

# La ressource en eaux souterraines est infinie en France

Henri Voron

## Généralités

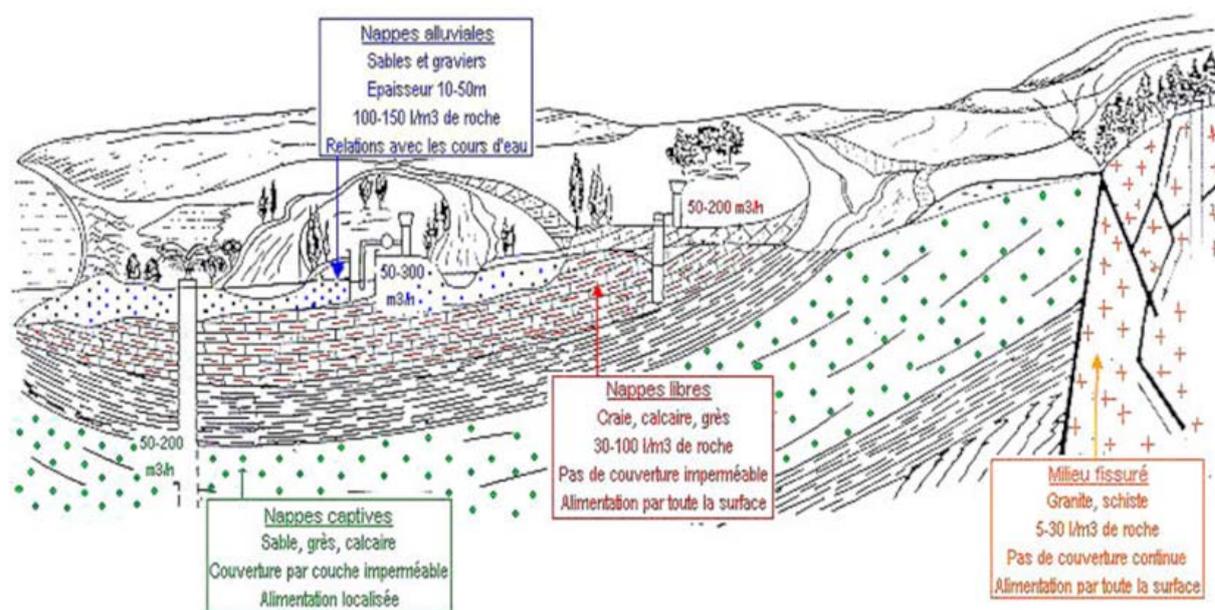
Les nappes d'eau présentes en France dans les roches sédimentaires (sables, grès, calcaire) ou ignées (granite, gneiss, etc...) représentent une réserve colossale, chiffrée par le BRGM, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, organisme scientifique compétent en la matière, à

**2 000 milliards de m<sup>3</sup>**

Ce volume représente :

- 4 années de pluviométrie totale sur l'Hexagone, estimée à 480 milliards de m<sup>3</sup> par an
- 12 années d'écoulement des fleuves et rivières de France se jetant dans la mer ou partant vers l'Allemagne mais sans compter le débit du Rhin.
- 30 000 m<sup>3</sup> (ou tonnes) d'eau par habitant de l'Hexagone, qui n'utilise en moyenne que 50 m<sup>3</sup> par an pour ses besoins domestiques.

## Les différents types de nappes



On distingue :

- **Les nappes alluviales ou « d'accompagnement ».** Elles sont voisines d'un fleuve ou d'une rivière, souvent sableuses et peu profondes. Elles sont peu épaisses, de 10 à 50 mètres maximum. Elles sont très liées au fleuve ou la rivière qu'elles accompagnent en termes de remplissage et de débit. Elles sont en relation étroite et directe avec le cours d'eau qu'elles bordent. Cela dit, elles sont très utilisées comme ressources d'eau potable pour les villes grandes et moyennes. Leur qualité est bonne, car l'eau est filtrée naturellement par le sable. On peut la pomper avec des forages peu profonds, nécessitant peu d'énergie de pompage, pour des débits d'exhaure variant de 50 à 300 m<sup>3</sup> par heure. Souvent, cette eau, déjà potable, est injectée directement dans le réseau après avoir reçue une dose minimale de chlore ou eau de Javel. Ceci, non pour tuer des microorganismes qui y seraient présents au départ, mais pour éviter les surinfections dans le réseau, notamment dans les réservoirs. Leur coefficient d'emménagement est de 100 à 150 litres par m<sup>3</sup> de roche aquifère.
- **Les nappes classiques des roches sédimentaires.** Le plus souvent « libres » et beaucoup plus rarement captives, c'est-à-dire recouvertes d'une couche imperméable, d'où une pression élevée et la possibilité de forages ou puits « artésien » pour lesquels l'eau peut jaillir sans pompage. Les roches aquifères contenant ces nappes sont les calcaires, la craie, le grès. En Ile de France, Centre et Pays de la Loire, la nappe de la Beauce est bien connue et représente une ressource essentielle, dont le volume d'eau est estimé à 30 milliards de m<sup>3</sup> par le BRGM. La teneur en eau ou coefficient d'emménagement de ce type de nappe classique est de 10 % environ. Les débits potentiels des forages sont élevés, allant de 30 à 100 m<sup>3</sup> par heure. Soit entre 700 et 2 400 m<sup>3</sup> par jour. De quoi alimenter une ville de 10 000 habitants (donc les besoins en eau sont de 150 litres soit 0,15 m<sup>3</sup> par jour et par habitant).
- **Les zones fissurées des roches ignées.** On ne peut pas parler de « nappes » comme dans les deux cas précédents. Dont les nappes sont horizontales, ou, plus exactement, ont une surface dont la pente moyenne est la pente moyenne du bassin versant dans lesquels elles s'étalent. Les zones fissurées des roches dures ou très dures, les jeux de failles petites ou grandes se

remplissent de sables, qui se remplissent d'eau. Ce phénomène est assez contrintuitif. Mais la réalité est là. Elle explique toutes les sources qu'on trouve dans les grands massifs montagneux, et le fait que toutes les montagnes du monde où la pluviométrie n'est pas nulle sont des châteaux d'eau. Non pas à cause des neiges ou glaces, qui sont des stockages provisoires. Mais c'est dans toute leur masse qu'on trouve entre 1 et 3,5 % d'eau. Ce qui semble peu en valeur relative, mais qui représente néanmoins des quantités d'eau considérables en valeur absolue. Le Massif central et les Pyrénées, qui n'ont pas de glaciers sont, néanmoins, de vrais « châteaux d'eau ». Dans les « boucliers granitiques anciens » comme l'Afrique de l'ouest, les plateaux d'Inde, le Canada ou autres, on peut forer dans le granite et trouver beaucoup d'eau. La recherche des zones fissurées est rendue facile et peu coûteuses grâce aux études géo-électriques, des préalables obligatoires, pour trouver une ou plusieurs « entrées d'eau » superposées le long du forage Ceci entre 20 et 100 mètres de profondeur en général. Car les zones fissurées sont souvent superposées à des profondeurs différentes.

**Dans le cas particulier des massifs calcaires**, la roche est assez soluble dans l'eau, d'où la formation de rivières souterraines, grottes, et relief dit « karstique ». Se forme donc un réseau de perméabilité « en grand ». Des sources ou de grosses résurgences peuvent apparaître ici ou là. Sans lois physiques générales, chaque cas étant particulier. Mais on n'est plus dans le domaine des « nappes » conventionnelles étudiées par l'hydrogéologie.

### Les coefficients d'emmagasinement

- |  |   |
|--|---|
| • Nappes d'accompagnement : 10 à 15 % d'eau                  | Débit des forages : <b>50 à 300 m<sup>3</sup>/h</b> |
| • Nappes libres (craie, calcaire, grès, etc.) 3 à 10 % d'eau | Débit des forages <b>50 à 200 m<sup>3</sup>/h</b>   |
| • Nappes en milieu fissuré (granite) 0,5 à 3 % d'eau         | Débit des forages <b>1 à 20 m<sup>3</sup>/h</b>     |

## Les variations annuelles du stock de 2 000 milliards de m<sup>3</sup> en France.

Ce stock est, bien évidemment, alimenté par les pluies, estimée à environ 480 milliards de m<sup>3</sup> comme indiqué ci-dessus. Mais une grosse partie des pluies est utilisé immédiatement par la végétation, au travers de son stockage dans les milieux poreux que sont les sols (qui ne sont pas des roches) et qui l'évaporent pour assurer leur vie et leur croissance. Le terme savant pour désigner ce phénomène est « **l'évapotranspiration** ». Elle est estimée à 64 % des pluies soit 300 milliards de m<sup>3</sup> environ.

Le pourcentage d'eau qui ruisselle vers le réseau hydrographique, les petites rivières puis les grands fleuves, puis la mer, s'appelle le coefficient de ruissellement. En France, il est de **36 % des 480 milliards de m<sup>3</sup>** apportés par les pluies. Ainsi, le débit cumulé des fleuves français vers la mer est estimé à 175 milliards de m<sup>3</sup>, en moyenne, hors fleuve Rhin.

Au passage, les nappes souterraines jouent un rôle important, dans les deux sens. En hiver, période où l'évapotranspiration est faible, et les rivières grossies par les précipitations d'automne et de printemps, les nappes se rechargent d'une quantité d'eau estimée à 100 milliards de m<sup>3</sup> par le BRGM. Ce qui représente 5 % du total. Et une hausse moyenne du niveau supérieur des nappes de 2 mètres en moyenne, parfois plus.

A contrario, en été, l'évapotranspiration est maximale et les nappes alimentent les rivières, à hauteur de 100 milliards de m<sup>3</sup> environ. Ceci en moyenne sur plusieurs décennies. Les années sèches succèdent aux années humides et réciproquement. Quoi qu'il en soit, les nappes jouent un rôle régulateur pour les écoulements de surface. Elles absorbent tout ou partie des pluies importantes, susceptibles d'entraîner des inondations et elles restituent en été leur stock d'eau excédentaire et donc, soutiennent les étiages.

En gros, le ruissèlement total de la France métropolitaine, mesuré précisément en 175 milliards de m<sup>3</sup> en moyenne interannuelle peut se diviser en deux parties

- Un écoulement « direct » en surface de 75 milliards de m<sup>3</sup>
- Un écoulement ayant transité par les nappes de différents types, dont les nappes d'accompagnement estimé à 100 milliards de m<sup>3</sup>. Ce calcul donnant un ordre de grandeur « à la louche » mais il est impossible d'aller plus loin dans le détail.

## Eaux de surface et eaux souterraines

Elles font partie du même réseau hydraulique dans un même bassin versant. Eaux de surface alimentant les eaux profondes et réciproquement. La seule donnée qui les sépare est la vitesse d'écoulement.

Dans le réseau de surface, la vitesse sera de l'ordre du mètre par seconde, unité de mesure de la vitesse dans notre système international. Un peu moins pour les rivières « paresseuses ». Jusqu'à 4 ou 5 mètres par seconde pendant les crues. Dix mètres par seconde ou plus dans des torrents de montagne, avec cascades.

Pour les eaux souterraines, les vitesses seront extraordinairement lentes. De l'ordre du millionième de mètre par seconde, parfois beaucoup moins. Soit entre 10<sup>-6</sup> et 10<sup>-9</sup> mètre par seconde. L'année faisant environ 31,5 millions de seconde, on utilisera alors la vitesse par an, et non par seconde.

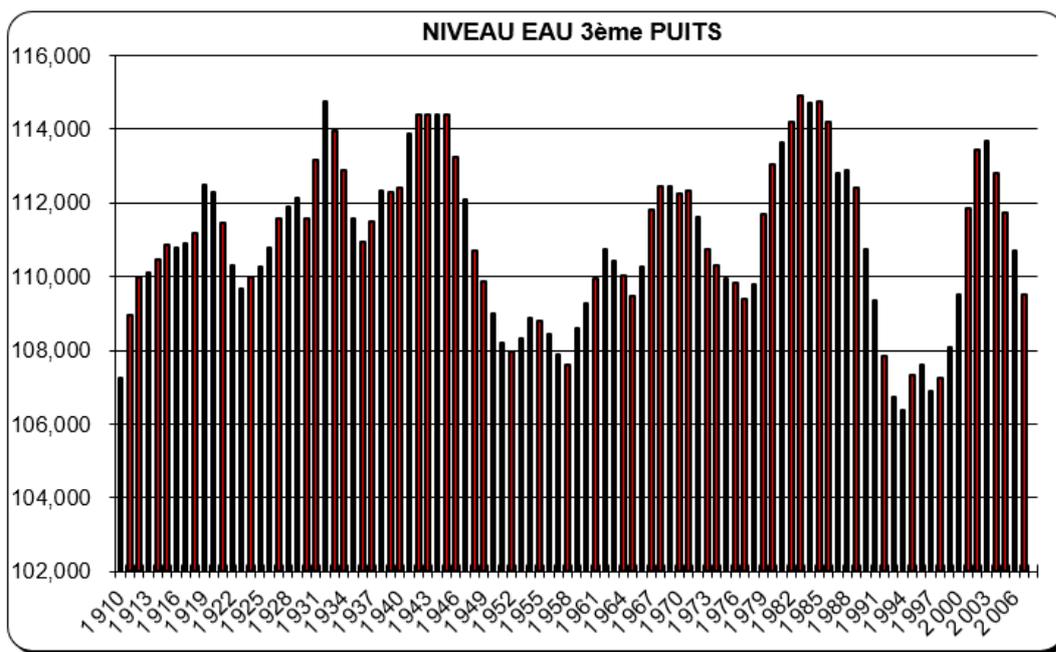
C'est bien évidemment la gravité universelle qui fait « descendre » l'eau. Lorsqu'elle descend verticalement, la vitesse d'infiltration peut atteindre quelques millilitres par minute. La vitesse d'infiltration verticale est désignée scientifiquement par K, mesurée en mètres par seconde. Par exemple 10<sup>-3</sup> m/s. Mais dans une nappe les déplacements vont suivre la composante horizontale de cette vitesse et devra être multiplié par le coefficient « i » décrit ci-dessous et la formule donnera

$$V = K \cdot i$$

V étant la vitesse d'écoulement de la nappe dans le sens quasi-horizontale, K étant la vitesse de perméabilité verticale et « i » la pente motrice. C'est la loi de Darcy. Le coefficient « i » chiffre la pente moyenne du bassin versant où se situe la nappe. Car aucune nappe au monde n'a une surface complètement horizontale. Dans le cas contraire, elle formerait un lac. Le coefficient i est un nombre adimensionnel, représentant la tangente de l'angle entre l'horizontale et la ligne de pente moyenne du bassin versant. Ou la différence de hauteur entre deux points du bassin versant rapportée à la distance entre ces deux points. Si la force gravitationnelle est un vecteur, on le peut décomposer entre une composante verticale F et une composante horizontale f, le vecteur  $f = F \cdot i$  sera très petit. D'où des vitesses de vidange des nappes vers le réseau hydrographique de surface très lentes. Parfois quelques centaines de

mètres par an.

Ceci explique la très grande inertie des nappes souterraines, confirmée notamment par les variations contracycliques des grandes nappes, comme la nappe de la Beauce entre 1910 et 2006.



On observe que la nappe de la Beauce, entre 1910 et 2006, n'est jamais descendue en dessous de la cote + 106 m. Donc après les pires étés de canicules ou autres, elle a conservé plus de 90 % de son volume utilisable. Soit 27 milliards de m<sup>3</sup> seulement, contre 30 milliards de m<sup>3</sup> en moyenne. Lors de la canicule de 2003, sa cote était au plus haut, à + 114 mètres.

## La baisse du niveau supérieur des nappes en été

Pour toutes les nappes de France, une baisse moyenne de 100 milliards de m<sup>3</sup> en été par rapport à un stock de 2 000 milliards de m<sup>3</sup> en fin d'hiver représente 5% de baisse. Ce qui, pour une nappe de 100 mètres de profondeur, représente 5 mètres. Ou 2,5 mètres pour une nappe de 200 mètres de profondeur, cas fréquent. En volume national, on peut imaginer un « battement » de notre réservoir national entre 2 000 milliards et 1 900 milliards de m<sup>3</sup>.

Comme indiqué ci-dessus pendant les étés « humides » ou « pourris », les nappes baissent moins car il y a moins d'infiltration et plus de ruissellement dans les rivières qui restent « hautes ». A contrario un été sec va entraîner une plus grande baisse des nappes. Notamment parce qu'on observera des niveaux bas dans le réseau hydrographique des rivières petites, moyennes ou grandes.

On peut donc s'étonner des « alertes » dans les médias, souvent relayées par les pouvoirs publics sur on ne sait quelle situation délicate ou dramatique des nappes en fin d'été, ou avant. Alors que dans la pire des hypothèses, il reste 1 900 milliards de m<sup>3</sup> d'eau dans nos nappes. Ces (fausses) alertes entraînant parfois des mesures de « restriction d'eau » alimentant la ritournelle du « manque d'eau » en France. C'est donc « mal » de remplir sa piscine ou de laver sa voiture. Ces alarmes sont démenties par les volumes colossaux qui restent dans les nappes, même lorsqu'elles ont en situation basse. Les seules alarmes légitimes proviennent de l'existence de réseaux d'eau potable ou d'irrigation insuffisamment dimensionnés pour affronter un besoin un peu supérieur à la moyenne. Tous les réseaux de France doivent ou devraient comprendre des ressources et des réseaux d'appoint ou de secours, des groupes électrogènes, des interconnexions entre plusieurs réseaux, une augmentation du volume des réservoirs, etc. La sécurité d'un bon réseau, la garantie de servir l'abonné en tout temps sont techniquement faciles et peu coûteuses. Le taux de bon fonctionnement doit être de 100 %, quoi qu'il arrive. Panne, été sec, pollution accidentelle ou autres ne doivent avoir aucun impact sur l'utilisateur. Nous ne sommes plus au Moyen Âge. Les responsables des « manques d'eau réels (ou fantasmés) en France » sont les responsables des réseaux considérés.

## L'ancienne exploitation des nappes

Elles se faisaient par des puits, creusés à la main. Sur un diamètre obligatoire de 1 m minimum ou 2 mètres pour que le puisatier puisse piocher et remplir des seaux de terre remontés à la main. Le puisatier ne peut pas creuser dans l'eau. Au mieux il peut creuser sur 2 mètres dans la nappe en saison sèche, quand la nappe s'est rabattue. D'où de faibles débits, et le risque de tarissement en cas de saison sèche durable, alors que la nappe regorge d'eau plus bas. On exploitait des nappes « phréatiques ».

L'adjectif est lâché, car il vient du grec ancien « φρέαρ » soit *phréar* (« puits » en grec) et du suffixe *-ique*. La nappe dite « phréatique » c'est un bon endroit pour creuser un ou des puits. Ce qui n'est pas faux, mais on ne fait (presque) plus de puits sur notre planète. Le terme « phréatique » n'apporte rien, mais il est passé dans le langage courant. Ce terme reste attaché également, mais plus justement, à des éruptions volcaniques émettant beaucoup de vapeur d'eau. On parle d'éruptions « phréatiques ». Bien qu'il n'y ait pas de « puits » à proprement parler. Les scientifiques, dont tous ceux du BRGM n'utilisent plus le mot « phréatique ».

## Les modes d'exploitation modernes des nappes.

Issu de la recherche pétrolière, le forage est venu révolutionner l'exploitation des nappes et les ressources en eau faciles d'accès et

peu couteuses, à peu près partout dans le monde. Une révolution née dans les années 1950 dont on n'imagine mal l'ampleur pour assurer une eau potable de bonne qualité à tous les peuples du monde, y compris les plus pauvres. Comme l'Inde des années 1960 ou la zone soudano-sahélienne d'Afrique aujourd'hui.

En France, chaque citoyen ayant un jardin un peu grand peut légalement faire un forage. C'est une liberté garantie par la République, moyennant une simple déclaration en mairie. Pour un cout complet de 10 000 euros environ, on peut, en moins d'une semaine, faire creuser le forage, achever son équipement, poser le tube crépiné, poser la pompe électrique, faire son raccordement au réseau, etc.... C'est un « jeu d'enfant ». Et on a la quasi-certitude de trouver de l'eau souterraine partout en France. Abondante et potable dans l'immense majorité des cas. Surtout si on va la chercher un peu en profondeur. De très nombreuses entreprises spécialisés sont en concurrence partout dans notre pays. Où qu'on soit, un coup d'œil sur Google est très révélateur, si on cherche une entreprise.

Pour les investisseurs institutionnels (syndicats d'irrigation, collectivités locales et leurs groupements), c'est tout aussi simple, pour trouver la ressource. En revanche, il faudra une maîtrise d'œuvre spécialisée pour des travaux lourds. Et l'autorisation de la DDT ou de l'agence de l'eau, arrêté préfectoral à la clé.

## **Conclusion. Nappes et forages. Le duo gagnant pour plus et mieux d'eau potable dans le monde.**

.La technologie des forages est éprouvée et leurs couts sont bas. On ne peut que souhaiter la multiplication des forages publics et privés partout sur le territoire national. Pour faire taire enfin, la triste chanson du « manque d'eau » totalement fausse sur le plan scientifique et technique. Pour faire taire la mouvance écologique qui s'oppose avec violence à la mise en place de « méga-bassines » en Charente Maritime. Dont la plus symbolique Sainte Soline, qui pompe en hiver dans la nappe locale le chiffre dérisoire de 0,6 millions de m<sup>3</sup>. Alors que les nappes de Charente Maritime représentent un stock d'au moins 10 milliards de m<sup>3</sup>. Soit mille cinq cents fois plus. Et que la rivière Charente envoie vers la mer en pure perte pour l'agriculture 50 m<sup>3</sup>/s en moyenne annuelle soit 1,5 milliards de m<sup>3</sup> par an. La mouvance écologique, qui ne chiffre jamais toutes les accusations qu'elle profère, confond donc le million et le milliard pour la ressource en eau disponible. Et elle utilise l'imposture et la violence pour imposer ses vues.

---

Partager