DE CREPINES

e- Les crépines en PVC

Elles ne sont pas altérables par la qualité de l'eau (eau de mer, eau acide), légères, faciles à déplacer et à installer, d'un coût moins élevé mais leur utilisation est limitée par leur résistance mécanique (pour des profondeurs de l'ordre de 100 m) et par la longueur minimale des fentes.



Crépines en PVC



PARAMETRES DE CREPINAGE

Ouverture des fentes de crépines

Elle doit être en principe, **inférieure à la plus fine granulométrie du gravier additionnel (massif filtrant)**. Sa détermination est en fonction de la **courbe granulométrique** de la formation. La forme et la répartition des ouvertures de crépines sont plus ou moins aussi importantes que la détermination de l'ouverture elle-même, puisqu'elles conduisent à un coefficient d'ouverture le plus élevé que possible pour obtenir le meilleur rendement d'exploitation du forage.

PARAMETRES DE CREPINAGE

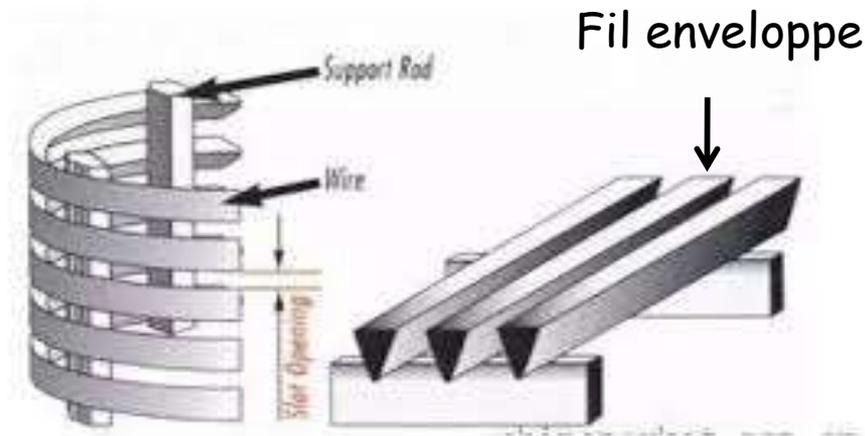
Coefficient d'ouverture des crépines

Pour les crépines JOHNSON le coefficient d'ouverture est égal à :

$$Co = e.100/(e+h)$$

Où e : intervalle entre deux spires

h : Largeur du fil enveloppe (base du triangle de la section).



PARAMETRES DE CREPINAGE

Vitesse de pénétration de l'eau dans la crépine

Le coefficient d'ouverture doit être tel qu'il permet d'avoir une vitesse d'entrée de l'eau de l'ordre de **3 cm/s** afin de réduire l'érosion, la corrosion, l'incrustation et la perte de charge. Certains recommandent des vitesses entre 3 et 7,5 cm/s. Beaucoup de chercheurs recommandent des vitesses en relation avec la transmissivité de la nappe,

Relation entre la transmissivité et la vitesse maximale d'entrée dans la crépine.

<i>Transmissivité (m²/j)</i>	<i>Vitesse max. d'entrée (cm/s)</i>	<i>Transmissivité (m²/j)</i>	<i>Vitesse max. d'entrée (cm/s)</i>
> 245	> 3,05	82	2,54
245	3,05	61	2,03
204	3,05	41	2,03
163	3,05	20	1,52
122	3,05	< 20	< 1,02
102	2,54		

PARAMETRES DE CREPINAGE

La relation débit- diamètre- coefficient d'ouverture

La relation débit- diamètre- coefficient d'ouverture est donnée par :

$$Q = \pi \cdot D \cdot Co \cdot 0,03 \cdot 3600 \rightarrow Q = 340 \cdot D \cdot Co$$

Q : débit (m³/heure),

D : diamètre extérieur de la crépine (m).

Co : coefficient d'ouverture en nombre décimal.

Sur la valeur obtenue de débit, et par expérience, on doit appliquer un coefficient réducteur de 0,5 à 0,75 pour l'ajuster contre les conditions non idéales (possibilité d'incrustation, température et viscosité de l'eau, perte de boue, grains de sable mal placés sur le massif filtrant obturant partiellement des fentes).

PARAMETRES DE CREPINAGE

Diamètres de tubes et de crépines

Le choix des diamètres d'une colonne de tubage (crépine), est souvent conditionné par l'encombrement de la pompe, et celui-ci est en fonction du débit.

Il est recommandé de laisser un pouce (2,54 cm) de jeu entre pompe et tubage.

Compte tenu des dimensions des groupes électropompes à moteur immergé, on a le tableau suivant:

<i>Diamètre intérieur minima de tubage (pouce)</i>	<i>Débit maxima prévu (m³/h)</i>
4	3
6	50
8	140
10	250

MISE EN PLACE DU TUBAGE

Pour éviter les risques d'effondrement de terre dans le trou du forage (si la profondeur du forage devient importante), on recommande de placer le tubage le plus rapidement possible.

Le plan de tubage (longueur et emplacement de tubes pleins et de tubes crépinés) s'établit en fonction de la coupe hydrogéologique du forage.

Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0,5 m bouché à sa base.

Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage, il est nécessaire de réduire la longueur du tubage de 0,5 à 1 m par rapport à la profondeur réelle forée.

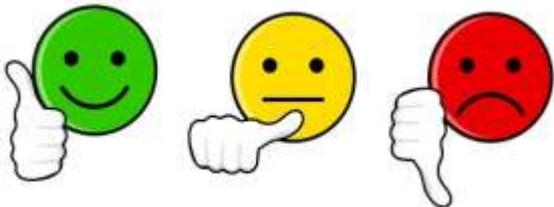
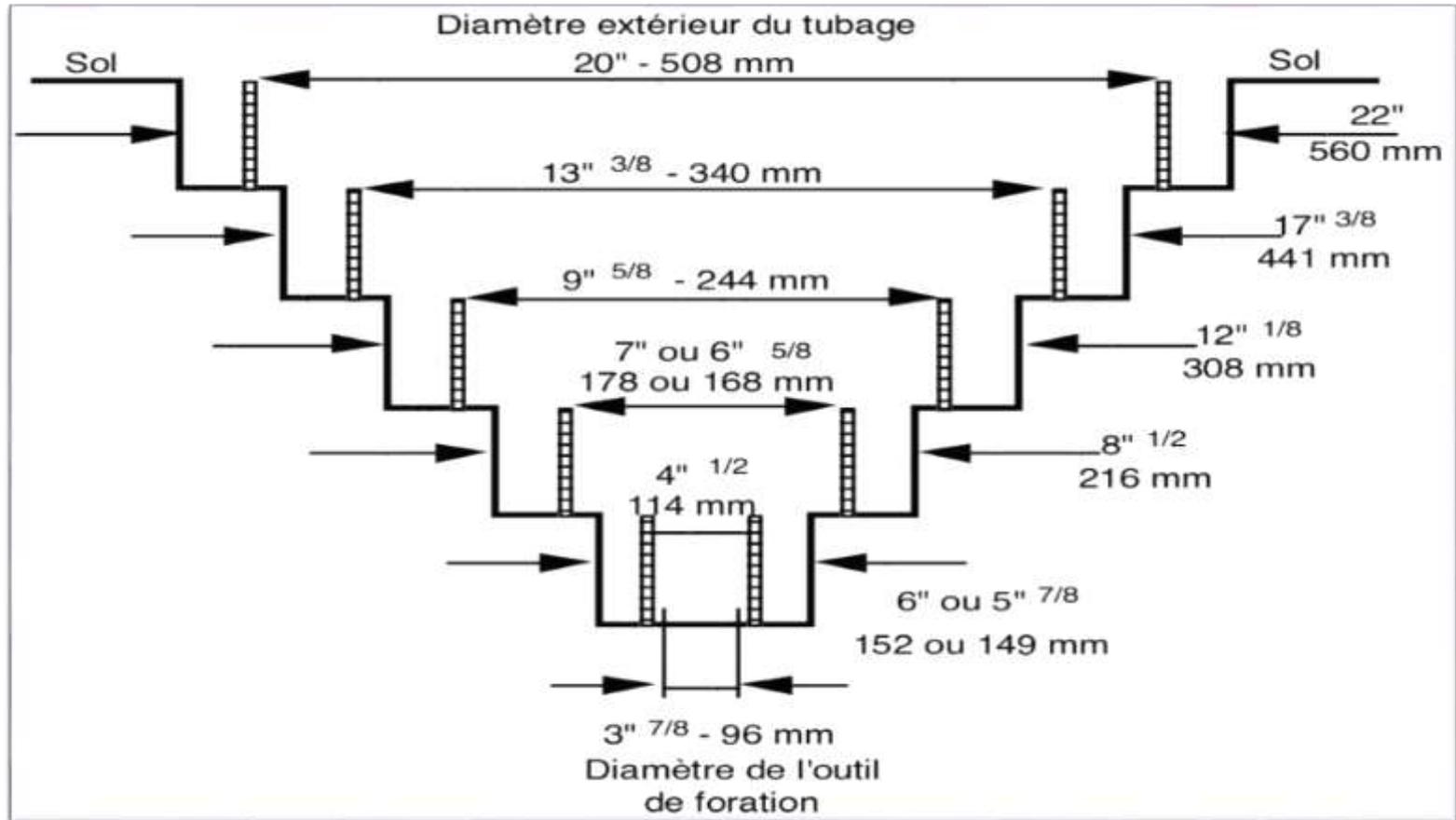
Le dernier tube doit être au dessus de la surface de sol d'environ 0,5 m.

Le tubage doit descendre librement sous son poids propre.

Il est recommandé parfois de descendre le tube sans bouchon de fond pour pouvoir glisser le long des parois puis on obture le fond du forage par un laitier de ciment.



MISE EN PLACE DU TUBAGE



Relations entre les diamètres des outils Rotary et les diamètres des tubages



© Can Stock Photo - csp2216844

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Rôle du massif filtrant

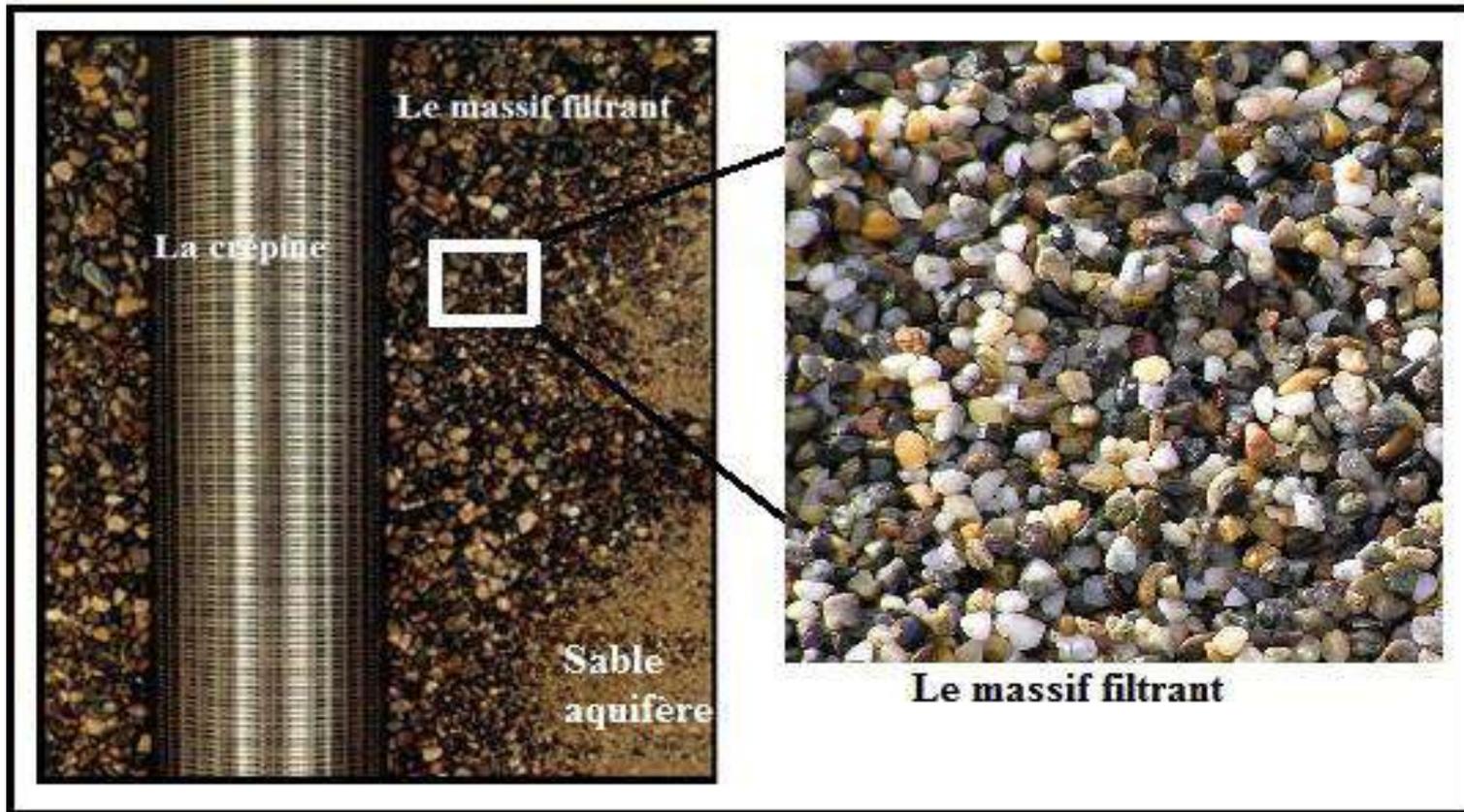
Ce sont des matériaux meubles formés d'éléments calibrés (graviers, granulats), disposés dans l'espace annulaire entre la crépine et les parois du puits pour empêcher l'érosion souterraine et prévenir le colmatage et la réduction conséquente de l'efficacité du puits.

NB: un massif filtrant de granulométrie surdimensionnée dans une formation sableuse fine, peut provoquer un ensablement de l'ouvrage. Par contre, un massif filtrant de granulométrie trop fine peut conduire à une exploitation partielle de la nappe et rendre difficile l'élimination de la boue de forage.

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)



Rôle du massif filtrant



Emplacement du massif filtrant dans le forage.



© Can Stock Photo - csp3512324

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Rôle du massif filtrant

Ce sont des matériaux meubles formés d'éléments calibrés (graviers, granulats), disposés dans l'espace annulaire entre la crépine et les parois du puits pour empêcher l'érosion souterraine et prévenir le colmatage et la réduction conséquente de l'efficacité du puits.

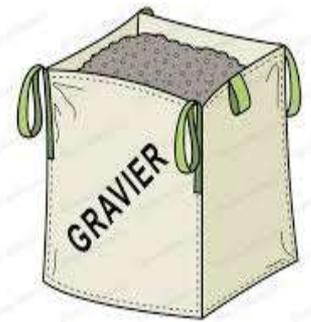
NB: un massif filtrant de granulométrie surdimensionnée dans une formation sableuse fine, peut provoquer un ensablement de l'ouvrage. Par contre, un massif filtrant de granulométrie trop fine peut conduire à une exploitation partielle de la nappe et rendre difficile l'élimination de la boue de forage.

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Caractéristiques et mise en place du massif filtrant

Le massif filtrant doit être constitué d'un gravier siliceux, roulé, propre, calibré et homogène. Il doit être chimiquement stable, il ne doit pas être calcaire, ni concassé, avoir une forte porosité d'interstice et un faible coefficient d'uniformité.

La pratique habituelle consiste à former un espace annulaire de 2 à 5 pouces (5 à 13 cm) de largeur pour le massif filtrant. La colonne de tubes/crépines doit être au milieu du trou.



GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)



Caractéristiques et mise en place du massif filtrant

L'introduction du massif filtrant dans l'espace annulaire, doit se faire avec **beaucoup d'attention** et **sans précipitation**, il faut **calculer le volume de l'espace annulaire**.

Lorsqu'un massif filtrant est versé dans un forage où le niveau de l'eau est élevé, cela provoque généralement un déplacement de l'eau, qui monte et déborde. Ce débordement s'arrêtera brusquement quand la crépine sera recouverte de gravier. En continuant de verser du gravier jusqu'à ce que nous soyons certains que le haut du massif est largement plus haut que l'extrémité supérieure de la crépine.

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Caractéristiques et mise en place du massif filtrant

Le volume de l'espace annulaire entre le diamètre du forage D et le diamètre de la colonne de tubage/crépine d (D et d étant tous les deux exprimés en pouces), longueur h (en mètres) est :

$$V = 0.8h (D^2 - d^2) \text{ en litres.}$$

Des massifs filtrants peu épais (moins de 50 mm ou 2" d'épaisseur) peuvent être installés pour stabiliser la formation, mais uniquement en présence d'un aquifère consolidé fracturé ou légèrement altéré. Il convient en outre de relever que les massifs filtrants de plus de 150 mm (6") d'épaisseur compliqueront le développement du forage, en particulier s'il faut enlever la couche de boue de forage qui s'est formée.

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Slot (diamètre) du gravier additionnel

1- Captage des formations grossières et des terrains compacts

Le gravier additionnel jouera le rôle de stabilisateur de formation et préviendra les éboulement ou les déformations de la colonne de captage, la granulométrie du gravier additionnel sera, alors juste un peu plus forte que la moyenne de celle du terrain, et l'ouverture de la crépine ne change pas avec la mise en place de gravier filtrant. **(à l'inverse du terrain fin, où l'ouverture de la crépine change avec l'ajout du gravier additionnel).**

Dans les terrains compacts la mise en place d'un massif filtrant est rare pour éviter les problèmes de colmatage par les oxydations métalliques (fer, manganèse).

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Slot (diamètre) du gravier additionnel

2- Captage des formations de sable fin

Le massif de gravier est nécessaire lorsque la courbe granulométrique de la formation aquifère présente deux caractéristiques: $d_{90} < 0,25 \text{ mm}$ et $1 < Cu < 5$.

Le rôle du gravier filtre, dont l'épaisseur autour de la crépine sera comprise entre 50 et 130 mm, est d'accroître la perméabilité de la formation aquifère et de retenir les éléments fins qui pourraient être entraînés par la vitesse de l'eau et pénétrer à l'intérieur de l'ouvrage.

Le gravier filtre doit stabiliser le terrain tout en facilitant la percolation de l'eau.

GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Slot (diamètre) du gravier additionnel

2- Captage des formations de sable fin

La courbe granulométrique du gravier de diamètre D sera comprise entre D_0 et D_{100} , elle est fonction de la courbe granulométrique de la formation aquifère.

Les dimensions des ouvertures des crépines sont liées à la granulométrie du gravier filtre, on fixe généralement $e = D_{10}$

Pompe immergée



GRAVIER ADDITIONNEL (MASSIF FILTRANT)

Slot (diamètre) du gravier additionnel

a. Détermination de D en fonction de d

dans les formations multigranulométriques les conditions d'après TERZAGHI sont les suivantes :

1. $D_{15} / d_{85} < 4$
2. $D_{15} / d_{15} > 4$
3. $D_{40} / D_{90} \leq 2$

La dernière règle correspond au coefficient d'uniformité C_u du gravier qui sera monogranulométrique. La dimension d'ouvertures de crépine est liée à la granulométrie du gravier filtré : $e = D_{85}$

CIMENTATION

Cette méthode consiste à remplir, par mélange à base de ciment, tout ou partie de la hauteur de l'espace annulaire entre un tubage et les parois du trou. La cimentation est utilisée pour les buts suivants :

- colmater une cavité ou des grosses fissures qui engendrent de fortes pertes de boue lors de forage.
- la préservation de la qualité des eaux souterraines.
- supprimer des problèmes liés à la géologie des terrains forés (les argiles, les évaporites, terrains meubles.etc.).
- rendre étanche l'espace annulaire et empêcher la pollution par les eaux de surface, des nappes souterraines mises en exploitation.
- fixer les colonnes de tubage au terrain et protéger ainsi contre les attaques corrosives de certaines eaux.
- isoler l'aquifère à exploiter, des autres aquifères (cas des aquifères superposés).
- la longévité de l'installation.

PRÉSERVONS
L'EAU



CIMENTATION

Préparation du laitier de ciment

Cette opération consiste à remplir avec un mélange **eau + ciment** (laitier de ciment) l'espace annulaire au dessus du massif de gravier jusqu'à la surface du sol.

Le dosage est d'environ **50 litres d'eau** pour **100 kg de ciment**, ce qui donne **75 litres de laitier**.

Pour la bentonite, on utilise le mélange suivant : **75 litres d'eau**, **4 kg de bentonite** et **100 kg de ciment**, ce mélange évitera à l'eau de filtrer hors du ciment, mais le temps de prise sera légèrement supérieur.



CIMENTATION

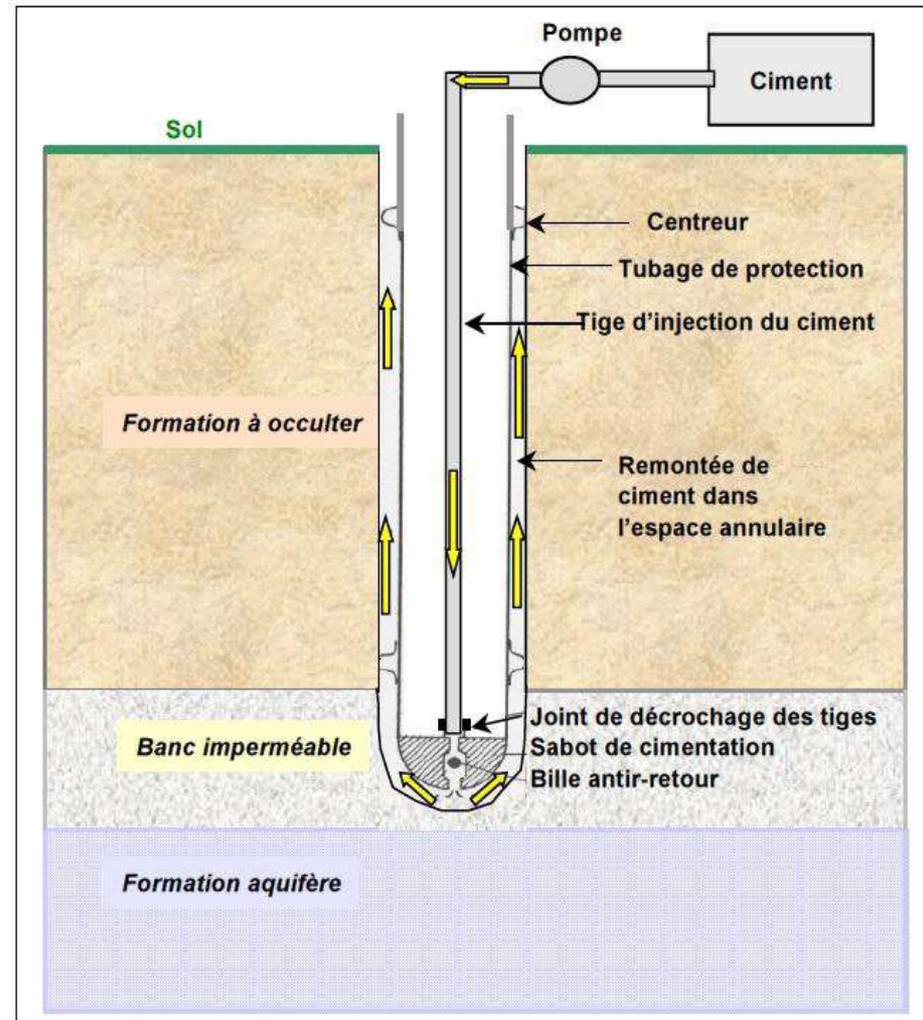
Méthodes de cimentation

1 - Cimentation par les tiges

Le tubage à cimenter est muni d'un sabot destructible équipé d'une balle plastique (de la grosseur d'une balle de tennis) faisant office de valve.

Le ciment injecté sous pression par les tiges pénètre dans l'espace annulaire par l'orifice du sabot qui est obturé par la balle dès l'arrêt de l'injection.

Dispositif de cimentation par les tiges



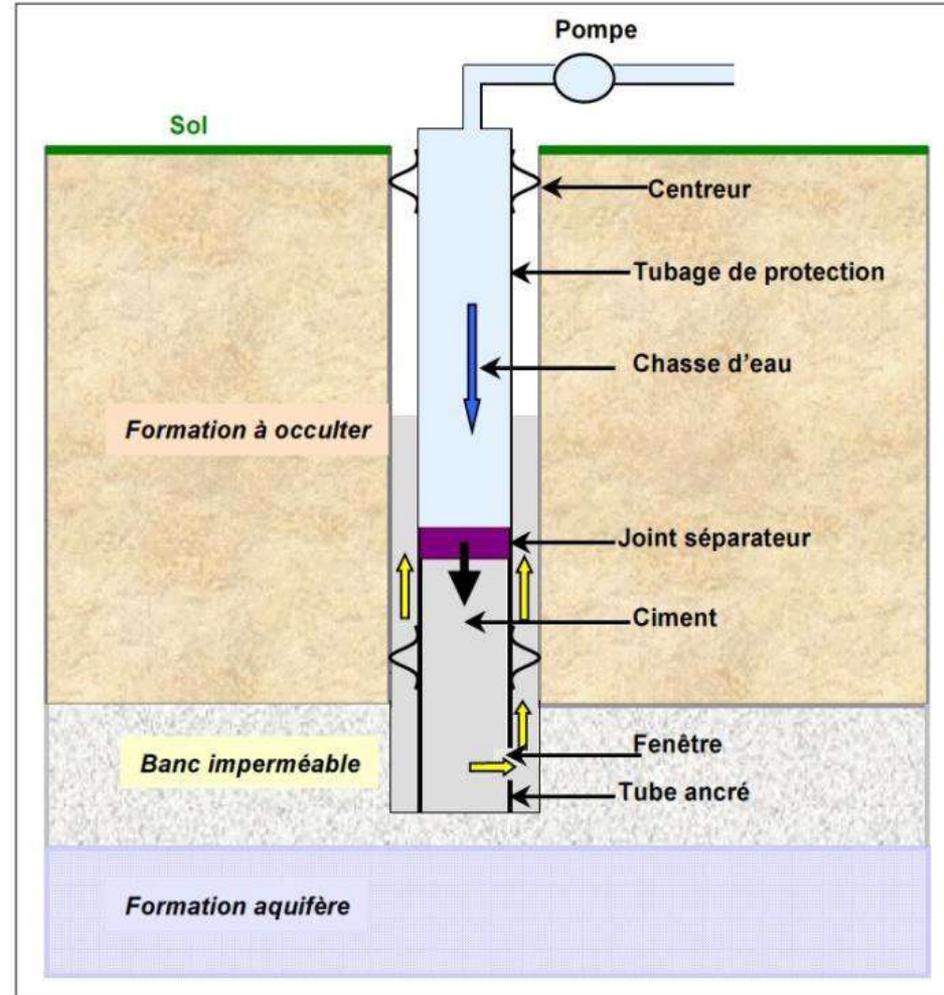
CIMENTATION

Méthodes de cimentation

2- Cimentation par le tube ancré

A la base du tubage à cimenter des fenêtres sont percées pour permettre la circulation de boue puis de ciment. Le ciment est introduit dans l'ouvrage et remonte dans l'espace annulaire sous la pression d'un joint séparateur poussé par un volume d'eau ou de boue et qui vient obturer les fenêtres de pied de tubage lorsque la cimentation est terminée

Cimentation par tube ancré

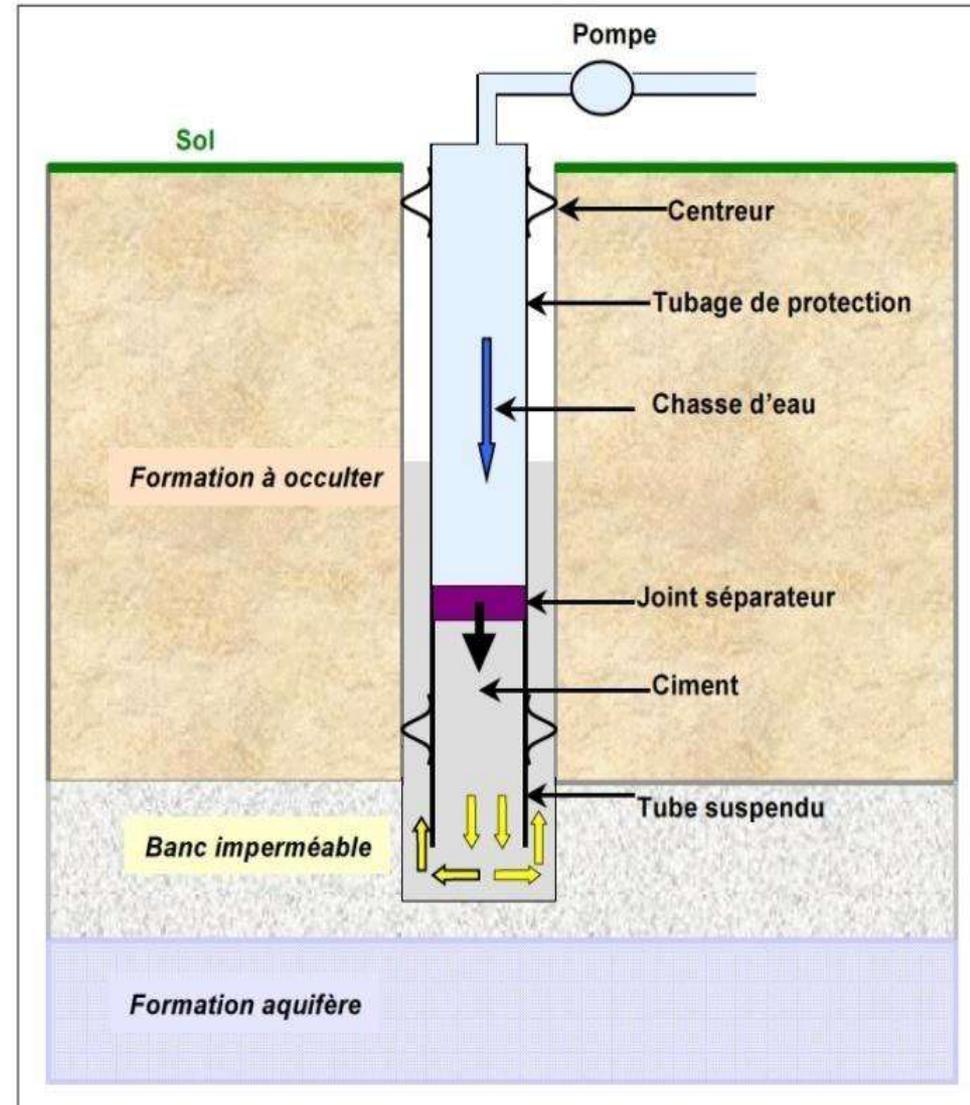


CIMENTATION

Méthodes de cimentation

3- Cimentation par le tube suspendu

Sous l'effet d'une chasse d'eau ou de boue, un bouchon destructible (joint séparateur) pousse dans l'espace annulaire le volume de ciment théorique introduit dans le tubage



Cimentation par le tube suspendu

CIMENTATION

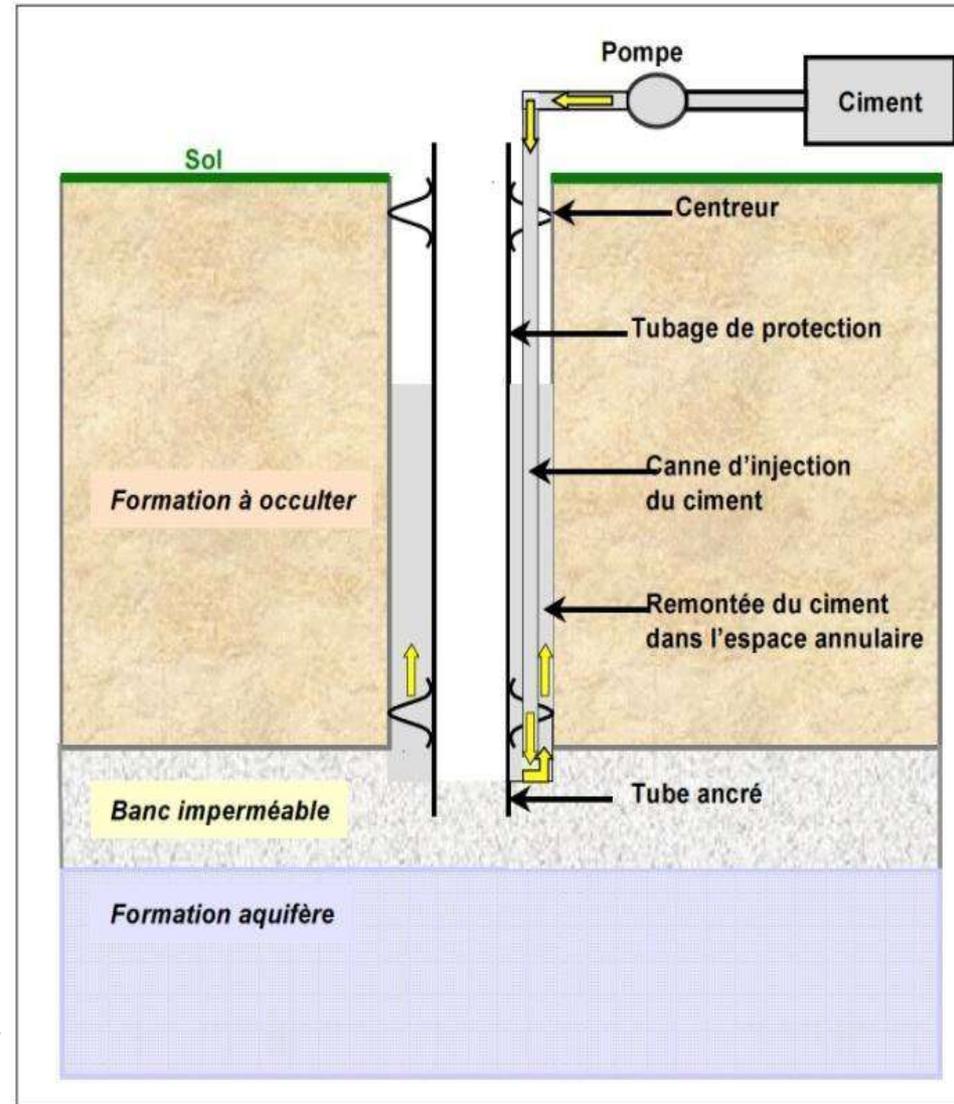
Méthodes de cimentation

4- Cimentation par canne dans l'annulaire

Une garniture de petit diamètre (environ 1pouce) est descendue dans l'espace annulaire jusqu'au pied du tubage (ancré dans le terrain).

Le ciment y est injecté sous pression, si nécessaire en remontant progressivement la canne de cimentation.

Cimentation par canne dans l'annulaire



CIMENTATION

Méthodes de cimentation

REMARQUE

Les trois premières méthodes de cimentation s'appliquent uniquement pour les forages en gros diamètres et relativement profonds. La quatrième est utilisée pour les forages de moins de 50 m.

DEVELOPPEMENT D'UN FORAGE

Le **développement d'un forage** consiste à **nettoyer** la zone de l'aquifère à proximité immédiate des crépines afin d'**éliminer** tous **déblais** et **fluides de forage**, ainsi que les **sédiments en suspension**.

Le développement d'un forage consiste, entre autres, à améliorer la perméabilité de la formation aquifère située autour de la crépine et à stabiliser cette formation.

Il consiste à éliminer les éléments fins qui colmatent naturellement le terrain et la boue de forage utilisée lors de la foration et à agrandir les fissures dans les roches massives fissurées (développement par surpompage ou développement chimique).

DEVELOPPEMENT D'UN FORAGE

Il faut savoir que la mise en production immédiate d'un forage sans développement aurait des conséquences fâcheuses :

- *- Elle ne permettrait pas d'obtenir le débit optimal pouvant être fourni par l'aquifère.
- *- Elle entrainerait très certainement d'importantes venues de sables (risques de dommages à la crépine et à la pompe, de colmatage, de tassement du gravier additionnel).



Développement d'un forage par air lift

Comment développe-t-on un forage?

- Le développement d'un forage est réalisé soit par **pompage**, soit par **soufflage (air-lift)**.
- il doit permettre d'atteindre un **débit nominal** d'au moins 30% **supérieur** au **débit d'exploitation** du forage.
- Un forage doit être développé jusqu'à l'**obtention** d'une **eau claire** dépourvue de turbidité et de toutes particules fines.
- Au moins quatre échantillons d'eau doivent être collectés dans un récipient transparent (exemple après 10min., 30min., 1h, 2h, etc.) pour vérifier qu'aucun sédiment ne se dépose au fond et que l'eau est exempte de toute turbidité.

Comment développe-t-on un forage?

- Le développement de certains forages prend quelques heures tandis que pour d'autres, il peut nécessiter plusieurs jours, selon la géologie du terrain et la méthode de forage.
- Après le développement, il est recommandé d'attendre au moins 24h avant d'effectuer un essai de pompage pour permettre au niveau d'eau de retrouver son état initial.



A quoi est dû le colmatage?

Colmatage mécanique



Le colmatage entraîne:

- Une réduction de la perméabilité du milieu,
- Une réduction de la performance du forage.

- Arrivée de sable dans la colonne de captage

- *- mauvais calibrage crépine, massif filtrant,
- *- Exploitation inadaptée du forage (Développement insuffisant, Q exploitation trop fort,
- *- usure de la crépine ou des tubes.

-Colmatage du massif filtrant

- *- Colmatage externe du massif par des éléments plus gros que les pores du gravier,
- *- Colmatage interne.

A quoi est dû le colmatage?

Colmatage chimique

- Précipitation de sels qui obstruent les crépines
- *- Rabattement trop fort provoquant des incrustations calcaires et des dépôts de fer.



A quoi est dû le colmatage?

Colmatage biologique

- Développement de films bactériens qui obstruent les ouvertures des crépines ou les pores du massif filtrant.

Remarque:

Le développement du film bactérien est dû aux changements du milieu:

- naturel (climatiques),
- ou anthropiques (pollution organique, élévation du niveau piézométrique, dénoyage des crépines).

Plus fréquent en milieu alluvial et nappes superficielles



DEVELOPPEMENT D'UN FORAGE



Caractéristiques de l'aquifère Physiques/ Chimiques	Cristallin (fissures ou joints étroits)	Consolidé (petits interstices / porosité)	Non consolidé	Stable mais avec des fissures / cavités
Peu épais (<100m)	Ni crépine, ni massif filtrant normalement requis (trou ouvert). Il faudra peut-être installer une crépine et stabiliser la formation si celle-ci est fracturée.	Ni crépine, ni massif filtrant normalement requis (trou ouvert). Il faudra peut-être installer une crépine et stabiliser la formation si celle-ci est fracturée.	Crépine avec coefficient d'ouverture élevé et massif filtrant requis. Un massif filtrant naturel peut se former si l'aquifère est homogène.	Crépine avec coefficient d'ouverture élevé. Massif filtrant requis si les cavités renferment des sédiments meubles.
Épais (>100m)	Longue crépine avec coefficient d'ouverture faible (10%). Pas de massif filtrant (mais stabiliser éventuellement la formation si celle-ci est fracturée).	Longue crépine avec coefficient d'ouverture faible (10%). Pas de massif filtrant (mais stabiliser éventuellement la formation si celle-ci est fracturée).	Longue crépine (ou plusieurs crépines) et massif filtrant requis. Un massif filtrant naturel peut se former si l'aquifère est homogène.	Longue crépine (ou plusieurs crépines) et massif filtrant requis si les cavités renferment des sédiments meubles.
Profond (>200m)	Ni crépine, ni massif filtrant requis (mais stabiliser éventuellement la formation si celle-ci est fracturée).	Ni crépine, ni massif filtrant requis (mais stabiliser éventuellement la formation si celle-ci est fracturée).	Tubes/crépines solides (acier) et massif filtrant requis. En profondeur, un massif filtrant naturel a moins de probabilités de se former.	Tubes/crépines solides (acier) et massif filtrant requis si les cavités renferment des sédiments meubles.
Eau corrosive (p. ex. forte salinité, pH bas, température élevée)	Comme ci-dessus, mais utiliser des tubes/crépines en plastique ou en acier inoxydable.	Comme ci-dessus, mais utiliser des tubes/crépines en plastique ou en acier inoxydable.	Comme ci-dessus, mais utiliser des tubes/crépines en plastique ou en acier inoxydable.	Comme ci-dessus, mais utiliser des tubes/crépines en plastique ou en acier inoxydable.
Eau incrustante (p. ex. riche en fer/carbonate)	Comme ci-dessus, mais utiliser une ou des crépine(s) à coefficient d'ouverture élevé afin de réduire la vitesse d'entrée.	Comme ci-dessus, mais utiliser une ou des crépine(s) à coefficient d'ouverture élevé afin de réduire la vitesse d'entrée.	Comme ci-dessus, mais utiliser une ou des crépine(s) à coefficient d'ouverture élevé afin de réduire la vitesse d'entrée.	Comme ci-dessus, mais utiliser une ou des crépine(s) à coefficient d'ouverture élevé afin de réduire la vitesse d'entrée.

Merci de votre attention



Pr. K. BABA HAMED
2020 - 2021