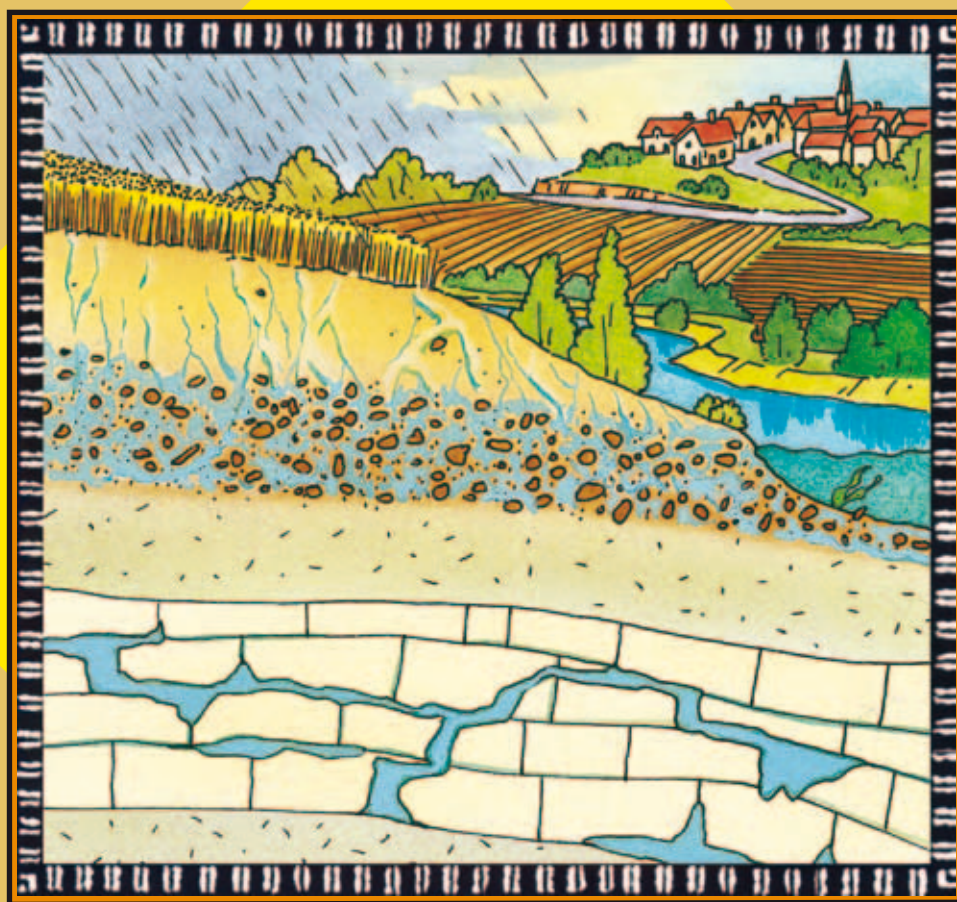




*Établissement public du ministère
chargé du développement durable*






A LA DÉCOUVERTE DES EAUX SOUTERRAINES

À LA DÉCOUVERTE DES EAUX SOUTERRAINES



À LA DÉCOUVERTE DES EAUX SOUTERRAINES

SOMMAIRE

	pages
 1- Les eaux souterraines dans le grand cycle de l'eau	3
 2- L'eau et les roches	5
2-1 Les aquifères, des réservoirs d'eau souterraine	
2-2 Les grands domaines géologiques du bassin Loire-Bretagne	
2-2-1 Le domaine de socle du Massif Armoricaïn et du Massif Central	
2-2-2 Le domaine sédimentaire du bassin parisien et du bassin aquitain	
 3- Les nappes d'eau souterraine	10
3-1 Nappes libres ou nappes captives	
3-2 Les nappes, des systèmes hydrodynamiques	
3-3 La piézométrie et le traçage, des outils de connaissance	
 4- Qualité et pollution des eaux souterraines	14
4-1 Quatre grandes signatures	
4-2 La pollution des nappes	
4-2-1 La pollution par les nitrates	
4-2-2 La pollution par les phytosanitaires	
 5- L'exploitation des eaux souterraines	18
5-1 Réaliser un forage	
5-2 L'eau dans le forage	
5-3 La productivité d'un forage	
5-4 Besoin et utilisation des eaux souterraines	
 6- La gestion des eaux souterraines	23
6-1 Des moyens de gestion	
6-2 Connaître pour mieux gérer	

1 Les eaux souterraines dans le grand cycle de l'eau

L'eau douce est une ressource naturelle renouvelable qui existe sous 3 états : gazeux, liquide, solide. Des échanges interviennent constamment entre ces différents réservoirs.

C'est ainsi que l'eau passe successivement :

- de l'état liquide à l'état gazeux par évaporation de l'eau des océans, des lacs...
- de l'état gazeux à l'état liquide, par condensation de la vapeur d'eau atmosphérique, puis solide par solidification en cristaux de glace au sein des nuages.

Ces derniers donnent naissance aux précipitations (pluie, neige, grêle) et l'eau, ainsi retombée au sol, ruisselle, s'infiltre ou s'évapore.

Les eaux d'infiltration pénètrent dans le sous-sol jusqu'à ce qu'elles rencontrent une couche géologique imperméable. Dans le sous-sol, l'eau occupe les vides présents dans toutes les roches sous forme de pores ou de fissures. Elle forme alors une nappe d'eau souterraine.

Nous ne pouvons pas chiffrer actuellement avec exactitude le volume total des réserves d'eau présentes sur la terre. On estime cependant que l'eau, sous toutes ses formes, couvre presque 75 % de la surface du globe. Océans, glaciers, lacs, rivières, fleuves et eaux souterraines forment un volume de 1 408 millions de Km³.

À la vue de ces chiffres, les ressources en eau paraissent largement suffisantes pour satisfaire les besoins de l'homme, des plantes et des animaux.

Mais, l'eau, c'est d'abord 97,3 % d'eau salée présent dans les mers, lacs ou océans. Quant aux eaux douces qui représentent moins de 3 % du total, la majeure partie n'est guère utilisable directement par l'homme.

En effet, sur un volume de 38 millions de km³ d'eau douce, 29,5 millions sont en fait prisonniers du froid dans les glaciers et les calottes polaires, et 4,6 millions emprisonnés également dans les grandes profondeurs du sol (+ de 800 m de profondeur). Si bien qu'il ne reste plus, comme eau douce réellement utilisable, qu'environ 0,3 % de l'eau de la terre (dont 95 % en eaux souterraines).

Tableau des ressources hydriques disponibles dans le monde

	Volume (en milliers de km ³)	Volume en %
Eaux salées	1 370 105,00	
- Océans	1 370 000,00	97,3
- Mers intérieures et lacs salés	105,00	
Eaux douces	38 304,25	
Eaux douces utilisables	4 191,25	
- Fleuves et rivières	1,25	0,3
- Lacs	124,00	
- Eaux souterraines (jusqu'à 800 m de profondeur)	4 000,00	
- Humidité du sol	66,00	
Eaux douces non utilisables directement	34 113,00	
- Glaciers et calottes polaires	29 500,00	2,4
- Humidité atmosphérique	13,00	
- Eaux souterraines (+ de 800 m de prof.)	4 600,00	
Total des ressources hydriques mondiales	1 408 409,25	100

(source : cours de l'école nationale des Ponts et Chaussées-F. Valiron)

Les eaux souterraines constituent un capital fragile de nos civilisations. Elles jouent un rôle tampon qui permet de mieux équilibrer les périodes de pluie et de sécheresse.

Par leur fonction de réservoir, elles approvisionnent les sources, les fontaines et les rivières. Elles assurent la totalité du débit d'étiage de ces dernières et participent ainsi à part entière au grand cycle de l'eau.

En France, les ressources disponibles sont importantes mais inégalement réparties. Les grands aquifères des bassins sédimentaires ou des vallées alluviales s'opposent aux nappes plus limitées des régions granitiques ou schisteuses.

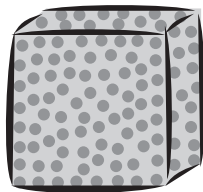
2 L'eau et les roches

Dans le sous-sol, la présence d'eau est intimement liée à la nature de la roche ; certains sous-sols contiennent beaucoup d'eau, d'autres peu. Les eaux souterraines ne peuvent circuler librement dans le sous-sol que si la roche leur laisse un espace. Pour parler d'eau souterraine, il faut donc parler de géologie.

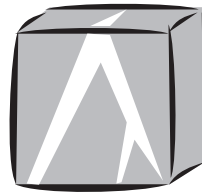
2-1 Les aquifères, des réservoirs d'eau souterraine

La roche perméable qui sert de réservoir est appelée un **aquifère** (du latin aqua = eau et fere = transporter). L'eau occupe les espaces existants dans les roches-réservoirs sous forme de **pores** ou de **fissures**.

Roche poreuse ou roche fissurée



Roche poreuse



Roche fissurée

Ainsi :

- Dans les **roches meubles** (sables, graviers), l'eau circule entre les grains. Plus les éléments sont grossiers, plus les vides sont importants, mieux l'eau circule. On parle de **perméabilité d'interstice**.
- Dans les **roches compactes** (calcaire, granite...), l'eau ne peut circuler que si celles-ci sont fissurées. On parle de **perméabilité de fissure**. Plus les fissures sont larges, ouvertes, propres, mieux l'eau circule.
- Dans les **roches carbonatées** (craie, calcaires), l'eau qui circule provoque une usure mécanique et chimique ; les fissures peuvent alors se développer et devenir de véritables galeries : c'est le **karst**.

Inversement certaines roches sont réputées peu perméables à imperméables car elles sont compactes et non fissurées, car plastiques. C'est le cas de l'argile, la marne...
La perméabilité d'une roche représente donc sa capacité à laisser passer l'eau.

Un aquifère est un réservoir qui fuit en permanence. L'eau s'en échappe au niveau de exutoires (source, rivière...).

Du volume et de la porosité de la roche-réservoir dépend la capacité de stockage d'un aquifère.

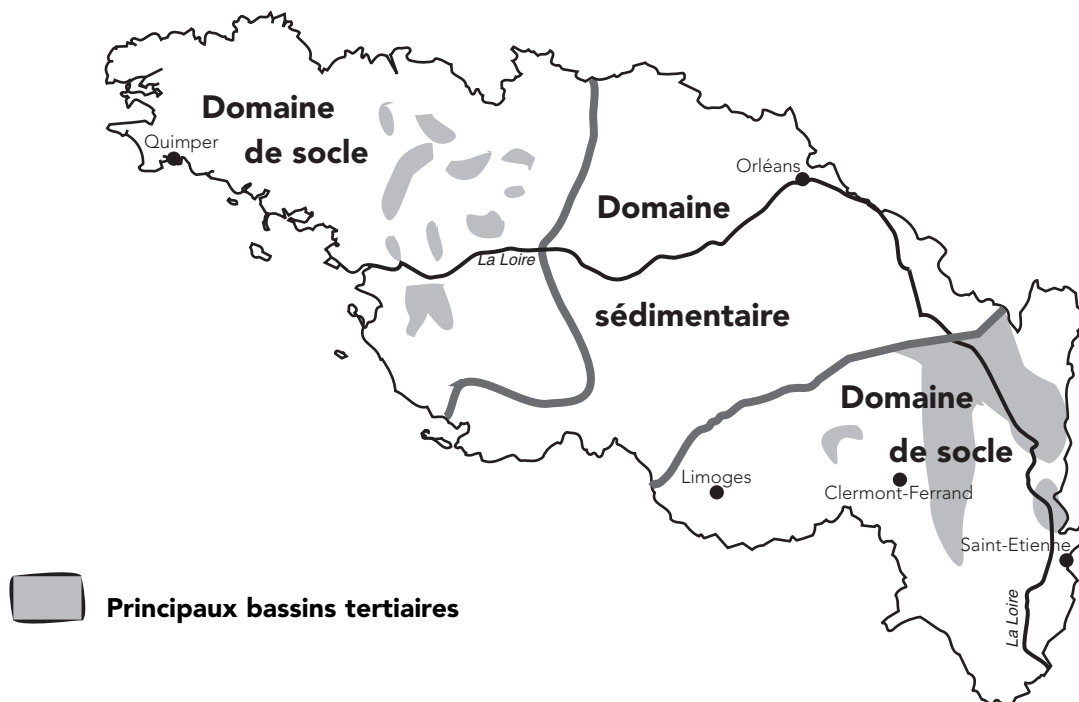
La porosité d'une roche se mesure par le volume d'eau contenu par unité de volume de roche saturée d'eau. Par exemple, si 1 mètre cube de calcaire fissuré contient 100 litres d'eau, la porosité de cette roche est de 10 %.

Ainsi, pour une porosité de 5 %, un aquifère d'une épaisseur de 20 mètres peut contenir 1 million de m³ d'eau par kilomètre carré de superficie.

2-2 Les grands domaines géologiques du bassin Loire-Bretagne

Dans le bassin Loire-Bretagne, on rencontre 2 grands domaines géologiques : le domaine de socle et le domaine sédimentaire.

Les grands types de domaines géologiques du bassin Loire-Bretagne



2.2.1 Le domaine de socle du Massif Armoricain et du Massif Central

Ce domaine est essentiellement composé de roches granitiques, métamorphiques (schistes, gneiss) et volcaniques.

L'eau souterraine y est présente dans les fissures profondes ainsi que dans les altérations ou arénisations de surface (arènes granitiques par exemple).

Ces zones fissurées ou arénisées sont généralement d'extension limitée, ce qui donne donc un ensemble de nappes discontinues.

Sur ce socle, certains bassins ont été comblés à l'ère primaire par des sédiments schisteux, calcaires ou gréseux (région de Laval, Châteaudun, Château-Gontier, Saint-Etienne).

Ces formations calcaires ou gréseuses contiennent des nappes localement intéressantes.

De même, à l'ère tertiaire, quelques petits bassins d'extension très limitée ont été comblés par des sédiments généralement calcaires ou sableux.

On les appelle communément **bassins tertiaires**.

Ils contiennent pratiquement tous des nappes que l'on exploite pour l'alimentation en eau potable : nappes de Campbon ou Nort sur Erdre en Loire-Atlantique par exemple.

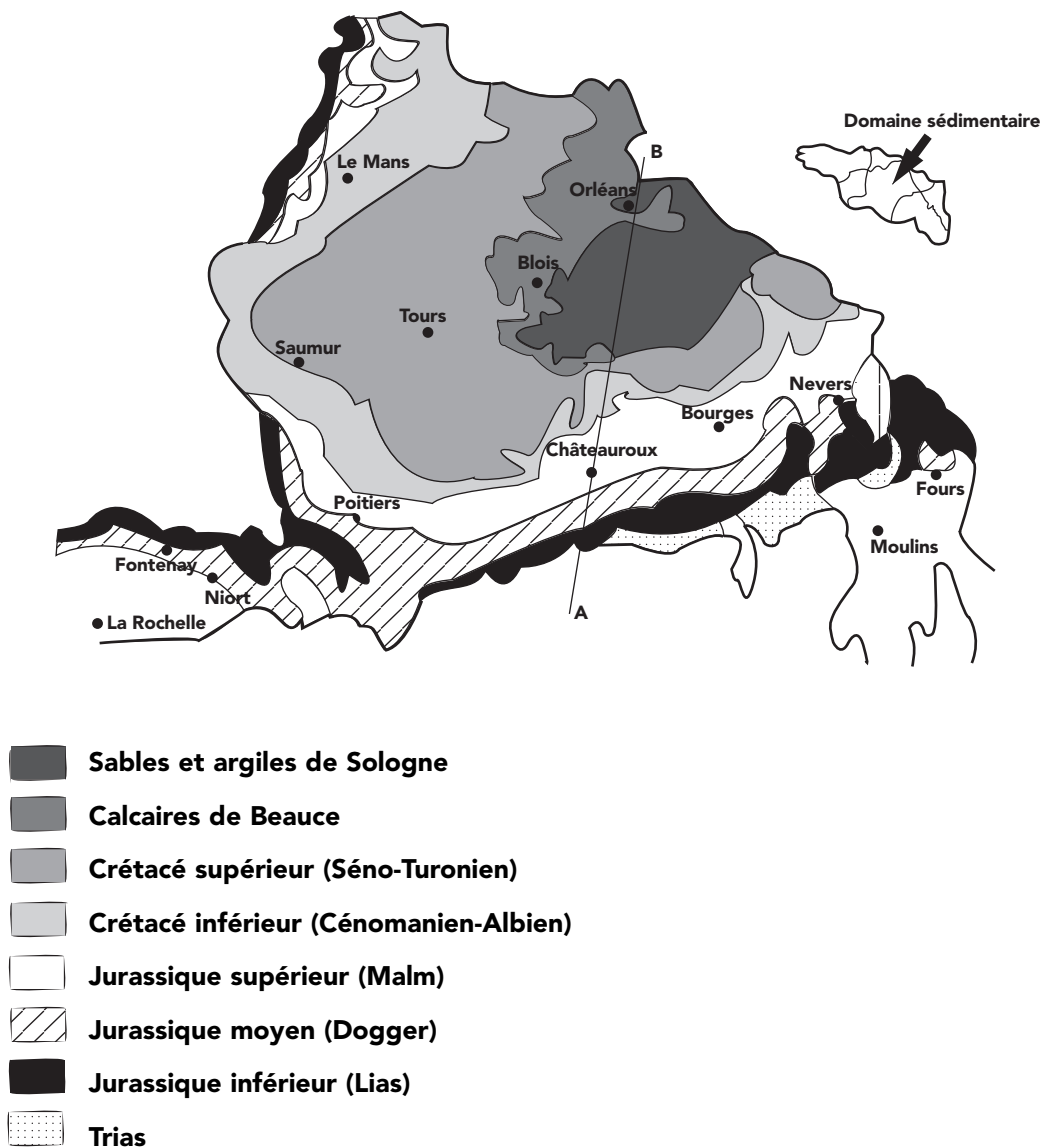
Certaines formations volcaniques forment des réservoirs tout à fait intéressants voire hautement réputés comme par exemple les coulées sous balsatiques de la chaîne des Puys en Auvergne (Volvic).

2.2.2 Le domaine sédimentaire du bassin parisien et du bassin aquitain

À l'ère secondaire (il y a environ 200 à 250 millions d'années), la mer était présente dans le bassin aquitain et parisien. Son retrait progressif vers la Manche d'une part et vers l'Atlantique d'autre part, a conditionné l'organisation du sous-sol dans ces bassins.

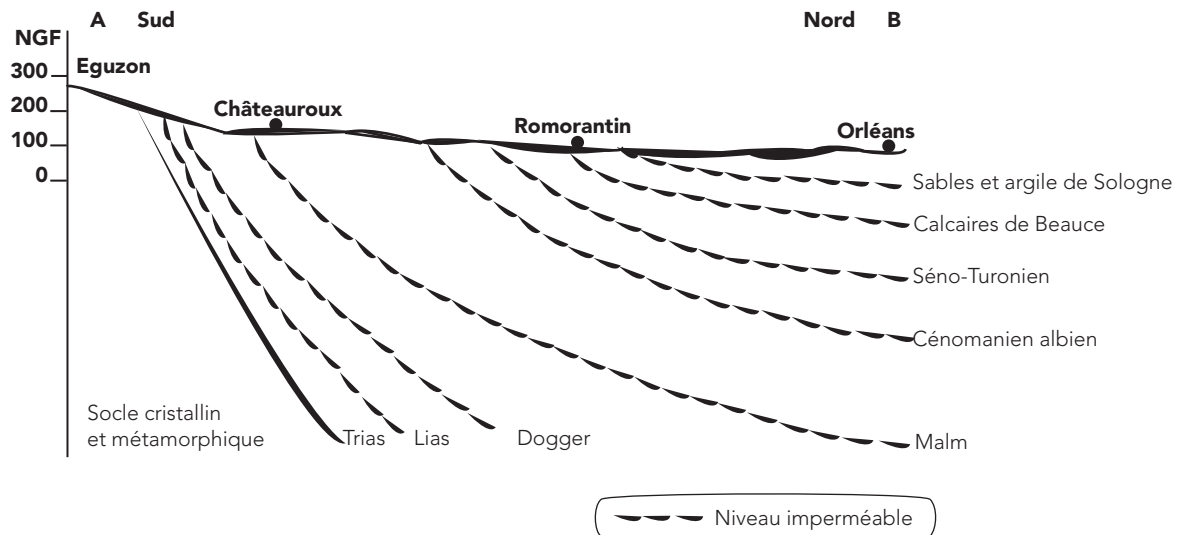
En plan, les couches géologiques sont disposées en auréoles concentriques centrées sur l'Île de France pour le bassin parisien, et sur les Landes pour le bassin aquitain.

Le domaine sédimentaire du bassin parisien et du bassin aquitain



En coupe, on remarque que les couches plongent vers le centre du bassin.

Coupe géologique schématique Sud-Nord du domaine sédimentaire du bassin Loire-Bretagne



Ainsi, par exemple, un forage très profond à Orléans permettrait de recouper chacune des formations géologiques jusqu'au socle à plus de 1 000 mètres de profondeur.

Cette disposition des terrains revêt une importance capitale. En effet, parmi toutes les couches géologiques réellement présentes, les hydrogéologues considèrent globalement **8 grands niveaux aquifères**, chacun séparés par des couches imperméables ou assimilées :

- sables et grès du Trias
- calcaires du Jurassique inférieur (Lias)
- calcaires du Jurassique moyen (Dogger)
- calcaires du Jurassique supérieur (Malm)
- sables ou craie du Cénomaniens
- sables de l'Albiens
- craie du Senonien ou Turonien

calcaires lacustres du tertiaire (calcaires de Beauce, du Berry, de Touraine...)

3 Les nappes d'eau souterraine



Pour constituer une nappe d'eau souterraine, il faut un sol filtrant perméable et, à la base, un niveau imperméable qui formera le **substratum**.

3-1 Nappes libres ou nappes captives

Lorsque le réservoir aquifère affleure à la surface du sol, la nappe est dite libre. Elle est alimentée directement par les précipitations et localement par des pertes d'eau de rivières.

Le niveau supérieur de la nappe est plus ou moins élevé selon l'importance de cette alimentation.

Une nappe libre est aussi appelée **nappe phréatique** (de phréa = puits en grec ancien).

Les nappes captives, au contraire, sont situées dans des aquifères recouverts par un niveau imperméable sous lequel l'eau est sous pression.

3-2 Les nappes, des systèmes hydrodynamiques

Dans la majeure partie des cas, les nappes sont alimentées par l'eau de pluie.

Toutefois, toutes les pluies ne contribuent pas à **recharger les nappes**.

Une partie ruisselle et rejoint les cours d'eau et le reste est consommé par les plantes, évaporé, ou s'infiltre dans l'aquifère.

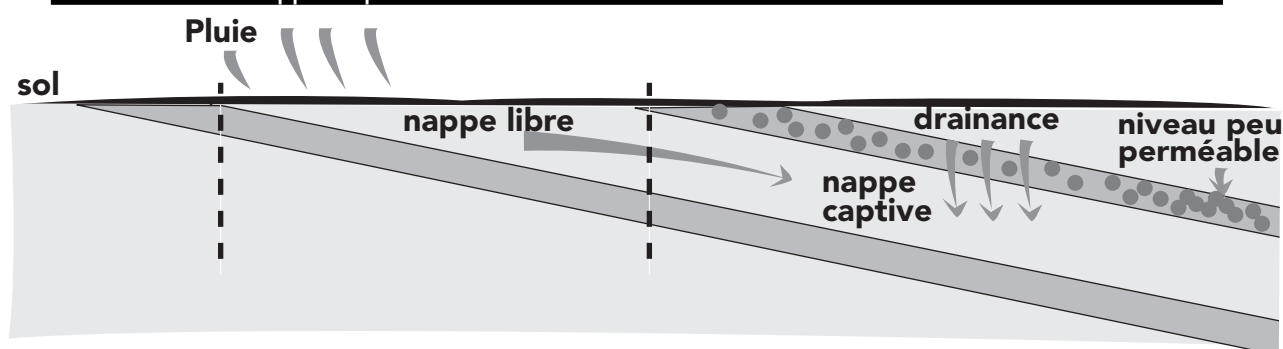
Au printemps et en été, le ruissellement vers le cours d'eau, l'évaporation et la consommation par les plantes (évapotranspiration) ne laissent généralement pas une goutte d'eau disponible pour l'infiltration vers la nappe.

En revanche, d'octobre à mars, le soleil étant moins fort et la végétation moins "gourmande" leur consommation en eau chute considérablement. Une bonne partie de l'eau de pluie peut alors s'infiltrer, réhumecter le sol qui, une fois saturé, laissera passer l'eau vers la nappe. On parle alors de "**pluie efficace**".

La réhumectation du sol, ou **saturation de la réserve facilement utilisable** (R.F.U.), nécessite fréquemment entre 50 et 200 mm de pluie, selon la nature du sol et son épaisseur. Ainsi, les nappes se réalimentent plus facilement lorsque les sols sont sableux ou limono sableux et peu épais (quelques décimètres).

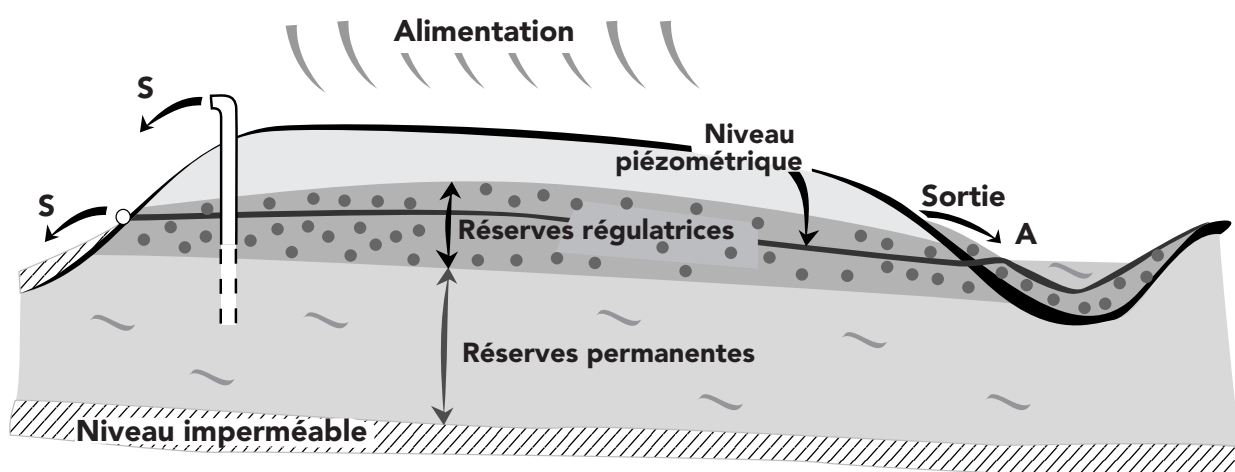
Les nappes captives s'alimentent beaucoup plus difficilement : par infiltration très lente (**drainance**) à travers l'horizon peu perméable supérieur et par l'eau de pluie dans la zone d'affleurement. Cette zone est parfois située à plusieurs dizaines de kilomètres du secteur exploité.

Alimentation des nappes captives



La réalimentation de la nappe provoque naturellement la remontée de son **niveau piézométrique** (cf. § 3-3) pour reconstituer totalement ou partiellement les réserves régulatrices.

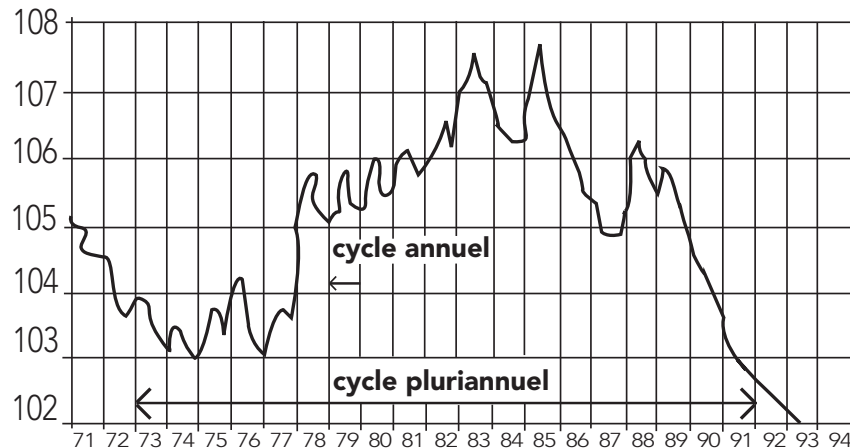
Fonctionnement schématique d'une nappe



Ces réserves se vidangent tout au long de l'année dans les cours d'eau qui drainent la nappe. Elles jouent un rôle de régulateur de leur débit. Elles assurent notamment l'essentiel de leur **débit d'étiage** (période estivale de basses eaux).

Ainsi, même sans prélèvement pour les activités humaines, le niveau piézométrique d'une nappe fluctue naturellement au cours de l'année : hautes eaux au début du printemps et basses eaux en fin d'été.

Exemple de variation du niveau de la nappe de Beauce



On peut donc observer un cycle annuel, voire pluriannuel. Sur ce graphique apparaît l'incidence des sécheresses de 1976 et surtout des années 90.

Les pluies hivernales insuffisantes n'ont pas permis de réalimenter la nappe, alors que prélèvements et vidange naturelle se poursuivaient l'été suivant. La baisse du niveau est alors inexorable.

3-3 La piézométrie et le traçage, des outils de connaissance

Lorsqu'un forage atteint une nappe phréatique, l'eau pénètre dans le tube et se stabilise à un niveau, dit **niveau piézométrique**, qui correspond au niveau de l'eau dans l'aquifère environnant.

L'ensemble des niveaux mesurés en différents points, à une période donnée de l'année, détermine la surface piézométrique (ou toit) de la nappe.

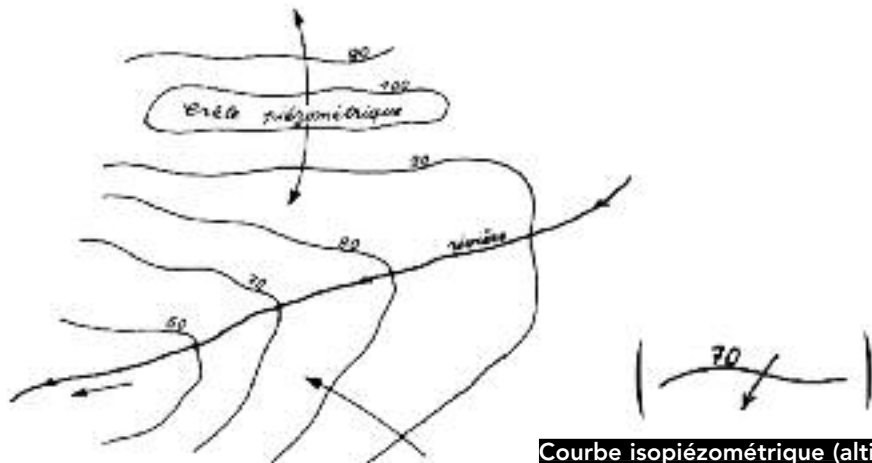
Tout comme en surface, il existe des bassins versants, souterrains cette fois, qui modèlent la surface piézométrique.

Sur une carte, on représente cette surface par des lignes, les

courbes isopièzes, reliant les points d'égal niveau piézométrique.

Cette carte piézométrique permet d'apprécier le relief de la nappe, les lignes de crêtes, les vallées ou axes de drainage, le sens d'écoulement de l'eau et le niveau de l'eau en tout point d'un bassin.

Exemple de carte piézométrique montrant le drainage de la nappe par une rivière



Courbe isopiézométrique (altitude 70 m)

Sens d'écoulement de la nappe

Le **traçage** permet, en outre, de vérifier l'existence ou non d'une relation hydraulique entre 2 points et de mesurer la vulnérabilité d'un puits par rapport à un point de pollution potentielle.

Après injection d'un produit (colorant, fluorescent...) en un point de la nappe, on en mesure les concentrations en divers points à l'aval.

On confirme ainsi les divers axes d'écoulement ainsi que la vitesse réelle de l'eau.

Cette méthode est très souvent utilisée en milieu karstique.

Les vitesses de l'eau observées dans la nappe varient de quelques mètres par an en nappe captive à quelques centaines de mètres par jour en nappe karstique.

4 Qualité et pollution des eaux souterraines

Lors de son infiltration dans le sol, puis durant tout son séjour dans le réservoir souterrain, l'eau va se charger en éléments minéraux ou organiques. L'eau recevra donc une signature personnalisée du terrain encaissant.

4-1 Quatre grandes "signatures"

• Les eaux du socle (roches éruptives et métamorphiques)

Ce sont généralement des eaux plutôt acides (pH compris entre 5 et 6,5), peu minéralisées (conductivité inférieure à 100 μ Siemens/cm), et pauvres en sels de calcium et de magnésium (dureté inférieure à 5 degrés Français). Ces eaux n'auront donc pas tendance à entartrer. Une reminéralisation est souvent nécessaire pour être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

• Les eaux des nappes libres du domaine sédimentaire

Ces nappes à renouvellement annuel, en réservoir sableux, calcaire ou crayeux, contiennent des eaux dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

- pH neutre, légèrement supérieur à 7,
- minéralisation moyenne : conductivité comprise entre 300 et 800 μ S/cm,
- dureté plutôt élevée : 20 à 40 °F (attention aux dépôts de tartre),
- teneur en oxygène dissous proche de 10 mg/l.

• Les eaux des nappes captives

Dans les nappes captives, les teneurs en oxygène dissous sont très faibles, voire nulles. Le milieu est réducteur, propice à la mise en solution de certains éléments présents à l'état naturel dans le réservoir. On observe ainsi fréquemment dans ces nappes des teneurs en fer et manganèse significatives (0,1 mg/l à plusieurs mg/l).

Dans certaines nappes captives profondes ou certaines nappes proches du littoral, on observe des eaux riches en sel (quelques g/l de chlorure de sodium). D'une manière générale, les eaux des nappes captives présentent souvent une minéralisation supérieure à celle des eaux des nappes libres.

- **Les eaux minérales**

Certaines eaux minérales présentent des signatures très particulières qui peuvent leur conférer des propriétés thérapeutiques.

Par exemple :

- Contrexeville riche en sulfate
- Vittel riche en calcium
- Volvic riche en magnésium
- Badoit riche en bicarbonates

4-2 La pollution des nappes

La plupart des causes de pollution des eaux de surface peuvent affecter aussi les eaux souterraines. Les eaux souterraines, symbole de pureté, ont vu leur image ternir. Certaines nappes subissent de véritables agressions liées aux activités humaines :

- rejets d'eaux usées domestiques dans des puisards en communication directe avec la nappe :

pollution- nitrates

- détergents
- germes fécaux... etc.

- infiltration localisée de produits industriels suite à des ruptures de canalisations, fuites de cuves, voire rejets volontaires :

pollution- hydrocarbures

- solvants
- métaux... etc.

- infiltration diffuse de produits utilisés en agriculture :

pollution- nitrates

- produits phytosanitaires
(herbicides, insecticides, fongicides)

Le bassin Loire-Bretagne est assez peu industrialisé et les pollutions industrielles des eaux souterraines constatées sont peu nombreuses. En revanche, l'agriculture (élevage porcin et bovin, culture céréalière) y est très développée et la pollution par les nitrates est très fréquente dans les nappes libres.

4-2-1 La pollution par les nitrates

En France, chaque année, 4 millions de tonnes d'azote sont épandus sur les cultures sous forme d'engrais ou de déjections animales (lisier par exemple). Cet **azote, transformé naturellement en nitrate**, n'est pas toujours entièrement consommé par les plantes ; très solubles, les nitrates peuvent être entraînés dans les cours d'eau et les nappes souterraines.

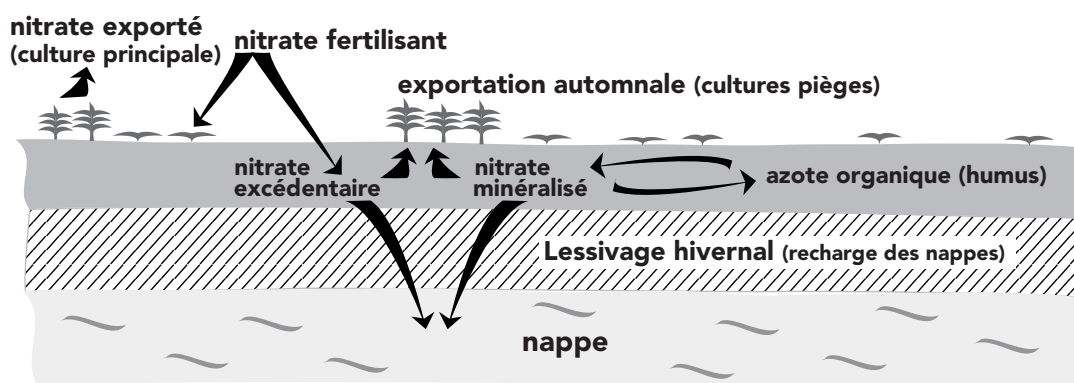
La première conséquence est l'élévation **du taux de nitrates** dans l'eau destinée à la production d'eau potable. Les régions les plus touchées sont le Nord-Pas-de-Calais, la Champagne-Ardennes et, dans le bassin Loire-Bretagne, le Poitou-Charente, la Beauce, la Champagne Berrichonne et la Bretagne.

La carte ci-dessous met en évidence, les secteurs les plus atteints du bassin Loire-Bretagne avec des teneurs supérieures à 50 mg/l, concentration maximale admissible pour l'eau potable.

Pour réduire la pollution par les nitrates, 2 axes peuvent être mis en avant :

- la limitation des excédents d'azote en **calculant mieux la fertilisation**, en fonction du besoin réel des cultures,
- la mise en place de "**cultures pièges**" pour consommer les excédents éventuels d'azote avant leur fuite au moment de la recharge hivernale.

Pollution azotée des nappes, mécanisme simplifié



4-2-2 La pollution par les phytosanitaires

Une autre pollution, sans doute plus préoccupante, est observée depuis quelques années ; la contamination par les pro-

duits phytosanitaires, **herbicides, insecticides, fongicides**.

Ces produits sont essentiellement utilisés en agriculture mais aussi pour le désherbage des voies ferrées, bordures de voies routières, jardins publics et par les particuliers.

Le danger de cette pollution provient de la diversité des molécules utilisées (plusieurs centaines), des difficultés d'analyses (complexité, coût élevé), de la présence de métabolites issus de la biodégradation des molécules originelles et de la toxicité de certains produits.

Dans les nappes libres, on observe fréquemment la présence de certains produits, notamment **atrazine** et **simazine**, et, dans une moindre mesure, certaines urées substituées telles que isoproturon, diuron. Lorsqu'elles sont présentes, atrazine et simazine (qui entrent dans la composition des désherbants du maïs notamment) sont observées à des teneurs très souvent comprises entre 0,05 et 0,5 mg/l.

La norme française en matière d'eau potable indique une concentration maximale admissible de 0,1 mg/l pour le total des produits rencontrés.

5 L'exploitation des eaux souterraines



Pour exploiter une nappe, on réalise des captages, soit au niveau des exutoires naturels que sont les sources, soit directement dans la nappe en réalisant un puits ou un forage.

5-1 Réaliser un forage

Réaliser un forage est une opération délicate qui doit être traitée par une entreprise spécialisée. Un forage doit permettre d'exploiter l'aquifère dans des conditions optimales.

L'équipement doit donc être adapté :

- tubage plein au droit des terrains non productifs,
- tubage crépiné au droit des terrains aquifères recherchés,
- massif filtrant en gravier entre les crépines et les terrains,
- cimentation étanche au droit de l'aquifère superficiel pour l'exploitation d'un aquifère profond.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées en fonction des terrains à traverser :

• Le battage

Il s'agit de la méthode la plus ancienne. Elle consiste à laisser tomber un outil lourd appelé trépan, sur le terrain à traverser. C'est un procédé simple qui convient pour des forages à moyenne profondeur dans les calcaires fissurés.

• Le rotary

Cette technique consiste à utiliser la rotation d'un outil taillant au bout d'un train de tiges sur lequel est exercée une pression contrôlée. Un fluide est injecté dans le forage (eau ou boue) pour assurer le refroidissement de l'outil et la tenue des parois de forage. Le rotary est bien adapté pour le forage dans des terrains tendres ou meubles (craies, sables) à grande profondeur.

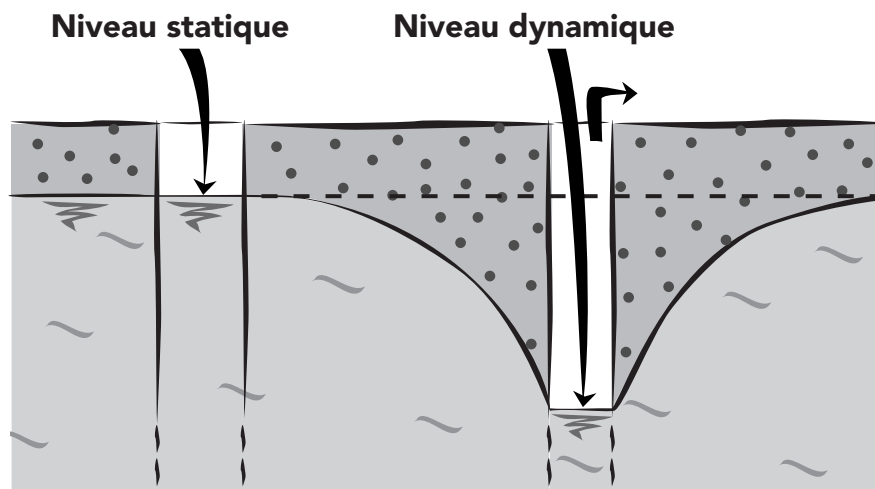
- **Le marteau fond du trou**

C'est un marteau pneumatique qui fonctionne à l'air comprimé au bout d'un train de tiges au fond du forage. Ce matériel est adapté aux terrains très durs (calcaire, granites...) et permet un avancement très rapide.

5-2 L'eau dans le forage

Dans un forage l'eau présente un niveau statique. Dès que l'on pompe, ce niveau descend jusqu'à un niveau qui est fonction du débit d'exploitation et des caractéristiques de l'aquifère.

Niveaux statique et dynamique de l'eau dans un forage

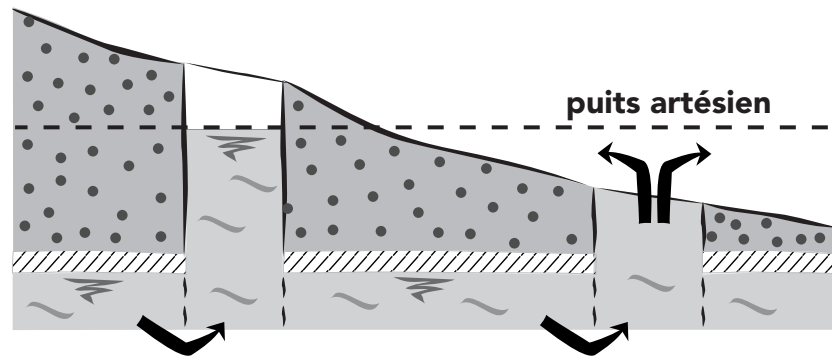


La différence entre ces deux niveaux représente le **rabattement**. Tout autour du captage, un cône de dépression s'installe et peut s'étendre à plusieurs mètres voire kilomètres. Ainsi, le pompage en un point peut diminuer la productivité des ouvrages voisins.

Dans les nappes captives, l'eau est "sous pression" sous l'horizon imperméable, toit de la nappe.

Si l'on perce ce niveau imperméable, le niveau statique trouve son équilibre au-dessus de ce dernier. Il peut même, dans certains cas, se situer au-dessus du sol : le forage est alors **artésien**.

Cas des nappes captives



5-3 La productivité d'un forage

La **productivité** d'un forage varie selon la nature de l'aquifère.

En domaine de socle, les débits obtenus par forages sont généralement faibles, de l'ordre de quelques m³/heure, et les échecs sont plutôt fréquents parce qu'on ne rencontre pas de réserve d'eau.

Dans le milieu fissuré profond du socle (50 à 150 mètres de profondeur), les avancées technologiques en matière de prospection permettent aujourd'hui d'obtenir des débits pouvant parfois atteindre plusieurs dizaines de m³/h.

Dans les aquifères calcaires, les débits varient généralement de 0 à plusieurs centaines de m³/h en fonction de la proportion de fissures non colmatées.

Dans les karsts, les exploitations peuvent atteindre plusieurs milliers de m³/h.

Dans les aquifères sableux, la productivité dépend de la granulométrie et de la proportion d'argile : des sables fins argileux seront beaucoup moins propices que des sables grossiers.

ou des graviers propres. Les débits varient de quelques m³/h à quelques centaines de m³/h, mais sont beaucoup plus homogènes que dans un aquifère calcaire.

5-4 Besoin et utilisation des eaux souterraines

Les différents prélèvements d'eau en France

usages	eau de surface (en milliards de m ³ /an)	eau souterraine (en milliards de m ³ /an)
Usages domestiques	2,36	3,54
Industries	3,20	1,70
Agriculture	3,20	1,30
Centrales EDF	21,30	0
total	30,06	6,54

On parle de **prélèvement** lorsque l'utilisateur ne fait "qu'emprunter" l'eau avant de la restituer au milieu naturel.

Il s'agit de **consommation** dès lors qu'une partie de cette eau ne retourne pas au milieu naturel.

Les différents prélèvements d'eau dans le bassin Loire-Bretagne

	Prélèvements d'eau souterraine* (en millions de m ³)	Total bassin Loire-Bretagne (en millions de m ³)
Alimentation en eau potable	540 soit 54 %	1 000
Irrigation	340 soit 67 %	500
Industrie	70 soit 28 %	250
Total	950	1 750

* y compris nappes alluviales (15 %)

Dans le bassin Loire-Bretagne, les eaux souterraines assurent environ 54 % des besoins des différents usages (hors EDF).

L'utilisation première des eaux souterraines est l'alimentation en eau potable, la plus noble des destinations peut-être, mais aussi la plus économique.

En effet, les eaux souterraines ne nécessitent généralement pas de traitement complexe avant d'être consommées ; elles peuvent même souvent être utilisées telles quelles.

L'irrigation s'est considérablement développée dans les années 1980 et notamment à partir des eaux souterraines.

Cet usage exige de grandes quantités d'eau par hectare ; en outre, la consommation est concentrée sur 4 mois de l'année dont deux en période d'étiage.

L'industrie, moins consommatrice, recourt désormais de plus en plus fréquemment à l'eau souterraine.

L'accessibilité sur le site même de l'usine, l'exigence d'une qualité particulière ou, au contraire, l'absence d'exigences peuvent rendre l'utilisation de l'eau souterraine plus économique que l'alimentation par le réseau public de distribution.

6 La gestion des eaux souterraines

Les réserves en eau douce utilisables ne sont pas illimitées. Il faut donc les gérer, c'est-à-dire tenter de satisfaire les besoins en eau tant au point de vue quantitatif que du point de vue qualitatif, tout en préservant les équilibres du milieu naturel.

6-1 Des moyens de gestion

L'exploitation des nappes fait baisser le niveau piézométrique. Lorsqu'elle est intensive, elle peut menacer l'équilibre des nappes et des rivières associées.

En cas de déséquilibre "ressources/prélèvements", 2 moyens peuvent être mis en œuvre :

- **La limitation des prélèvements**

La limitation du volume d'eau prélevé dans une nappe peut s'avérer nécessaire. L'interdiction de réaliser un nouveau forage peut aussi être un exemple dans certaines nappes menacées.

- **La réalimentation artificielle des nappes**

De l'eau prise en rivière ou dans une retenue peut être injectée dans une nappe souterraine après avoir subi divers traitements. Cette technique permet d'assurer une recharge quasi totale de la nappe, même si l'hiver est peu pluvieux. Elle permet également dans certains cas de modifier la qualité de l'eau souterraine en ramenant par exemple une eau trop riche en nitrates à une teneur acceptable pour la fabrication de l'eau potable.

6-2 Connaître pour mieux gérer

Pour éclairer les prises de décision, les administrations et les organismes qui interviennent dans la gestion de l'eau souterraine s'appuient sur des études et des réseaux de mesures.

Les connaissances hydrogéologiques consistent à :

- **Inventorier les ressources existantes** et déterminer la **géométrie des réservoirs**.

Ces informations sont fournies par l'interprétation des cartes géologiques et des sondages ou forages réalisés sur le terrain.

- **Préciser l'hydrodynamisme des nappes**

Le volume stockable, la perméabilité, la piézométrie et la vitesse d'écoulement de l'eau sont les principaux paramètres à examiner pour déterminer les modalités d'écoulement de la nappe. Des pompages, des essais d'infiltration ou des traçages sont les méthodes les plus fréquemment employées.

- **Suivre la fluctuation du niveau des nappes** par la mise en place d'un réseau piézométrique.

Un réseau de 450 stations de mesures automatisées est en cours d'installation dans le bassin Loire-Bretagne.

- **Suivre la qualité des eaux souterraines** par de nombreuses analyses.

- **Connaître l'évolution des prélèvements** d'eaux souterraines et les débits des cours d'eau.

Les prélèvements n'ont cessé de croître durant les dernières décennies et leur connaissance précise est devenue un impératif. L'objectif est de mettre en place un compteur volumétrique à la sortie de chaque captage. Ce dispositif existe déjà pour la plupart des ouvrages exploités pour l'eau potable et l'eau industrielle ; il se développe actuellement pour les ouvrages exploités pour l'irrigation.

- **Développer des modèles de simulation numérique des aquifères.**

Ces modèles permettent de prévoir les influences des prélèvements sur le milieu naturel et donc de proposer des règles de gestion de la nappe.

L'ensemble des données recueillies constitue un instrument d'aide aux décisions de gestion qui est de tout premier ordre. La multiplication et la généralisation de ces outils sont un véritable défi à relever pour assurer une meilleure gestion du patrimoine "eau".

Eau souterraine ou eau de surface, l'eau douce constitue une ressource naturelle unique. C'est pourquoi sa gestion repose en France sur le principe de l'unicité. La gestion des eaux souterraines n'est pas séparable de celle des eaux superficielles, et l'une et l'autre font partie intégrante de la gestion des ressources naturelles.



«*Le grand voyage de Perle d'eau*»

Bon de commande

Pour un montant forfaitaire de **15 euros par classe**, l'agence de l'eau vous expédiera le livret «Le grand voyage de Perle d'eau» pour chaque élève de cours moyen. Merci de nous retourner ce bon de commande **accompagné de votre règlement libellé à l'ordre du Trésor Public.**

Vous précisez à la commande	Vous recevrez
Nombre d'établissements <input data-bbox="448 786 568 864" type="text"/>	Gratuitement, pour chaque établissement, 5 «cahiers du maître» : - le milieu naturel en eau douce - pollution et épuration de l'eau - l'alimentation en eau potable - à la découverte des eaux souterraines - le bassin versant
Nombre de classes de CM <input data-bbox="448 969 568 1048" type="text"/>	Un relevé de cession (facture) d'un montant correspondant à 15 euros par classe
Nombre total d'élèves <input data-bbox="448 1126 568 1205" type="text"/>	Un livret «Le grand voyage de Perle d'eau» pour chaque élève

Adresse de l'envoi

Nom.....
 A l'attention de
 Adresse.....

 Code postal..... Localité.....

Adresse de la facturation

Nom.....
 A l'attention de
 Adresse.....

 Code postal..... Localité.....

Date:

Signature :

Bon de commande à retourner à :



Établissement public du ministère chargé du développement durable



Ce livret appartient au kit pédagogique "PERLE D'EAU",
conçu par l'agence de l'eau Loire-Bretagne.

Il se compose de 5 cahiers pédagogiques pour les enseignants ou éducateurs :

- n°1 - le milieu naturel en eau douce
- n°2 - la pollution et l'épuration de l'eau
- n°3 - l'alimentation en eau potable
- n°4 - à la découverte des eaux souterraines
- n°5 - le bassin versant

ainsi que d'un livret abondamment illustré pour les élèves de cycle 3 qui décrit sous la forme
d'un conte, les différentes aventures de perle d'eau, petite goutte transparente et pure...

En mettant à la disposition des éducateurs des outils pour sensibiliser les plus jeunes,
l'agence de l'eau participe à la formation des futurs écocitoyens.

Elle contribue ainsi à promouvoir le respect de l'eau, ressource naturelle, indispensable, et ô
combien fragile !



Pour un montant forfaitaire de 15 € par classe,
l'agence de l'eau vous expédiera le livret "Le grand voyage de Perle d'eau"
pour chaque élève de votre classe accompagné d'un jeu des 5 cahiers pédagogiques.



*Établissement public du ministère
chargé du développement durable*

Agence de l'eau Loire-Bretagne - avenue Buffon - BP 6339 - ORLÉANS CEDEX 2
tél. : 02 38 51 73 73 - fax : 02 38 51 74 74 - www.eau-loire-bretagne.fr

ISBN : 978-2-916869-23-0