

# Connaître, comprendre, protéger et exploiter les eaux souterraines *(dans les règles de l'art !)*



Formation CNFPT  
Ille-sur-Têt  
10 Mars 2022

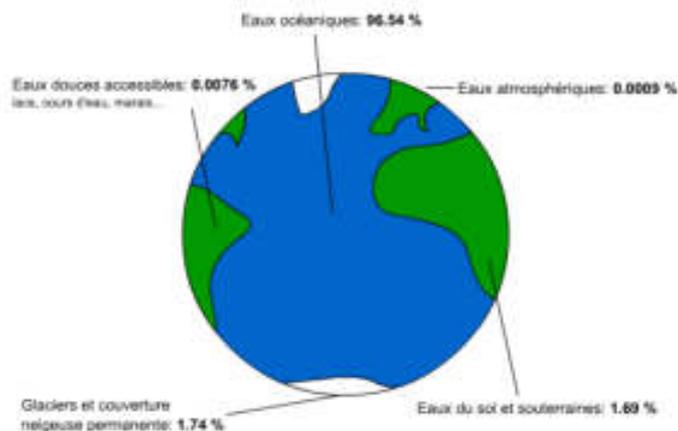


Régis INGOUF

# LES CAPTAGES D'EAU POTABLE

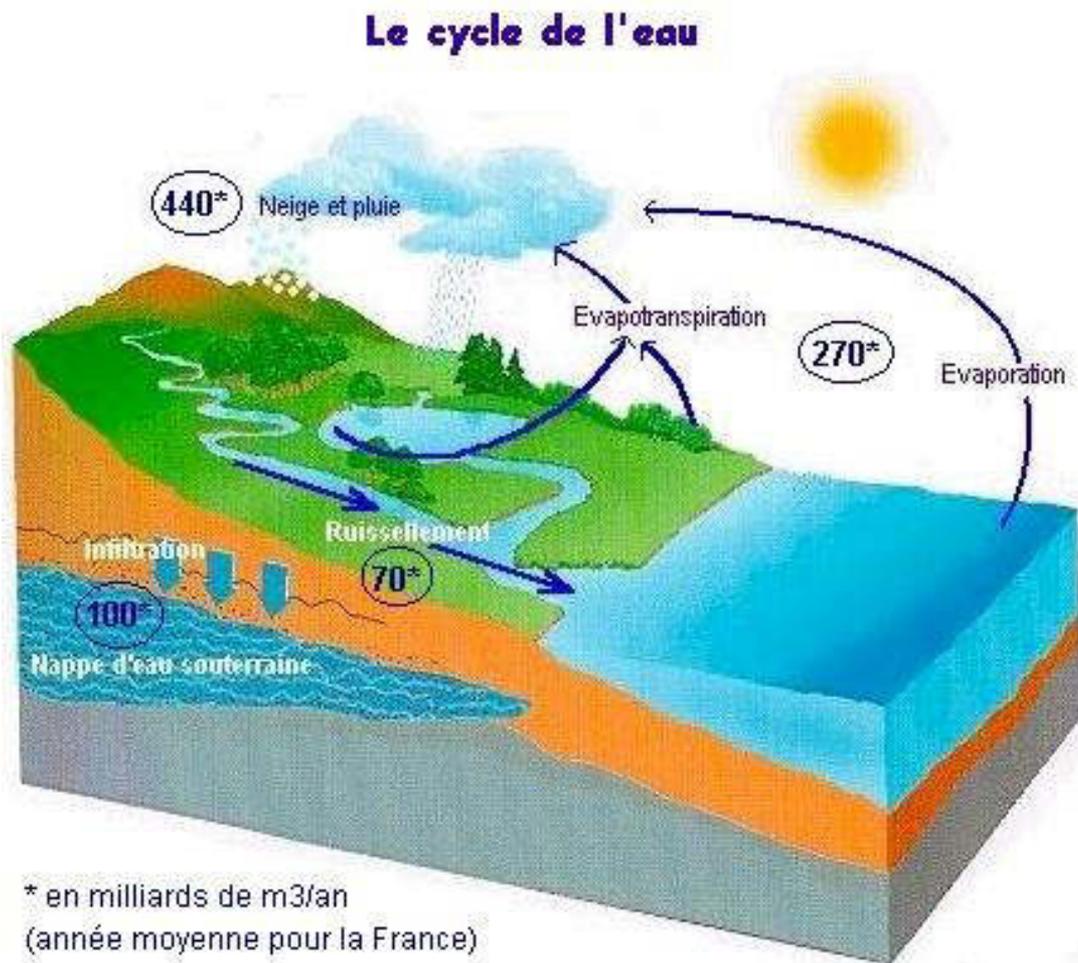


# REPARTITION DE L'EAU SUR TERRE



Réservoir	Fraction des réserves totales [%]	Fraction des réserves d'eau douces [%]
Eaux océaniques	96,5379	
Eaux souterraines totales	1,6883	
Nappes d'eau douce	0,7597	30,0606
Eau du sol	0,0012	0,0471
Glaciers et couverture neigeuse permanente	1,7362	68,6972
Antarctique	1,5585	61,6628
Groenland	0,1688	6,6801
Arctique	0,0060	0,2384
Régions montagneuses	0,0029	0,1159
Permafrost	0,0216	0,8564
Réserves d'eau dans les lacs	0,0127	
Douces	0,0066	0,2598
Salées	0,0062	
Marais	0,0008	0,0327
Rivières	0,0002	0,0061
Eau biologique	0,0001	0,0032
Eau atmosphérique	0,0009	0,0368
Réserves totales	100	
Réserves d'eau douce	2,53	100

## Le cycle de l'eau



Les précipitations représentent un total de **440 milliards de mètres cubes annuels**

**16 %** s'écoulent vers les cours d'eau

**23 %** s'infiltrent pour remplir les nappes d'eau souterraines

**61 %** s'évaporent

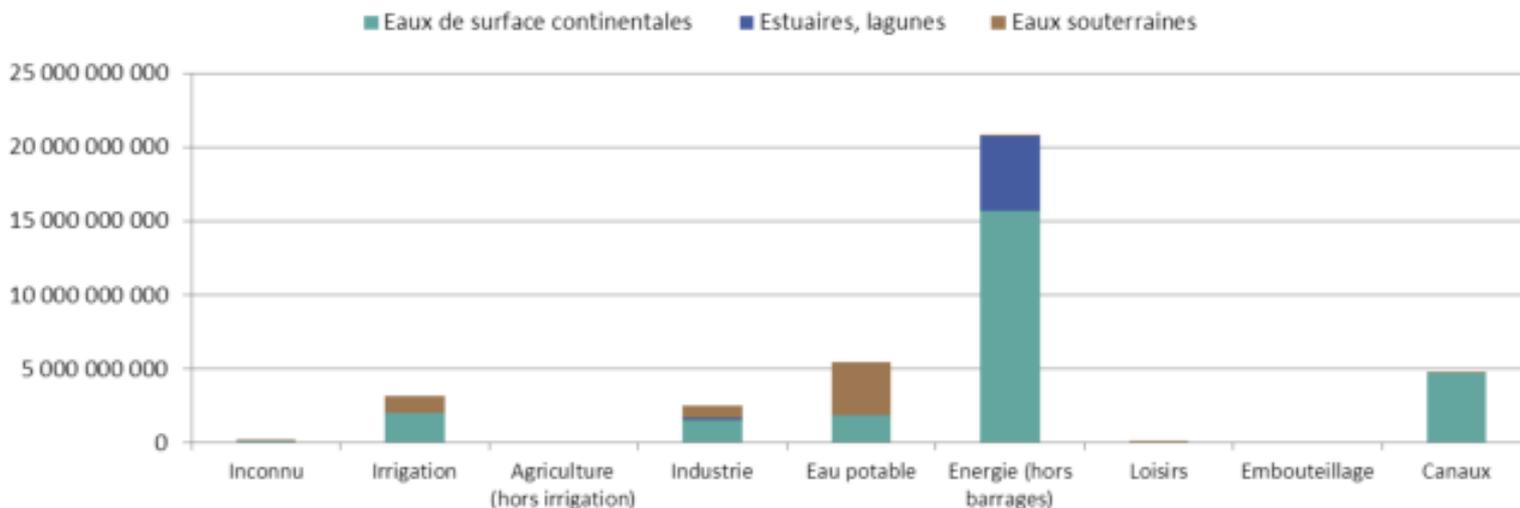
## Prélèvements d'eau

Volumes déclarés 2016 (source BNPE)

37 milliards de m<sup>3</sup> / an (hors barrages hydroélectriques) :

- 20,8 milliards de m<sup>3</sup> pour la production d'énergie, principalement pour le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires,
- 5,4 milliards de m<sup>3</sup> pour l'alimentation en eau potable,
- 4,7 milliards de m<sup>3</sup> pour l'alimentation des canaux,
- 3,2 milliards de m<sup>3</sup> pour l'irrigation,
- 2,5 milliards de m<sup>3</sup> pour l'industrie.

Volume total prélevé selon les différents usages déclarés et le type d'eau prélevé (en m<sup>3</sup>)

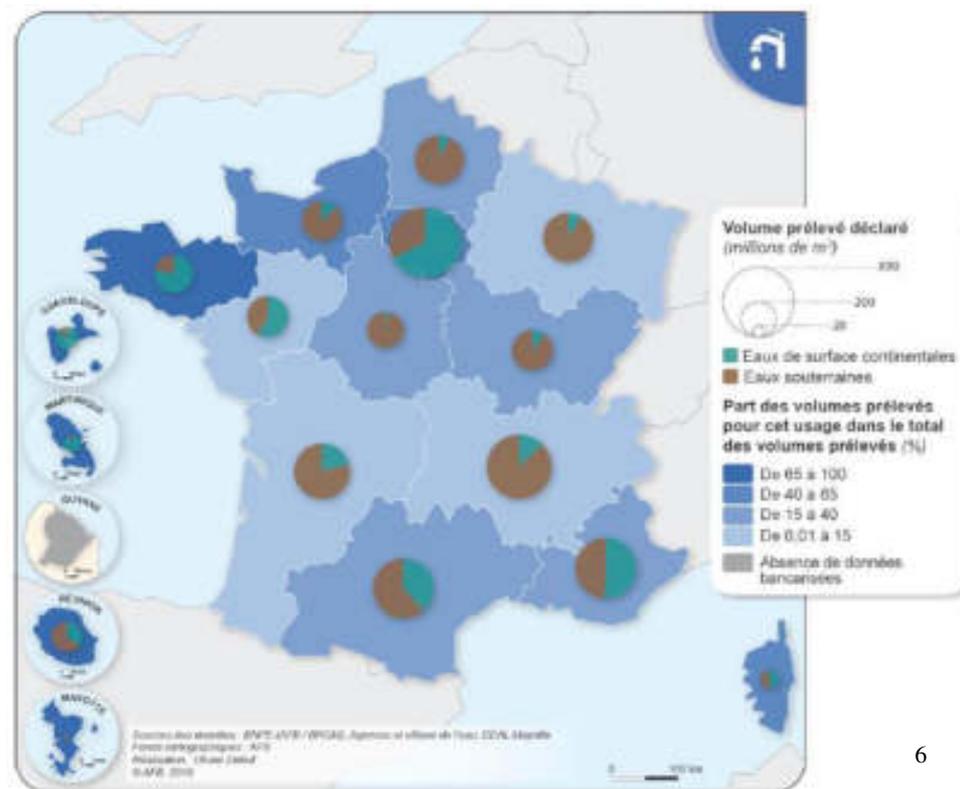


## L'eau potable – Chiffres 2018

Source Ministère des Solidarités et de la Santé

### 33 400 captages :

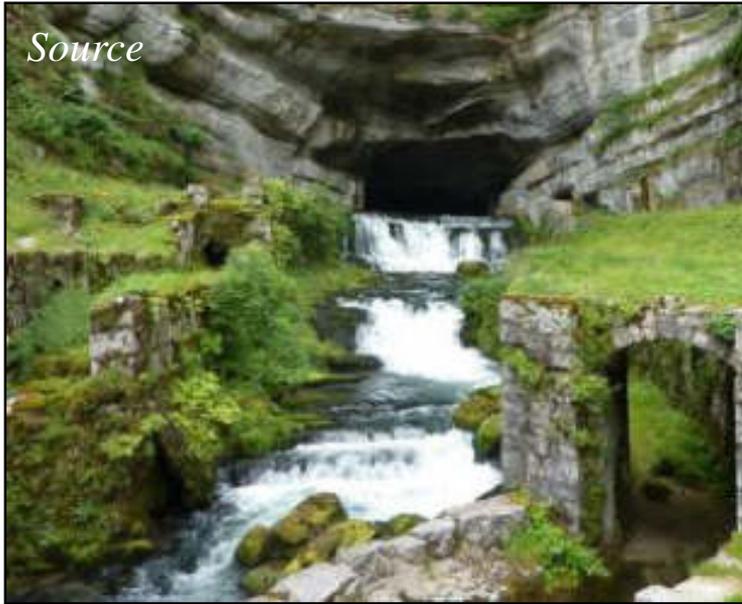
- 32 000 en eau souterraine
  - 96 % des ouvrages
  - 2/3 du volume d'eau utilisé pour la production d'eau potable
- 1 400 prises d'eau superficielle
  - 4% des ouvrages
  - 1/3 du volume d'eau utilisé pour la production d'eau potable



**Prélèvements d'eau déclarés  
pour l'alimentation en eau  
potable par région en 2016**

# LES CAPTAGES D'EAU SOUTERRAINE

*Source*



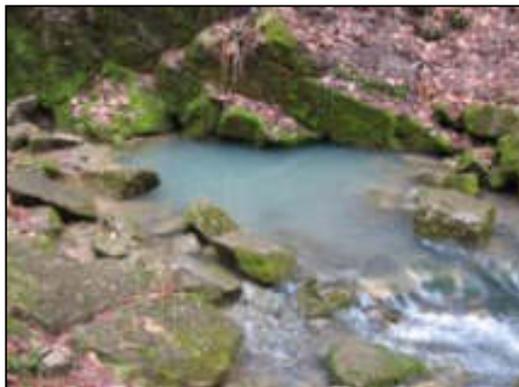
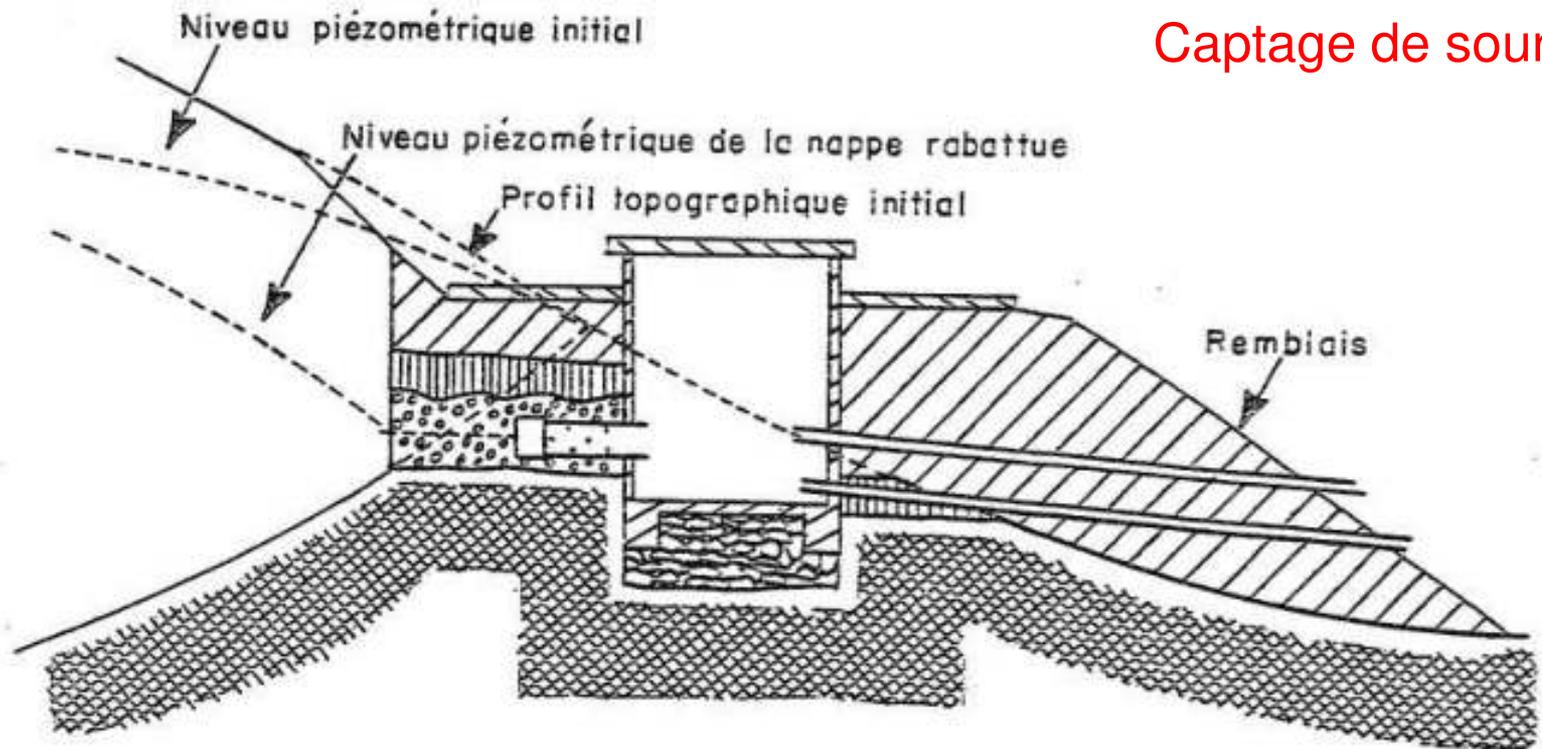
*Forage*



*Puits*

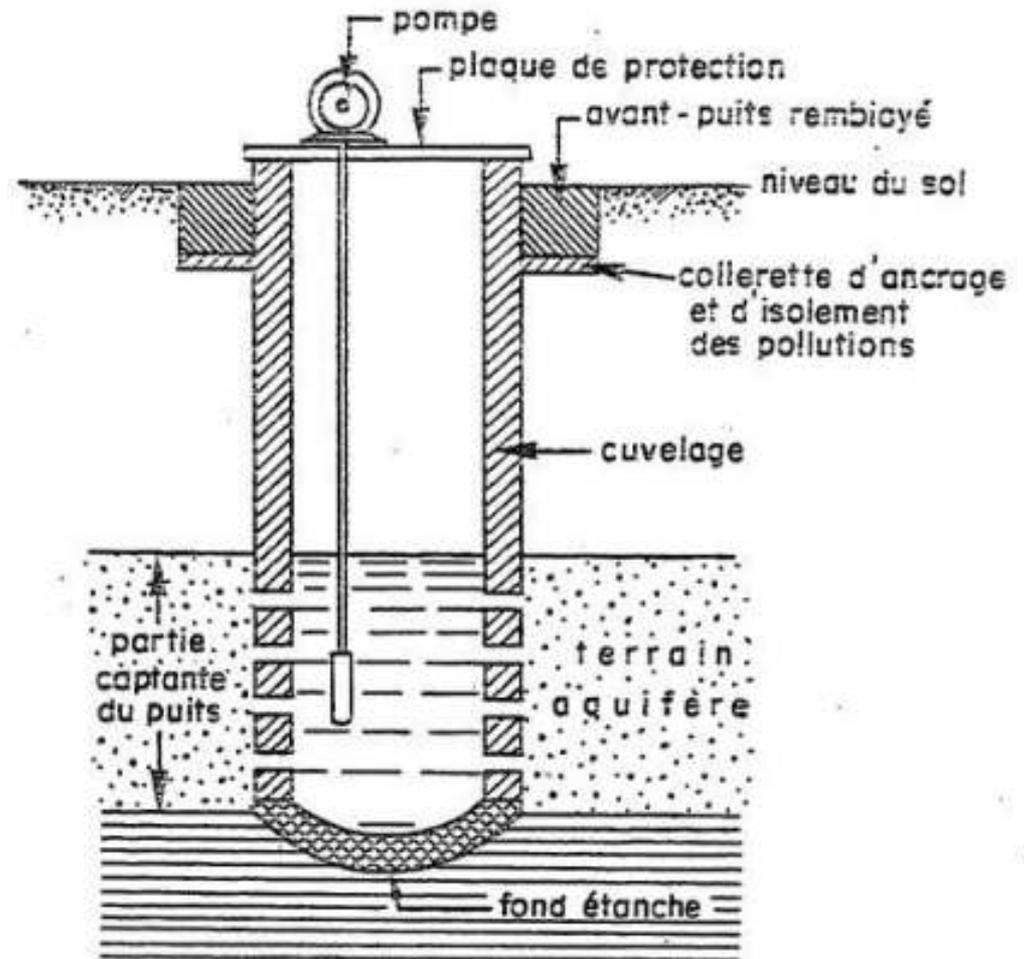
# LES CAPTAGES D'EAU SOUTERRAINE

Captage de source



# LES CAPTAGES D'EAU SOUTERRAINE

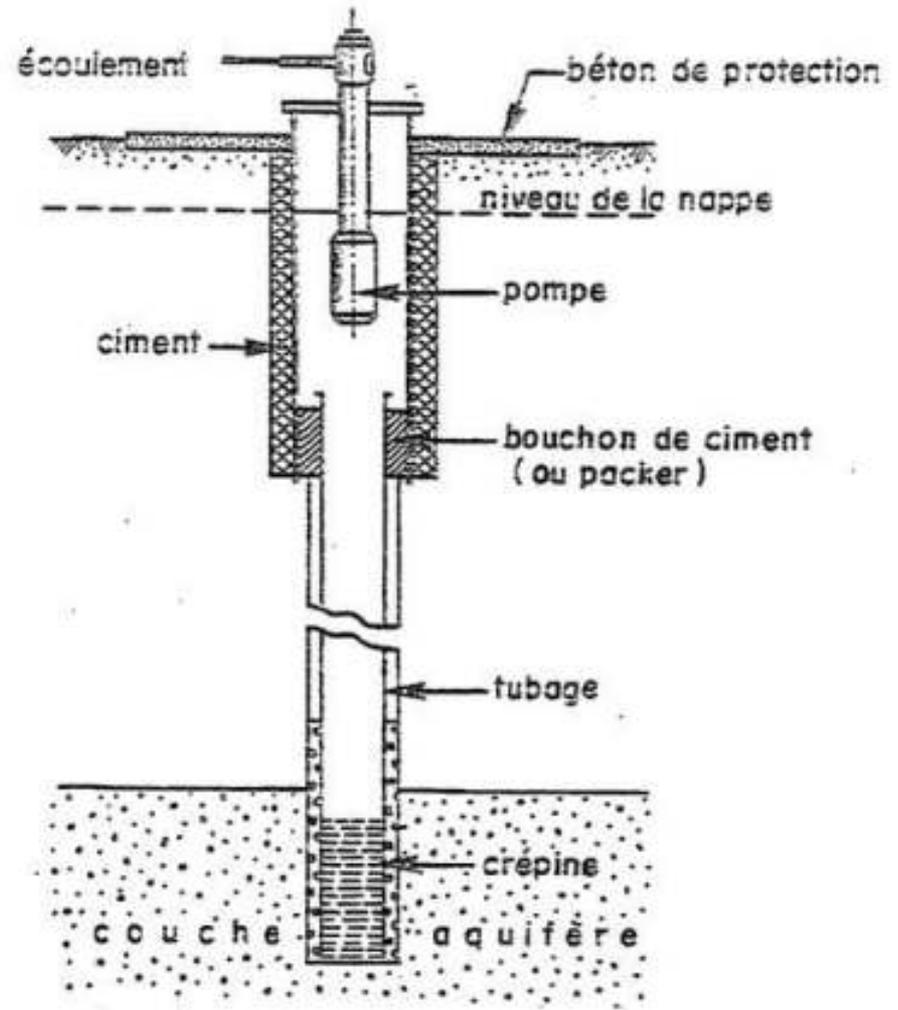
## Puits



# LES CAPTAGES D'EAU SOUTERRAINE



Forage



# LES CAPTAGES D'EAU SOUTERRAINE

*Et quelques autres bizarreries !*

*Forage d'eau potable en Azerbaïdjan*



# LES PRINCIPAUX ENJEUX DE L'EXPLOITATION D'UN CAPTAGE D'EAU POTABLE



- Principaux enjeux relatifs à l'exploitation d'un captage :
- l'utiliser au mieux de ses capacités (notion de coût / efficacité)
- le pérenniser tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif

## EXPLOITATION DURABLE



### CONNAISSANCE

Caractéristiques /  
potentialités ouvrage



### PROTECTION

- à la réalisation
- pendant exploitation (PPC AAC)

Entretien, suivi et contrôle

**= MAINTENANCE**

Quatre éléments essentiels pour pérenniser les puits et forages

- La qualité de la **réalisation** du captage et de sa **protection**
- **Connaître les caractéristiques** / potentialités **de l'ouvrage** afin en particulier d'adapter la pompe au contexte local
- **Entretien** les ouvrages régulièrement
- Réaliser un **suivi et un contrôle** des ouvrages

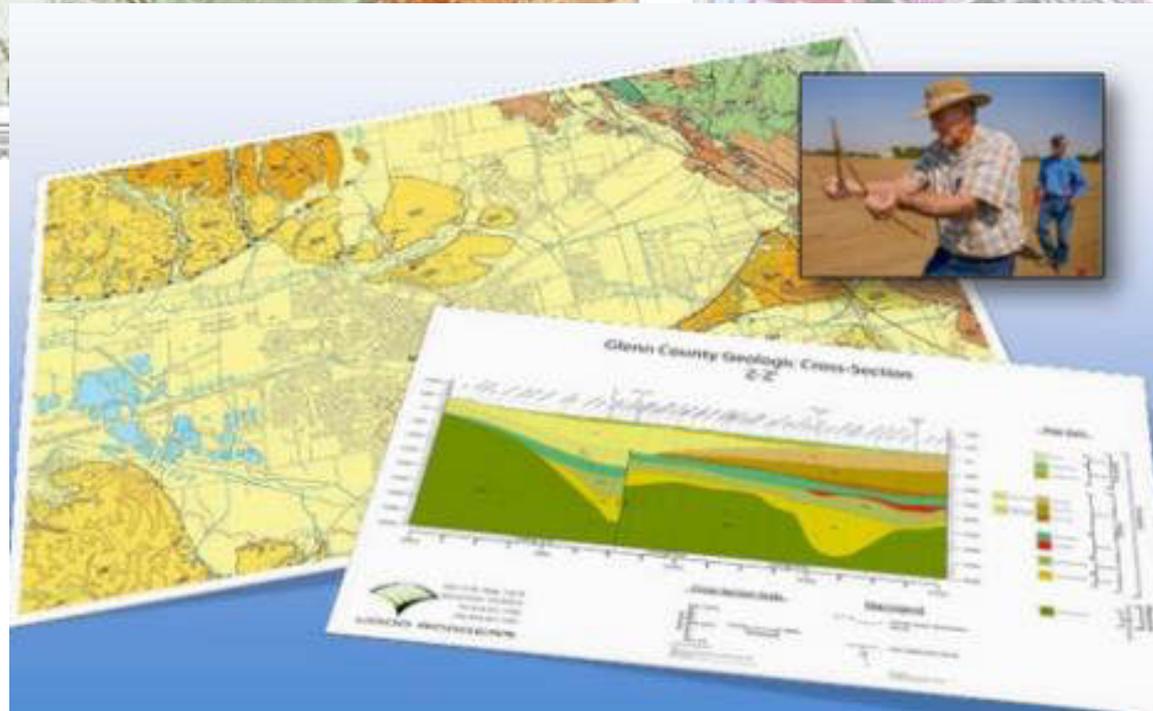


# REALISATION ET EQUIPEMENT D'UN FORAGE



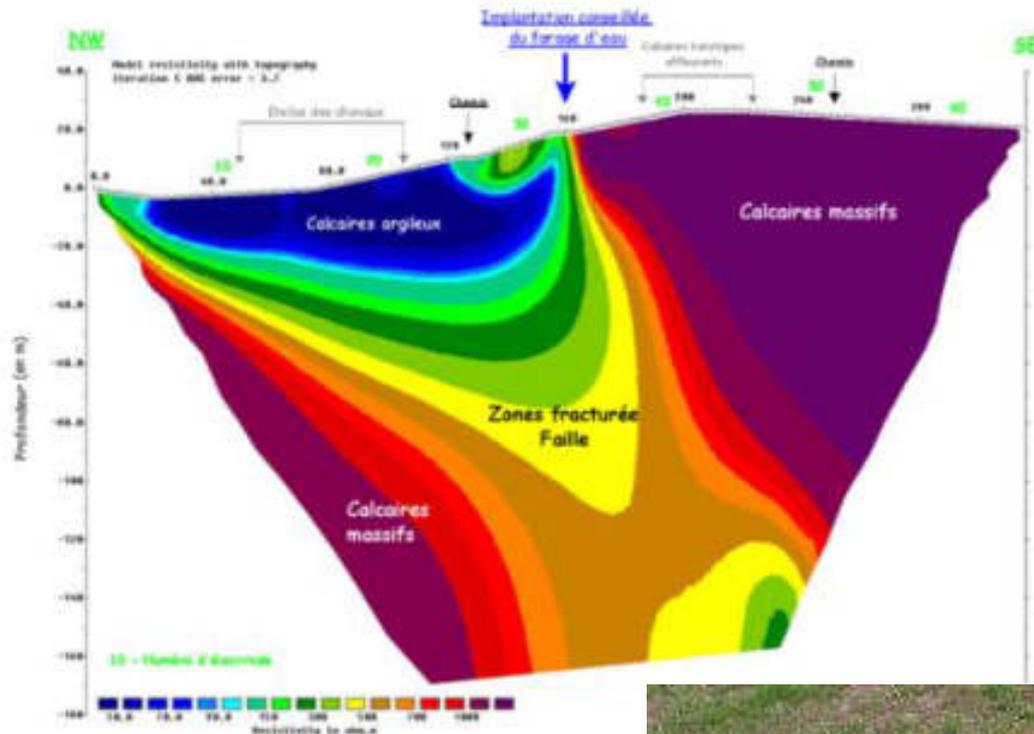
# IMPLANTATION D'UN OUVRAGE

1<sup>ère</sup> phase : recherche et compilation des données existantes



# IMPLANTATION D'UN OUVRAGE

2<sup>ème</sup> phase (facultative) : prospection géophysique

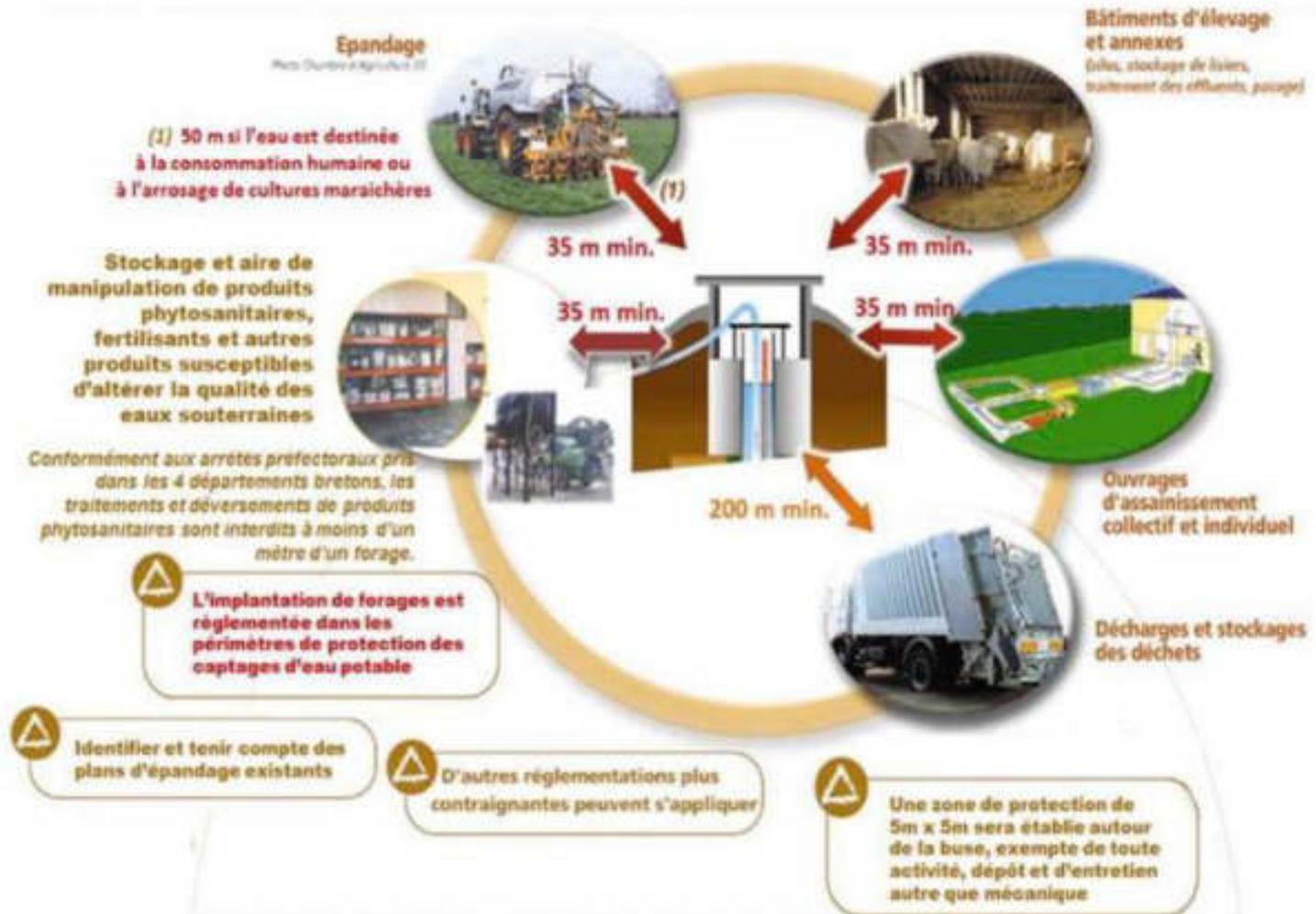


Etude de la fracturation dans les calcaires avant implantation.



# IMPLANTATION D'UN OUVRAGE

Choix final de l'implantation de l'ouvrage et coupes prévisionnelles

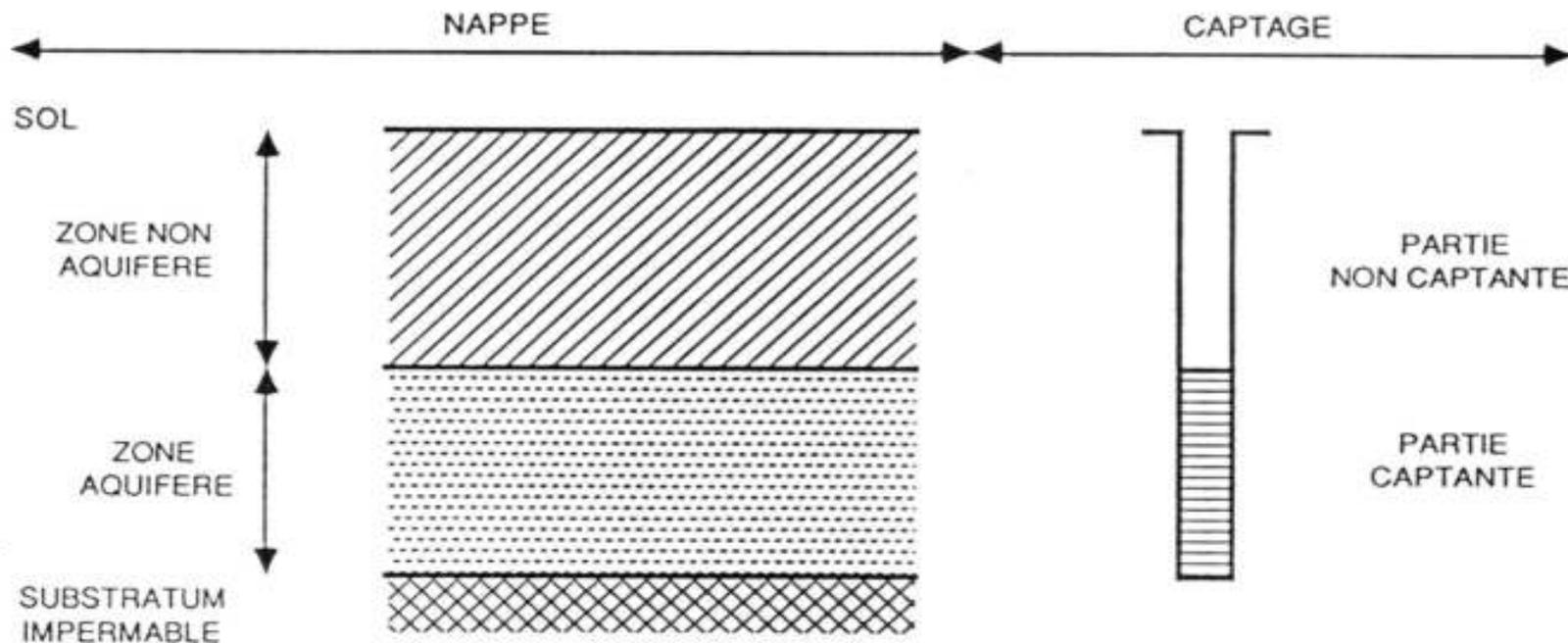




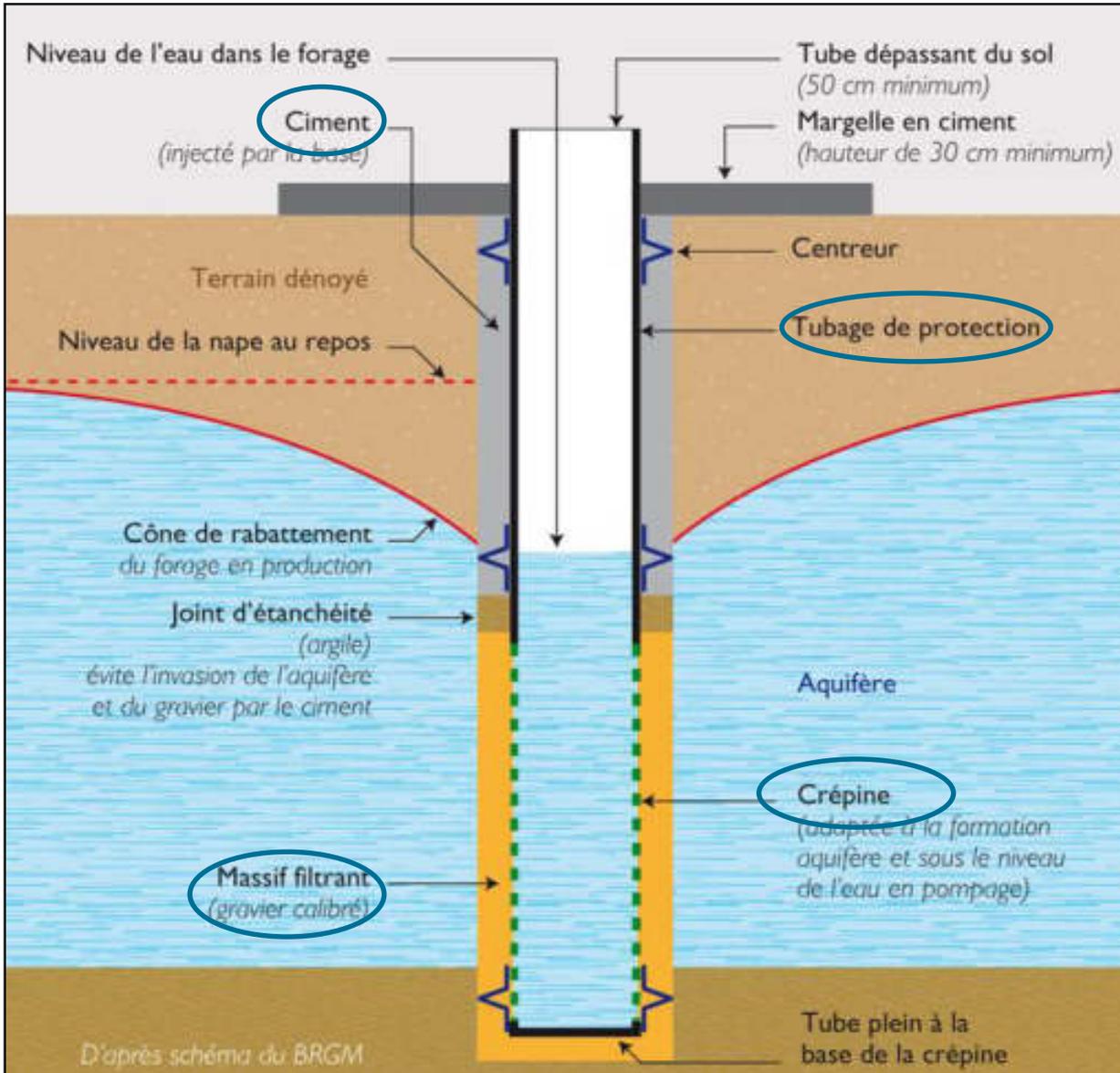
# EQUIPEMENT D'UN FORAGE

Rappel des objectifs du forage d'eau :

- accéder au réservoir (formation géologique qui contient cette eau) en traversant la partie non captante (ou stérile) et en l'isolant
- extraire l'eau du réservoir = partie captante



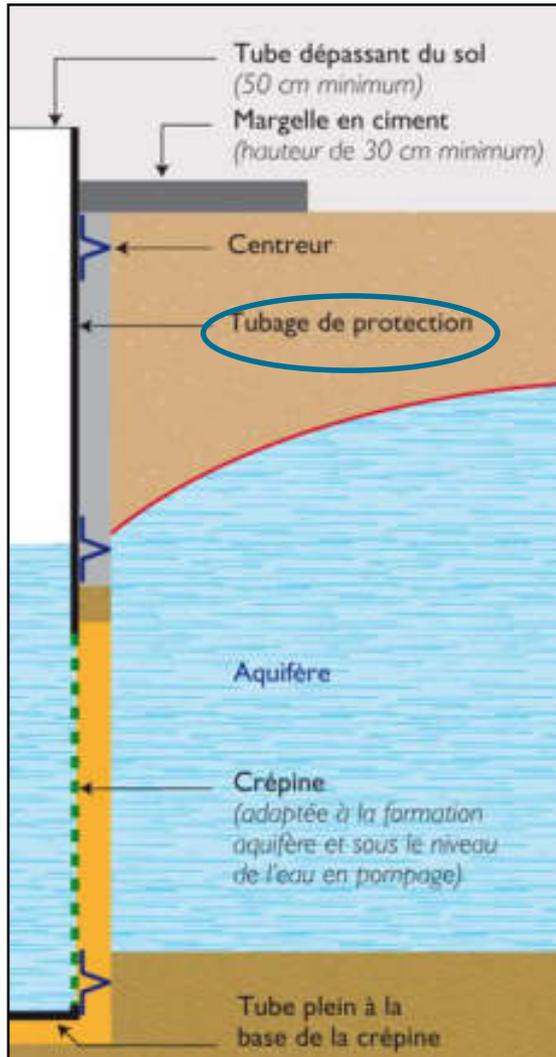
# EQUIPEMENT D'UN FORAGE



Equipement d'un forage (réalisé en nappe libre)

# EQUIPEMENT D'UN FORAGE

## Tubages pleins

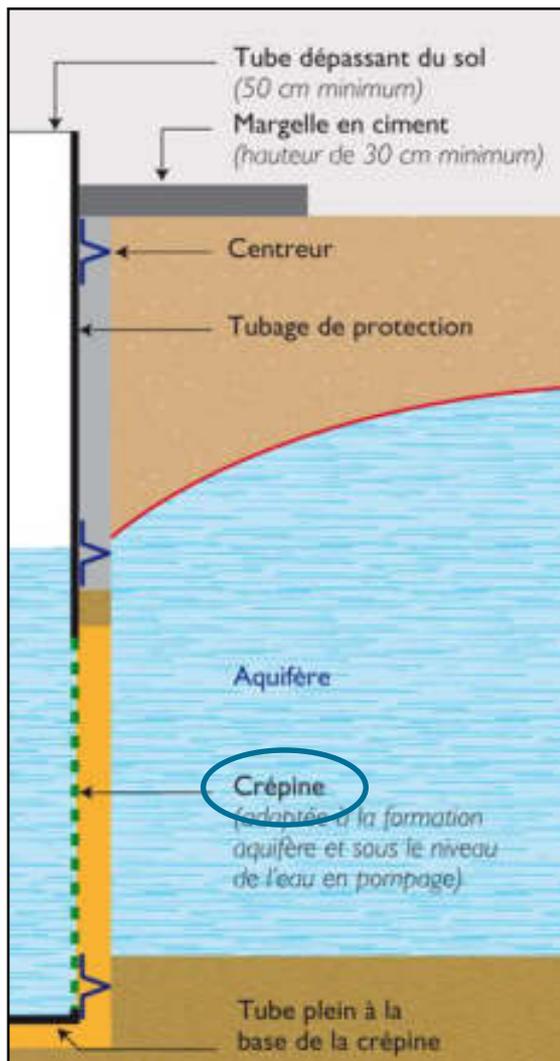


Matériaux	Avantages	Limites
PVC	Léger Disponible Non sensible à la corrosion Rapide à mettre en œuvre Bon marché	« Fragile » Limité aux diamètres modérés Faible % ouverture
ACIER	Robuste Large gamme de crépine et de diamètre Bons coefficient ouverture Abordable	Sensible à la corrosion
INOX	Robuste Très large gamme de crépine et de diamètre Bons coefficient ouverture Peu sensible à la corrosion	Délai de fourniture Prix



# EQUIPEMENT D'UN FORAGE

## Crépines



LA CRÉPINE JOHNSON À FENTE CONTINUE

- ouvertures à partir de 0,10 mm
- pourcentage de vide élevé permettant des débits très importants
- profil non colmatant.



LA CRÉPINE À NERVURES REPOUSSÉES

- ouvertures à partir de 0,5 mm
- facilité d'utilisation
- robustesse de construction autorisant des louvolements, manœuvres de poussée, passage d'outils, surfonage....
- pourcentage de vide adapté aux aquifères les plus courants.



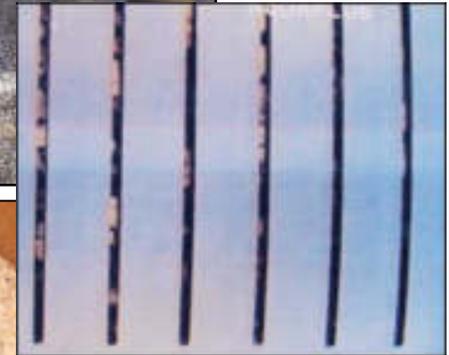
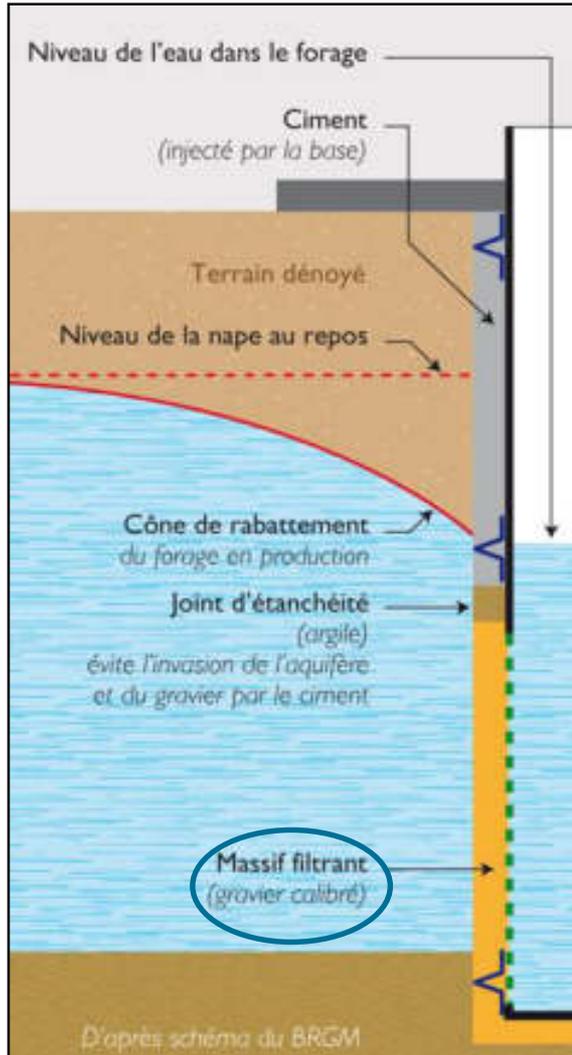
LES CRÉPINES À TROUS OBLONGS ET À TROUS ROND

- bien adaptées aux formations consolidées telles que craie ou calcaire
- pourcentage de vide de 10 à 40% pour les crépines à trous et de 3 à 5% pour les casings slotés.

Source : Johnsonscreens

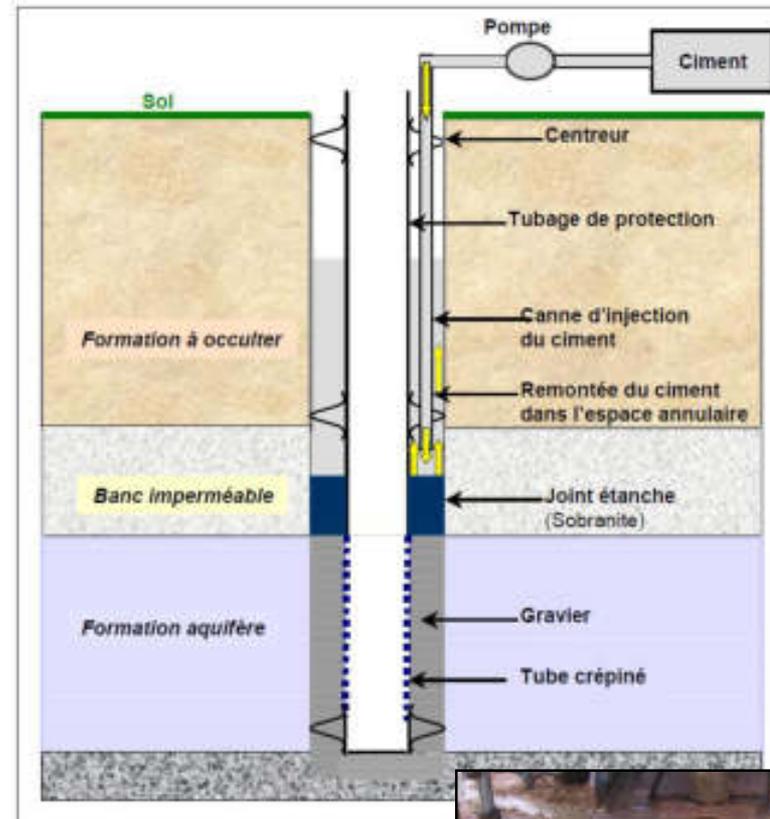
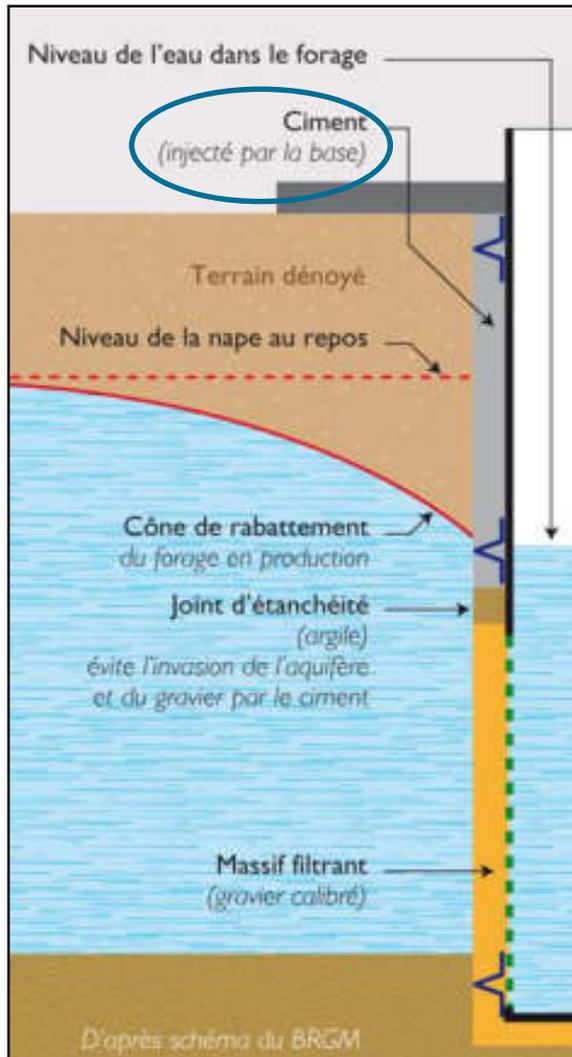
# EQUIPEMENT D'UN FORAGE

## Massif filtrant

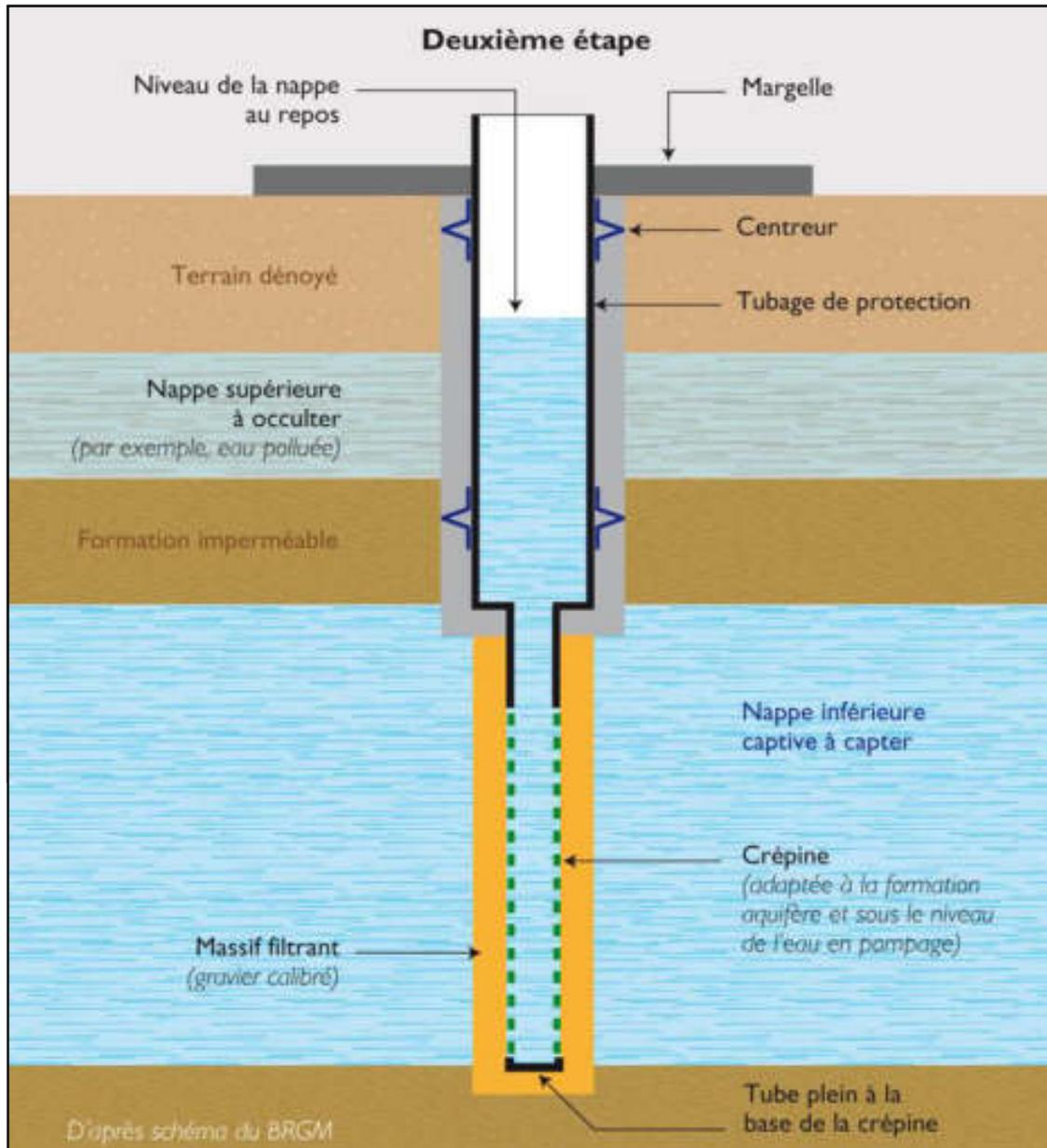


# EQUIPEMENT D'UN FORAGE

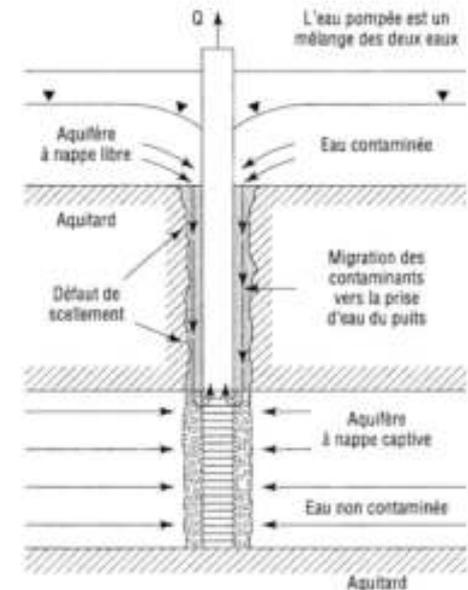
## Cimentation



# REALISATION D'UN FORAGE



Cas particulier  
d'un forage  
en nappe  
captive



## □ Différents modes de foration :

- Forage manuel
- Forage par battage, havage
- Forage rotary
- Forage marteau fond de trou

## □ A adapter en fonction :

- de la nature des terrains traversés
- de la nature de l'ouvrage à réaliser = diamètre de l'ouvrage
- de la profondeur finale de l'ouvrage
  - méthodes limitées en profondeur : méthodes manuelles, méthodes mécaniques par battage, havage, tubage avancement

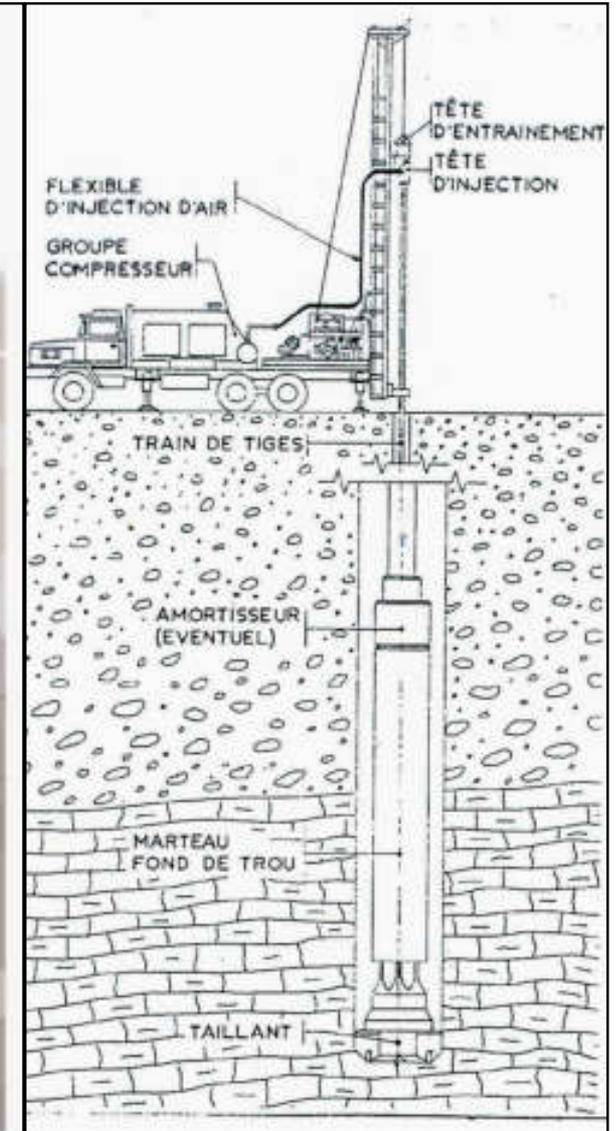


# TECHNIQUES DE FORATION

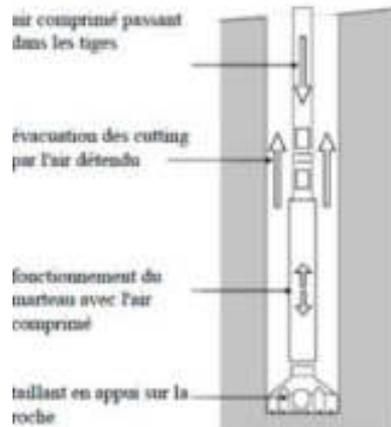
Méthodes mécaniques les plus utilisées



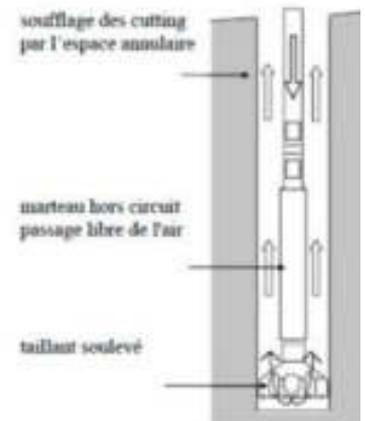
# FORAGE MARTEAU FOND DE TROU



# FORAGE MARTEAU FOND DE TROU

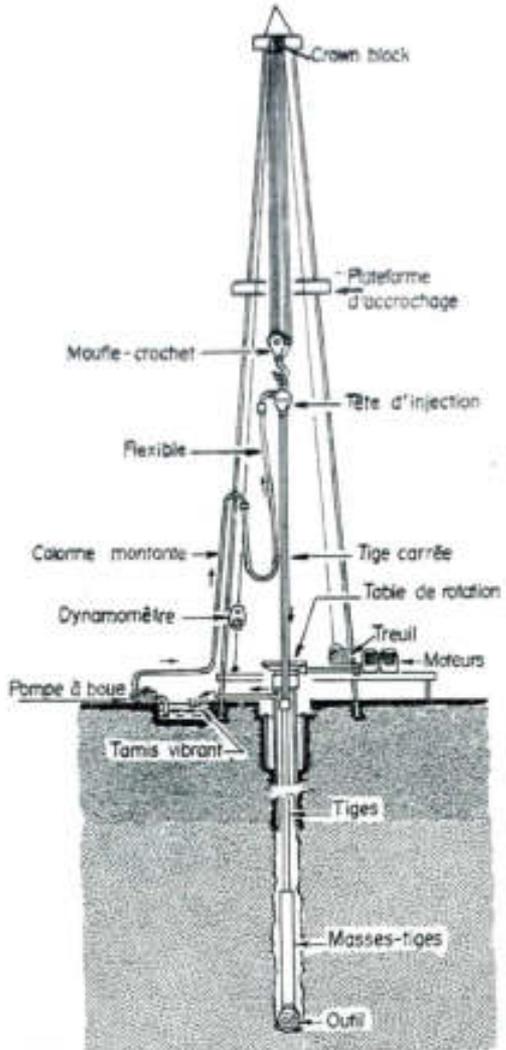


Phase de percussion



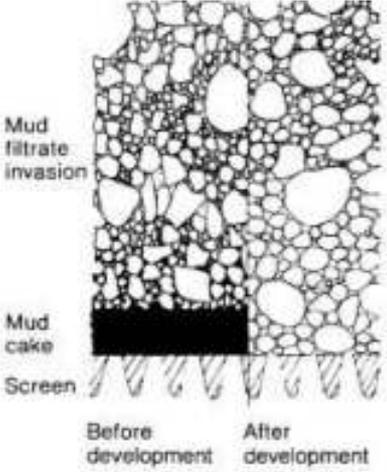
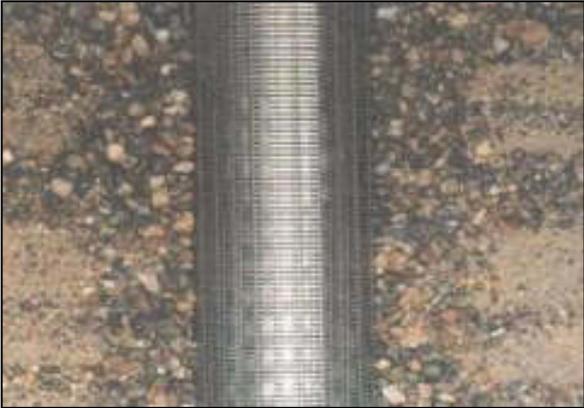
Phase de soufflage

# FORAGE ROTARY

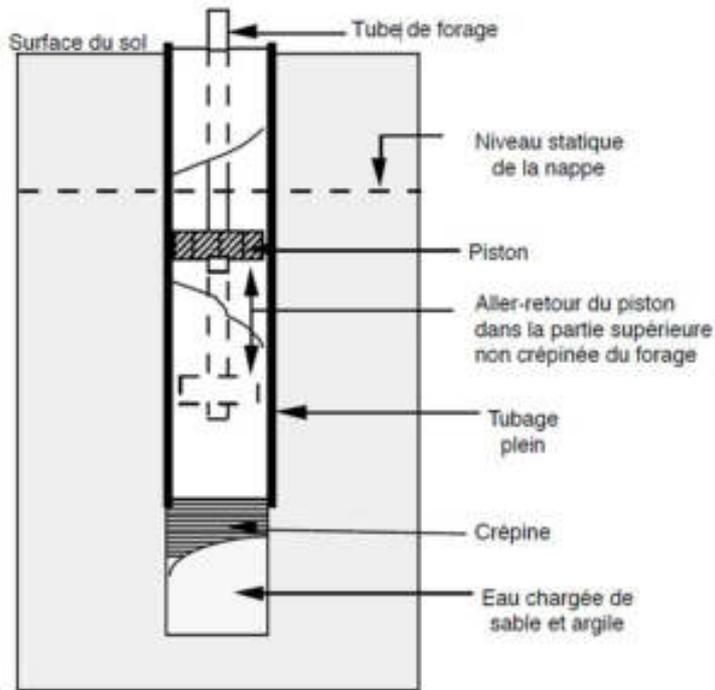


Disposition schématique d'un ATELIER de FORAGE ROTARY

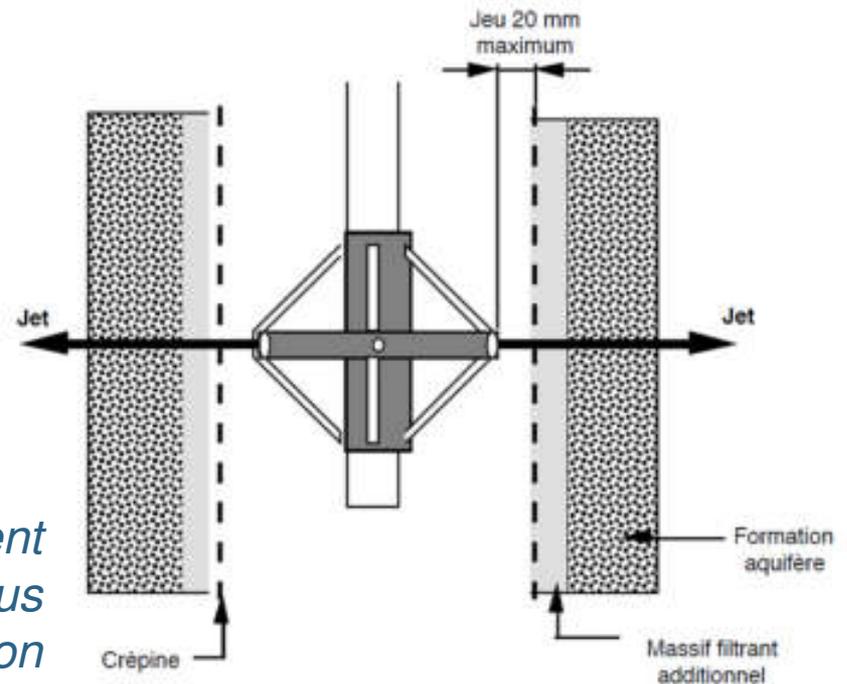
# DEVELOPPEMENT DU FORAGE



# DEVELOPPEMENT DU FORAGE



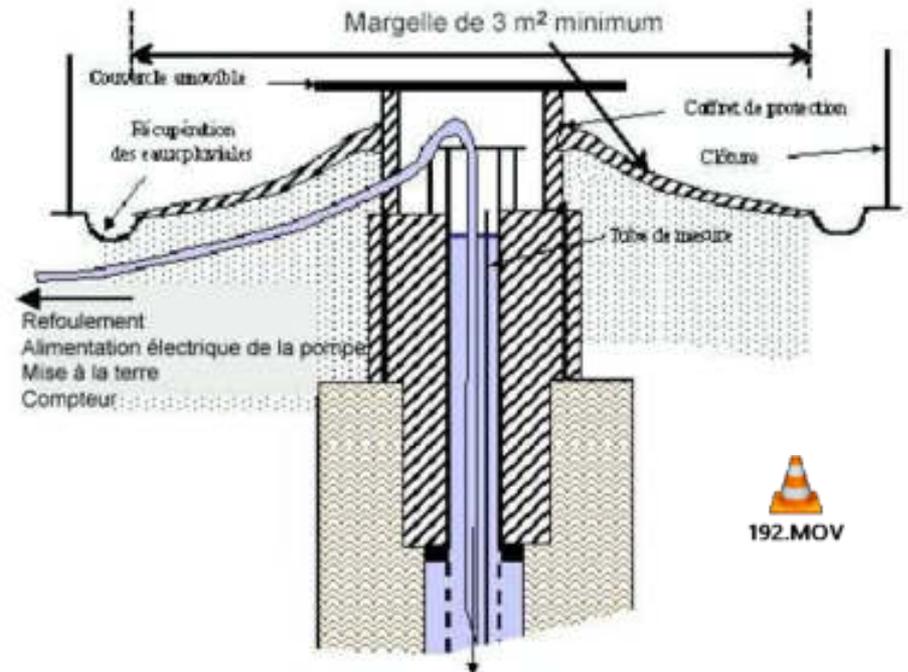
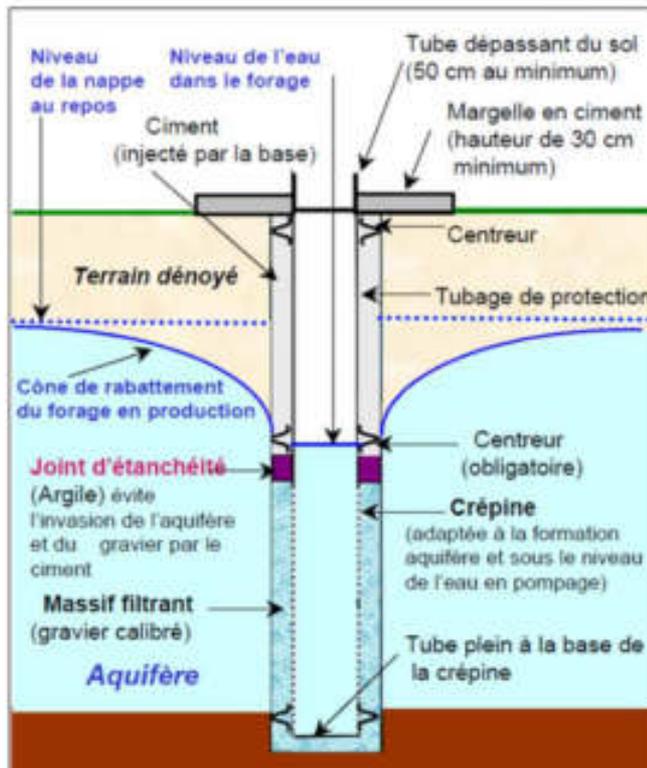
*Développement par pistonage*



*Développement au jet sous pression*

# FINALISATION DE L'OUVRAGE

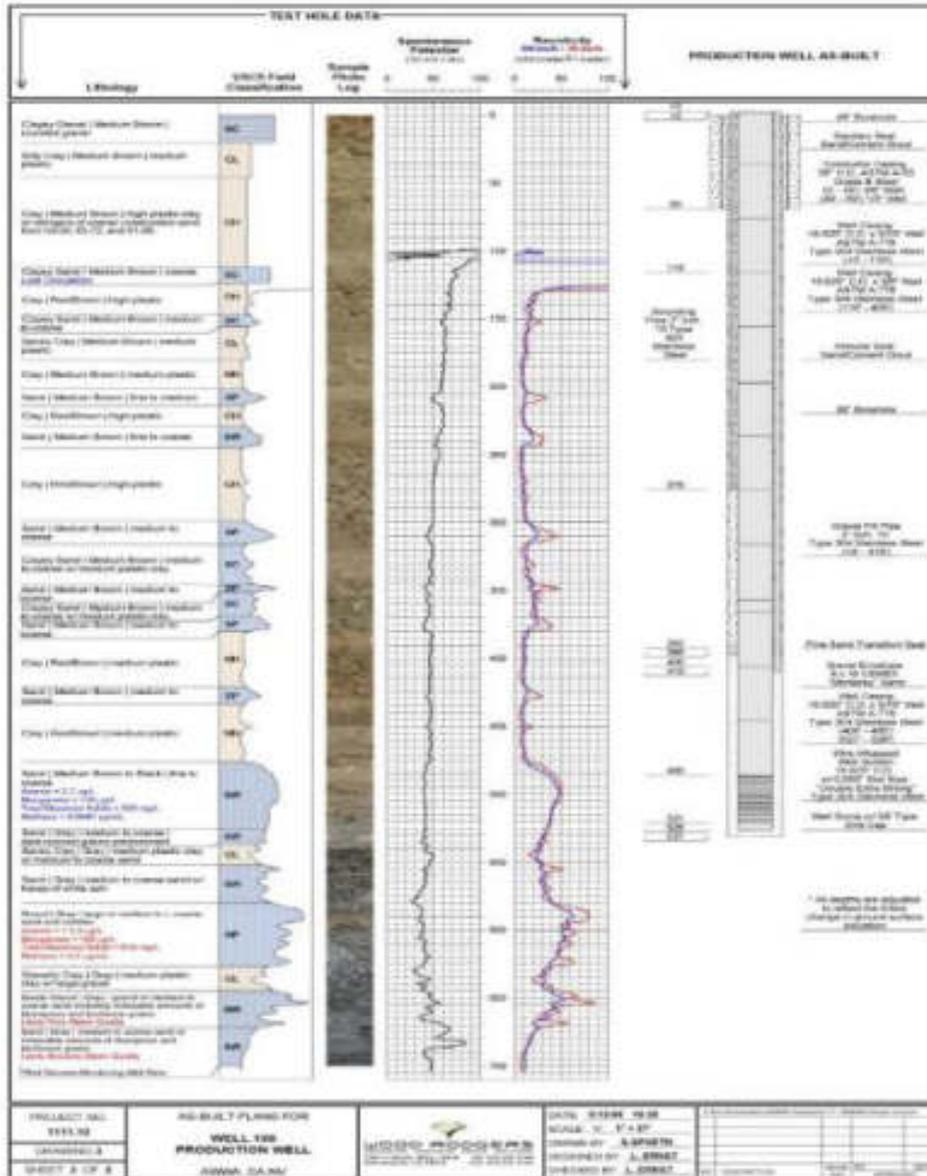
## Tête de forage



# FINALISATION DE L'OUVRAGE



## Rapport de foration



STATE OF NEVADA  
FOR WATER RESOURCES  
DRILLER'S REPORT

DATE: 01/18/2018  
WELL NO: 67963  
WELL TAG: MTS 99240 4419 BT

DRILLER: Joe Bussard  
ADDRESS: P.O. BOX 902 - WILMINGTON, NV 89444

DRILLER'S CERTIFICATION  
I, the undersigned, being duly sworn, depose and say that the above is a true and correct copy of the original report as filed with the State Engineer's Office.

Signed: Joe Bussard  
Date: 01/18/2018

DRILLER'S CERTIFICATION  
I, the undersigned, being duly sworn, depose and say that the above is a true and correct copy of the original report as filed with the State Engineer's Office.

Signed: Joe Bussard  
Date: 01/18/2018

# FINALISATION DE L'OUVRAGE

---



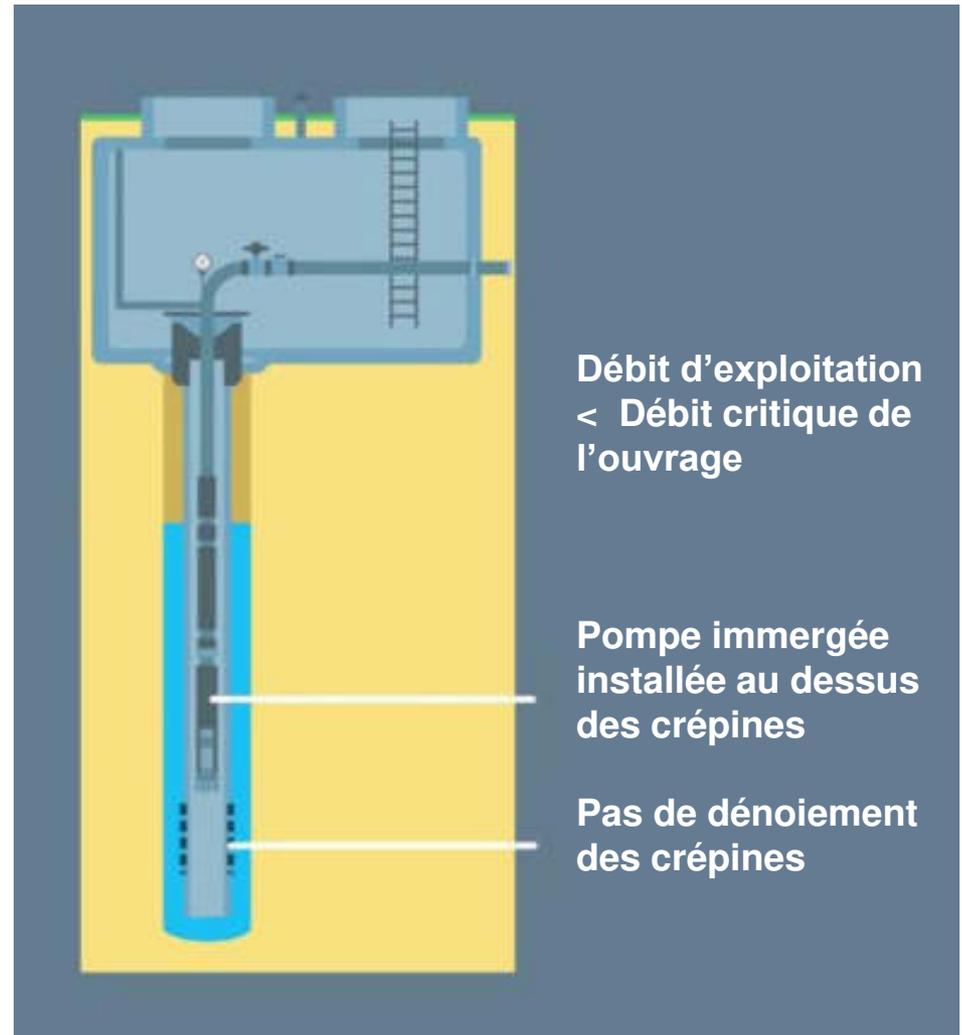
Vidéo principales étapes d'un forage MFT



# REGLES D'OR POUR L'EXPLOITATION D'UN CAPTAGE

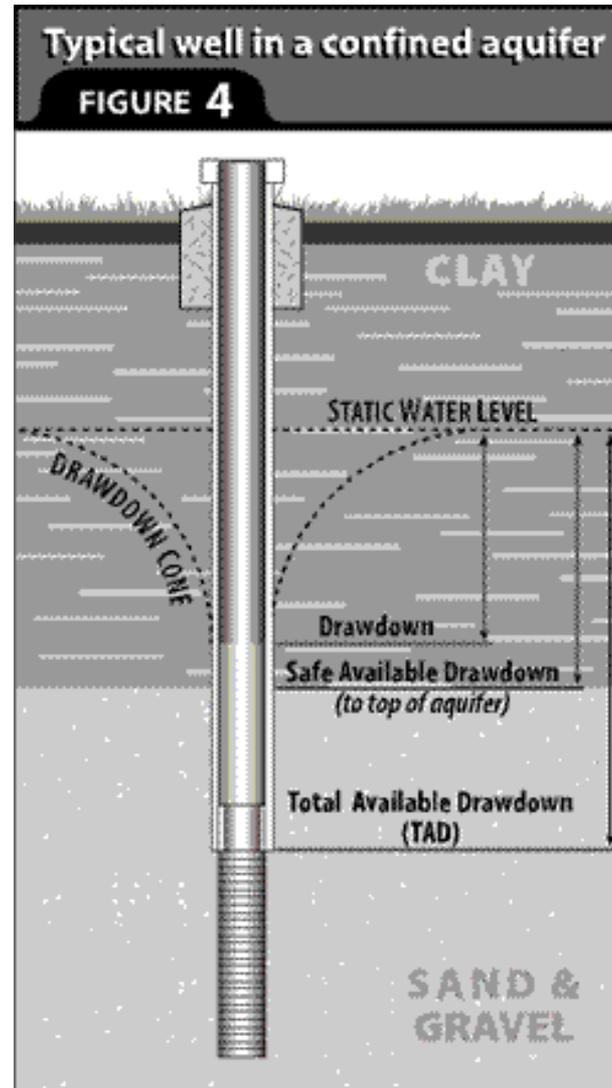
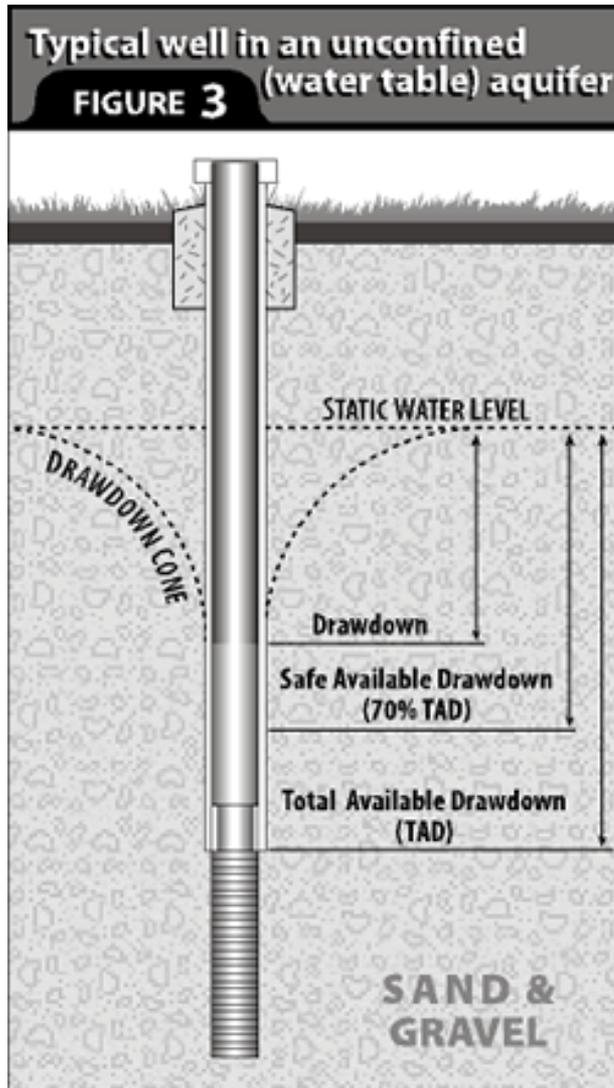


## REGLES ELEMENTAIRES DE L'EXPLOITATION D'UN FORAGE



# OBJECTIFS ET REGLES DE BASE POUR L'EXPLOITATION D'UN CAPTAGE

## Concept du Safe Available Drawdown



# EXPLOITATION D'UN CAPTAGE

Quatre éléments essentiels pour pérenniser les puits et forages

- La qualité de la réalisation du captage et de sa protection
- **Connaître les** caractéristiques / **potentialités de l'ouvrage** afin en particulier d'adapter la pompe au contexte local
- Entretenir les ouvrages régulièrement
- Réaliser un suivi et un contrôle des ouvrages



# POMPAGES D'ESSAI



# INTERETS ET PRINCIPES DES POMPAGES D'ESSAI

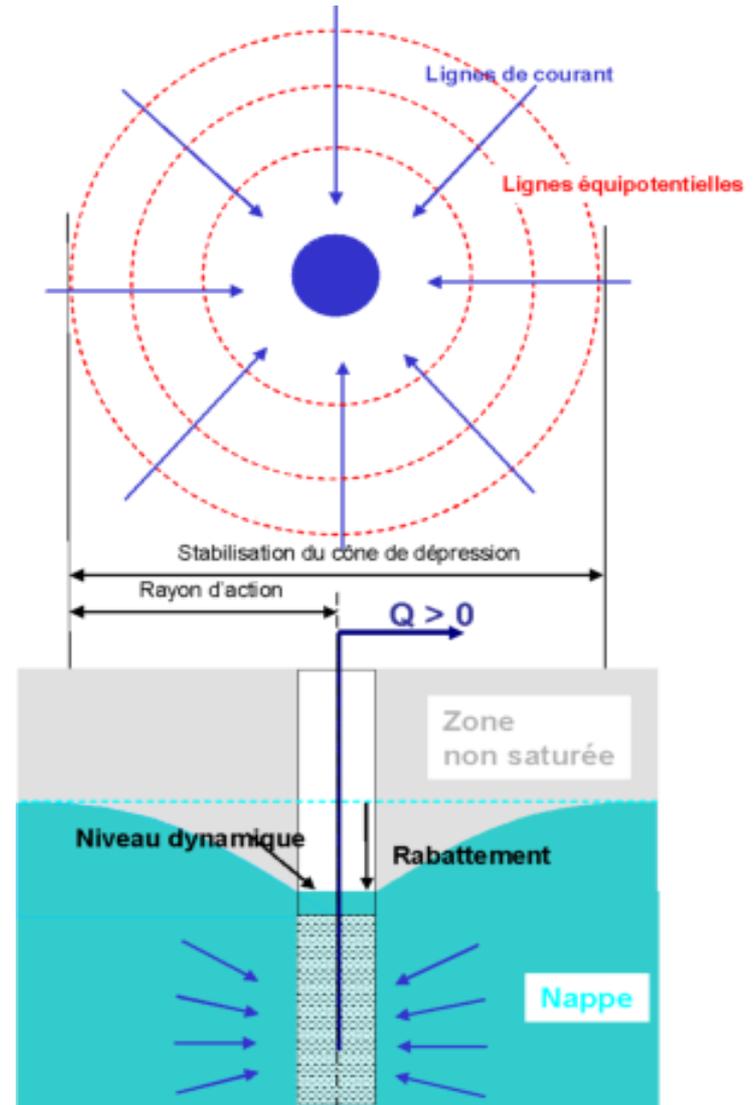
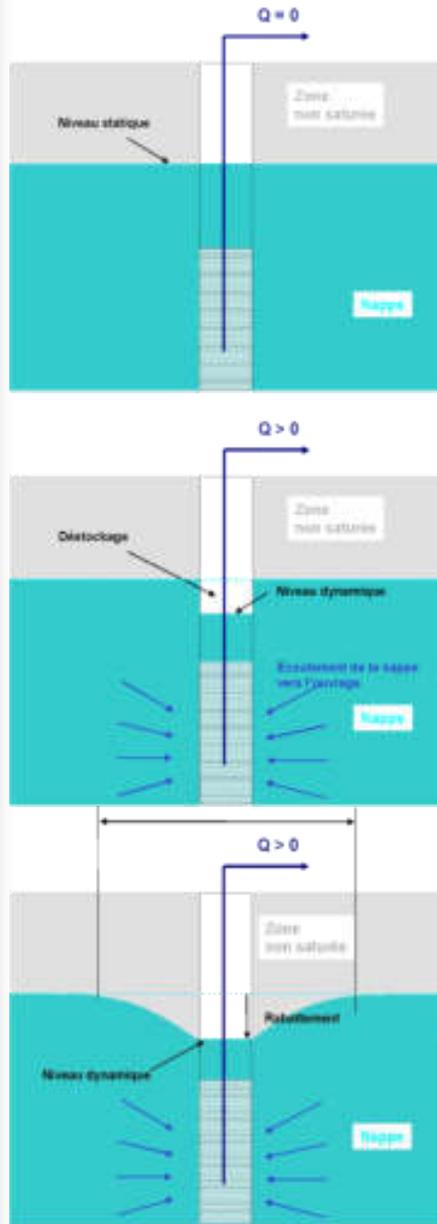


WATER LEVEL & YIELD OF COMPLETED WELL	
DEPTH TO FIRST WATER	<u>15</u> (ft.) BELOW SURFACE
DEPTH OF STATIC WATER LEVEL	<u>71</u> (ft.) & DATE MEASURED <u>1-30-01</u>
ESTIMATED YIELD	<u>2500</u> (GPM) & TEST TYPE <u>Pump</u>
TEST LENGTH	<u>24</u> (Hrs.) TOTAL DRAWDOWN <u>21</u> (ft.)
<i>* May not be representative of a well's long-term yield.</i>	



# INTERETS ET PRINCIPES DES POMPAGES D'ESSAI

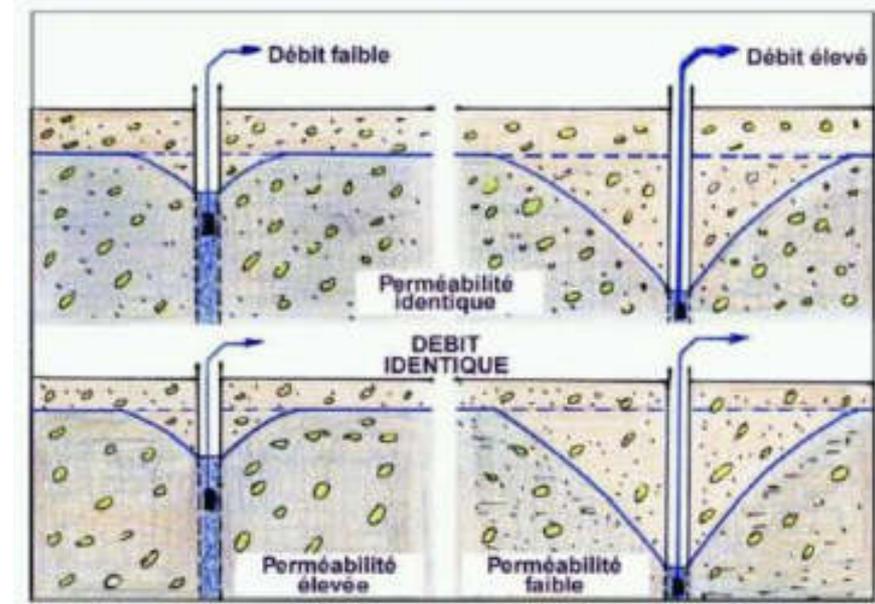
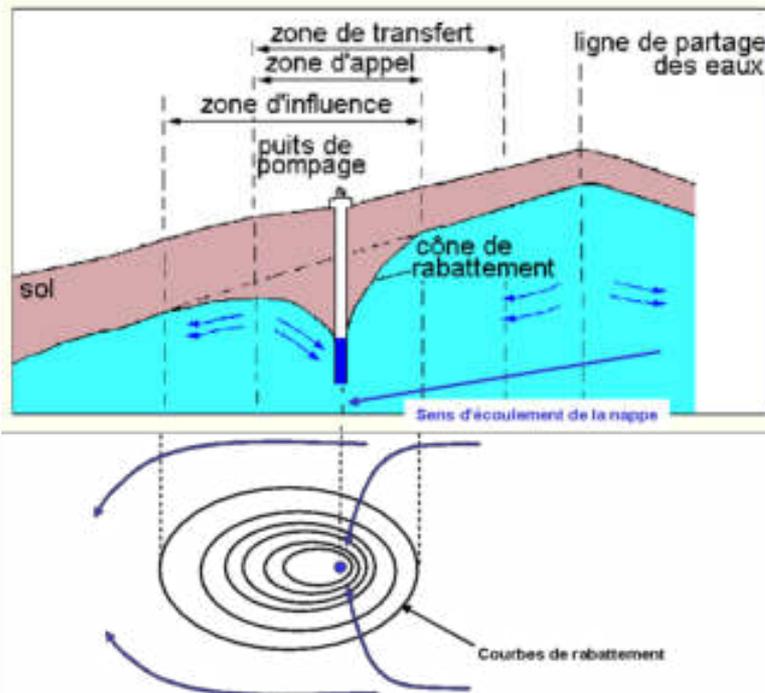
Effets d'un pompage : rabattement et cône de dépression



## Facteurs influençant le cône de dépression

La géométrie du cône de rabattement dépend de plusieurs facteurs :

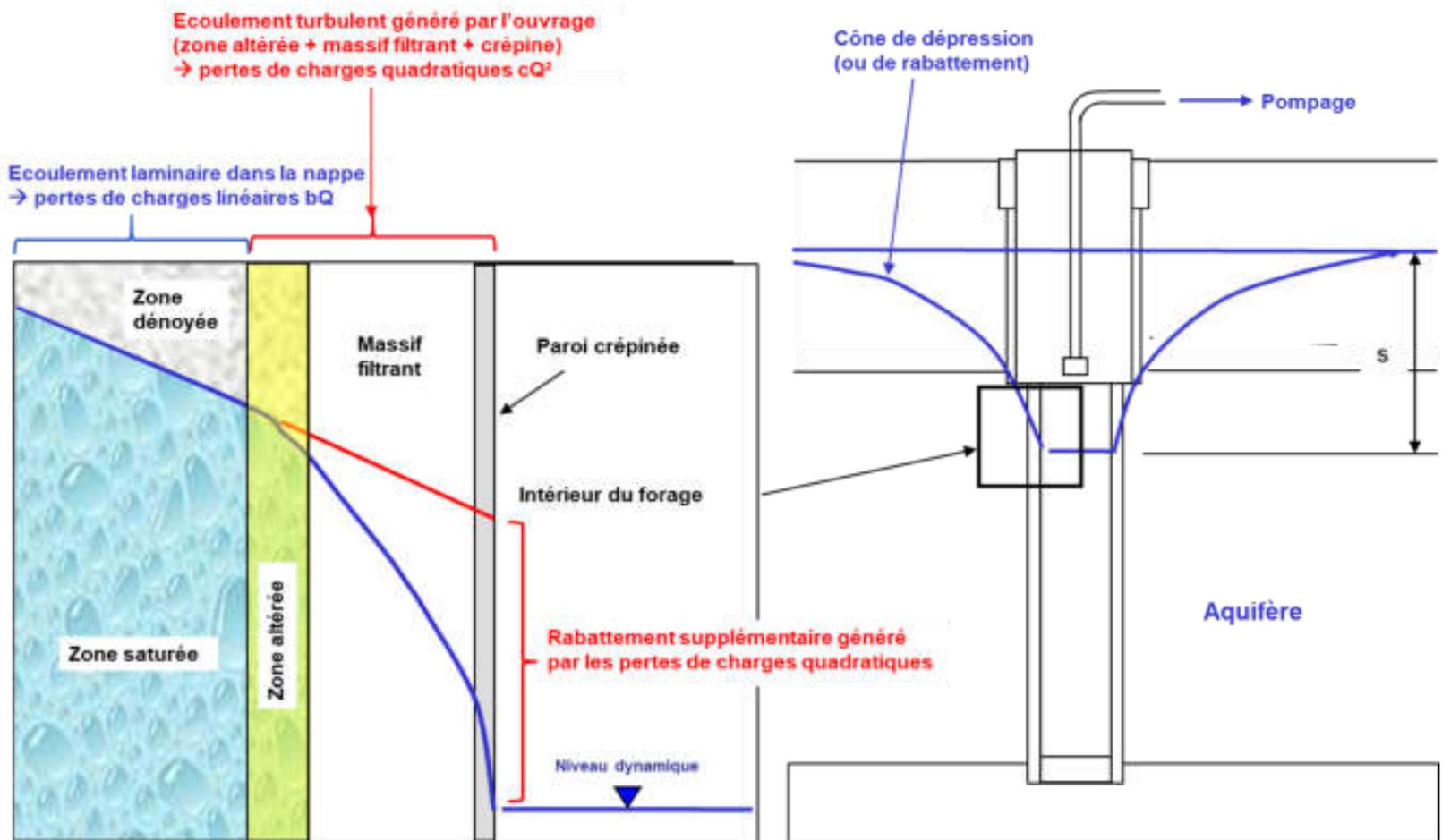
- De la perméabilité de l'aquifère
- De l'homogénéité de l'aquifère (variation de la géologie, fracturation...)
- Du débit pompé
- Du sens d'écoulement de la nappe
- ...



## Facteurs influençant le cône de dépression

La géométrie du cône de rabattement dépend aussi :

- De la nature et de l'état de l'ouvrage capté (pertes de charges quadratiques)...





Deux principaux types de pompages d'essais :

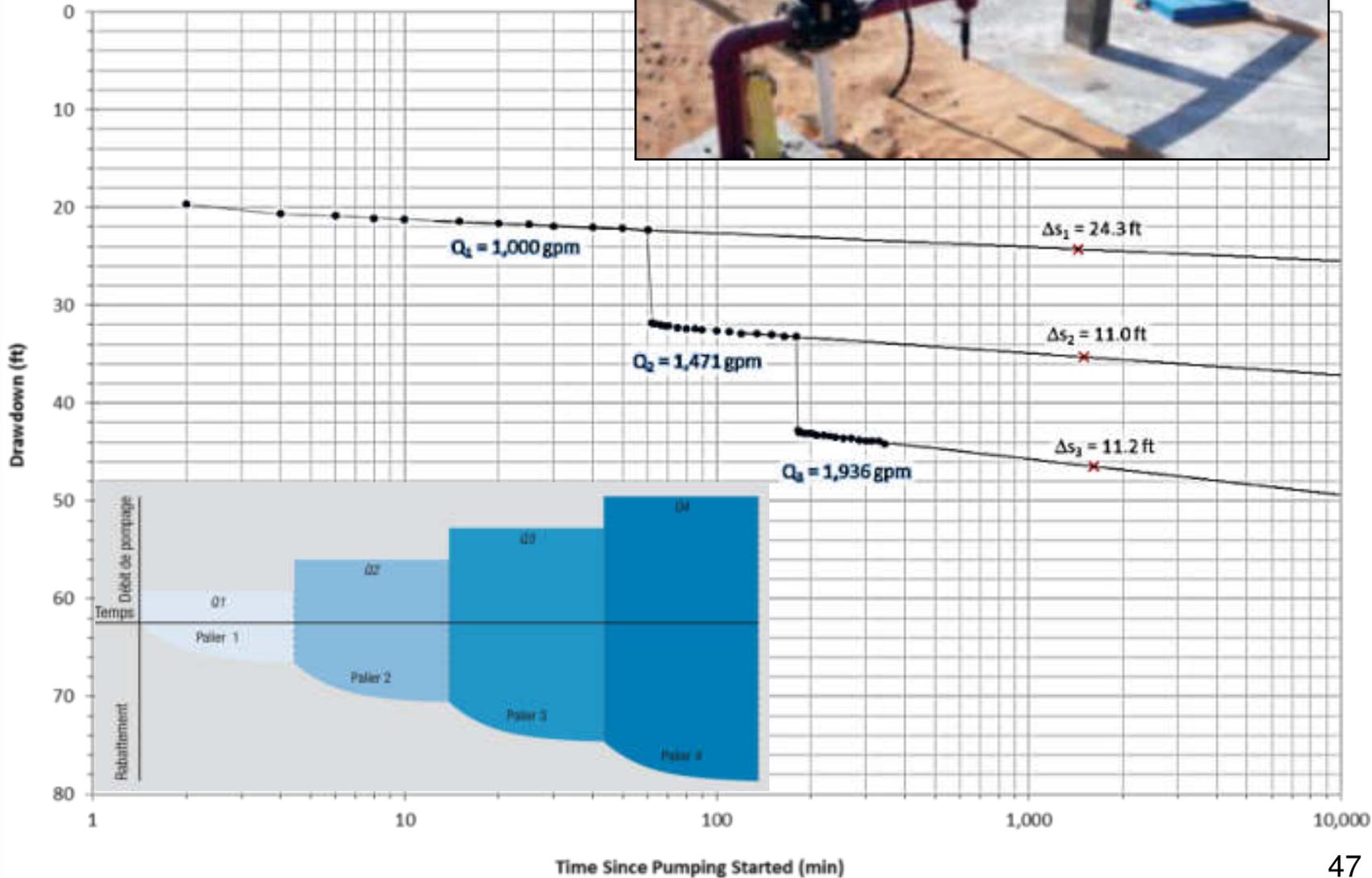
- Pompage par paliers
- Pompage longue durée



# POMPAGE PAR PALIERS



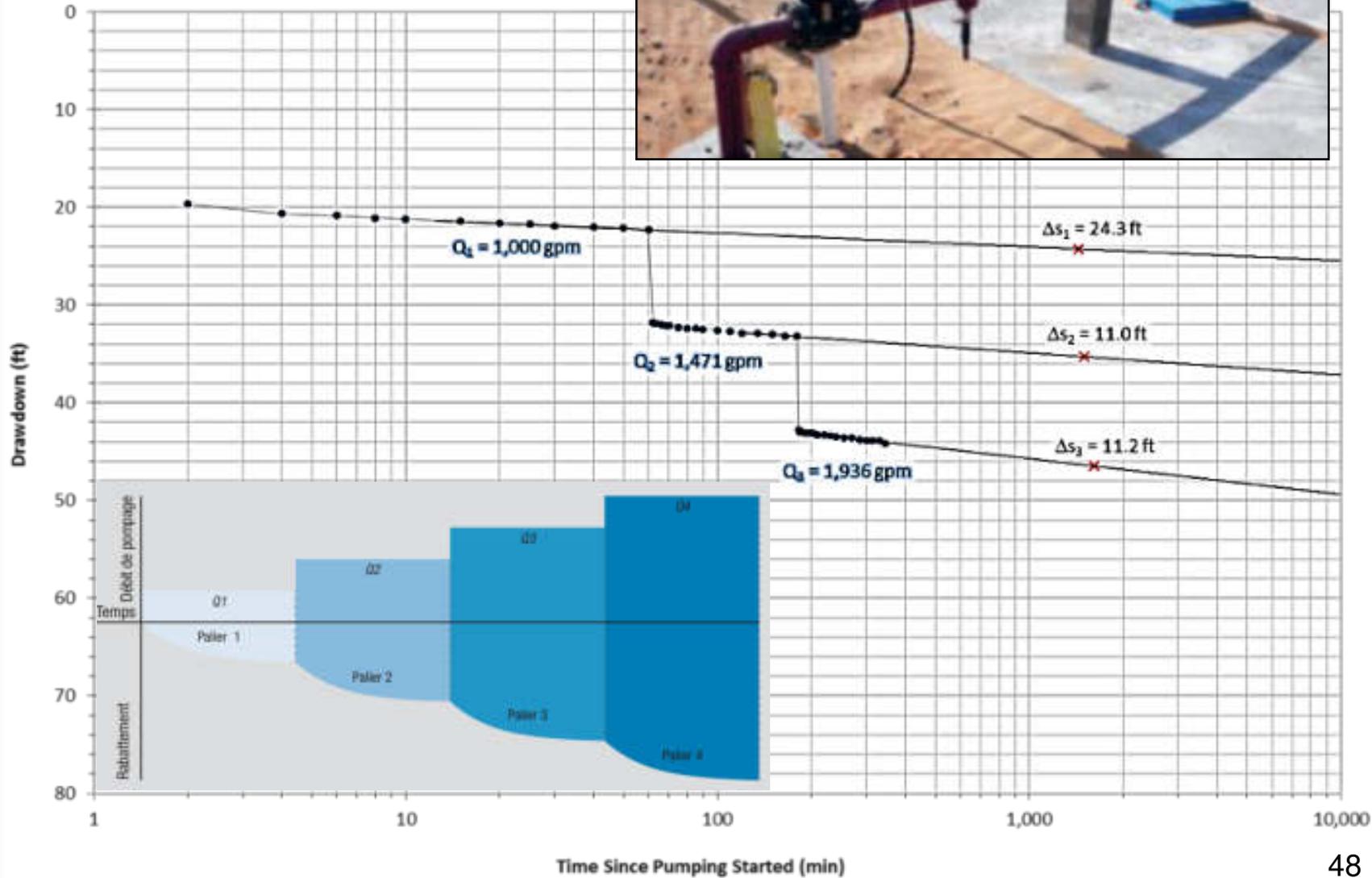
## Pompage par paliers



# POMPAGE PAR PALIERS

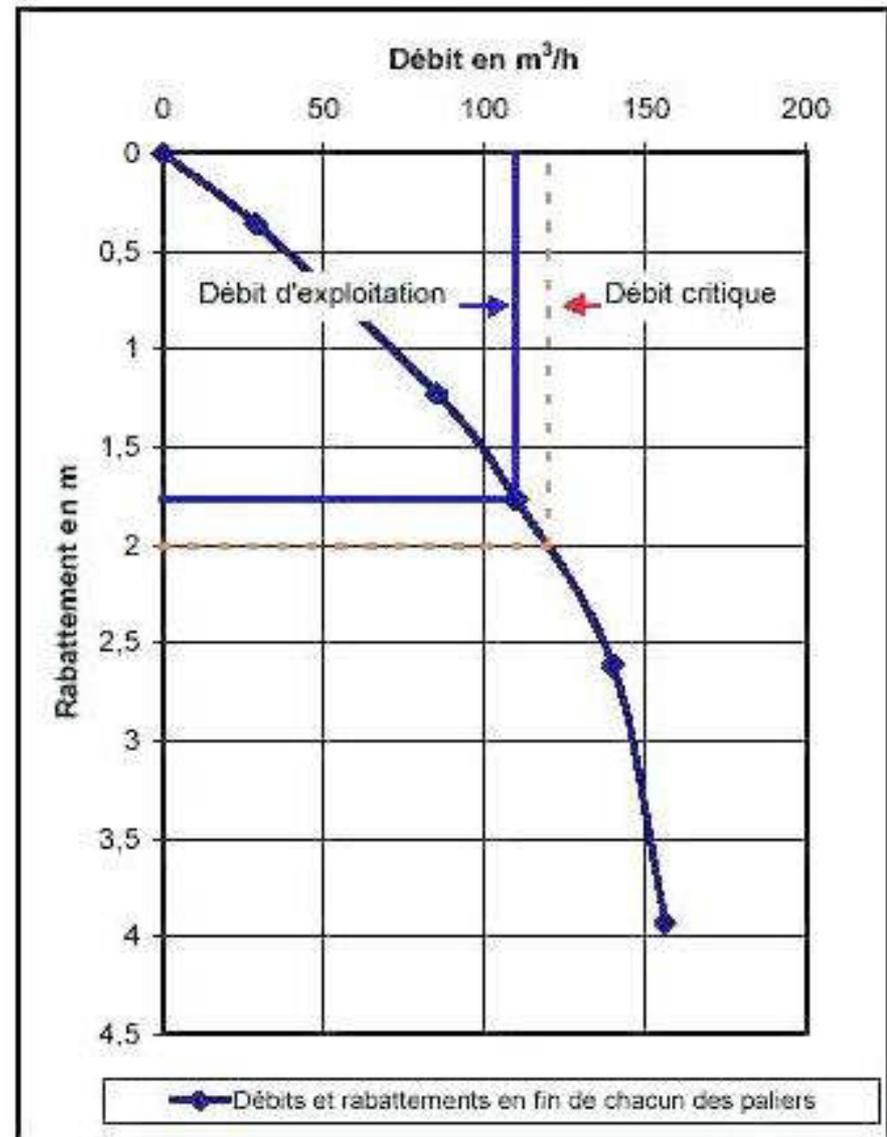


## Pompage par paliers



# POMPAGE PAR PALIERS

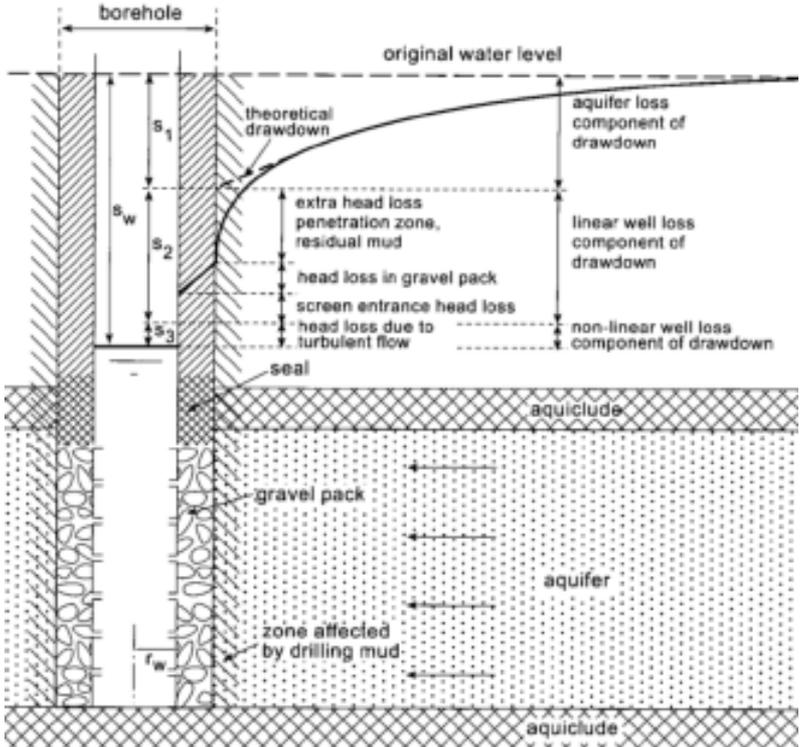
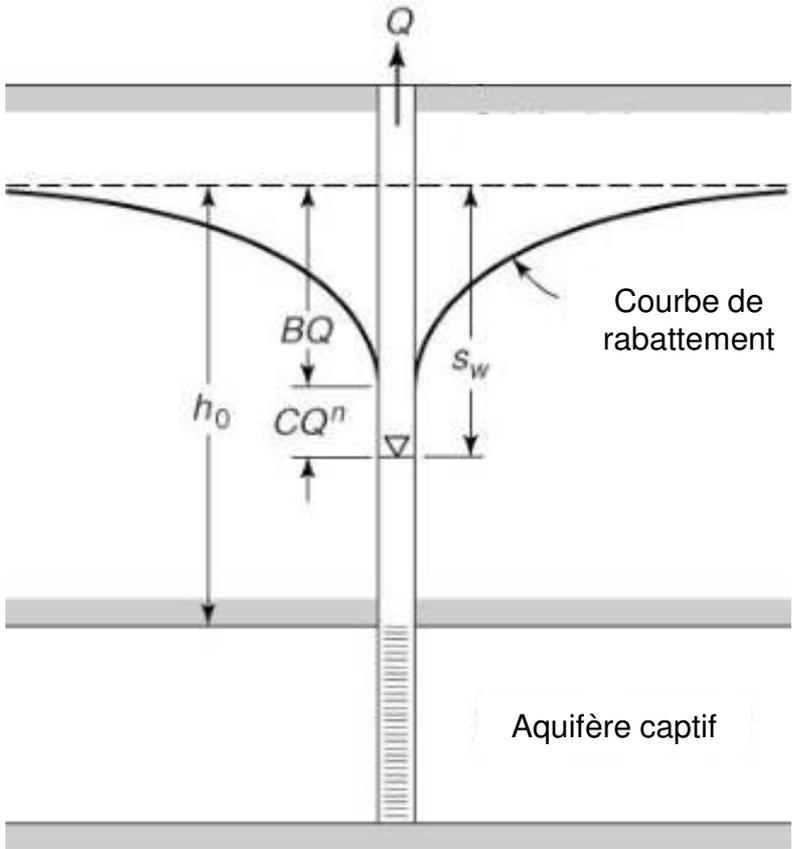
Débit critique et débit d'exploitation



# POMPAGE PAR PALIERS

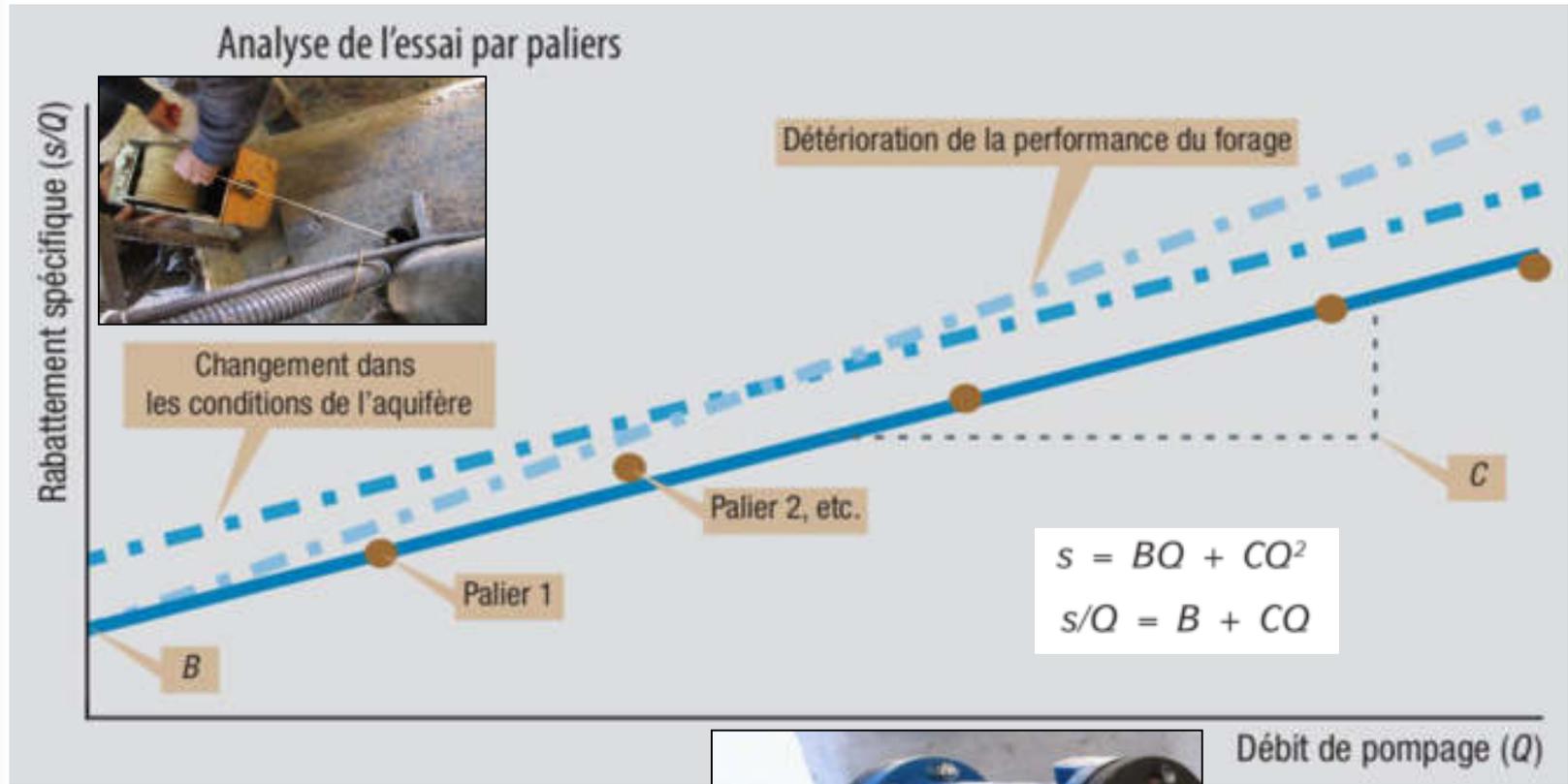


## Pertes de charge



# POMPAGE PAR PALIERS

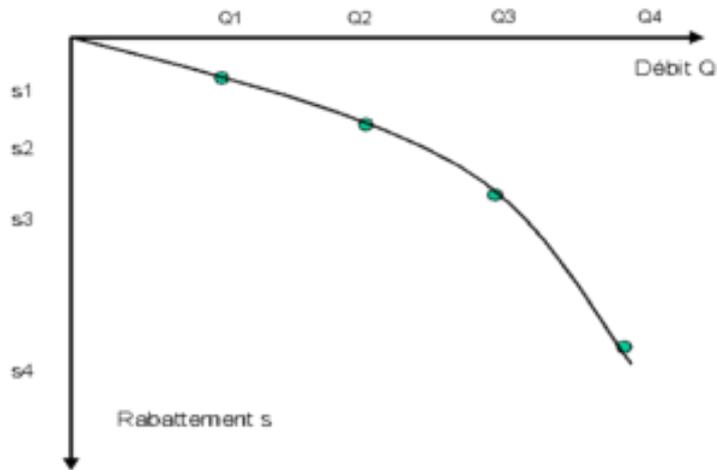
## Droite de rabattement spécifique



# POMPAGE PAR PALIERS

Courbe caractéristique (de productivité)  
Droite de rabattement spécifique

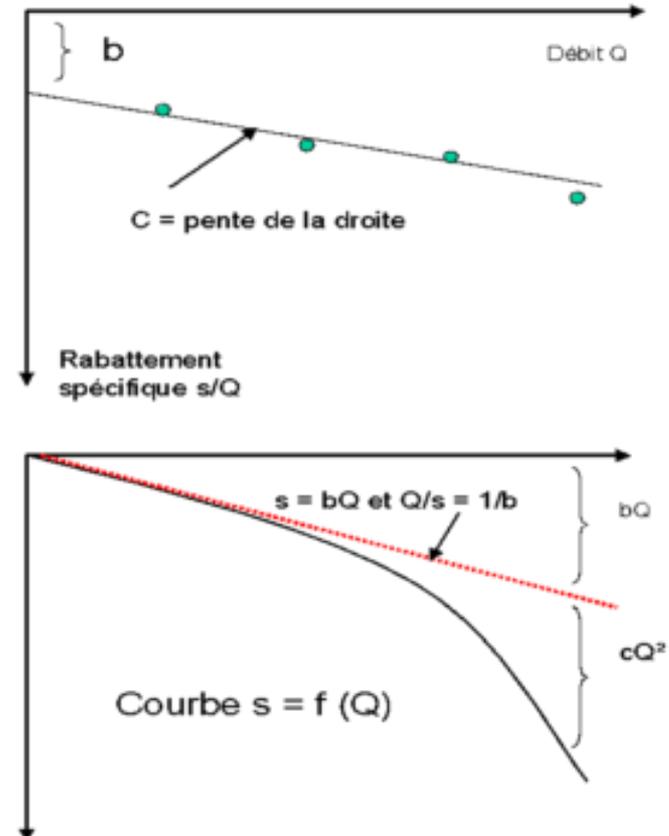
Courbe de productivité  $s = f(Q)$



$$s = bQ + cQ^2$$

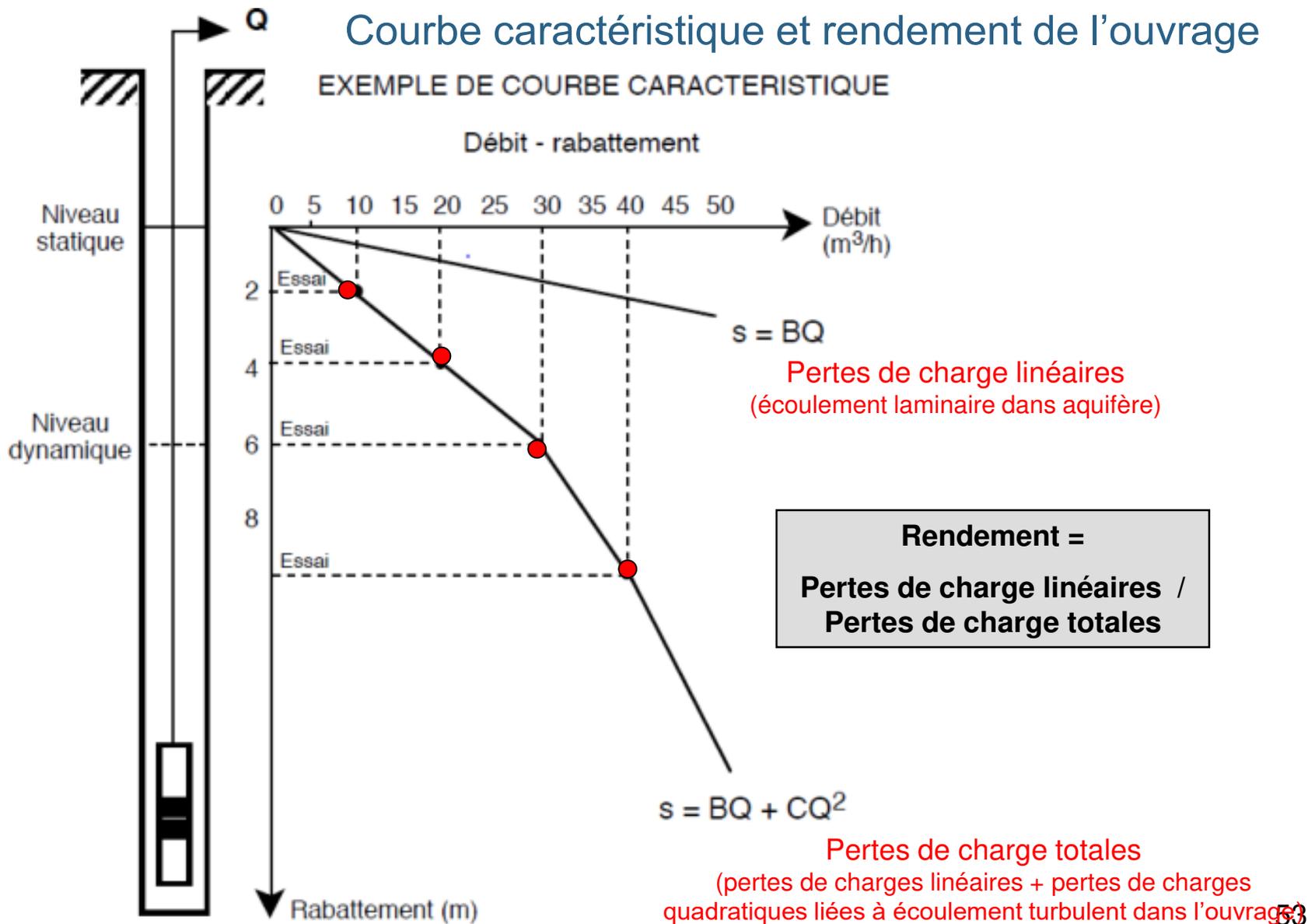
Avec  $bQ$  = pertes de charge linéaires  
et  $cQ^2$  = pertes de charge quadratiques

En divisant la formule par Q, on obtient  
 $s/Q = b + cQ$



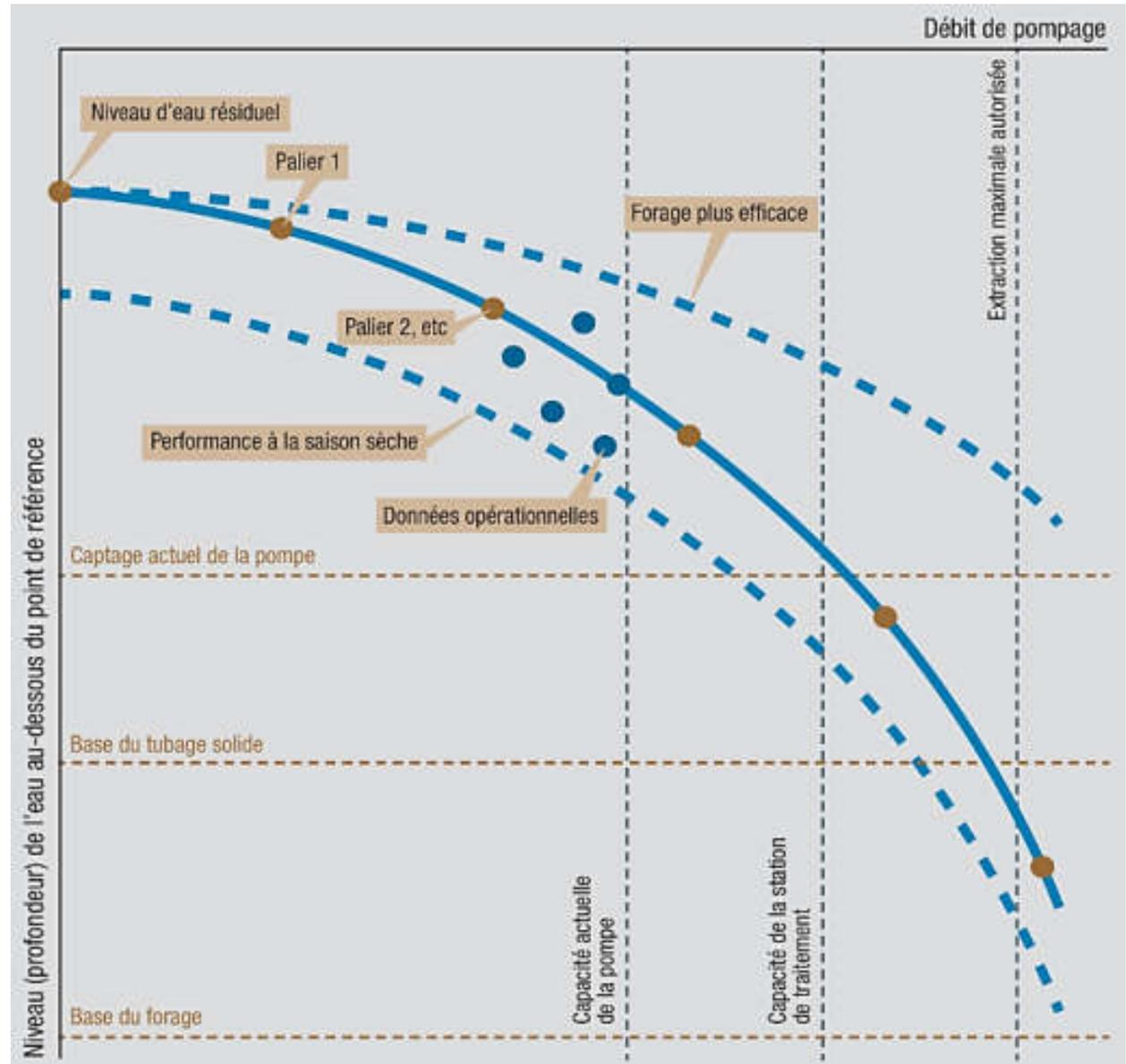
# POMPAGE PAR PALIERS

## Courbe caractéristique et rendement de l'ouvrage



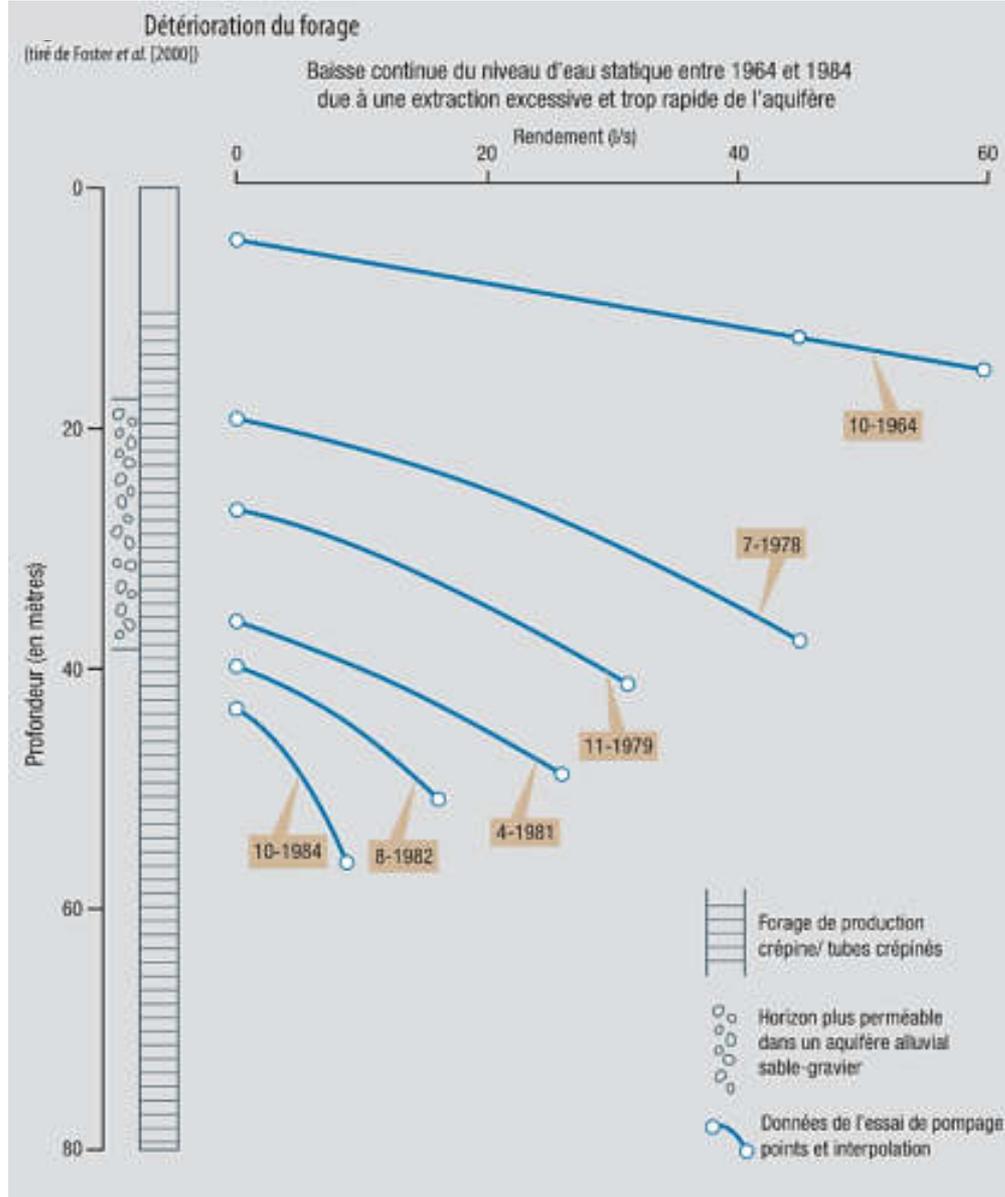
# POMPAGE PAR PALIERS

Courbe caractéristique de l'ouvrage débits / niveaux d'eau



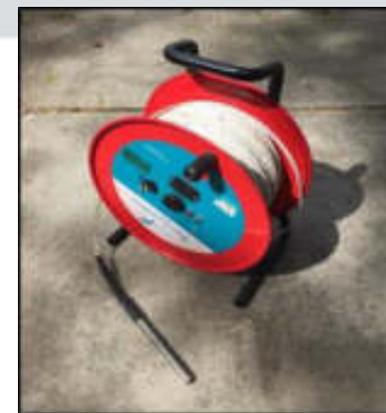
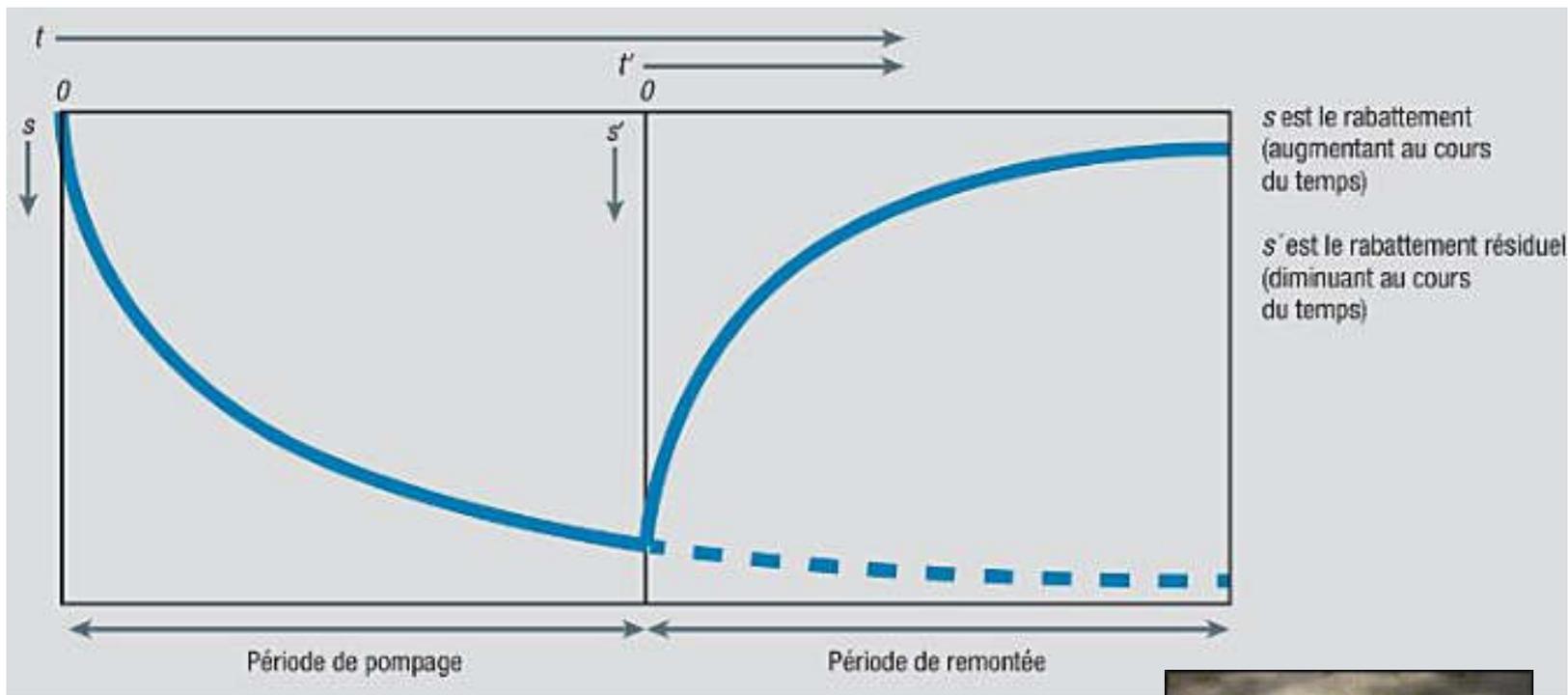
# POMPAGE PAR PALIERS

Evolution de la courbe caractéristique de l'ouvrage

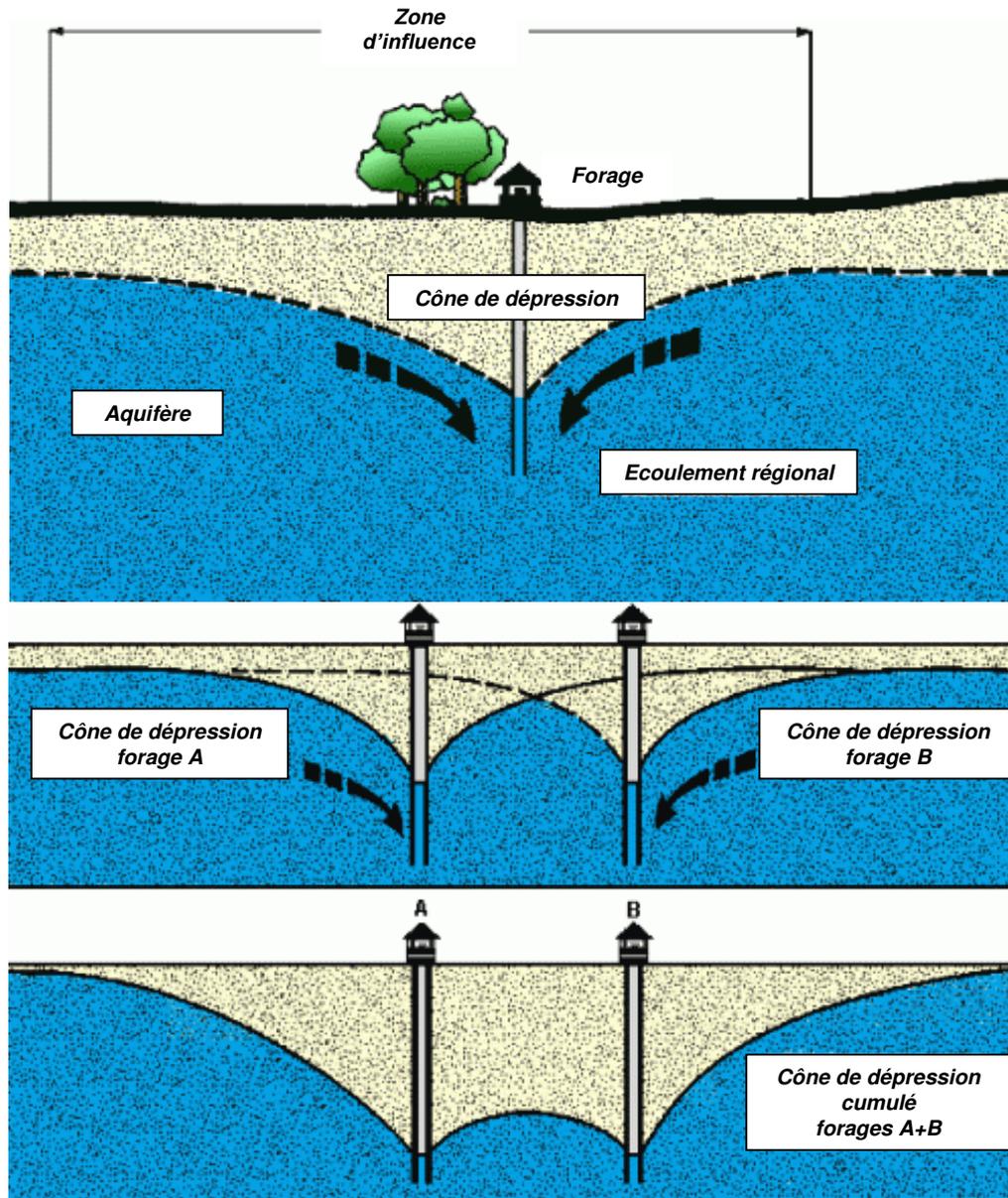


# ESSAIS DE NAPPE

Essai en continu (*observation de la descente et de la remontée*)



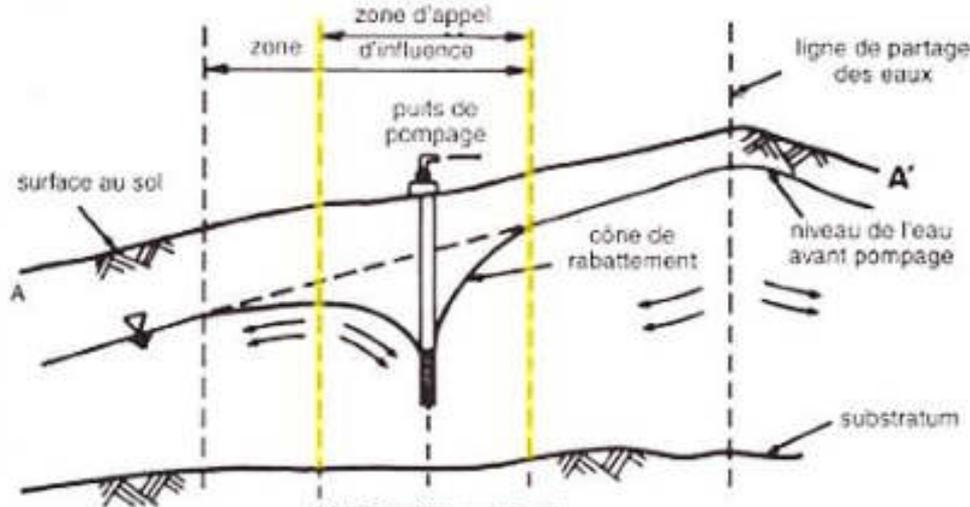
# INTERET DES ESSAIS DE NAPPE



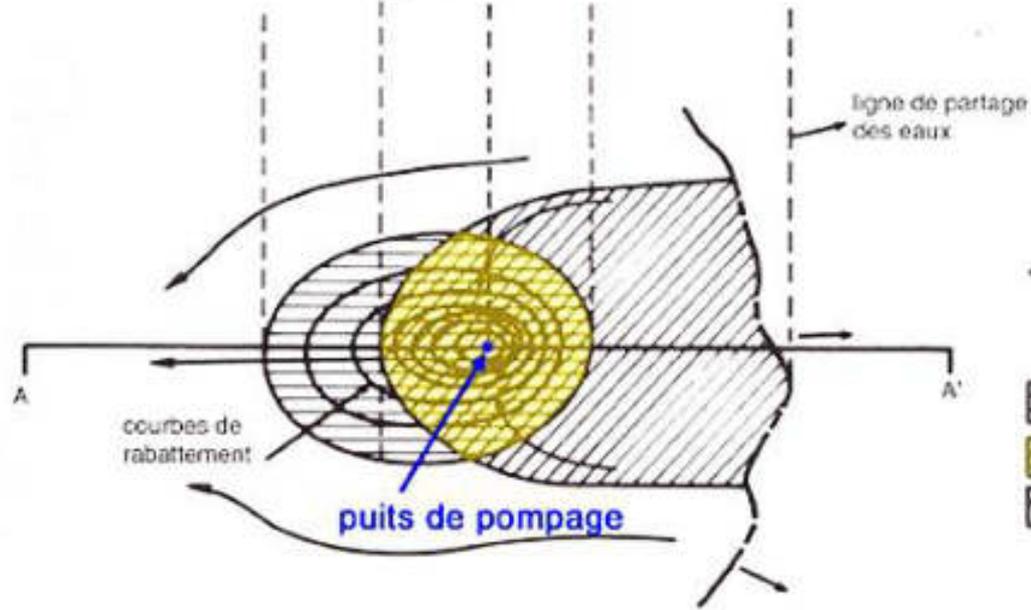
La connaissance du rayon d'influence d'un ouvrage permet d'éviter les phénomènes d'interférence et leurs conséquences quantitatives...



# INTERET DES ESSAIS DE NAPPE



(A) Profil vertical



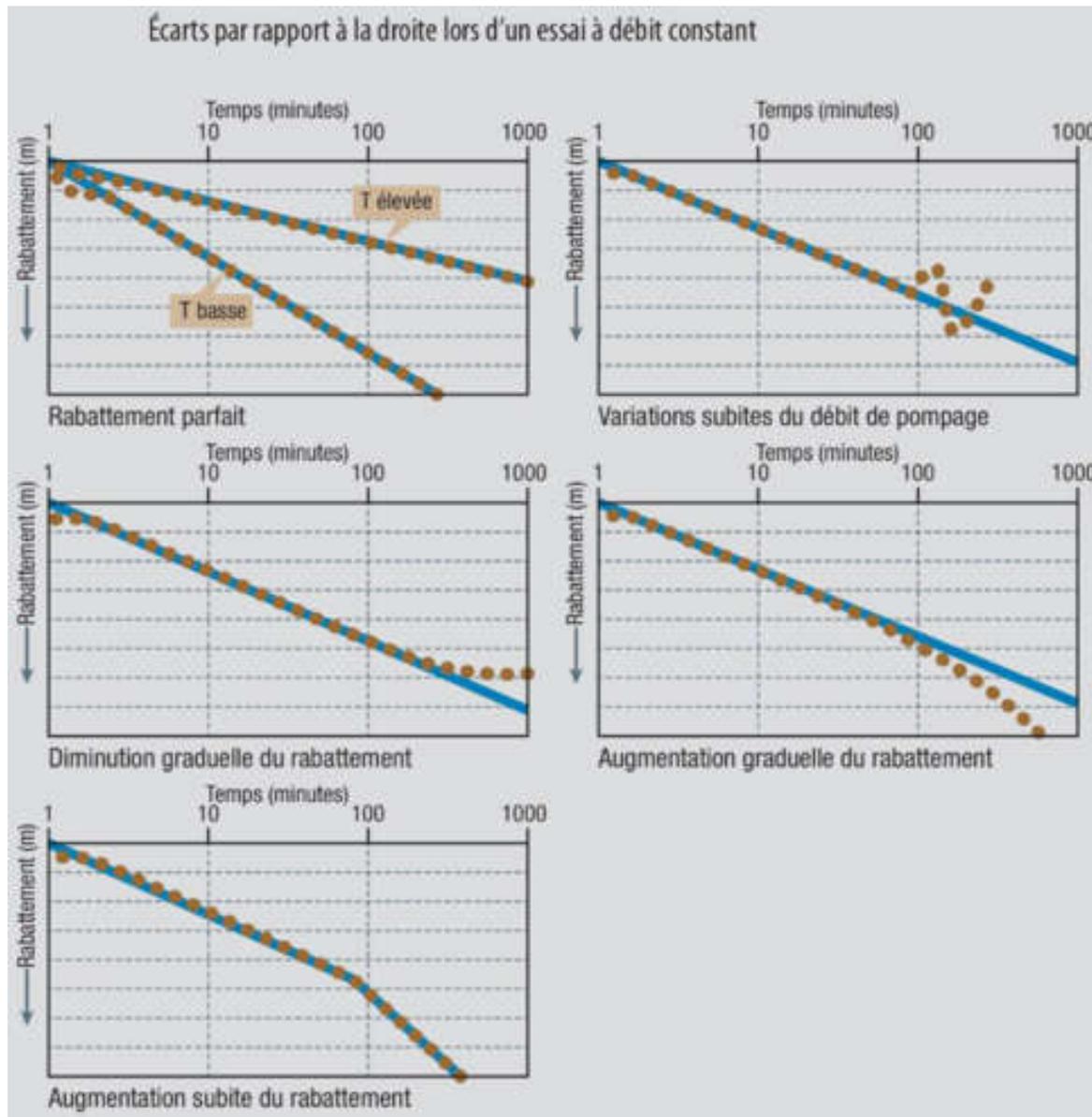
Vue du plan

... et d'identifier la zone à protéger pour préserver la qualité de l'eau de l'ouvrage

- Surface de la nappe
- Direction d'écoulement
- Puits de pompage
- Zone d'influence du captage
- Zone d'appel du captage
- Aire d'alimentation du captage

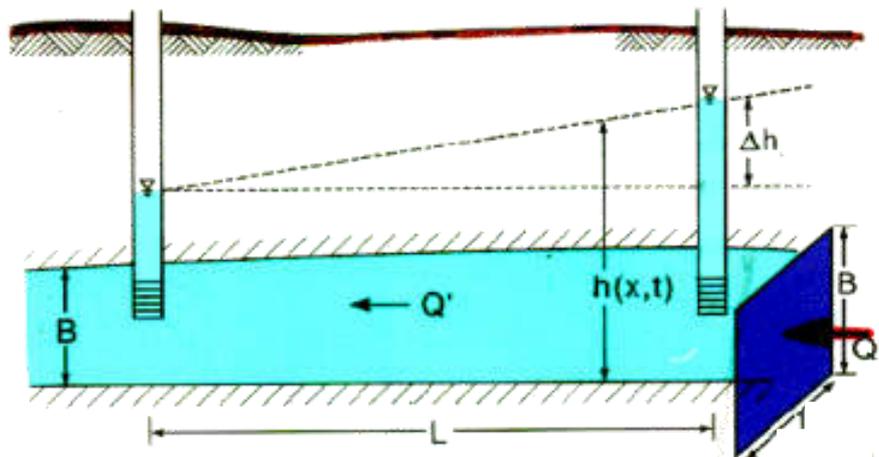
# ESSAIS DE NAPPE

Interprétation  
des essais à  
débits constant  
(*essais de nappe*)

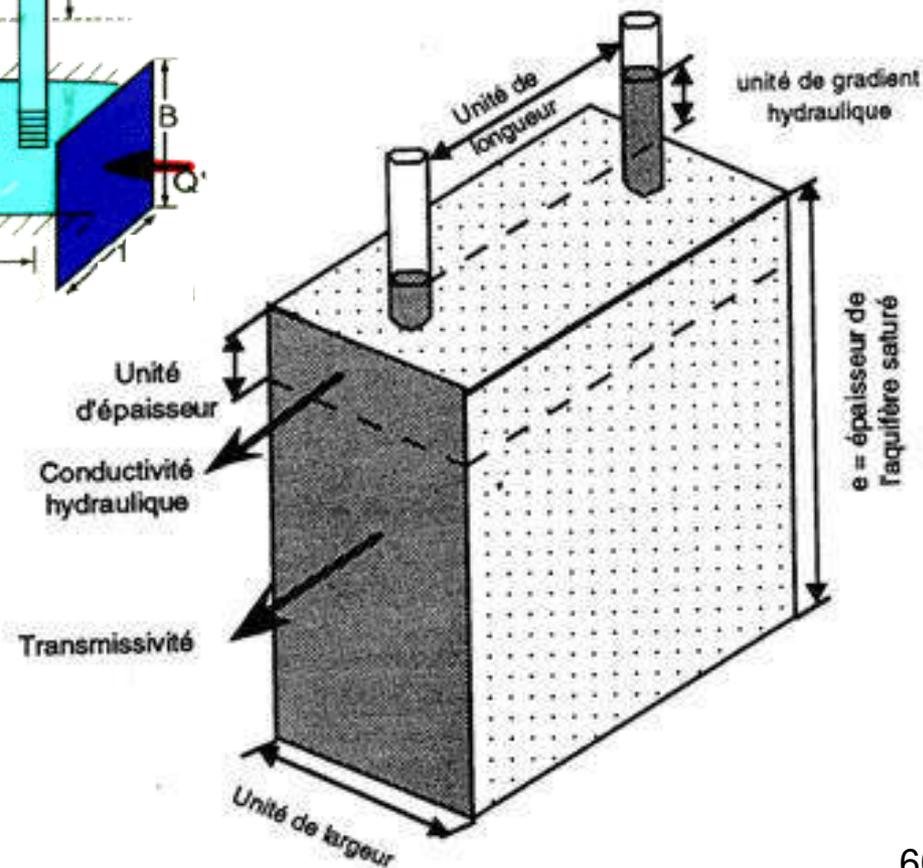


# ESSAIS DE NAPPE

## Transmissivité



$$T = K'b$$



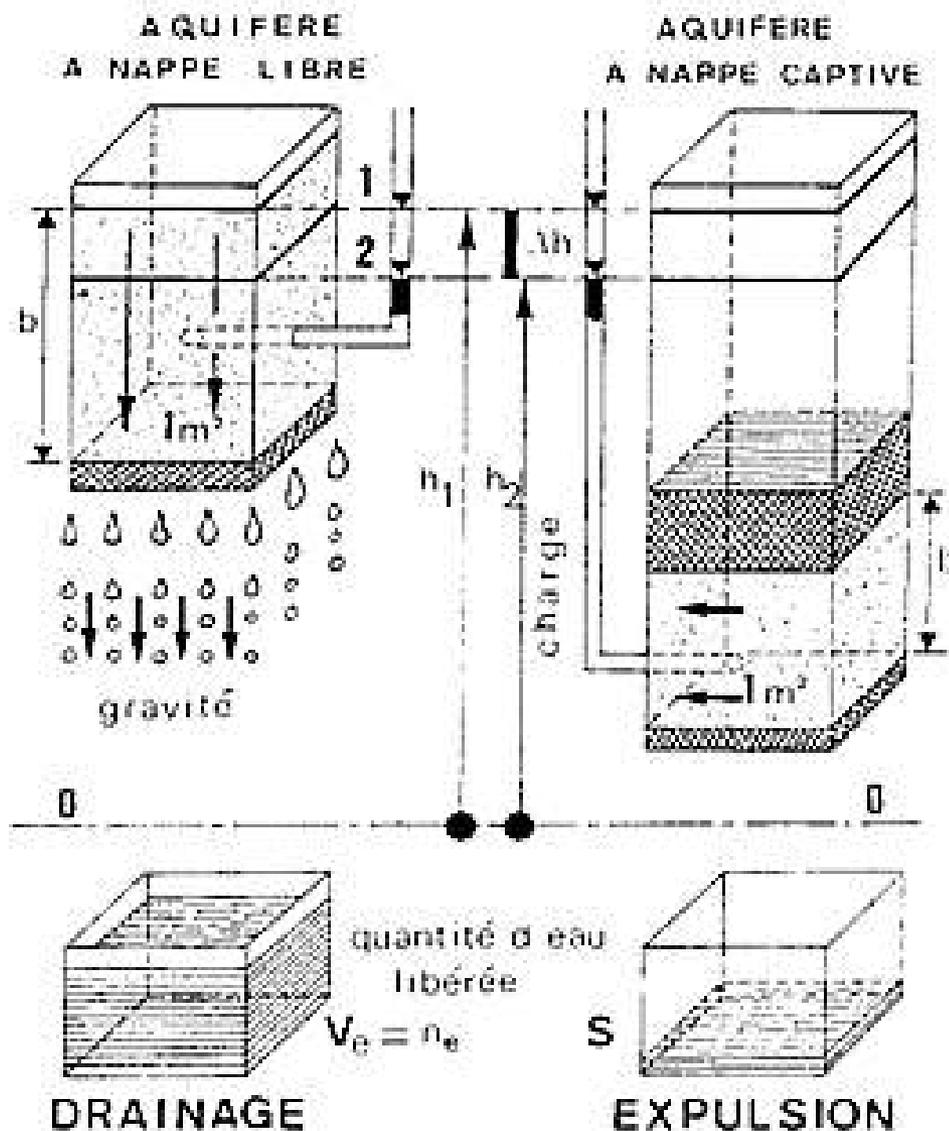
**Table 2.** Hydraulic properties and thickness of the Cretaceous aquifer have been determined at five sites in Iowa where aquifer tests have been conducted

[Modified from Burkart, 1984]

Location in Iowa	Hydraulic conductivity (feet per day)	Transmissivity (feet squared per day)	Thickness of aquifer (feet)
Hosteng irrigation site, Sac County	37	4,600	124
Ritz irrigation site, Plymouth County	48	7,600	157
Southern Sioux County Rural Water System, Inc., Plymouth County	50	7,400	146
Hansen irrigation site, Osceola County	44	3,900	89
Hibbing irrigation site, Sioux County	40	6,400	162

# ESSAIS DE NAPPE

## Coefficient d'emmagasinement



# DEFAILLANCES LORS DE L'EXPLOITATION D'UN CAPTAGE



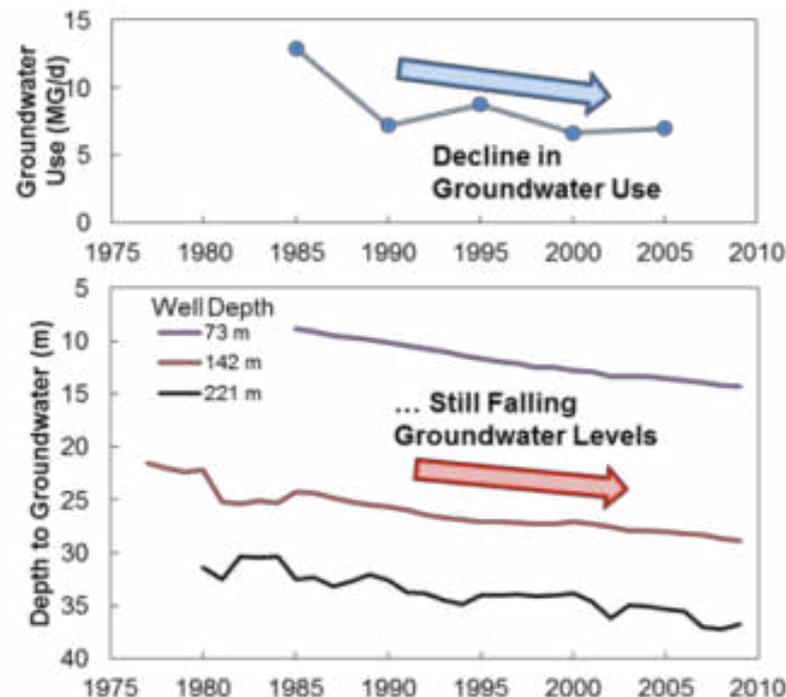
**Différents problèmes peuvent subvenir lors de l'exploitation d'un forage, notamment :**

- une baisse des niveaux de la nappe, statique et/ou dynamique,
- une baisse du débit spécifique,
- une perte complète de production,
- une augmentation des venues de sable ou de particules dans l'eau (turbidité),
- une dégradation de la qualité de la ressource.



Certaines défaillances observées sur les ouvrages sont liées à la ressource :

- **phénomènes naturels** : baisse du niveau de la nappe due à un déficit pluviométrique,
- **phénomènes anthropiques** : perturbations hydrauliques liées à des travaux d'aménagement du territoire (exemple : travaux routiers), ou à une **surexploitation** locale (prélèvements liés à d'autres activités),



# DEFAILLANCES LIEES AU FORAGE

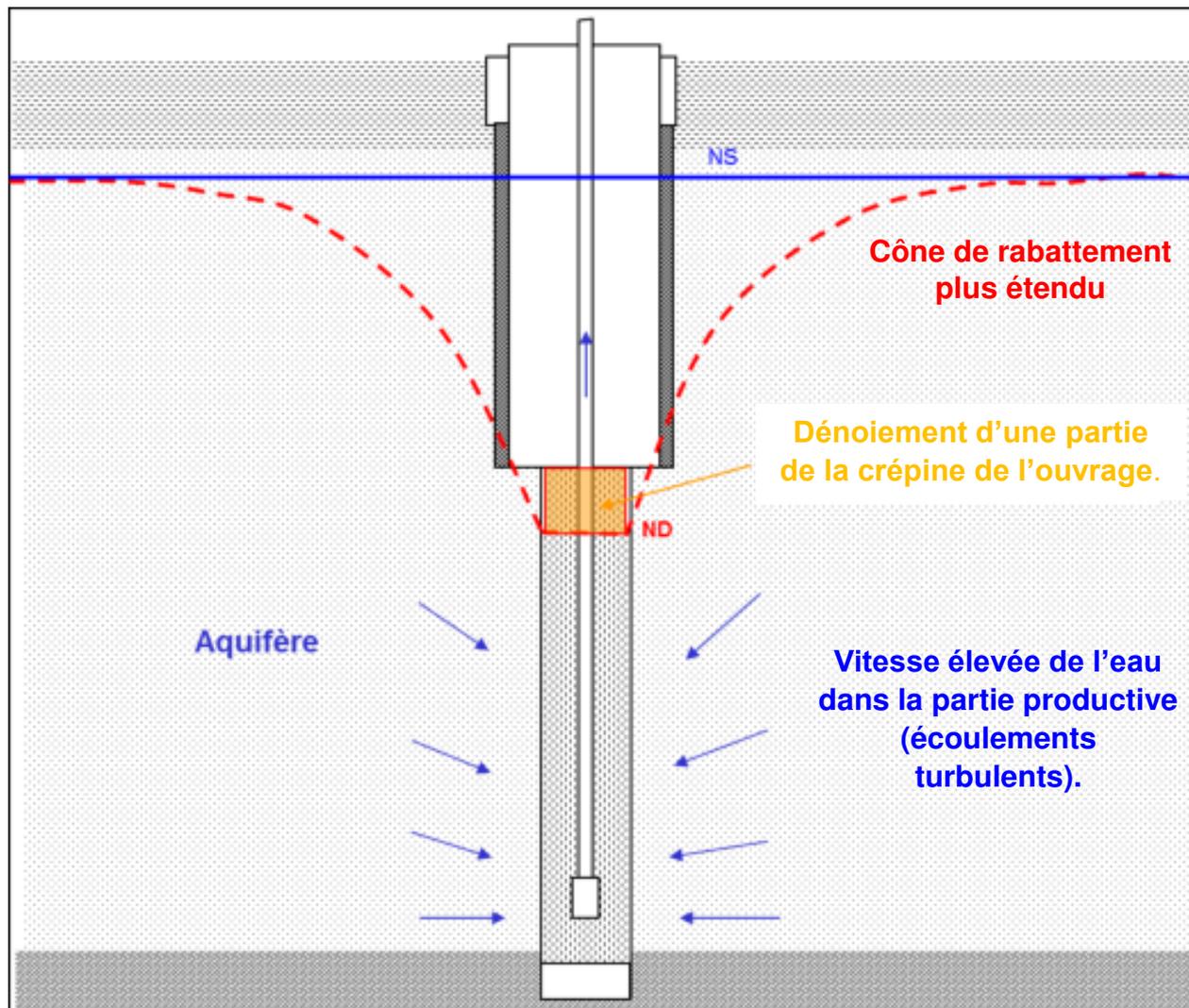
Mais, 75 % des problèmes observés ne sont pas liés à la ressource captée mais à :

- une **mauvaise conception des ouvrages** (mauvais dimensionnement des crépines et / ou du massif filtrant) ou un **développement insuffisant**,
- la **vétusté des ouvrages** : l'usure des ouvrages est inéluctable, mais les effets de l'âge sont aggravés par :
  - un **rythme d'exploitation inadapté**,
  - un manque d'entretien



# RISQUES LIÉS A UN SURPOMPAGE

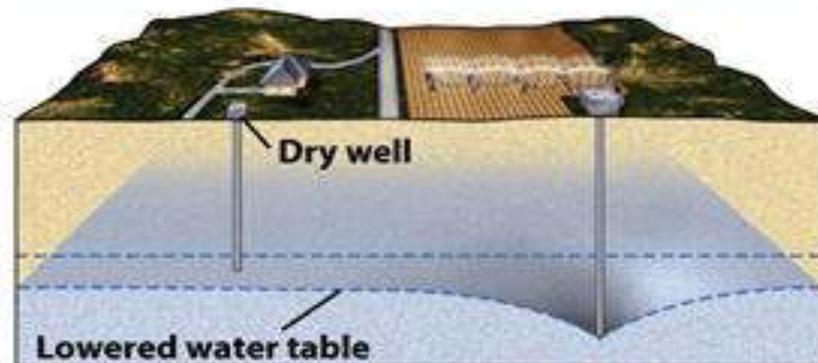
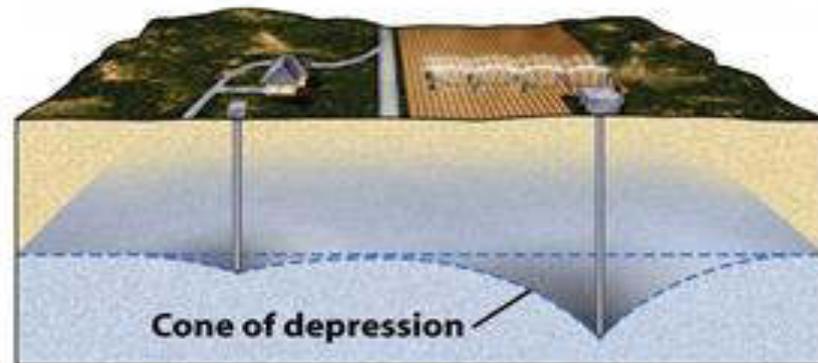
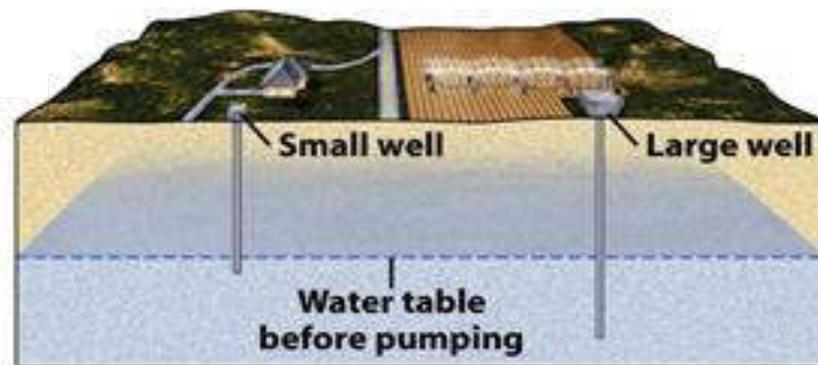
Effets sur un ouvrage isolé



# RISQUES LIES A UN SURPOMPAGE

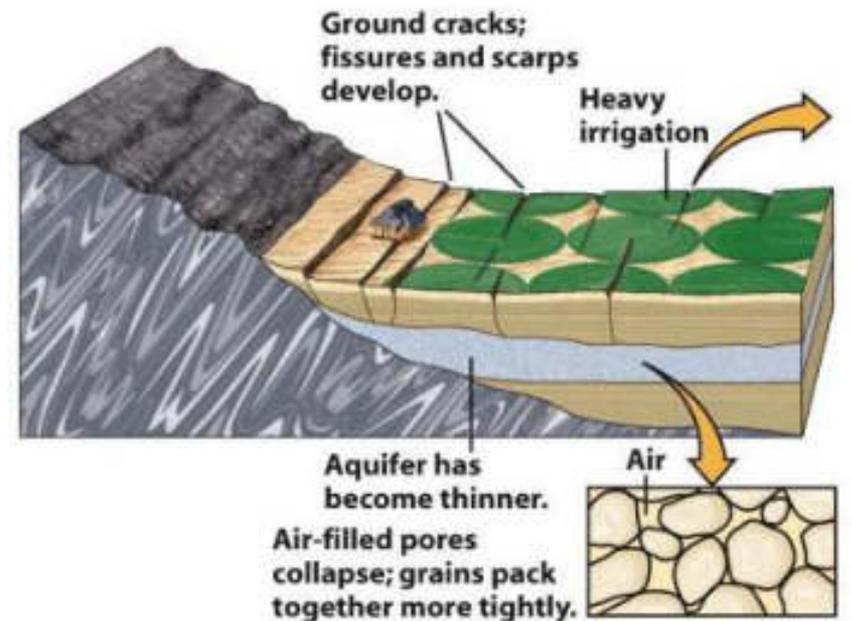
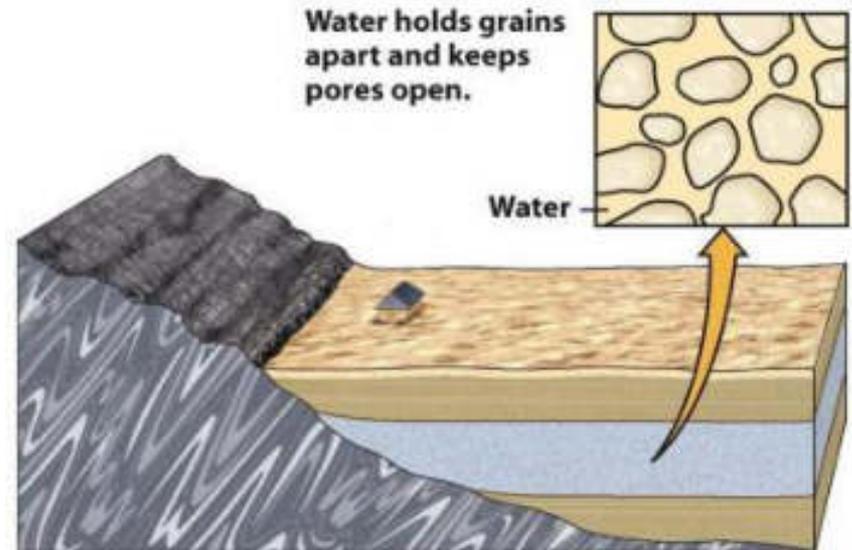
Effets entre ouvrages

Risques d'interférence et de conflits d'usage



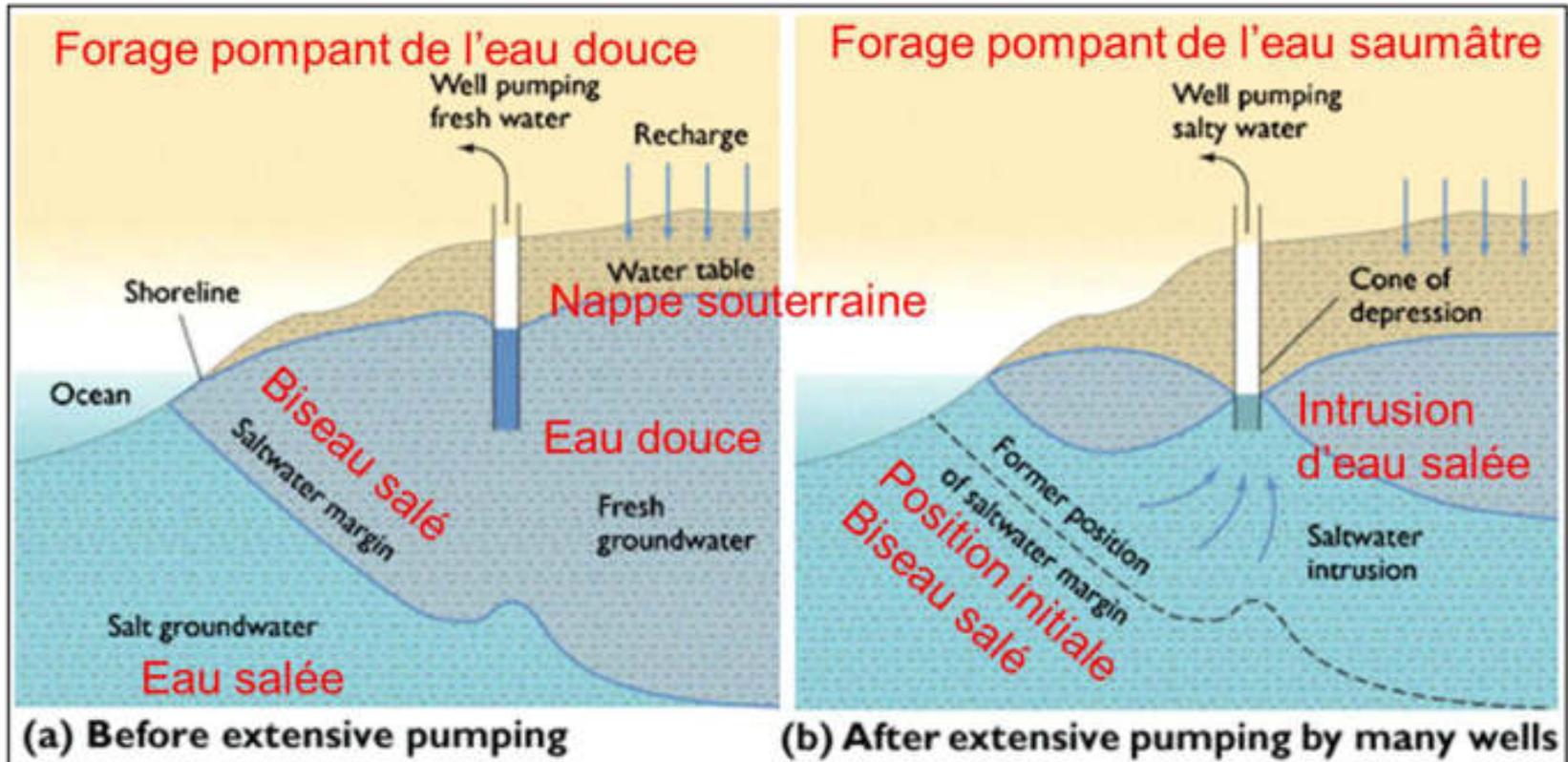
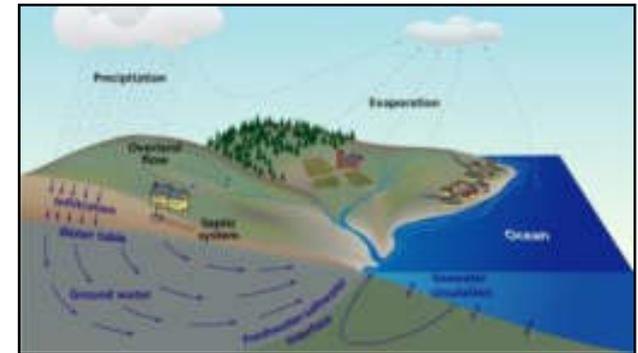
# RISQUES LIES A UN SURPOMPAGE

## Phénomène de subsidence



# RISQUES LIES A UN SURPOMPAGE

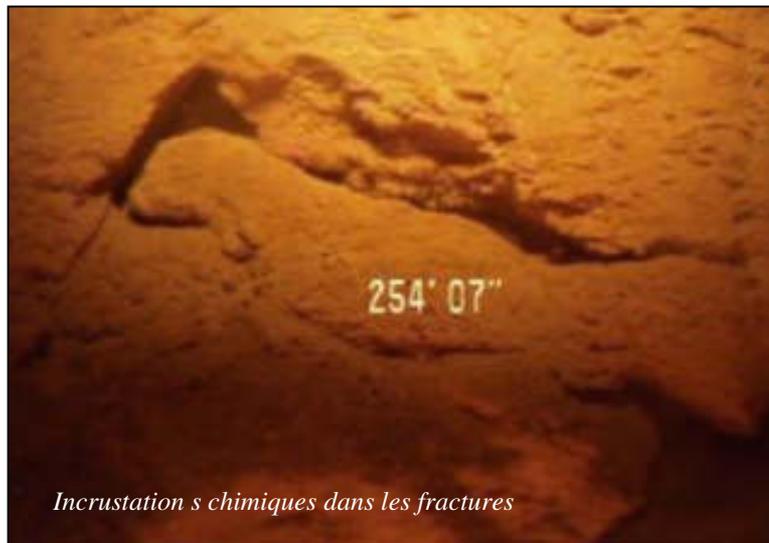
Phénomène d'intrusion saline



Situation avant un pompage excessif

# VIEILLISSEMENT D'UN CAPTAGE

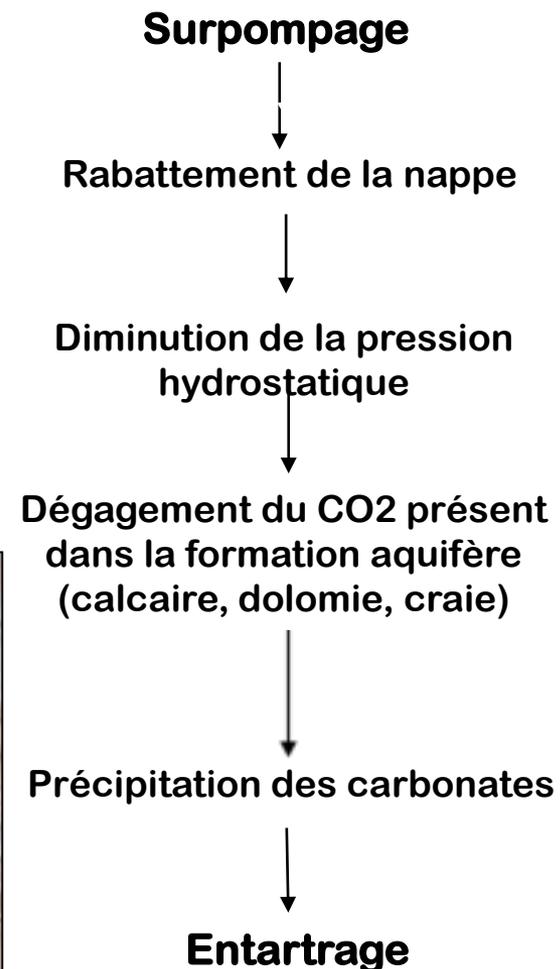
## Colmatages



# VIEILLISSEMENT D'UN CAPTAGE

## Colmatage chimique :

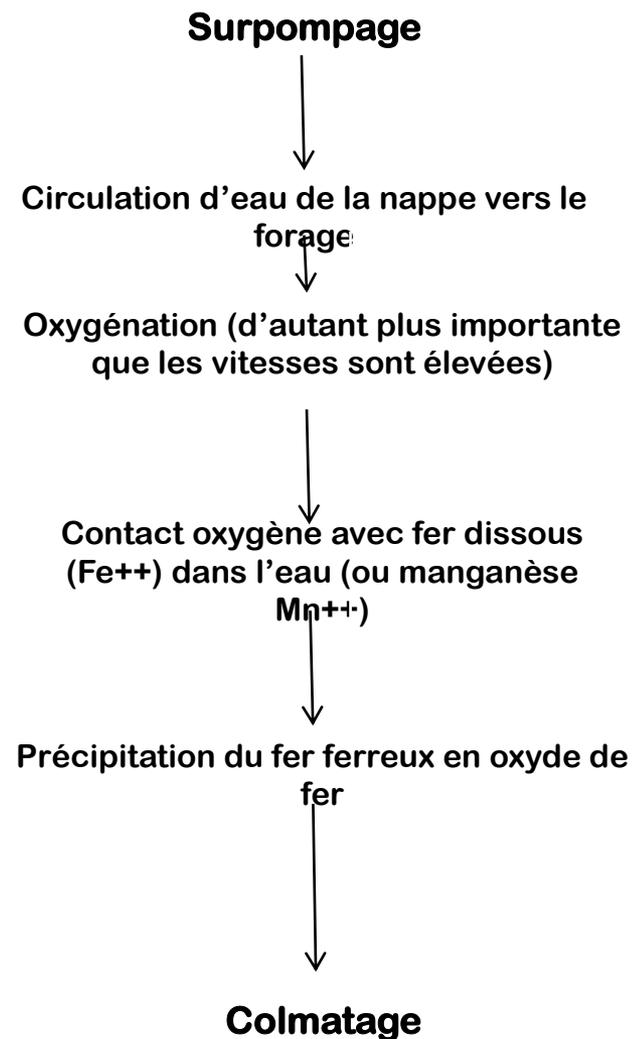
- Entartrage (incrustations carbonatées)



# VIEILLISSEMENT D'UN CAPTAGE

## Colmatage chimique :

- Incrustations d'oxydes de fer et/ou manganèse

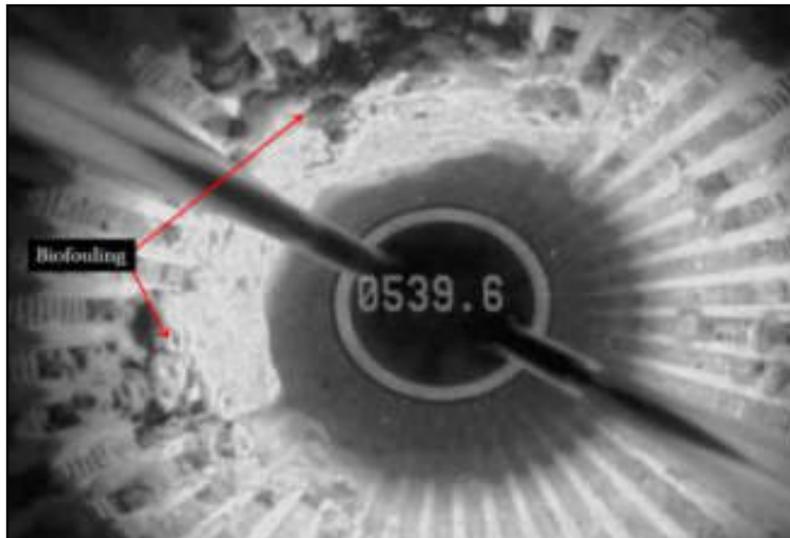
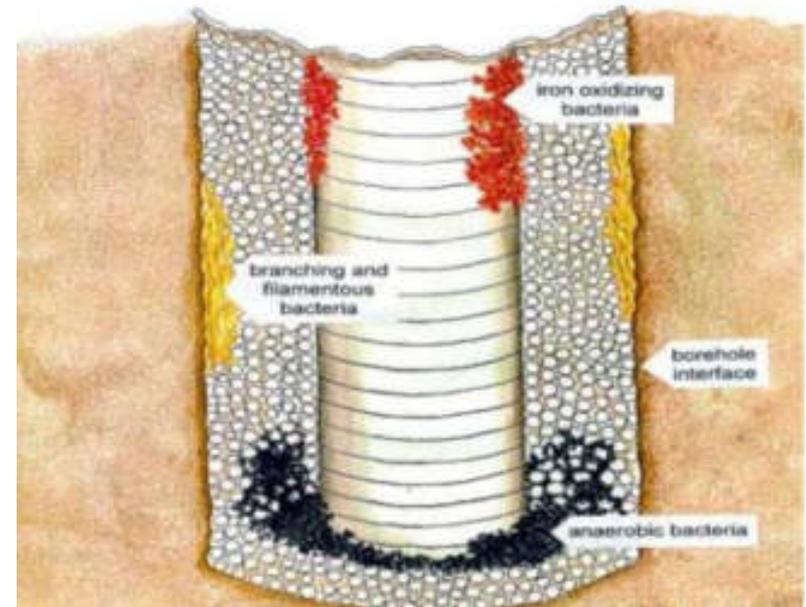


Contexte hydrogéologique favorable : Nappe alluviale, aquifère libre ou semi-captif

# VIEILLISSEMENT D'UN CAPTAGE

## Colmatage biologique (bactériologique)

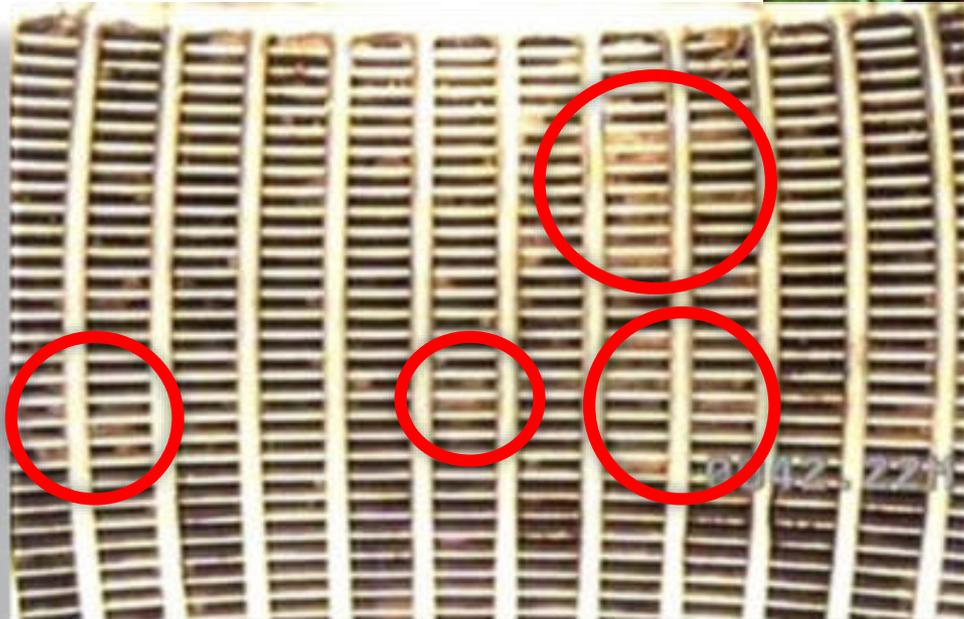
- Lié à un développement des bactéries du fer et du manganèse



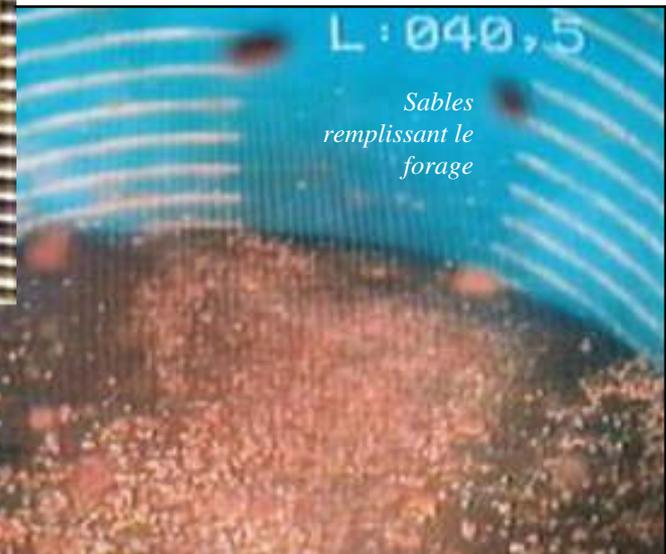
Contexte hydrogéologique favorable : Tous

# VIEILLISSEMENT D'UN CAPTAGE

Colmatage mécanique  
et ensablement



*Massif filtrant colmaté*



## Corrosion



Phénomènes de corrosion et d'électrolyse (en milieu oxygéné) notamment dans les cas :

- de forte présence d'oxygène dissous
- d'un pH de l'eau faible
- d'impuretés du métal
- de tubages en acier doux (non inox)

*Trou dans un tubage causé par la corrosion*



# PERTE DE PRODUCTIVITE D'UN CAPTAGE

## Raisons :

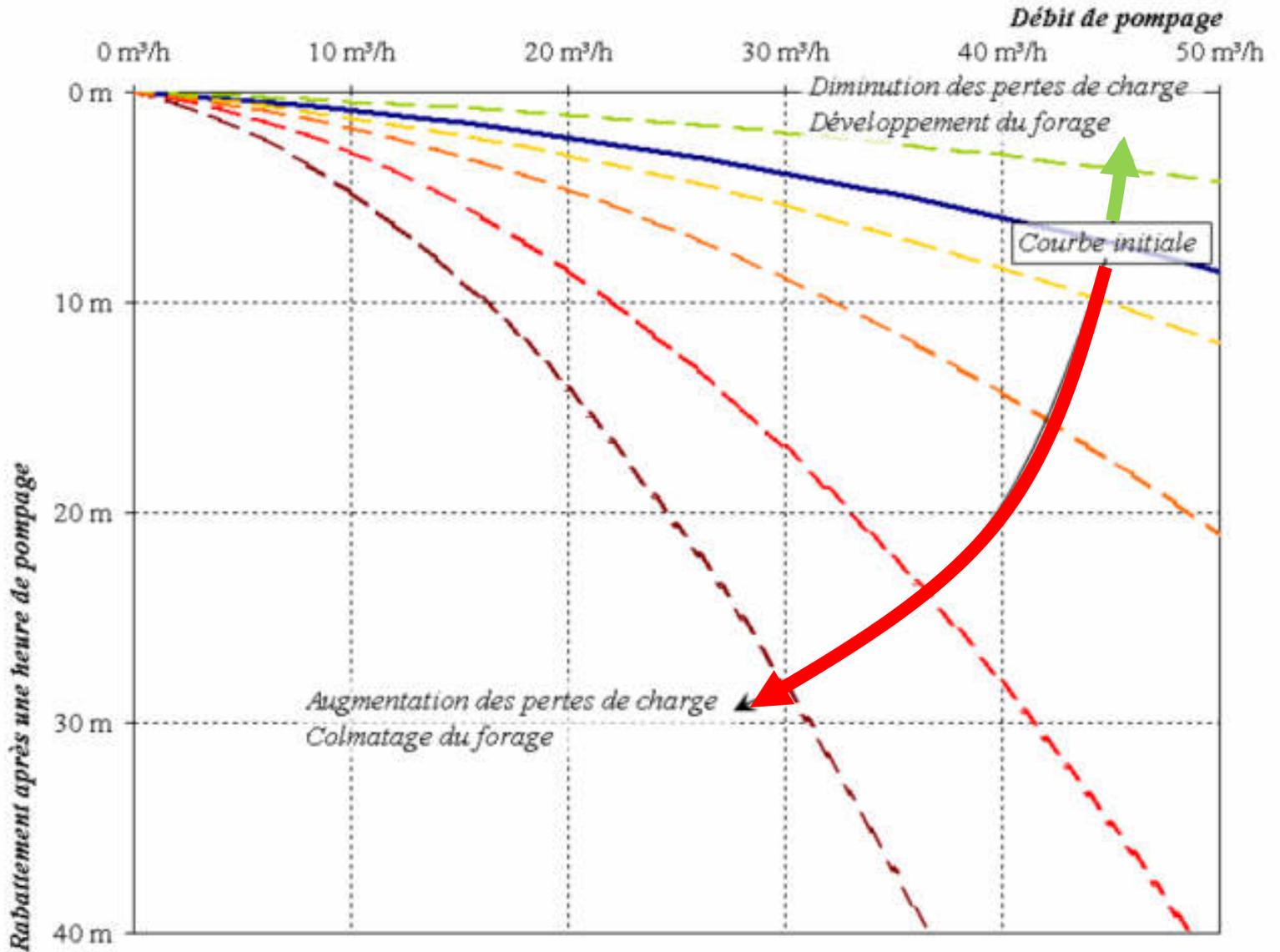
- Baisse du niveau d'eau de la nappe (sécheresse / surexploitation)
- Problème sur le forage
- Problème sur le système de pompage



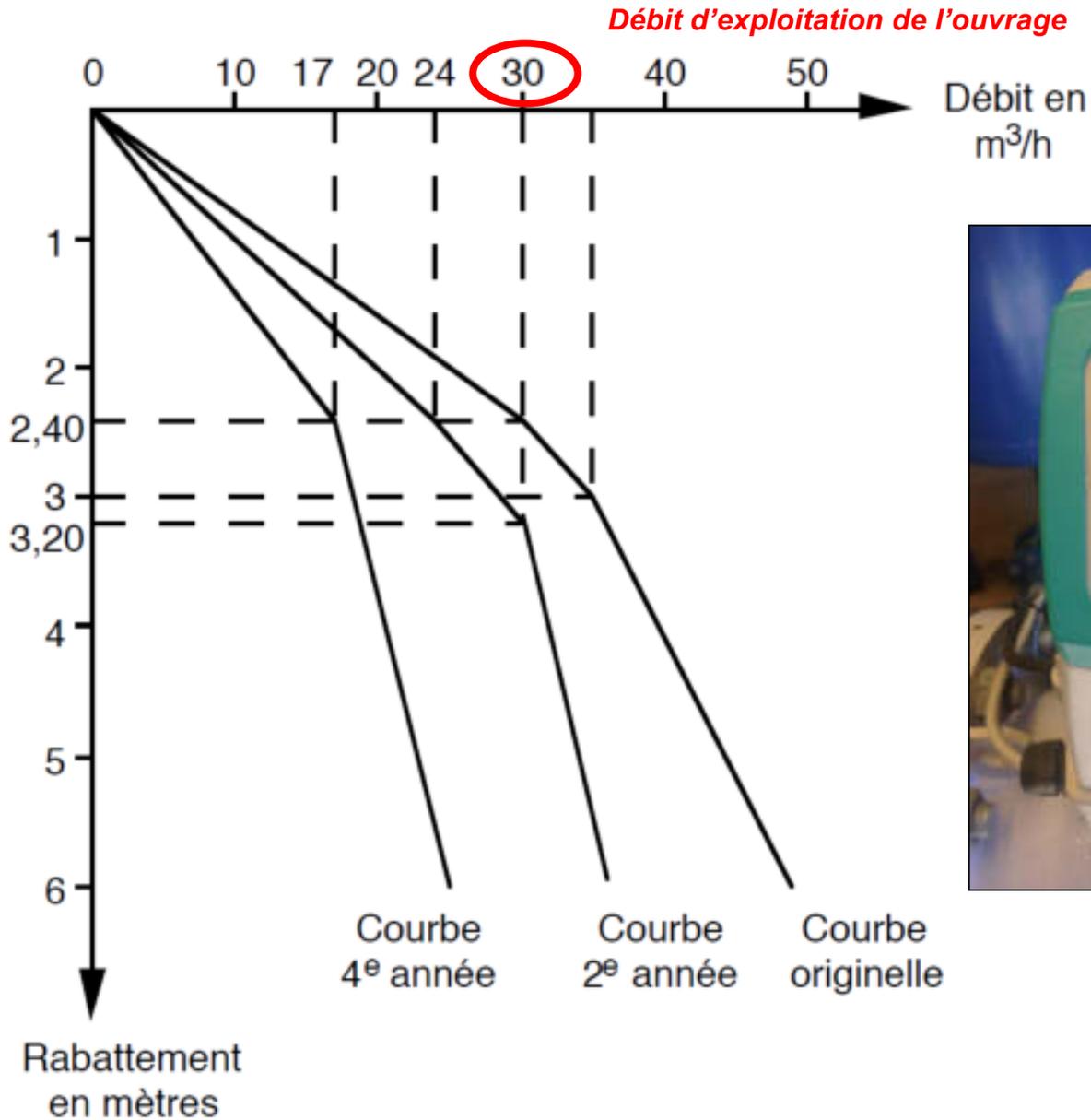
*Pompe retirée d'un forage montrant des oxydes de fer et un biofilm*



# PERTE DE PRODUCTIVITE D'UN CAPTAGE

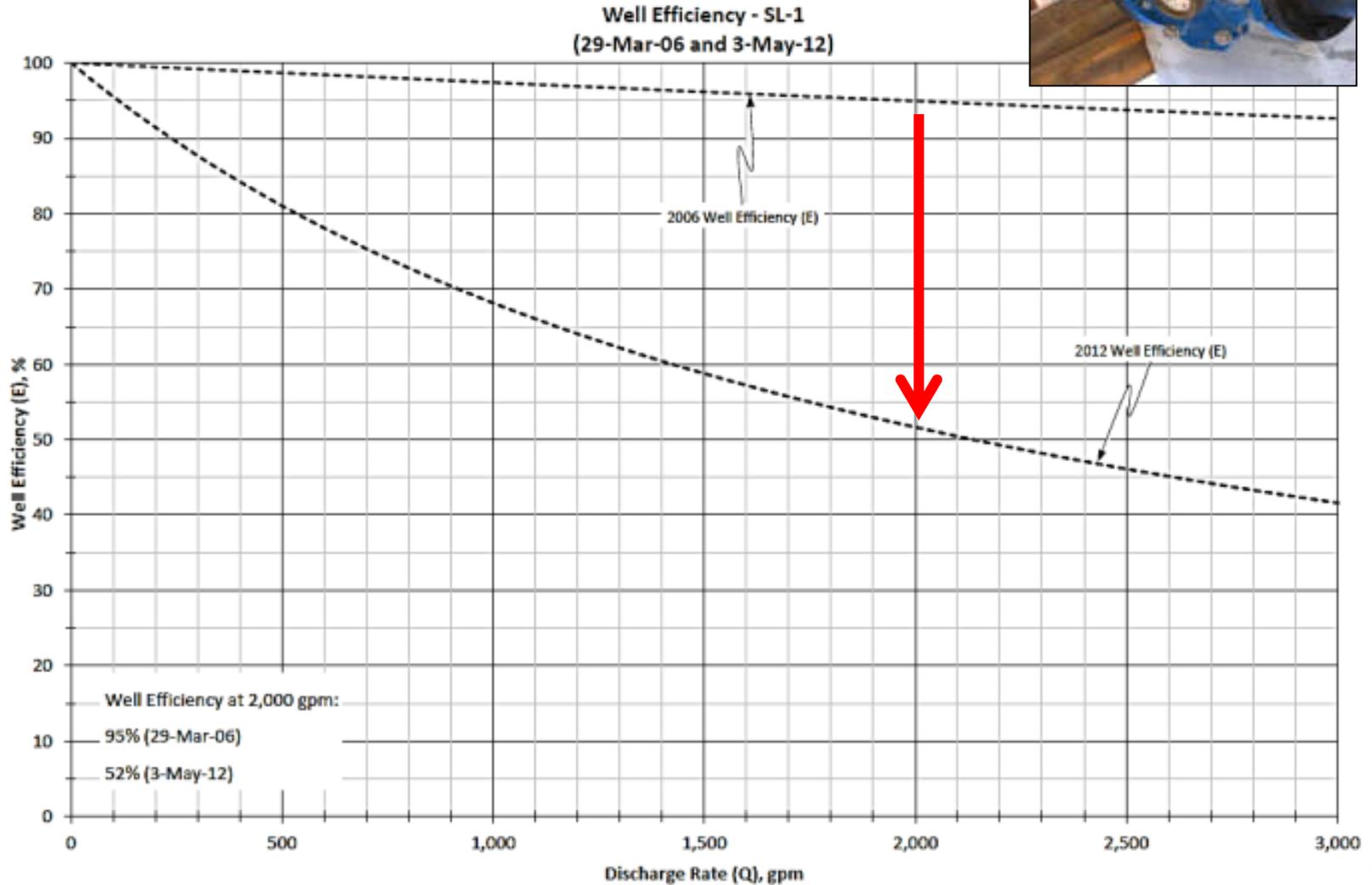


# PERTE DE PRODUCTIVITE D'UN CAPTAGE



# CONSEQUENCES FINANCIERES D'UNE PERTE DE PRODUCTIVITE

## Evolution du rendement de l'ouvrage



# CONSEQUENCES FINANCIERES D'UNE PERTE DE PRODUCTIVITE

## Coût d'exploitation d'un ouvrage

### Coût horaire pour l'exploitation d'un ouvrage

(cas d'une pompe dont le moteur est alimenté par de l'électricité )

$$= \frac{\text{débit} \times \text{HMT} \times \text{coût kWh}}{367,48 \times \text{rendement système pompage}}$$

Avec :

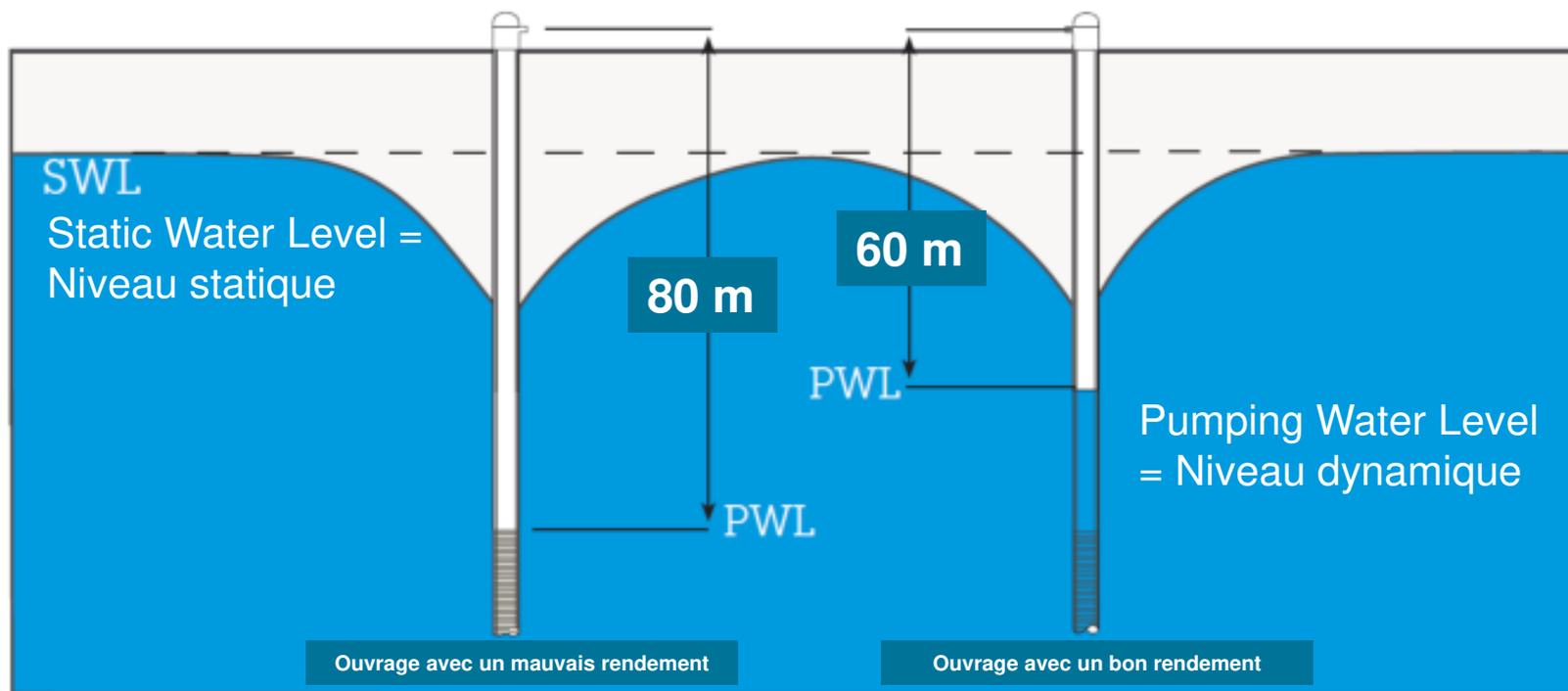
- Débit en m<sup>3</sup>/h
- Hauteur manométrique totale (intégrant le niveau piézométrique de l'eau) en m
- Rendement du système de pompage (en %)

*Nb : le coût du kWh est proche de 0,14 €*



# CONSEQUENCES FINANCIERES D'UNE PERTE DE PRODUCTIVITE

Coût d'exploitation d'un ouvrage (pompage à 100 m<sup>3</sup>/h)



Coût horaire de l'ouvrage présentant un mauvais rendement

$$= \frac{100 \times 80 \times \text{coût kWh}}{367,48 \times 0,6} = 5,08 \text{ € / h}$$

*Avec coût kWh = 0,14 €*

Coût horaire de l'ouvrage présentant un bon rendement

$$= \frac{100 \times 60 \times \text{coût kWh}}{367,48 \times 0,6} = 3,80 \text{ € / h}$$

Quatre éléments essentiels pour pérenniser les puits et forages

- La qualité de la réalisation du captage et de sa protection
- Connaître les caractéristiques / potentialités de l'ouvrage afin en particulier d'adapter la pompe au contexte local
- **Entretien** les ouvrages **régulièrement**
- Réaliser un **suivi et un contrôle des ouvrages**



# ENTRETIEN ET SUIVI DES OUVRAGES



# ENTRETIEN ET SUIVI DES OUVRAGES



## Aspect extérieur ouvrage

- Pérennité générale de l'ouvrage : risque de glissement de terrain, d'éboulement, de coulée de neige, d'inondation, d'érosion (y compris affouillement par exutoire trop-plein).
- Matérialisation des ouvrages enterrés (bornes, piquets, ...) et aériens (mât pour localisation sous manteau neigeux).
- Génie civil extérieur (maçonnerie, joint maçonnerie-terrain, étanchéité...)
- Accès : étanchéité, manœuvrabilité, sécurité, état vis-à-vis des ruissellements, évolution de la hauteur sol-seuil.
- Ventilations : grilles, évolution de la hauteur sol-grille.
- Exutoire trop-plein-vidange : grille, crépine, clapet, tête d'aqueduc.



**Captage prêt à s'effondrer**



**Exutoire trop-plein non entretenu**



**Ouvrage non matérialisé ni protégé**

## Aspect intérieur ouvrage

- Génie civil (joints dalle/murs, condensation, ...).
- Etat et manœuvrabilité des organes hydrauliques : vanne(s), vidange et trop-plein y compris étanchéité, départ d'adduction(s), crépine(s).
- Arrivée(s) d'eau et « drain(s) » : racines, décalage ou mouvement du drain.
- Bacs : efficacité de la décantation, caractéristiques des dépôts.
- Risques de pollution : odeur, couleur, animaux, déjections, eau stagnante, boue, matières en décomposition, stockage de matières dangereuse et/ou polluantes.



**Galerie envasée**

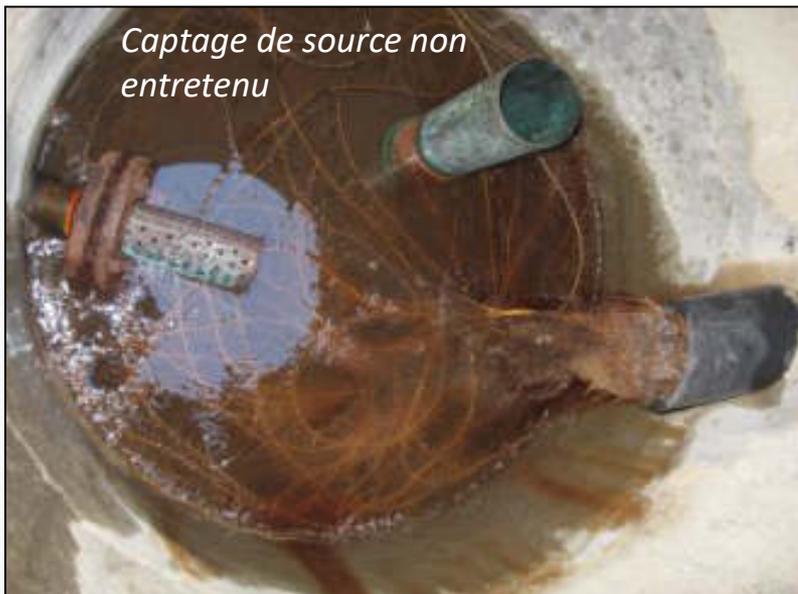


**Mur fissuré**



**Arrivées d'eau incontrôlées**

# ENTRETIEN DES OUVRAGES



# SUIVI QUANTITATIF

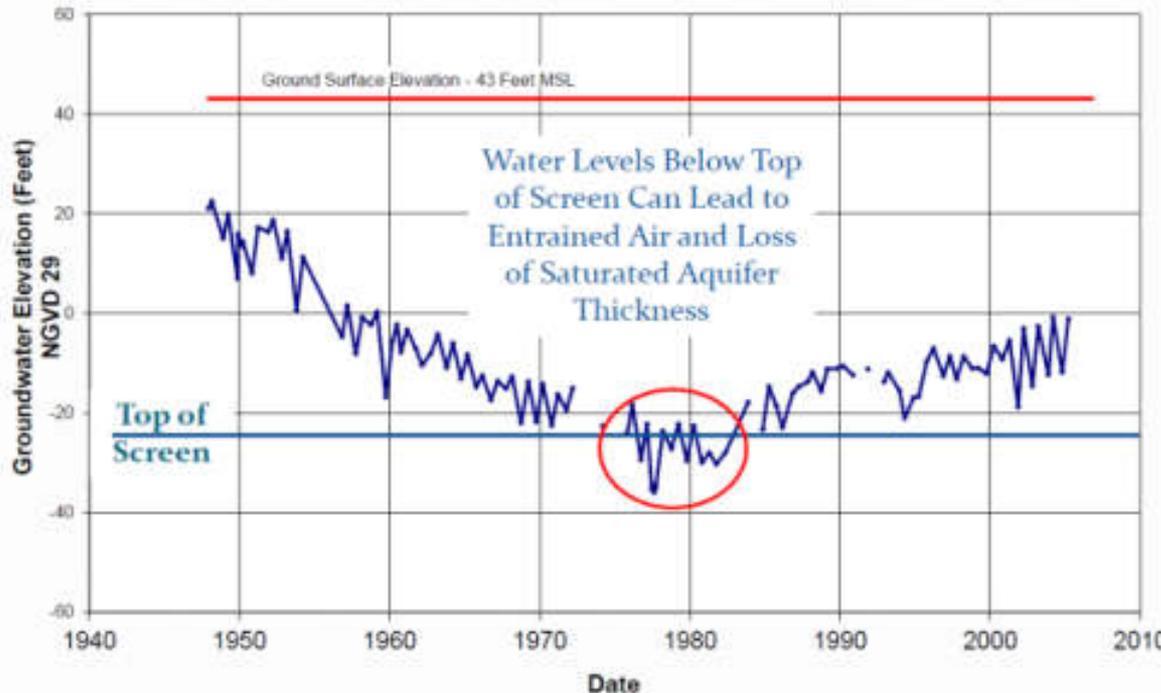
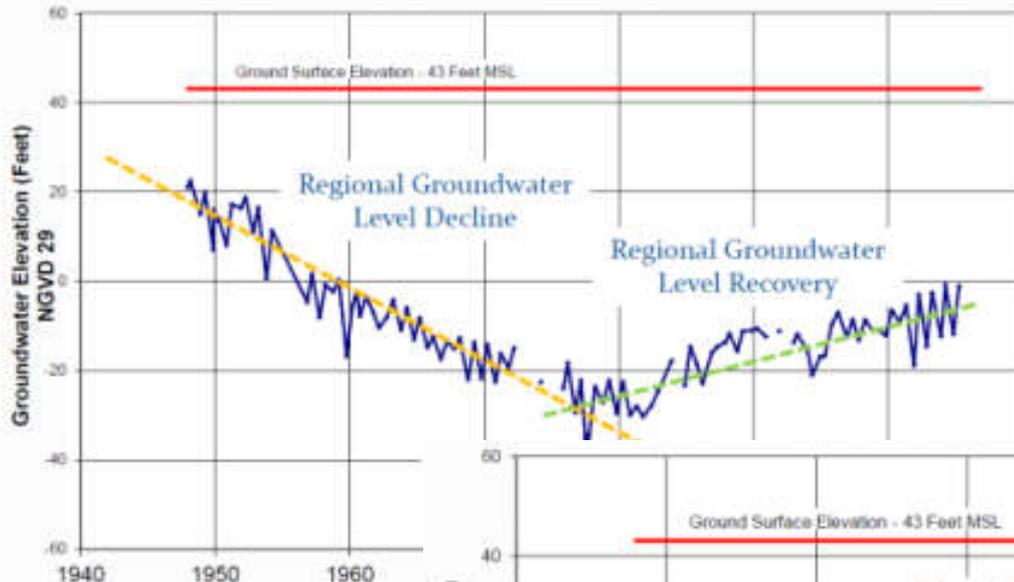
Suivi quantitatif d'un ouvrage consiste à enregistrer et analyser 4 paramètres :

- les niveaux d'eau de la nappe, tant statiques que dynamiques,
- les débits et les durées de pompage,
- les volumes extraits.



# SUIVI QUANTITATIF

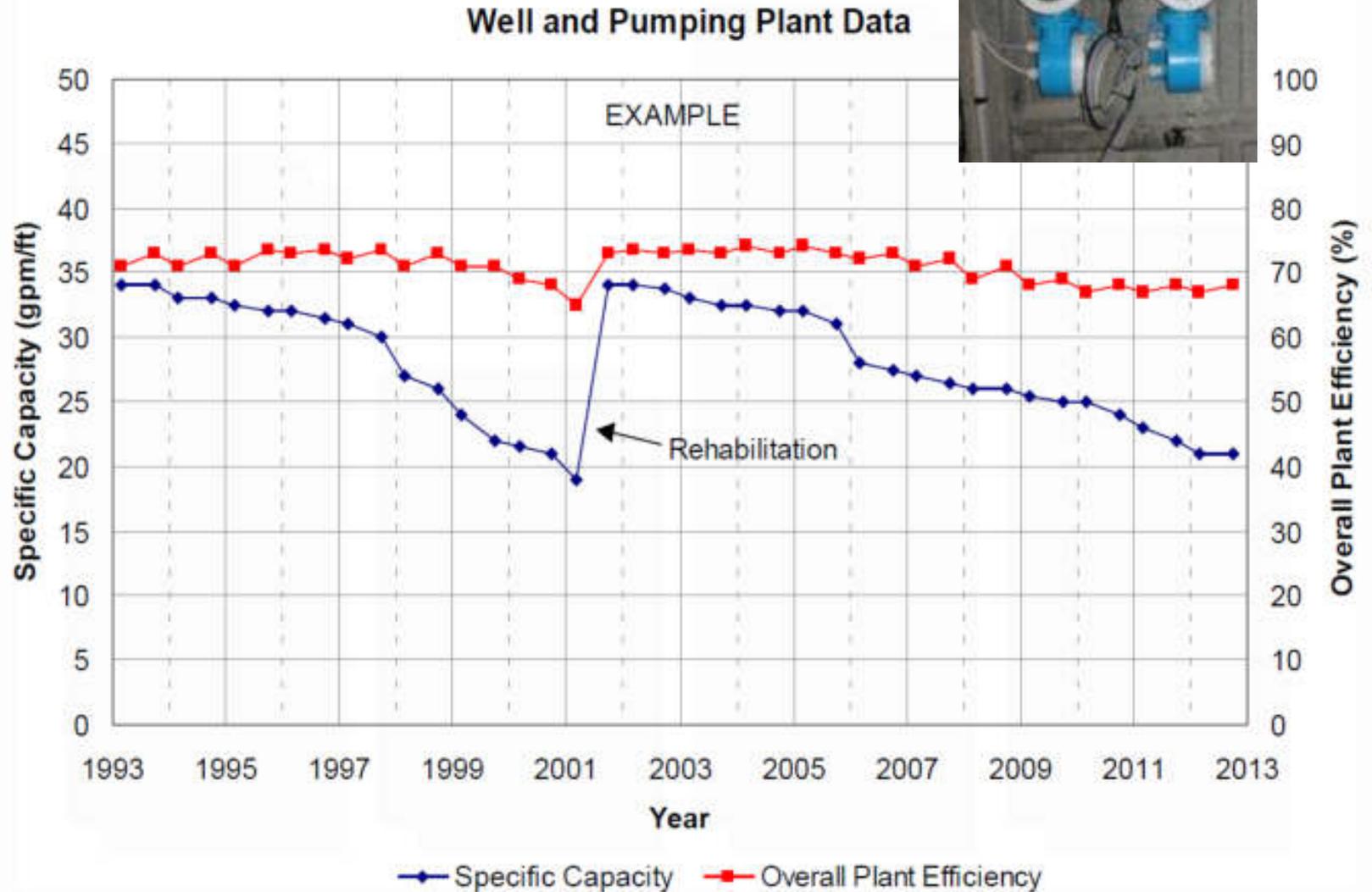
## Mesure des niveaux de nappe



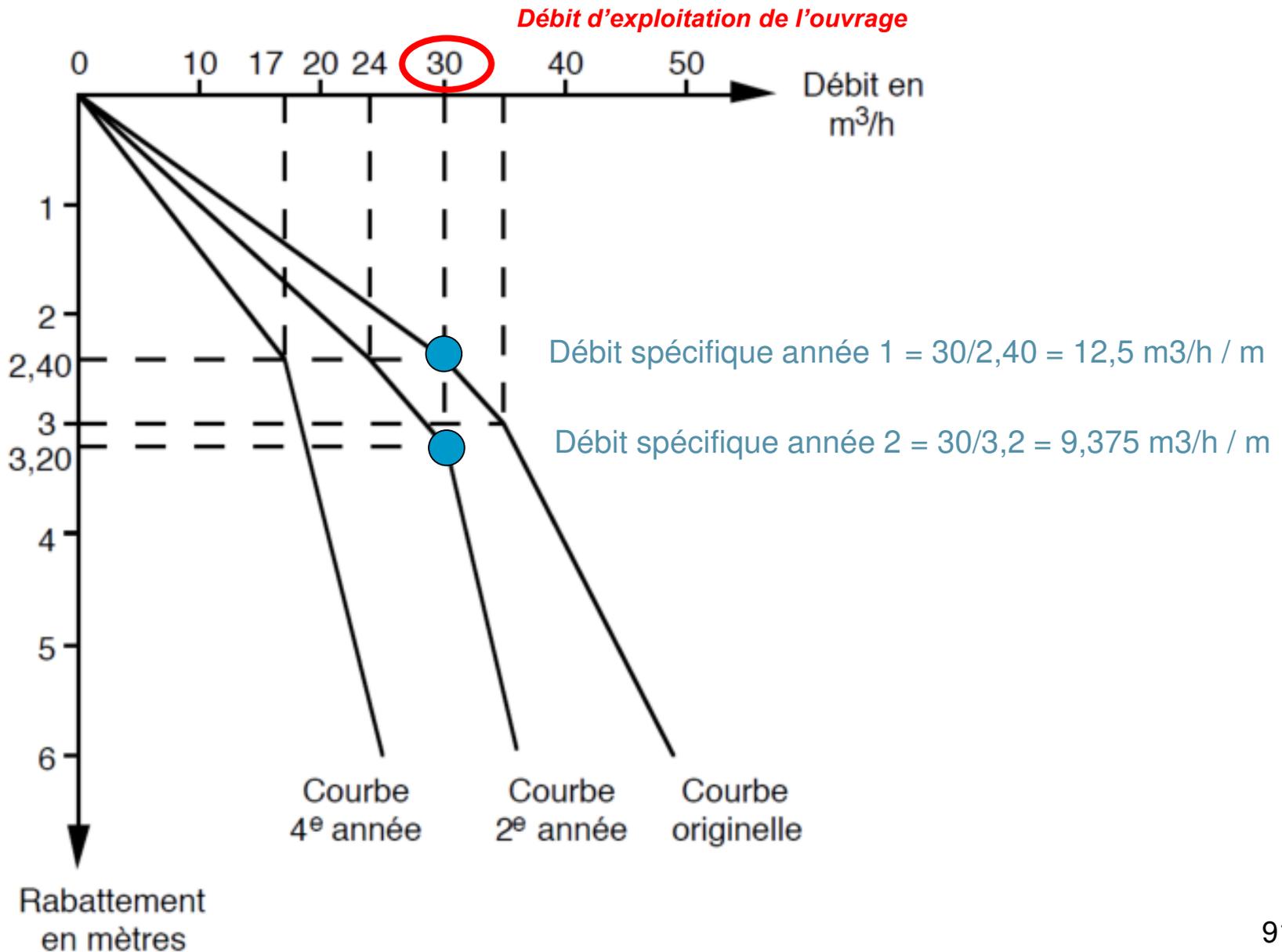
# SUIVI QUANTITATIF



## Evolution des débits spécifiques

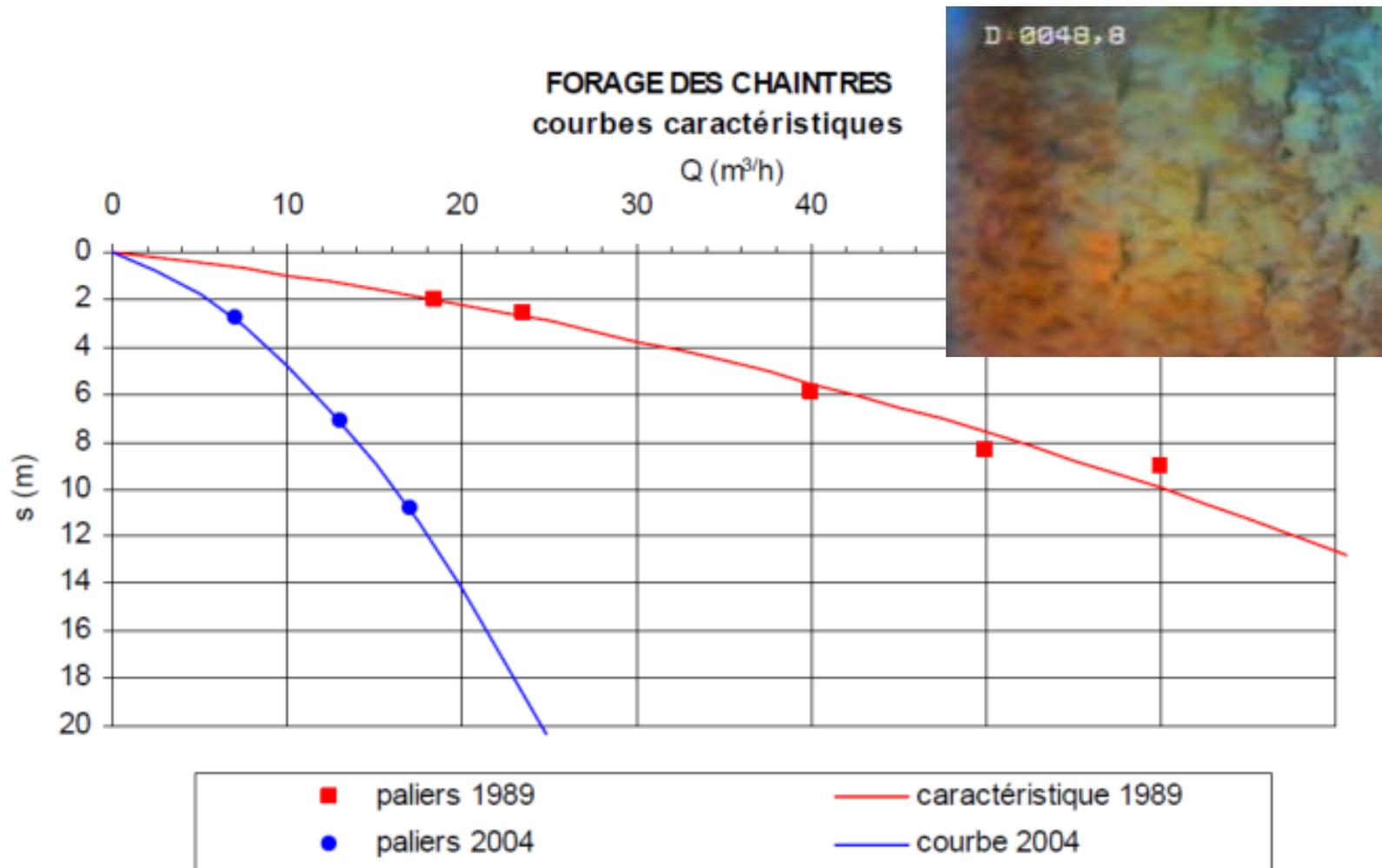


# SUIVI QUANTITATIF



# SUIVI QUANTITATIF

## Evolution de la courbe caractéristique



# SUIVI QUANTITATIF

## Evolution de l'énergie spécifique / Système de pompage

L'indicateur de la performance d'un dispositif de pompage (pompe seule ou groupe de pompes) est l'énergie spécifique.

Unité de mesure : Energie spécifique (Wh/m<sup>3</sup>)



# SUIVI QUALITATIF



# L'EAU SOUTERRAINE, FORCEMENT PURE ?



# CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES



Table 1. Primary (major), secondary, and trace constituents in natural ground water.

Major constituents (1.0 – 1,000 mg/l)	Secondary constituents (0.01 – 10 mg/l)	Trace constituents (0.0001 – 0.1 mg/l)	Trace constituents (less than 0.001 mg/l)
--	--	---	--

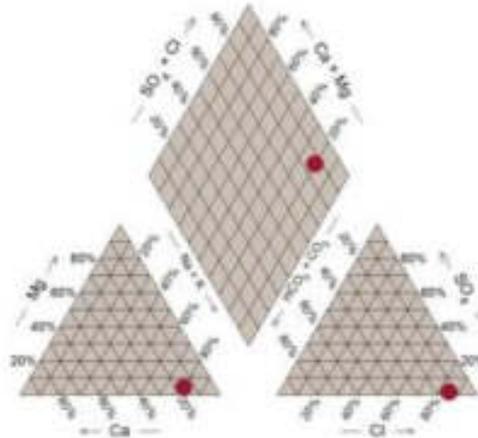


Diagramme de Piper

cations:

sodium	potassium
calcium	iron
magnesium	strontium

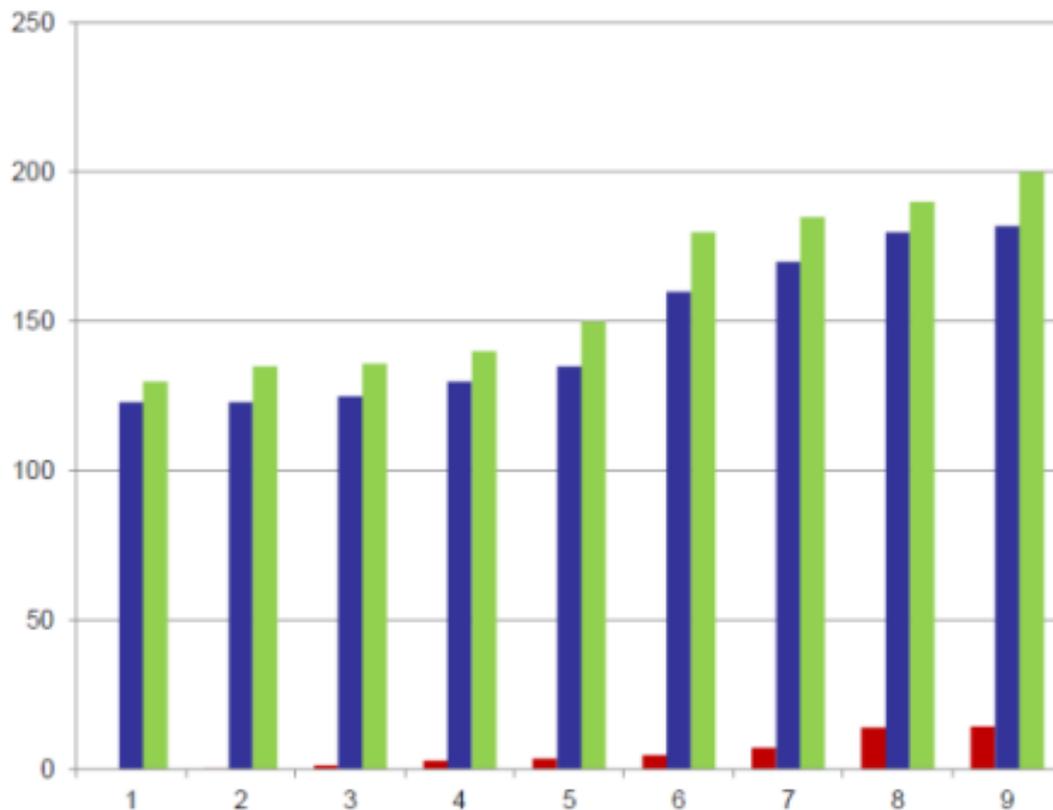
anions:

bicarbonate	carbonate
sulfate	nitrate
chloride	fluoride
silica	boron

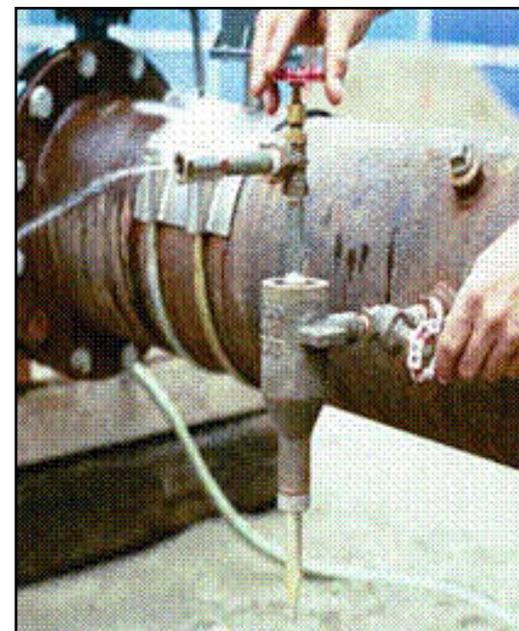
- |            |           |
|------------|-----------|
| antimony   | beryllium |
| aluminum   | bismuth   |
| arsenic    | cerium    |
| barium     | cesium    |
| bromide    | gallium   |
| cadmium    | gold      |
| chromium   | indium    |
| cobalt     | lanthanum |
| copper     | niobium   |
| germanium  | platinum  |
| iodide     | radium    |
| lead       | ruthenium |
| lithium    | scandium  |
| manganese  | silver    |
| molybdenum | thallium  |
| nickel     | thorium   |
| phosphate  | tin       |
| rubidium   | tungsten  |
| selenium   | ytterbium |
| titanium   | yttrium   |
| uranium    | zirconium |
| vanadium   |           |
| zinc       |           |



# SUIVI QUALITATIF



■ Iron  
■ Calcium  
■ Hardness



## Paramètres les plus suivis

- **La turbidité :**
  - Si mesure en continu : asservissement du pompage à la turbidité (si turbidité > 2 NTU, arrêt du pompage).
  - Si mesure manuelle au moyen d'un turbidimètre portatif : prélèvement au robinet placé sur la colonne de refoulement.
  - Fréquence de suivi : à réaliser juste avant ou après la prise du niveau dynamique.
- **Les matières en suspension (MES) :**
  - Prélèvement au robinet d'un litre d'eau brute à verser directement dans le cône (ou à défaut un récipient transparent).
  - Attente 5mn (temps de décantation)
  - Observation de l'eau après 5 mn :
    - ✓ Si l'eau est claire avec dépôt au fond du cône: MES sableuses (photo de gauche).
    - ✓ Si l'eau reste turbide sans dépôt : MES colloïdales, floc bactérien (photo du milieu).
    - ✓ Si l'eau reste turbide avec dépôt : MES sableuses et argileuses (photo de droite).
- **La température et la conductivité :**
  - Mesure en continu au moyen d'un dispositif en ligne (peu fréquent).
  - Mesure manuelle au moyen d'appareils portatifs : les deux paramètres sont mesurés par un même appareil (conductimètre, ou multimètre).
  - Fréquence de suivi : à réaliser juste avant ou après la prise du niveau dynamique.



Mesure automatique :  
turbidimètre en ligne



Mesure manuelle :  
turbidimètre portatif



Observation visuelle au cône Imhof

# QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES



Caractéristiques des eaux souterraines / eaux de surface

CARACTERISTIQUES	EAUX DE SURFACE	EAUX SOUTERRAINES (milieu homogène)
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité, Matières En Suspension	Variable , parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES colloïdales (argiles algues ...) et aux acides humiques	Liée surtout aux éléments en solution
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ...	Sensiblement constante En général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents

# QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES



Caractéristiques des eaux souterraines / eaux de surface

CARACTERISTIQUES	EAUX DE SURFACE	EAUX SOUTERRAINES (milieu homogène)
Gaz carbonique agressif	Généralement absent	Souvent présent en grandes quantités
Oxygène dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
Sulfure d'hydrogène	Généralement absent	Souvent présent
Ammoniaque	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée

# QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES



Caractéristiques des eaux souterraines / eaux de surface

CARACTERISTIQUES	EAUX DE SURFACE	EAUX SOUTERRAINES (milieu homogène)
Micropolluants minéraux et organiques	Présents = micropollutions = dégradation de la qualité de la ressource	Généralement absents, mais en cas de pollution accidentelle subsistent beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton, poissons, ...	Ferrobactéries fréquentes
Caractère eutrophe	Possible. Accentué par les températures élevées	Non

# EXEMPLE DE PLAN D'ENTRETIEN ET DE SUIVI D'UN CAPTAGE DE SOURCE D'UNE PETITE COLLECTIVITE



- ▣ Mesures à réaliser pour les sources (préconisations CG15) :



COLLECTIVITE :	<p>EXEMPLE D'UNE PETITE COLLECTIVITE</p> <p>(ici : exemple donné pour 1 UDI rurale « moyenne » de 100 à 200 abonnés, composée de 2 points de prélèvement, 2 réservoirs...)</p>
----------------	--

## PRINCIPALES OPERATIONS D'ENTRETIEN A EFFECTUER SUR LE RESEAU D'EAU POTABLE

NATURE DE L'INTERVENTION	FREQUENCE	DUREE
--------------------------	-----------	-------

Ressource

→ contrôle des consignes de sécurité sur les périmètres de protection rapprochée (servitudes)	1 fois / an	} 2 jours / an
→ renforcement des clôtures des périmètres de protection immédiate	1 fois / an	
→ entretien voie d'accès aux captages	1 fois / an	
→ maintien en herbe rase des périmètres de protection immédiate	2 fois / an	
→ entretien des dispositifs de dérivation des eaux d'écoulements superficiels élimination des eaux stagnantes sur le périmètre immédiat	2 fois / an	

# EXEMPLE DE PLAN D'ENTRETIEN ET DE SUIVI D'UN CAPTAGE DE SOURCE D'UNE PETITE COLLECTIVITE



- ▣ Mesures à réaliser pour les sources (préconisations CG15) :



⇒ jaugeage du débit des sources, relevé de la température de l'air et de l'eau	2 fois / an	} 4 jours / an
⇒ Vidange, nettoyage et désinfection des regards et chambres de captage	2 fois / an	
⇒ contrôle de l'étanchéité des ouvrages, du génie civil...	1 fois / an	
⇒ vérification du bon fonctionnement du trop-plein / de la vidange + clapet ou grille pour éviter intrusion d'animaux	1 fois / an	
⇒ vérification du bon état des grilles d'aération, des fermetures de sécurité (clés, cadenas ...)	1 fois / an	

Production / Stockage		
⇒ visite contrôle des réservoirs	1 fois / semaine	} 26 jours / an
⇒ relevé des volumes produits (compteurs de production : au captage ou à la station de pompage de tête) Et des volumes distribués (compteurs de distribution : sur le départ des réservoirs, en réseau...)	Tous les 3 mois	
⇒ vérification de l'étanchéité des ouvrages	1 fois / an	} 4 jours / an
⇒ vérification des principaux organes des équipements (pompes, accessoires hydrauliques...)	1 fois / an	
⇒ entretien des abords de ces ouvrages, clôture des ouvrages et fermeture à clé	1 fois / an	
⇒ entretien des locaux (règles de sécurité : aération, stockage de produits de traitement, équipements électriques...)	1 fois / an	
⇒ vidange, nettoyage et désinfection des réservoirs et autres ouvrages intermédiaires (brises-charges...)	1 fois / an	

# EXEMPLE DE PLAN D'ENTRETIEN ET DE SUIVI D'UN CAPTAGE DE SOURCE D'UNE PETITE COLLECTIVITE



- Mesures à réaliser pour les sources (préconisations CG15) :



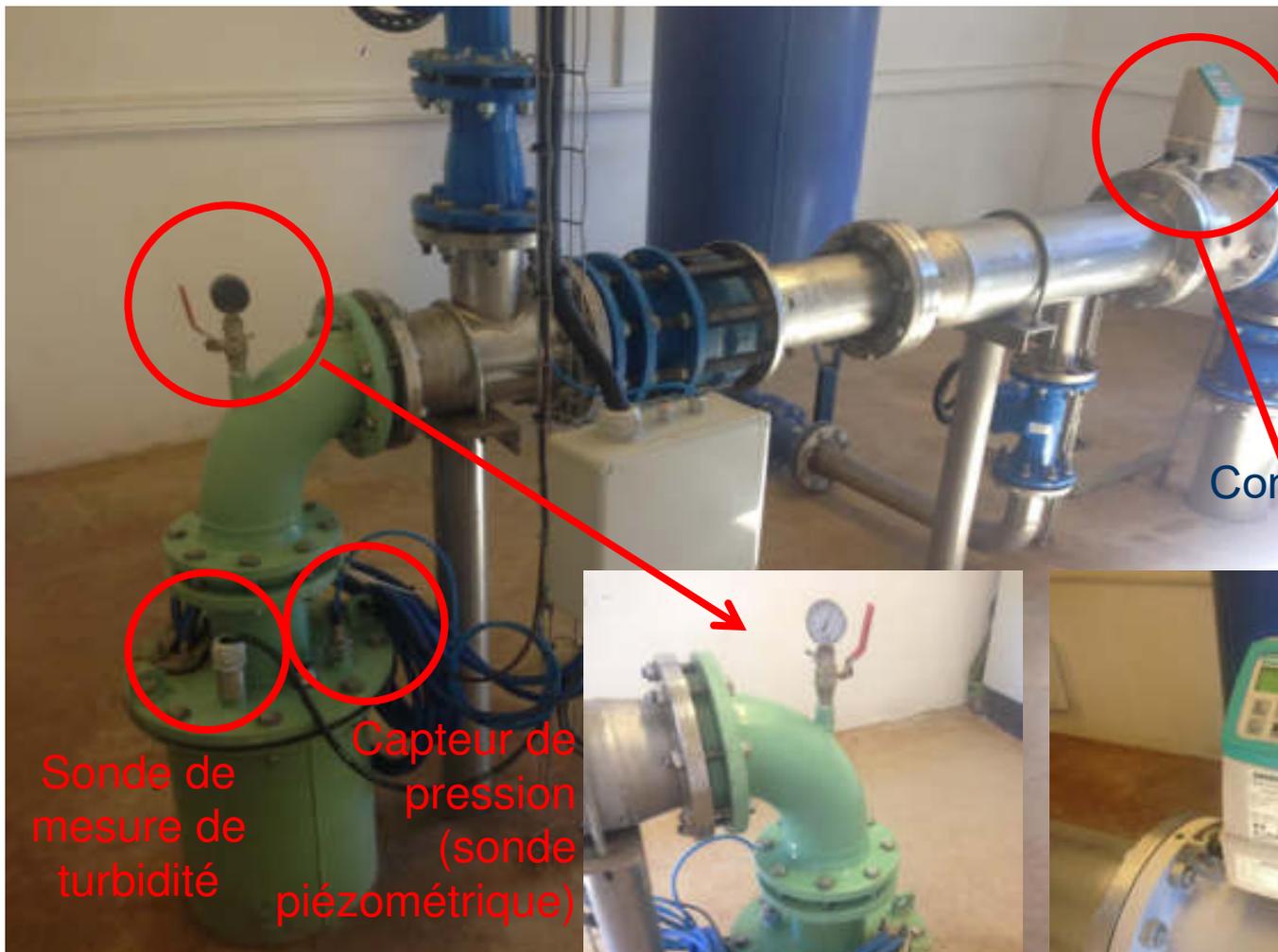
Traitement		
⇒ filière chlore : vérification des pompes doseuses, gestion des stocks de réactifs	1 fois / mois	1 jour / an
⇒ réaliser des mesures de chlore (libre et total) en différents points du réseau	Tous les 15 jours	12 jours / an
⇒ filière UV : vérification intensité des lampes, relevé des durées de fonctionnement, remplacement éventuel	1 fois / an	1 jour / an
⇒ filière reminéralisation / neutralisation : vérification	2 fois / an	1 jour / an

Distribution		
⇒ pratiquer une désinfection sur tout le linéaire du réseau	1 fois / an	1 jour / an
⇒ contrôle du bon fonctionnement des vannes, purges, ventouses.... Repérer et dégager ces équipements	2 fois / an	2 jours / an
⇒ réalisation de purges sur les points bas du réseau, les extrémités d'antennes et les antennes mortes	1 fois / mois	6 jours / an
⇒ relève compteurs de consommation (abonnés, bâtiments publics, fontaines...)	1 fois / an	10 jours / an

Au total : 70 jours / an !

# DISPOSITIFS ET CAHIER DE SUIVI



Sonde de mesure de turbidité

Capteur de pression (sonde piézométrique)

Manomètre



Compteur d'eau (débitmètre)

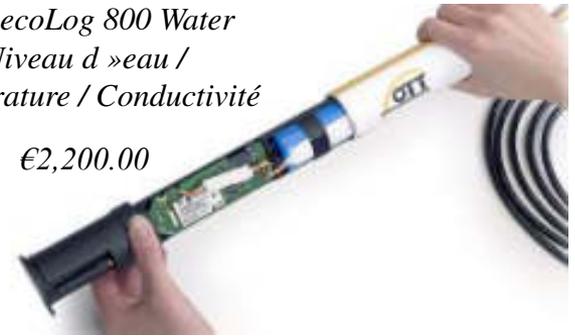


# DISPOSITIFS ET CAHIER DE SUIVI



*OTT ecoLog 800 Water  
Niveau d'eau /  
Température / Conductivité*

€2,200.00



# DISPOSITIFS ET CAHIER DE SUIVI



Site : Forage F1

Mois de : février 2008

date	Nappe		Forage						Pompage		
	Mai jour	Mai jour	Niveau Statique	Niveau dynamique	Rabats met.	Débit moyen	Débit instantané	Débit spécifique sur Qm	Débit spécifique sur Ql	Durée phase pompage	Volumé journalier
vendredi 01	-7,60	-5,72	-5,73	-7,38	1,65	141,61	144,00	76,53	77,88	10:13:36	2338
samedi 02	-7,85	-5,72	-5,35	-7,62	1,87	141,86	132,00	75,94	70,66	17:54:25	2379
dimanche 03	-7,59	-5,60	-5,60	-7,33	1,73	134,68	132,00	77,94	76,39	16:07:01	2445
lundi 04	-7,43	-5,56	-5,60	-7,40	1,60	136,69	132,00	77,09	73,27	17:31:02	2425
mardi 05	-7,59	-5,54	-5,57	-7,38	1,81	140,29	132,00	77,68	73,09	17:05:47	2411
mercredi 06	-7,68	-5,50	-5,50	-7,36	1,87	142,67	144,00	76,42	77,13	16:43:39	2373
jeudi 07	-7,61	-5,46	-5,49	-7,38	1,89	143,46	144,00	75,84	76,11	16:05:02	2467
vendredi 08	-7,54	-5,47	-5,51	-7,42	1,91	143,22	144,00	74,94	75,35	17:23:03	2200
samedi 09	-7,51	-5,35	-5,36	-6,94	1,58	133,58	120,00	84,81	76,19	15:23:10	2427
dimanche 10	-7,43	-5,35	-5,36	-7,22	1,86	141,47	144,00	76,20	77,59	16:53:33	2052
lundi 11	-7,41	-5,28	-5,35	-7,19	1,87	142,26	144,00	76,21	77,15	14:50:22	2170
mardi 12	-7,37	-5,27	-5,31	-7,18	1,87	141,67	144,00	75,64	76,88	15:37:27	2364
mercredi 13		-5,38	-5,38	-7,23	1,85	141,81	144,00	76,55	77,84	16:20:28	2375
jeudi 14	-7,48	-5,39	-5,39	-7,20	1,81	139,53	144,00	77,01	79,47	17:32:30	2364
vendredi 15	-7,41	-5,41	-5,41	-7,26	1,86	140,96	144,00	75,52	77,53	16:25:59	2336
samedi 16	-7,45	-5,42	-5,43	-7,30	1,88	139,33	144,00	74,31	76,80	16:05:59	2120
dimanche 17	-7,44	-5,37	-5,39	-7,24	1,85	139,50	144,00	75,30	77,11	15:07:13	1901
lundi 18	-7,37	-5,35	-5,35	-7,18	1,82	138,56	144,00	76,09	78,00	15:38:08	2429
mardi 19	-7,41	-5,42	-5,42	-7,22	1,80	137,76	132,00	76,36	73,17	16:55:51	2388
mercredi 20	-7,52	-5,48	-5,50	-7,44	1,95	143,24	144,00	73,64	74,04	17:04:54	2421
jeudi 21	-7,62	-5,49	-5,55	-7,48	1,93	142,69	144,00	73,89	74,57	15:53:14	2251
vendredi 22	-7,64		-5,62	-7,53	1,91	141,75	144,00	74,41	75,59	17:56:23	2324
samedi 23	-7,33	-5,61	-5,65	-7,52	1,88	141,58	132,00	75,43	76,32	16:51:02	2341
dimanche 24	-7,67	-5,54	-5,56	-7,43	1,93	141,23					
lundi 25	-7,60	-5,60	-5,61	-7,48	1,87	138,86					
mardi 26	-7,66	-5,56	-5,61	-7,45	1,84	139,71					
mercredi 27	-7,64	-5,65	-5,67	-7,54	1,87	139,25					
jeudi 28	-7,77	-5,73	-5,76	-7,64	1,86	138,91					
vendredi 29	-7,74	-5,70	-5,70	-7,57	1,86	139,05					
Mai	-7,85	-5,73	-5,76	-7,64	1,58						
Mai	-7,51	-5,50	-5,52	-7,31	1,85						
Mai	-7,37	-5,27	-5,31	-6,34	1,95						

Cahier de suivi  
Forage F117

Forage F117



Suivi Forage F1 : Chronique Débit Spécifique Moyen, Niveaux Statique & Niveau Dynamique

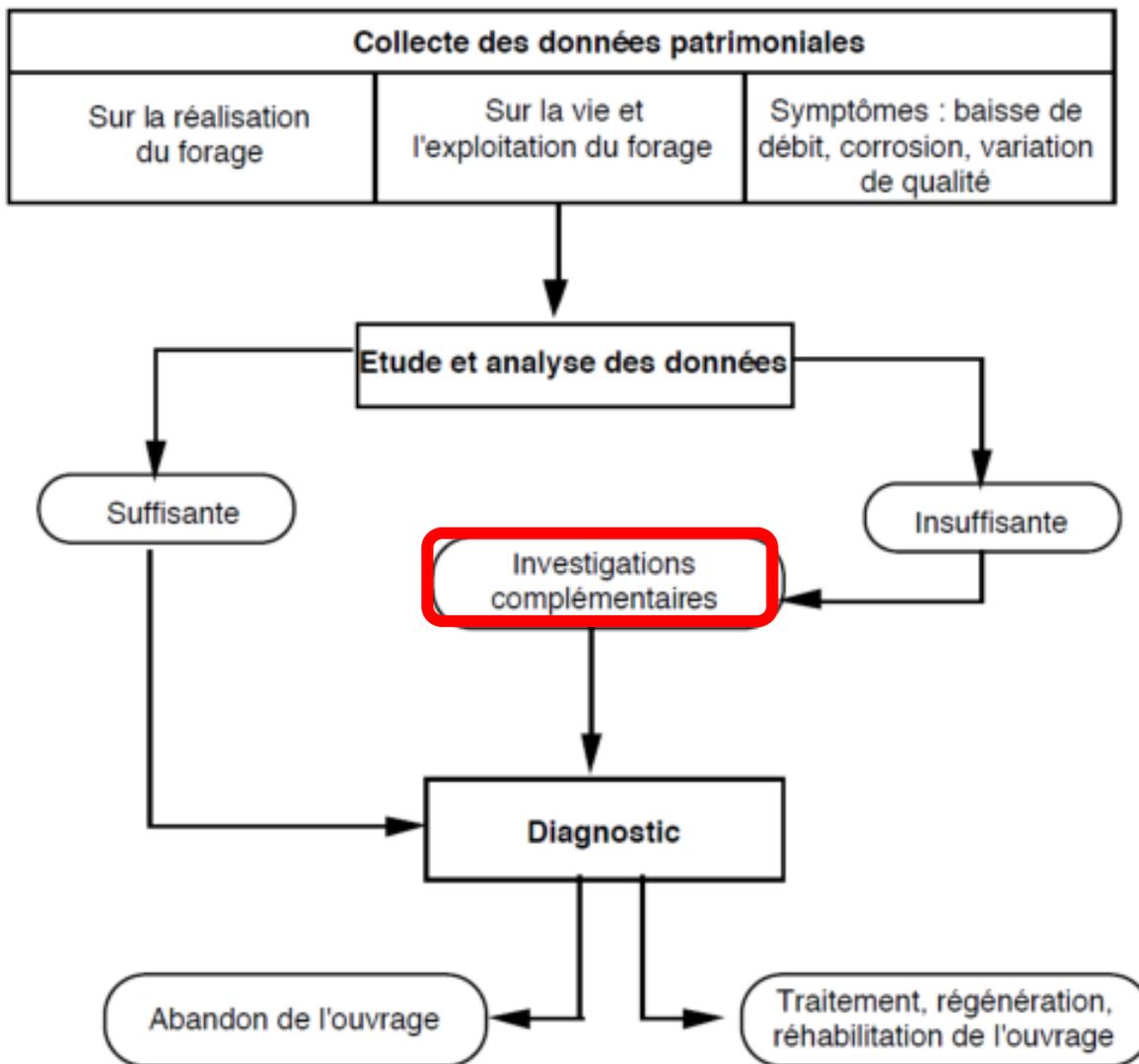


Paramètres / Bilan mensuel / Synthèse mensuelle

# DIAGNOSTIC, REGENERATION ET REPARATION DES CAPTAGES



# DIAGNOSTIC



# DIAGNOSTIC

## Passage caméra



# DIAGNOSTIC

## Passage caméra



Crépines PVC



Crépines à fils enroulés



Tubage PVC



Crépines à nervures repoussées



Dépôts organo-ferriques



Trou nu

# DIAGNOSTIC



## Diagraphies



Sonde Gamma Ray



Sonde CBL/VDL



Diamètre à 4 bras

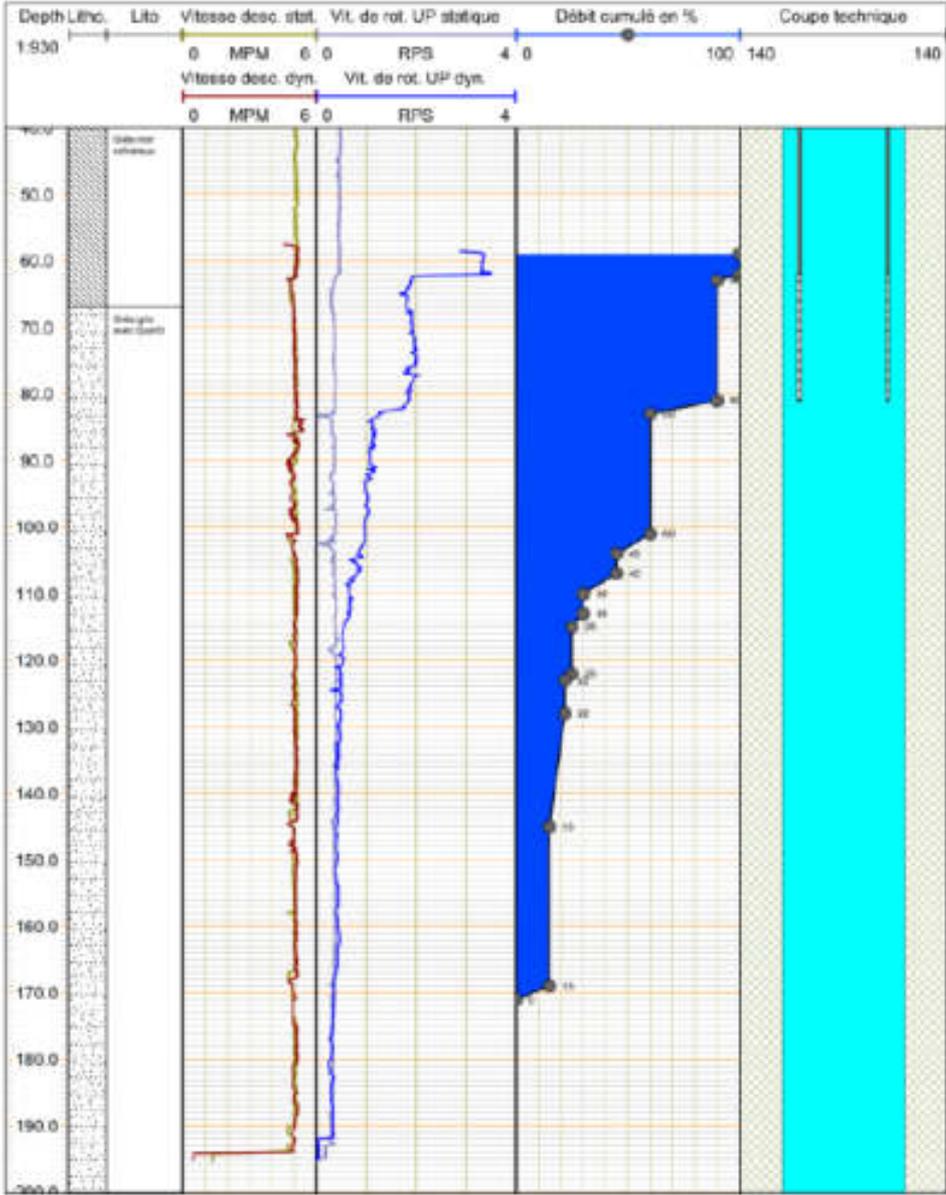


Sonde  
Température/Conductivité

# DIAGNOSTIC



Diagraphies :  
exemple de log  
de micro-moulinet



# DESCRIPTIF DES ETAPES DE LA REGENERATION



## □ Programme de régénération classique = 9 phases

1. Essai de pompage initial
2. Retrait / dépose de la pompe
3. Inspection vidéo / diagraphies
4. Nettoyage mécanique
5. Nettoyage chimique
6. Re-développement
7. Inspection vidéo
8. Réinstallation de la pompe
9. Essai de pompage final



# DESCRIPTIF DES ETAPES DE LA REGENERATION



2 - Retrait / dépose de la pompe



1 - Essai de pompage initial



3 - Inspection vidéo

# DESCRIPTIF DES ETAPES DE LA REGENERATION



Nettoyage mécanique



# DESCRIPTIF DES ETAPES DE LA REGENERATION

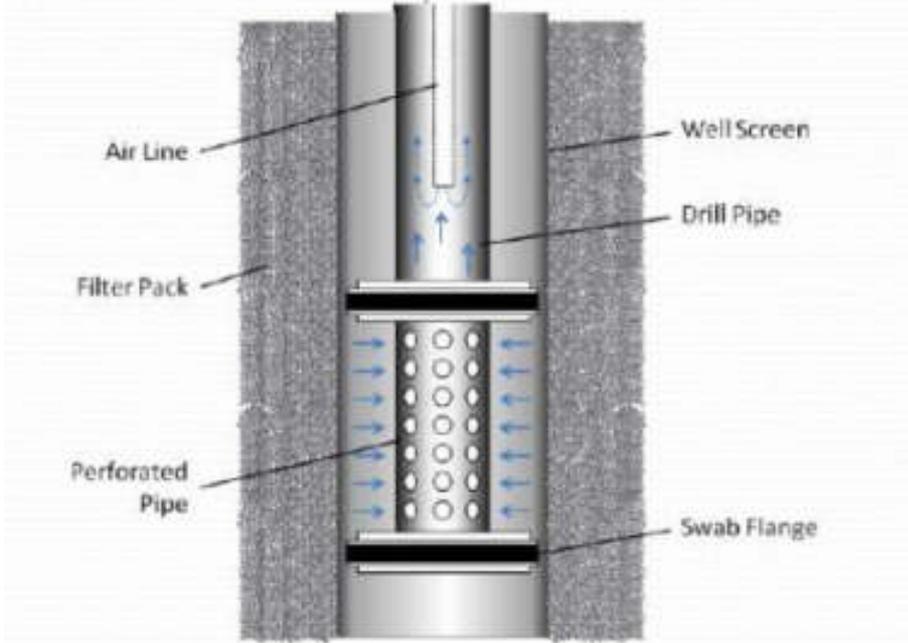
## Nettoyage chimique



Effectiveness of common well cleaning acids

Acid	Carbonate Scale Deposit	Sulphate Scale Deposit	Iron/Mn Scale Deposit	Biofilm Deposit
Sulfamic Acid	Very Good	Good	Fair	Poor
Hydrochloric Acid	Very Good	Good-Poor	Very Good	Poor
Phosphoric Acid	Very Good	Good-Poor	Good	Poor
Hydroxyacetic Acid	Poor-Fair	Very Poor	Good	Moderately Good
Citric Acid	Poor	Very Poor	Chelates	Poor
Oxalic Acid	Very Good	Good	Good	Moderately Good

# DESCRIPTIF DES ETAPES DE LA REGENERATION



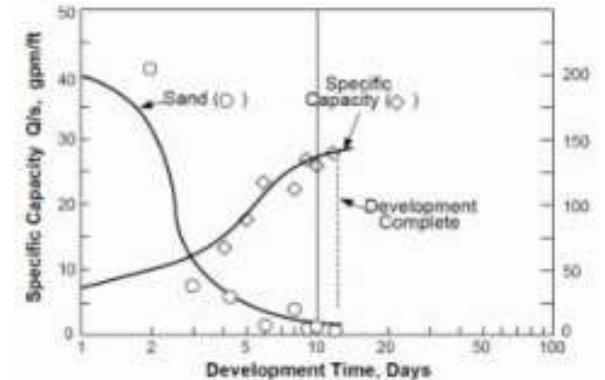
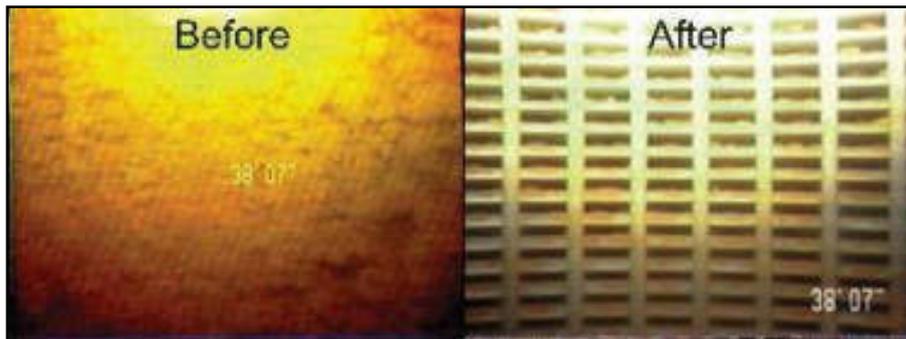
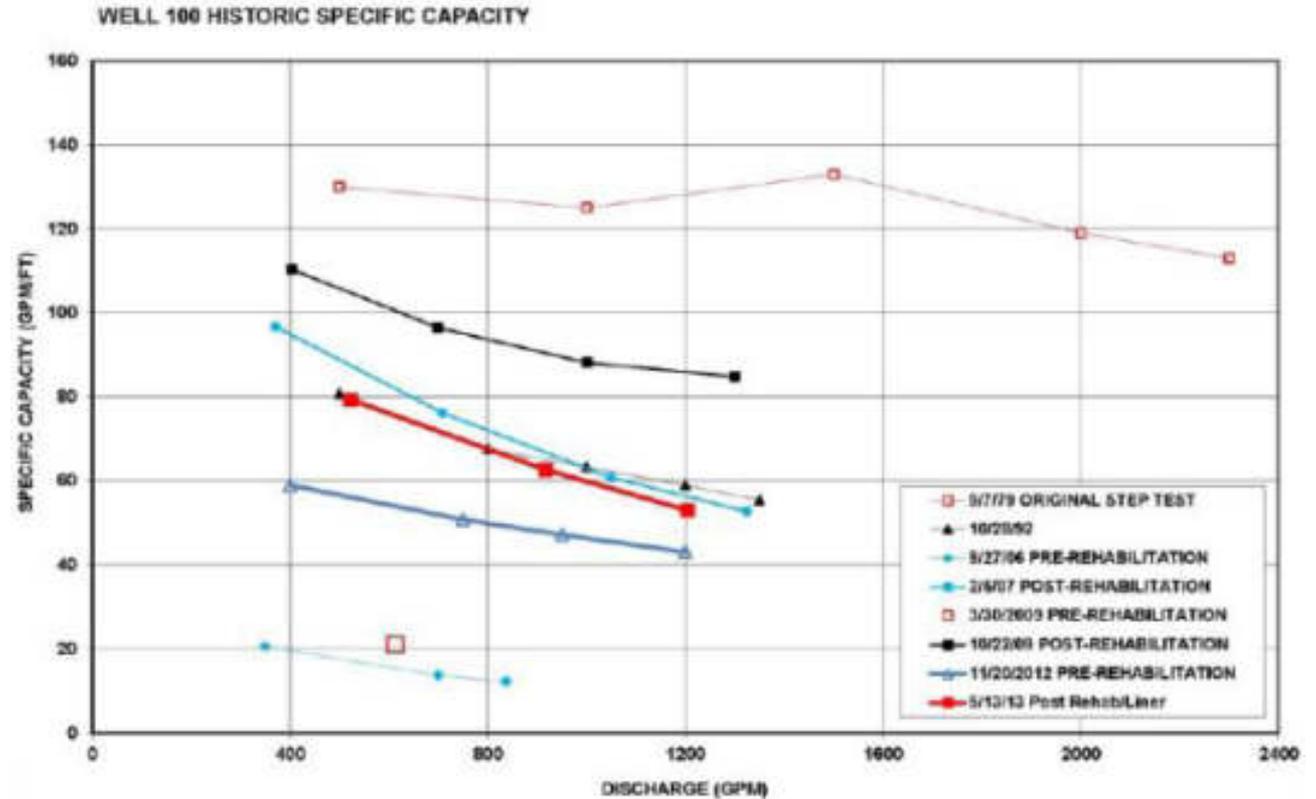
Re-développement  
et nettoyage de l'ouvrage



# DESCRIPTIF DES ETAPES DE LA REGENERATION



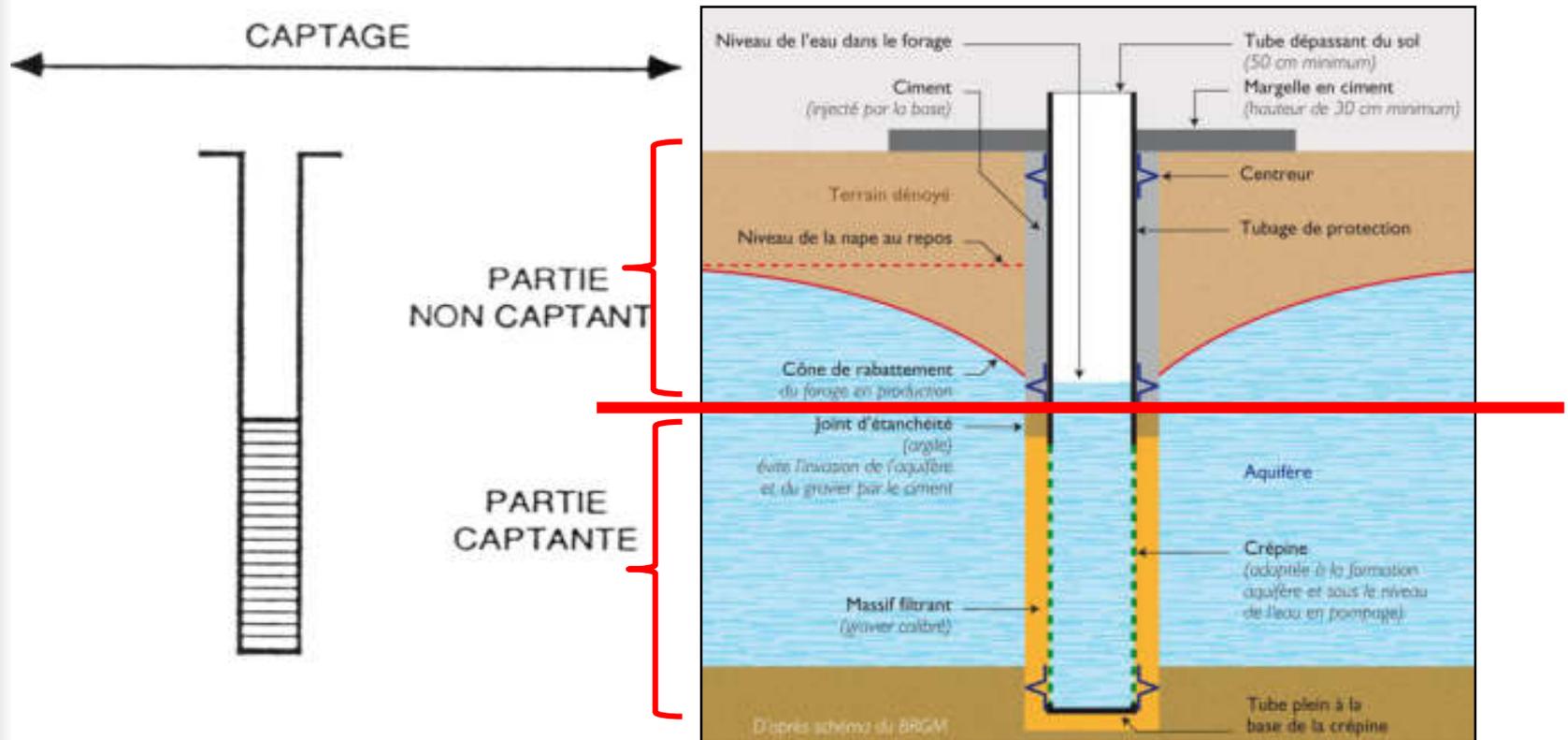
Passage  
caméra  
et essai de  
pompage  
final



# TECHNIQUES ET INTERETS DE LA REPARATION



Partie captante / non captante



## Rechemisage



Rechemisage PVC avec  
crépines à fils enroulés

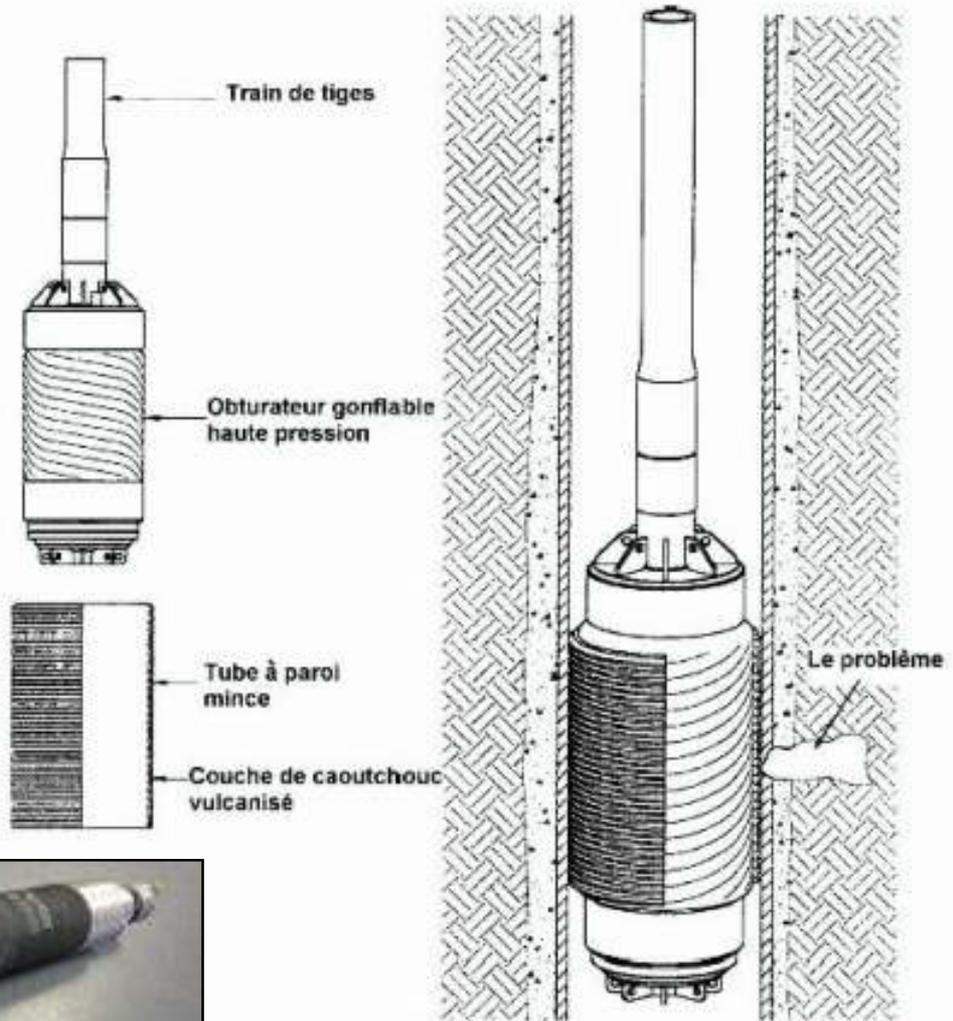


Renouvellement d'une colonne  
et de sa pompe en inox



Rechemisage en inox 1000 mm

## Systemes de patches



*Droit de reproduction Age Developments Pty Ltd*

Réhabilitation  
tête de puits



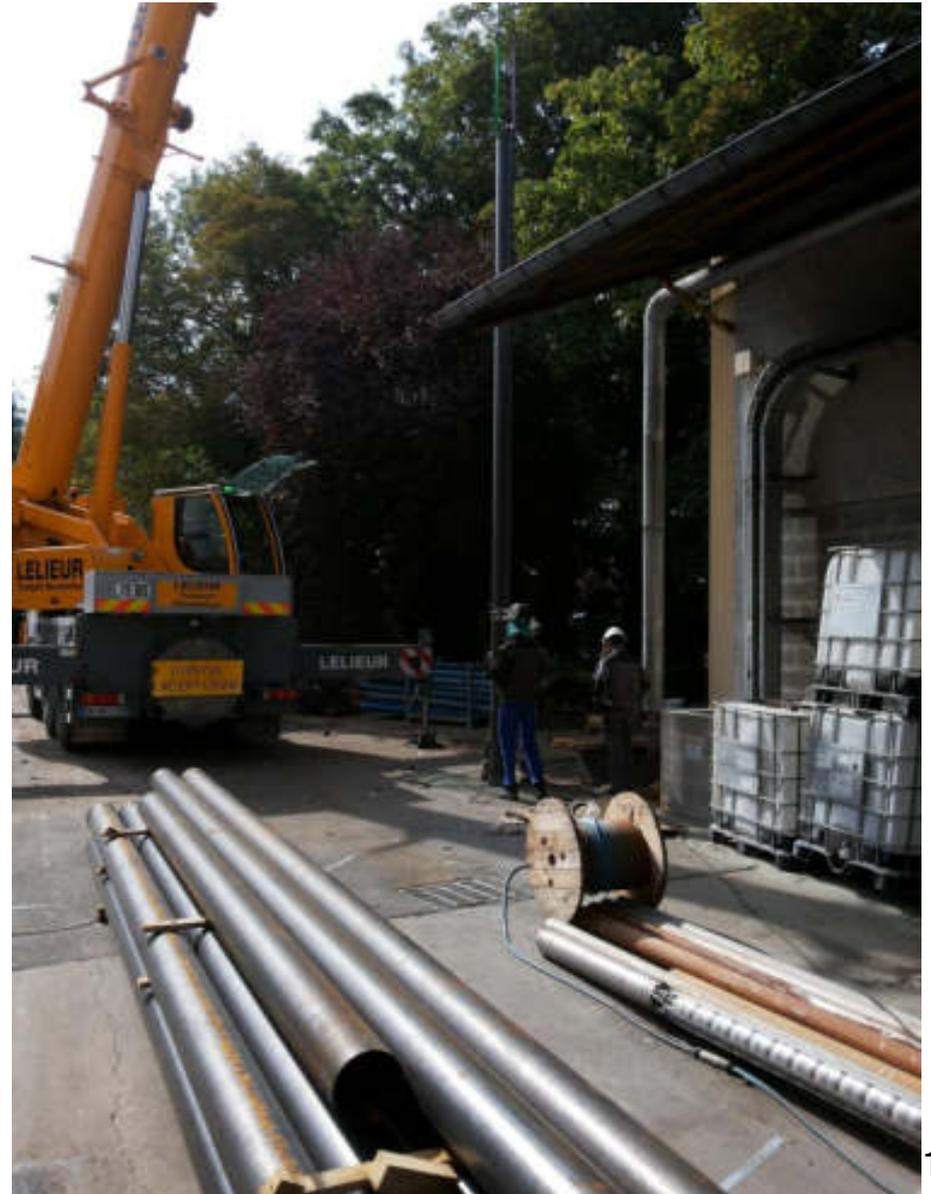
Avant  
réhabilitation

# TECHNIQUES ET INTERETS DE LA REPARATION



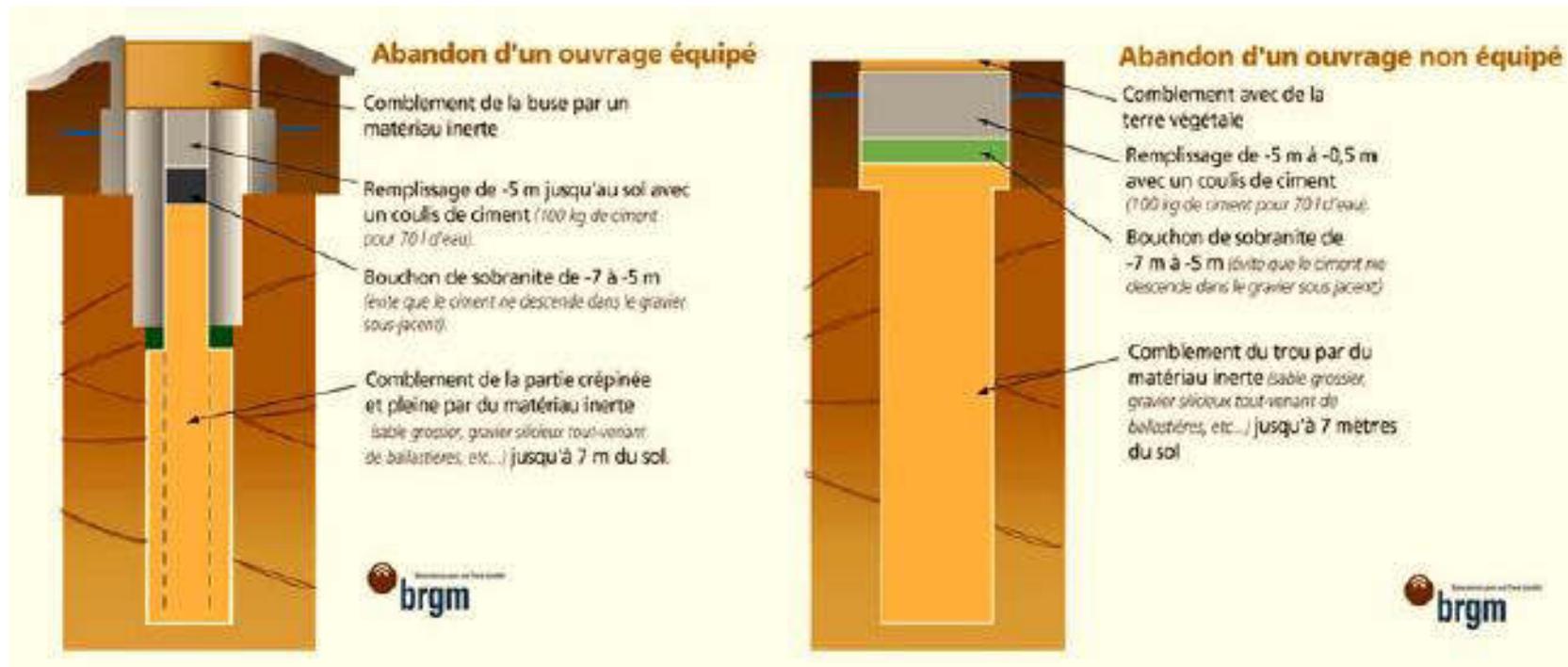
Rechemisage  
tubage

(site  
Forapulse)



# ABANDON D'UN OUVRAGE

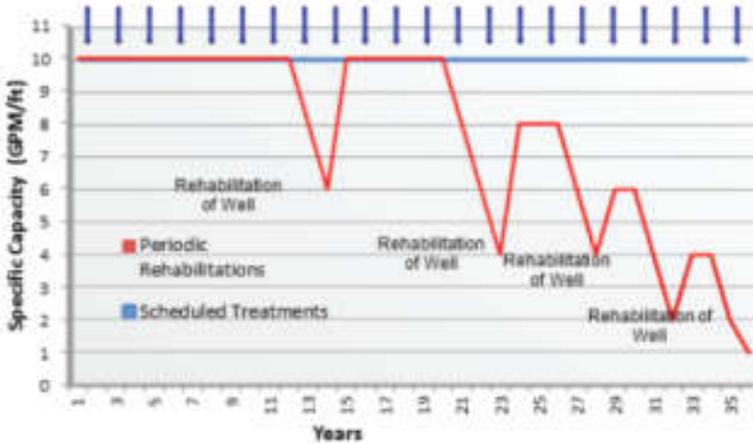
- Un captage dont l'abandon est envisagé doit être rebouché d'une manière étanche pour éviter qu'il devienne un accès facile à la nappe pour des eaux souillées.
- Ceci exclut bien évidemment son remplissage par des matériaux de toutes sortes.



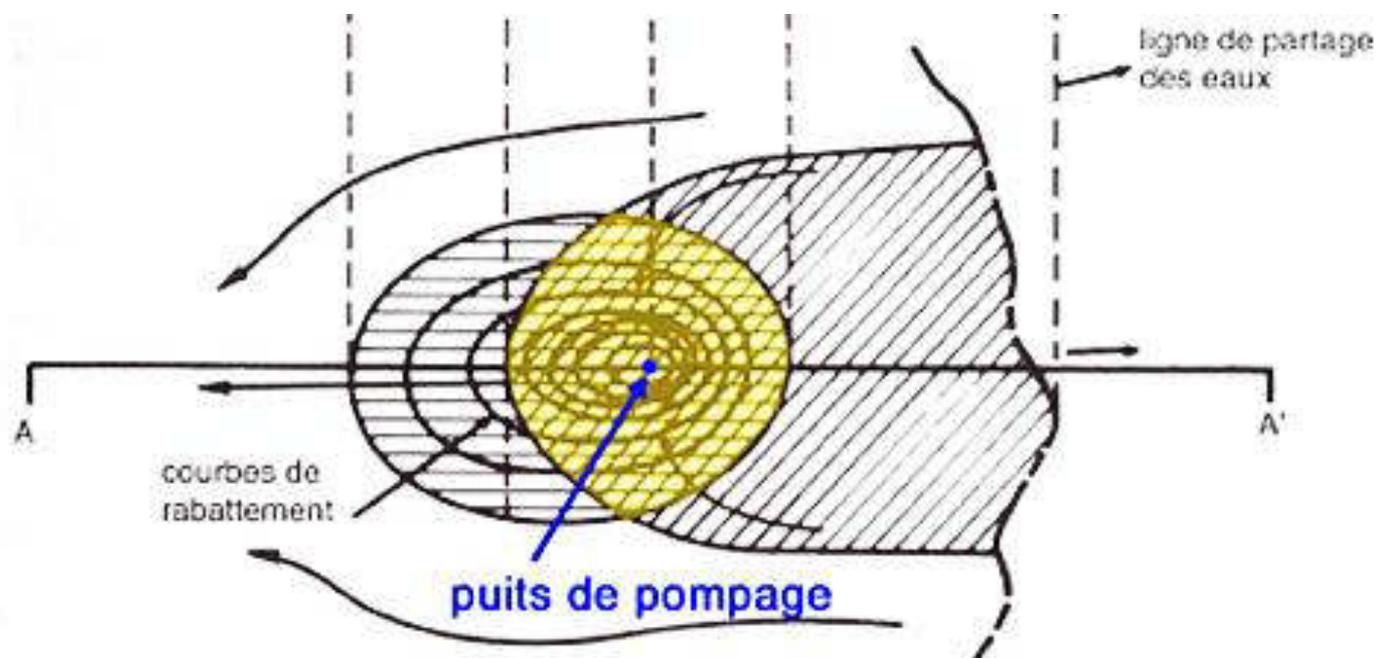
# MAINTENANCE PROACTIVE !



OPERATE TO FAILURE COMPARED TO PROACTIVE MAINTENANCE OF WELLS



# PROTECTION DE LA RESSOURCE



# PROTEGER, POURQUOI ?

---

**Les 3 principaux enjeux pour la production d'eau potable :**

- Santé
- Environnement / Ressource utilisée
- Coût !



## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

L'alimentation en eau potable, enjeu de **santé publique** pour les générations actuelles et futures

Avec des problématiques de **pesticides...**

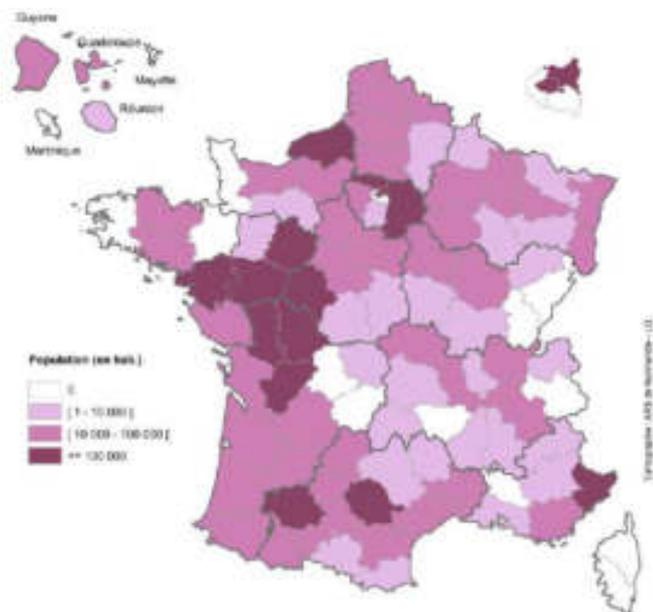
- Pesticides = ensemble des substances chimiques, naturelles ou de synthèse, destinées à repousser ou détruire les nuisibles (microbes, animaux ou végétaux), dont :
  - **Produits phytosanitaires** destinés à la protection des végétaux. Il en existe trois types : les herbicides, les fongicides et les insecticides.
  - **Biocides**, destinés à la protection des éléments de construction (charpente) ou des animaux domestiques.
  - **Régulateurs de croissance des plantes, défoliants, dessiccants...**
- Principalement utilisés dans le milieu agricole.
- Pollution des eaux par ces produits est liée à leur entraînement par **ruissellement ou érosion** (contamination des eaux de surface) ou par **infiltration** (contamination des eaux souterraines).
- Transfert dans rivières et nappes influencé par solubilité pesticides dans l'eau, stabilité chimique, nature du sol, pluviométrie...

# PREAMBULE

## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

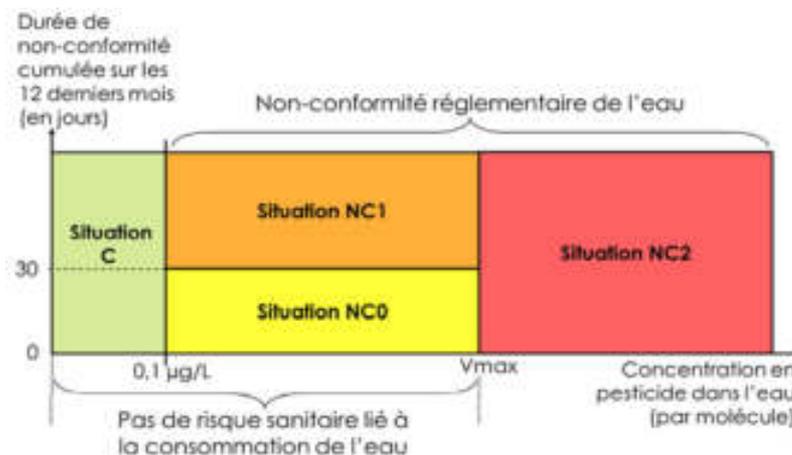
L'alimentation en eau potable, enjeu de **santé publique** pour les générations actuelles et futures

Avec des problématiques de **pesticides...**



Source : Ministère chargé de la santé - ARS - SISE-Eaux

*Situations de non-conformité vis-à-vis des pesticides en 2017, n'ayant pas conduit à une restriction des usages alimentaires de l'eau (situations NC0 et NC1)*



- 4,87 millions d'habitants, repartis dans 1 085 UDI, ont été alimentés par de l'eau du robinet au moins une fois non-conforme.
- Environ 2 000 personnes, réparties dans 12 UDI, ont été concernées par des restrictions des usages de l'eau pour la boisson et la préparation d'aliments.

## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

Les effets sur la santé des pesticides sont surtout connus dans le cas d'intoxications professionnelles suite à l'exposition accidentelle à un produit concentré. À de très fortes doses, l'intoxication dite "aiguë" se manifeste par des troubles nerveux, digestifs, respiratoires, cardio-vasculaires ou musculaires

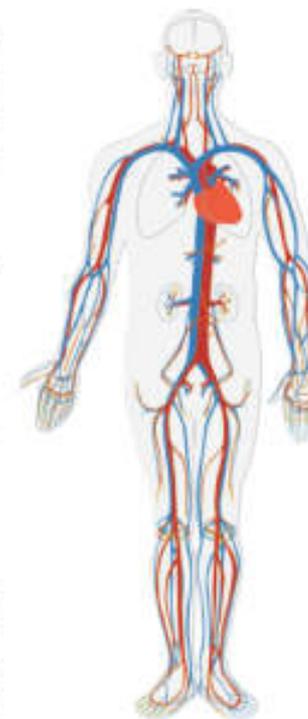


L'utilisation et l'exposition aux pesticides ont des conséquences pour la santé qui ne sont plus à démontrer<sup>1</sup>. Ainsi, il est avéré que chez les professionnels (agriculteurs, salariés de l'agroalimentaire, etc.), il y a un risque accru de développer certaines pathologies :

- **5 fois plus de risques** de développement de la maladie de **Parkinson**.
- **2,6 fois plus** pour **Alzheimer**.
- Un risque accru de lymphome, de leucémie, de cancer du cerveau, etc.

### **Qui est concerné ?**

Les professionnels sont concernés, mais les riverains aussi. En effet, des enquêtes menées par Générations Futures montrent que les pesticides épandus à proximité de zones d'habitation contaminent les maisons et les corps<sup>2</sup>.



## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

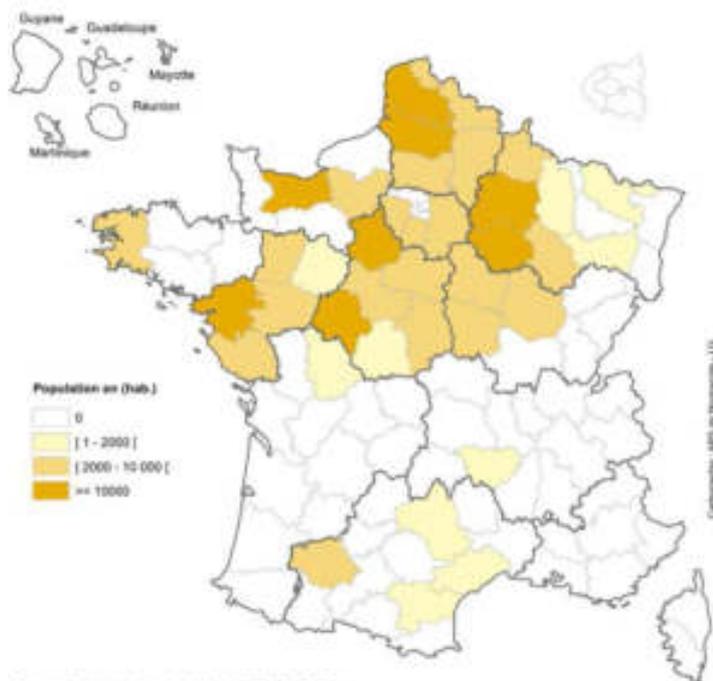
Même s'il n'est pas encore totalement connu, l'exposition chronique aux **pesticides** constitue le principal facteur de risques pour la santé :

- Risques à long terme liés à l'ingestion de doses très faibles mais répétitives :
  - Certaines **molécules** sont suspectés d'être **cancérogènes** (5 molécules dont glyphosate, ont été classées par le Centre international de recherche contre le cancer en mars 2015), voire **mutagènes**, et d'entraîner des effets néfastes sur le système nerveux central (Parkinson) et le foie.
  - Ils sont également considérés comme des **perturbateurs endocriniens** = substances ou mélanges chimiques capables de modifier le fonctionnement du système hormonal. Ils sont susceptibles de provoquer des effets nocifs tant chez les individus exposés que sur leur descendance.
  - Femmes enceintes et jeunes enfants particulièrement vulnérables.
- Risques aggravés par la persistance de ces molécules dans les milieux.
- Effets « cocktails » possibles par la combinaison de plusieurs pesticides ou leurs produits de dégradation.

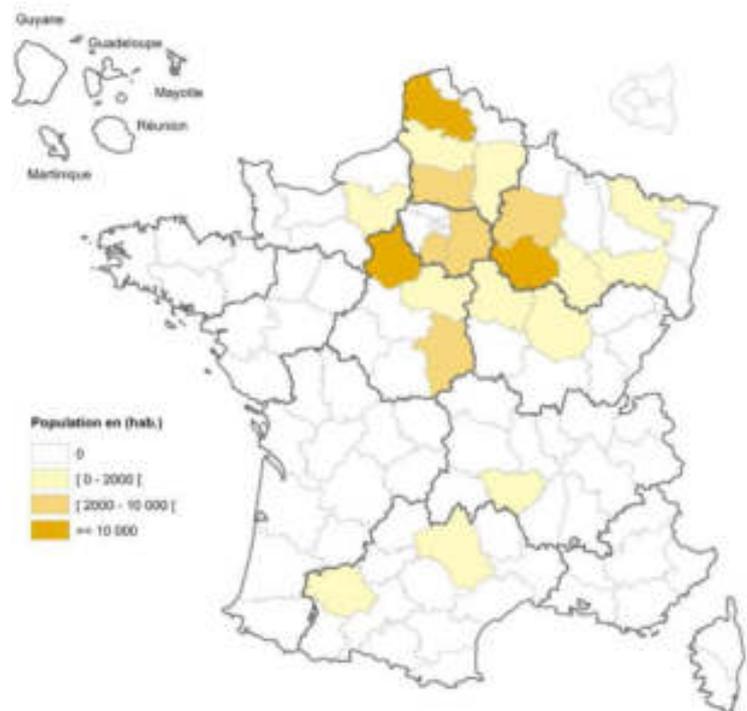
# PREAMBULE

## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

Avec des problématiques de **nitrates**...



Situations de non-conformité vis-à-vis des nitrates en 2017, liées à un ou plusieurs dépassements de la limite de qualité (50 mg/L), ont concerné 280 UDI réparties dans 38 départements = **410 000 habitants**



Situations de **concentrations moyennes** en nitrates supérieures à 50 mg/l en 2017, 124 UDI concernées, réparties dans 20 départements = **81 000 habitants**

## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

Les **nitrate**s constituent un autre facteur de risques sanitaires pour certaines populations vulnérables :

- Le **nitrate en lui-même n'est pas toxique**. C'est la transformation des nitrates en nitrites qui peut, potentiellement, avoir un impact négatif sur la santé. Dans le sang, la présence de ces nitrites peut en effet provoquer la formation de « **méthémoglobine** », une forme d'hémoglobine incapable de transporter l'oxygène.
- **Chez l'adulte sain**, l'acidité gastrique réduit le développement de la flore bactérienne et donc la formation de nitrites.
- **Le nourrisson**, en revanche, est plus exposé à ce risque en raison de l'immaturation de son système digestif. Et, contrairement à l'adulte, l'enfant de moins de 6 mois ne peut retransformer la méthémoglobine en hémoglobine. Cependant, quand la concentration en nitrates respecte la limite de qualité de 50 mg/L de nitrates dans l'eau, ce risque chez le nourrisson est considéré comme négligeable.

La **norme européenne pour l'eau potable** fixe donc une limite de 50 mg/l de nitrates pour l'eau distribuée.

# PREAMBULE

---

## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

Maîtriser les apports en pesticides et en nitrates sur les zones alimentant les captages d'eau, c'est donc **participer à la production d'une eau potable de qualité.**



## ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

Sans oublier des problématiques particulières de bactériologie, de métaux lourds, de radioactivité...

### ❖ Qualité microbiologique des eaux distribuées

97,8 % de la population a été alimentée par de l'eau respectant en permanence les limites de qualité fixées par la réglementation pour les paramètres microbiologiques.

100 % des réseaux de distribution desservant plus de 50 000 habitants ont fourni tout au long de l'année 2017 de l'eau de bonne qualité microbiologique contre 83 % des réseaux de distribution alimentant moins de 500 habitants.



### Et celles liées à de nouvelles pollutions émergentes :

- **Contaminants chimiques**, tels que les médicaments vétérinaires et humaines, les perfluorates, les perchlorates, les alkyl-phénols, les phtalates et le chrome VI.
- **Sous-produits liés à la désinfection de l'eau** : nitrosamines, hydrocarbures aromatiques polycycliques chlorés et acides haloacétiques.
- **Contaminants liés aux interactions des matériaux au contact de l'eau** : chlorure de vinyle, monomère et bis-phénol A.

## ENJEU ENVIRONNEMENTAL

La France doit également atteindre l'objectif fixé par la directive-cadre sur l'eau de **restaurer ou maintenir le bon état de nos ressources en eau.**

L'enjeu de la protection des captages fait ainsi l'objet d'un article spécifique, imposant à chaque État membre de l'Union européenne :

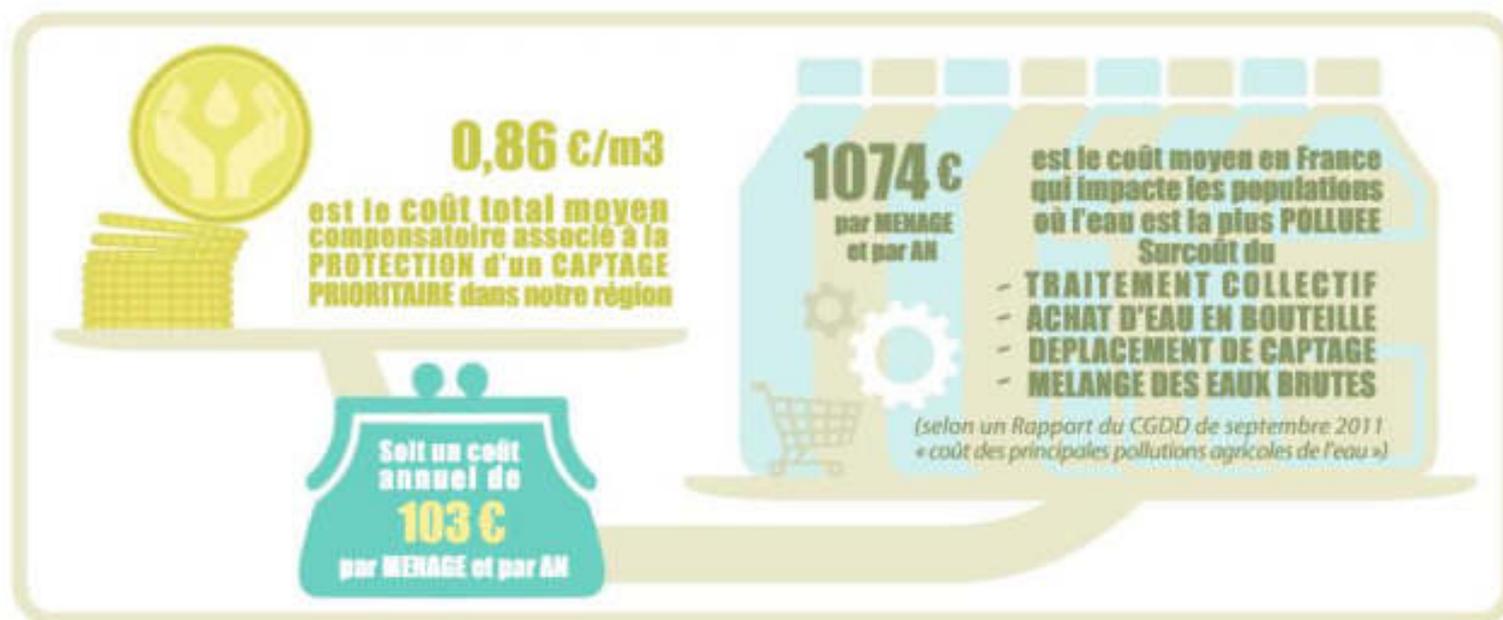
- d'inscrire les ressources utilisées pour la production d'eau potable dans le « **registre des zones protégées** » ;
- de veiller au respect de toutes les normes et de tous les objectifs qui s'y rattachent au plus tard... en 2015 !
- de mettre en œuvre sur ces zones des actions de protection de la ressource en eau, afin de réduire les **coûts de traitement.**

Protéger le bassin d'alimentation d'un captage d'eau, c'est donc **participer à l'effort pour restaurer la qualité de nos ressources en eau.**

## ENJEU FINANCIER

Protéger les zones alimentant les captages d'eau, c'est enfin **réduire les coûts de traitement de l'eau** :

- en 2007, 10 % des ressources en eaux françaises nécessitaient un traitement sur les nitrates pour pouvoir être distribuée ;
- et plus de 20 % des ressources en eaux nécessitaient un traitement coûteux des résidus de pesticides (traitement sur charbons actifs, ultrafiltration...) .



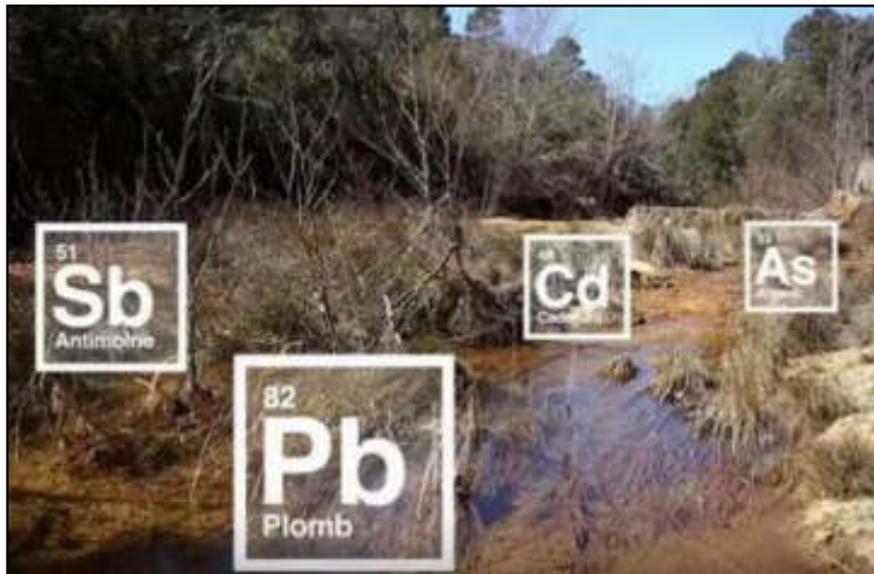
# PREAMBULE

---

La protection des **captages d'eau potable** et de leur **bassin d'alimentation** est donc nécessaire pour pouvoir exploiter de façon pérenne une ressource au travers d'un ouvrage qui fournira une eau de qualité, propre à la consommation et nécessitant un minimum de traitement.



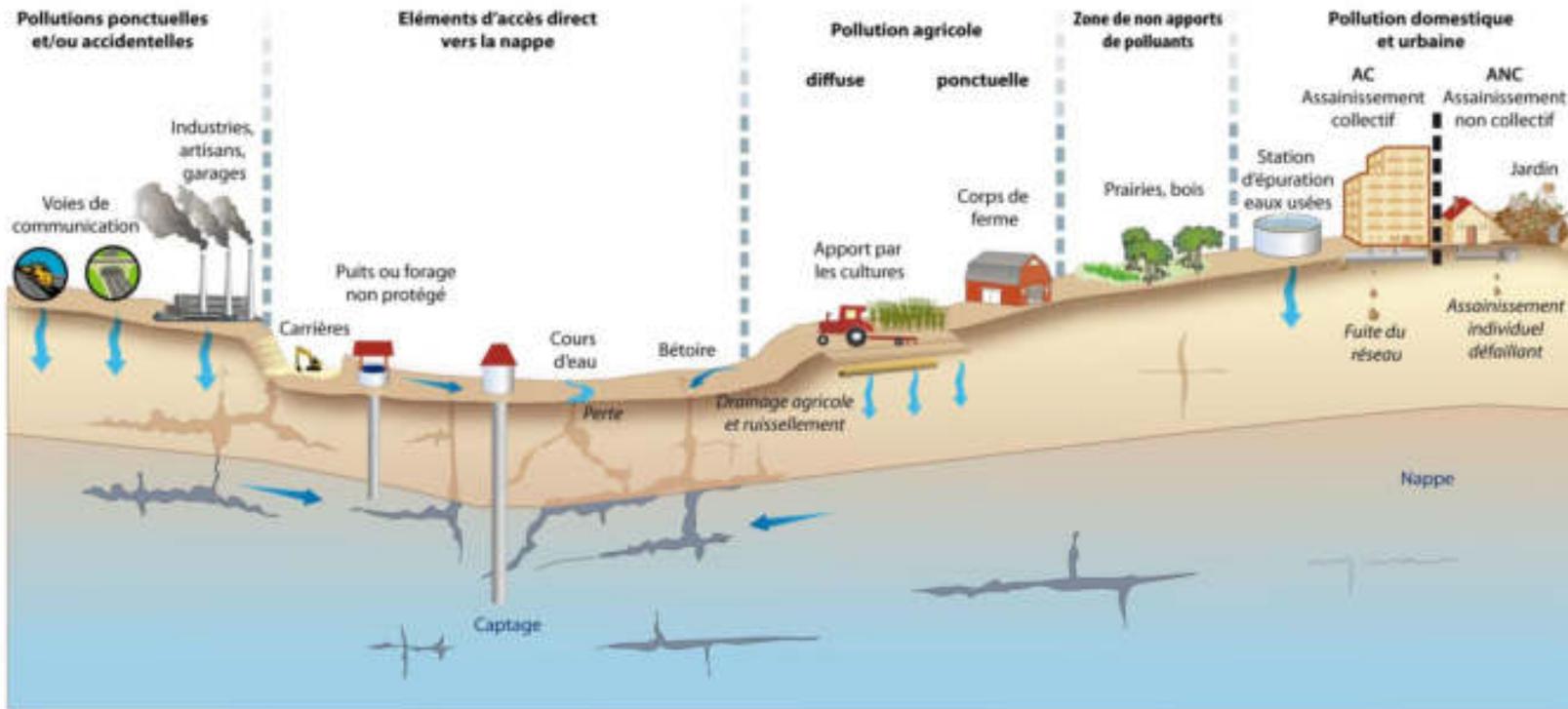
# POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES



# POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

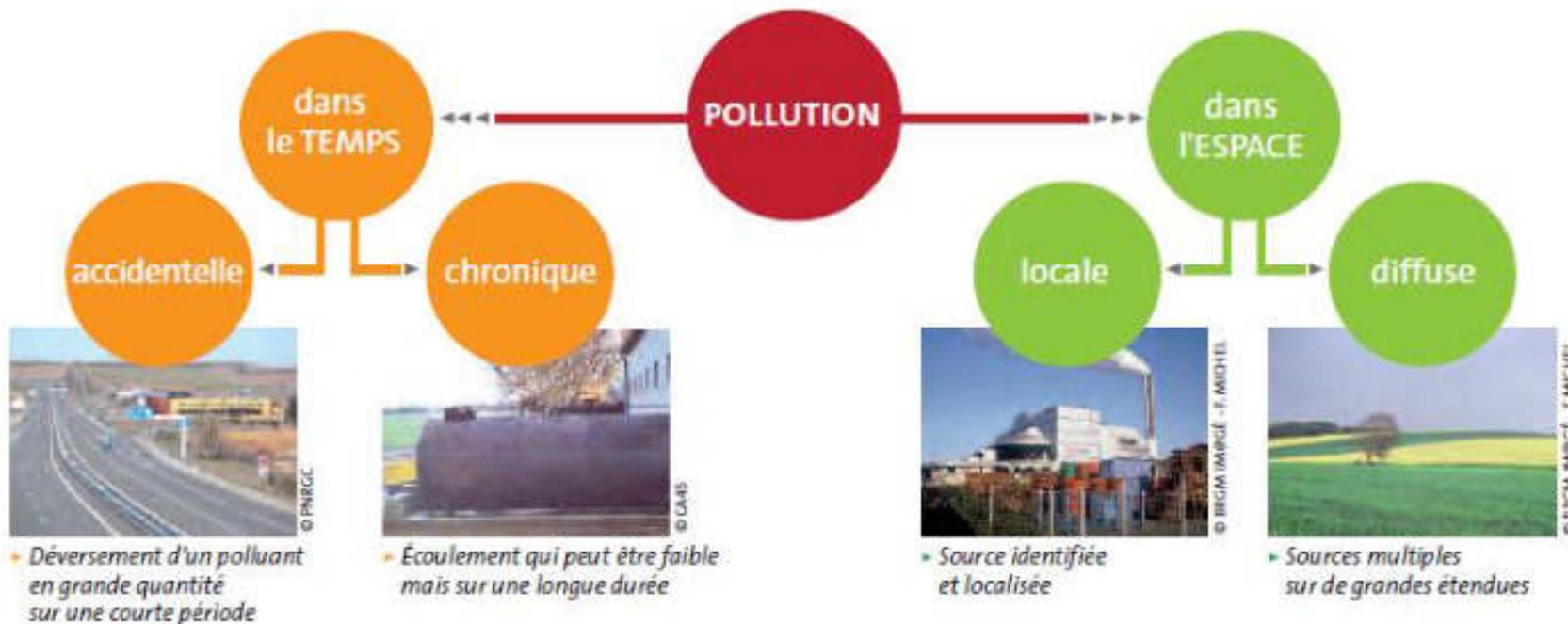


## Contaminations anthropiques



# TYPOLOGIE DES POLLUTIONS

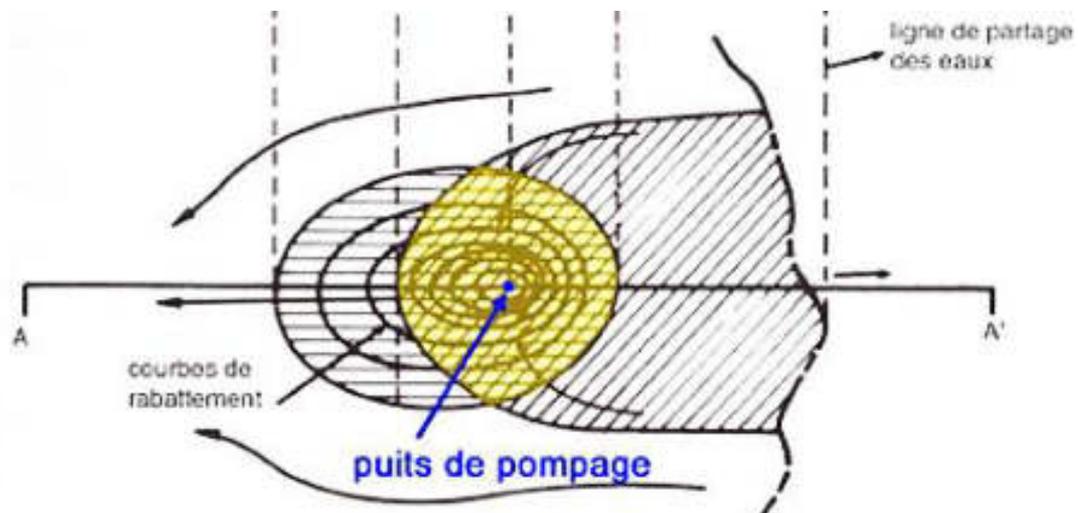
- **Dans l'espace :**
  - pollutions d'origine diffuse / pollutions locales
  
- **Dans le temps :**
  - pollutions accidentelles / pollutions chroniques



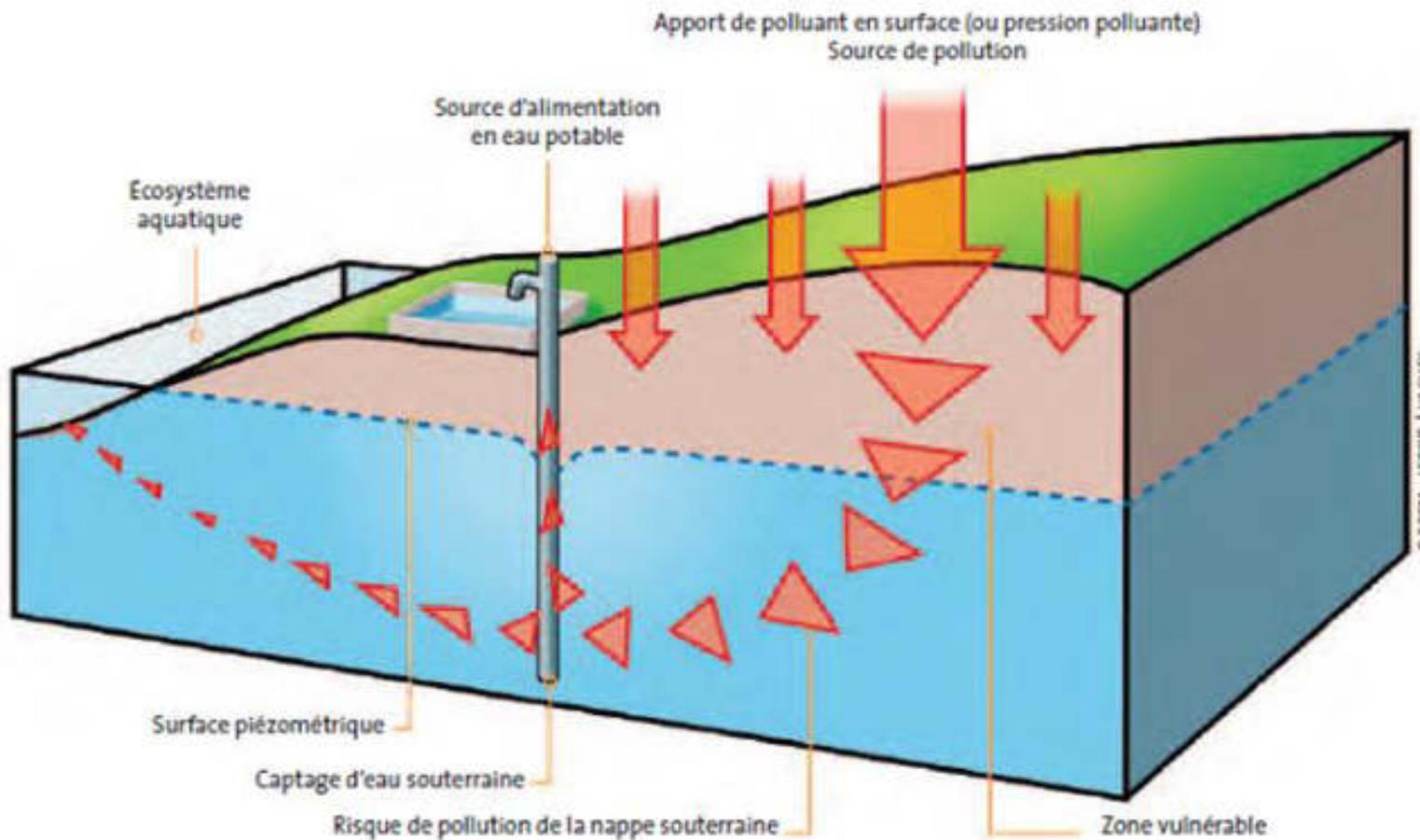
# IL FAUT PROTEGER LA RESSOURCE !



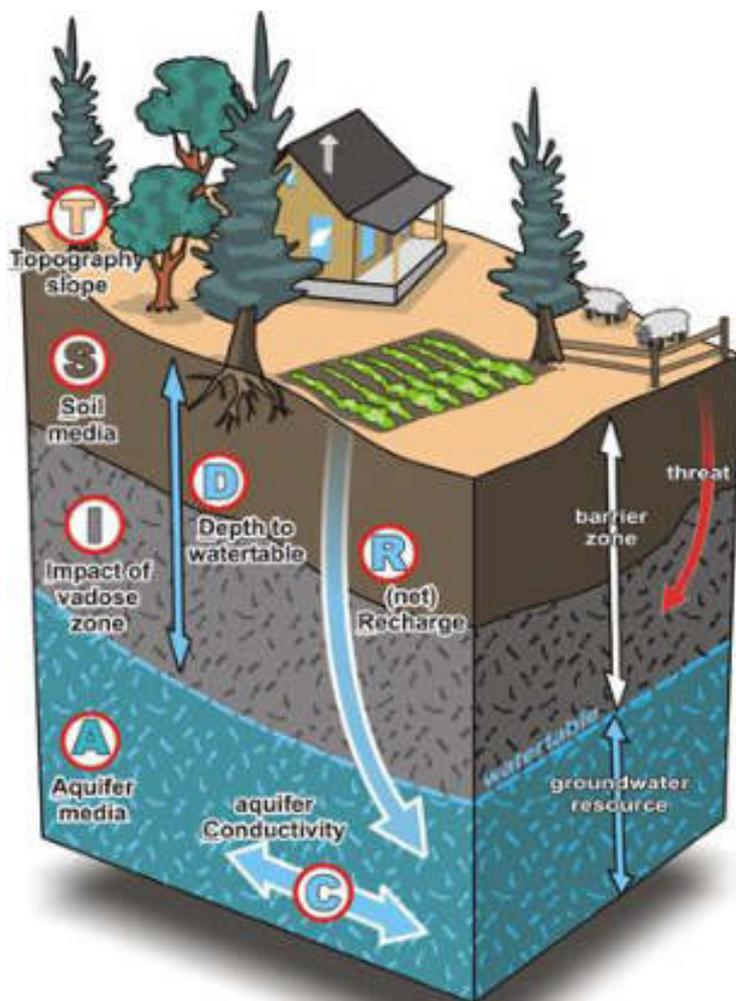
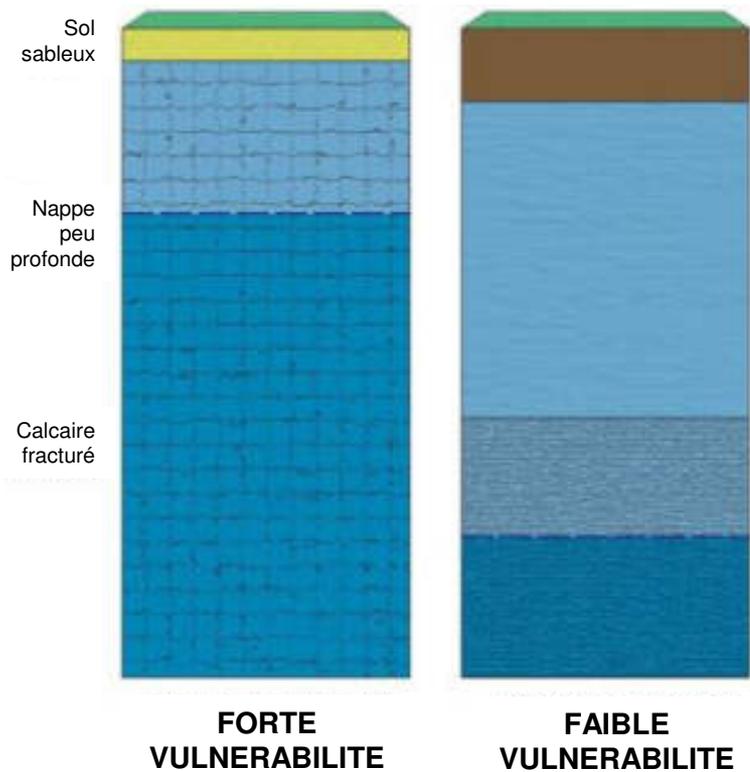
Mais celle-ci n'est pas vulnérable partout de la même façon...



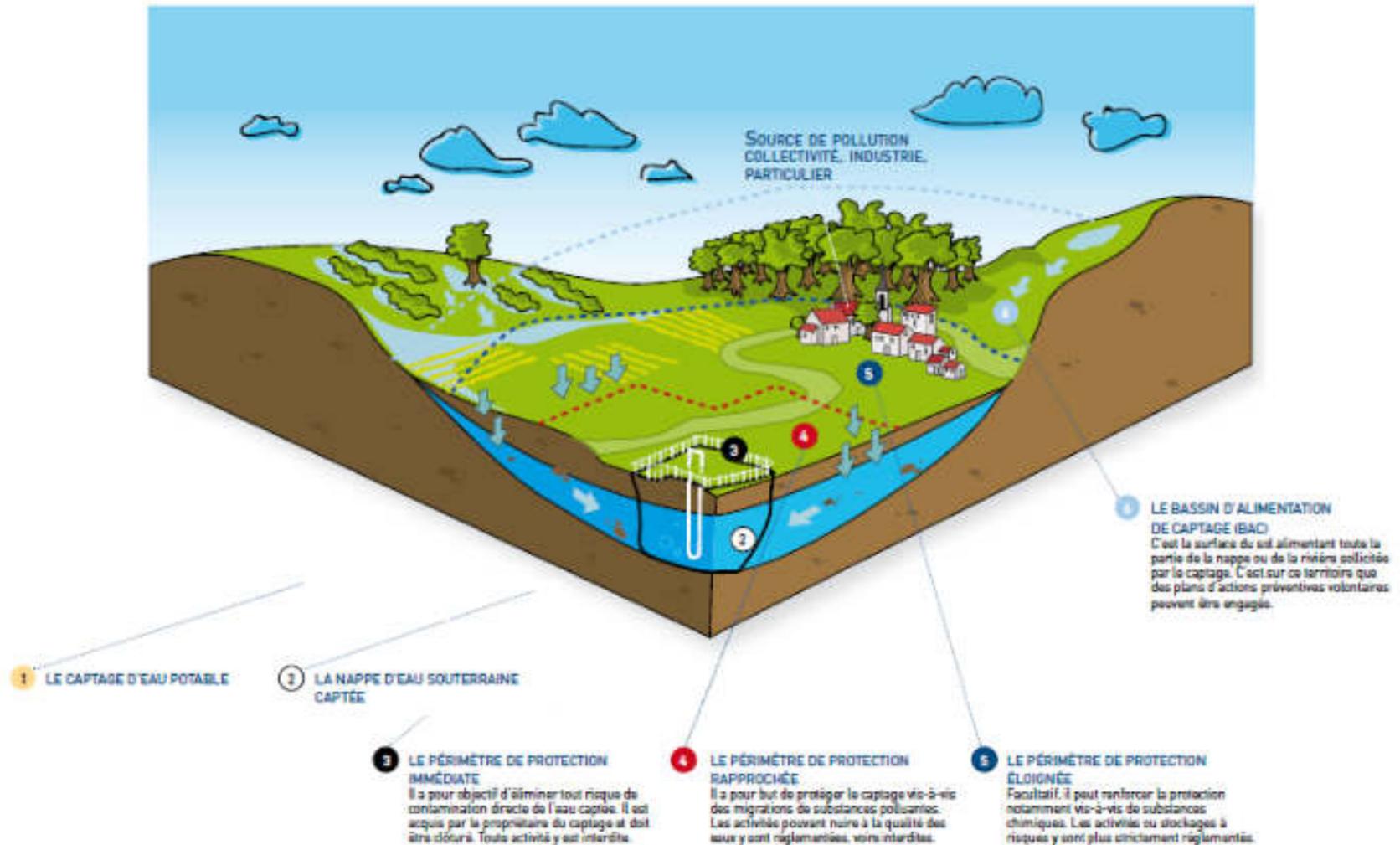
# VULNERABILITE DE LA RESSOURCE



# VULNERABILITE DE LA RESSOURCE



# PROTECTION DES CAPTAGES



# PERIMETRES DE PROTECTION DE LA RESSOURCE



## Bref historique

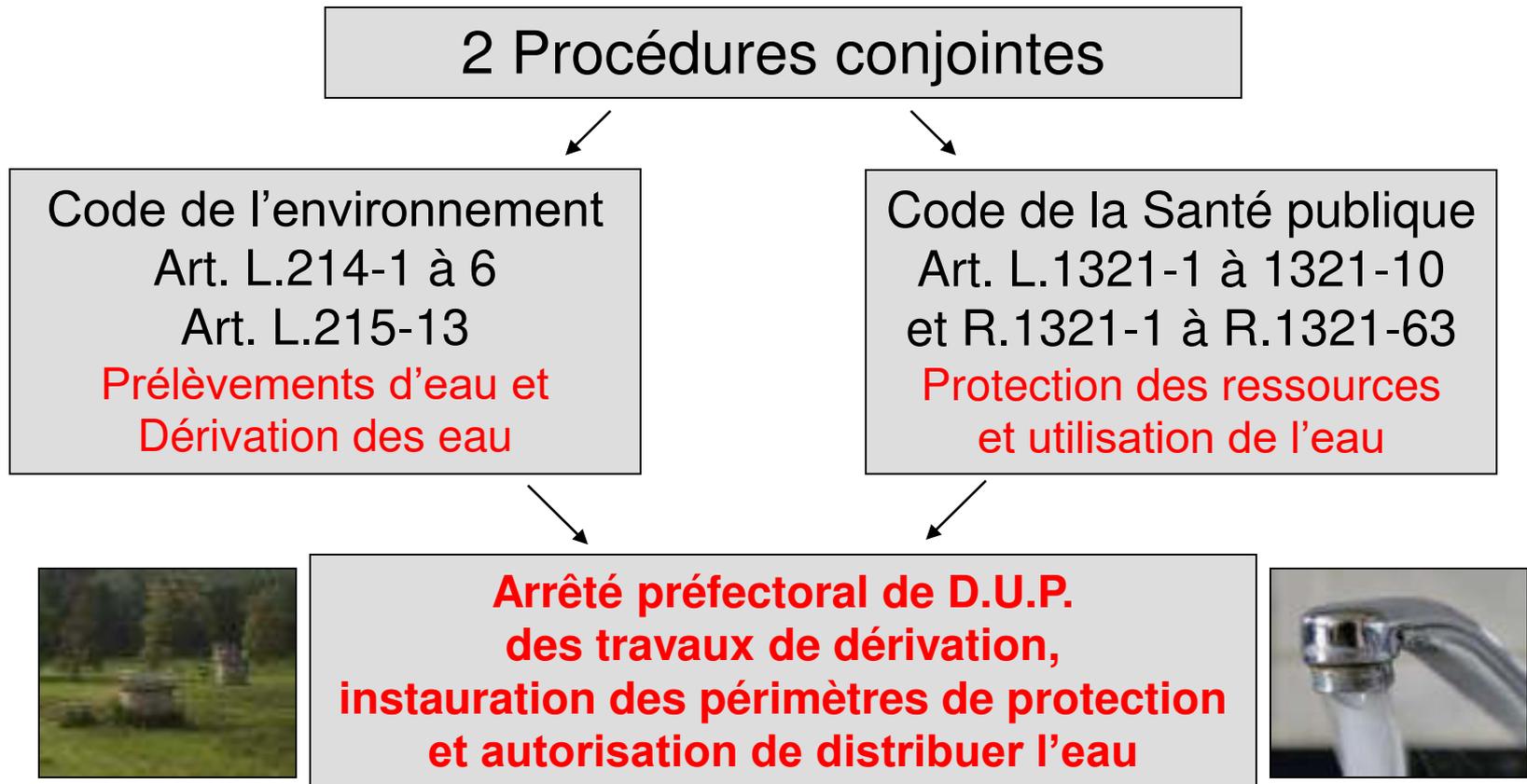
- 1902 : Notion de périmètre de protection définie pour la première fois dans la loi du 15 février 1902.
- 1964 : 1<sup>ère</sup> loi sur du 16 décembre 1964 instaure périmètres de protection des points de prélèvement d'eau pour l'alimentation.
- 1992 : 2<sup>ème</sup> loi sur l'eau du 3 janvier 1992 rend également obligatoire l'instauration des PPC pour les captages antérieurs à 1964.
- 2004 : loi du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique inscrit dans le Code de la Santé Publique l'obligation de mettre en place PPC → **Arrêté de DUP**  
*(acte administratif, opposable aux tiers, qui réglemente ou interdit des activités présentant un risque de dégradation des ressources exploitées pour la consommation humaine).*



# PROTECTION DES CAPTAGES

## Arrêté de DUP

- La création et l'utilisation d'un captage d'eau potable doivent être autorisées par arrêté préfectoral :



# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES



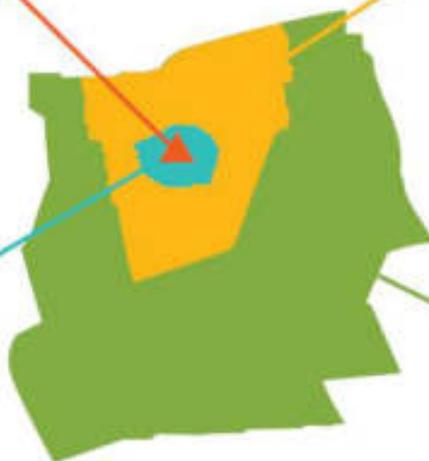
## Trois périmètres de protection de captages

### DEFINITION DES PERIMETRES DE PROTECTION D'UN CAPTAGE D'EAU POTABLE



#### Périmètre de protection immédiate (PPI)

Ce périmètre obligatoire doit être acquis en pleine propriété par la collectivité utilisatrice; il doit être clos et entretenu. Sa surface est le plus souvent limitée : de 100 à 5 000 m<sup>2</sup>.



#### Périmètre de protection rapprochée (PPR)

Il encadre une zone vulnérable et doit protéger efficacement le captage vis-à-vis de la migration souterraine ou superficielle de substances polluantes. Sa surface dépend des caractéristiques de l'aquifère, des débits de pompage, de la vulnérabilité de la nappe et de la vitesse de transfert de l'eau.

#### Périmètre de protection éloigné (PPE)

Il renforce le périmètre précédent, et par la préconisation de réglementation spécifique, il complète les mesures en périmètre de protection rapprochée.

#### Exceptions :

- Lorsque les conditions hydrologiques et hydrogéologiques permettent d'assurer efficacement la préservation de la qualité de l'eau par des mesures de protection limitées au voisinage immédiat du captage, l'acte portant déclaration d'utilité publique instaure un simple périmètre de protection immédiate.
- (Arrêté août 2020) Les captages d'eau d'origine souterraine dont le débit exploité est inférieur, en moyenne annuelle, à 100 mètres cubes par jour font également l'objet d'un simple périmètre de protection immédiate établi selon des modalités définies par arrêté du ministre chargé de la santé

# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES



## Périmètre de protection immédiate

Dans ce périmètre, toutes les activités, les installations et les dépôts y sont interdits, en dehors de ceux qui sont explicitement autorisés dans l'acte déclaratif d'utilité publique. **Les seules activités autorisées concernent l'exploitation et l'entretien des ouvrages et du périmètre lui-même.**



- *Le périmètre de protection immédiate protège le captage de la malveillance, des déversements directs sur l'ouvrage et des contaminants microbiologiques (parasites, bactéries, virus).*
- *La protection assurée par la clôture peut être utilement complétée par un dispositif anti-intrusion ou de détection avec alarme.*



## Périmètre de protection immédiate

- Pour atteindre les objectifs assignés au périmètre de protection immédiate, les terrains compris dans ce périmètre sont **clôturés**, sauf dérogation prévue dans l'acte déclaratif d'utilité publique et sont **régulièrement entretenus**.
- Une **dérogation exceptionnelle** à la clôture du périmètre de protection immédiate peut s'imposer en zones inondables et en zones de montagne et est compensée par des aménagements ou des dispositions complémentaires. En zone inondable, la tête de forage sera rehaussée et le chemin d'accès au captage pourra si nécessaire être acquis par la collectivité ou fera l'objet d'une servitude de passage établie par acte notarié.



## Le périmètre de protection rapprochée

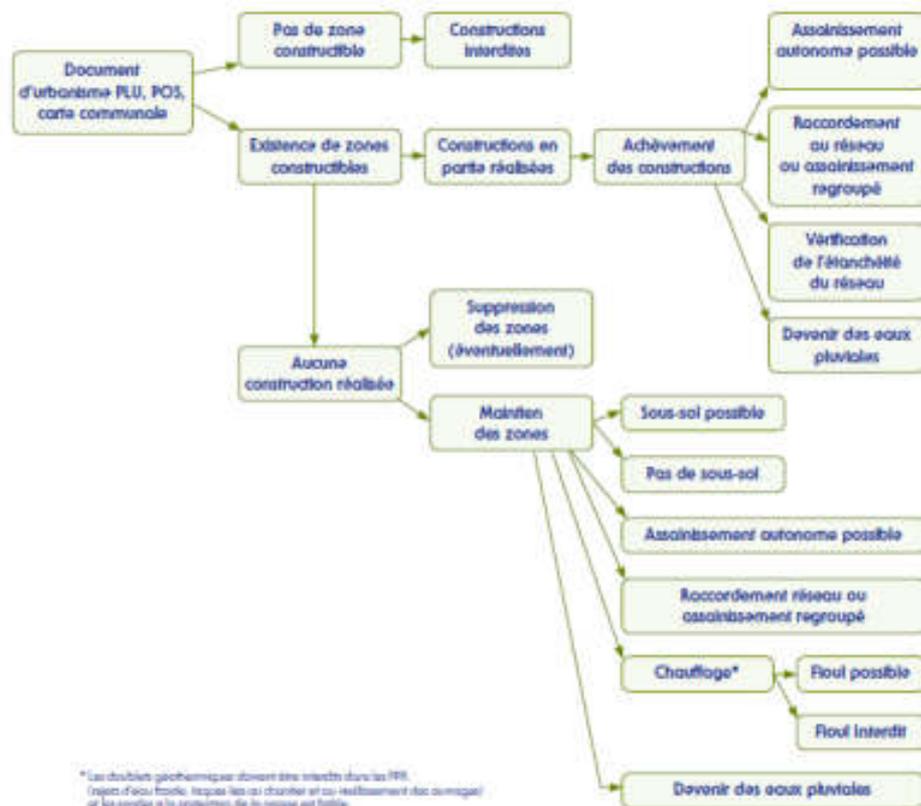
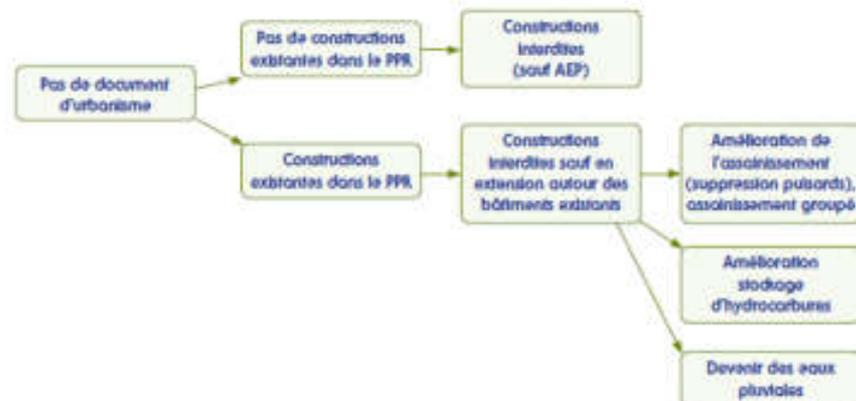
- L'article R. 1321-13 du CSP précise seulement qu'à l'intérieur du périmètre de protection rapprochée, sont **interdits** les travaux, installations, activités, dépôts, ouvrages, aménagement ou occupation des sols **susceptibles d'entraîner une pollution** de nature à rendre l'eau impropre à la consommation humaine.
- Les autres travaux, installations, activités, dépôts, ouvrages, aménagement ou occupation des sols peuvent faire l'objet de **prescriptions**, et sont soumis à une surveillance particulière, prévues dans l'acte déclaratif d'utilité publique.



# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES

## Prescriptions en matière d'urbanisme dans le PPR

- Pour mémoire, les **prescriptions complètent** la réglementation générale mais ne s'y substituent pas.
- Les prescriptions instaurées dans les périmètres **ne créent de servitudes que si elles affectent le droit d'usage d'un bien** (usage du sol). Une indemnisation n'est possible que si le préjudice est matériel, direct et certain.
- Les servitudes d'utilité publique sont des servitudes administratives qui doivent être annexées au plan local d'urbanisme conformément aux dispositions de l'article L. 126-1 du Code de l'urbanisme.

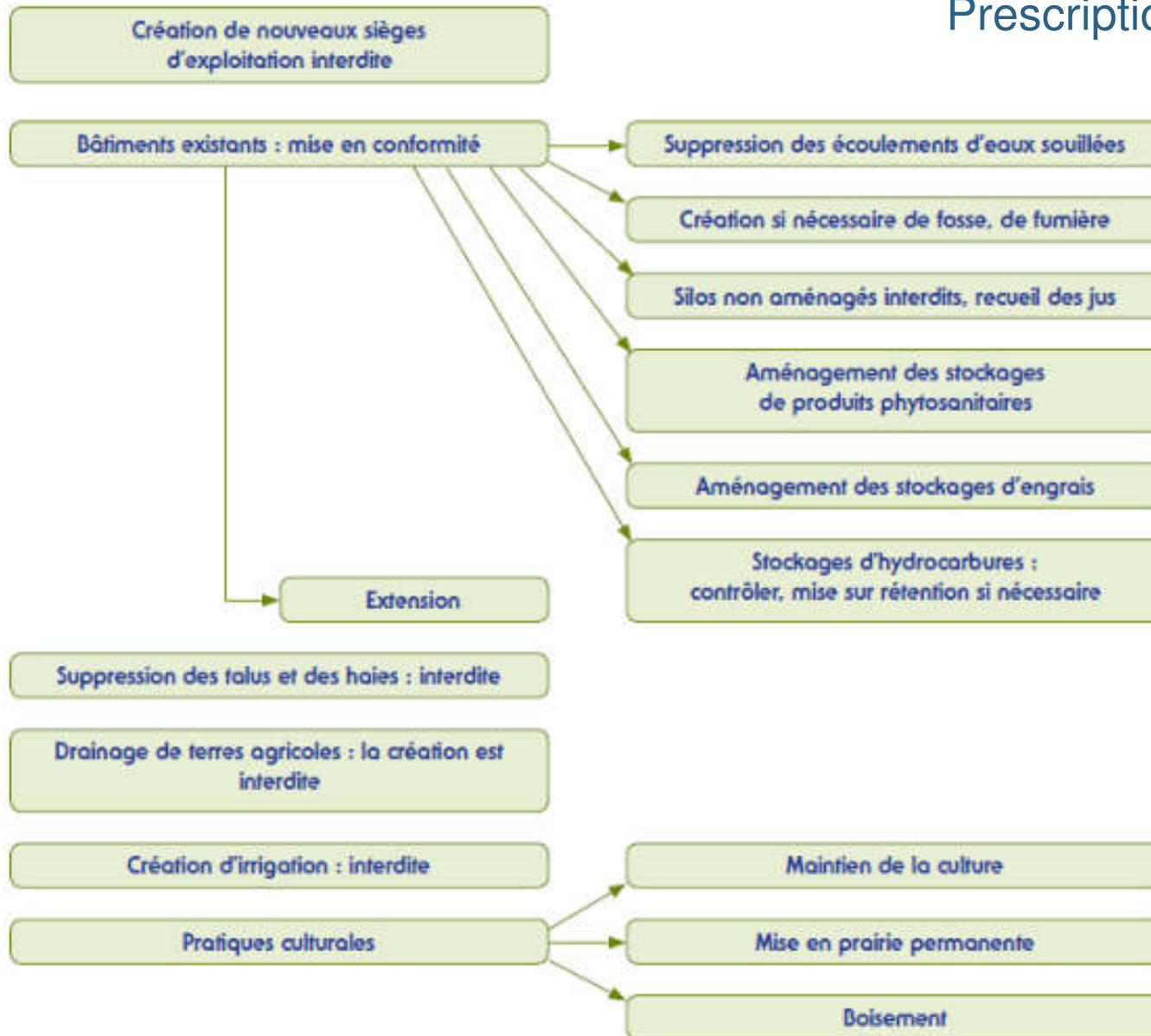


\* Les doublets géothermiques doivent être interdits dans les PPR.  
 (sauf d'eau froide, lorsque les usages sont liés à l'assainissement des ouvrages)  
 et les forages à la protection de la nappe est forée.

# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES



## Prescriptions agricoles dans le PPR

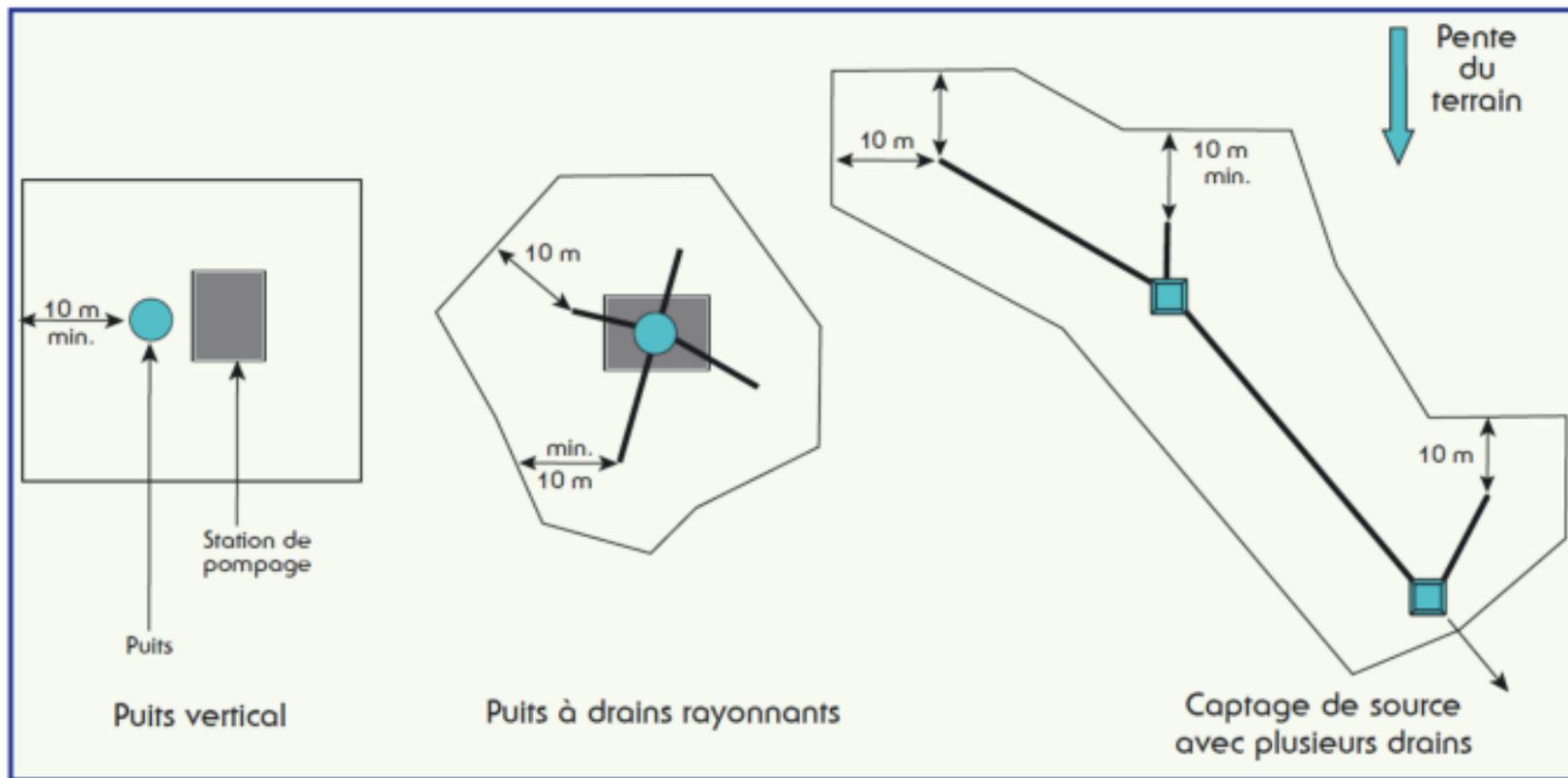


## Le périmètre de protection éloignée

- L'article R. 1321-13 du CSP stipule qu'à l'intérieur du périmètre de protection éloignée **peuvent être réglementés les activités, installations et dépôts** qui, compte tenu de la nature des terrains, présentent un danger de pollution pour les eaux prélevées ou transportées, du fait de la nature et de la quantité de produits polluants liés à ces activités, installations et dépôts ou de l'étendue des surfaces que ceux-ci occupent.
  - Ce périmètre s'étend en général au **secteur de l'aire d'alimentation** du captage ou du bassin versant non inclus dans le périmètre de protection rapprochée.
  - Dans ce périmètre, le **renforcement de la réglementation n'est que très peu utilisé** et les prescriptions tiennent le plus fréquemment en une demande d'application stricte de la réglementation générale.
- Pourtant, la création d'un périmètre de protection éloignée ne se justifie vraiment que si l'application d'une réglementation précise s'impose.*
- Dans le cas le plus fréquent, ce périmètre permet de **définir les actions prioritaires et d'attirer l'attention sur les aménagements à remettre aux normes préférentiellement.***
- Il permet aussi d'informer les services de secours et de sécurité, ainsi que le public, qu'il s'agit d'une **zone de vigilance.***

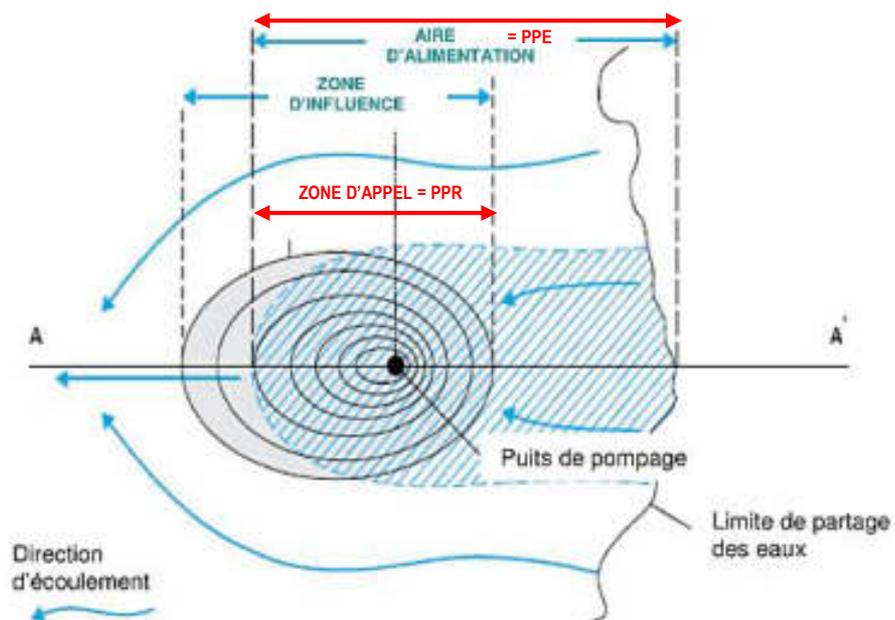
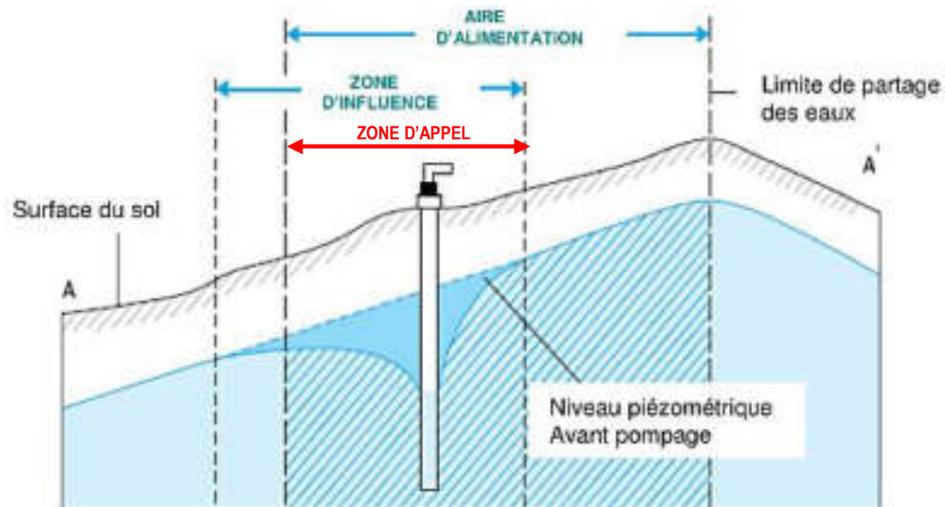
# DELIMITATION DES PPC

## Périmètre de protection immédiate



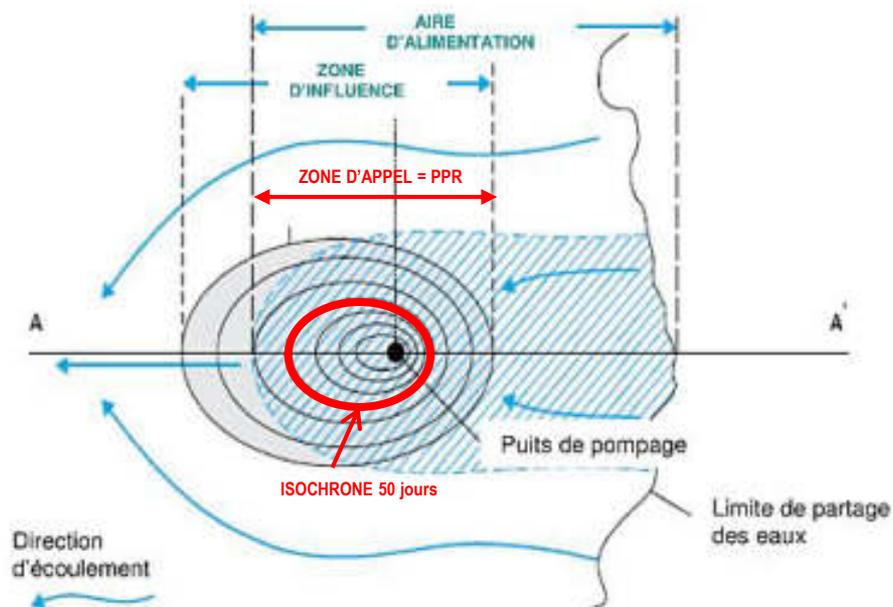
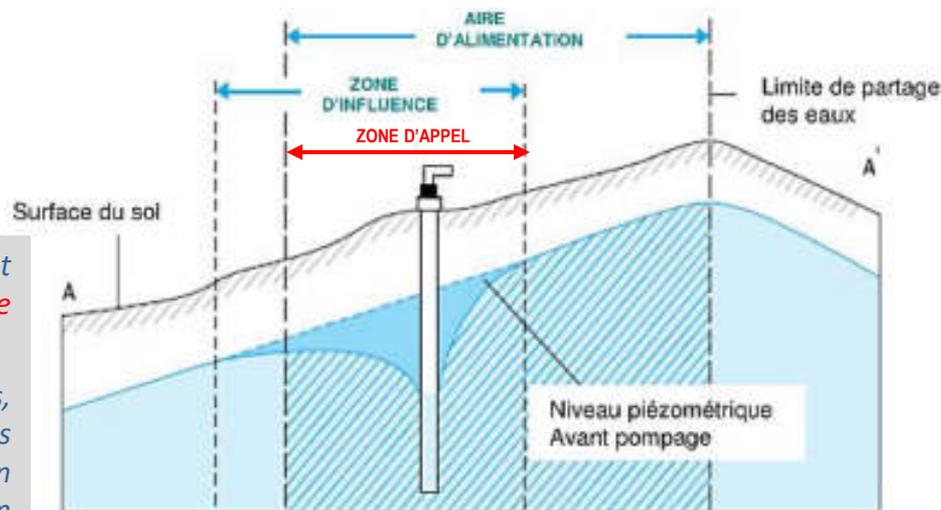
# DELIMITATION DES PPC

Périmètres de protection rapprochée et éloignée



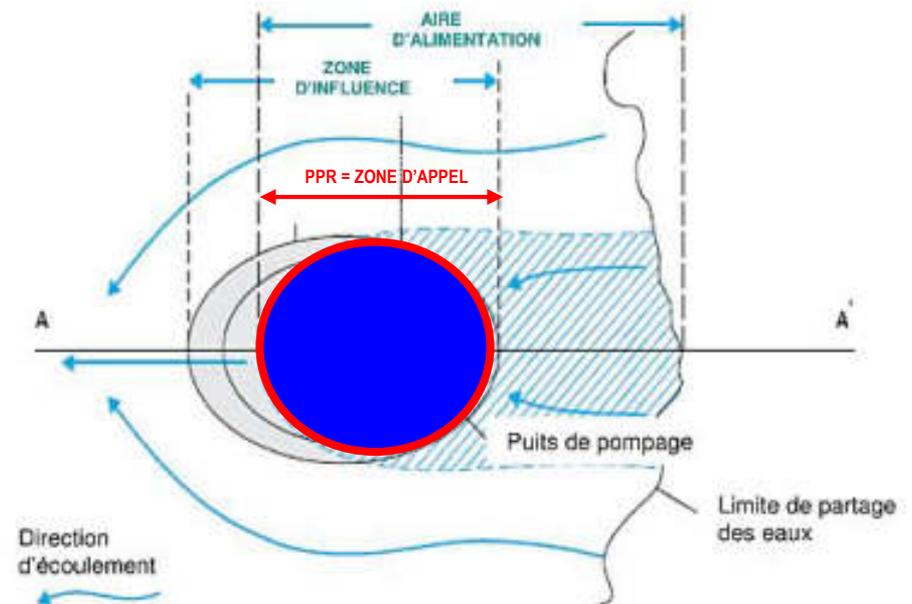
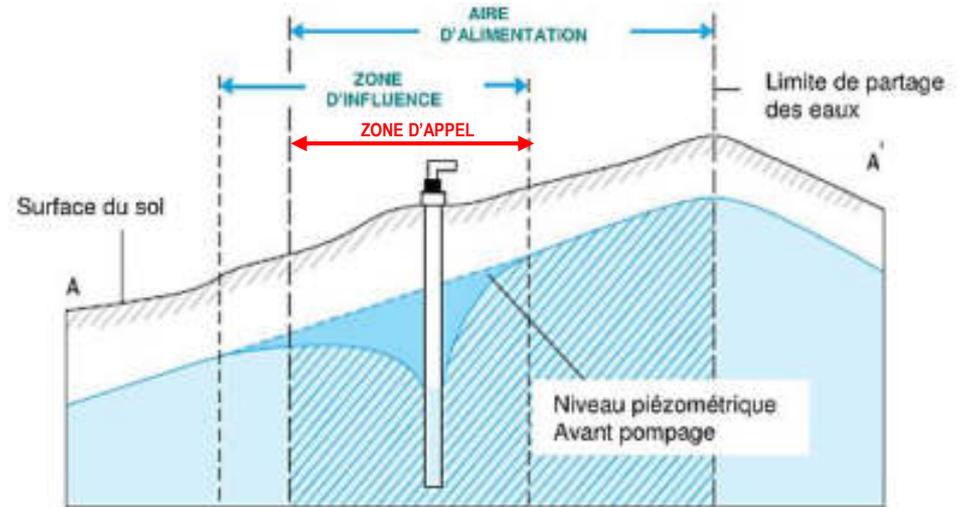
## Délimitation du périmètre de protection rapprochée

- Le périmètre de protection rapprochée est établi le plus souvent au regard de la **zone d'appel** de l'ouvrage.
- Dans les milieux poreux très perméables, cette zone peut être très étendue (plusieurs kilomètres) et ne peut être alors incluse en totalité dans le périmètre de protection rapprochée.
- La définition d'une **isochrone de transfert** permet de réduire ce périmètre en conservant un délai de réaction suffisant.
- Issu de la pratique allemande, à titre d'exemple, un **temps de transfert de 50 jours** est souvent proposé pour définir l'extension du périmètre de protection rapprochée.
- Ce temps de transfert est considéré comme le **temps nécessaire pour l'élimination d'une contamination bactériologique** ou pour une intervention en cas de pollution chimique.
- Le **temps de transfert doit cependant pouvoir être adapté** aux types d'activités pouvant exister dans le secteur proche de l'ouvrage.



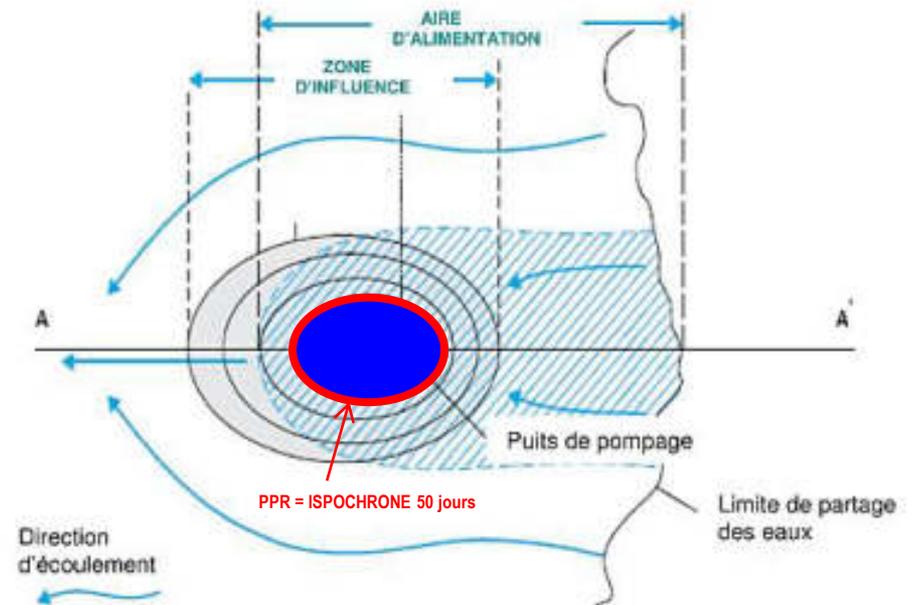
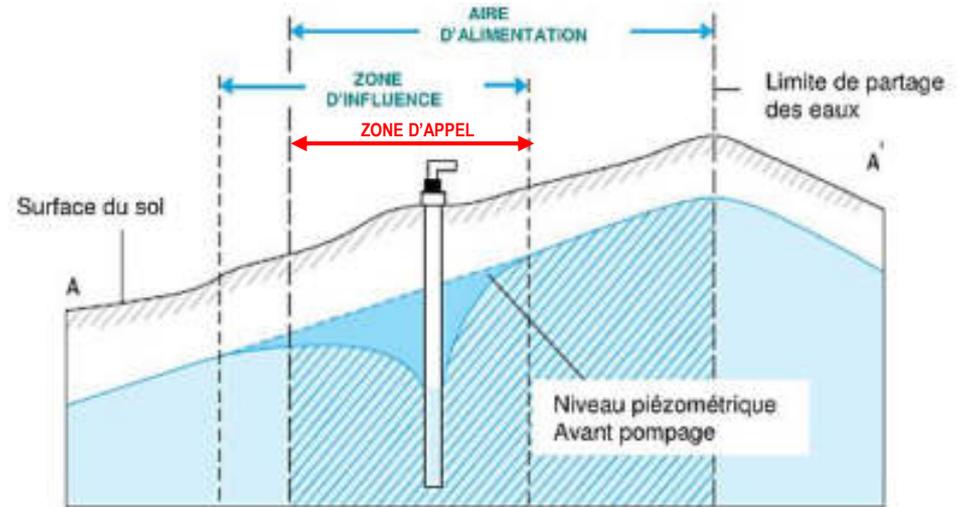
# DELIMITATION, PRESCRIPTIONS ET INTERDICTIONS DES PERIMETRES DE PROTECTION

Périmètre de protection rapproché défini par zone d'appel (cas 1)



# DELIMITATION, PRESCRIPTIONS ET INTERDICTIONS DES PERIMETRES DE PROTECTION

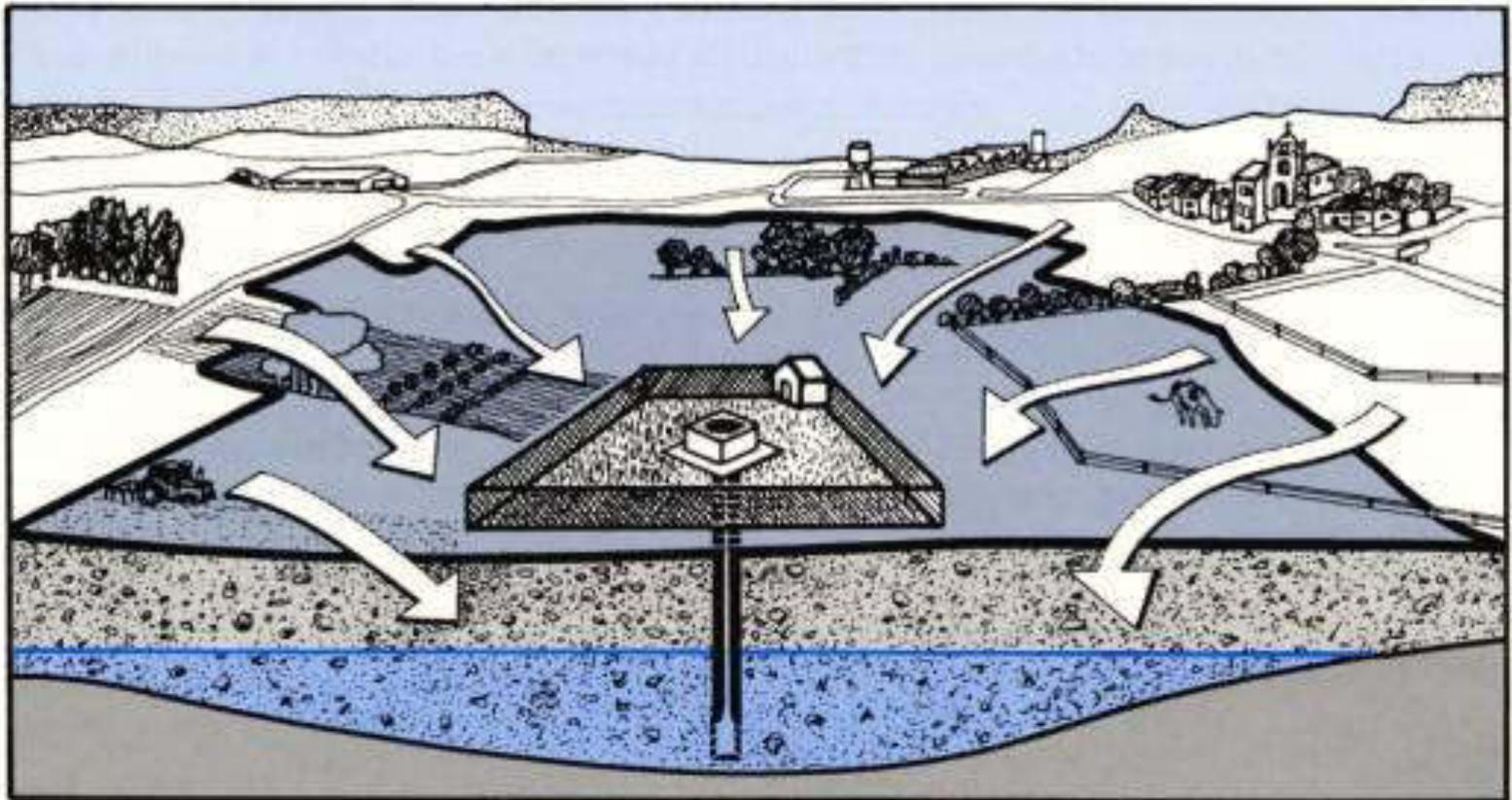
Périmètre de protection rapproché défini grâce à isochrone 50 jours (cas 2)



# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES

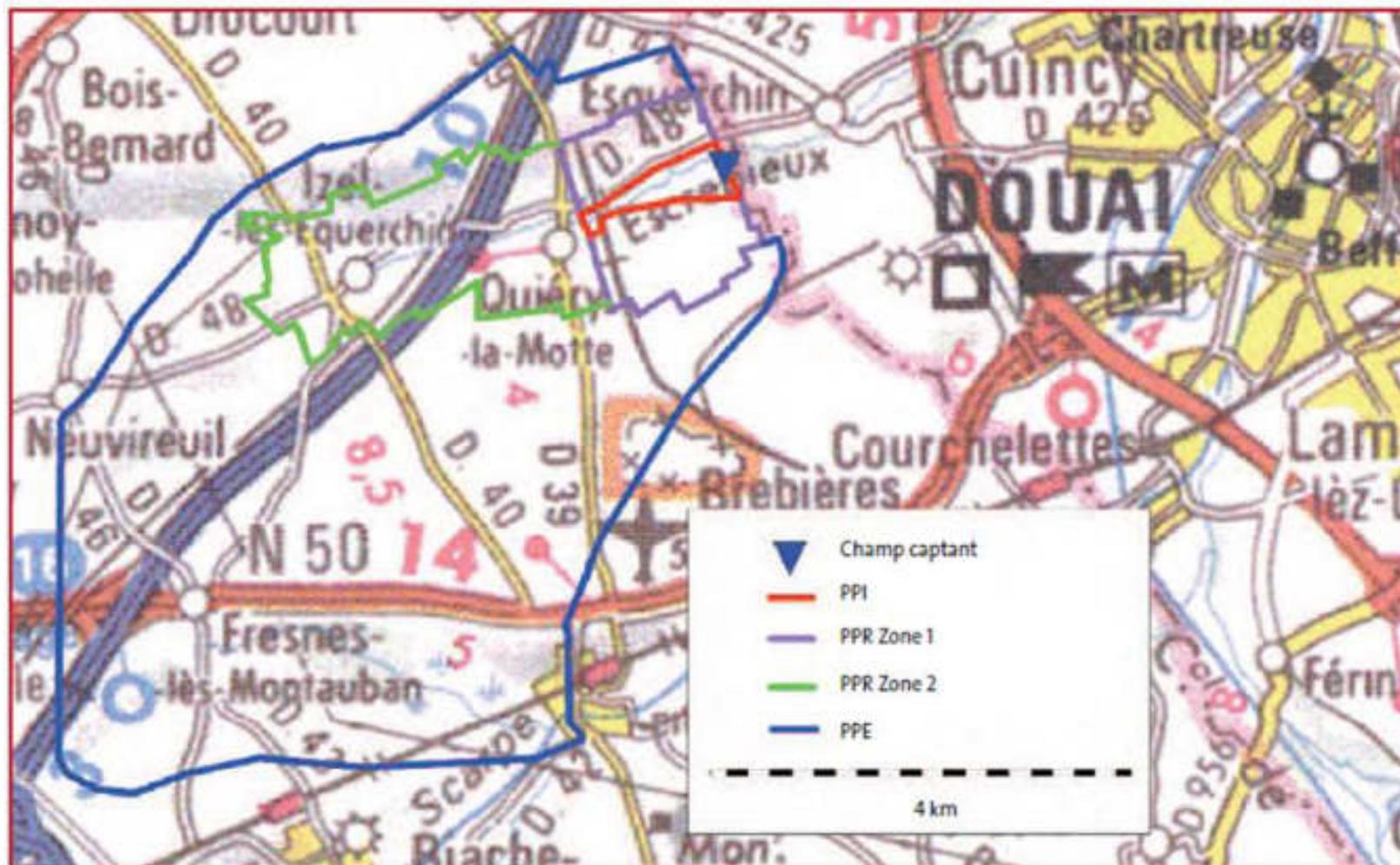


Représentation des périmètres de protection de captages



# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES

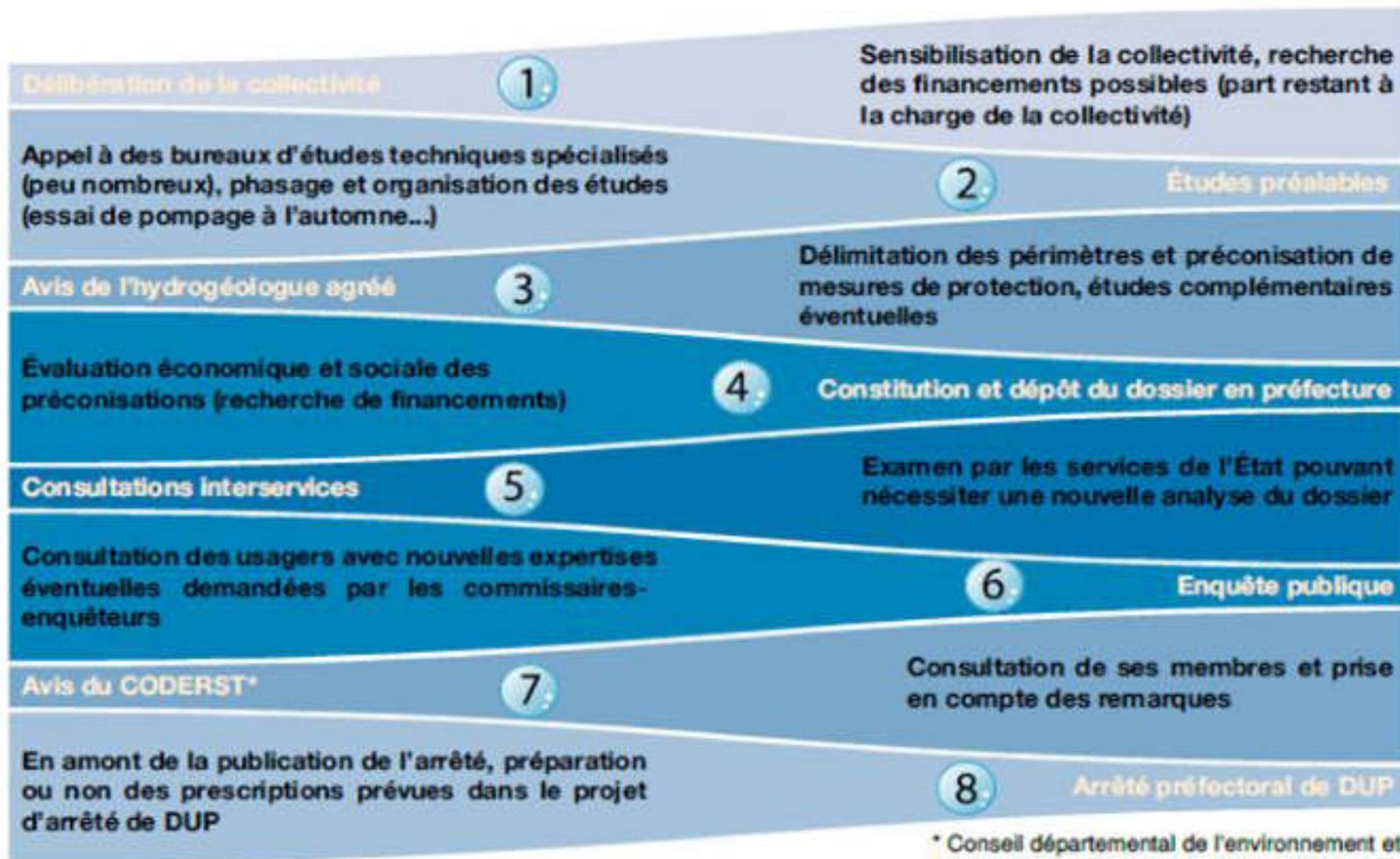
Exemple de périmètres de protection de captages



# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES



## Difficultés de mise en œuvre des PPC



\* Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques

# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES



Une procédure longue...

## 1 - L'INSTRUCTION TECHNIQUE

Réalisation par un bureau d'études prestataire du dossier technique préparatoire à la consultation d'un hydrogéologue agréé (diagnostic de la ressource, de ses contraintes d'exploitation dans de bonnes conditions et des coûts des mesures de protection).

Mise en place d'un comité de pilotage réunissant l'ensemble des acteurs impliqués.

Dépôt du dossier de demande d'aide financière pour les périmètres de protection (50 à 70 % de subvention) à l'Agence de l'eau avant la notification du marché d'étude.

Intervention d'un hydrogéologue agréé désigné par l'ARS.

Élaboration d'un rapport d'expertise dans lequel :

- les limites des périmètres de protection et les servitudes (obligations, interdictions, réglementation d'activités) sont proposées,
- un avis est donné quant à la poursuite de la procédure ou au raccordement à une autre ressource.

Décision de la collectivité : conservation ou non du point d'eau.

*Les servitudes afférentes aux périmètres de protection ne font pas l'objet d'une publication aux hypothèques. Un décret en Conseil d'Etat précise les mesures de publicité de l'acte portant déclaration d'utilité publique prévu au premier alinéa, et notamment les conditions dans lesquelles les propriétaires sont individuellement informés des servitudes portant sur leurs terrains.*

## 2 - L'INSTRUCTION ADMINISTRATIVE

Montage du dossier d'enquête publique avec l'état parcellaire.

Enquête parcellaire : recensement des parcelles et des propriétaires concernés par les périmètres.

Ouverture de l'enquête publique par arrêté préfectoral :

- Désignation du commissaire enquêteur.
- Envoi par le maire des notifications individuelles aux propriétaires concernés.
- Publication en mairie et annonces légales dans les journaux locaux.

Avis du CODERST sur les mesures de protection proposées et sur le projet arrêté.

Rédaction par le préfet de l'arrêté de DUP qui constitue le document officiel instituant la protection.

Notification des contraintes et servitudes

Mise à jour du PLU s'il existe

## 3 - LA MISE EN PLACE DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

Mise en conformité physique. Le maire s'appuie sur l'arrêté préfectoral pour faire appliquer les prescriptions. Il engage les travaux de protection (achat et clôture du périmètre immédiat notamment).

# PÉRIMÈTRES DE PROTECTION DE CAPTAGES



Pour un outil peu adapté aux pollutions diffuses...

- Avec pour conséquence, un retard important :

La mise en place des périmètres de protection de captages rencontre de grandes difficultés et accuse un retard considérable. En 2017 :

- 76,5% **bénéficiaient d'une protection formalisée par une déclaration d'utilité publique (D.U.P.)**
- Au total 84% des volumes prélevés pour l'AEP sont assis sur une déclaration d'utilité publique

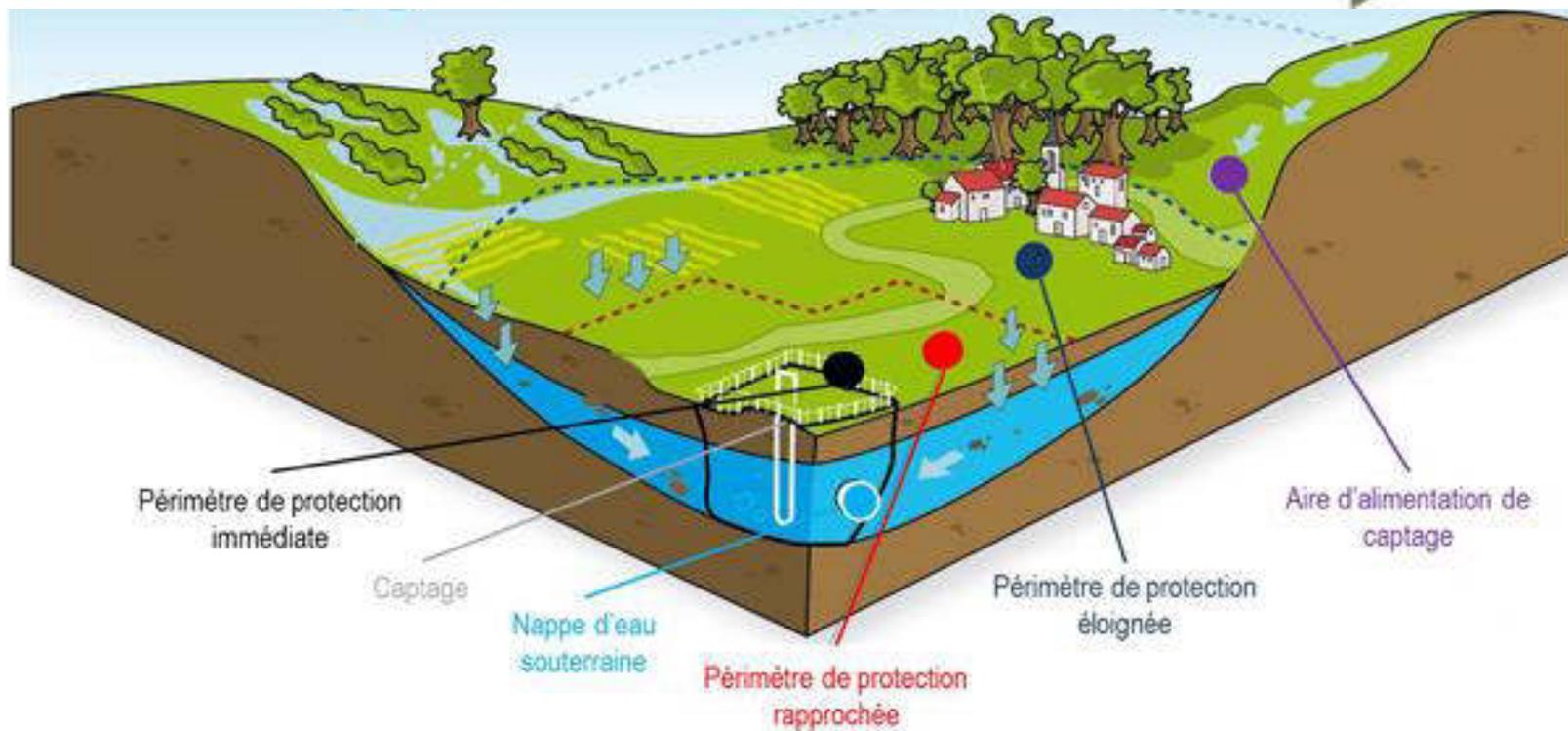
	Nombre de Captages	%
Captages abandonnés actifs (AB)	10	2
Procédures en cours (EC)	98	22
Procédures non poursuivies (NP)	28	6
Procédures non engagées (NE)	32	7
Procédures en cours de révision (RV)	25	5
Procédures terminées (TE)	266	58
Total	459	100
Captages protégés (TE+RV)	291	63

## Chiffres Corse du Sud janvier 2029

- 63% des captages bénéficiaient d'une D.U.P.
- 61% des volumes prélevés pour l'AEP

# BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGES

Un nouvel outil pour lutter contre les pollutions diffuses



# BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGES



## Historique / 1

Près de 35 000 captages en France pour l'eau potable

Captages prioritaires - SDAGE 2010-2015

Plus de 500 captages prioritaires « Grenelle »

2007 - Grenelle de l'environnement

Captages prioritaires - SDAGE 2016-2021

3 000 points de prélèvements sensibles identifiés

Points de prélèvements sensibles - Critères de sélection

Percentile 90 [Nitrate] > 40 mg/l et/ou

[Pesticide] > 0,08 µg/l ou [Somme des pesticides] > 0,4 µg/l

Captages prioritaires « Grenelle »

+

Captages « Conférence Environnementale »

=

1 000 captages prioritaires

2013 - Conférence Environnementale

1 000 captages prioritaires doivent être identifiés dans les projets de SDAGE dans le cadre de la conférence environnementale

Ouvrages prioritaires - Critères de sélection

En plus des critères de sélection des points de prélèvements sensibles :

- le caractère stratégique de la ressource en raison de l'absence de ressource en eau de substitution possible, de l'ampleur de la population desservie, etc.

- l'opportunité d'action compte-tenu : de l'absence de plans d'actions d'ores et déjà lancés sur la masse d'eau dégradée, ou encore des capacités et du caractère fédérateur des collectivités maîtres d'ouvrage présentes sur l'AAE pour lancer la démarche.

La liste des ouvrages prioritaires sera revue lors de la prochaine révision des SDAGE (pas de modification avant 2021)

## Historique / 2

- **2007 - Grenelle de l'Environnement** : établissement d'une liste de 500 "captages prioritaires" pour lesquels des actions doivent être engagées pour réduire les pollutions diffuses.
- **2013 - conférence environnementale** : la liste passe de 500 à 1 000 "captages prioritaires"
- **2016 - ateliers organisés par les ministères en charge de l'environnement, l'agriculture et la santé** : définition d'une feuille de route commune visant à lever les freins au déploiement de la politique.
- **2018 - seconde séquence des Assises de l'eau** : concertations et réaffirmation des enjeux liés à la protection des 1 000 "captages prioritaires".

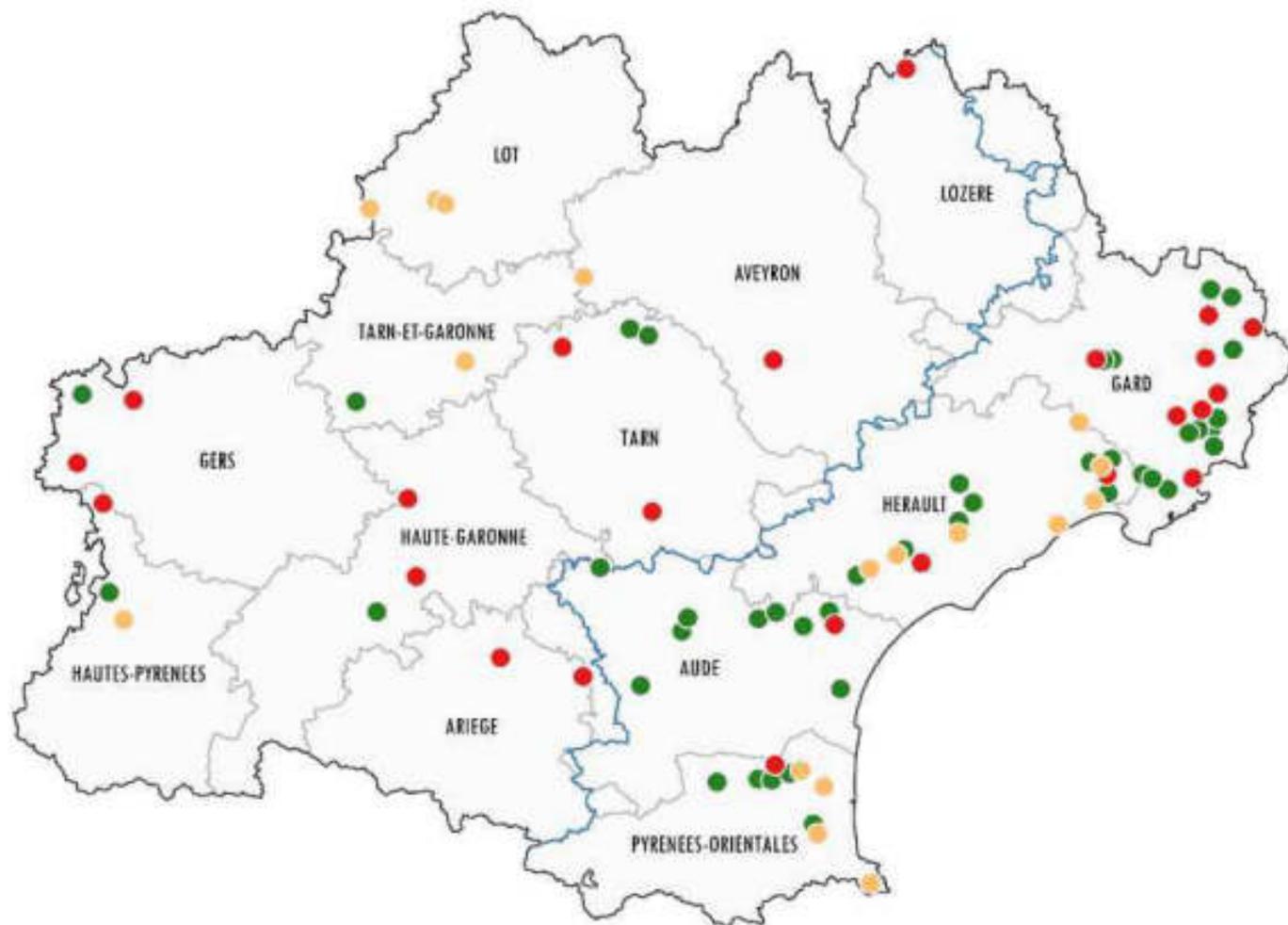
### Plusieurs objectifs fixés :

- *Les 1 000 "captages prioritaires" doivent disposer d'un plan d'action d'ici fin 2021*
- *Des engagements devront être "formalisés" sur au moins 350 captages d'ici 2022, puis 500 captages d'ici 2025*

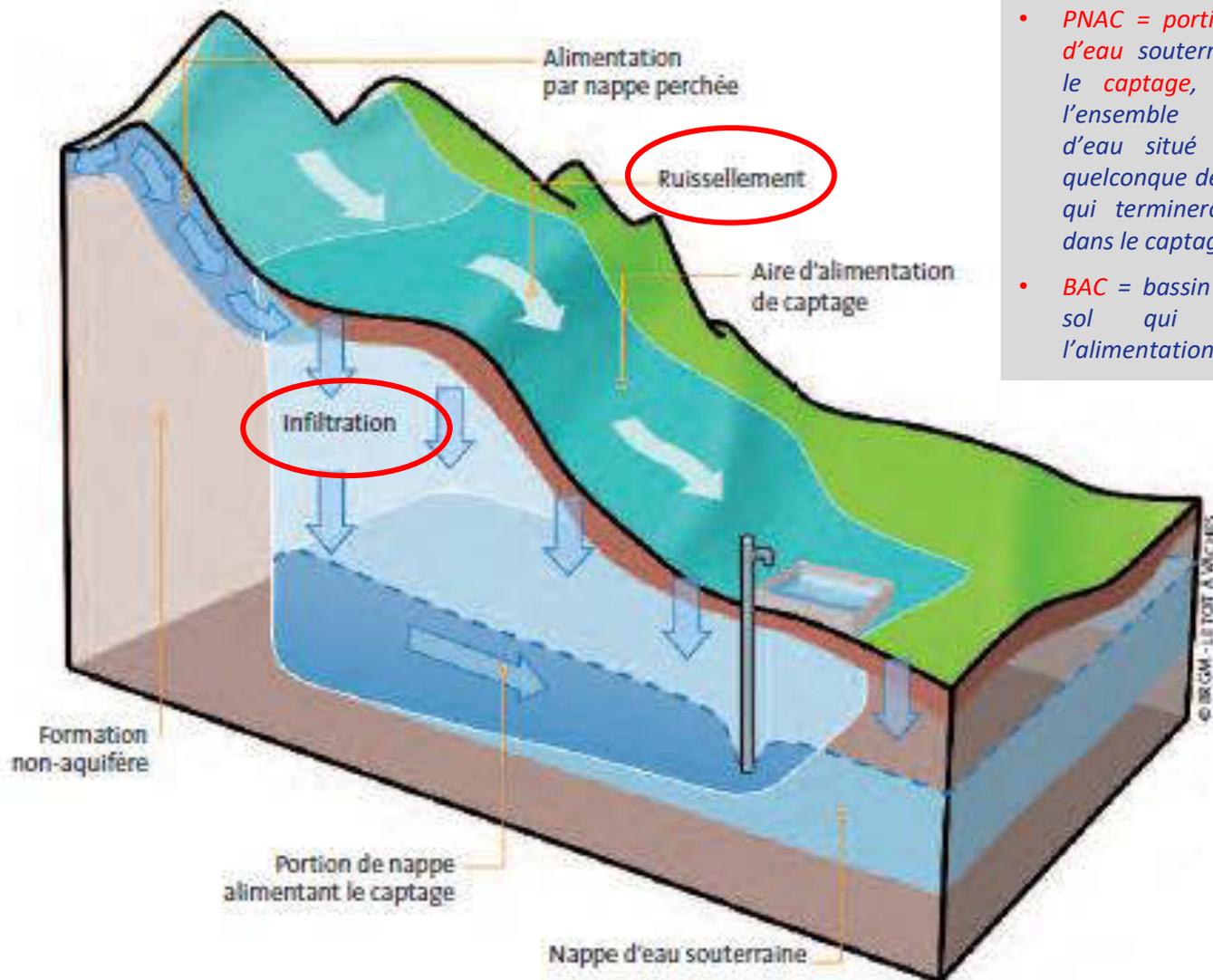
# BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGES

Situation des captages prioritaires en Occitanie

Source : outil de suivi des captages prioritaires (SOG) au 21/01/2020



## Délimitation de la PNAC et du BAC



- **PNAC** = portion de la nappe d'eau souterraine alimentant le captage, elle représente l'ensemble des particules d'eau situées en un endroit quelconque de la zone saturée qui termineront leur course dans le captage
- **BAC** = bassin à la surface du sol qui contribue à l'alimentation du captage.

# BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGES



## Plans d'actions

Objectif	Action		Mode(s) de transfert ciblé(s)*
limiter la dispersion des contaminants	Mise en place ou maintien de Zones Tampons (ZT)	Dispositifs enherbés ou boisés (dont ripisylve), talus, haies	Ruissellement diffus, dérive atmosphérique
		Zones tampons humides (bassins de lagunage, mares, étangs, retenues collinaires)	Drainage, ruissellement concentré
	Végétalisation des voies d'écoulement préférentielles : enherbement des talwegs, chemins enherbés, fossés végétalisés, enherbement inter-rangs en cas de cultures pérennes (vigne, arboriculture)...		Ruissellement diffus et concentré
	Travail du sol	Orientation des semis et labours selon les courbes de niveau	Ruissellement diffus
		Décompaction	Ruissellement diffus
		Sous-solage (élimination de la semelle de labour)	Ecoulements de sub-surface
	Elimination des courts-circuits (dérayures, traces de circulation d'engins, accès aux parcelles par l'amont, restriction de l'accès du bétail aux cours d'eau)		Ruissellement concentré
	Adaptation de la taille et de la forme des parcelles (fragmentation des parcelles couplée à la mise en place d'éléments paysagés type ZT)		Ruissellement concentré
	Aménagement d'ouvrages dispersifs (fascines...)		Ruissellement concentré
	Couverture des sols en inter-culture (paillage...)		Ruissellement diffus
Adaptation du matériel de pulvérisation (buses anti-dérive)		Dérive atmosphérique	

# BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGES

Objectif	Action	Mode(s) de transfert ciblé(s)
Raisonnement et réduire le recours aux intrants	Modification de l'assolement et des choix variétaux pour la mise en place de cultures moins exigeantes en intrants	Tous
	Mise en place de rotations culturales adaptées incluant des Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates (CIPAN)	
	Amélioration des techniques d'application des produits phytosanitaires et d'épandage des engrais : fractionnement et réduction des doses, gestion des périodes d'application en fonction des risques saisonniers de transfert...	
	Choix de substances phytosanitaires adaptées (durée de vie, toxicité)	
	Passage à l'Agriculture Biologique	
	Passage à l'agro-foresterie	
	Passage au désherbage alternatif (mécanique ou thermique), notamment en Zones Non Agricoles (ZNA)	
	Acquisitions foncières et échanges de parcelles pour la modification durable de l'occupation des sols dans les secteurs les plus vulnérables : boisement, remise en herbe, jachères	

Objectif	Action	Mode(s) de transfert ciblé(s)
Accompagner, sensibiliser et former les opérateurs	Soutien financier pour l'adaptation du matériel, l'incitation à la modification des pratiques culturales ou des systèmes de production (exemple : conversion à l'agriculture biologique)...	Tous
	Actions de communication : animation du programme d'actions, bulletins d'information...	
	Actions de formation et de conseil sur les techniques alternatives, la manipulation du matériel, les diagnostics agronomiques...	

# BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGES

## Un nouvel outil pour lutter contre les pollutions diffuses

### AAC : Aire d'Alimentation de Captage

correspond à la surface totale sur laquelle une goutte d'eau tombée au sol rejoindra le captage.

### ZP-AAC : Zone de Protection de l'AAC

Ensemble des secteurs de l'Aire d'Alimentation de Captage les plus vulnérables vis-à-vis des pollutions diffuses. Elle correspond à une échelle d'intervention réaliste pour améliorer la qualité de l'eau au captage. En fonction du type de captage et de son environnement, il peut y avoir une ou plusieurs zones distinctes.



PPC : Périmètres de Protection de Captage réglementaires

PPE : Périmètre de Protection Eloignée

PPR : Périmètre de Protection Rapprochée

PPI : Périmètre de Protection Immédiate

# COMPARATIF PPC / BAC

## COMPARATIF DES RÉGLEMENTATIONS RELATIVES À LA PROCÉDURE DUP ET À L'ÉTUDE BAC

	DUP ET PÉRIMÈTRES DE PROTECTION	ÉTUDE BAC ET PROGRAMME D' ACTIONS
 <b>Bases juridiques</b>	Articles L 1321-2 et R 1321-13 du code de la santé publique.	Article L 211-3-5 de la loi sur l'eau, Articles R 114-10 et R 144-5 du code rural.
 <b>Objectif par rapport à la qualité des eaux</b>	<b>Préservation de la qualité de l'eau.</b> Protection contre les pollutions accidentelles et ponctuelles notamment.	<b>Reconquête de la qualité de l'eau</b> vis-à-vis des pollutions diffuses sur l'ensemble de la ressource et plus particulièrement sur les paramètres posant ou pouvant, à terme, poser des problèmes particuliers.
 <b>Objectif opérationnel</b>	<b>Maîtriser les risques</b> de pollution de toute nature dans un périmètre donné autour du captage.	<b>Réduire les teneurs des éléments polluants</b> définis au préalable comme problématiques sur le captage.
 <b>Territoire d'action</b>	Trois périmètres de protection définis en fonction du risque, avec une réglementation différente sur les divers périmètres : - immédiat : il appartient à la collectivité, - rapproché : des activités peuvent être interdites, - éloigné : des activités peuvent être réglementées.	Zone alimentant le captage, à savoir l'ensemble du BAC avec territorialisation des actions proposées en fonction de la vulnérabilité au sein du bassin.
 <b>Surface concernée</b>	Généralement quelques dizaines d'hectares pour les périmètres de protection rapprochée.	Jusqu'à plusieurs milliers d'hectares pour le BAC, mais pas nécessairement pour la zone de protection.
 <b>Moyens</b>	<b>Réglementation</b> des installations, dépôts, activités, occupation des sols, etc. pouvant présenter un risque fort de pollution.	<b>Actions volontaires</b> ou pouvant déboucher sur des actions réglementaires sur les pratiques (notamment agricoles), implication des acteurs à l'origine de la présence des polluants et concertation.