



UE16S5- Géographie des milieux : Les hydrosystèmes

Licence 3

Laurent Chalumeau

CM : 12h

TD : 12h

Introduction

L'hydrogéologie : discipline des sciences hydrologiques qui s'occupent des eaux souterraines :

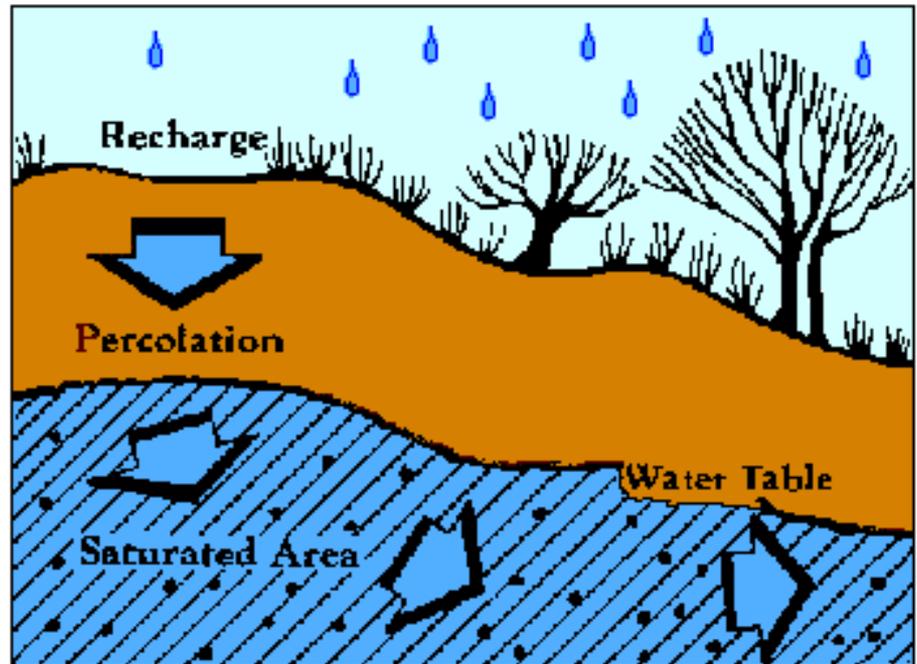
- Compréhension des conditions géologiques, hydrologiques et des lois physiques qui régissent l'origine, la présence, les mouvements et les propriétés des eaux souterraines.
- Prospection, captage, protection, gestion des eaux souterraines

La percolation

Écoulements souterrain en zone non saturée

L'eau traverse le sol puis percole à travers les couches géologiques pour atteindre la nappe phréatique.

L'eau s'écoule ensuite au sein de l'aquifère.



Nappes et eaux souterraines

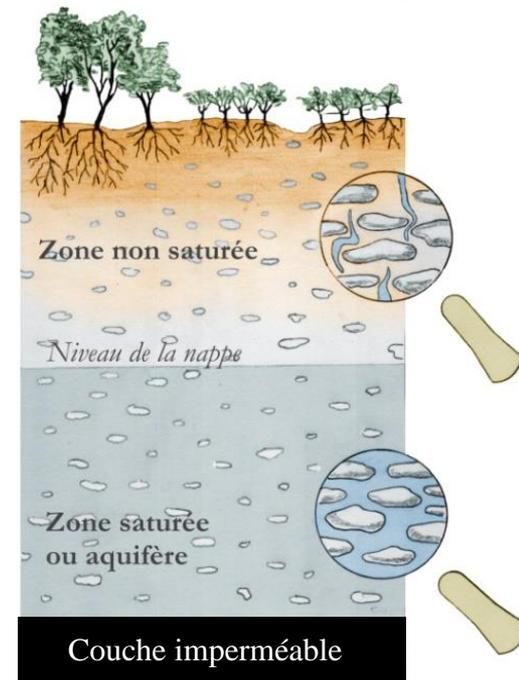
Notion d'aquifère

Définition:

Aquifère : Couche de terrain suffisamment poreuse et perméable pour contenir une nappe d'eau souterraine.

Nappe aquifère (nappe phréatique) : ensemble de l'eau circulant dans un aquifère

Surface (niveau) piézométrique : Altitude (ou profondeur par rapport à la surface du sol) de la limite entre la zone saturée et la zone non saturée dans une formation aquifère.



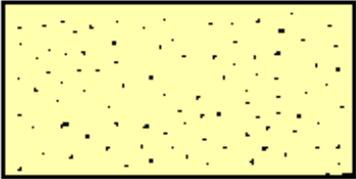
Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

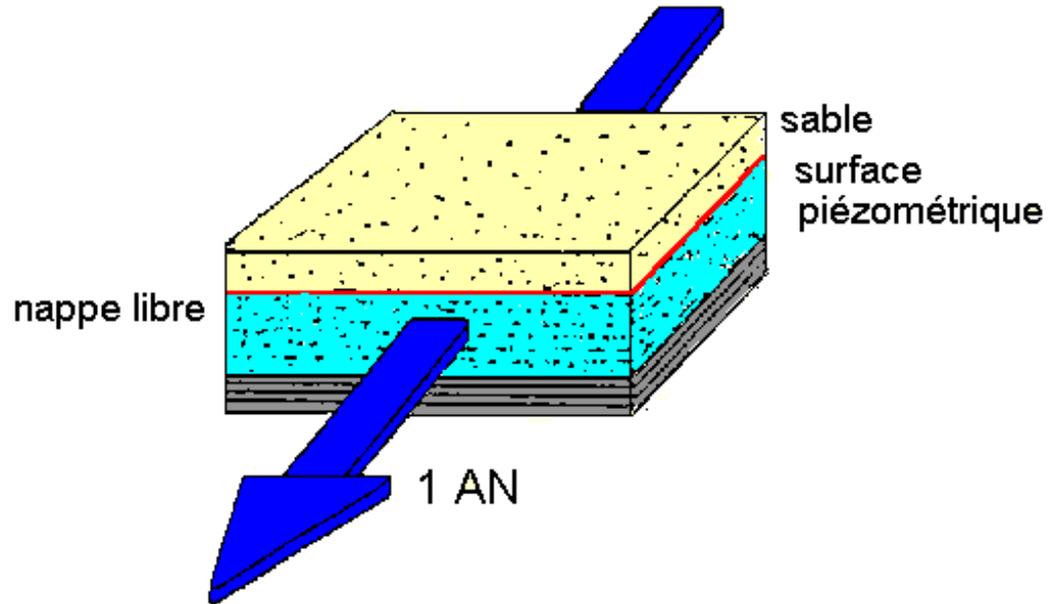
Aquifère poreux : l'eau est contenue dans les pores ouverts de la roche et peut y circuler librement (sable, craie, graviers,...)

=> vitesse de circulation faible

milieu poreux



hétérogène à grande échelle
homogène à petite échelle



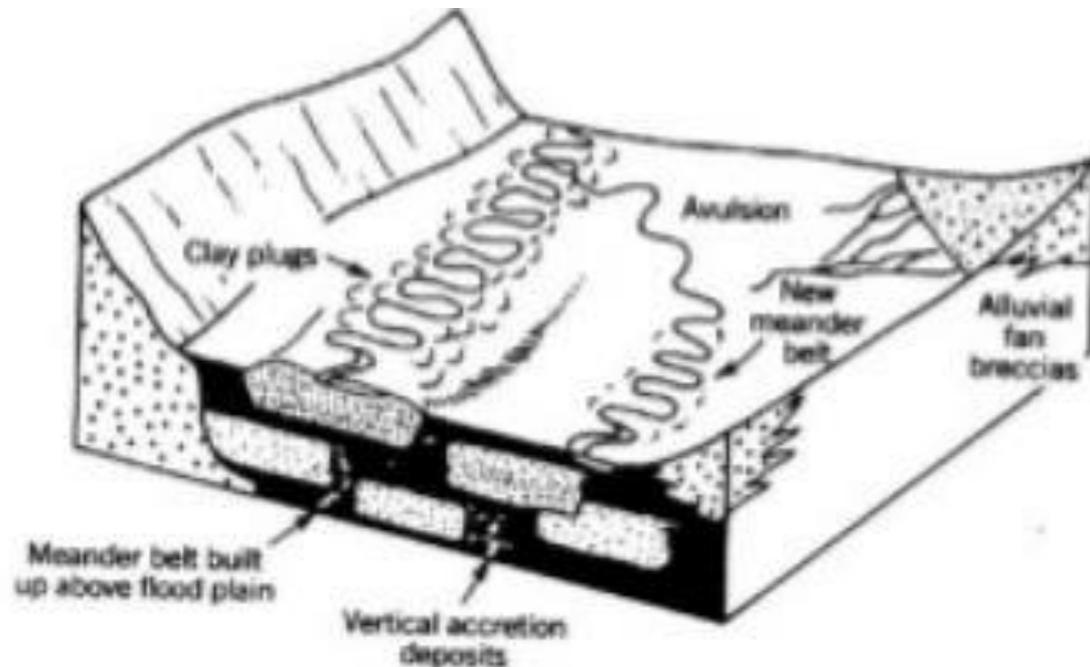
Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère poreux : l'eau est contenue dans les pores ouverts de la roche et peut y circuler librement (sable, craie, graviers,...)

Exemple : aquifères fluviales (alluviales) : constitué par les alluvions d'une rivière qui reposent sur un substratum imperméable :

- roche compacte sous la formation alluviale
- niveau d'argile dans les alluvions

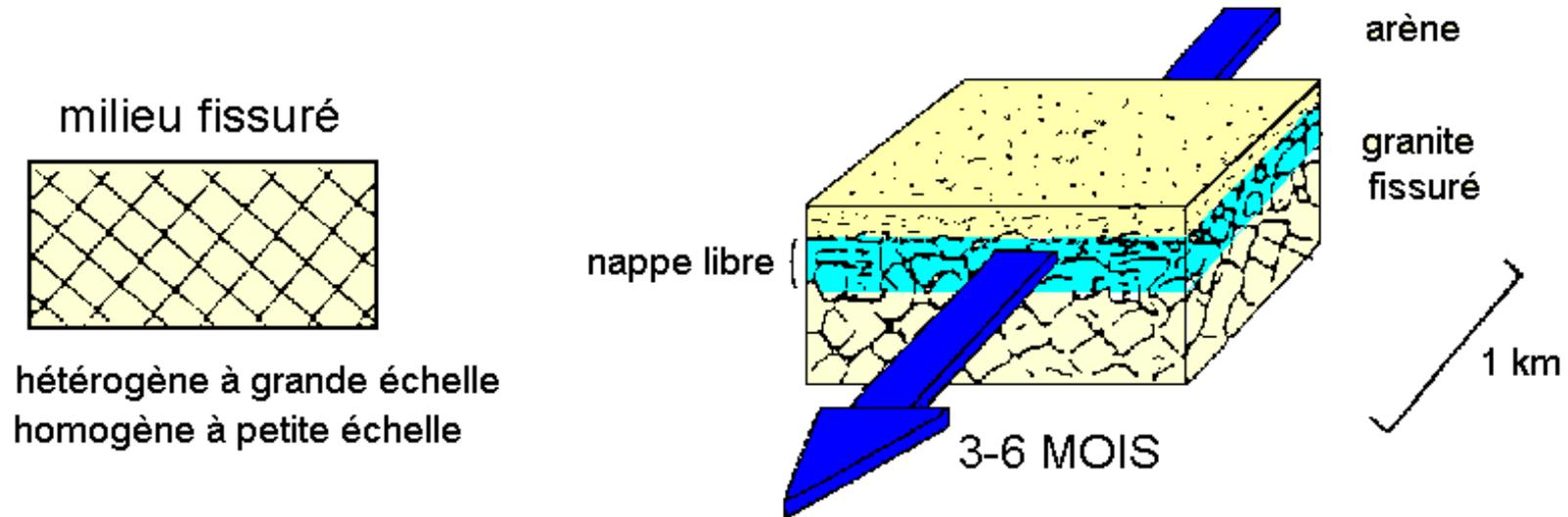


Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère fissuré : l'eau est contenu et circule dans les fissures, failles, diaclases de la roche (calcaire, granite, coulée volcanique,...)

=> vitesse de circulation moyenne



Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère fissuré : l'eau est contenu et circule dans les fissures, failles, diaclases de la roche (calcaire, granite, coulée volcanique,...)

⇒ vitesse de circulation moyenne

Exemple :

fissures courtes interconnectées :
bancs calcaires



fissures longues peu interconnectées :
massifs cristallins



Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

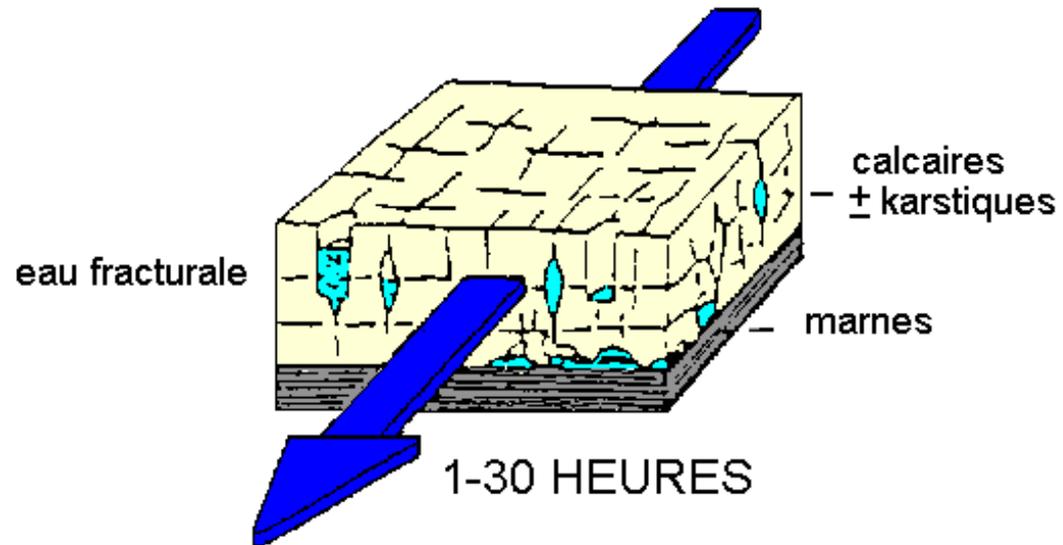
Aquifère karstique (discontinu) : l'eau est contenue dans les conduits, grottes, ... (karst : calcaire)

=> vitesse de circulation rapide

milieu karstique



hétérogène
quelque soit l'échelle

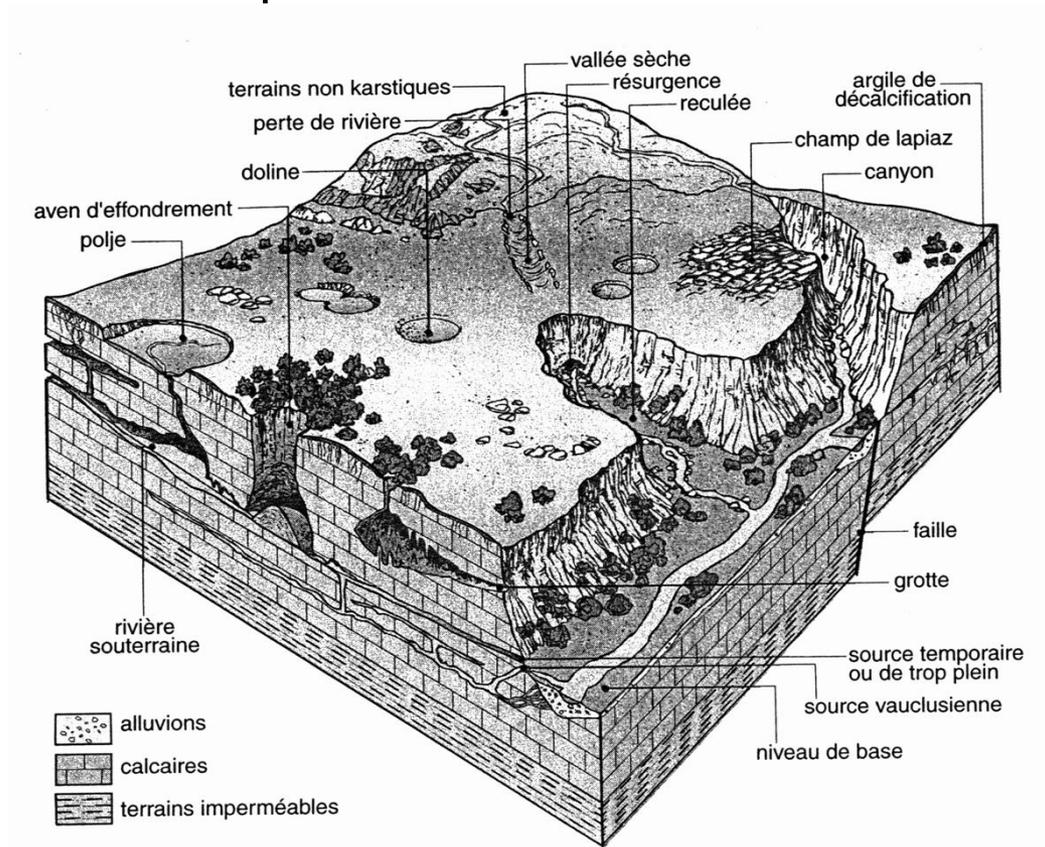


Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère karstique (discontinu) : l'eau est contenue dans les conduits, grottes,... (karst : calcaire)

⇒ vitesse de circulation rapide

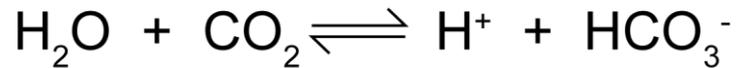


Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère karstique (discontinu) : l'eau est contenue dans les conduits, grottes,... (karst : calcaire)

Modelé karstique :



D'où :

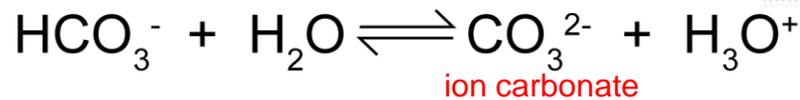
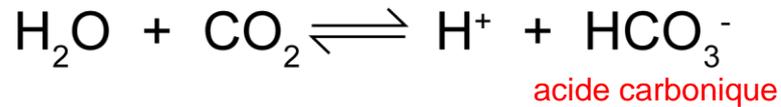


Nappes et eaux souterraines

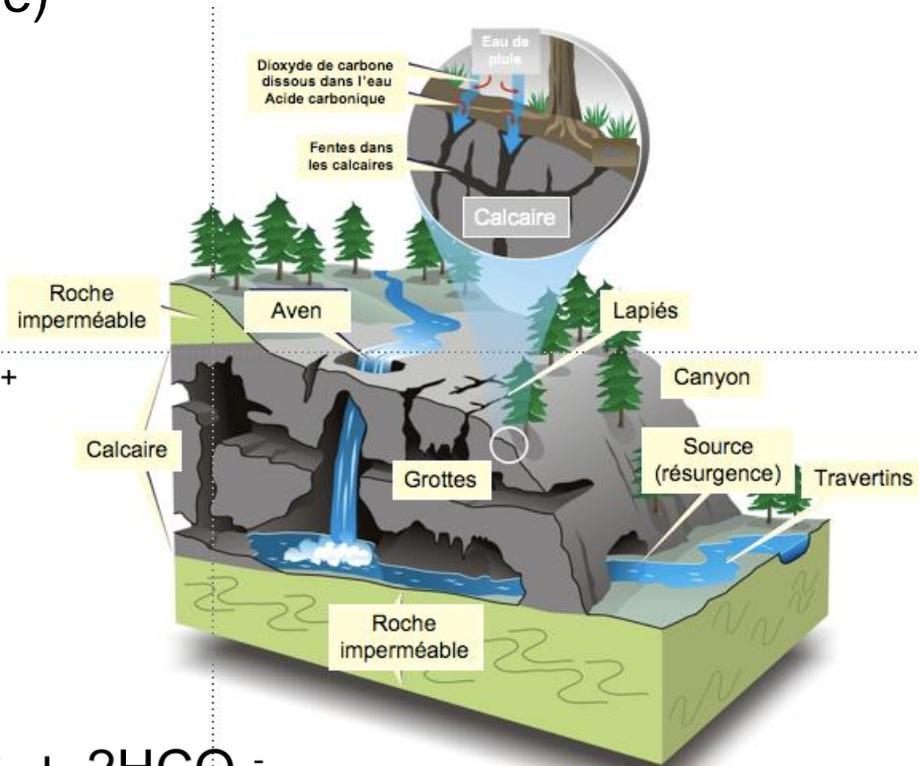
Nature de l'aquifère

Aquifère karstique (discontinu) : l'eau est contenue dans les conduits, grottes,... (karst : calcaire)

Modelé karstique :



D'où :



Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère karstique (discontinu) : l'eau est contenue dans les conduits, grottes, ... (karst : calcaire)

Modelé karstique :



+ de $\text{CO}_2 \Rightarrow$ équilibre $\longrightarrow \Rightarrow$ dissolution des carbonates

- écoulement lent dans le sol
- faible température

- de $\text{CO}_2 \Rightarrow$ équilibre $\longleftarrow \Rightarrow$ précipitation des carbonates

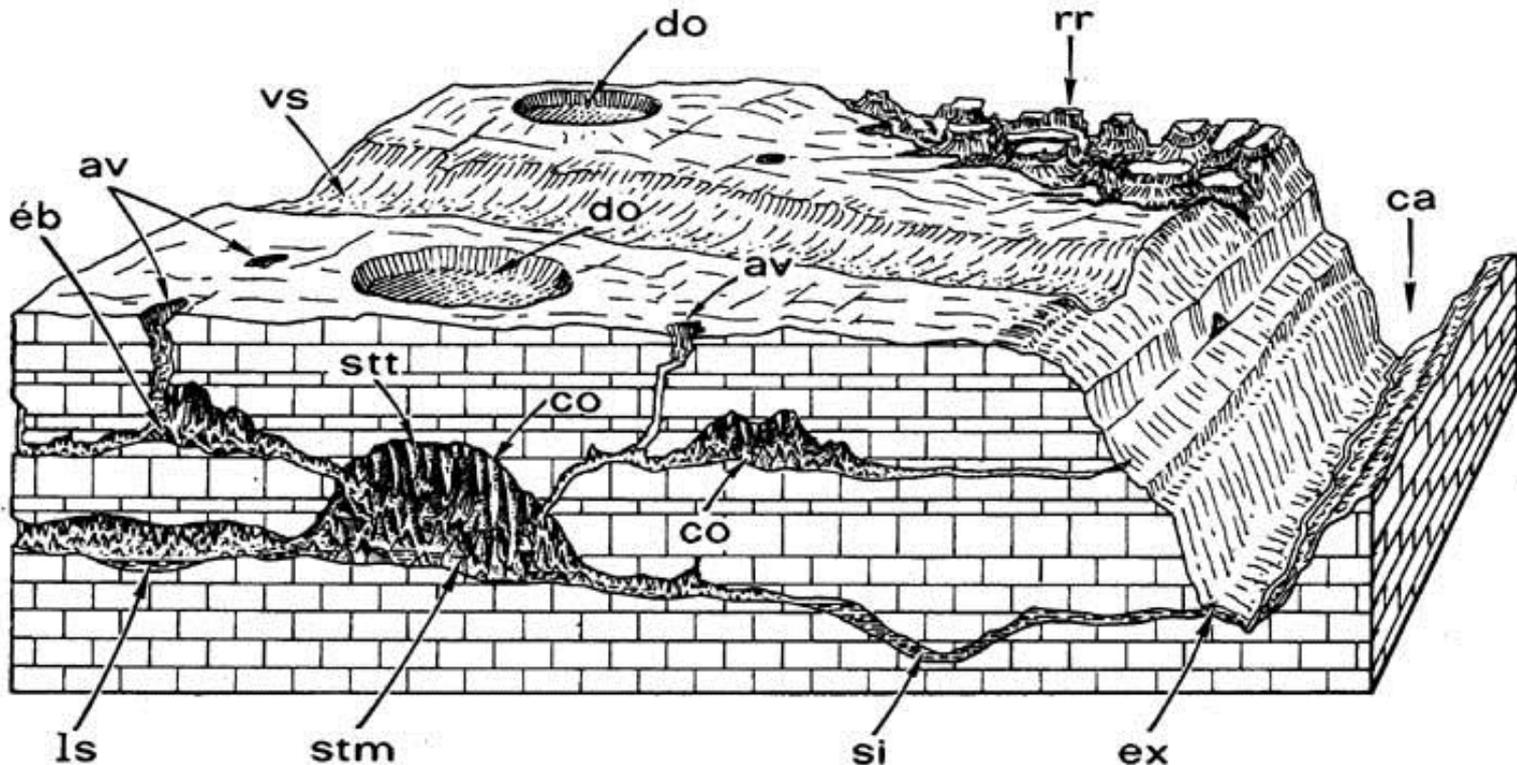
- augmentation température
- agitation de l'eau : dégazage
- absorption par les plantes

Nappes et eaux souterraines

Nature de l'aquifère

Aquifère karstique (discontinu) : l'eau est contenue dans les conduits, grottes, ... (karst : calcaire)

A. Foucault et J.-F. Raoult



Nappes et eaux souterraines



Vers Grand Rivière (Jura français)

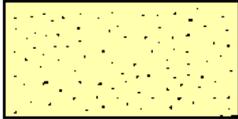


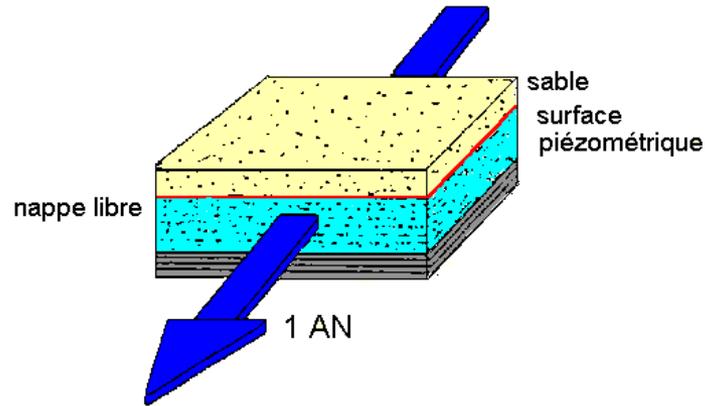
Nappes et eaux souterraines



Nappes et eaux souterraines

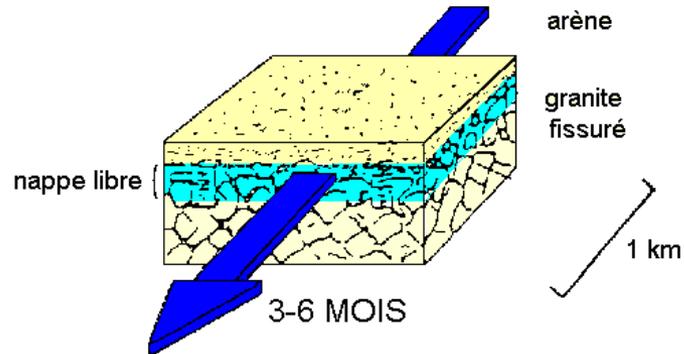
Nature de l'aquifère

milieu poreux

hétérogène à grande échelle
homogène à petite échelle



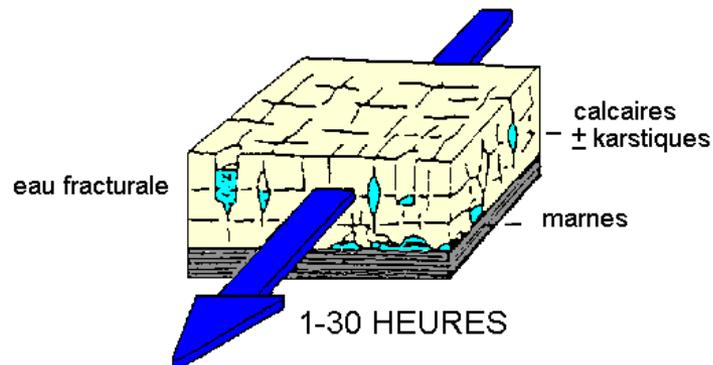
milieu fissuré

hétérogène à grande échelle
homogène à petite échelle



milieu karstique

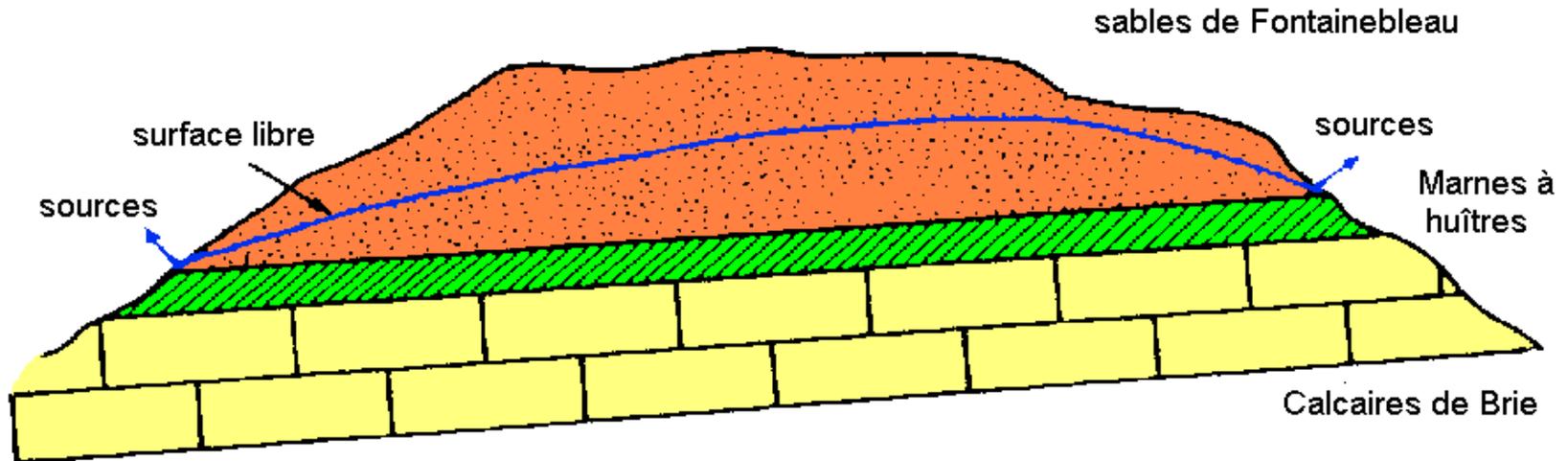
hétérogène
quelque soit l'échelle



Nappes et eaux souterraines

Typologie des aquifères

Nappe libre : quand aucun niveau imperméable ne la recouvre



Nappes et eaux souterraines

Typologie des aquifères

Nappe captive : quand elle est recouverte d'un horizon imperméable à une cote inférieure à celle de la surface piézométrique

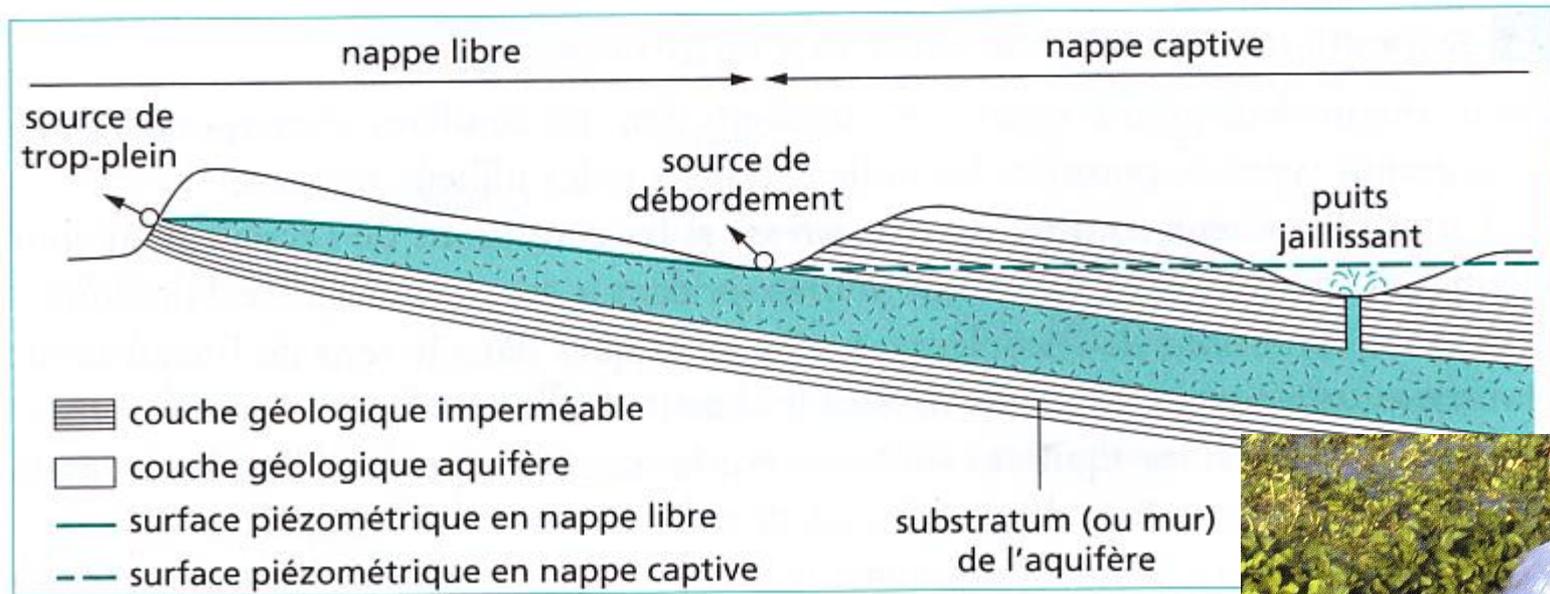


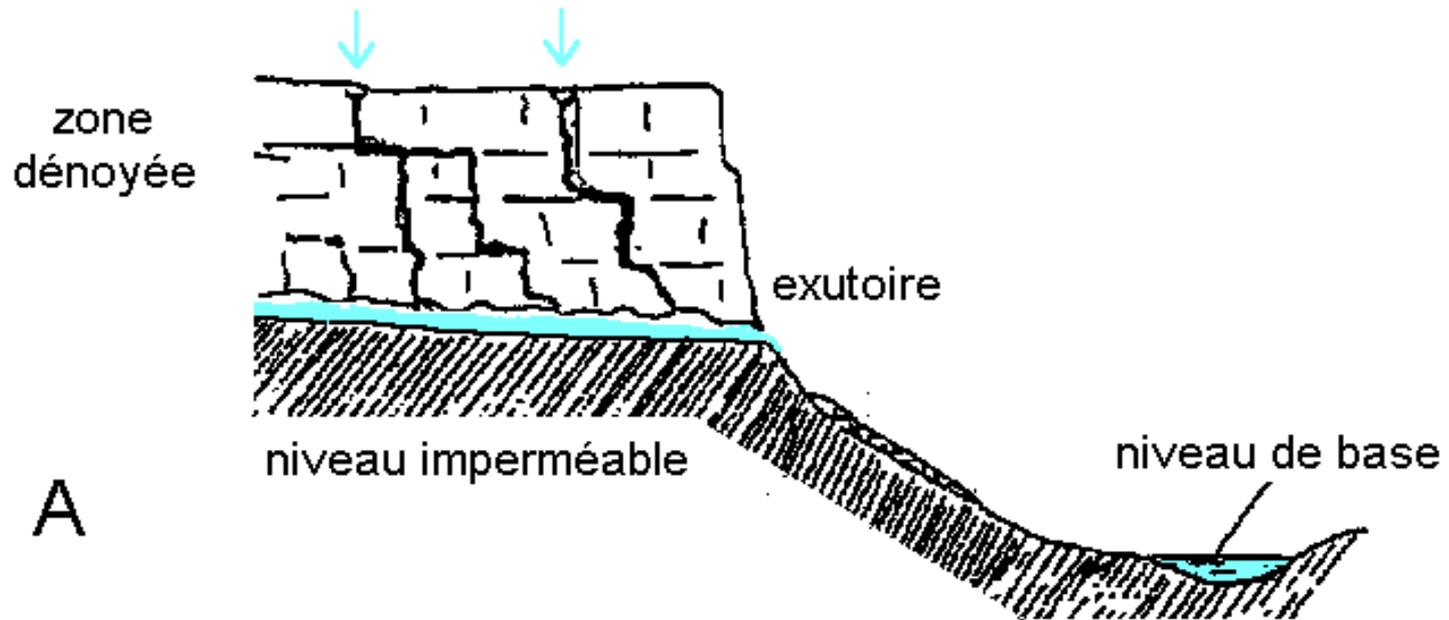
Figure 27 : nappe libre et nappe captive.



Nappes et eaux souterraines

Typologie des aquifères

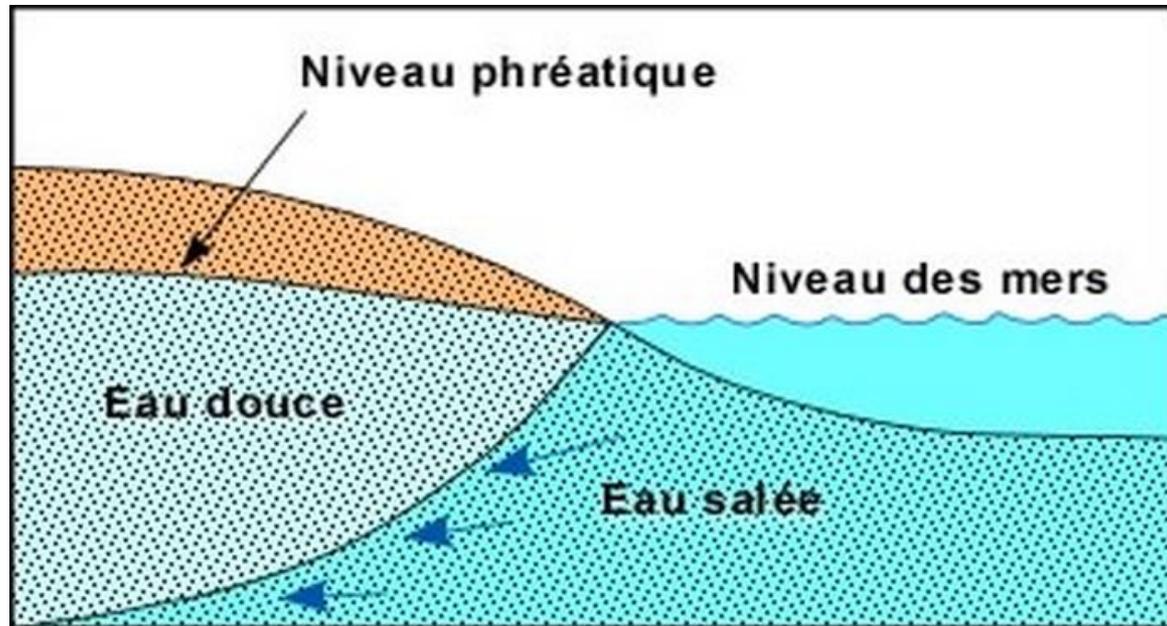
Nappe perchée : elle se situe au dessus d'une nappe libre qu'elle peut alimenter par drainance



Nappes et eaux souterraines

Typologie des aquifères

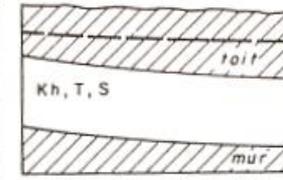
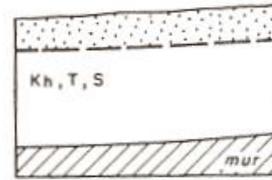
Nappe en plaine littorale : elle est en équilibre hydrostatique avec la nappe salées issue de l'eau de mer. Elles se mélangent peu, leur surface constitue un biseau sale.



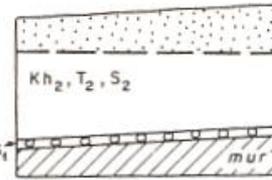
Nappes et eaux souterraines

Les structures des aquifères

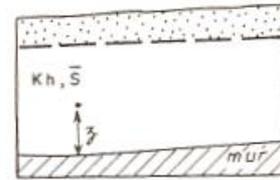
aquifères
monocouches



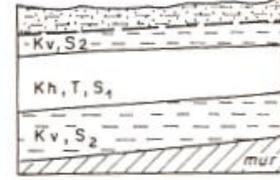
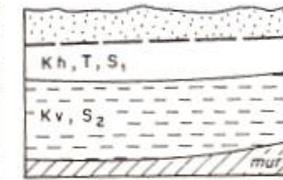
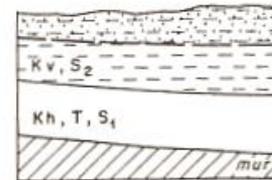
aquifère monocouche
à strate conductrice
 $T_1 \gg T_2$ faible
 $S_1 \ll S_2$



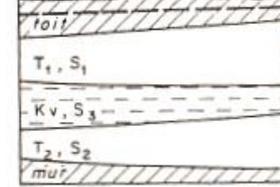
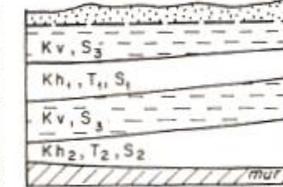
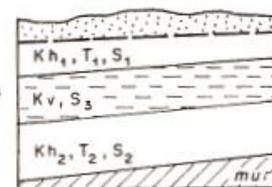
aquifère stratifié
 K_h variable $f(z)$



aquifères bicouches
 $S_1 < S_2$



aquifères tricouches
 $S_1 = S_2 < S_3$



T = transmissivité

K_h = perméabilité horizontale

K_v = perméabilité verticale

S = emmagasinement



zone non saturée



aquifère saturé



semi-perméable



impermeable

— — — profil de la surface piézométrique

Nappes et eaux souterraines

La surface (niveau) piézométrique

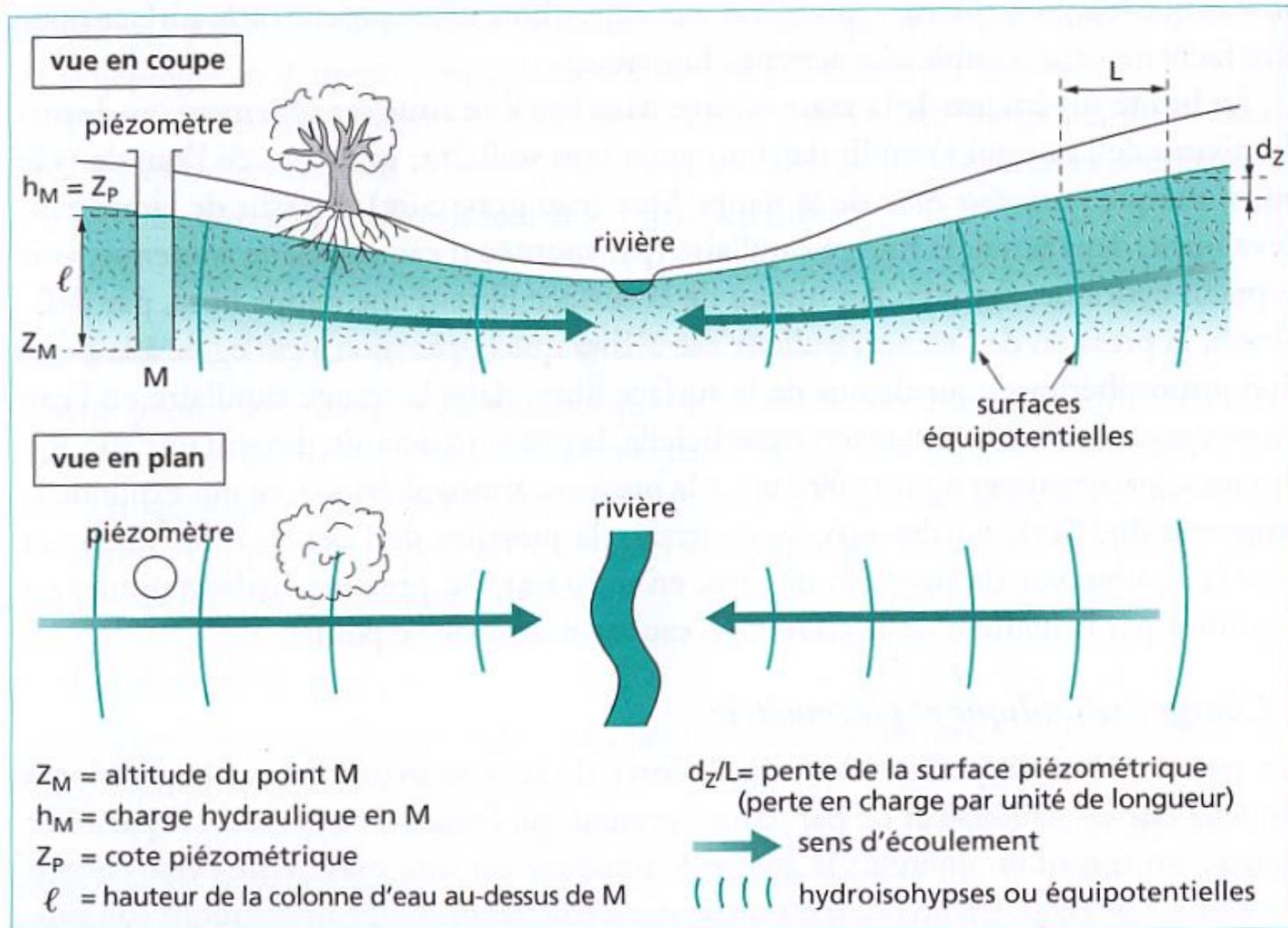


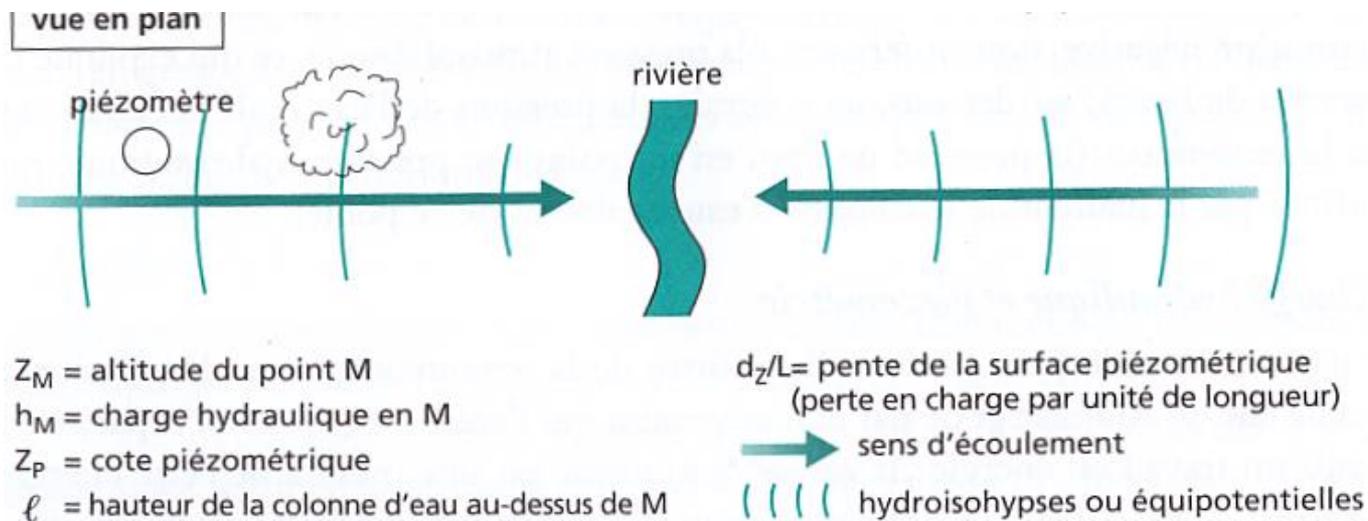
Figure 26: hydroisohypses et sens de l'écoulement d'une nappe phréatique

Nappes et eaux souterraines

La surface (niveau) piézométrique

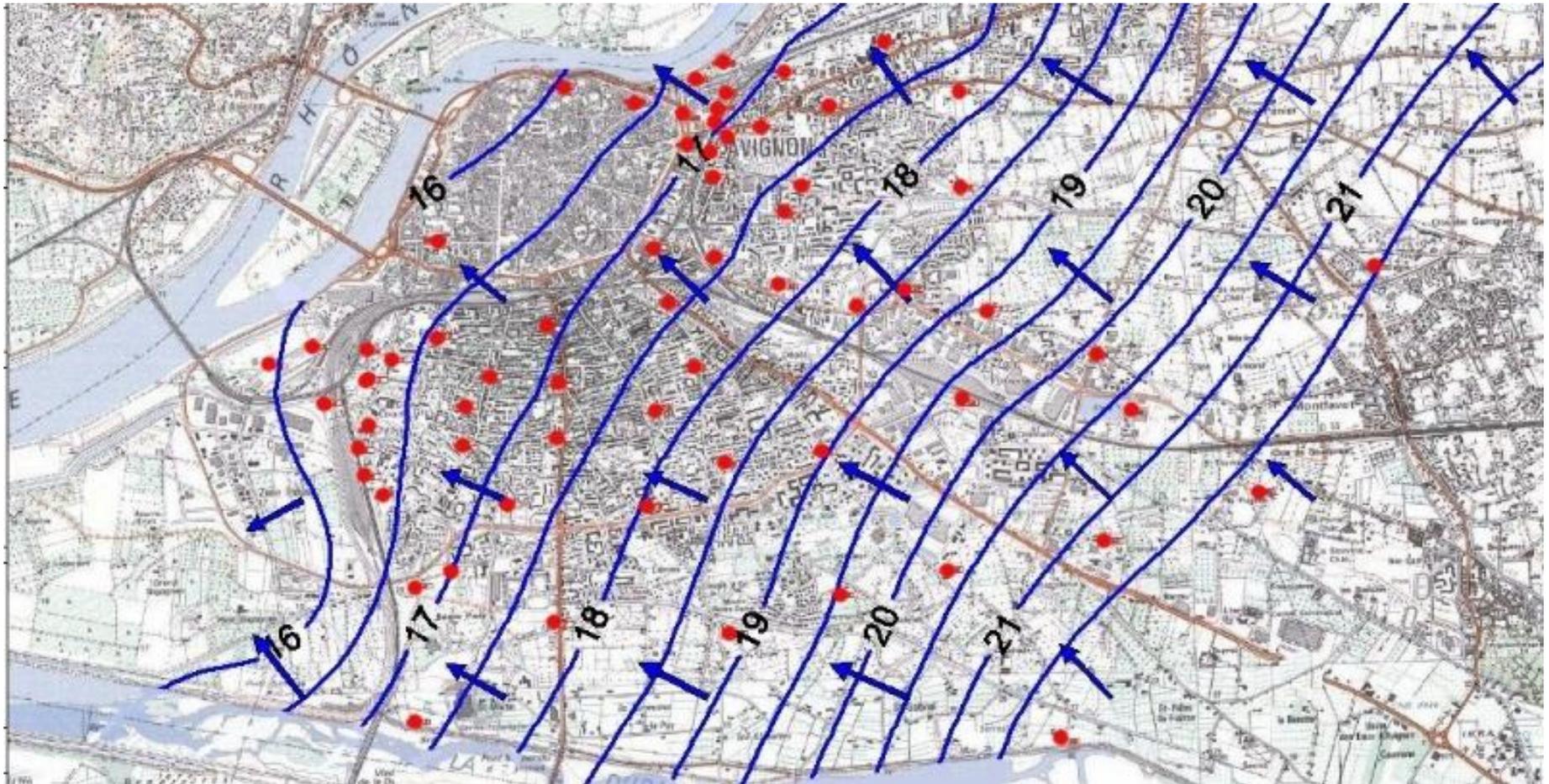
Écoulement uniforme : espacement constant des hydroisohypses et des axes d'écoulement.

Écoulement non uniforme : resserrement des hydroisohypses, donc une augmentation de la pente et de la vitesse d'écoulement



Nappes et eaux souterraines

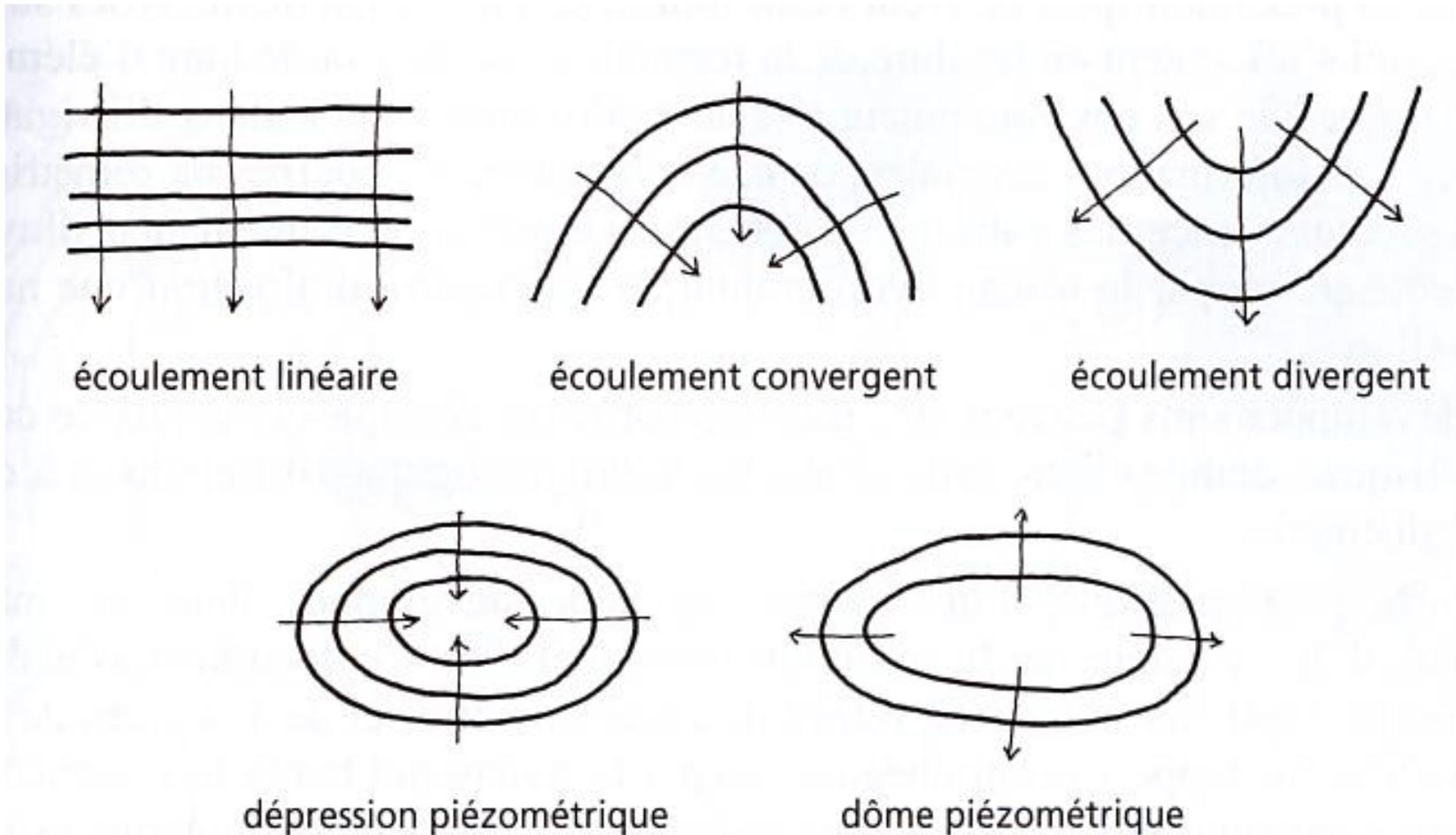
La surface (niveau) piézométrique \Rightarrow carte piézométrique



Nappes et eaux souterraines

La surface (niveau) piézométrique => **carte piézométrique**

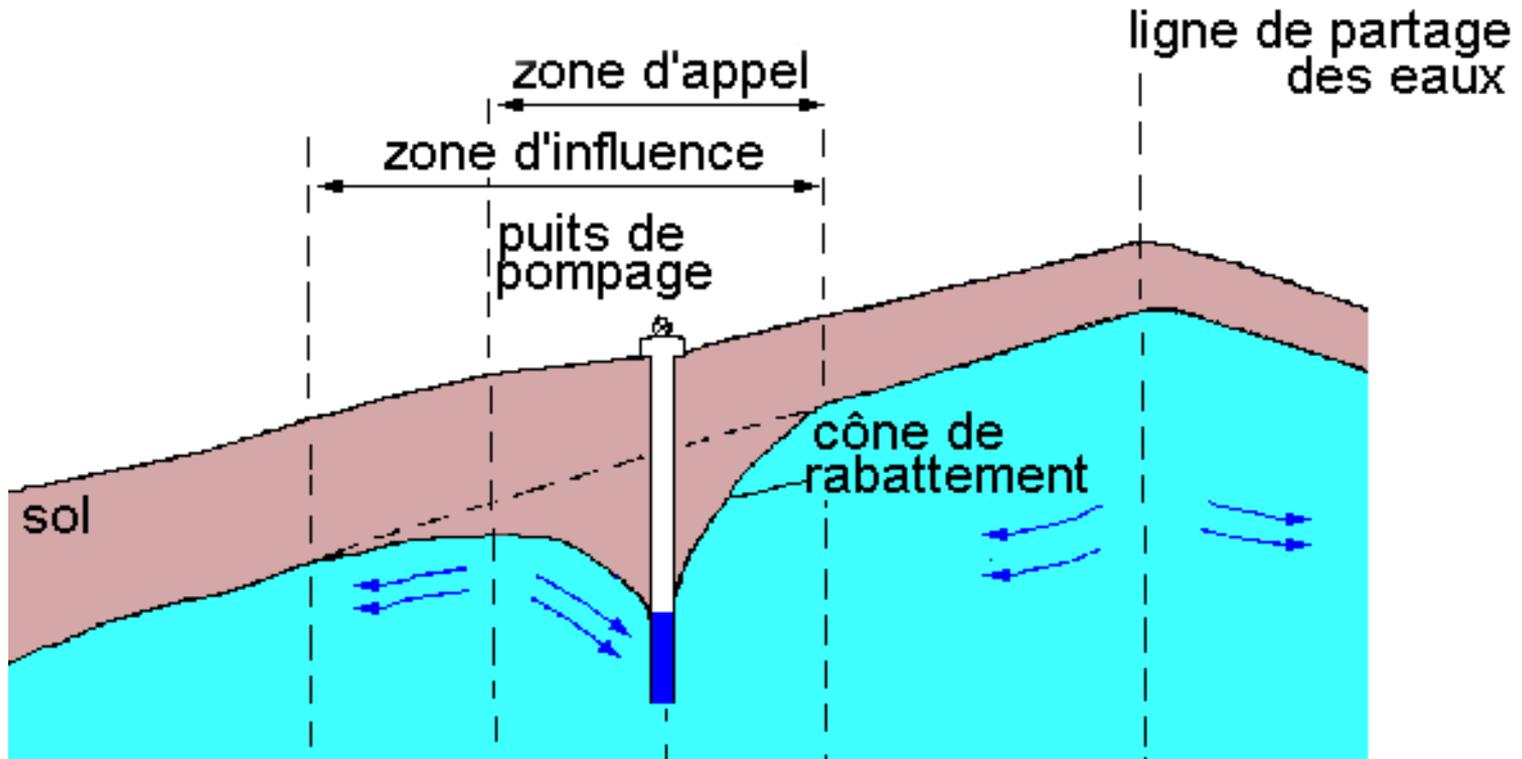
Les principales formes élémentaires des courbes hydroisohypses



Nappes et eaux souterraines

La surface (niveau) piézométrique => **carte piézométrique**

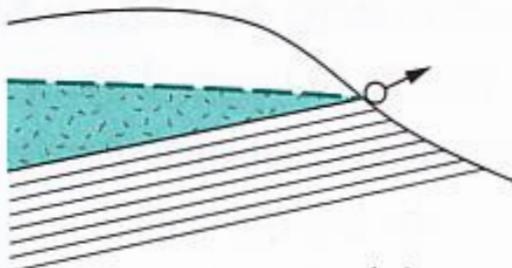
Les principales formes élémentaires des courbes hydroisohypses



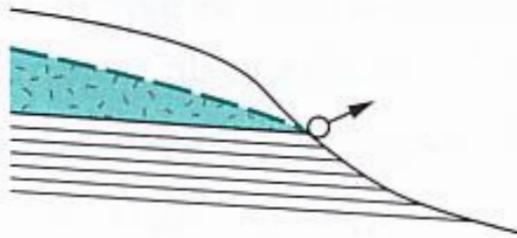
Nappes et eaux souterraines

Les sources

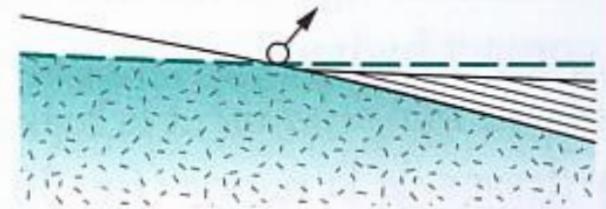
1) conditions aux limites = lignes de sources (potentiel imposé)



source de trop-plein

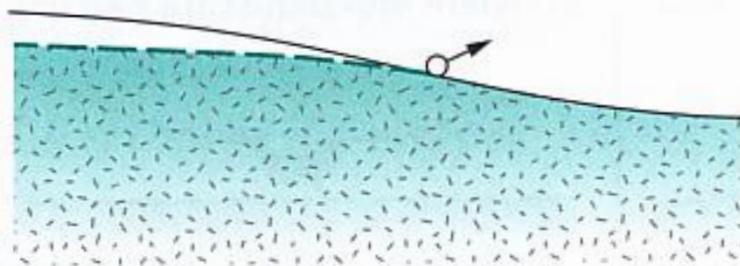


source de déversement

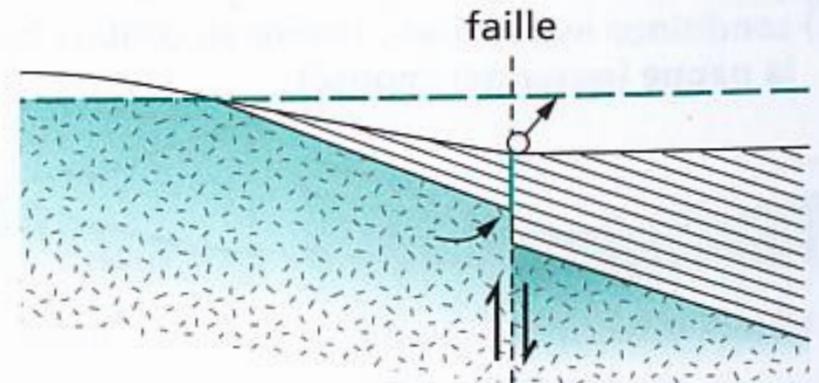


source de débordement

2) autres types de sources



source d'émergence
(émergence de nappe)



source artésienne

Figure 29 : les différents types de sources.

Nappes et eaux souterraines

Echanges eaux superficielles et souterraines

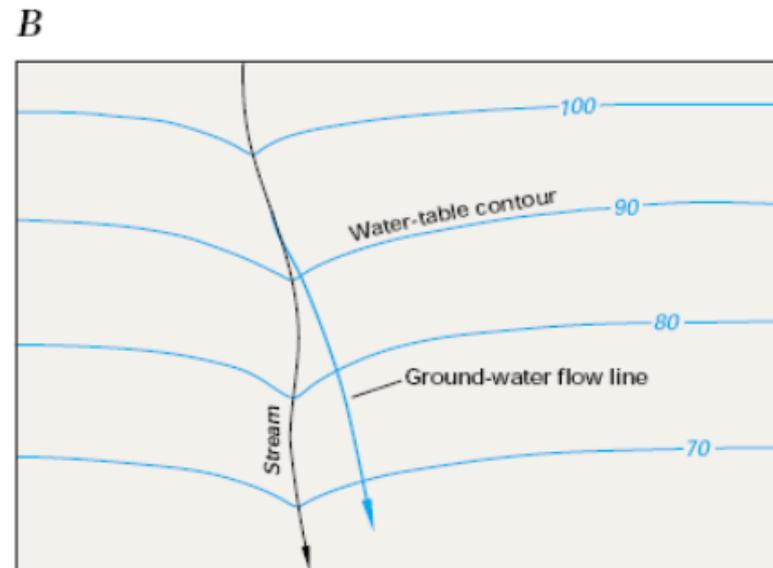
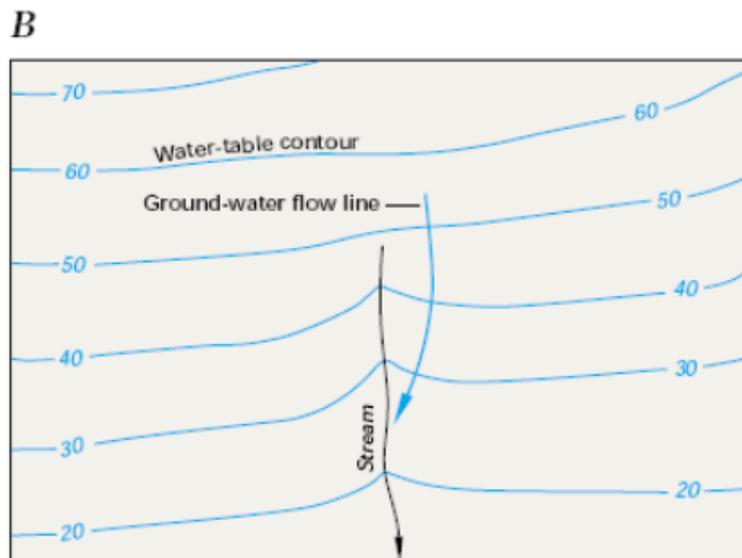
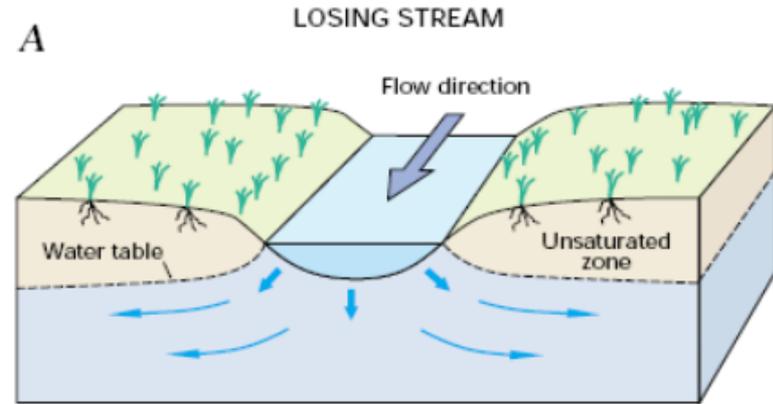
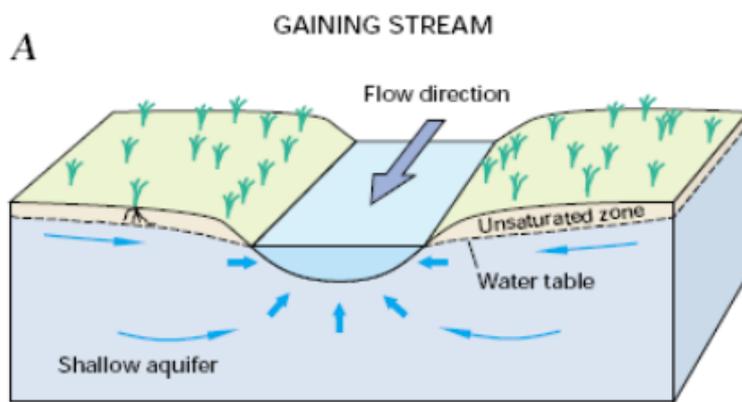
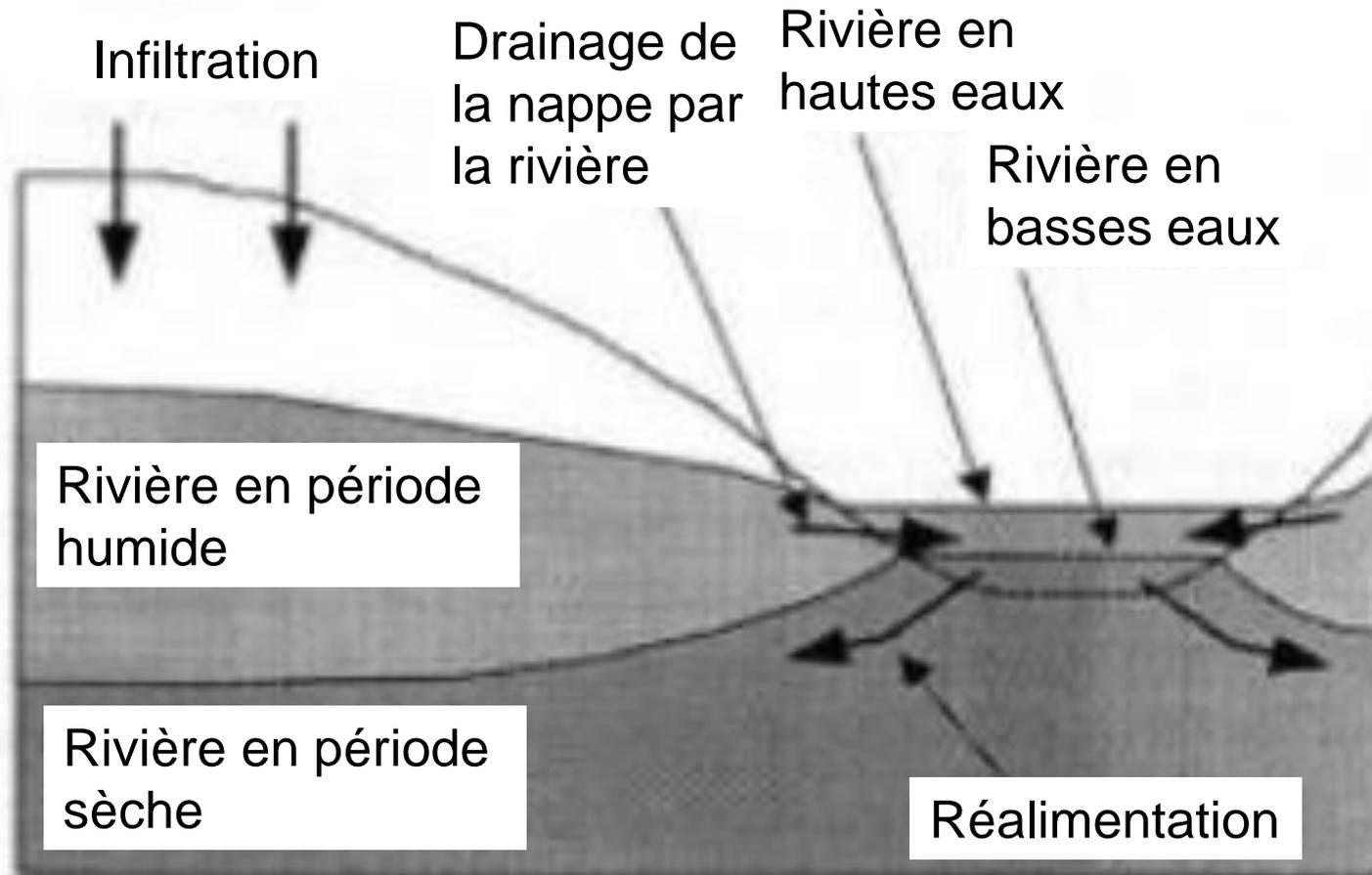


Illustration 1 – Echanges nappe-rivière : la nappe alimente la rivière (Winter et al., 1998)

Illustration 2 - Echanges nappe-rivière : la rivière alimente la nappe (Winter et al., 1998)

Nappes et eaux souterraines

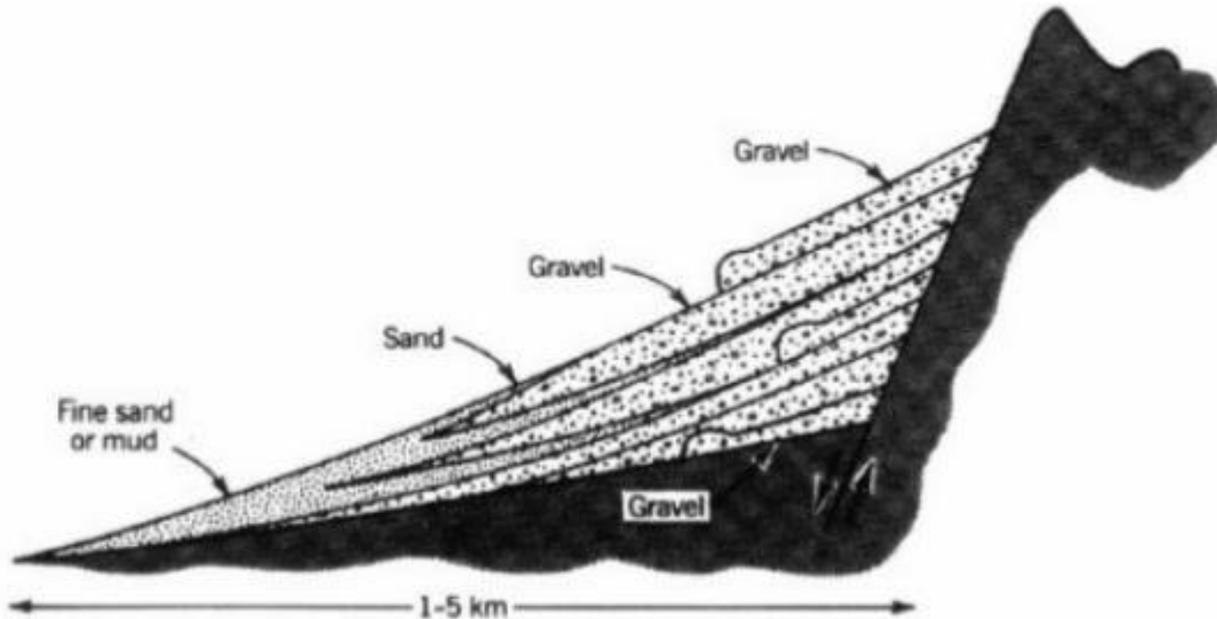
Echanges eaux superficielles et souterraines



Nappes et eaux souterraines

Formations géologiques pouvant stocker de l'eau

Cônes de déjection

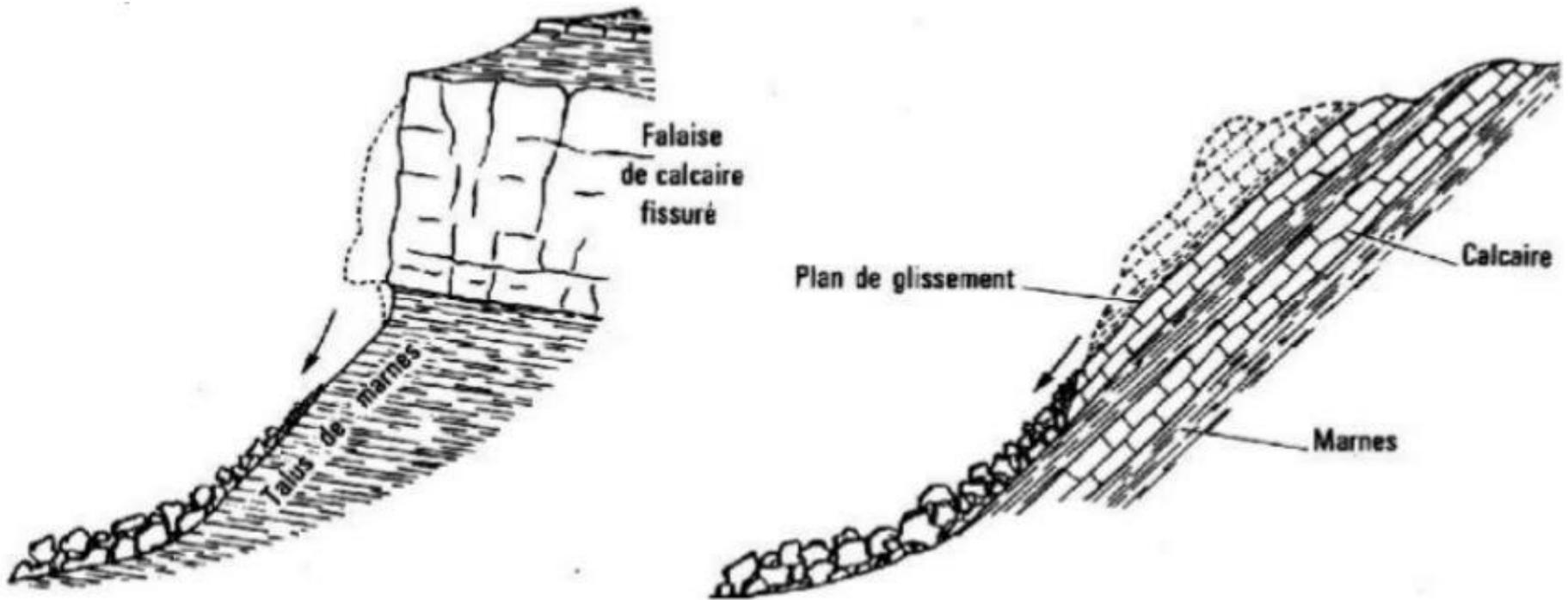


Diagrammatic cross section of an alluvial fan (from Rust and Koster, 1984).
Reprinted with permission of the Geol. Assoc. of Canada.

Nappes et eaux souterraines

Formations géologiques pouvant stocker de l'eau

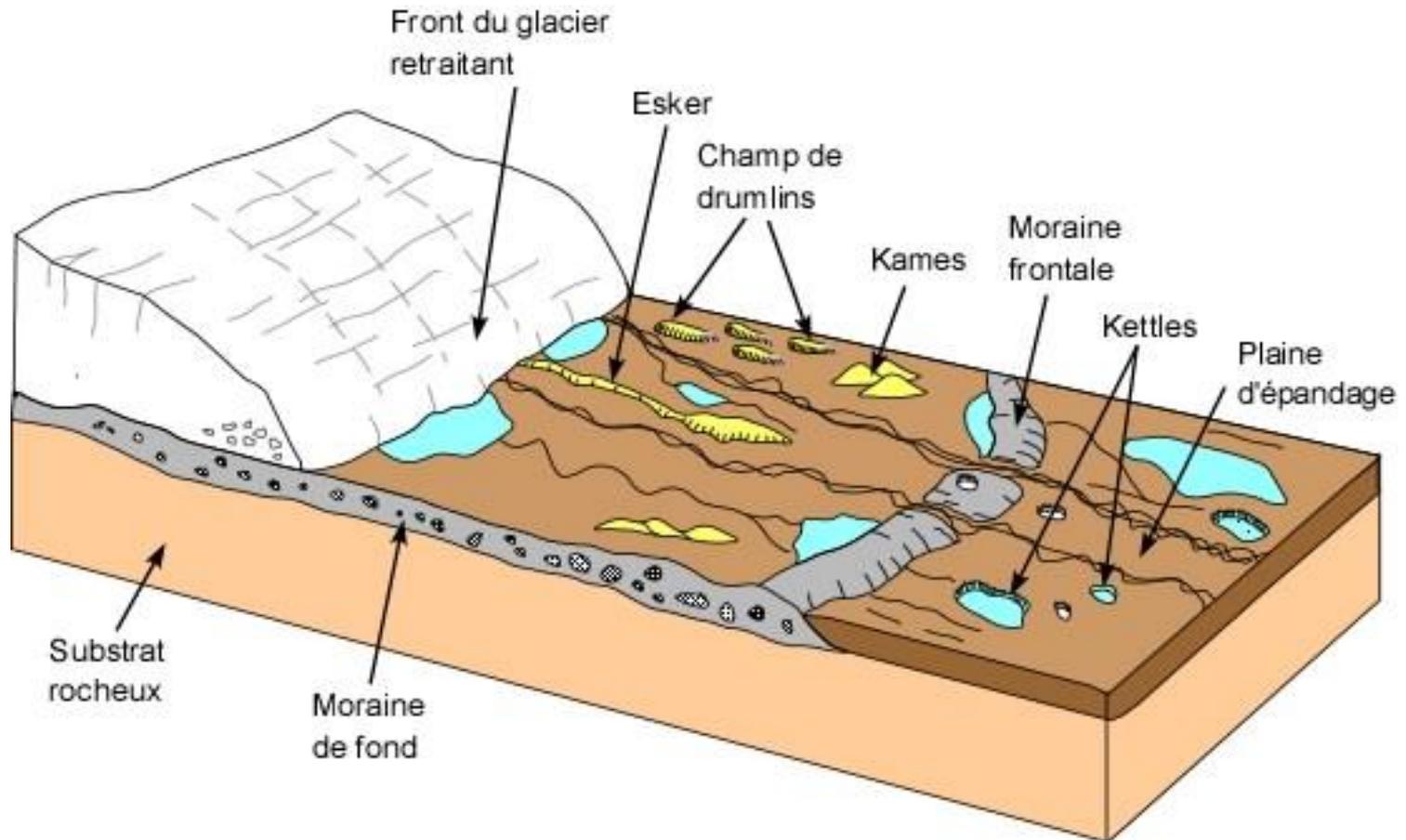
Eboulis



Nappes et eaux souterraines

Formations géologiques pouvant stocker de l'eau

Moraines glaciaires



Nappes et eaux souterraines

Formations géologiques pouvant stocker de l'eau

Plis

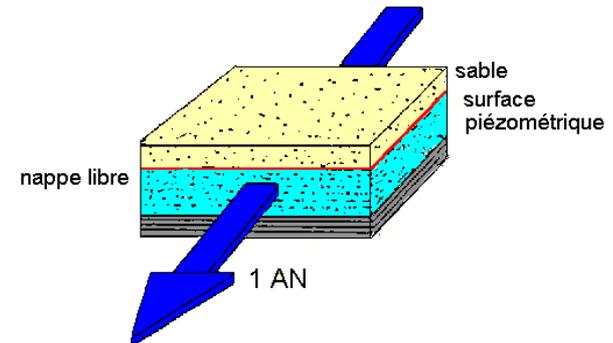
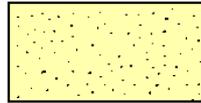


Nappes et eaux souterraines

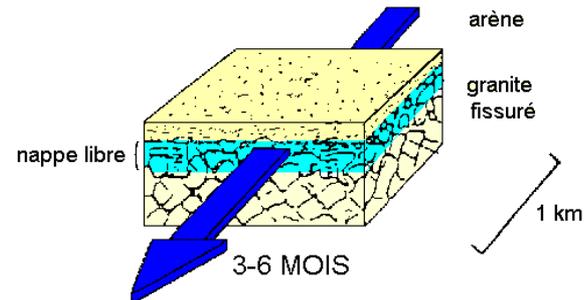
Formations géologiques pouvant stocker de l'eau

Formations géologique poreuse, fissuré ou karstifié

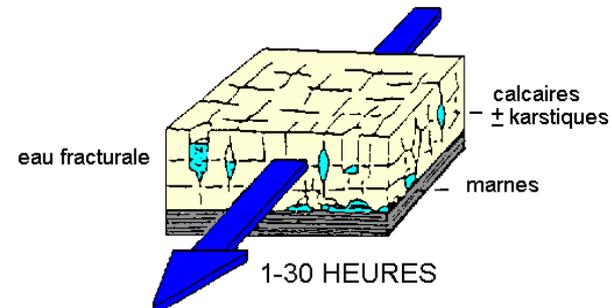
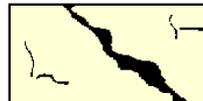
milieu poreux
hétérogène à grande échelle
homogène à petite échelle



milieu fissuré
hétérogène à grande échelle
homogène à petite échelle



milieu karstique
hétérogène
quelque soit l'échelle



Nappes et eaux souterraines

Directive cadre de l'eau

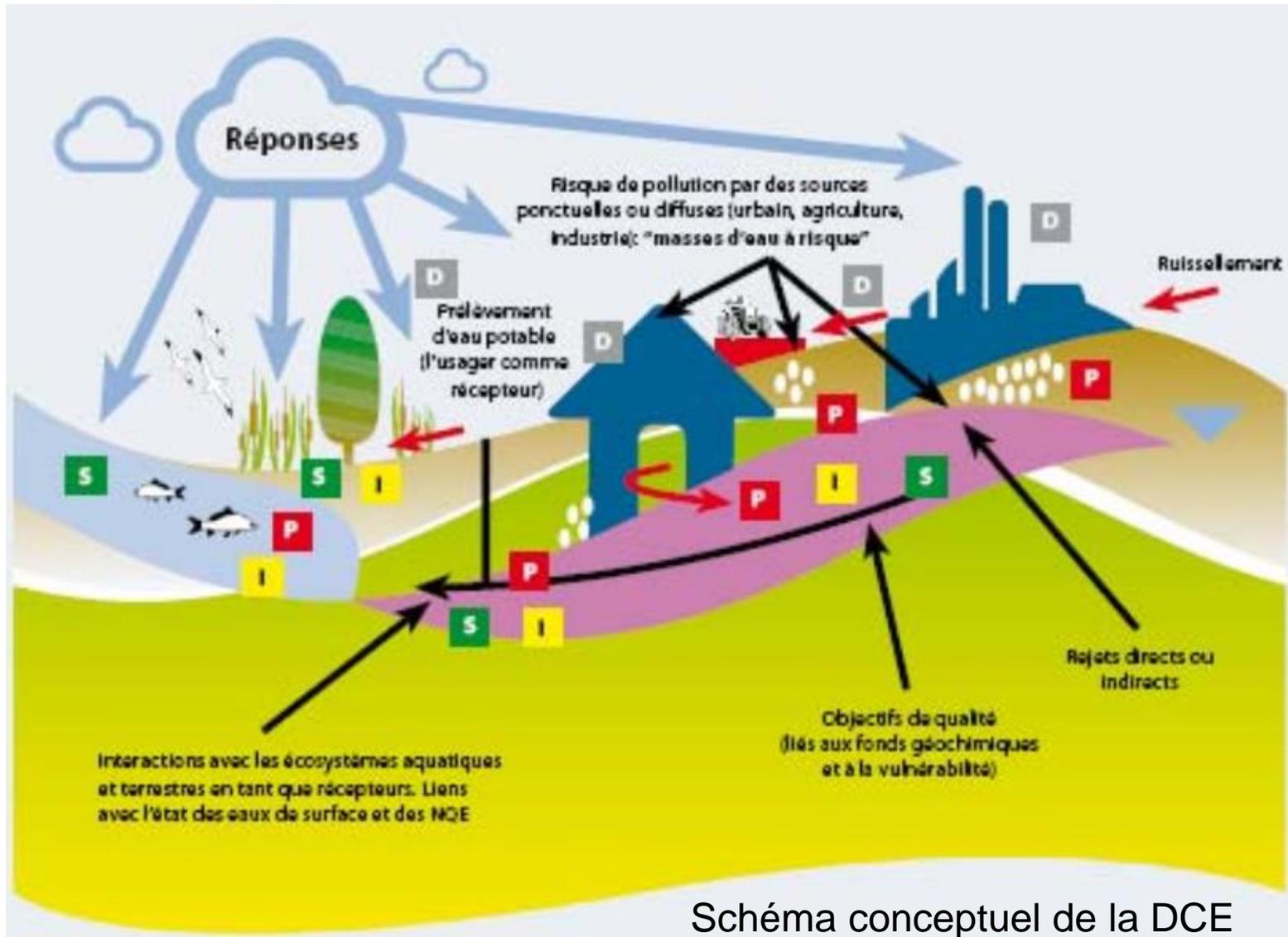


Schéma conceptuel de la DCE

Nappes et eaux souterraines

Directive cadre de l'eau

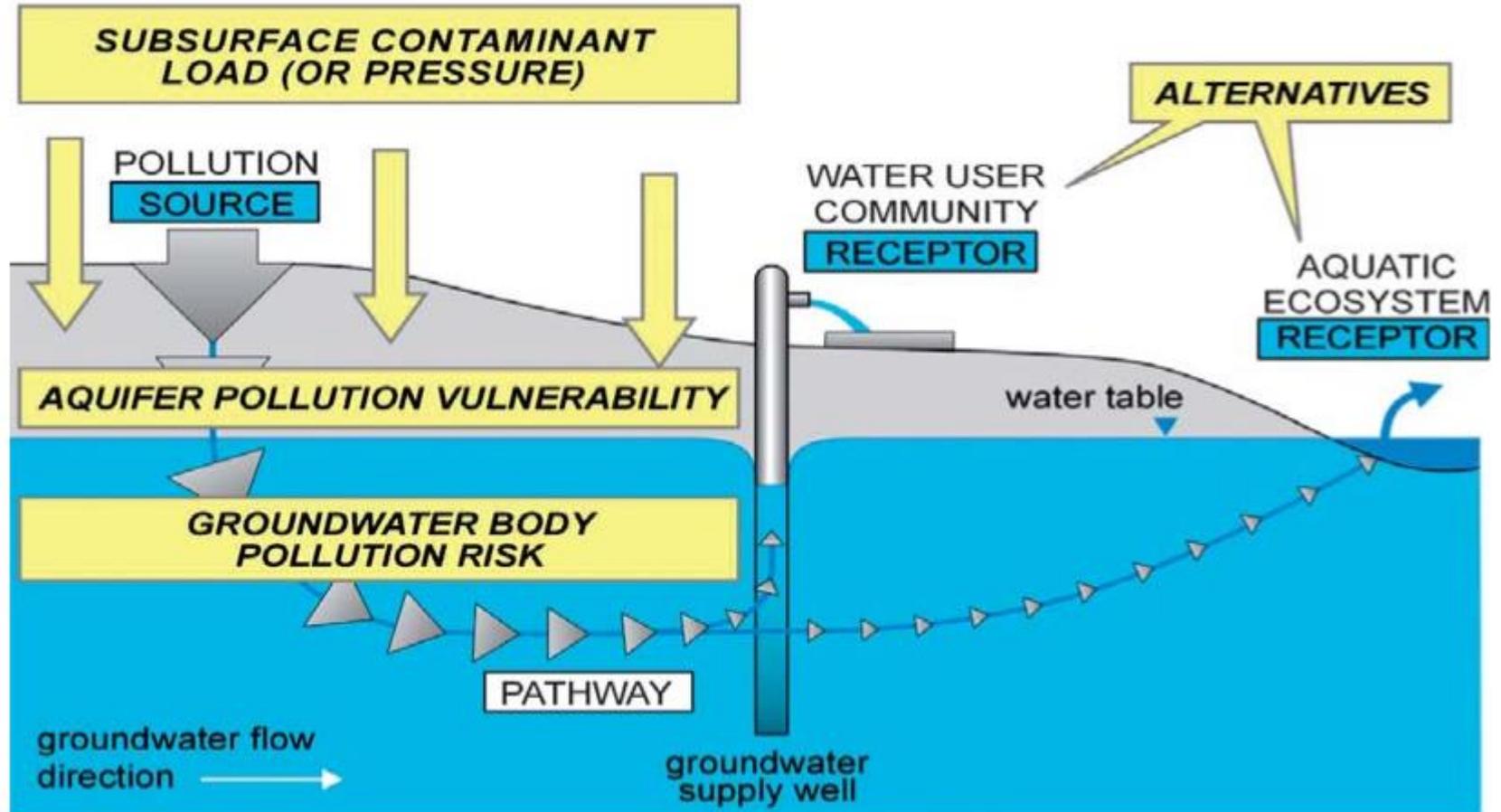


Schéma conceptuel pour l'évaluation du Risque de Non Atteinte du Bon Etat (*RNABE*) pour les masses d'eau souterraines (Quevauvillier, 2008)