

INTRODUCTION GENERALE

L'eau source de la vie, dont occupe $\frac{3}{4}$ du globe terrestre. De son importance pour les êtres vivants, les premiers regroupements des anciennes générations se sont formés à se regrouper à la proximité des points d'eau, ou en bordure des rivières et les fleuves

L'acquisition de cet élément, au cours de long années, est un sujet à traité, dans le but de satisfaire ma demande, qu'il s'agit du captage, stockage, transport et distribution aux abonnées, ainsi que sa protection et traitement, ce qui représente le domaine de l'«**Hydraulique Appliquée**»

CHAPITRE : 01

CAPTAGE ET POINT D'EAU

Par captage on entend un ouvrage de prélèvement exploitant une ressource en eau, que ce soit en **surface** (prise d'eau en rivière) ou dans le **sous-sol** (forage ou puits atteignant un aquifère). Qu'ils soient destinés à l'alimentation en eau potable (AEP), à l'irrigation ou aux usages domestiques et industriels, tout captage doit être déclaré

Dans les projets de captage, l'eau est prélevée à partir des nappes (**partie cachée**) ou soit de sont exutoire (**partie visible**) qui sont les sources

Un projet de captage à partir d'un point d'eau comporte un dossier, qui est présenté au service de l'hydraulique. Ainsi, une enquête hydrogéologique de ce point d'eau est réalisée en examinant :

- L'origine des eaux
- Les contaminations éventuelles
- Les mesures de protection à adopter

Pour les captages d'eau destinés à l'AEP, des contrôles de qualité sont obligatoires, en rapport avec les normes de potabilité établie par le code de la santé public

Étapes de l'étude d'une source souterraine

Deux principaux aspects sont à considérer : la qualité de l'eau souterraine et sa quantité disponible. Il est nécessaire dans ce cas de veiller à ce que la qualité naturelle de l'eau soit conservée. On devra donc détecter à tout prix, la présence de tout contaminant éventuel, en vérifiant l'origine des eaux et en prévoyant des mesures de protection.

Avant tout captage, on procédera à des études sur cartes, sur le terrain et à des observations de longue durée. Nous donnerons ici un résumé de ces principales études dans les cas d'une nappe captive et d'une nappe libre.

Cas d'une nappe captive

À partir de cartes topographiques et géologiques, on procédera à l'analyse des points suivants :

- Détermination de l'aire de recharge en fonction de l'altitude du point d'émergence et des informations sur la nature géologique du sous-sol.
- Repérage des points de contact du milieu poreux avec la surface.
- Détermination du sens de l'écoulement avec l'examen des coupes géologiques.

Sur le terrain, on recherchera principalement les causes éventuelles de contamination :

- Les gouffres et les crevasses sont des lieux propices aux points de contact entre les eaux souterraines et les eaux de surface.
- Eaux usées (méthodes d'épuration, fosses septiques, établissements industriels)
- Exploitations agricoles et forestières (pesticides, purins)
- Dépôts de déchets

Parmi les observations à effectuer, on compte tout d'abord les observations préliminaires de mode d'émergence, de température et les analyses d'échantillons. À plus long terme, on peut, dans le cas d'une source, mesurer le débit avec un déversoir à crête et procéder à des mesures de résistivité et de température. Ces dernières mesures sont utiles pour déterminer la présence de points de contact avec l'eau de surface. En effet, les variations de température reflètent un court séjour en milieu poreux et, les eaux de surface étant peu minéralisées, une augmentation de la résistivité permet de découvrir leur présence. Des observations en périodes sèches et humides permettent de quantifier les cas extrêmes.

Cas d'une nappe libre ou gisement

On détermine d'abord, sur cartes, la puissance ou l'étendue de la nappe de façon à déterminer les emplacements possibles d'ouvrages de captage. Sur cartes topographiques et géologiques, on relèvera les informations suivantes:

- Le contour de l'horizon géologique qui renferme la nappe.
- Le réseau hydrographique, sa densité augmente avec le ruissellement.
- Le périmètre d'alimentation.
- Les fissurations et le pendage des couches.

Sur le terrain, on construit des puits de reconnaissance en mesurant les débits, les rabattements et la qualité de l'eau. Si les informations sur cartes sont insuffisantes, on effectue des forages pour déterminer l'épaisseur des couches et la granulométrie. On procède aussi à l'installation de piézomètres.

Avant tout captage, il est important de relever les niveaux piézométriques dans les puits, piézomètres et ouvrages existants. On effectue alors un essai de pompage de huit à dix jours (un mois pour les nappes étendues) de façon à déterminer les perméabilités en place, les transmissivités et le rayon d'influence. Si le nombre de stations de mesures le permet, on trace les lignes iso-piézométriques dont les lignes de faîtes déterminent le contour d'alimentation à l'intérieur duquel on applique la valeur de la précipitation moyenne annuelle en tenant compte du coefficient d'infiltration pour évaluer la capacité de recharge.

Les zones de transmissivité maximale sont propices à l'implantation d'un puits.

On ne doit pas oublier de vérifier dans le périmètre d'alimentation la présence de sources réelles ou potentielles de contaminations.

Sur le plan des observations longue durée, il est difficile de les réaliser en raison de l'instrumentation immobilisée à long terme. On essayera tout de même de prendre des mesures en périodes sèche et humide. Les observations météorologiques connues sur des périodes étendues pourront être corrélées avec les mesures de l'étude sur le terrain.

Il existe trois grandes catégories de puits : les puits **creusés**, les puits **foncés** et les puits **forés** plus communément appelés **forages**

a) Les puits creusés

Creuser sur le terrain avec une pelle et une pioche est la technique la plus simple et la plus ancienne. C'est aussi la plus fatigante mais **la moins coûteuse**. Elle nécessite que le **sol** soit relativement meuble et la **nappe** phréatique **peu profonde**. Ces puits sont souvent bordés par des pierres pour les renforcer et les empêcher de s'effondrer, mais il est nettement préférable

de les **cuveler** (maintenir à la verticale) avec des anneaux de béton souvent réalisés facilement sur place avec des moules. On peut aussi utiliser des moyens mécaniques moins rustiques de creusement pour diminuer les efforts physiques importants. Les puits creusés ne sont pas très profonds (**entre 10 et 20 m le plus souvent**, exceptionnellement 30 à 40m). Etant peu profonds, **ils risquent d'être contaminés et ils peuvent s'assécher plus facilement** que les autres types de puits.

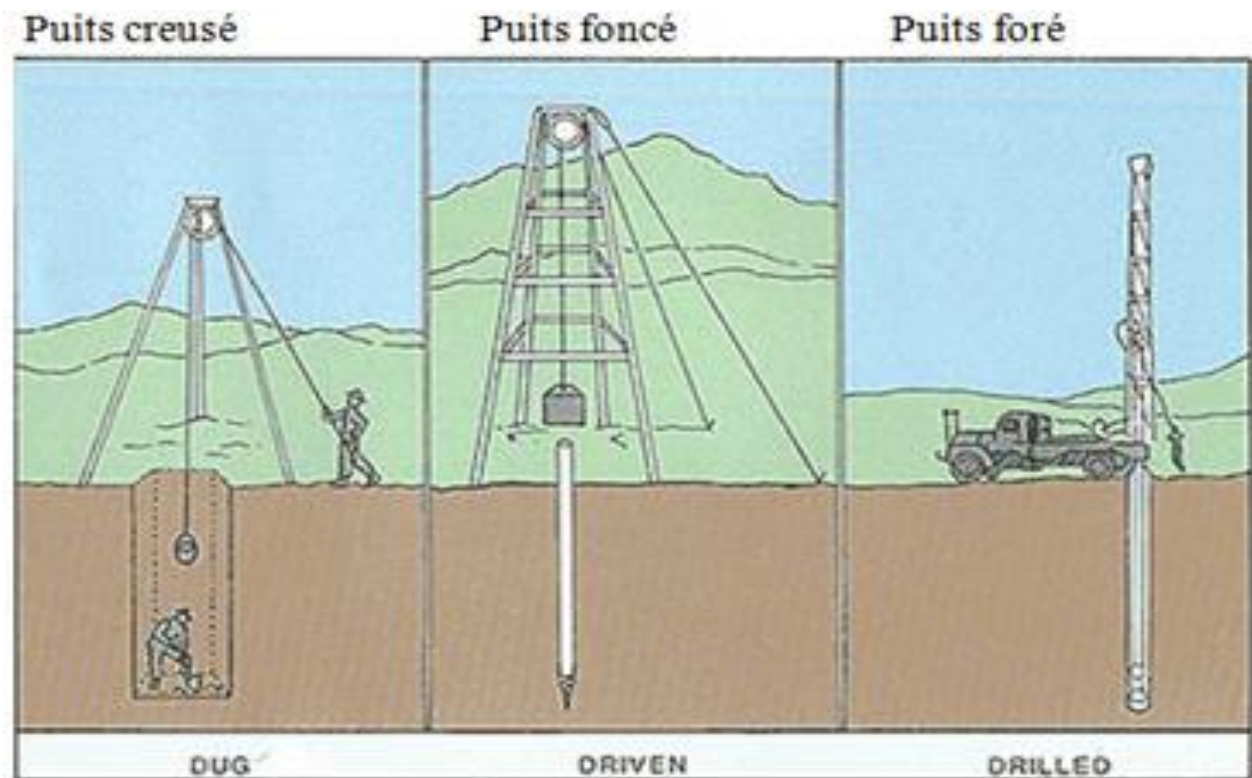


Figure 1 types de puits

b) Les puits foncés (ou puits à pointe filtrante)

Les puits foncés sont réalisés par **enfouissement** par un mouvement de va et vient vertical **d'un tube perforé à bout pointu et de petit diamètre** (sauf pour la technique particulière du havage) **dans une terre friable**, comme le sable ou le gravier. Un filtre, ou crépine, est très souvent fixé à la partie inférieure de la conduite pour filtrer le sable et les autres particules et les empêcher de pénétrer dans le puits. Ils ne peuvent puiser l'eau qu'à des profondeurs moyennes comprises entre **15 et 100 m** suivant la technique utilisée. Ils sont, comme les puits creusés, exposés aussi, mais moins, à la contamination et à l'assèchement.

Il existe trois techniques de fonçage :

- Le fonçage **par battage** : le battage consiste à **enfoncer un tube** muni d'une pointe **en laissant régulièrement tomber un outil lourd (le trépan)** sur l'extrémité du tube

- Le fonçage **par injection d'eau** (ou **lançage** à l'eau) : le procédé consiste à **injecter de l'eau sous pression** à l'intérieur d'un tube pour faciliter le creusement du sol et l'évacuation des débris.
- Le fonçage par **havage** : le havage consiste à **creuser le sol à la base même du tubage** en position verticale qui ainsi s'enfonce sous l'effet de son propre poids.

c) Les puits forés ou forages

Un grand nombre de puits modernes sont des puits forés qui sont **creusés par percussion** d'un outil dans le sol **ou par l'action rotative d'un outil coupant (tarière, foreuse, trépan)** tournant autour d'un axe vertical et qui brise et mâche les roches dont les résidus sont remontés le plus souvent par des boues à la surface.

Ils peuvent atteindre **jusqu'à 300 m** de profondeur.

Les puits forés peuvent être réalisés suivant de **nombreuses techniques** :

1) **Soit manuellement** ou en utilisant des moyens manuels bon marché (par exemple des vrilles appelées tarières que l'on fait tourner à la force des bras). Les techniques les plus utilisées sont les suivantes :

- Forage **à la tarière**
- Forage **par percussion**
- Forage **par injection d'eau ou lançage à l'eau**
- Forage **à la boue**

2) **Soit en utilisant des moyens motorisés léger** (pompes, compresseurs) pour creuser le terrain :

- Forage **au marteau fond de trou**
- **Forage rotary**

3) **Soit en utilisant des moyens mécanisés lourds** de percement qui permettent d'atteindre de grandes profondeurs

- Ces moyens de forage sont **souvent montés sur des gros camions** super équipés. Ils utilisent des **outils de forage rotatifs** qui mâchent ou brisent les roches, ou d'abord, si le sol est mou comme c'est assez souvent le cas au début d'un forage,, des grandes **vrilles** appelées **tarières**. Les forages peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres de profondeur. Souvent, une pompe est placée au bas pour pomper l'eau jusqu'à la surface

Les eaux de surface

Qualité

Règle générale, la qualité de l'eau de surface est moindre que celle des eaux souterraines. En effet, elles sont soumises à la possibilité d'une dégradation naturelle causée par :

- Le transport solide
- Les minéraux dissous, bien que l'eau soit moins dure que les eaux souterraines
- La matière organique naturelle

En rivière, la qualité est en général meilleure à l'amont qu'à l'aval. À l'amont, l'eau peut être plus turbide ce qui est facile à contrôler en raison de l'origine minérale de cette turbidité. Par contre, surtout en région montagneuse, elle est plus pure et froide. En aval, le contact avec des zones habitées et exploitées favorise les risques de pollution.

En lac ou réservoir, la turbidité est faible car la décantation y est favorisée. Par contre la possibilité de stratification thermique, chimique et biologique rend la qualité variable sur un cycle annuel.

En résumé, les eaux de surface sont plus exposées à la dégradation naturelle et à la pollution liée aux activités humaines. Pour cette raison, il sera généralement nécessaire de prévoir un traitement sous forme de filtration et de désinfection.

Quantité

La quantité disponible est variable ou constante selon le cycle hydrologique en fonction du débit que l'on veut prélever. L'étude des quantités disponibles doit se faire en tenant compte des paramètres suivants:

Météorologie, hydrologie, géologie, topographie et exploitation humaine des ressources

Contrairement au cas des eaux souterraines, le domaine d'étude est clairement défini ; c'est le bassin versant:

Il est déterminé par la topographie des lieux, les pentes déterminent le volume d'emmagasinement du bassin et en combinaison avec le régime du débit, la formation du réseau hydrographique. Les faibles pentes favorisent la rétention des eaux de surface. En fonction de la nature des sols, l'infiltration joue un rôle important.

En fonction de la nature de l'écoulement, la quantité d'eau disponible sera:

- En régime non régularisé: le débit disponible sans pénurie, sera le plus bas débit d'étiage.
- En régime régularisé: naturellement (lac) ou par des ouvrages de rétention, le débit disponible sera de 75% à 90% du module.

Captage des eaux de surfaces

Le captage des eaux de surface comporte les inconvénients et les avantages suivants :

a) Inconvénients :

- Température variable
- Composition chimique variable
- Contamination et pollution
- Vulnérabilité aux sécheresses

b) Avantages :

- Possibilité de rétention, sûreté de débit
- Facilité de captage

En cours d'eau, on situe les prises d'eau de façon à assurer la stabilité de la qualité et des rejets de matières polluantes. En zone estuarienne, on doit se préoccuper des inversions de courant.

En régime hivernal, il faut se préoccuper du fraïl. Puisque le fraïl a tendance à se générer dans les zones turbulentes de l'écoulement, on préférera placer la prise d'eau loin de ces zones. Malgré tout, le risque d'ingestion de fraïl persiste et les dangers de colmatage des grilles est bien réel. Il faut prévoir des dispositifs de déglacage. Les plus courants sont :

- Le chauffage électrique des parties submergées.
- L'injection d'eau plus chaude provenant de l'eau souterraine par exemple.
- La formation de rideaux de bulles d'air

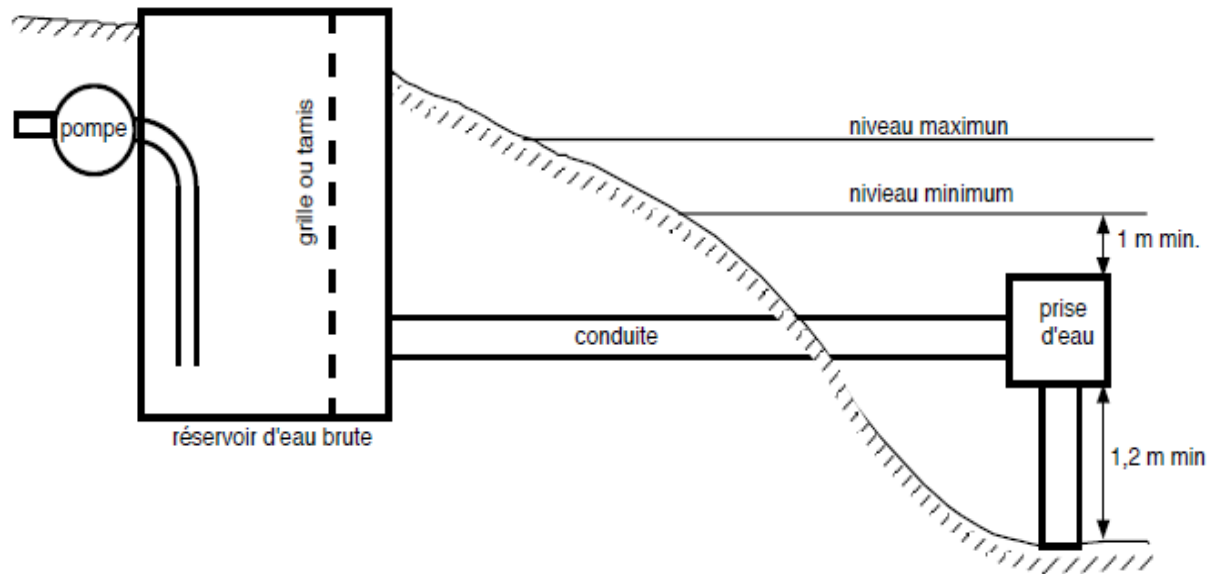


Figure 2 prise d'eau en rivière

En lac et en réservoir, la prise d'eau doit tenir compte des possibilités de stratification causée par la variation de la densité de l'eau en fonction de la température.

Afin de pouvoir capter une eau de qualité adéquate en fonction de la saison, on aménage des ouvertures à différentes élévations que l'on peut ouvrir ou fermer selon les besoins.

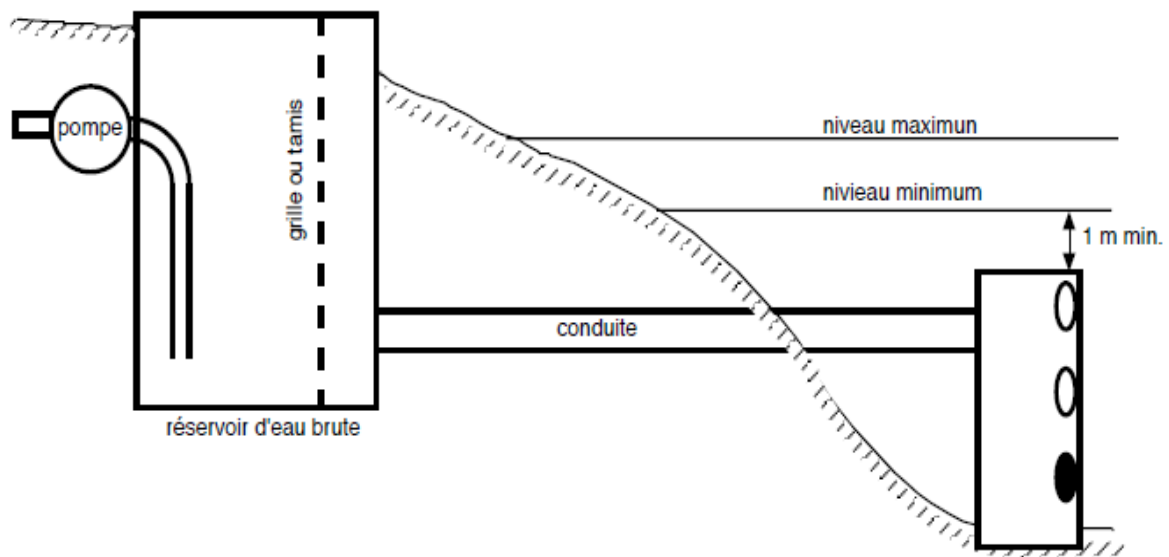


Figure 3 prise d'eau en réservoir

La conduite qui relie le réservoir d'eau brute à la prise doit avoir un diamètre qui autorise une vitesse d'écoulement en opération de 0,9 à 1,2 m/s sans tomber en deçà de 0,6 m/s ni dépasser 1,9 m/s.

Périmètres de protection d'un captage

Des périmètres de protection sont instaurés autour des captages, après une procédure technique et administrative. Les périmètres de protection correspondent à un zonage établi autour des points de captage d'eau potable. Ils constituent le moyen privilégié pour prévenir et diminuer toute cause de pollution locale, ponctuelle et accidentelle qui peut altérer la qualité des eaux prélevées (Winschen, 2011). Les interdictions, prescriptions et recommandations sont proposées en conséquence.

Trois périmètres de protection sont définis selon la réglementation :

1. Périmètre de protection immédiate

Le périmètre de protection immédiate doit couvrir au minimum le captage et ses annexes (drains, galeries, bâti de protection, dalle bétonnée,...), ainsi que les installations nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage.

La zone de protection immédiate englobe le point de prélèvement où les contraintes de pollution sont fortes.

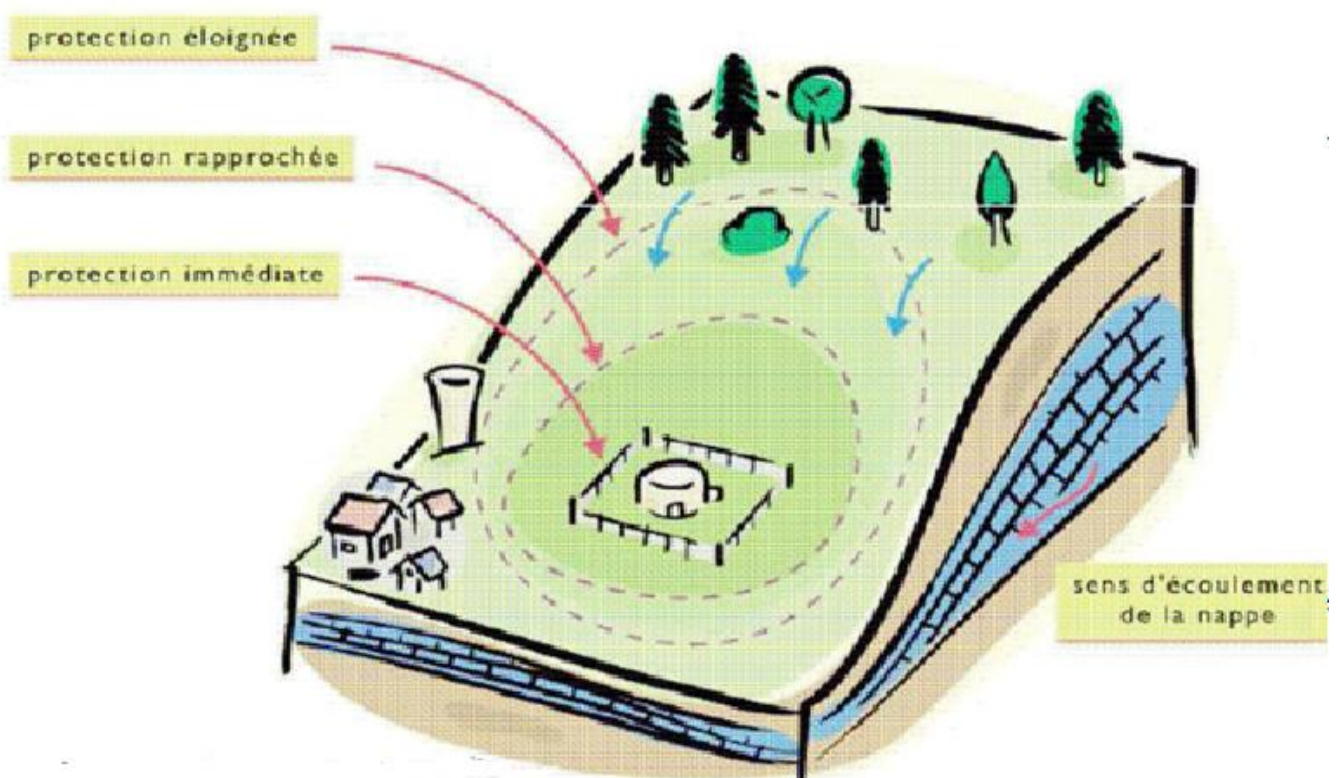


Figure 4 périmètres de protection

2. Périmètre de protection rapprochée

Le périmètre de protection rapprochée a pour but de protéger efficacement le captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes (Marchal, 2007).

Selon (Nassah et Omdi, 2011), il délimite le secteur dans lequel toute pollution ponctuelle ou accidentelle est susceptible d'atteindre rapidement le captage soit par ruissellement superficiel, soit par migration souterraine des substances polluantes.

Le périmètre de protection rapprochée est déterminé en prenant notamment en compte :

- les caractéristiques physiques de l'aquifère et de l'écoulement souterrain,
- le débit maximal de pompage,
- la vulnérabilité,
- l'origine et la nature des pollutions contre lesquelles il est nécessaire de protéger les eaux souterraines.

3. Périmètre de protection éloignée

Le périmètre de protection éloignée correspond théoriquement à la totalité de l'aire (ou zone) d'alimentation de l'ouvrage, sa définition repose sur la délimitation de l'aire d'alimentation du captage à l'intérieur de laquelle les lignes de courant sont orientées vers l'ouvrage utilisé (Marchal, 2007).

Exercice :

Au cours d'un essai de pompage effectué sur un puits de 2m de diamètre, un débit horaire de 400 litre a été enregistré.

Deux piézomètres sont implantés à une distance de 40m et 100m respectivement.

- 1- Déterminer le coefficient de perméabilité ?
- 2- Vérifier que le débit de pompage s'approche à celui obtenu pour un rayon d'influence de 300m ?