

## Introduction à l'hydrogéologie

Durant les dernières décennies, de grands progrès ont été accomplis aussi bien dans l'analyse mathématique que dans les techniques de simulation des problèmes de l'eau. Cette eau ; est la source de toute vie, se présente dans la nature sous trois états :

- ❑ **solide** : neige et glace,
- ❑ **liquide** : eau chimiquement pure ou chargée en solutés,
- ❑ **gazeux** : à différents degrés de pression et de saturation.

Les changements de phase de l'eau dans l'atmosphère terrestre dépendent essentiellement de la **température** et de la **pression** (figure 01).

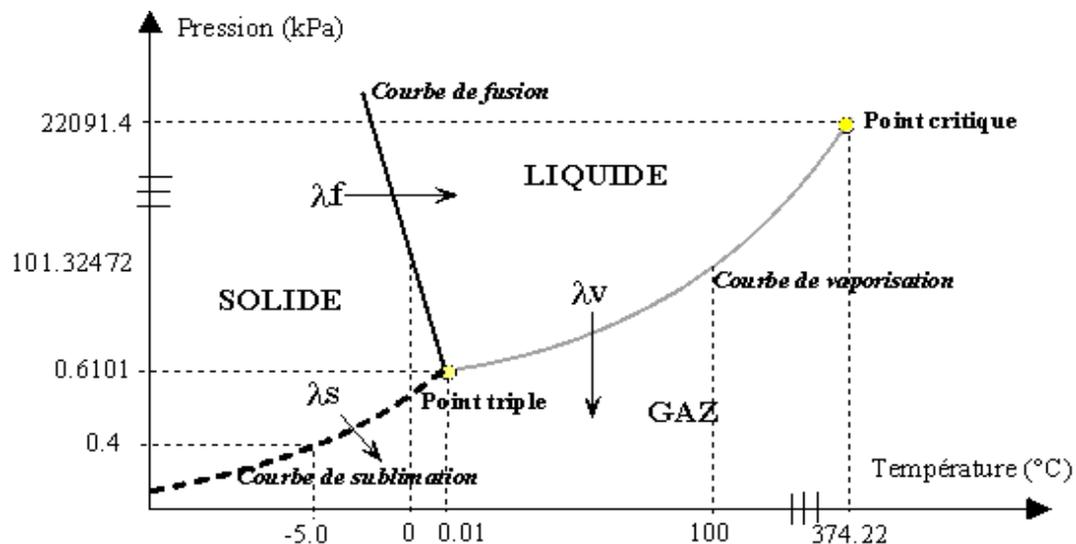


Fig. 01 - Diagramme des phases de l'eau dans l'univers. Source : Musy 2005.

L'ensemble des processus de transformation et de transfert de l'eau d'une phase à une autre forme le **cycle hydrologique** ; d'une façon très générale, **l'hydrologie** est la science qui s'intéresse au **cycle de l'eau**, c'est-à-dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol.

Le terme **cycle de l'eau** fait référence au mouvement constant de l'eau au-dessus et en dessous de la surface de la Terre. Bien que le **cycle de l'eau** n'ait par définition, ni un commencement ni une fin ; il convient de discuter de ses principales caractéristiques en commençant par l'évaporation du couvert végétal, des surfaces humides exposées à l'atmosphère, y compris la surface terrestre, et de l'océan. Cette évaporation forme des nuages qui renvoient l'eau à la surface du sol ou dans les océans sous forme de précipitations (figure 02).

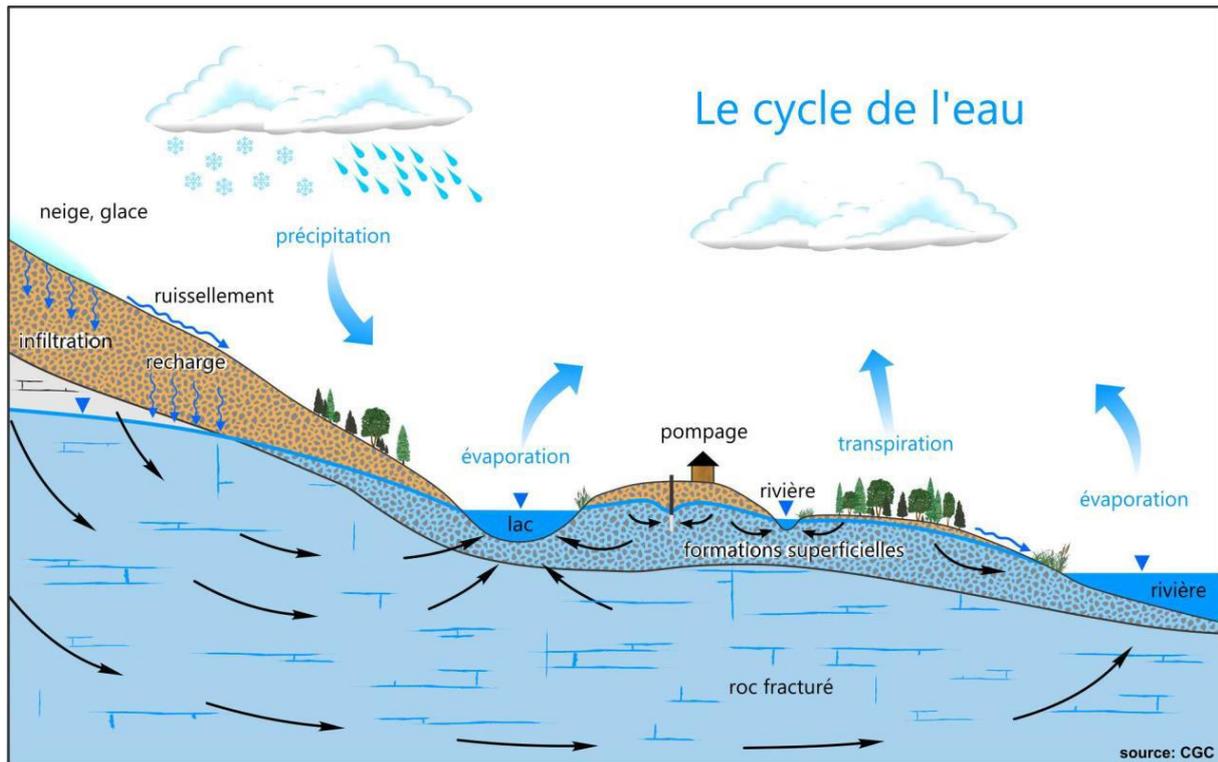


Fig. 02 – Le cycle de l'eau. Source : Source: Commission Géologique du Canada.

Examinons ce qu'il va advenir de l'eau issue des **précipitations** ; une partie de cette eau va **ruisseler** et alimenter les lacs et les rivières; une autre partie de l'eau va retourner à l'atmosphère, sous forme vapeur par le processus de **l'évapotranspiration** qui englobe deux phénomènes physique (**l'évaporation**) et biologique (la **transpiration**) ; et enfin une partie de l'eau issue des précipitations va **s'infiltrer** dans le sous-sol.

La majeure partie de l'eau de notre planète (soit environ 97%) est contenue dans les océans et les mers sous forme d'eau salée, ce qui la rend inutilisable par les êtres vivants. Le reste c'est une eau douce où la majeure partie (soit environ 69%) présente sous forme de glace.

Les eaux de surface (lacs, réservoirs, rivières,...) couvrent seulement 0,3% du volume total, alors que les eaux souterraines représentent une part très importante du cycle de l'eau (30,8%) et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable et d'usage industriel ou agricole.

**L'hydrogéologie** (du grec *hydra* : l'eau, *ge* : la terre et *logos* : le discours): est la discipline des sciences hydrologiques qui s'occupent des eaux **souterraines**. Elle se base sur l'analyse de deux entités essentielles, **l'aquifère** et la **nappe d'eau souterraine**.

### Qu'est-ce qu'un aquifère???

- **L'aquifère** (formation géologique perméable; sol ou roche) constitue le réservoir des nappes d'eau souterraines.

### Qu'est-ce qu'une nappe d'eau???

- **La nappe d'eau souterraine** est constituée par l'ensemble des eaux comprises dans la **zone saturée** de l'aquifère ; dont toutes les parties sont en continuité hydraulique.

Au-dessous de la surface du sol, deux zones peuvent être identifiées de haut en bas (figure 03):

- ✓ **la zone non saturée**, système à trois phases (solide, liquide, gaz) ou seule une partie des espaces lacunaires sont remplis d'eau, le reste étant occupé par l'air du sol;
- ✓ **la zone saturée**, système à deux phases (solide, liquide) où tous les pores sont remplis d'eau.

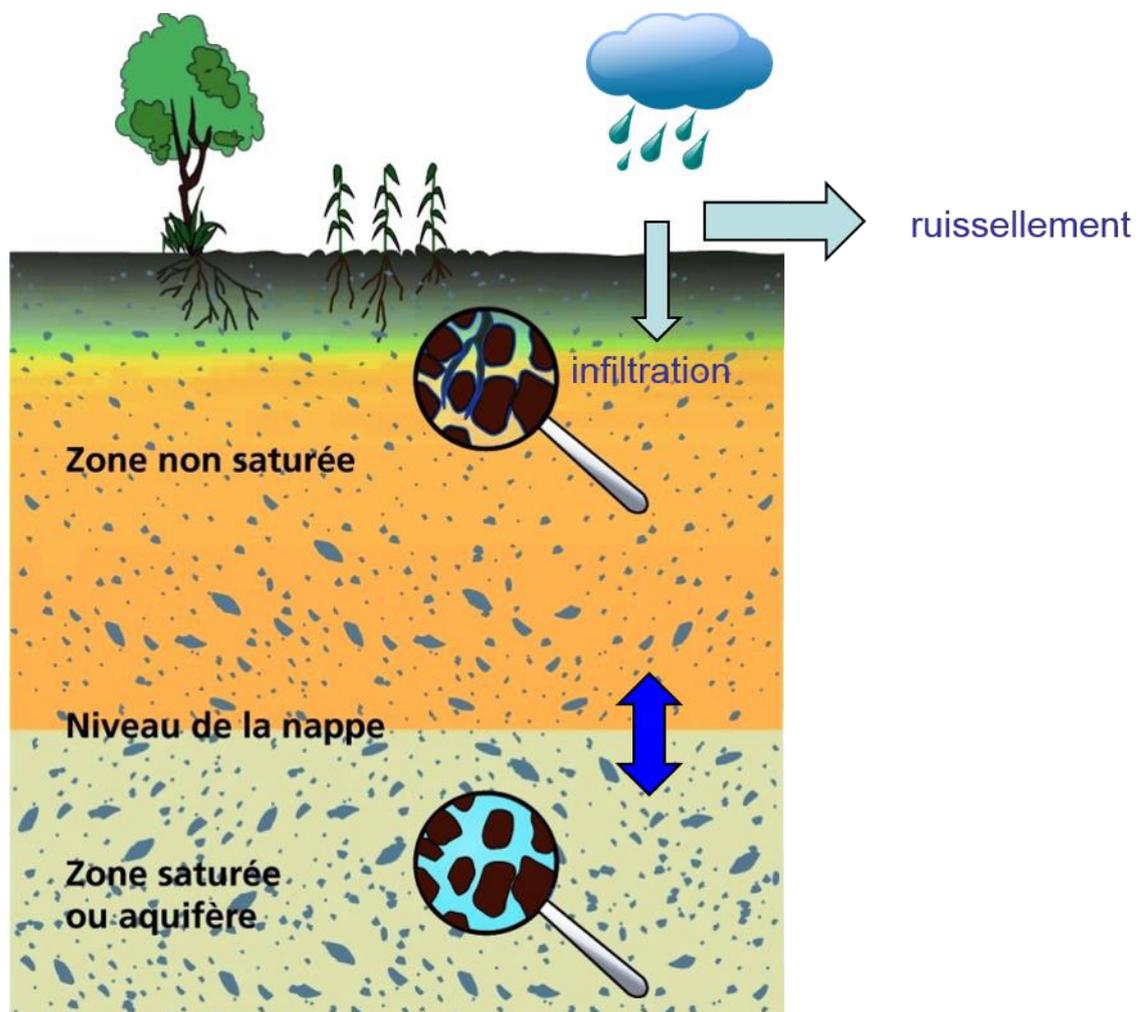
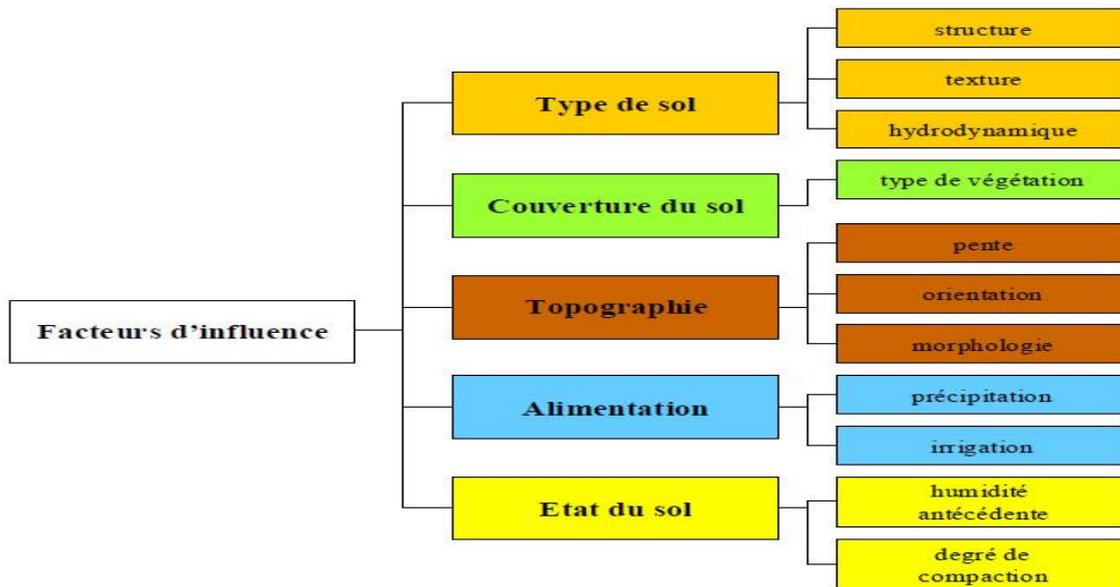


Fig. 03 – Distinction entre la zone non saturée et la zone saturée. Source : BRGM 2006.

**N.B :** L'écoulement souterrain dans la zone non saturée se fait verticalement vers la nappe d'eau est fonction de la perméabilité du sol et de la nature et de l'épaisseur de cette zone; alors que dans l'autre zone (saturée) est presque transversal dans le sens des potentiels de pression décroissants, des hauteurs piézométriques les plus élevées vers les plus basses.

### Qu'est-ce qu'une infiltration???

- L'**infiltration** qualifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol, lorsque celui-ci reçoit une averse ou est exposé à une submersion. Elle est conditionnée par différents facteurs que l'on a regroupés dans la figure ci-dessous:



### Qu'est-ce qu'une percolation???

- On distinguera l'infiltration de la **percolation** qui représente l'écoulement plutôt vertical (vers le bas) de l'eau dans un milieu poreux et non saturé faisant suite à l'**infiltration** ; pour rejoindre la nappe phréatique et ce, sous l'influence de la pesanteur, généralement plus lent que l'infiltration.

### Différentes classifications des aquifères :

La configuration de l'aquifère porte sur les caractéristiques de ses limites géologiques et hydrodynamiques ou conditions aux limites. La base de l'aquifère à une formation imperméable, appelée substratum; alors que pour sa limite supérieure, on distingue trois grandes familles d'aquifère :

- ✓ Hydrodynamique avec fluctuations libres : **aquifère à nappe libre** ;
  - ✓ Géologique imperméable : **aquifère à nappe captive** ;
  - ✓ Géologique semi perméable : **aquifère à nappe semi-captive**.
- 1- **Un aquifère à nappe libre** (à surface libre) est formé d'une couche perméable partiellement remplie d'eau et surmontant une couche relativement imperméable. La limite supérieure s'appelle surface libre (ou niveau phréatique); elle est exposée à la pression atmosphérique. Le niveau supérieur de la nappe est appelé niveau piézométrique, il se trouve toujours sous le niveau du sol (figure 04).

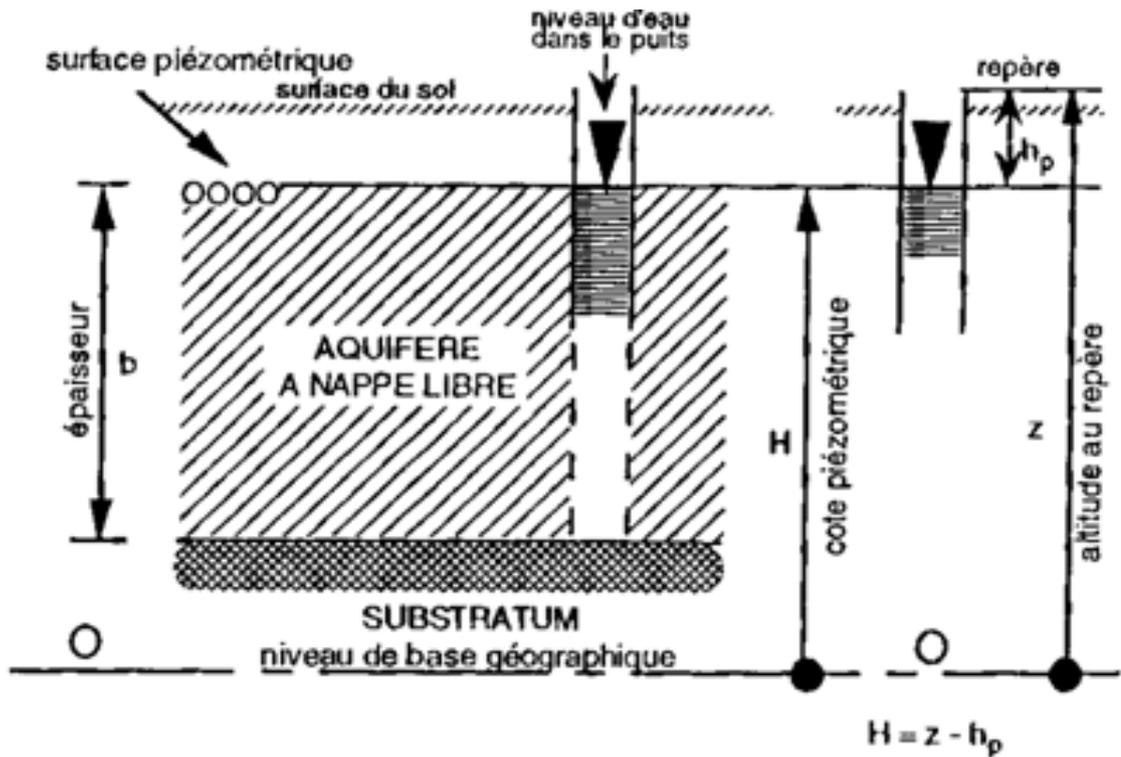


Fig. 04 – Aquifère à nappe libre. Source : Castany 1998.

- 2- **Un aquifère à nappe captive** est une couche totalement saturée comprise entre deux formations étanches : le **substratum** à la base et le **toit** au sommet. Dans une nappe captive, la pression d'eau en tous points est normalement supérieure à la pression atmosphérique; l'eau s'élève donc dans les puits au-dessus du toit de l'aquifère c'est-à-dire la surface piézométrique est supérieure au toit de l'aquifère (figure 05).

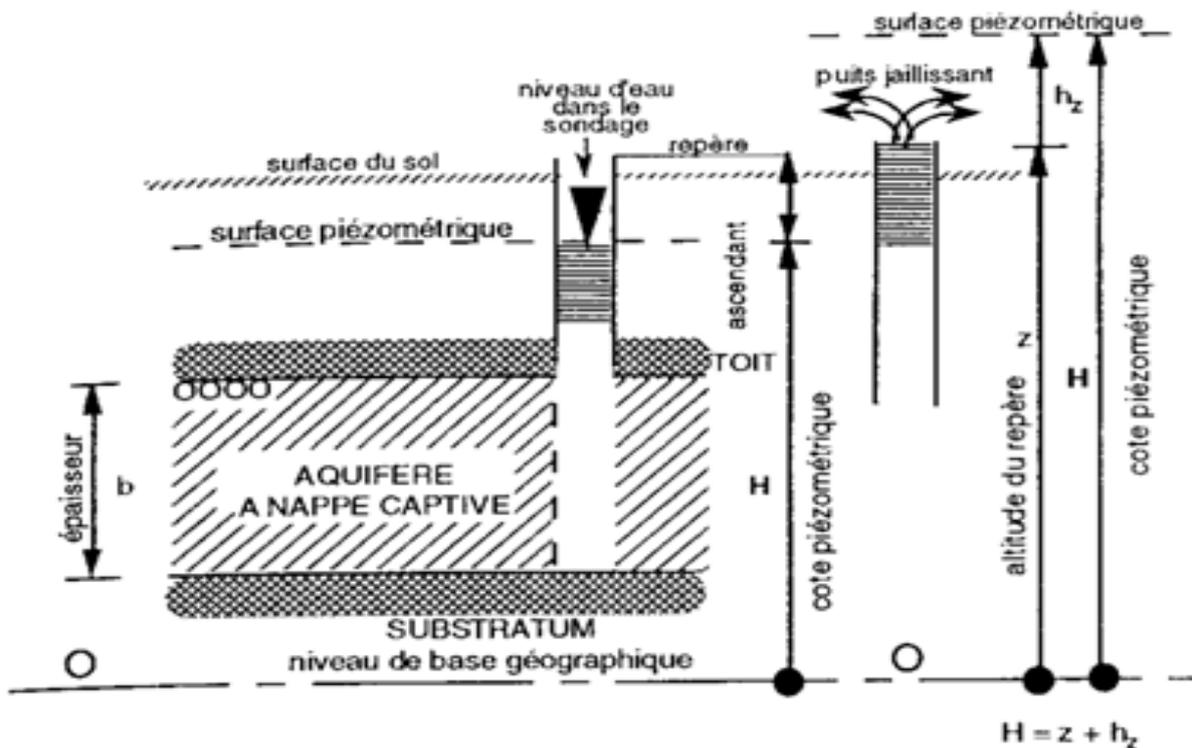


Fig. 05 – Aquifère à nappe captive. Source : Castany 1998.

Un tel forage (puits) est appelé **forage artésien** et si l'eau remonte jusqu'à la surface du sol (niveau piézométrique au-dessus de la surface du sol) on l'appellera **forage artésien jaillissant**. Il s'écoule naturellement sans pompage (figure 06).

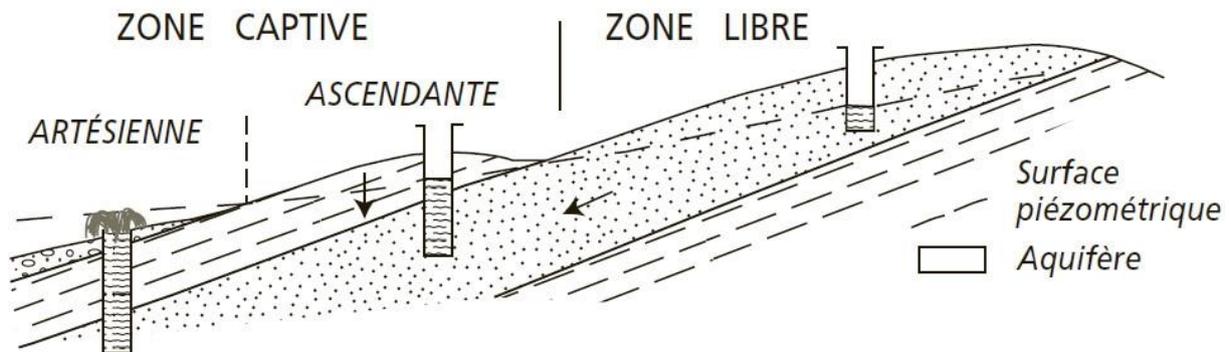


Fig. 06 – Nappe libre et nappe captive avec un forage artésien. Source : Gilli et al. 2008.

- 3- **Un aquifère à nappe semi-captive** ou à drainance est un aquifère saturé sur toute son épaisseur, mais dont la limite supérieure (toit) est semi-perméable et la limite inférieure (substratum) est soit étanche, soit semi-perméable (figure 07).

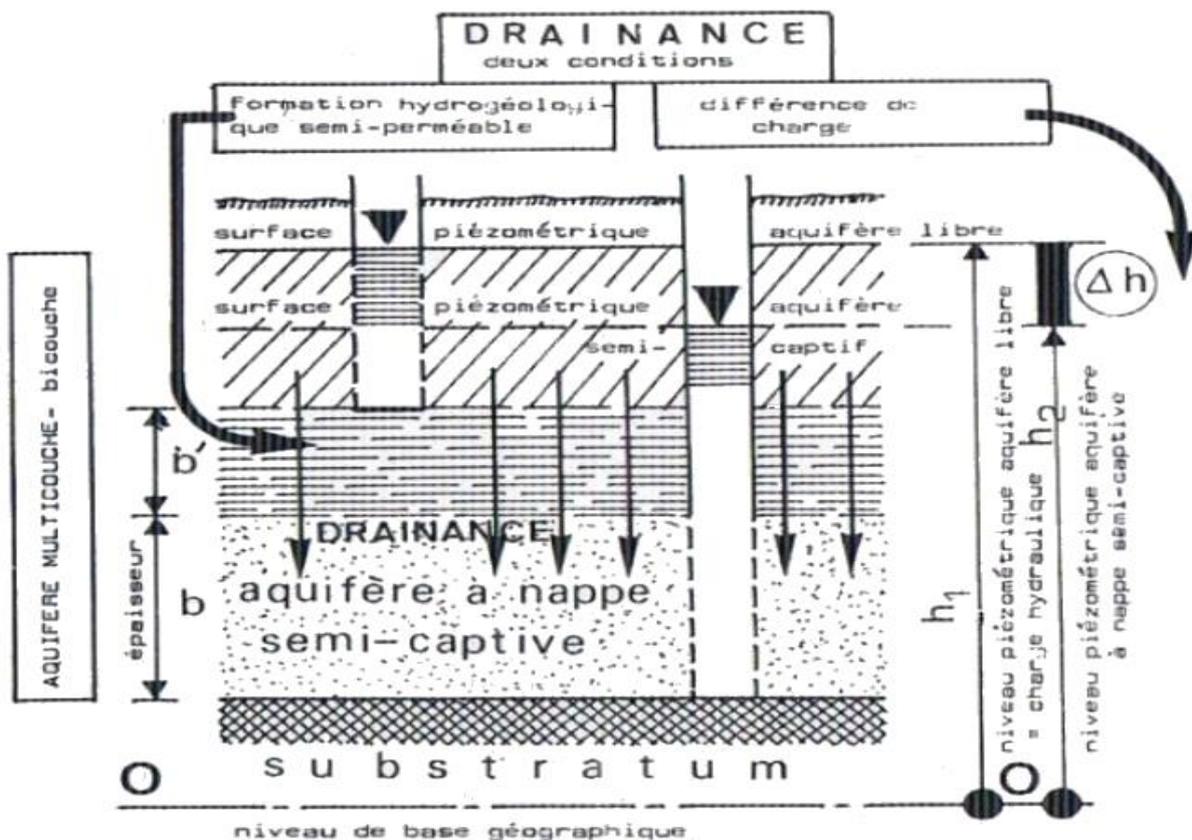


Fig. 07 – Aquifère à nappe semi-captive. Source : Castany 1998.

On appelle ici formation hydrogéologique **semi-perméable** une formation ayant un coefficient de perméabilité faible mais mesurable. Cette formation semi-perméable permet dans certaines conditions hydrodynamiques favorables (différences de charge) des échanges d'eau (ou de pression) avec l'aquifère superposé, appelé **drainance**.