

Fonds National pour le Développement
des Adductions d'Eau

Guide sur la gestion et la protection des captages d'eau potable dans les nappes alluviales



Fonds National pour le Développement
des Adductions d'Eau

Guide sur la gestion et la protection des captages d'eau potable dans les nappes alluviales

J. R. DAUM - A. MARTELAT
BRGM - Utilisation et Prospection de l'Espace -
Centre Thématique Eau
1039, Rue de Pinville - 34000 Montpellier

Document technique

FNDAE

N°19



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE LA PÊCHE ET DE
L'ALIMENTATION

Guide sur la gestion et la protection des captages d'eau potable dans les nappes alluviales - 1997 - J. R. DAUM, A. MARTELAT
1^{ère} édition

Documentation technique FNDAE n°19

Responsable d'Édition : J. MARPEAUX

Conception Graphique : M.C. KOSZOTOLANYI

Illustrations : J.F. RIEUX, ANTEA

Photos : SAPRR

Impression : BRGM

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur. N° ISBN 2-11-090044-X. - Dépôt légal : 2^{ème} trimestre 1997.

Photos couverture (Société des autoroutes Paris-Rhin-Rhône) - (photo de fond) Vue aérienne du champ de captage des eaux de la ville de Mâcon. Plan type d'un bassin de traitement. Télésurveillance d'un petit bassin. Liaison A6-A40 ; diffuseur de la ville de Mâcon.

Sommaire

	3	Introduction
LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DES NAPPES ALLUVIALES	4	Description des compartiments du système
	4	- Les alluvions
	5	- Relation de la nappe alluviale avec les terrains encaissants
	6	- Le cours d'eau
	8	Typologie des nappes alluviales
	8	- Vallée fluviale récente
	8	- Vallée fluviale ancienne
	LA NAPPE ALLUVIALE : ASPECTS QUANTITATIFS ET QUALITATIFS	12
13		- Hydrodynamique des nappes
15		- Types et régime d'alimentation
19		La reconnaissance hydrogéologique
19		- Sondages mécaniques
21		- Prospection géophysique
22		- Piézométrie
24		- Pompages d'essai
28		Evolution du fonctionnement
28		- Influence des aménagements sur le régime des eaux
33		- Influence de l'exploitation
35		Qualité de la ressource en eau
35	- Qualité naturelle	
36	- Pollution des nappes alluviales	
40	- Vulnérabilité des nappes alluviales	
LA GESTION ET LA PROTECTION DES NAPPES ALLUVIALES ET DES CAPTAGES AEP	46	Gestion quantitative de la nappe
	48	- Méthodologie et outils d'étude
	54	- Gestion au niveau du captage
	56	- Aspects réglementaires
	58	Gestion de la qualité de l'eau
	58	- Gestion préventive
63	- Gestion en période de crise	
67	Lexique	
68	Abréviations	
68	Liste des principaux textes législatifs et réglementaires	
69	Liste des documents techniques du FNDAE	

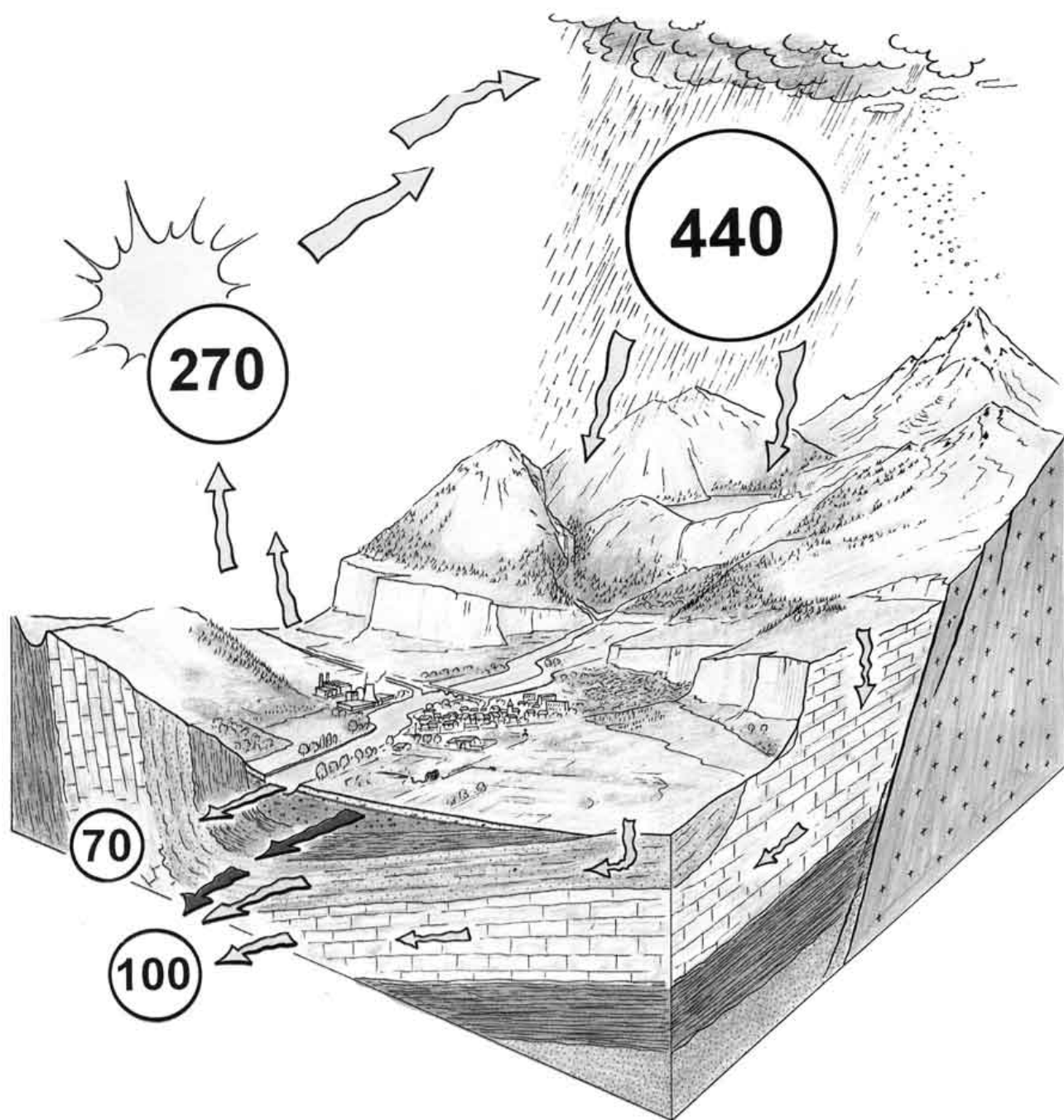


Fig. 1 : L'écoulement souterrain représente 100 milliards de m³/an pour la France métropolitaine. 6 milliards de m³/an y sont prélevés, dont 3,4 milliards pour l'AEP

Introduction

En France plus de la moitié des ressources en eau potable est fournie par des nappes d'eau souterraine contenues dans les alluvions des cours d'eau.

Les alluvions sont transportées, puis déposées par les cours d'eau. Ce sont les produits de l'érosion des reliefs situés en amont. Les matériaux accumulés ont généralement de bonnes propriétés aquifères, et constituent donc des réservoirs importants dont la répartition géographique suit le réseau des fleuves et des rivières.

Les nappes alluviales, associées aux fleuves et aux rivières, constituent un hydro-système complexe au sein duquel l'eau souterraine est en relation étroite avec le réseau

hydrographique de surface, mais aussi avec les formations aquifères présentes au sein des terrains dans lesquels il s'emboîte. En

outre, leur position géographique en fait un lieu privilégié du développement des grandes agglomérations, des industries et de l'agriculture intensive.

La maîtrise des paramètres de quantité et de qualité de

l'eau prélevée au sein des nappes alluviales nécessite donc une gestion globale tenant compte des caractéristiques hydrogéologiques du système, y compris tous les échanges susceptibles d'intervenir entre les alluvions et le fleuve ou les alluvions et les terrains encaissants ainsi que de toutes les sollicitations que peuvent connaître chacun de ces compartiments. ■



Fig. 2 : Principales nappes alluviales de France

Le cadre géographique et géologique des nappes alluviales

Description des compartiments du système

Les différents compartiments du système sont : les alluvions, les terrains encaissants et le cours d'eau.

Les alluvions

Dans de nombreux cas, on peut distinguer les alluvions récentes des alluvions anciennes. Ces dernières peuvent former un ou plusieurs niveaux de terrasses plus ou moins marquées.

Les terrains encaissants

Ils sont représentés par :

- le substratum des alluvions,
- les versants de la plaine alluviale, au relief plus ou moins marqué, souvent représentés par des coteaux.

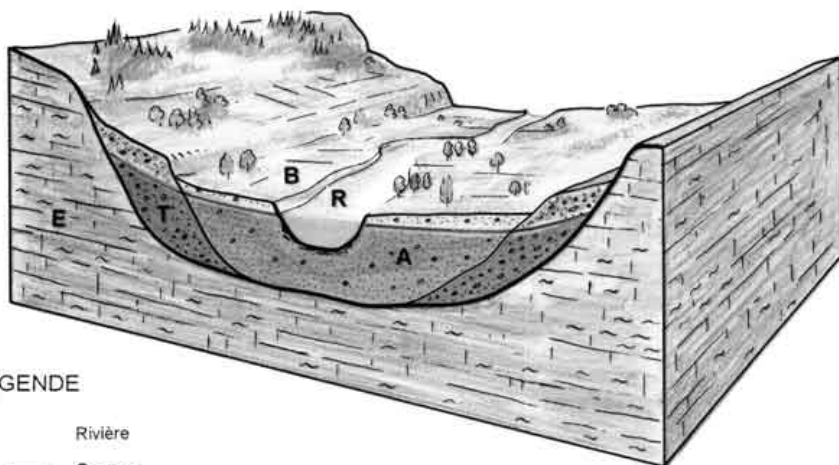
Le cours d'eau

le cours d'eau lui-même, le fond et les berges.

Les alluvions

● Un réservoir d'eau

Les alluvions qui tapissent les fonds des vallées sont composées de galets, de graviers, de sables, d'argiles et de limons en proportions variables, en fonction des variations de débit des cours d'eau qui les transportent puis les déposent. Les petits vides interstitiels entre ces éléments, de nature pétrographique variée, sont occupés par l'eau souterraine, qui provient des infiltrations depuis la surface du



LEGENDE

R	Rivière
B	Berges
A	Alluvions
T	Terrasses
E	Terrains encaissants

Fig. 3 : Coupe type d'une nappe alluviale

sol ou des aquifères adjacents ou sous-jacents et qui en dehors des périodes de crue, s'écoule globalement vers le cours d'eau.

Les formations alluviales assurent donc une fonction de stockage qui dépend du volume entre les grains constitutifs du milieu et une fonction conductrice conditionnée par l'agencement de ces grains. Ce sont ces propriétés qui sont définies par les paramètres physiques que sont la porosité et la perméabilité.

● **Des utilisations variées et parfois conflictuelles**

Outre leur fonction de réservoir d'eau souterraine utilisée pour l'alimentation en eau potable, agricole ou industrielle, les alluvions constituent une source de matériaux, dont l'exploitation s'accompagne d'une "mise à nu" de la nappe. L'extraction de granulats se traduit en effet par l'ouverture de gravières qui vont accroître la vulnérabilité des aquifères. (exemples : nappe alluviale d'Alsace et nappe du Var, Hérault, Moselle, Yonne, Seine).

Les plaines alluviales représentent bien souvent un espace privilégié pour le développement des industries et des agglomérations, qui s'accompagne d'une colonisation de l'espace souterrain par des constructions diverses (parkings souterrains, fondations, métro, canalisations...), empiétant sur le volume d'eau exploitable.

Enfin, les vallées alluviales connaissent de profondes modifications avec l'extension des zones de cultures et l'évolution des pratiques agricoles. Il s'ensuit une utilisation massive de substances agrochimiques (engrais, pesticides), compromettant la qualité de l'eau facilement accessible des nappes alluviales, et un développement important des prélèvements pour l'irrigation dans certaines régions.

Relation de la nappe alluviale avec les terrains encaissants

Les influences que peuvent subir les captages implantés dans une nappe alluviale sont conditionnées par le type de relations hydrauliques existant aux limites des alluvions avec les formations encaissantes.

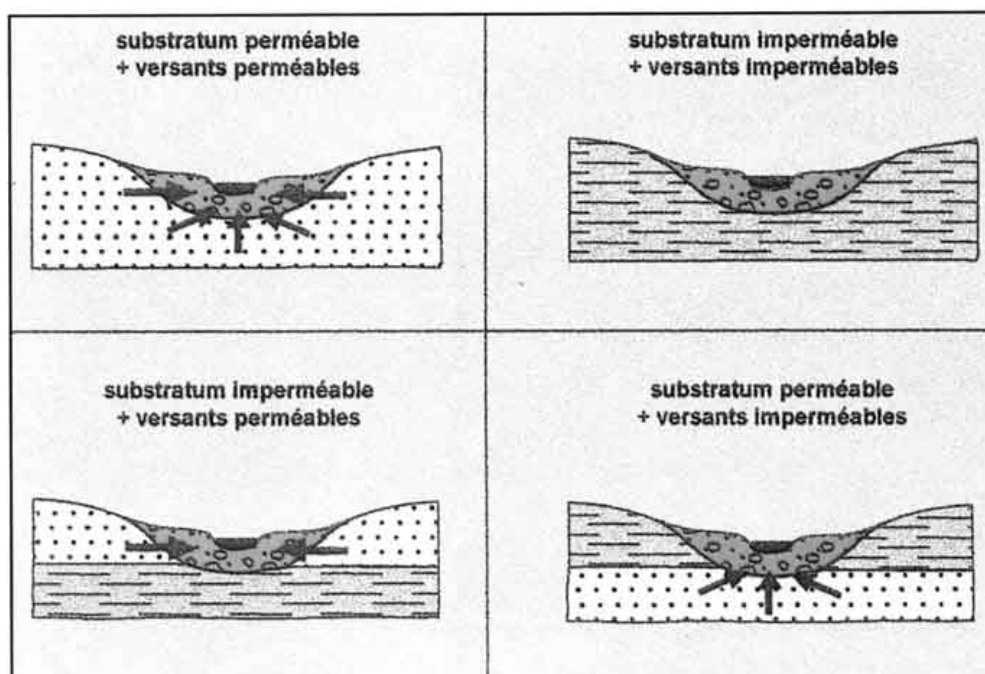


Fig. 4 : Relation de la nappe alluviale avec les terrains encaissants

Divers exemples de relations pouvant exister entre le complexe alluvial et les formations encaissantes sont schématisés sur la figure 4.

Les terrains encaissants sont constitués :

- du substratum,
- des versants.

Le substratum et les versants (coteaux) peuvent être constitués :

- soit des mêmes formations géologiques (cas 1 et 2 de la figure 4),
- soit de formations géologiques différentes (cas 3 et 4 de la figure 4).

Les différentes configurations possibles résultent des propriétés hydrodynamiques des formations encaissantes qui peuvent elles-mêmes constituer un domaine aquifère. Pour une même formation alluviale, celles-ci peuvent varier géographiquement, le long du tracé emprunté par le cours d'eau.

Le cours d'eau

Des échanges d'eau s'établissent entre le réseau hydrographique de surface et la nappe alluviale, ils sont variables en sens et en intensité en fonction des saisons, du régime hydraulique du cours d'eau et de la position du niveau du cours d'eau par rapport à celle de la surface de la nappe.

• Les différents régimes hydrologiques

Le cours d'eau a la propriété de transporter et de déposer des sédiments. Sous l'influence des variations de débit, les solides en suspension pourront être redéposés sur les berges et même au-delà, dans le périmètre de la zone inondable, à la surface de laquelle se développent souvent des horizons argileux et limoneux.

Les différents régimes d'écoulement sont déterminés par le rythme des précipitations. En période de crue le cours d'eau atteint un niveau maximal et occupe tout ou partie de son lit majeur alors qu'en période d'étiage le niveau est faible, et le cours d'eau ne dépasse pas le lit mineur. Ainsi, les communications existant entre cours d'eau et nappe alluviale peuvent avoir un caractère saisonnier, conditionné par la configuration géologique du lit et les variations de niveau de la surface libre du cours d'eau (figure 5).

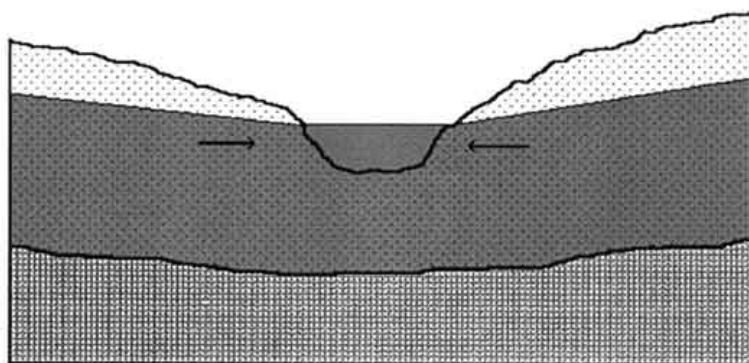


Fig. 5 (1) : La rivière draine la nappe

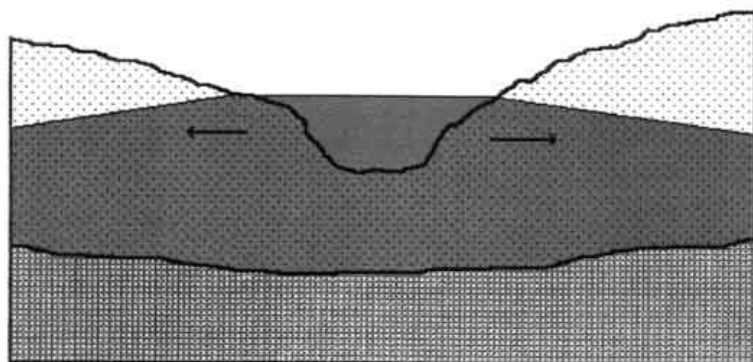


Fig. 5 (2) : La rivière alimente la nappe

D'une façon générale, après une période sans précipitations, le niveau d'eau dans le cours d'eau est plus bas que dans la nappe : le cours d'eau draine la nappe. Après une période de précipitations suffisamment longue, le niveau du cours d'eau remonte et dépasse celui de la nappe : le sens des échanges s'inverse et le cours d'eau alimente la nappe.

Il est donc fréquent de discerner dans le fonctionnement hydraulique de l'aquifère alluvial un régime de basses eaux d'un régime de hautes eaux, caractérisés chacun, par un régime d'écoulement souterrain naturel localement différent, et conditionné au voisinage immédiat du cours d'eau par la nature du fond et des berges.

● **Le fond et les berges**

nues par filtration purement mécanique, et contribuent progressivement au colmatage des berges, modifiant profondément ses propriétés transmissives.

Le colmatage des berges et du fond du cours d'eau peut être plus ou moins prononcé, sinon total, et conditionne l'intensité des échanges avec la nappe alluviale (figure 6).

Le paramètre de colmatage est défini comme le rapport e/k .

Le terme e est l'épaisseur de la zone de terrain à perméabilité plus faible, et k cette perméabilité.

Lorsque les berges sont très colmatées, la nappe peut être complètement décrochée par rapport à la rivière : il n'y a pas continuité des niveaux d'eau entre la nappe et la rivière.

La détermination du paramètre de colmatage est délicate. Une méthode consiste à observer, dans la nappe et à différentes distances de la rivière, les variations du niveau piézométrique induites par les fluctuations naturelles de la rivière. La détermination se fait à l'aide d'abaques.

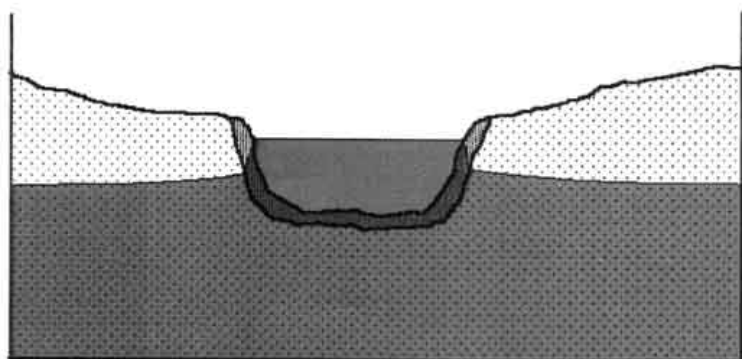


Fig. 6 (1) : Colmatage partiel des berges

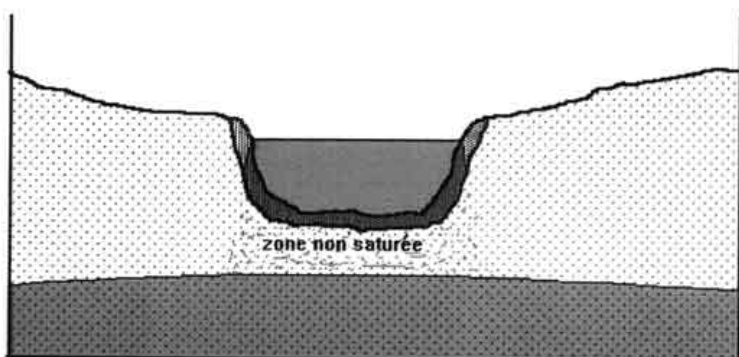


Fig. 6 (2) : Colmatage total. La zone saturée est totalement décrochée de la rivière

L'eau provenant du cours d'eau est chargée d'éléments solides en suspension. Lorsqu'elle circule vers la nappe, à travers la frange d'alluvions formant le lit du cours d'eau, les particules en suspension sont rete-

Typologie des nappes alluviales

Les structures des nappes alluviales et leurs contextes géomorphologiques sont multiples. On peut cependant les regrouper en quelques types principaux représentant les situations les plus fréquemment rencontrées :

La vallée fluviale récente

La vallée fluviale ancienne

Vallée fluviale récente

La vallée est remplie uniquement d'alluvions récentes. Les versants et le substratum (terrains encaissants) peuvent par exemple correspondre à la même formation géologique qui peut être :

- soit imperméable (figure 7) ;
- soit elle-même aquifère (figure 8).

Dans ce cas, la nappe alluviale est non seulement en relation hydraulique avec la rivière, mais également avec la nappe contenue dans les formations encaissantes.

Vallée fluviale ancienne

Les alluvions se différencient en alluvions récentes et alluvions anciennes, ces dernières formant une ou plusieurs terrasses.

En phase de sédimentation, la rivière coule sur ses alluvions récentes (figure 9).

En phase d'érosion, la rivière peut avoir creusé son lit jusqu'au substratum et même entaillé celui-ci (figure 10).

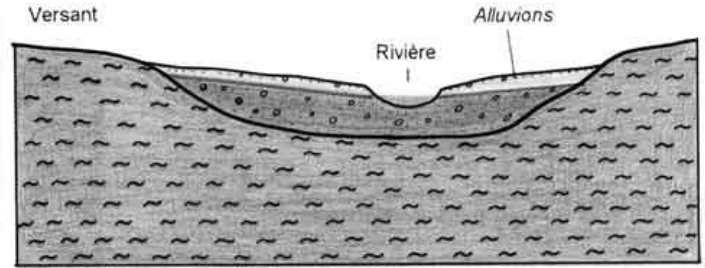


Fig. 7 : Vallée récente - Substratum : marnes ou argiles

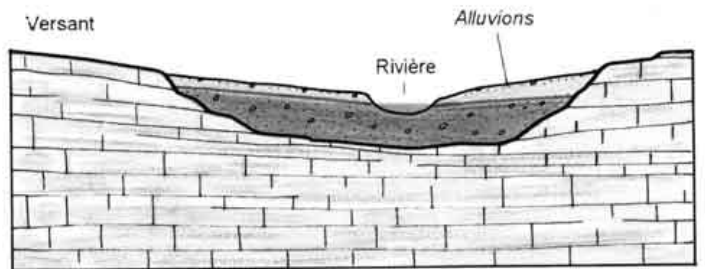


Fig. 8 : Vallée récente - Substratum : calcaires

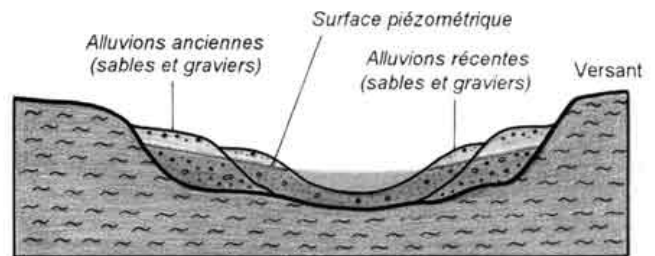


Fig. 9 : Vallée ancienne - Substratum imperméable : marnes

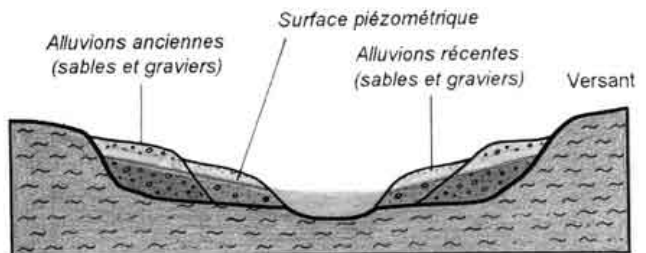


Fig. 10 : Vallée ancienne - Substratum imperméable entaillé : marnes

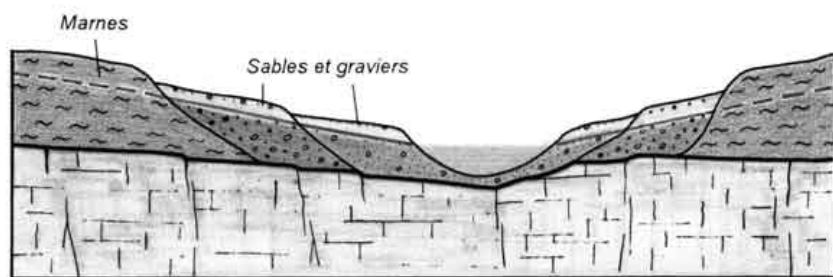


Fig. 11 : Vallée ancienne - Substratum perméable : calcaires fissurés

Les mêmes schémas peuvent se retrouver dans le cas d'un substratum perméable et lui-même aquifère (figure 11).

Dans ce cas, la nappe alluviale est également en relation hydraulique avec la nappe contenue dans les formations du substratum.

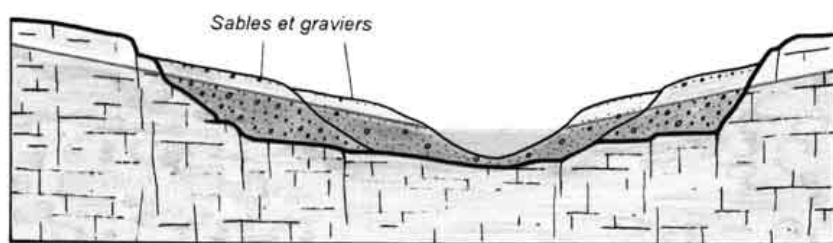


Fig. 12 : Vallée ancienne - Substratum perméable : calcaires fissurés

Les versants peuvent également être constitués des mêmes formations que le substratum (figure 12).

Dans le cas de vallées anciennes, le modelé de la vallée et les relations entre alluvions, rivière et formations encaissantes, peuvent devenir plus complexes, influencées par

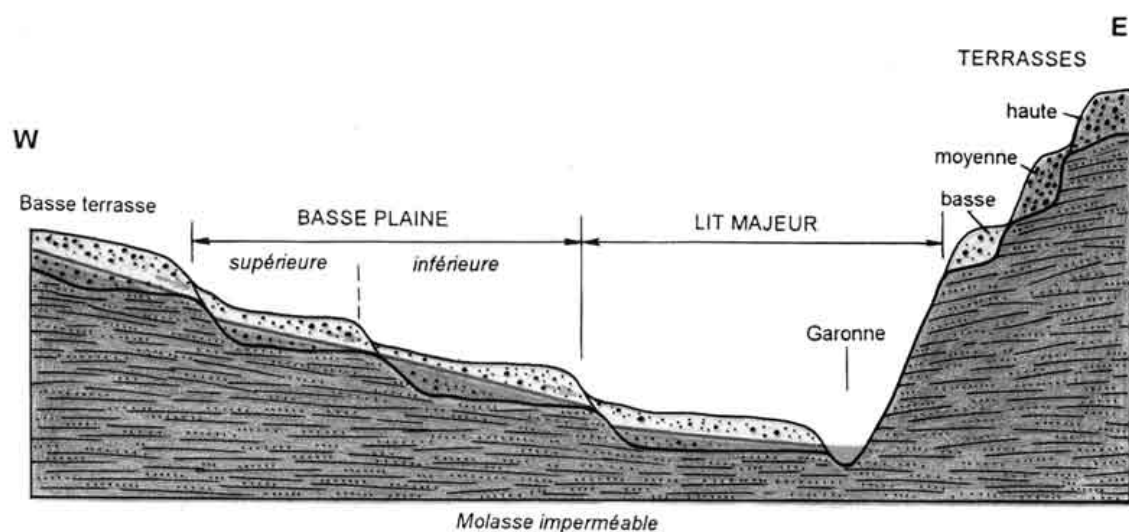


Fig. 13 : Moyenne vallée de la Garonne (d'après J. Hubschman)

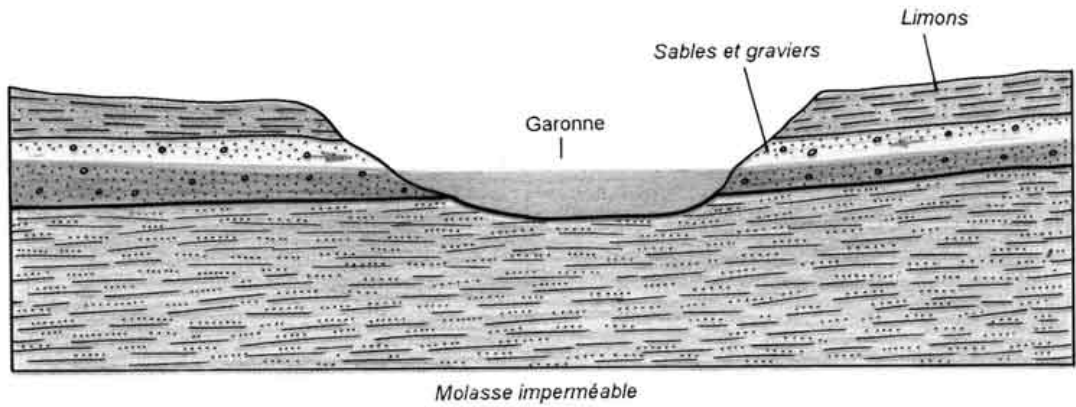


Fig. 14 : La nappe alluviale de la Garonne, près d'Agen (d'après J. R. Daum)

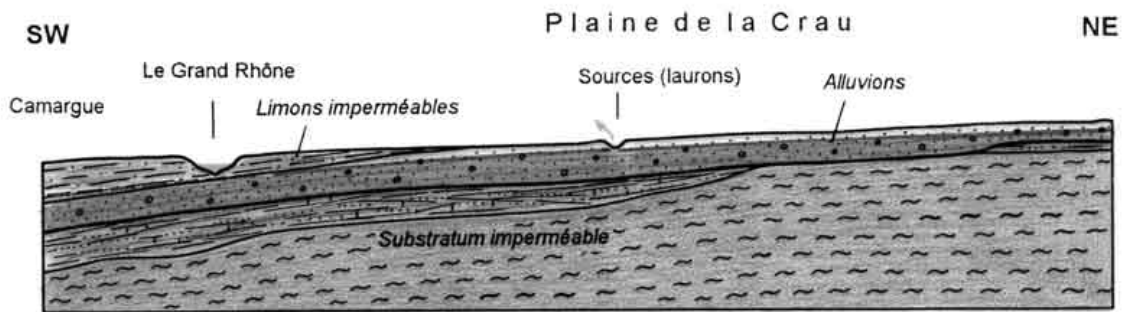


Fig. 15 : La plaine alluviale de la Crau (d'après P. Bérard)

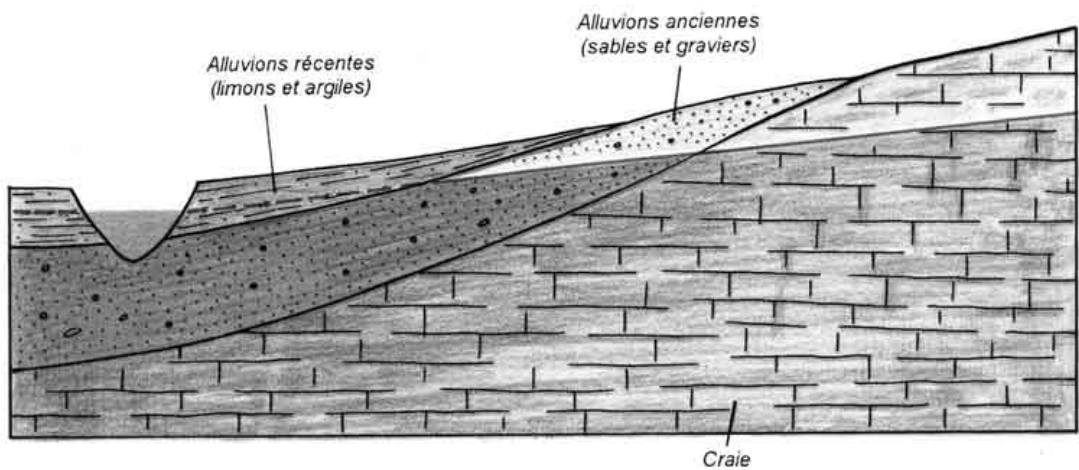


Fig. 16 : Champagne crayeuse (d'après D. Bouton et P. Froment)

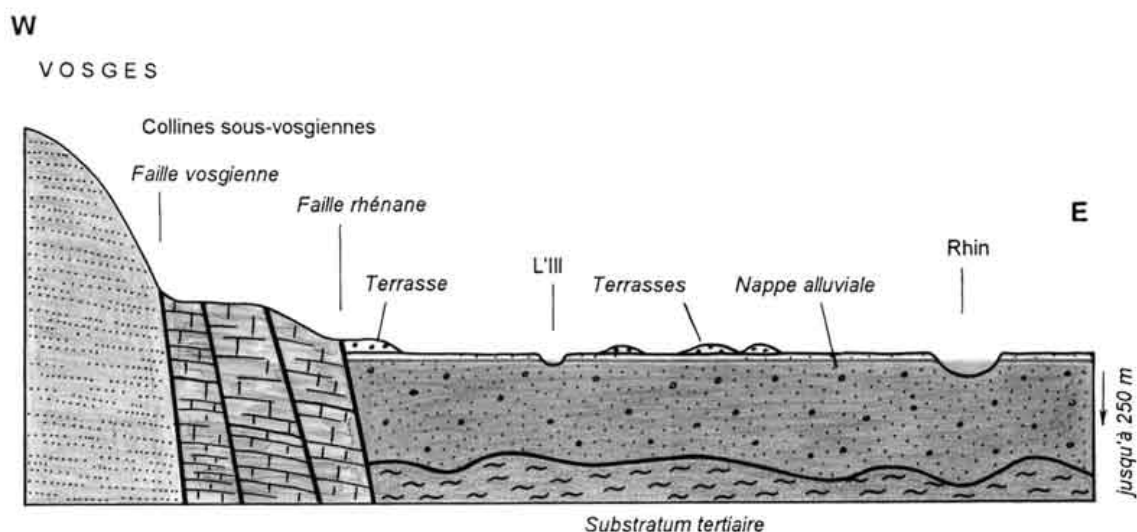


Fig. 17 : La plaine alluviale d'Alsace (d'après A. R. Cloots)

l'évolution géologique régionale. Par exemple, sous l'effet d'une baisse progressive du niveau de base géographique, la vallée peut se structurer en terrasses emboîtées correspondant aux différents stades d'érosion/comblement par le fleuve. Il en résulte une succession de nappes étagées, qui peuvent être en continuité hydraulique, dont seules les alluvions les plus récentes sont en relation directe avec la rivière (figure 13 : exemple de la Garonne).

Les alluvions peuvent être recouvertes par des dépôts plus récents, perméables ou imperméables. (figure 14 : Garonne, Agen).

A l'extrême, la nappe alluviale peut devenir captive et sans relation avec la rivière (figure 15 : exemple de la nappe de la Crau).

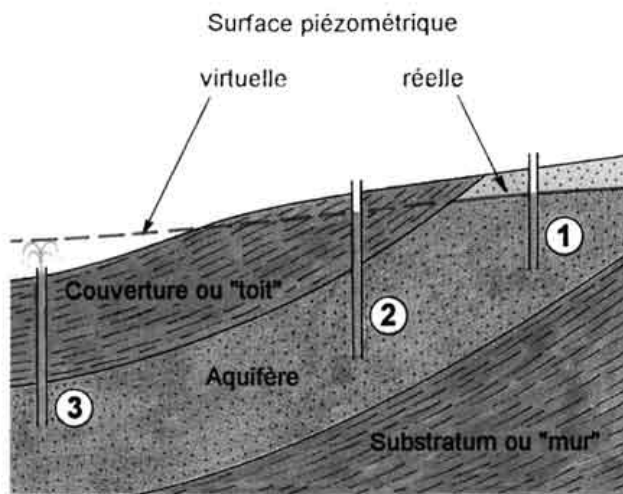
Les nappes alluviales des vallées de la Champagne crayeuse sont un bel exemple de nappes en relation hydraulique étroite avec les formations encaisantes (figure 16).

La nappe alluviale de la plaine d'Alsace est la plus puissante nappe alluviale du territoire (figure 17).

L a nappe alluviale : aspects quantitatifs et qualitatifs

Son fonctionnement

La nappe
alluviale :
aspects
quantitatifs
et qualitatifs



- En ① la nappe est libre,
- en ② elle est captive,
- en ③ elle est captive et artésienne (jaillissante)

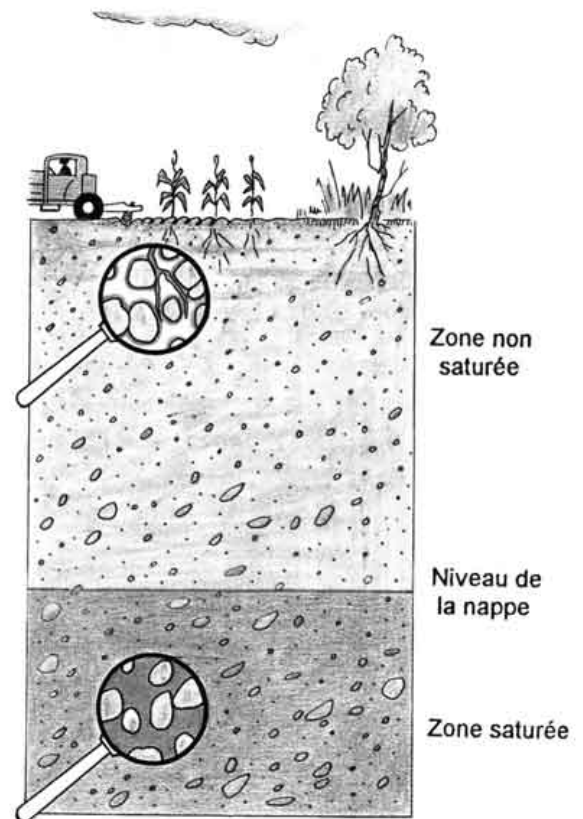


Fig. 18 : Les différents types de nappe

Hydrodynamique des nappes

● *Nappe libre, nappe captive, nappe artésienne*

Une nappe est **libre** lorsque sa surface est à la pression atmosphérique. Son niveau en un point est celui que l'on peut mesurer dans un puits foré (1 sur figure 18).

Une nappe est **captive** lorsqu'elle est comprimée (pression supérieure à la pression atmosphérique) sous une couche de perméabilité plus faible (marne ou argile). Sa surface piézométrique est alors située au-dessus de son toit (2 sur figure 18).

Enfin, une nappe captive est **artésienne** si son niveau piézométrique est situé au-dessus de la surface du sol. Si l'on fore un puits dans cette nappe, l'eau sera jaillissante (3 sur figure 18).

● *Caractéristiques hydrodynamiques*

Les caractéristiques hydrodynamiques d'une nappe, ou plus exactement d'une formation aquifère sont : la perméabilité, la transmissivité et le coefficient d'emménagement.

La **perméabilité** est l'aptitude d'un terrain à laisser écouler au travers d'une section unitaire, un débit de fluide sous l'effet d'un gradient de charge hydraulique. Pour l'eau, elle s'exprime quantitativement par le coefficient de Darcy, qui a la dimension d'une vitesse (m/s).

La **transmissivité** est le produit de la perméabilité par la puissance (épaisseur) de la zone saturée. Elle s'exprime généralement en m^2/s .

Le **coefficient d'emménagement** (sans dimension) est le volume d'eau libérée par un prisme vertical de terrain aquifère, par section unité ($1 m^2$) et par baisse de pression unité

(1 m). Pour une nappe libre, il est égal à la porosité efficace et correspond à la vidange d'un prisme de terrain sur une hauteur de 1 m. Pour une nappe captive, il est très inférieur à la porosité efficace, car pour une baisse de pression de 1 m, et à condition que la nappe reste captive, seule l'eau comprimée est libérée. Celle-ci est en quantité très faible, du fait du très faible coefficient de compressibilité de l'eau (figure 19).

L'abaissement du niveau dans une nappe libre libère beaucoup plus d'eau que dans une nappe captive

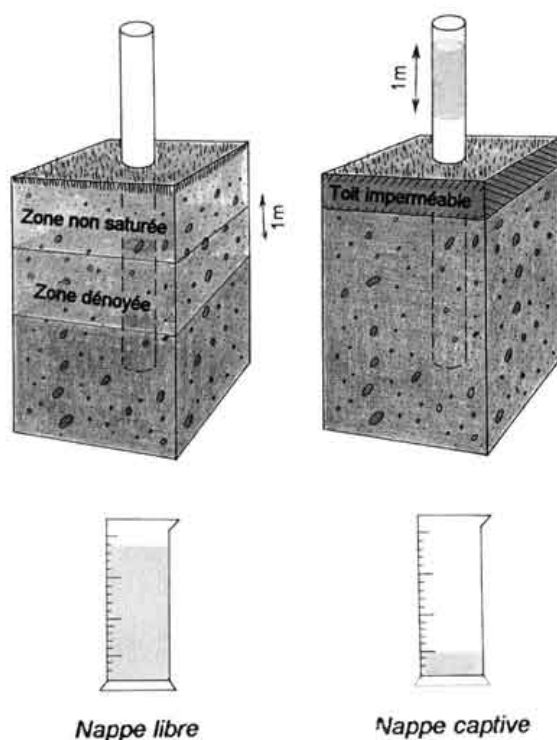


Fig. 19 : Comparaison entre nappe libre et nappe captive

● *Régimes d'écoulement*

L'écoulement de l'eau souterraine se caractérise par deux régimes différents : le régime permanent et le régime transitoire.

En régime permanent, les niveaux et les débits sont constants dans le temps. En régime transitoire, les niveaux et les débits sont variables dans le temps.

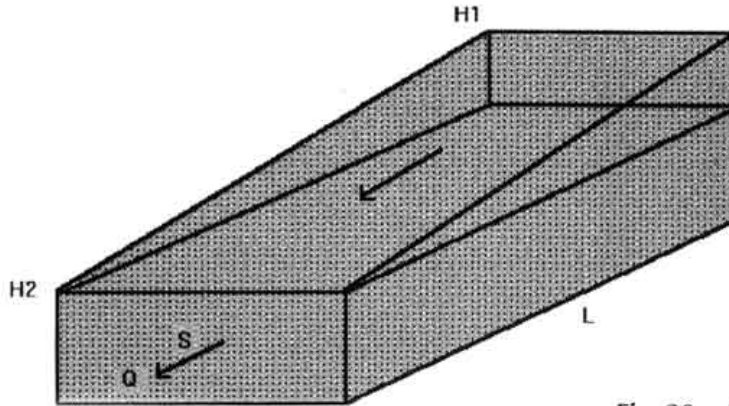


Fig. 20 : La loi de Darcy

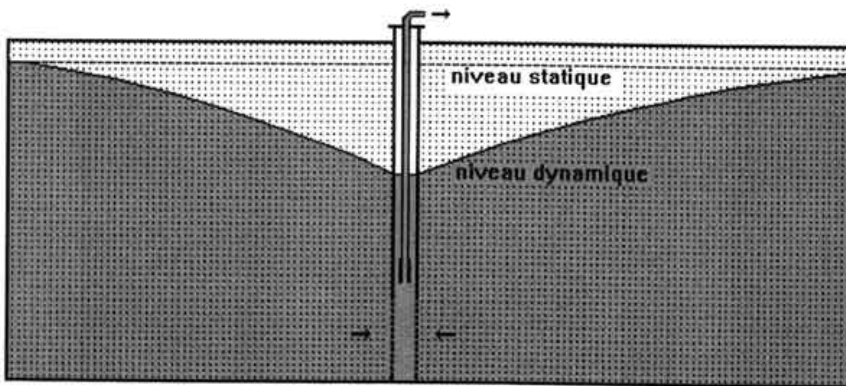


Fig. 21 : Effet d'un pompage sur la nappe

Le régime permanent

Il a lieu lorsque l'écoulement se fait entre deux limites à niveaux constants H_1 et H_2 ; dans ce cas, le débit écoulé à travers une section S est $Q = K.S. \frac{H_1 - H_2}{L}$ (loi de Darcy)

K étant la perméabilité (en m/s),

$\frac{H_1 - H_2}{L}$ le gradient hydraulique, c'est-à-dire

la chute de niveau sur une distance L .

Les niveaux étant exprimés en m, et la section en m^2 , le débit sera en m^3/s (figure 20).

Le régime transitoire

Il a lieu suite à une modification de niveau en un point ou en une zone. La mise en route d'un pompage dans un puits en donne un bon exemple.

Le pompage (même à débit constant) crée une baisse de niveau, maximale à l'aplomb du

puits, et qui augmente avec le temps. Cette baisse de niveau, appelée **rabattement**, tend néanmoins à se stabiliser dans le cas d'une nappe suffisamment étendue ou suffisamment réalimentée (figure 21).

La période comprise entre le début du pompage et la stabilisation du niveau correspond à un écoulement en régime transitoire. Pendant cette période et sur une certaine zone autour du puits (zone d'influence), les niveaux baissent également en fonction du temps.

L'arrêt du pompage provoque également un régime transitoire, avec inversement une remontée des niveaux.

Les évolutions comparées du niveau dans le puits et du niveau dans un piézomètre (puits d'observation) situé à une certaine distance sont représentées sur la figure 22.

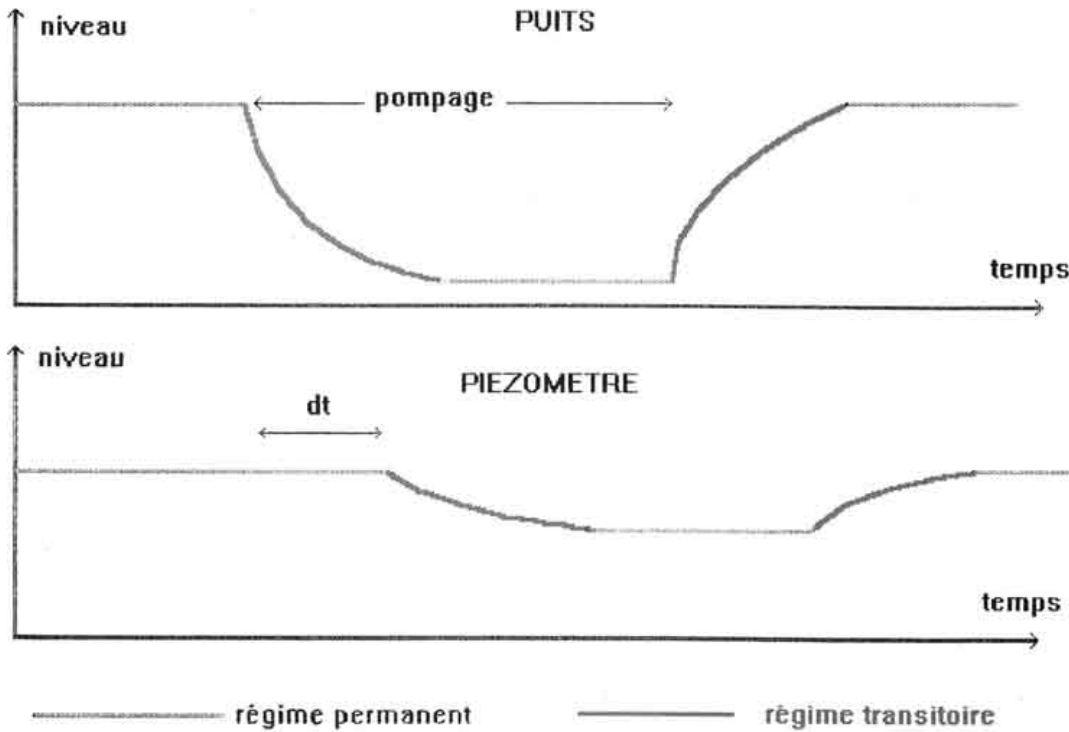


Fig. 22 : Évolution du niveau due à un pompage
(dt est d'autant plus petit que T/S est grand)

A l'instar de l'effet d'un pompage, toute action sur le niveau produite en un point ou en une zone, se répercutera sur les zones voisines avec un déphasage et une réduction d'amplitude qui sont fonction des caractéristiques hydrodynamiques : transmissivité T et coefficient d'emmagasinement S .

La propagation des effets est d'autant plus rapide que T/S est grand. T/S est appelé la **diffusivité**.

Types et régime d'alimentation

Les nappes alluviales peuvent bénéficier, selon les cas, de plusieurs types d'alimentation naturelle (figure 23) :

- infiltration directe d'une partie des pluies (1),
- apports par ruissellement des coteaux versants et infiltration (2),
- apports latéraux souterrains venant de formations aquifères adjacentes (3),
- recharge par des formations aquifères sous-jacentes (4),
- recharge souterraine par la rivière (5),
- recharge par les inondations (6).

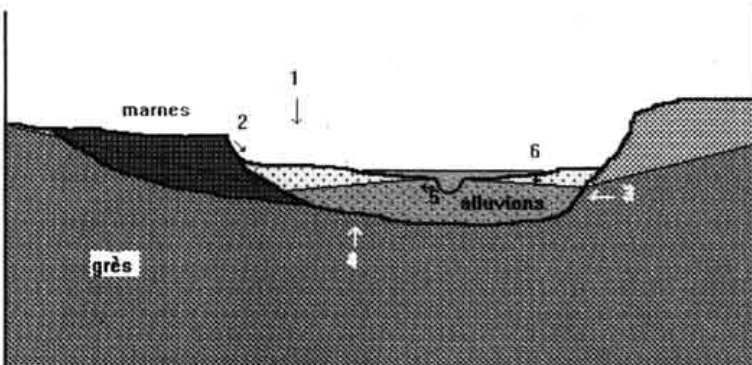


Fig. 23 : Alimentation des nappes alluviales

La nappe alluviale : aspects quantitatifs et qualitatifs

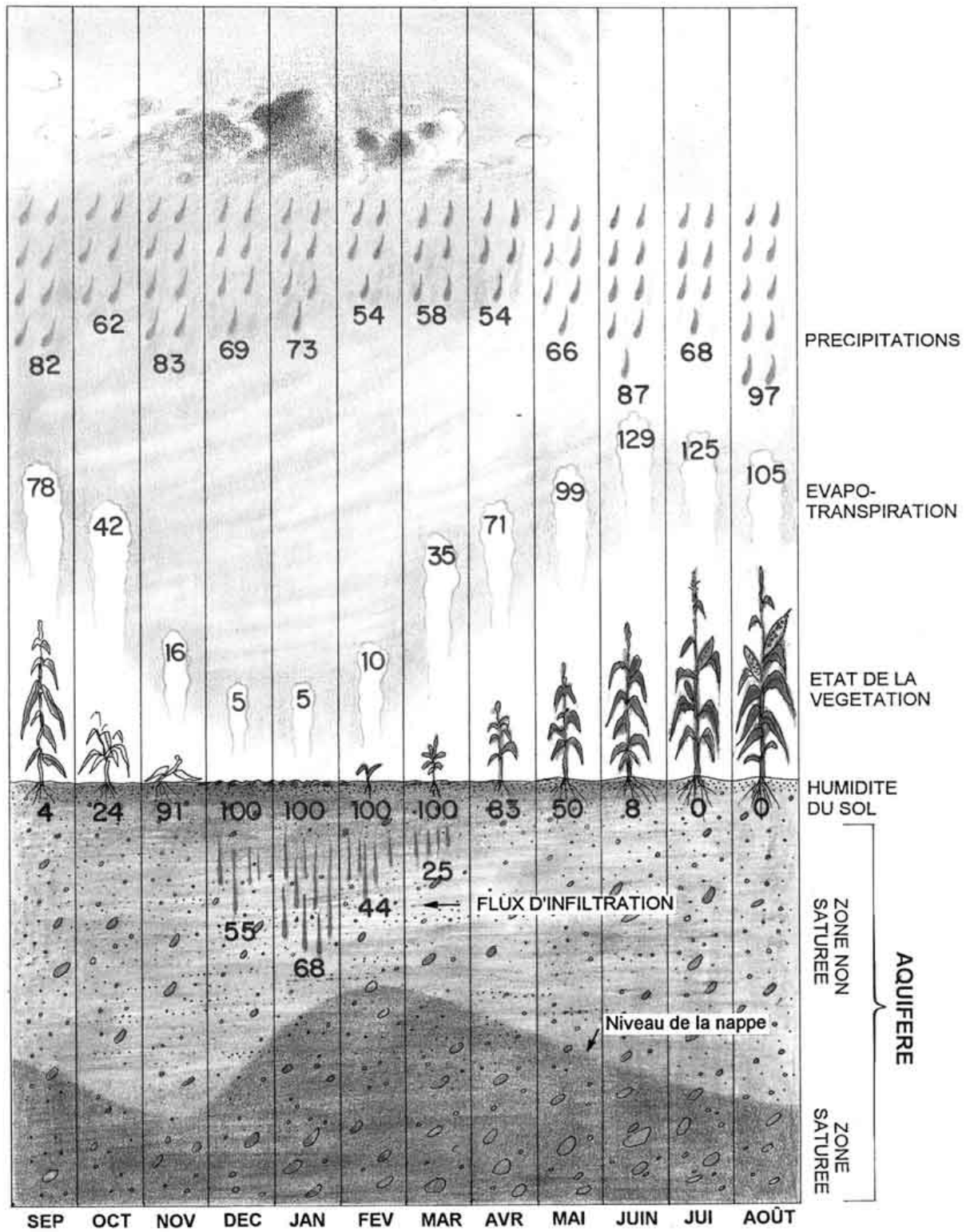
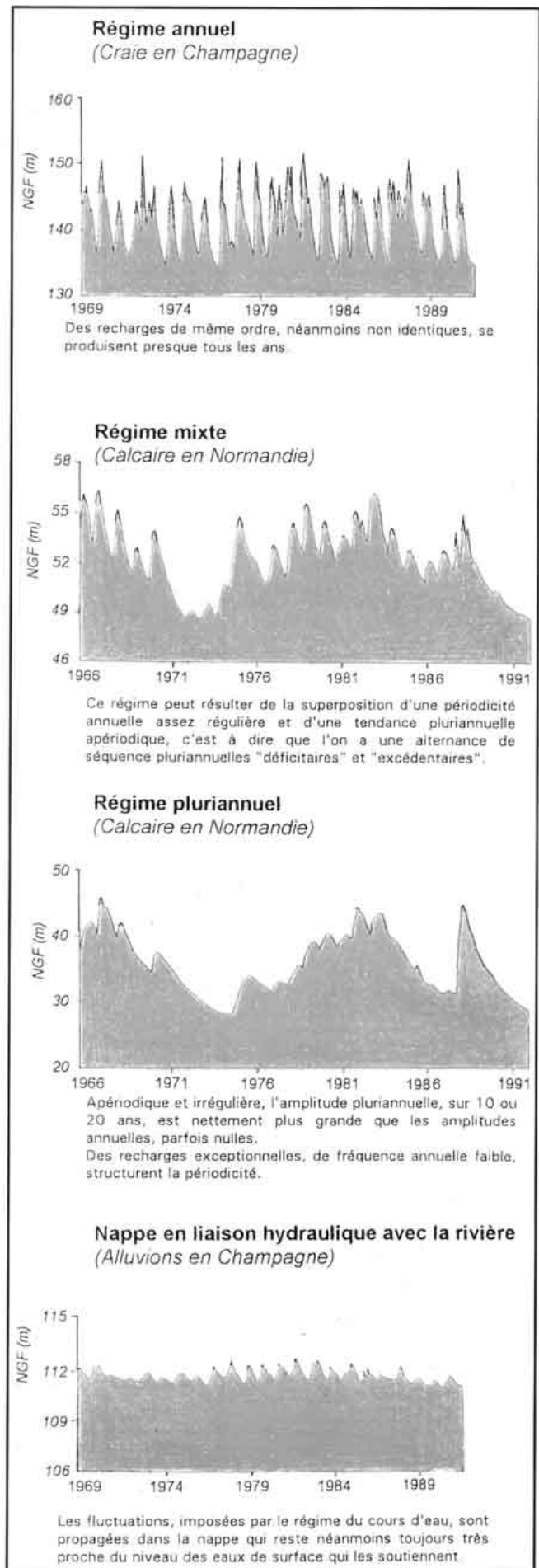


Fig. 24 : Alimentation par les pluies

directement lié au régime des pluies (comme pour les autres nappes phréatiques), et d'autre part lié au régime de la rivière associée (sauf dans le cas de berges totalement colmatées). Figures 24, 25, 26.



La nappe alluviale : aspects quantitatifs et qualitatifs

Fig. 25 : Les différents régimes d'alimentation des nappes

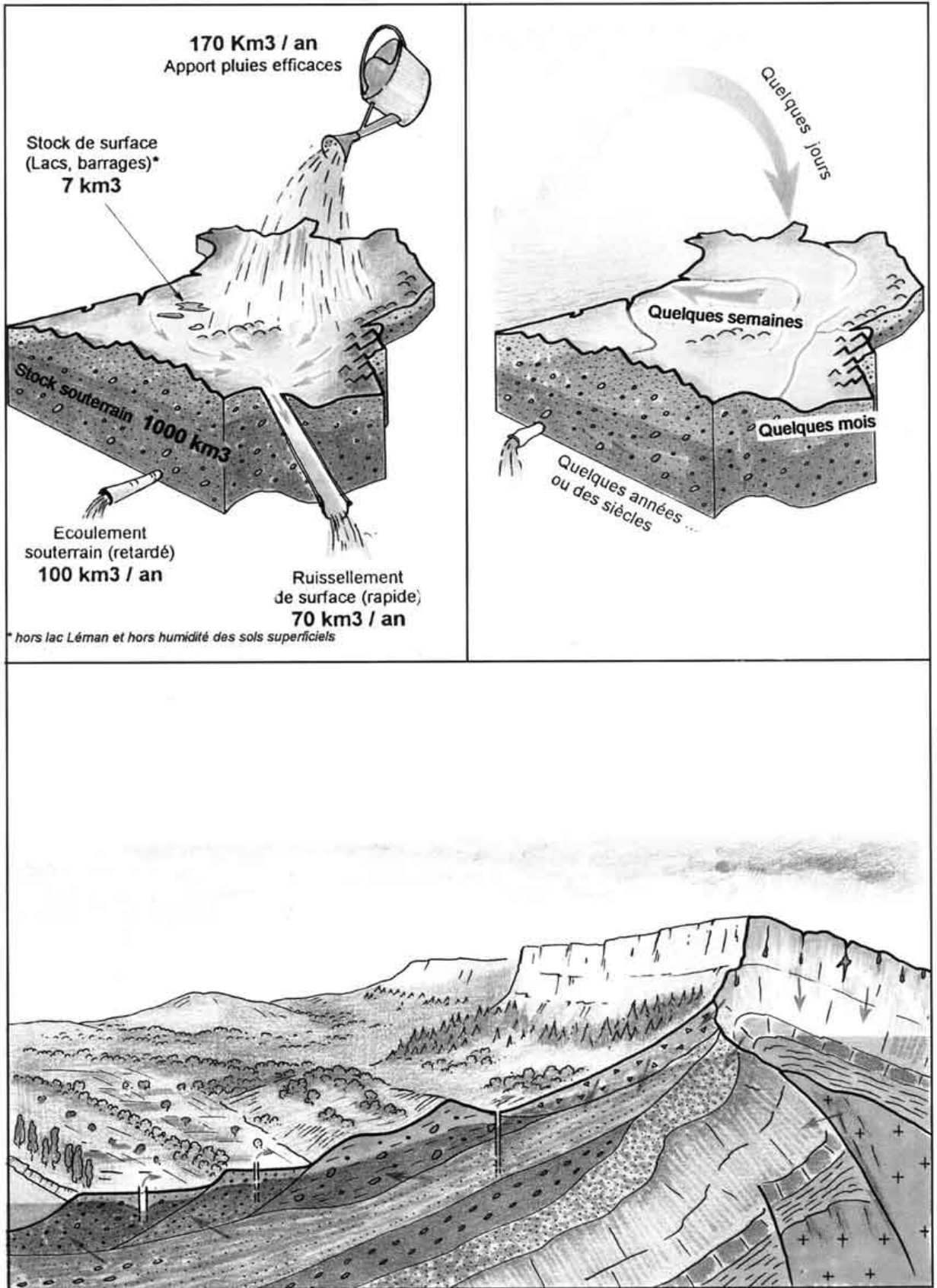


Fig. 26 : Alimentation et écoulement

La nappe
alluviale :
aspect
quantitatif
et qualitatif

La reconnaissance hydrogéologique

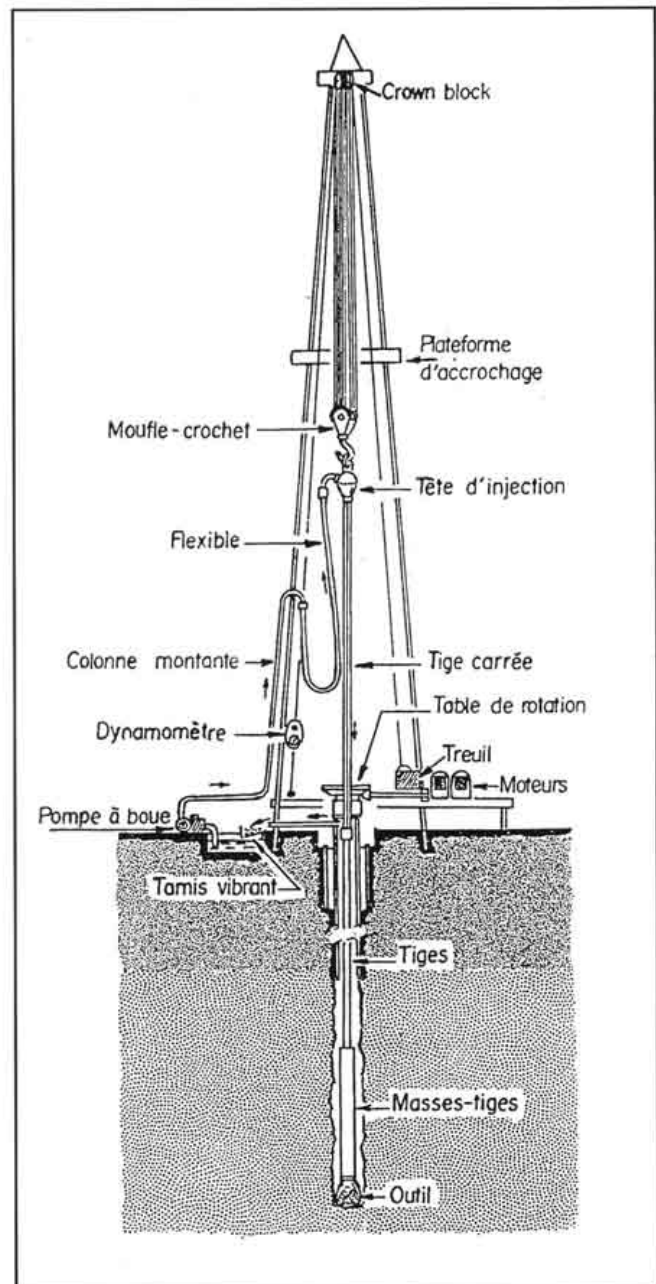
Pour pouvoir bien gérer l'exploitation d'une nappe alluviale et bien protéger ses captages, il faut correctement la connaître.

Les données à acquérir concernent

- les formations alluviales elles-mêmes :
 - la **géométrie** : profondeur, limites latérales
 - la **lithologie** : description des roches
 - les **paramètres hydrodynamiques**
 - les **niveaux d'eau** et leurs fluctuations saisonnières,
- les formations encaissantes, c'est-à-dire le substratum et les versants :
 - la **lithologie**
 - les **paramètres hydrodynamiques** et les niveaux d'eau, s'il s'agit également de formations aquifères.

Sondages mécaniques

Les **sondages mécaniques**, ou **forages**, peuvent être uniquement destinés à la reconnaissance. Cependant, dans la majorité des cas et pour des raisons de coût, ils seront utilisés ensuite comme ouvrages d'**exploitation** ou d'**observation** (figure 27).



La nappe alluviale - aspect quantitatifs et qualitatifs

Fig. 27 : Disposition schématique d'un atelier de forage rotatif (d'après Mabillot)

Le **choix du site** du forage est guidé par les documents existants : cartes topographiques, cartes géologiques, photos aériennes et éventuellement images satellite, rapports d'études ou rapports de forages précédents.

L'**analyse** de ces documents et une **étude sur le terrain**, effectuées par un hydrogéologue, permettront d'établir une **coupe verticale prévisionnelle** des terrains au site envisagé et de déterminer les **caractéristiques techniques** les mieux appropriées du futur forage.

Les forages sont généralement exécutés au **battage** (percussion) ou au rotary (rotation d'un trépan), et suivant les cas, à sec, à l'eau claire ou à la boue.

Pendant la foration, des **échantillons** de terrain sont prélevés, en général tous les mètres.

Leur examen détaillé permet de construire la **coupe lithologique observée** des terrains au droit du forage.

La description des différents types de roches rencontrées (blocs, galets, graviers, sables, limons, argiles, etc.) est accompagnée d'une **analyse granulométrique** (tamisage) de celles-ci.

Les résultats des **diagraphies géophysiques** sont reportés en juxtaposition de la coupe lithologique, de manière à pouvoir effectuer des corrélations.

Les diagraphies géophysiques généralement effectuées pour des formations alluviales

sont les carottages électriques (résistivités, polarisation spontanée), et les carottages radioactifs (rayons gamma naturels, neutrons,

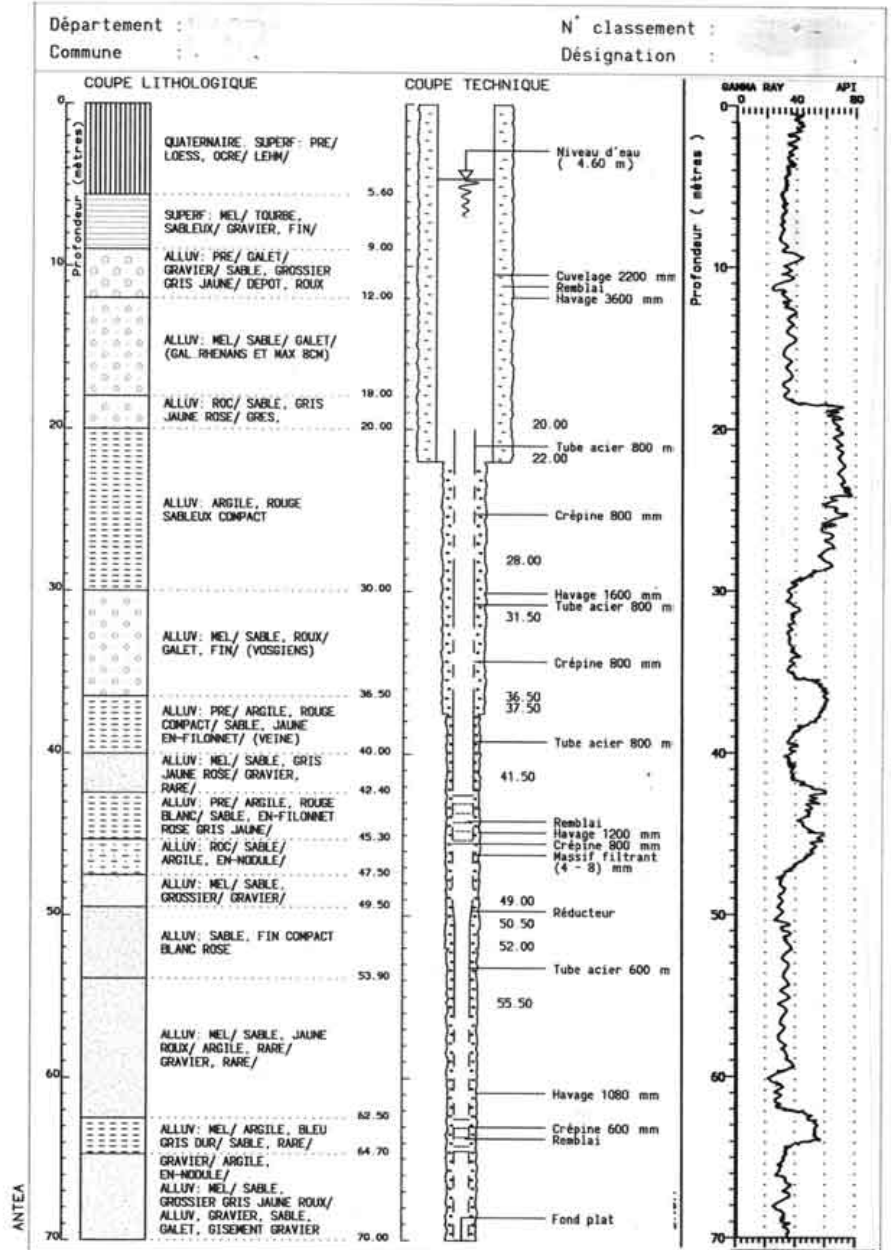


Fig. 28 : Coupe lithologique, technique et diagraphie

gamma-gamma). Ces diagraphies renseignent sur la porosité, la teneur en matériaux argileux, ainsi que sur la salinité de l'eau contenue dans les terrains (figure 28).

L'examen en parallèle de la coupe lithologique et des diagraphies permettra également de positionner les **tubages** et les **crépines** du forage.

Dans les formations alluviales, sauf parfois pour les plus épaisses, les forages sont généralement exécutés jusqu'au substratum. Le forage permet donc également de connaître la profondeur **exacte du substratum**.

Si le substratum est également aquifère, il sera évidemment utile de forer au moins quelques mètres dans celui-ci, pour avoir des informations sur ses propriétés hydrauliques.

Enfin, la réalisation d'un forage tubé et crépiné permet de connaître le **niveau exact de l'eau souterraine**.

Prospection géophysique

La prospection géophysique permet de déterminer, à partir de la surface du sol, les structures des formations du sous-sol et, dans une certaine mesure, la nature de celles-ci.

Différents types de prospection existent : la prospection électrique, la prospection sismique, la prospection gravimétrique et la prospection magnétique.

● **Prospection électrique**

C'est le type de prospection le plus employé en hydrogéologie et plus spécialement dans le cas de formations alluviales.

Il existe plusieurs méthodes de prospection électrique, mais la plus courante est le **sondage électrique**.

Le principe du sondage électrique est le suivant : un courant d'intensité I est envoyé dans le sol à travers deux électrodes A et B plantées dans le sol et la différence de potentiel V engendrée est mesurée entre deux autres électrodes M et N (figure 29 : sondage électrique - croquis IRIS).

Tableau 1 - Valeurs typiques de la résistivité des roches

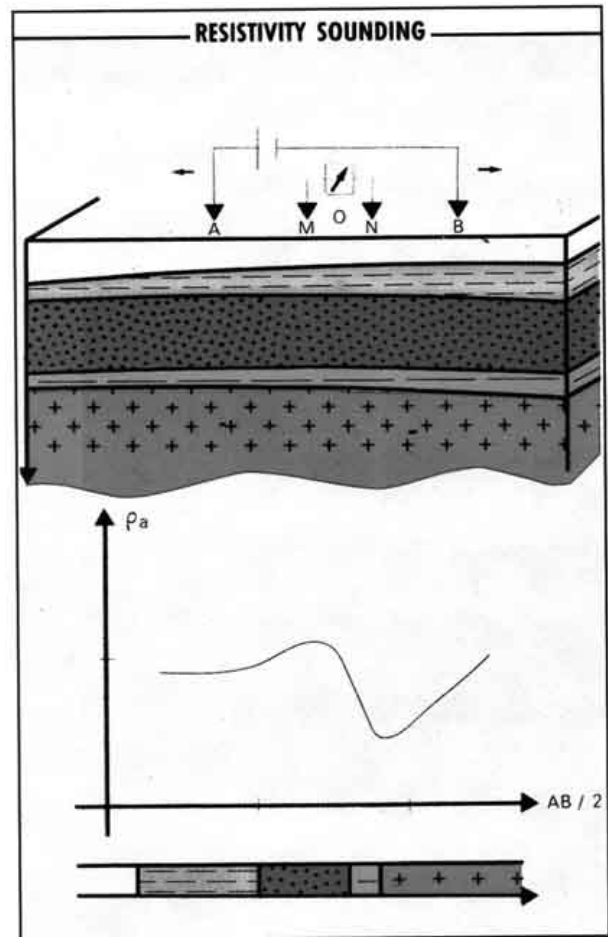


Fig. 29 : Sondage électrique

On augmente progressivement la longueur du dispositif et on mesure ainsi les résistivités apparentes du terrain pour des profondeurs d'investigation croissantes. La courbe de résistivité apparente enregistrée est ensuite inter-

Nature lithologique	Résistivité ($\Omega.m$)
Marnes	0,5 à 100
Argiles (eau douce)	10 à 100
Argiles (eau salée)	1 à 10
Schistes	50 à 1 000
Calcaires	100 à 5 000
Grès	60 à 10 000
Quartzites	20 000
Granites	300 à 15 000
Roches éruptives compactes	500 à 20 000
Roches éruptives altérées	50 à 500
Alluvions, sables, graviers	100 à 1 000
Sols argileux	10 à 20
Sables et graviers saturés d'eau douce	50 à 500
Sables et graviers saturés d'eau salée	0,5 à 5

La nappe alluviale : aspects quantitatifs et qualitatifs