Les eaux souterraines en Poitou-Charentes

F. Bichot et A. Gennat

Préfet de la Région Poitou-Charentes
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Poitou-Charentes
2e Plan régional Santé Environnement 2011 > 2014 Poitou-Charentes
Agence de l'eau Adour-Garonne
Agence de l'eau Loire-Bretagne
brgm Géosciences pour une Terre durable

P. 4 **Avant-propos**

P. 6 **A la découverte des eaux souterraines**
Un cycle perpétuel
De l'eau sous nos pieds

P. 11 **La richesse cachée de Poitou-Charentes**
Un seuil entre deux bassins et deux massifs anciens
Des eaux souterraines d'une grande variété
Les aquifères de socle
Les aquifères des calcaires karstiques
Les aquifères des calcaires fissurés
Les aquifères des formations sableuses
Des eaux vulnérables en quantité comme en qualité

P. 20 **Mieux connaître : capter, mesurer, modéliser, comprendre**
Le suivi de la qualité des nappes en Poitou-Charentes
Le suivi quantitatif de la ressource en Poitou-Charentes
La cartographie des circulations des eaux souterraines
Modéliser pour comprendre et prévoir

P. 31 **L'exploitation de la ressource en eau**
Les usages de l'eau
Les eaux sources de chaleur
Les eaux sources de santé

P. 37 **Les eaux souterraines sont-elles bien exploitées ?**
Des pluies abondantes en hiver
Y-a-t-il des solutions ?
Quand la pluie fait défaut

P. 40 **La qualité des eaux souterraines en Poitou-Charentes**
La santé au fil de l'eau
Des défauts naturels
Des pollutions diffuses
Une situation préoccupante
Des pollutions ponctuelles
De « nouveaux » polluants
La cartographie du risque pollution

P. 46 **La gestion des eaux souterraines en Poitou-Charentes**
Une région sur deux agences de l'eau
Une gestion à l'échelle européenne
A la reconquête du bon état des masses d'eau souterraines
La protection qualitative de la ressource
Prélèvements durables ou surexploitation ?
Réalisation et exploitation d'un forage

P. 57 **Les acteurs de l'eau**
Savoir pour prévoir
Une organisation en poupées russes
Tout est lié
L'avenir des eaux souterraines

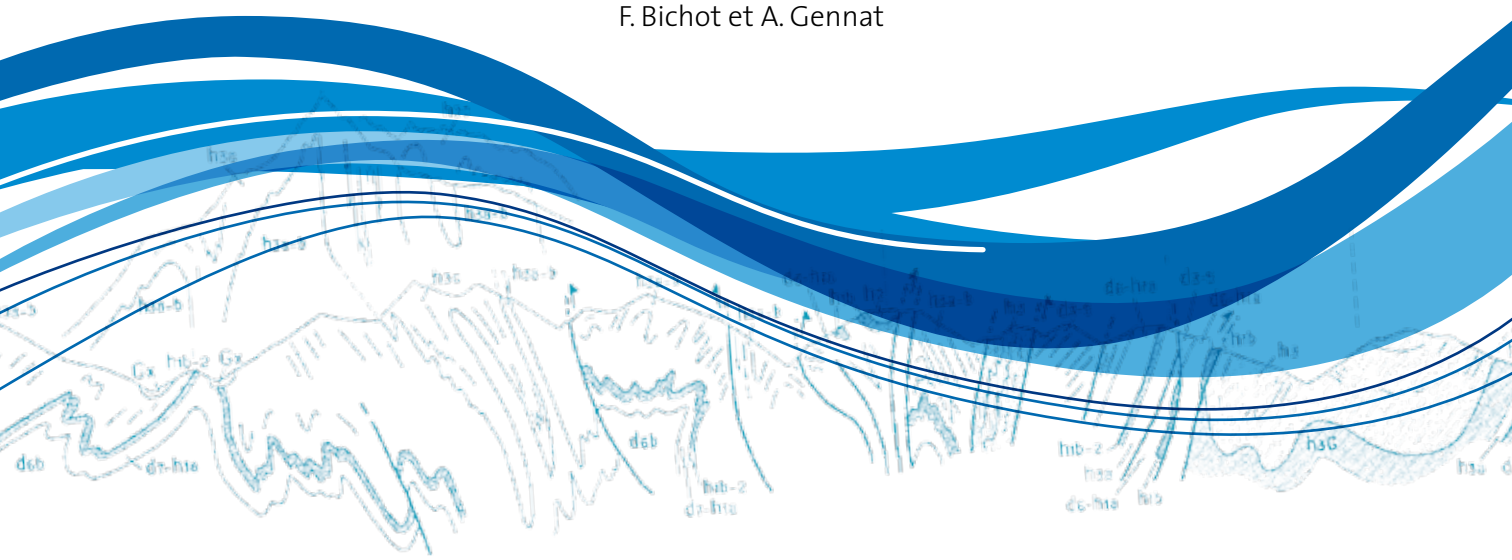
P. 60 **Glossaire**

P. 69 **Pour en savoir plus...**

BRGM Poitou-Charentes
Février 2013
Brochure réalisée dans le cadre
des activités de Services Public
du BRGM, 11EAUI42
© BRGM 2013,
ce document ne peut être reproduit
en totalité ou en partie sans
l'autorisation expresse du BRGM.

Les eaux souterraines en Poitou-Charentes

F. Bichot et A. Gennat



Avant propos

Parmi les ressources minérales prélevées par l'homme dans le sous-sol, l'eau est de loin la plus importante. Cette ressource est très fragile et nécessite d'être protégée et gérée avec attention pour être durablement exploitée et transmise aux générations futures.

© BRGM - POC

Située en climat à influence océanique, la région Poitou-Charentes voit tomber chaque année en moyenne autour de 800 mm d'eau. Le milieu souterrain constitue une étape dans le cycle de transit de cette eau vers l'océan. La nature du sous-sol conditionne l'importance et la durée de ces transits souterrains. Il en découle une typologie des systèmes aquifères* qui sont, de part et d'autre du seuil du Poitou, en continuité avec le réseau hydrographique superficiel.

Les eaux souterraines, indispensables à l'homme et à son milieu, constituent d'importantes problématiques à forts enjeux. Exploitées en région Poitou-Charentes par environ 10 000 forages, pour les besoins de l'agriculture, de l'eau potable, de l'industrie ou pour des usages domestiques, elles sont également la principale source d'alimentation des rivières pendant l'été et jouent un rôle prépondérant pour les zones humides* et les activités économiques littorales.

En région Poitou-Charentes, les eaux souterraines* ont une grande importance stratégique du fait de spécificités régionales liées à la situation de seuil géologique occupée par la région entre deux grands massifs anciens.

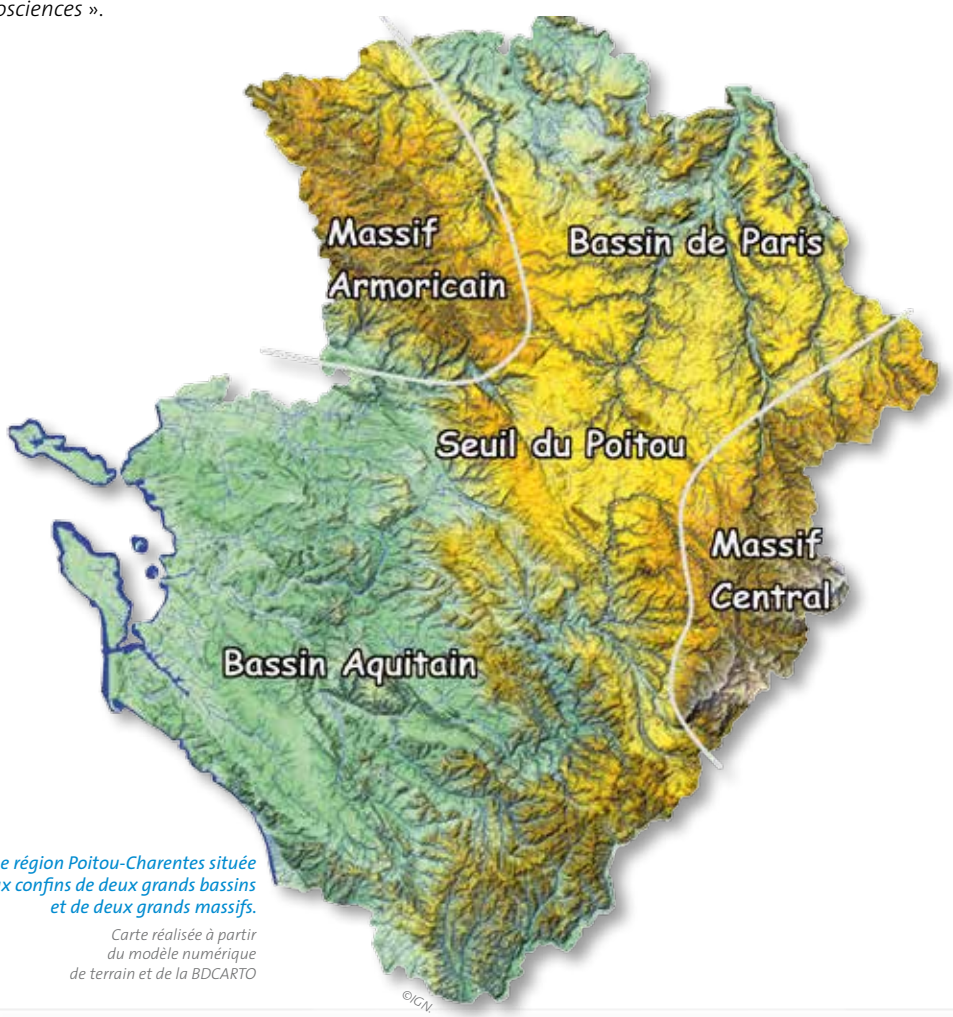
Cette position implique, de part et d'autre du Seuil du Poitou, des bassins versants* hydrographiques de petites dimensions avec des cours d'eau non alimentés par des massifs montagneux comme la plupart des grands bassins versants* français. Il en résulte une rareté de la ressource en eau en été.

De ce fait, la forte exploitation de ces ressources pour l'irrigation rentre en conflit avec les autres usages des eaux souterraines (alimentation en eau potable*) et des rivières (pêche, tourisme...), d'où une forte implication des pouvoirs publics et des politiques dans la gestion de l'eau qui apparaît comme l'une des premières priorités régionales.

La forte pression agricole engendre une dégradation de la qualité des eaux souterraines, d'où la nécessité de mettre en place des politiques de protection rappelées par les directives européennes*.

Les eaux souterraines, qui alimentent les rivières et la mer, ont aussi un impact sur les activités littorales, en particulier l'ostréiculture et la mytiliculture, et alimentent d'autres usages comme la géothermie, avec un potentiel important et peu valorisé en région Poitou-Charentes, et le thermalisme. Notons aussi la forte implication des eaux souterraines* dans les phénomènes d'inondation.

D'une manière générale, il existe une grande méconnaissance des ressources en eau par les utilisateurs, les gestionnaires, les professionnels et plus largement le public. Parallèlement, un fort besoin est exprimé par ces acteurs en documents de communication et de sensibilisation adaptés à la situation régionale, d'où la mise en œuvre de cette brochure qui s'inspire de la brochure « *Les eaux souterraines en France* » éditée par le BRGM dans la collection « *Les enjeux des Géosciences* ».



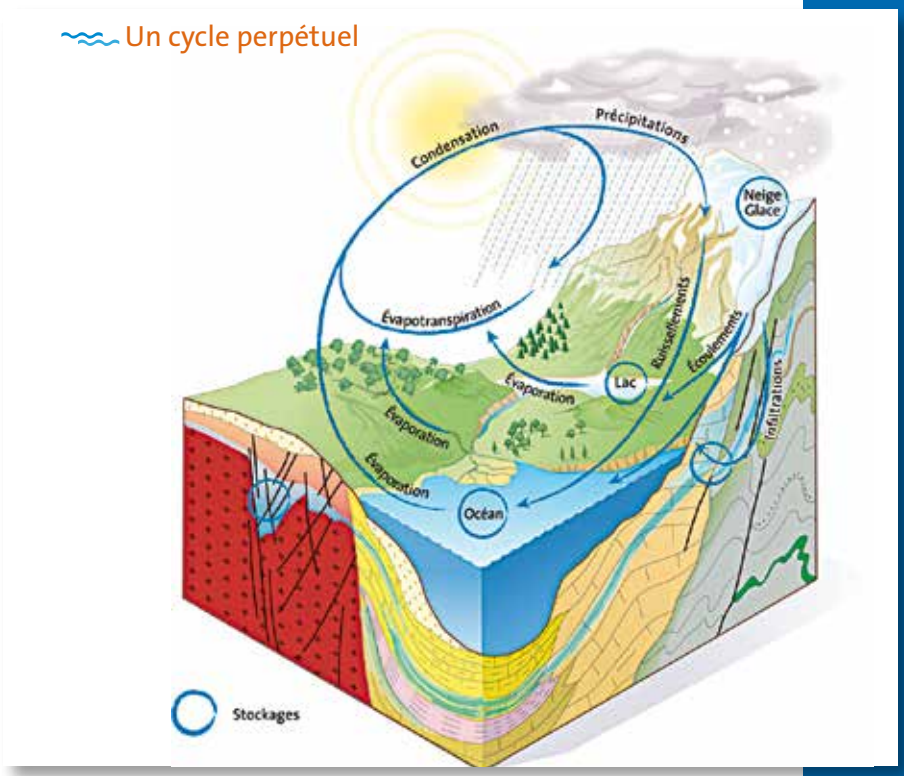
Une région Poitou-Charentes située aux confins de deux grands bassins et de deux grands massifs.

Carte réalisée à partir du modèle numérique de terrain et de la BDCARTO

A la découverte des eaux souterraines

L'EAU SOUTERRAINE EST LA PREMIÈRE RESSOURCE MINÉRALE PRÉLEVÉE PAR L'HOMME, LA SEULE AUSSI QUI SE RENOUVELLE GRÂCE À L'ÉTERNEL CYCLE DE L'EAU. CE PATRIMOINE VIVANT EST PARTICULIÈREMENT SENSIBLE EN POITOU-CHARENTES ET DEMANDE À ÊTRE PROTÉGÉ.

Un cycle perpétuel



© BRGM Éditions

Le cycle de l'eau, d'après document USGS.

A partir des océans, lacs, rivières, glaciers, plantes, l'eau est évapotranspirée et séjourne en moyenne une dizaine de jours dans l'atmosphère. La condensation dans l'atmosphère conduit à des précipitations sur le continent qui se répartissent de la façon suivante :

- soit l'eau retourne rapidement dans l'atmosphère par évapo-transpiration* par les plantes notamment,
- soit l'eau séjourne pendant quelques jours (jusqu'à un an) dans le sol et peut être à nouveau évapo-transpirée,
- soit elle s'écoule jusqu'aux rivières en quelques semaines par ruissellement* superficiel,
- soit elle s'infiltre* dans le sous-sol pour rejoindre des nappes superficielles (jusqu'à 100 à 200 m de profondeur) en relation avec les cours d'eau (cycle annuel) ou pour rejoindre des nappes profondes où l'eau demeure de quelques années à quelques dizaines de millénaires.

Enfin, les eaux retournent aux océans où elles séjournent en moyenne 4 000 ans.

Un bilan du cycle de l'eau en Charente-Maritime

Pour le département de la Charente-Maritime, un bilan global du cycle de l'eau a été réalisé. Malgré les incertitudes, il est représentatif des répartitions et proportions annuelles depuis la pluie qui tombe jusqu'à l'exploitation des eaux souterraines, et peut-être extrapolé aux autres départements de la région.
Basé sur une pluie moyenne de 800 mm, le volume qui tombe en année moyenne sur le département serait de l'ordre de 5,5 milliards de m³. Mais une grosse partie de cette pluie est rapidement reprise par l'atmosphère ou intégrée dans le cycle biologique. La fraction restante, ou pluie efficace*, va s'infiltrer dans le sous-sol ou ruisseler dans les cours d'eau. Les différentes proportions sont difficiles à estimer, mais il est vraisemblable que globalement, dans le contexte calcaire du département et au regard de la densité du réseau hydrographique, la majorité de la pluie efficace rejoigne les nappes.

Ces circulations souterraines viennent rejoindre les rivières, s'ajoutant à la fraction qui ruisselle directement mais avec un décalage dans le temps. Une partie des eaux souterraines est aussi captée pour les besoins anthropiques.
Ainsi les prélèvements en nappes souterraines* (source des chiffres : Agence de l'Eau Adour-Garonne, année 2001) représentent environ 10 % de la quantité d'eau qui transite annuellement par ces nappes. Mais ces chiffres masquent la réalité des problématiques car en règle générale les aquifères ne reçoivent pas d'eau de mai à septembre et pendant la même période constituent l'essentiel des débits des cours d'eau. Les prélèvements sont par ailleurs concentrés sur ces cinq mois, surtout en ce qui concerne l'irrigation.

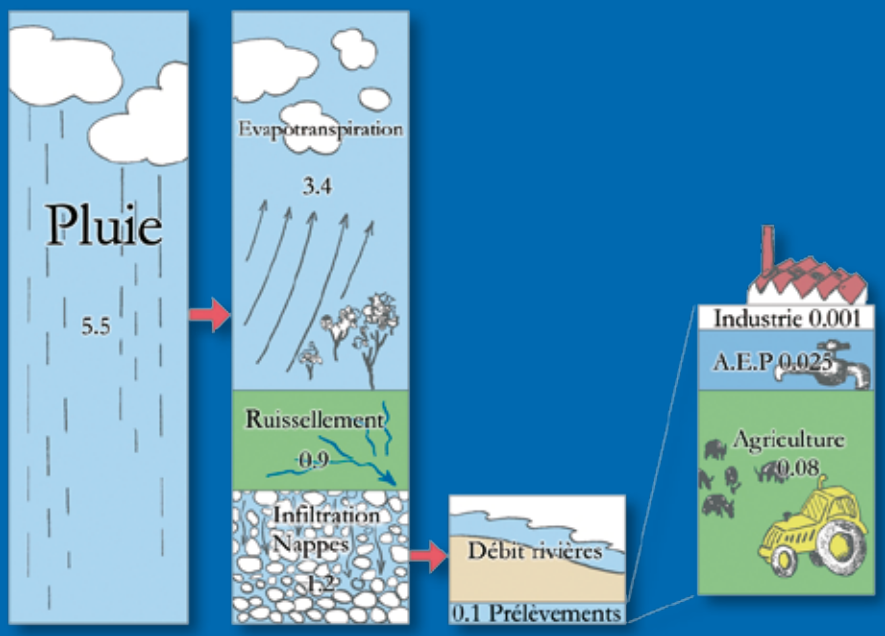
Il en découle donc un impact significatif des prélèvements sur le débit des cours d'eau l'été. A titre d'exemple un bilan peut être fait sur la Seugne à partir des données de la station de Saint-Seurin-de-Palenne. Si l'on considère le bilan annuel, il est passé à cette station : 298 M m³ d'eau en 2001 (année humide), 104 en 2002, 148 en 2003, 168 en 2004 et 55 en 2005 (année sèche).

En revanche le même bilan sur cinq mois, de mai à septembre, donne : 58 M m³ en 2001, 30 en 2002, 22 en 2003, 40 en 2004 et 13 en 2005. En année très sèche, les volumes transitant par la Seudre sur ces cinq mois sont du même ordre de grandeur que les prélèvements sur ce bassin versant.

En résumé, le bilan global présente un net excédent de la ressource en eau mais la mauvaise répartition dans le temps de cette ressource et des besoins pour les différents usages conduisent à des conflits entre usagers l'été.

Bilan global annuel pour le département de la Charente-Maritime

E n milliards de m³



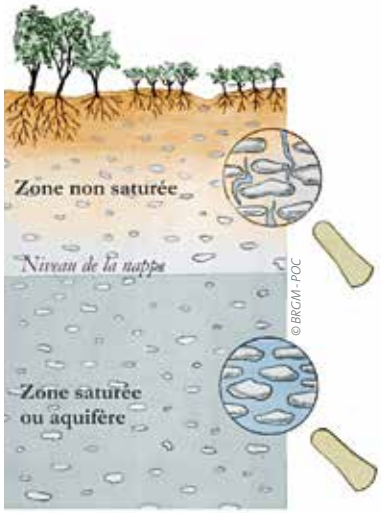
De l'eau sous nos pieds

L'eau de pluie infiltrée dans le sous-sol, part plus ou moins importante de la pluie efficace*, circule dans les pores et les microfissures de certaines roches. On parle alors de roches « aquifères* », littéralement : de roches qui contiennent de l'eau.

Ces aquifères sont souvent composées de deux parties. La **zone non saturée*** comprend le sol et la partie supérieure de la roche aquifère. Dans cette zone, l'eau ne remplit pas l'intégralité des pores de la roche. Soumise à la fois aux forces de capillarité, qui tendent à faire remonter l'eau vers la terre végétale agissant comme un buvard, et à la pesanteur qui l'attire vers les profondeurs, l'eau de la zone non saturée est en mouvement constant. Une partie finit pourtant par descendre (percolation) et par humidifier des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable.

Au-dessus de ce niveau imperméable (le « mur » de la nappe) commence **la zone saturée*** où l'eau pénètre dans tous les interstices de la roche et dans tous les vides possibles. C'est cette deuxième zone qui renferme la nappe : l'eau s'écoule en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant le plus souvent la topographie, parfois sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres. Une nappe est ainsi toujours en mouvement vertical et latéral. L'eau souterraine peut ressurgir à l'air libre, à la surface du sol, en formant une source à l'origine en général d'un cours d'eau, dans des secteurs topographiquement plus bas que leur zone d'alimentation.

Dans ce cas d'aquifère, avec une zone non saturée et une zone saturée, le toit de la nappe est à la pression atmosphérique et l'on parlera de **nappe libre***. Le niveau de la nappe peut monter ou baisser en fonction des précipitations (fluctuations saisonnières et annuelles). L'eau d'une nappe circulant dans le sous-sol, elle peut se trouver piégée et pressurisée sous une couche imperméable. On parle alors de **nappes captive*** qui sont en général profondes, quelques centaines de mètres et plus. L'eau s'y trouve la plupart du temps sous pression et lorsqu'elle est libérée par un forage, qui traverse la couche imperméable, elle peut jaillir en surface naturellement : une telle nappe est alors dite artésienne*. Il n'est pas rare, et c'est souvent le cas en Poitou-Charentes, de trouver dans le sous-sol un empilement de nappes captives séparées par des couches imperméables. En surface, la première nappe est en général libre. Peu profonde, cette dernière peut être captée par des puits (en grec phreas) d'où le nom de nappe phréatique*.



© BRGM - POC

Les nappes ne sont pas des lacs souterrains mais l'eau occupe partiellement (zone non saturée) ou totalement (zone saturée*) les vides de la roche.*

La roche contient la nappe

Les roches aquifères diffèrent selon la nature géologique des terrains mais trois grandes familles se dégagent :

- Les aquifères sédimentaires sont composés, comme le nom l'indique, de roches sédimentaires (calcaires, sables, grès, craie). Ces nappes sont caractéristiques des grands bassins français, comme le bassin parisien ou le bassin aquitain. Elles peuvent être libres ou captives.
- Les aquifères alluviaux, formés de sables et de graviers, ont la particularité d'entretenir le plus souvent des relations étroites avec les cours d'eau.
- Les aquifères de roches cristallines (granite, gneiss...) et volcaniques (laves...) gardent l'eau dans les fissures et les zones altérées (arènes). Ils donnent naissance à de petites nappes et sont fréquents en Bretagne, dans le Massif Central, les Alpes et les Pyrénées.

Dans les roches sédimentaires « bioclastiques » la porosité correspond souvent aux vides laissés par la dissolution des coquilles.

© BRGM - POC

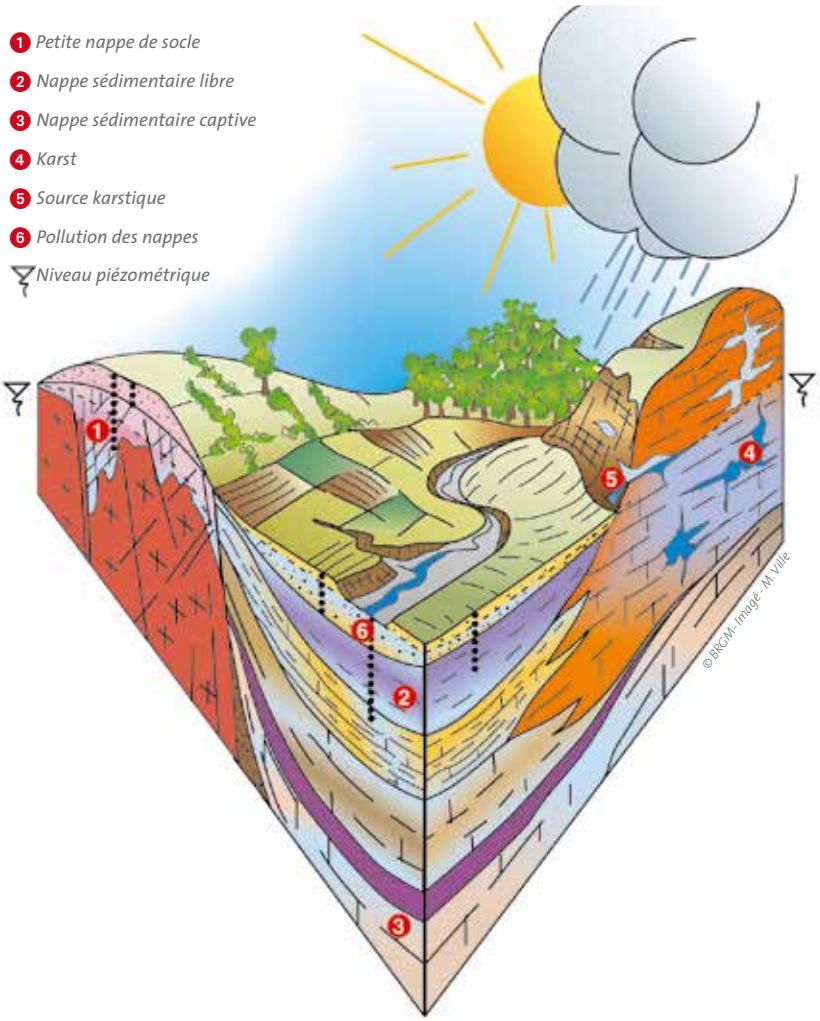
Les nappes des bassins sédimentaires peuvent être libres* ou captives* ; les nappes des alluvions ou des formations de socle sont libres dans la plupart des cas.

On caractérise aussi les aquifères en fonction de leur capacité **à stocker** (emmagasinement*) et **à permettre le déplacement** (perméabilité*) de l'eau dans le sous-sol. Ces deux fonctions sont essentielles pour mesurer la productivité d'un aquifère, et elles ne sont pas obligatoirement liées.

Les sables non consolidés (dunes, plages) ou les alluvions graveleuses sont très poreux et peuvent contenir 100 à 200 litres d'eau par m³ de roche entre les grains. On parle de porosité* matricielle qui peut représenter plusieurs dizaines de pourcents du volume de la roche.

Dans la grande famille des calcaires, on retrouve aussi des roches très poreuses (craie, calcaire bioclastiques), où les pores occupent en général les vides laissés par la dissolution des coquilles. Par ailleurs, les roches calcaires, du fait de leur nature, ont tendance à se fissurer. Dans les fissures l'eau peut circuler rapidement, d'où une perméabilité élevée. Ces fissures peuvent s'agrandir par dissolution des carbonates jusqu'à donner des conduits souterrains plus ou moins grands, caractéristiques des aquifères karstiques*.
L'importance de la porosité* (capacité de stocker) et de la perméabilité* (capacité de mobiliser l'eau) détermine la typologie de l'aquifère. Dans un aquifère à forte porosité matricielle, la perméabilité est souvent moyenne à faible et la ressource facilement mobilisable en forage n'est pas forcément importante. Dans un aquifère fissuré et/ou karstique la perméabilité est en général élevée mais la capacité de stockage peut être faible, d'où un épuisement rapide du réservoir souterrain.

Eaux souterraines
les différents gisements



Un outil pour mesurer les vitesses d'écoulement des eaux souterraines

En hydrogéologie, le traçage constitue un outil précieux pour la détermination des vitesses d'écoulement et des modalités de déplacement des eaux dans un aquifère. L'idée de base des techniques de traçage est simple : l'eau est marquée à l'aide d'un traceur en général artificiel (tel que la rhodamine ou la fluorescéine), ce qui permet de suivre et d'étudier son déplacement. Un essai de traçage, en milieu souterrain, consiste donc à injecter un traceur en un point de l'aquifère (perte de rivière, puits ou forage) et à mesurer l'évolution de la concentration au cours du temps de ce traceur dans l'eau en un ou plusieurs points de prélèvement aux alentours du point d'injection (puits, forage, source, résurgence en rivière).

L'injection se fait en dissolvant le produit (quelques kilogrammes) dans de l'eau. Il est nécessaire de « pousser » le produit en injectant de grande quantité d'eau (citerne, débit de perte en rivière). On peut injecter en plusieurs points à condition d'utiliser des produits différents. A l'autre bout, on suivra la sortie éventuelle du produit (parfois pendant plusieurs mois) sur un point prélevé régulièrement. En général, le produit est recherché au laboratoire dans l'eau prélevée, mais le suivi peut aussi se faire visuellement, à défaut de mieux. Les prélèvements se font à pas de temps variables, souvent horaires en début de traçage, puis journaliers au bout de quelques jours à quelques semaines d'observation. On s'attachera à mesurer à la fois les temps de transfert (l'arrivée du produit pouvant se répartir sur plusieurs pics séparés dans le temps) et les concentrations de manière à étudier notamment la dispersivité du produit. Dans un aquifère, en effet, les circulations souterraines sont complexes et utilisent plusieurs chemins : conduits karstiques, matrice...

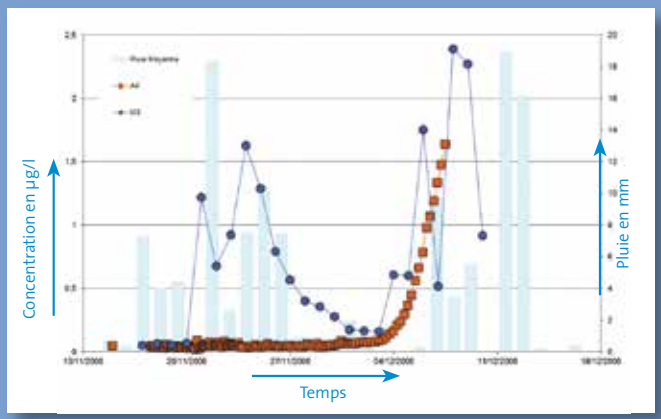
© BRGM - POC

Injection d'un traceur (ici de la fluorescéine) dans un forage.

En Poitou-Charentes, les traçages sont régulièrement utilisés dans les aquifères calcaires karstiques pour estimer le degré de vulnérabilité d'un point de captage pour l'eau potable ou pour repérer les contours des bassins hydrogéologiques souterrains qui diffèrent souvent des bassins topographiques superficiels. Les vitesses couramment mesurées dans ces aquifères sont de l'ordre de 100 m/h pour le premier pic.

© BRGM - POC

Préleveur automatique sur une source (Vaux, 86) pour suivi d'un point de sortie possible du traceur.



© BRGM

Sur ce traçage le traceur est sortie au bout de 8 jours au point M3 et au bout d'un mois environ au point A4 (nappe du Dogger, bassin amont du Clain).

© BRGM - POC

© BRGM - POC

Source de Jousse (bassin du Clain amont) avant et pendant la sortie du traceur (juillet 2007).

La richesse cachée de Poitou-Charentes

La région Poitou-Charentes est très riche en eaux souterraines dans les bassins de Paris et d'Aquitaine, mais ces ressources sont souvent peu profondes et vulnérables

Un seuil entre deux bassins et deux massifs anciens

La région Poitou-Charentes se situe au carrefour de quatre grandes structures géologiques françaises, deux bassins sédimentaires et deux massifs anciens. Le bassin de Paris occupe la partie nord-est de la région et passe progressivement au bassin d'Aquitaine par le Seuil du Poitou. Ce même seuil sépare le Massif Armoricain au Nord-Ouest du massif Central au Sud-Est.

Le socle des massifs armoricain et central est constitué de terrains métamorphiques et magmatiques structurés par la surrection des différentes chaînes de montagnes du Paléozoïque (Ere Primaire). C'est surtout la chaîne hercynienne (Carbonifère, environ 300 Ma), qui découpe le socle en grandes unités séparées par des accidents profonds de l'écorce terrestre : des failles.

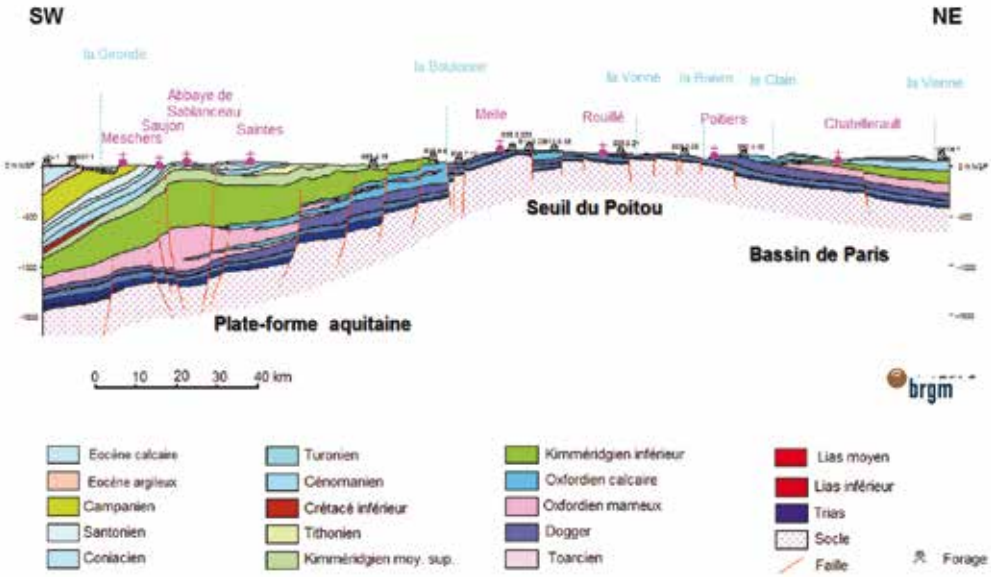
Ces failles (failles de Montreuil-Bellay - Loudun, de Bressuire, d'Availles - Limouzine, de Secondigny, de Vilhonneur, de Parthenay...) ont pour la plupart une direction dite « armoricaine » (NO-SE). Elles traversent, entre les deux massifs, le Seuil du Poitou sur lequel la couverture sédimentaire est peu épaisse et où le socle affleure parfois en fond de vallée (Béronne, Lambon, Sèvre-Niortaise, Clain...). De part et d'autre du Seuil, on observe un plongement du socle en direction des deux bassins, par décalage par faille selon un dispositif en « marches d'escalier ».

Les formations mésozoïques (Ere Secondaire) des bassins sédimentaires correspondent à des séries marines essentiellement carbonatées, témoins de nombreux épisodes de transgression (montée) et de régression (descente) de la mer. Depuis le Lias (Jurassique inférieur, 200 Ma), la tendance est à la submersion du socle armoricain qui constitue pendant toute la période du Mésozoïque un domaine continental « pénéplané » entouré par une vaste plate-forme carbonatée.

A la fin du Crétacé (fin du Mésozoïque) et au début de l'Ere Tertiaire les effets de la surrection de la chaîne pyrénéenne se font sentir jusqu'en région Poitou-Charentes en créant de grands plis en Sud-Charentes et en réactivant de nombreuses failles du socle.

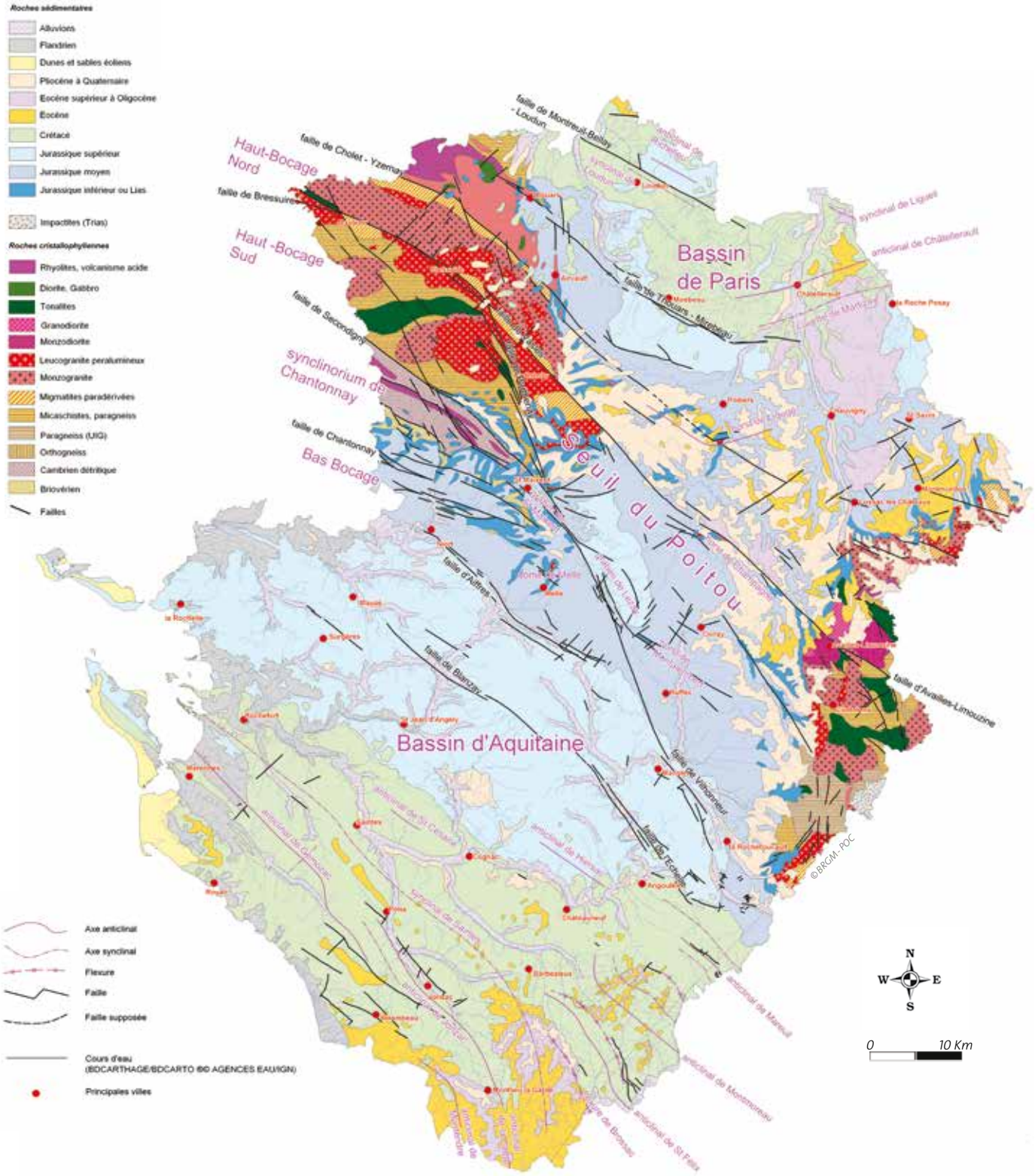
Coupe géologique synthétique traversant la région Poitou-Charentes du Sud-Ouest vers le Nord-Est

De part et d'autre du Seuil du Poitou, les deux grands bassins sont formés d'un empilement de couches géologiques sédimentaires formant en surface, à l'affleurement, des auréoles de terrains de plus en plus récents vers le cœur des bassins : calcaires et marnes du Jurassique au niveau du Seuil, sables, argiles, marnes et calcaires du Crétacé supérieur en Nord-Vienne et Sud-Charentes, sables, argiles et calcaires principalement lacustres aux deux extrémités de la région.*
Ce substratum sédimentaire d'âge secondaire et tertiaire est surmonté localement par des dépôts récents du Quaternaire : alluvions dans les vallées, sables dunaires et marais argileux sur le littoral.



©BRGM - POC

Carte géologique simplifiée et schéma structural de la région Poitou-Charentes.



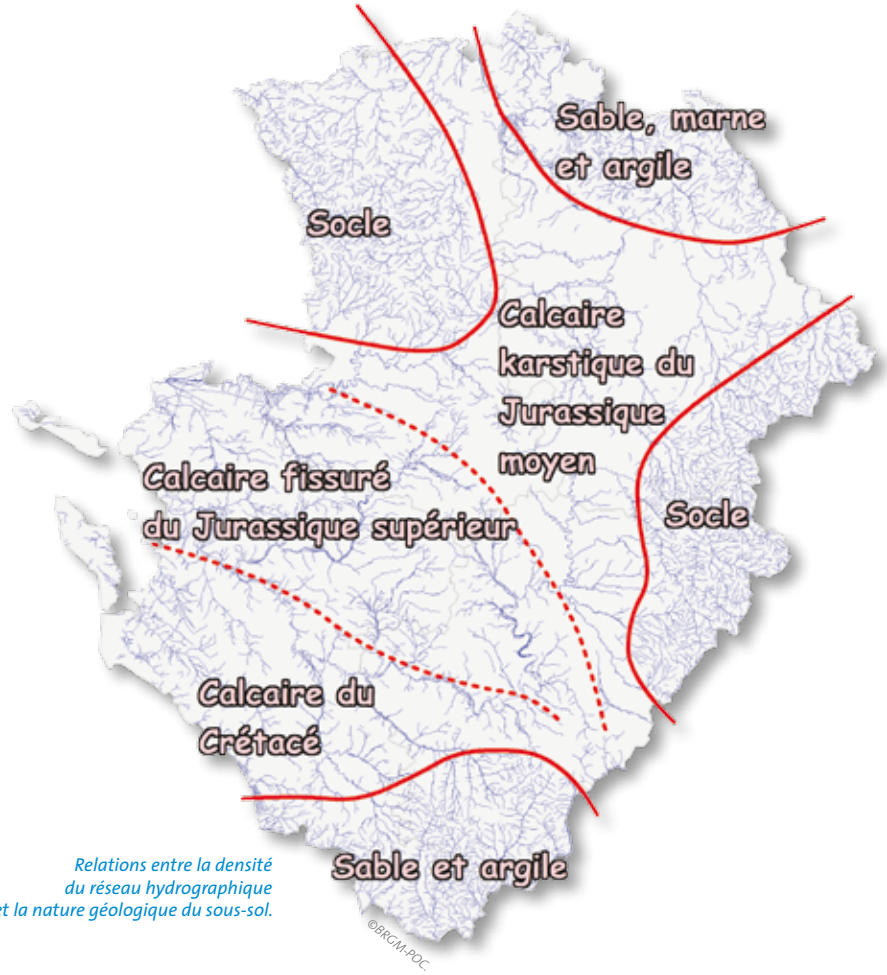
Des eaux souterraines d'une grande variété

Située en climat à influence océanique, la région Poitou-Charentes voit tomber chaque année en moyenne un peu moins de 1 m d'eau. Le milieu souterrain constitue une étape dans le cycle de transit de cette eau vers l'océan. La nature du sous-sol conditionne l'importance et la durée de ces transits souterrains. Il en découle une typologie des systèmes aquifères* qui sont, de part et d'autre du Seuil du Poitou, en continuité avec le réseau hydrographique superficiel.

La cartographie de ce dernier reflète d'ailleurs bien ces relations nappes-rivières* : sur le socle granitique ou schisteux le ruissellement est prépondérant et le réseau est très dense ; il en est de même sur les formations sablo-argileuses du Crétacé supérieur/Tertiaire en Nord-Vienne et du Tertiaire en Sud-Charentes ; en revanche, les infiltrations et transferts souterrains sont majoritaires dans les calcaires du Jurassique et du Crétacé supérieur qui forment une grande partie de la région. Le réseau est toutefois un peu plus dense sur les calcaires du Jurassique supérieur et du Crétacé que sur ceux karstiques du Dogger.

On distingue en Poitou-Charentes quatre grands types d'aquifères* et, par conséquent, de réseaux hydrographiques :

- les aquifères de socle,
- les aquifères des calcaires karstiques,
- les aquifères des calcaires fissurés,
- les aquifères des formations sableuses.



Relations entre la densité du réseau hydrographique et la nature géologique du sous-sol.

Les aquifères de socle

Extension des aquifères de socle

Sur le socle Armoricain et du Massif Central, le réseau hydrographique est dense et très bien distribué, traduisant un bon drainage des eaux de pluie. Dans le sous-sol, la frange d'altération et de fracturation contient des nappes en général peu productives et peu profondes (inférieures à 50 m). Ces nappes circulent vers les rivières selon la topographie ; le bassin versant topographique correspond au bassin versant souterrain. Les cours d'eau réagissent rapidement à la pluviosité et les graphes hydrologiques montrent des crues et des décrues rapides avec peu de décalage par rapport aux épisodes pluvieux. On rencontre ces nappes dans le Massif Armoricain des Deux-Sèvres et sur la bordure du Massif Central en Charente et en Vienne. Les bassins versants concernés par ce type de substratum sont ceux de la Sèvre-Nantaise et du Thouet (pro-parte), des parties amont de l'Autize, de la Vienne, de la Gartempe, de la Creuse, de la Charente et de certains affluents du Clain.

Nappe de socle

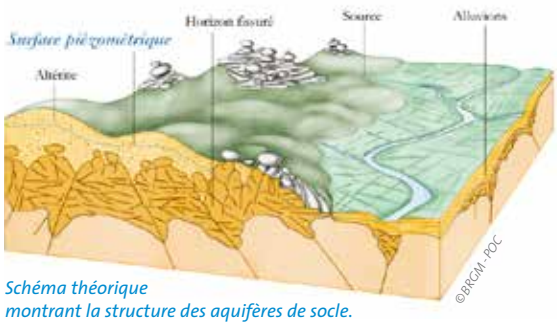


Schéma théorique montrant la structure des aquifères de socle.

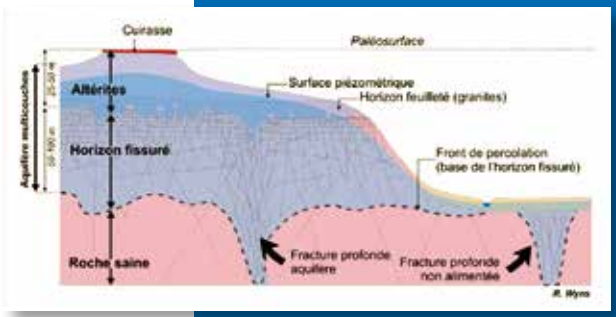
Socle ancien armoricain plissé (Deux-Sèvres).

© BRGM - POC

L'altération des roches granitiques

Les massifs de roches métamorphiques (roches transformées sous l'effet de la température et de la pression) ou plutoniques (roches cristallisées à partir d'un magma) présentent en surface un profil d'altération caractéristique. Sous les altérites meubles superficielles (sables ± argileux), on trouve un horizon fissuré avec une densité de fissures qui décroît vers le bas. Les fissures sont le résultat des contraintes induites dans la roche par le gonflement de certains minéraux au stade précoce de l'altération, en particulier de la biotite (mica) qui se transforme en minéraux gonflants. Si la roche pouvait gonfler librement on aurait un accroissement de volume d'environ 30 %, mais du fait de la pression engendrée par la profondeur, la dilatation est impossible ce qui va développer des fentes de rupture dans la roche. Dans le cas d'une roche massive et homogène comme un granite, les fentes de tension seront horizontales.

L'horizon fissuré des roches cristallines et métamorphiques constitue un aquifère dont la porosité* efficace est voisine de 5 % au sommet et décroît vers le bas ; il en est de même de la perméabilité*. La hauteur d'eau stockée dans un profil d'altération sur socle (en incluant la partie inférieure des altérites meubles) est généralement comprise entre 1,5 et 2,5 m, soit 1,5 à 2,5 millions de m³ d'eau par kilomètre carré.



© BRGM - R. Wyns

Coupe type d'un profil d'altération sur un granite.

Les aquifères des calcaires karstiques

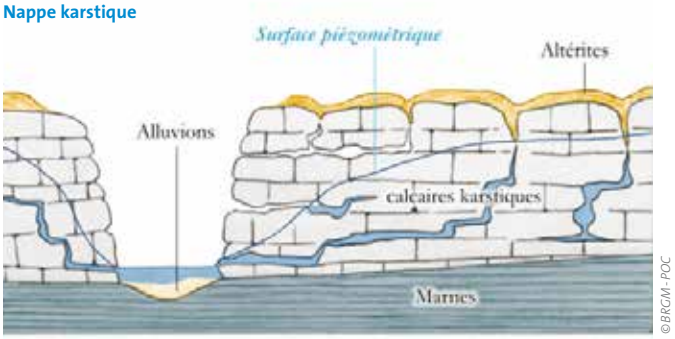
Extension des aquifères karstiques

Au-dessus du socle, dans les deux bassins sédimentaires, on trouve deux grands systèmes aquifères karstiques* : l'Infra-Toarcien (Jurassique inférieur), à la base de l'empilement sédimentaire, et le Dogger (Jurassique moyen). Au Nord-Est d'Angoulême, le karst* de la Rochefoucauld, au sein des calcaires du Jurassique moyen et supérieur, constitue l'un des plus importants systèmes karstiques de France. Dans le Cénomanien et le Turonien-Coniacien des Charentes (Crétacé supérieur) on trouve également ce type d'aquifère.

Dans ces zones karstiques, le réseau hydrographique est très peu dense, les circulations d'eau se font en souterrain avec des exutoires parfois très importants comme les Viviers à Niort et la Touvre près d'Angoulême (seconde résurgence* de France par son débit).

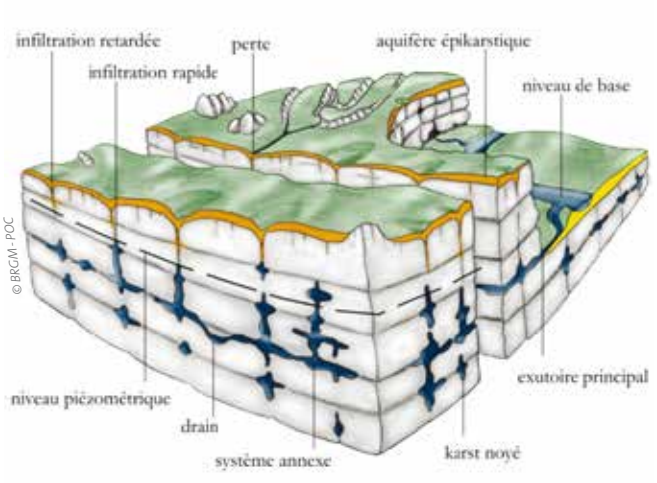
Les rivières peuvent se perdre complètement dans le karst* comme c'est le cas pour la Dive du Sud et la Bouleure vers Lezay (en Deux-Sèvres), la Tardoire et le Bandiat (Est de la Charente), la Seudre près de Gémozac. Les bassins versants topographiques ne correspondent pas forcément aux bassins versants souterrains. Des transferts d'eau sont fréquents d'un bassin topographique à un autre. Ainsi le bassin hydrogéologique* du Clain est moins étendu que son bassin topographique au profit de la Vienne et de la Sèvre-Niortaise.

Nappe karstique



De part et d'autre du Seuil du Poitou, les calcaires du Dogger constituent l'essentiel des plateaux aux formes karstiques (vallées sèches, gouffres). Les vallées, comme celle du Clain, sont encaissées et les rivières coulent souvent sur les marnes du Lias (Toarcien). Sur les plateaux, les altérites sableuses et argileuses « beurrent » les karsts et la nappe est parfois à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Dans les vallées, la nappe du Dogger alimente des sources.

Modèle d'aquifère karstique.



Du fait des karsts, les eaux passent d'un bassin versant à un autre : pertes de la Seudre vers la Gironde, du Bandiat et Tardoire vers la Touvre, de la Dive du Sud (Clain) vers la Sèvre-Niortaise, du bassin du Thouet vers la Grimaudière (Dive du Nord).

La Touvre, l'un des karsts les plus importants de France

Le caractère exceptionnel des sources de la Touvre à l'Est d'Angoulême est assez mal connu dans la région. Secondes résurgences* de France par leur débit, elles font pourtant partie d'un complexe hydrogéologique important au fonctionnement particulier : le karst de la Touvre. Les sources constituent en effet l'exutoire d'un immense réseau souterrain de conduits et de grottes dans lequel circulent de grandes quantités d'eau.

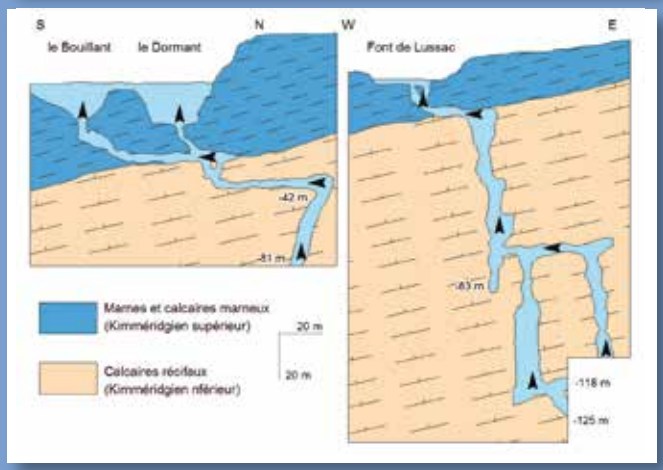
En amont, l'aquifère karstique de la Touvre est alimenté par les pluies qui tombent directement sur les calcaires des forêts de la Braconne et du Bois Blanc (470 km² environ pour la superficie de cet impluvium) et par les pertes des rivières, en été, qu'elles soient totales (Bandiat, Tardoire) ou partielles (Bonnieure). Le bassin d'alimentation total est estimé à 1 200 km² (impluvium + bassins versants du Bandiat, de la Tardoire et de la Bonnieure).

Il transiterait environ 350 M de m³/an d'eau aux sources avec une contribution des pertes de rivière à hauteur de 70 %. Des mesures par traçages ont montré que les écoulements souterrains se faisaient souvent à des vitesses supérieures à 100 m/h. Toutefois, il existe aussi des transits lents. On estime également que 15 000 t/an de calcaire sont dissoutes. Les effondrements importants observés dans le massif karstique, et en particulier dans la forêt de la Braconne (la Grande Fosse...), viennent conforter l'hypothèse de l'existence en profondeur de cavités de grande taille.

Les sources de la Touvre sont constituées de trois exutoires (le Bouillant, le Dormant et le Font de Lussac) auxquels il convient d'ajouter la source de la Lèche, située à environ 500 m des premières. L'eau sort au travers de formations plutôt imperméables : les marnes du Kimméridgien supérieur. Les nombreuses explorations spéléologiques des sources ont cependant permis de situer le toit des premières formations perméables (calcaires récifaux du Kimméridgien inférieur) aux alentours d'une vingtaine de mètres. L'eau a exploité l'intense fracturation, qui accompagne la faille de l'Échelle toute proche, en formant d'importants conduits, facilitant ainsi la traversée des terrains marneux.

Photographie des sources donnant naissance à la rivière Touvre.

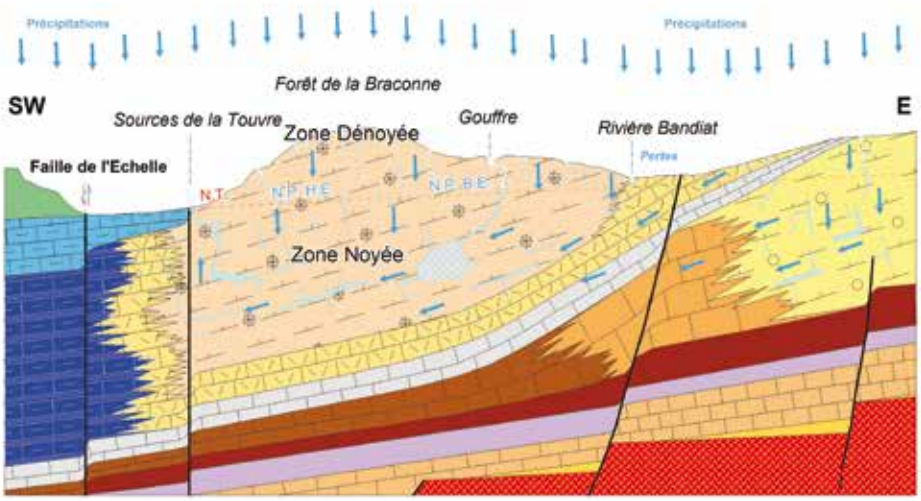
©BRGM-POC



©BRGM-POC

Coupe des sources de la Touvre, d'après C. Touloumdjian, 1986.

Schéma hydrologique du système karstique de la Touvre



Légendes

- Sables, grès (Cénomanien)
- Calcaires argileux (Kimméridgien)
- Calcaires récifaux (Oxf. à Kim.)
- Calcaires bioclastiques (Oxfordien)
- Calcaires marneux (Oxfordien)
- Calcaires fins (Callovien)
- Calcaires oolithiques (Bathonien)
- Calcaires péri-récifaux (Bathonien)
- Calcaires fins (Bathonien)
- Calcaires fins (Bajocien)
- Marnes bleues (Toarcien- Aalénien)
- Calcaires gréseux (Lias inférieur)
- Dolomies et sables (Hettangien)
- Socle cristallin (Primaire)
- Failles
- Conduite karstique dénoyée
- Conduite karstique noyée
- Cavité avec remplissage argilo-sableux
- N.F. Niveau piézométrique (hautes et basses eaux)
- N.T. Niveau de la Touvre

©BRGM-POC

Les aquifères des calcaires fissurés

Extension des principaux aquifères fissurés

Le troisième type de situation hydrogéologique correspond aux aquifères des calcaires fissurés. Le Jurassique supérieur, en général calcaréo-marneux et peu perméable, contient dans ses zones d'affleurement* une nappe superficielle circulant dans une frange d'altération et de fissuration.

L'épaisseur de cette frange est rarement supérieure à 30 m et sa base est caractérisée par une couleur gris-bleu, le « banc bleu » des foreurs, qui matérialise l'absence d'eau contrairement à l'aquifère qui présente une couleur plutôt ocre (oxydation).

Les eaux circulent globalement vers la rivière selon la topographie, dans le réseau de fissures et de plans de stratification. Ce réservoir est peu capacitif (stockage de l'eau) mais assez fortement transmissif (perméabilité*). Le régime des rivières traduit ces propriétés ; l'été, la nappe s'épuise rapidement, son niveau peut descendre au-dessous de celui de la rivière qui perd alors ses eaux à son profit, ce qui peut entraîner de sévères assecs* ; l'hiver, la nappe se remplit rapidement et peut « déborder », d'où une tendance à l'inondation dans les zones basses lors de fortes pluies.

On trouve ces systèmes aquifères dans une grande partie de la Charente, du Nord de la Charente-Maritime, du Sud des Deux-Sèvres et plus marginalement dans le Nord de la Vienne. Les bassins versants principalement concernés sont la Pallu, les Dives du Nord et du Sud, le Mignon-Courance, le Curé, l'Aume-Couture, l'Antenne, la Boutonne, la Gère et la Devise. Dans ces bassins versants, les prélèvements souvent importants (et peu profonds : les forages font quelques dizaines de mètres de profondeur) viennent aggraver une situation à l'étiage naturellement difficile.

Nappe de milieu fissuré

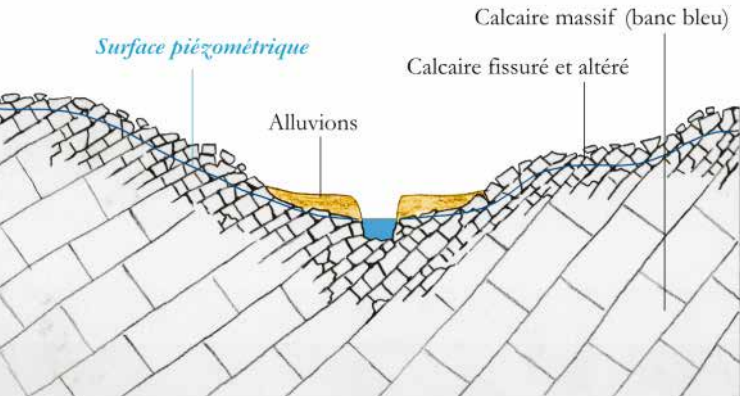
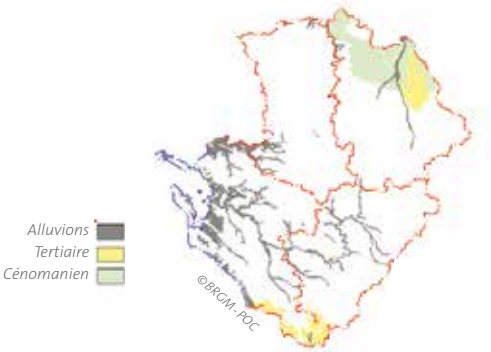


Schéma montrant la structure d'un aquifère fissuré comme le Jurassique supérieur.

Falaise littorale dans les calcaires et marnes du Jurassique supérieur (Pointe de Chassiron).
De nombreux indices suggèrent que l'origine de la frange d'altération superficielle est vraisemblablement à rechercher dans les derniers phénomènes glaciaires du Quaternaire (Wurm, -17 000 ans environ). A cette époque, la région était située au Sud de la calotte glaciaire et les sols étaient soumis à des épisodes de glaciation/déglaciation à l'image des sols gelés de la Sibérie actuelle.*

Les aquifères des formations sableuses



Extension des principaux aquifères sableux

Enfin, le dernier type d'aquifère* correspond aux réservoirs à matrice sableuse. L'eau est contenue entre les grains de la matrice. Ces réservoirs sont fortement capacitifs mais en revanche peu transmissifs. L'espace inter-granulaire peut en effet emmagasiner beaucoup d'eau (le pourcentage de vide par rapport au plein peut dépasser 20 %), en revanche cette eau circule lentement. Comme d'importants volumes d'eau peuvent être stockés dans un faible volume de réservoir sableux, il faut des apports d'eau importants pour que le niveau de la nappe augmente de manière significative.

Les graphes des piézomètres* montrent en général des battements annuels faibles entre hautes et basses eaux. Le réseau hydrographique est dense sur un tel substratum.

Par ailleurs, le débit des rivières est assez soutenu par ces nappes en période d'étiage. On rencontre principalement ce type de contexte au Nord de la région, dans le Bassin de Paris, sur le Cénomanien, au Sud, dans le Bassin aquitain, sur les formations sablo-argileuses du Tertiaire. Dans les vallées, les placages alluviaux sont formés par des sables et des graviers plus ou moins argileux qui renferment également ce type de nappe.

Nappe de milieu à porosité matricielle

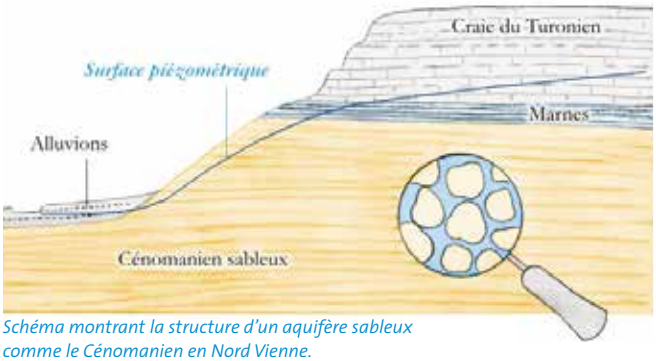
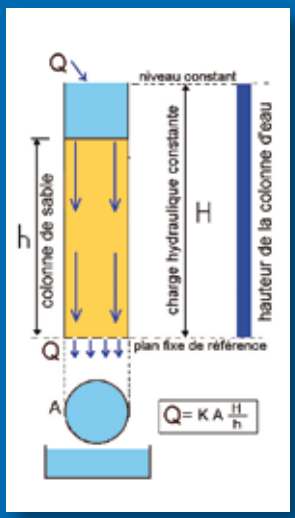


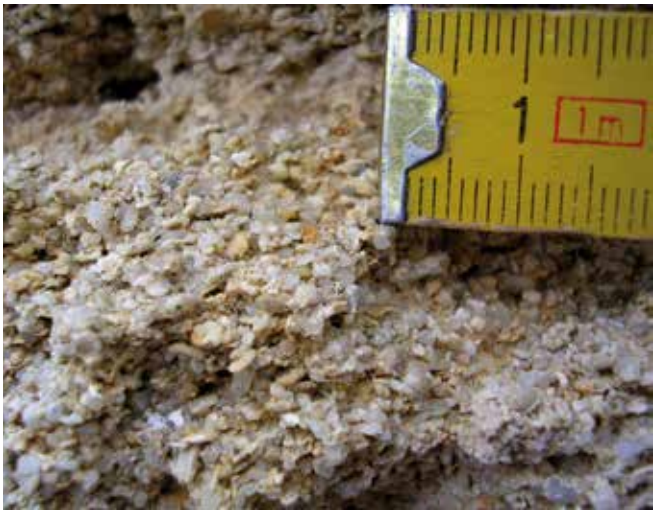
Schéma montrant la structure d'un aquifère sableux comme le Cénomanien en Nord Vienne.

La loi de Darcy

L'observation de l'écoulement de l'eau à travers un sable a permis à Henry Darcy, ingénieur des Ponts et Chaussées né à Dijon en 1803, d'établir la loi de l'écoulement de l'eau à travers un milieu poreux : « *le volume débité est proportionnel à la charge et en raison inverse de l'épaisseur de la couche traversée* ». Autrement dit : plus la couche d'eau est importante, plus celle-ci percole rapidement dans le milieu. Depuis sa formulation, la loi a évolué pour s'appliquer à d'autres milieux et d'autres fluides (huile, gaz).



Dans le schéma ci-contre : Q : valeur du débit ; K : cœfficient de perméabilité du milieu poreux ; A : surface.



Dans un aquifère sableux l'eau est stockée et circule entre les grains (ici grés miocène [sable consolidé] d'Amberre, 86).

Des eaux vulnérables en quantité comme en qualité

- Du fait de la faible profondeur des aquifères* et des étroites relations avec les rivières, les prélèvements d'eaux souterraines entrainent des conflits d'usage principalement en été entre irrigation agricole, exploitation pour l'eau potable, usagers des cours d'eau et préservation des milieux, et, à l'aval, activités ostréicole et mytilicole.

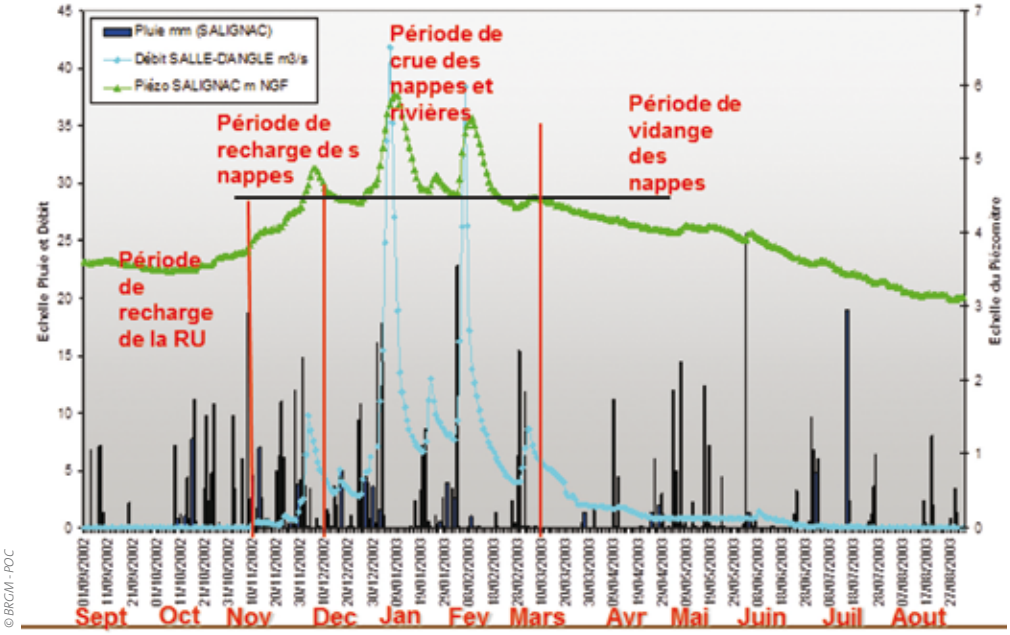
- Ces relations entre surface et eaux souterraines entraînent la dégradation de la qualité de la plupart des aquifères. Les teneurs excessives en nitrates et pesticides (pollutions agricoles et urbaines) conduisent à l'abandon de nombreux ouvrages qui exploitent l'eau potable.

- Le suivi de l'évolution des niveaux de l'eau dans les forages montre que les nappes se rechargent d'une année sur l'autre. Il n'y a pas, en règle générale pour les aquifères de la région, d'évolution sur le long terme, avec une baisse progressive des niveaux, mais des cycles annuels avec une rareté de la ressource en été.

- Il existe toutefois dans les parties les plus profondes des deux bassins sédimentaires des nappes captives, protégées de la surface mais en contrepartie plus difficilement renouvelées et leur exploitation peut entraîner des baisses progressives de leur niveau. Ces eaux sont en général anciennes (plusieurs dizaines de milliers d'années) et sont très minéralisées, donc « non-potables », et à température élevée.

©BRGM - POC

Rivière à sec en été (Tardoire, 16).



© BRGM - POC

L'exemple pris dans le bassin du Né (Charente) comparant, sur le cycle sept. 2002/sept. 2003, les évolutions journalières de la pluie, du débit aval de la rivière et du niveau de la nappe illustre les relations nappe-rivière* et le cycle annuel de l'hydrosystème*.

A la fin du mois d'août, les nappes et les rivières se trouvent à leur niveau le plus bas. Les premières pluies de la fin de l'été et de l'automne rechargent la Réserve Utile du sol (RU) (en moyenne 100 mm). Nappes et rivières ne réagissent pas à ces pluies.*

Au cours du mois de novembre, la nappe (courbe verte) se recharge progressivement. La rivière (courbe bleue) réagit peu aux pluies.

Au cours de l'hiver, les nappes sont pleines, les rivières réagissent très significativement aux pluies. Le niveau de la nappe peut aussi monter et redescendre très rapidement, comme c'est le cas sur le graphe, traduisant l'existence d'une partie capacitive, qui emmagasine de l'eau (sous le trait horizontal noir), et une partie supérieure de milieu fissuré qui se remplit et se vidange rapidement (au-dessus du trait).*

A partir du mois de mars la zone capacitive de la nappe se vidange progressivement et permet de soutenir l'étiage de la rivière.

Mieux connaître : capter, mesurer, modéliser, comprendre

Plusieurs dispositifs permettent d'observer les eaux souterraines sur les plans quantitatif et qualitatif, et la plupart des aquifères en Poitou-Charentes sont dotés d'un modèle de gestion.

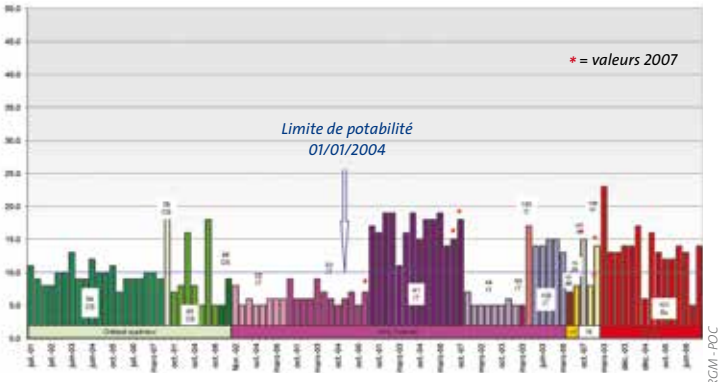
Le suivi de la qualité des nappes en Poitou-Charentes

Le réseau régional

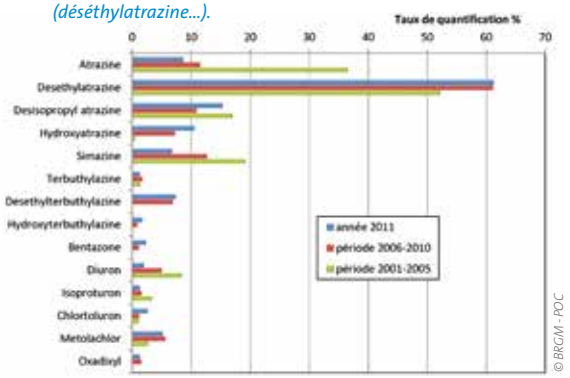
Devant la dégradation de la qualité des nappes d'eau souterraines (nitrates et phytosanitaires*) et la présence dans l'eau d'éléments indésirables d'origine naturelle, la Région Poitou-Charentes, en partenariat avec le BRGM et les Agences de l'eau*, s'est dotée, dès 2001, d'un réseau de surveillance* qui comporte en 2011, **107 points d'eau** (qualitomètres*) intéressant la totalité des nappes de la région. Il se caractérise par un nombre important d'analyses (jusqu'à huit par an sur certains points) et par la recherche d'une grande quantité de molécules phytosanitaires* (plus de 200). Il fédère les réseaux des deux Agences de l'eau mis en place dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau* et un réseau régional complémentaire.

Les analyses sont consultables sur : *www.sigespoc.brgm.fr ou http://ades.rnde.tm.fr*

Eléments indésirables naturels : *exemple de l'arsenic dont l'existence naturelle, fréquente dans les eaux souterraines, est liée au lessivage des terrains de socle (Infra-Toarcien) ou à la présence de matière organique (Cénomanien).*



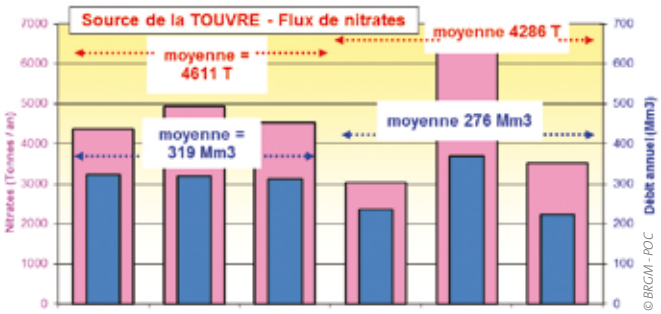
Impacts anthropiques : *sur cette synthèse de l'évolution des quantifications en phytosanitaires* sur l'ensemble des points du réseau de 2001 à 2011, on voit l'impact de l'interdiction en 2003 de l'atrazine et de la simazine, avec une baisse significative de ces produits mais en revanche une augmentation des teneurs en produits de dégradation (déséthylatrazine...).*



La surveillance sanitaire des eaux potables

L'Agence Régionale de Santé (*http://www.ars.poitou-charentes.sante.fr*) a en charge le contrôle sanitaire des eaux en application du Code de la santé publique. Ce contrôle s'exerce sur les eaux avant (eaux brutes*) et après traitement selon une fréquence et une typologie d'analyses fonction des quantités prélevées et de la vulnérabilité* de la ressource. Les résultats d'analyses sont affichés en mairie et une fiche d'information annuelle est annexée à la facture d'eau.

Impacts anthropiques : *ce graphe superposant flux de nitrates (en rouge) et débit (en bleu) des sources de la Touvre (16) montre l'impact du climat sur les fluctuations des teneurs. Le déficit en pluie de 2005 conduit cette année là à une diminution des lessivages et donc des teneurs en azote. Mais les quantités de nitrates « manquantes » se retrouvent en 2006 suite aux pluies du printemps. En moyenne il passe environ 4 500 tonnes de nitrates par an à ces sources.*



La surveillance des installations classées*

La surveillance des eaux souterraines constitue depuis plusieurs années l'un des thèmes d'action importants de l'inspection des installations classées*. Elle a été inscrite dans le premier Plan National Santé Environnement*. Deux champs sont à distinguer : celui des sites inscrits dans la base de données des sites et sols pollués (BASOL, *http://basol.ecologie.gouv.fr*) et celui des installations en fonctionnement qui sont susceptibles, compte tenu des procédés industriels et des produits manipulés, de polluer* les eaux souterraines. En ce qui concerne Poitou-Charentes une cinquantaine de sites font l'objet d'une telle surveillance.

http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr

©BRGM - POC

Forages « Les Vaux » (Les Aubiers, 79), 82 m de profondeur dans les granites

©BRGM - POC

Source de Seneuil (Le Chillou, 79), calcaires à la nappe du Dogger

Réseau régional de suivi de la qualité des eaux souterraines en Poitou-Charentes

Année 2010

THOUARS
BRESSUIRE
PARTHENAY
CHATELLERAULT
POITIERS
ST-MAIXENT -L'ECOLE
NIORT
MONTMORILLON
LA ROCHELLE
ROCHEFORT
CONFOLENS
SAINTES
COGNAC
ANGOULEME
ROYAN
JONZAC

Nature du point :
FORAGE
GALERIE
PIEZOMETRE
PUITS
PUITS-COMPLEXE
SOURCE

Type de nappe :
C : Captive
K : Karstique
L : Libre

Aquifère capté :
Alluvions
Crétacé sup
Infra-Toarcien
Jurassique moyen
Jurassique sup
Socle

Réseau :
GRAP
Régional
AEAG Patrimonial
AELB Patrimonial
GRAP AELB Patrimonial
GRAP AEAG Patrimonial

N W E S

0 20 Km

©BRGM - POC

Cavité de la source de Pamproux (79), calcaires du Dogger

©BRGM - POC

Le risque de pollution des eaux souterraines par une activité industrielle : deux banques de données utiles

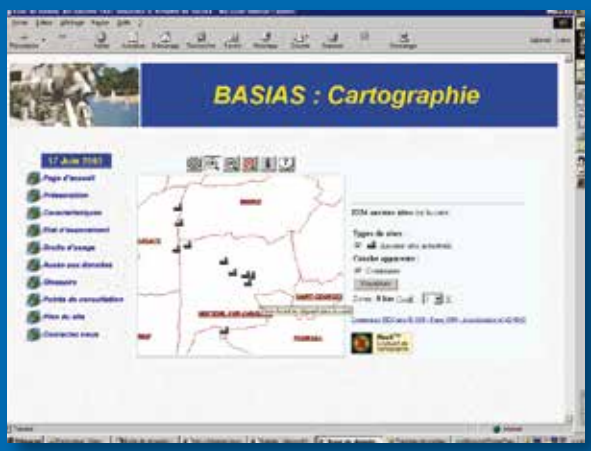
Même si la région Poitou-Charentes ne se caractérise pas par une activité industrielle importante, elle connaît localement des pollutions de sol et de nappe par une activité actuelle ou passée. L'Etat a mis en place ces dernières années des banques de données inventoriant les sites susceptibles d'être pollués et les sites pollués.

Connaître l'historique des activités potentiellement polluantes tel est le rôle de BASIAS qui :

- recense tous les sites industriels abandonnés ou non, susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement ;
- conserve la mémoire de ces sites ;
- fournit des informations utiles aux acteurs de l'urbanisme, du foncier et de la protection de l'environnement.

En Poitou-Charentes l'inventaire a conduit au recensement de plus de 11 400 sites couvrant l'activité industrielle de 1850 à nos jours. Les principales activités recensées sont : les stations services, les industries manufacturières, la réparation automobile, les dépôts de liquides inflammables.
http://basias.brgm.fr

BASOL est la base des sites dont la pollution est avérée. Elle recense 66 sites pollués en Poitou-Charentes qui font l'objet de diagnostic, de réhabilitation ou de surveillance afin de prévenir et de maîtriser les nuisances pour les populations riveraines et l'environnement.
http://basol.ecologie.gouv.fr



Ecran d'interrogation des sites d'une commune dans BASIAS.

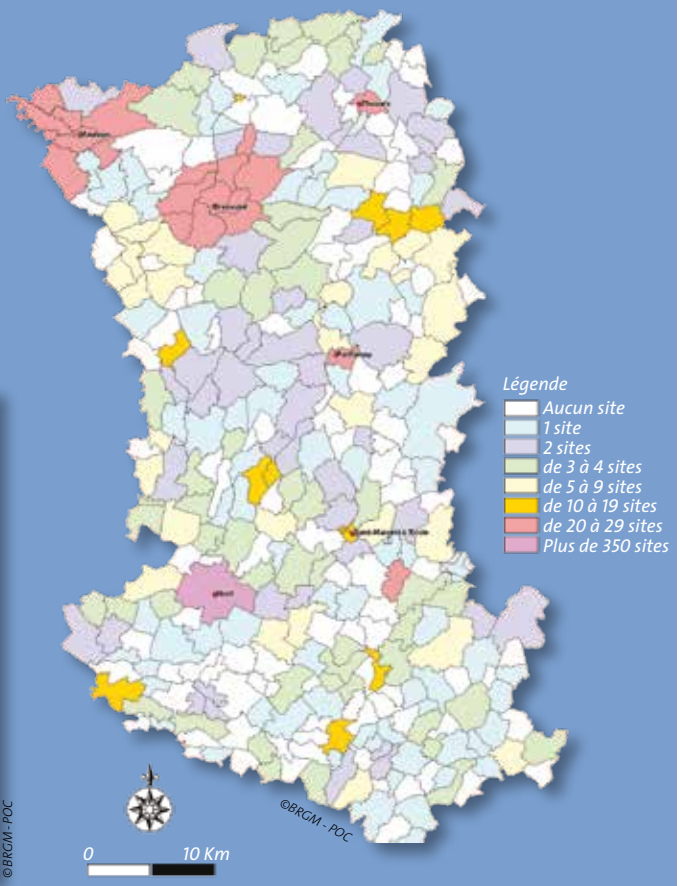
Une base de données pour qui ?

- Le Maire qui veut construire une école
- L'Agence de l'Eau qui doit protéger un captage
- Les notaires et les détenteurs des sites, actuels ou futurs, pour toutes transactions immobilières
- ...

©BRGM - POC

Site industriel (Charente).

Nombre de sites inventoriés par commune dans le département des Deux-Sèvres



Le suivi quantitatif de la ressource en Poitou-Charentes

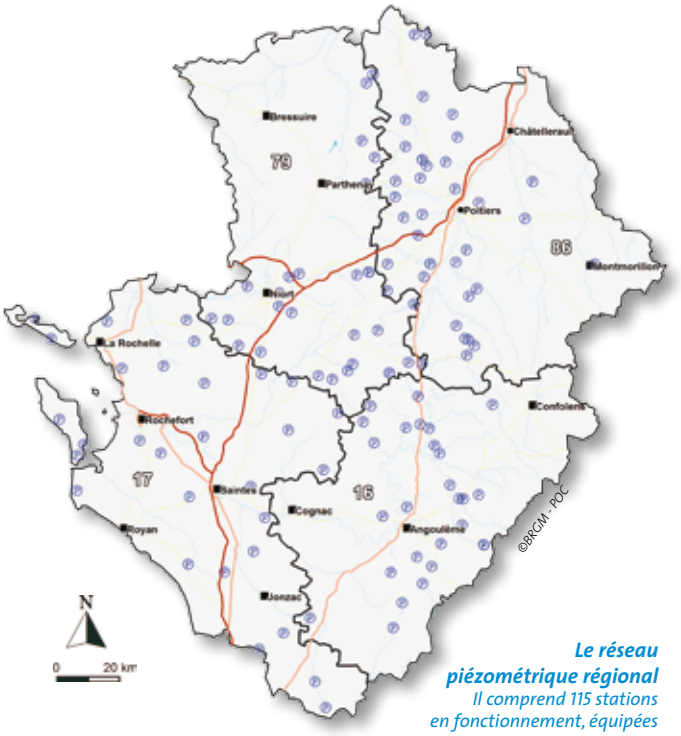
Le réseau régional

Afin d'améliorer la connaissance du fonctionnement des eaux souterraines, la Région Poitou-Charentes a décidé de mettre en place un réseau de puits et de forages permettant de mesurer le niveau des nappes, encore appelé « niveau piézométrique »*.

Ce réseau est constitué actuellement de **115 points d'eau***, équipés pour un suivi automatique des niveaux, répartis dans les quatre départements ; les premiers points ont été mis en service au second semestre 1992. Toutes les stations piézométriques de la région comprennent :

- une centrale autonome d'acquisition de mesures reliée au central informatique par le réseau téléphonique,
- un capteur de pression immergé dans le forage ou le puits en dessous du niveau d'eau le plus bas observé.

Ce réseau de piézomètres* permet de suivre la recharge des nappes en hiver et l'impact des prélèvements en particulier en été.
Les données sont consultables sur :
http://www.piezo-poitou-charentes.org/
ou *http://ades.rnde.tm.fr*



Le réseau piézométrique régional
Il comprend 115 stations en fonctionnement, équipées d'enregistreurs automatiques et reliées par téléphone à un central informatique, et des stations abandonnées mais avec des historiques de mesures disponibles.

Le suivi des niveaux d'eau sur les forages à un pas de temps journalier (voire horaire) remonte à 1992 pour un bon nombre d'ouvrages du réseau régional. Il existe cependant des enregistrements plus anciens mais à pas de temps plus large.

Tous les piézomètres du réseau régional, y compris les plus profonds en nappe captive, présentent des cycles annuels de recharge hivernale et vidange estivale. Il peut exister cependant des cycles plus longs qui se superposent aux cycles annuels comme c'est le cas sur ce piézomètre de Lamoinie (nappe du Dogger) dans le bassin de la Dive du Nord (86).*

Les réseaux complémentaires

De nombreuses structures réalisent leur propre suivi du niveau des nappes. On peut citer en particulier le Conseil Général de la Charente, l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre-Niortaise (IIBSN), le Syndicat des eaux de la Charente-Maritime, le BRGM, jusqu'à une date récente la Chambre d'Agriculture de la Vienne et l'Association des irrigants du Turonien en Charente.

©BRGM - POC

Station de suivi des niveaux d'eau dans un forage à la nappe de l'Infra-Toarcien (Fontgrives, bassin versant du Pamproux, 79).

Le suivi des débits des cours d'eau

En Poitou-Charentes, le suivi des débits des rivières est indissociable et complémentaire du suivi des niveaux des nappes. Les Services de Prévisions des Crues* Littoral Atlantique, Vienne-Thouet et Dordogne, depuis 2007, suivent les variations de débit des cours d'eau sur le territoire régional, grâce à environ une cinquantaine de stations de mesure réparties sur les principaux cours d'eau. Un important travail de terrain (maintenance des stations et réalisation de jaugeages*) permet de garantir la fiabilité des données. Une quarantaine de ces stations sont utilisées à des fins de police de l'eau, dans le cadre des plans d'alerte qui entrent en vigueur en situation de crise, aussi bien pour les inondations que pour les sècheresses. Dans ce dernier cas, des Débits d'Objectif d'Etiage (DOE* = débit moyen mensuel au-dessus duquel sont assurés la co-existence de tous les usages et le bon fonctionnement du milieu aquatique) et des Débits de Crise (DCR* = débit au-dessous duquel sont mises en péril l'alimentation en eau potable et la survie des espèces présentes dans le milieu) sont institués et inscrits dans les SDAGE*.

Enregistrement des hauteurs d'eau du Pamproux (79) pour le suivi des débits (BRGM, projet CAMERA).

Une fois validés, les débits moyens journaliers sont stockés dans la banque nationale HYDRO du Ministère en charge de l'environnement qui permet de calculer des données hydrologiques statistiques. Les données sont disponibles sur le site : *http://www.hydro.eaufrance.fr/*

Les mesures de jaugeage : *le calcul des débits à partir de la mesure des hauteurs d'eau nécessite de réaliser régulièrement des profils de mesure de la vitesse de l'eau à travers la rivière (Ici profil en travers du Clain (86). Ces mesures permettent d'établir la courbe de tarage du cours d'eau au point de suivi.*

Depuis 1990, les brigades du Conseil Supérieur de la Pêche (C.S.P., devenu ONEMA* suite à la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006) recensent chaque été les linéaires de cours d'eau asséchés, quelle que soit l'origine de l'assèchement (assèchement total, rupture d'écoulement, réduction du débit) et les conséquences qui en découlent (eutrophisation, mortalité piscicole). Ces observations et le développement de l'irrigation ont amené le Conseil Supérieur de la Pêche (C.S.P.) à mettre en place en 2000 un Réseau Départemental d'Observation des Ecoulements (R.D.O.E.), harmonisé selon un protocole identique sur la région. La nature des observations est ainsi passée d'un suivi des linéaires de cours d'eau à un suivi ponctuel. En 2006, environ 342 points étaient suivis sur les cours d'eau de la région : 74 en Charente, 100 en Charente-Maritime, 70 en Deux-Sèvres et 98 en Vienne. Les mesures sont toujours réalisées durant la période d'étiage. En complément du RDOE, des campagnes de suivi des linéaires de cours d'eau sont également menées, deux fois par mois par les Fédérations pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques de Poitou-Charentes, associées à des syndicats de rivières.

Le régime des cours d'eau de Poitou-Charentes est de type pluvial, caractérisé par des hautes eaux hivernales et des basses eaux estivales. La plupart des cours d'eau présentent des crues de plaine, qui se traduisent par une montée des eaux progressive et une submersion prolongée. Cependant les rivières issues des massifs cristallins, notamment la Gartempe et le Thouet, présentent un régime torrentiel aux crues soudaines. Les étiages naturels peuvent être sévères, notamment les années où la recharge hivernale a été faible. Les longueurs d'assèchement peuvent être importantes surtout dans les parties amont des bassins versants. Ces situations critiques sont aggravées par les prélèvements d'eau.

Stations de mesure du débit des cours d'eau . Source : DREAL Poitou-Charentes.

Nom du barrage	Gestion assurée par	Cours d'eau	Bassin versant en km²	Volume total en millions de m³
Puy Terrier (79)	CG79 et CAEDS	Cébron	162	11
Touche Poupard (79)	CG79 et CAEDS	Chambon	55	15
Lavaud (16)	Institution Charente	Charente	42	10
Mas Chaban (16)	Institution Charente	Moulde	-	14

Un certain nombre de rivières de Poitou-Charentes présentent à l'amont de leur bassin versant des stockages artificiels d'eau. Les barrages les plus importants sont énumérés dans ce tableau. Ils permettent de soutenir les étiages de la Charente (Lavaud et Mas Chaban), de la Sèvre-Niortaise (Touche-Poupard) ou du Thouet (Cébron). On peut aussi citer la Vienne dont le débit estival est artificialisé par les stockages amont (Vassivière, 106 M m³). Les lâchers des barrages représentent une part en général importante des débits d'étiage de ces rivières. En dehors des soutiens d'étiage*, des débits peuvent être réservés pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation.*

La cartographie des circulations des eaux souterraines

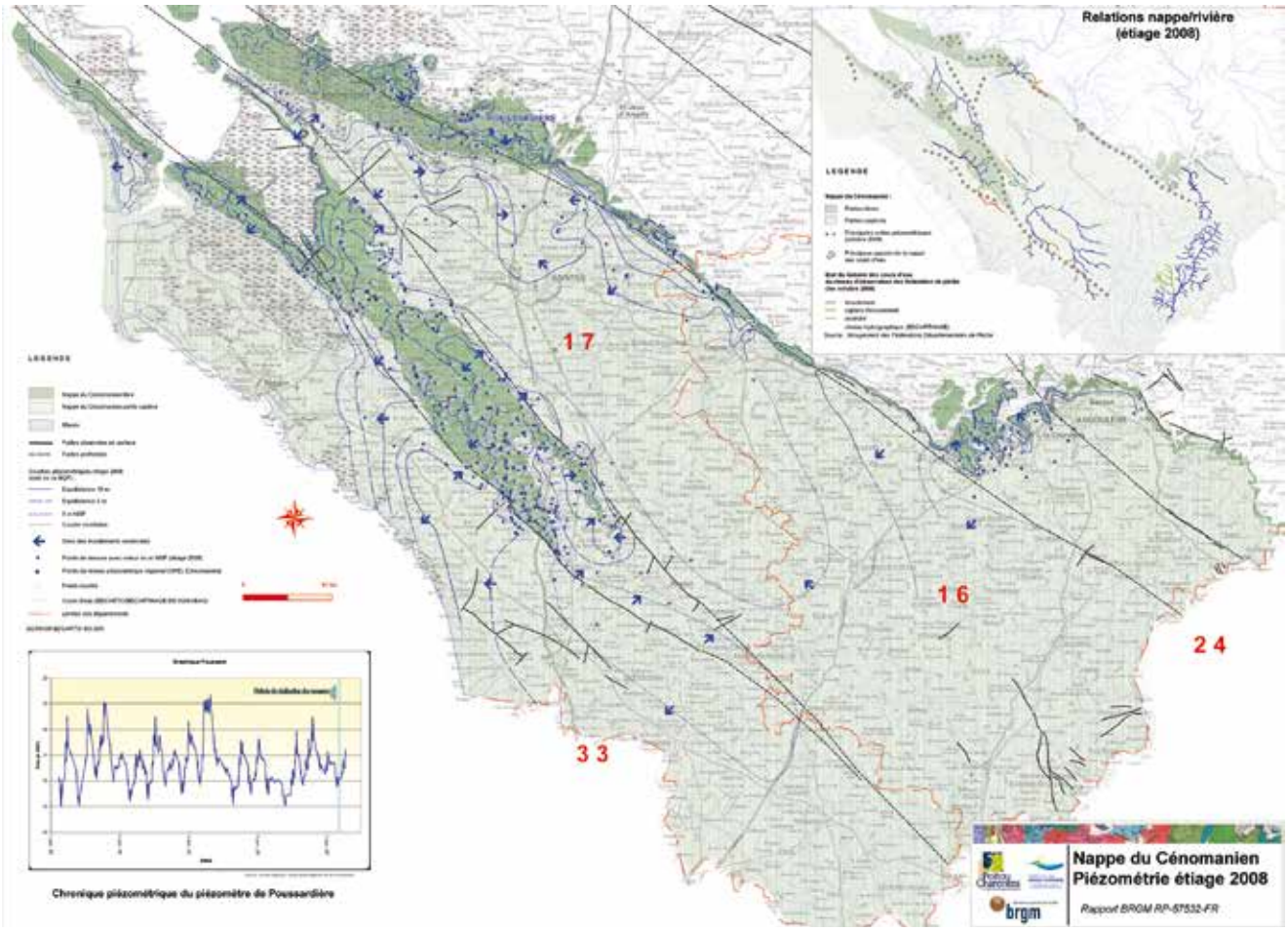
Contrairement aux eaux d'un cours d'eau, les eaux souterraines* présentent la particularité qu'elles ne se voient pas. Pourtant elles circulent dans le sous-sol entre les grains de la matrice rocheuse ou dans les fissures et conduits karstiques, à des vitesses plus ou moins grandes. Les puits, les forages, les sources permettent de donner une image de ces circulations. En effet, la mesure de la profondeur de l'eau dans un forage permet de cartographier des courbes piézométriques* le long desquelles le niveau de la nappe est à une égale altitude à une période donnée.

En Poitou-Charentes, le caractère cyclique annuel de la plupart des aquifères conduit à réaliser des cartographies en hautes eaux (mars-avril) et en basses eaux (septembre-octobre). Les cartes piézométriques des principaux aquifères ont ainsi été établies ces dernières années par le BRGM avec le soutien financier des Agences de l'eau, du Conseil Régional et de la DREAL. Ces cartes servent de référence.

© BRGM - POC

La profondeur de l'eau dans un forage se mesure à l'aide d'une sonde piézométrique, accrochée à un ruban métré, que l'on descend dans l'ouvrage. Lorsque la sonde atteint l'eau, un contact électrique se fait déclenchant une sonnerie et/ou un voyant lumineux. La lecture du ruban renseigne sur la profondeur de l'eau qui est ensuite ramenée à une cote topographique. Les mesures sont ensuite reportées sur des fonds géographiques, ce qui permet de dessiner des courbes d'égale valeur piézométrique ou isopièzes.

La carte piézométrique basses eaux (2008) de la nappe du Cénomanien en Sud-Charentes donne les écoulements souterrains et permet d'identifier les zones d'alimentation et les principales sorties d'eau de la nappe. Ce type de carte permet en particulier d'expliquer l'existence de zones humides ou à contrario certains assèchements cycliques de rivière. En ce qui concerne la nappe du Cénomanien, on identifie d'importantes sorties d'eau de la nappe vers la Seudre, aux environs de St-André-de-Lidon, vers la Seugne, au Sud de Pons, vers la Charente du coté d'Angoulême et vers les marais littoraux.



© BRGM - POC

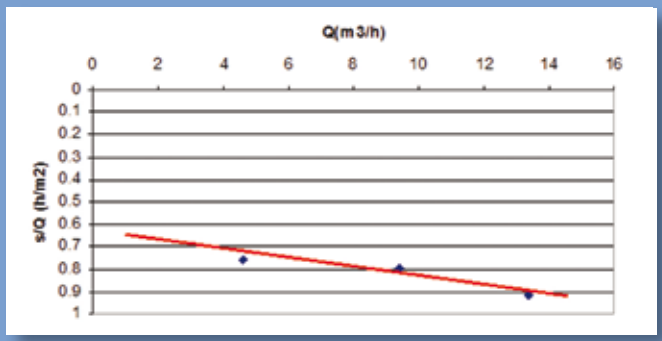
Les pompages d'essai : un moyen de connaître les caractéristiques du forage et de la nappe

© BRGM - Urbain de Cayeux

Photo d'un pompage d'essai.

Les pompages d'essai dans un forage permettent de connaître les paramètres caractérisant d'une part le forage, d'autre part l'aquifère. On distingue en effet :

- **le pompage par paliers** (ou essai de puits), comportant en règle générale au moins quatre paliers à débits croissants, qui conduit à la courbe caractéristique et au calcul des pertes de charges et du débit critique de l'ouvrage. le graphe s/Q=f(Q), où s est le rabattement* du niveau d'eau dans l'ouvrage et Q le débit prélevé, donne en effet les pertes de charge laminaires (B) et turbulents (C) dans le forage (soit dans le cas de ce graphe : s=066Q + 0.018Q²).

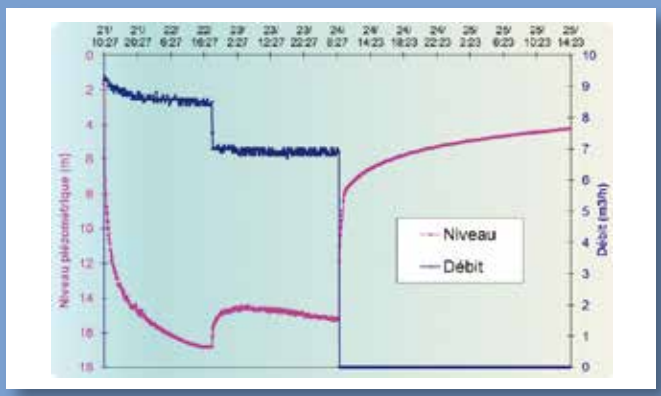


©BRGM-POC

Un forage où les pertes de charge quadratiques (écoulement turbulent) sont majoritaires présente, dans la plupart des cas, des défauts de réalisation.
Le débit critique correspond au débit au-delà duquel le rabattement s'accroît de manière exponentielle. C'est le débit maximal d'exploitation de l'ouvrage.

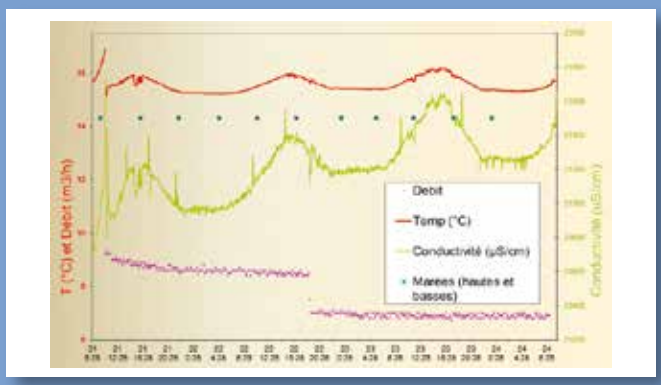
- **Le pompage longue durée** (ou essai de nappe), est fait à débit constant, en général au débit d'exploitation envisagé pour l'ouvrage, sur plusieurs jours, voire plusieurs semaines ou mois, de manière à tester la réaction de la nappe. Il permet de voir l'impact du pompage sur les forages alentours, les éventuels effets de limite (alimentation de la nappe par une rivière ou inversement limite imperméable de l'aquifère), et de calculer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère aux environs du forage. La transmissivité* T (découle de la perméabilité) est calculée à partir de l'analyse de l'évolution des niveaux, en général au cours de la remontée (après arrêt du pompage). Le calcul de l'emmagasinement* S nécessite de disposer d'un suivi des niveaux sur au moins un piézomètre* à proximité du forage pompé.

Au cours d'un pompage longue durée, on peut suivre l'évolution d'autres paramètres : température de l'eau, conductivité. Le graphe ci-dessous rend compte d'un pompage d'essai réalisé sur un forage à Marans (Marais Poitevin, 17) dans un contexte de zone humide* littorale. On y voit que l'évolution de la conductivité (correspondant ici à la salinité de la nappe) est impactée d'une part par les marées et d'autre part par le débit du pompage.



©BRGM-POC

Pompage longue durée : enregistrement de l'évolution des niveaux dans le forage en fonction du débit prélevé.

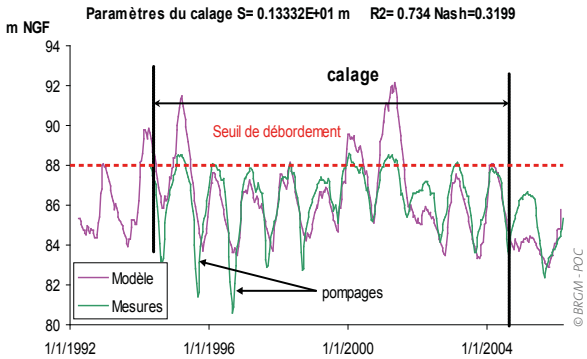


©BRGM-POC

Pompage longue durée : enregistrement de l'évolution de la conductivité et de la température.

Modéliser pour comprendre et prévoir

En hydrogéologie, les décisions quant à la gestion de la ressource doivent être prises en comprenant, voire en anticipant, le comportement de la nappe. En Poitou-Charentes, en particulier, l'exploitabilité d'une nappe est généralement indissociable des objectifs de débit en rivière. Les modèles mathématiques permettent de mieux comprendre la complexité des aquifères et de réaliser des prédictions en fonction d'un ou de plusieurs paramètres. Par exemple, en fonction des précipitations, on pourra prédire le niveau d'une nappe en un point et le débit d'un cours d'eau. Il existe plusieurs types d'outils, mais qui sont tous basés sur les mêmes approches méthodologiques, avec une phase de mise au point en rentrant les données, une phase de calage sur les observations de terrain que les modèles tentent de reproduire (chronique et carte piézométrique...), une phase d'utilisation à travers des simulations. Deux d'entre-eux ont plus précisément été utilisés en Poitou-Charentes à un niveau régional.



Le calage du modèle sur la chronique réelle permet de mettre en évidence les paramètres influençant les évolutions de niveaux ou de débits (pompage en nappe, débordement de nappe et contraste vertical de perméabilité, lâcher de barrage pour les rivières ....).

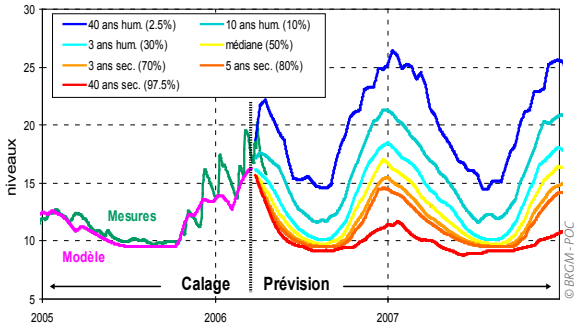
L'analyse des corrélations entre chroniques : TEMPO

La DREAL* a confié en 2005 au BRGM la réalisation d'une étude visant à mieux cerner les disponibilités en eaux souterraines en fonction d'objectifs de débits dans les cours d'eau en période d'étiage. Le logiciel TEMPO® a été utilisé et a permis d'établir des « fonctions de transfert » entre :

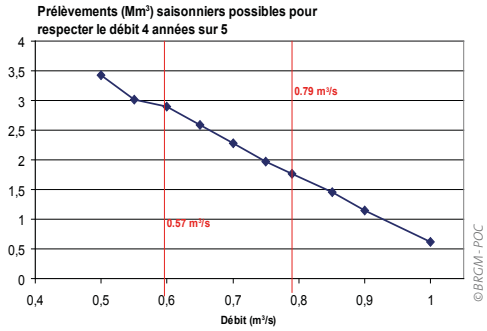
- **la pluie efficace*** (fraction de la pluie qui ruisselle vers le cours d'eau et s'infiltre vers la nappe) ;
- l'évolution du **niveau de la nappe** ;
- les fluctuations de **débit de la rivière**.

Une fois les modèles ajustés le logiciel TEMPO® permet de :

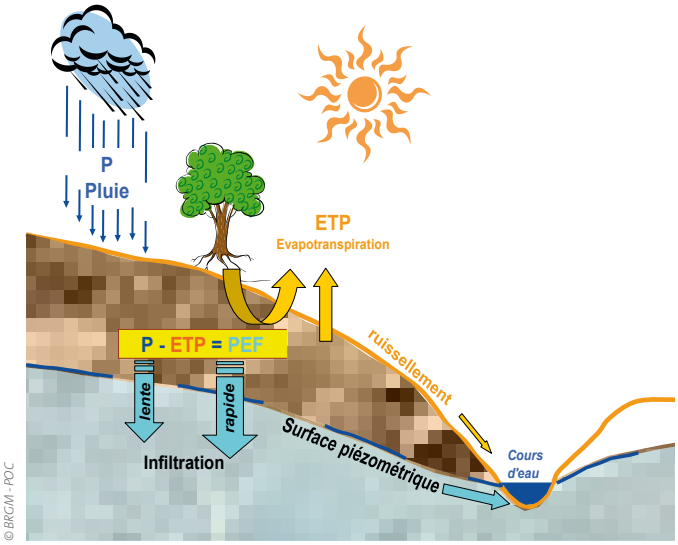
> reconstituer les évolutions « naturelles » du débit des rivières et du niveau des nappes en fonction d'hypothèses climatiques ;



> estimer des volumes disponibles sur l'ensemble du bassin versant en fonction des objectifs de débits de cours d'eau en année quinquennale sèche (4 années sur 5) ;

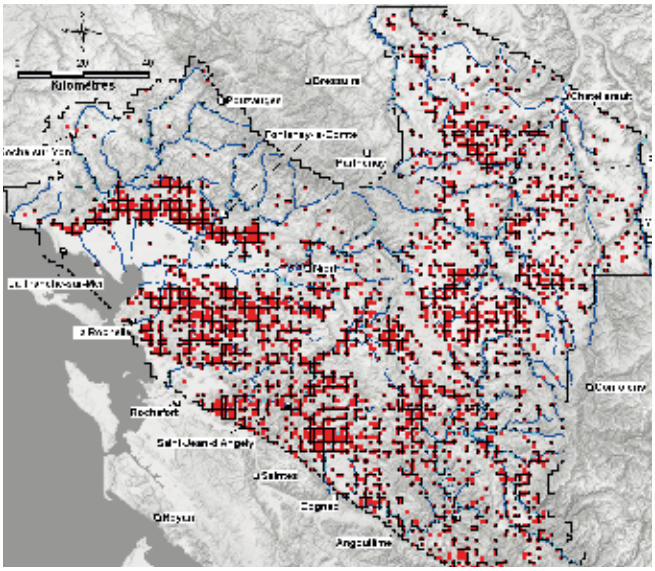


Les différentes chroniques de pluie, de niveau de nappe, de débit, disponibles au pas journalier depuis 1992, ont été utilisées dans l'étude TEMPO. Entre une chronique de pluie et une chronique de niveaux, ou entre une chronique de niveaux et une chronique de débit, des fonctions de passage de l'une à l'autre ont été établies. Ces fonctions peuvent s'ajouter créant des arborescences permettant de passer de la pluie au débit via plusieurs nappes par exemple.



Les modèles « maillés »

Les modèles du type TEMPO sont faciles et rapides à mettre en œuvre mais restent de type « boite noire ». Les simulations d'écoulements souterrains, basées sur la reconstitution du milieu physique, donnent des résultats plus intéressants mais présentent l'inconvénient d'une mise en œuvre beaucoup plus lourde, de par la quantité de données nécessaires à leur construction. Dans les premiers temps de l'hydrogéologie*, les hydrogéologues ont travaillé avec des maquettes hydrauliques ou électriques reconstituant à une échelle réduite les phénomènes à étudier. Ces outils sont aujourd'hui remplacés par des logiciels de simulation. Les caractéristiques des aquifères (épaisseur, profondeur, perméabilité*, emmagasinement*) et des relations de ces derniers avec les cours d'eau sont informatisées et traitées au sein d'un système maillé.



©BRGM-POC

Le modèle intègre les historiques des prélèvements, pour les rivières (point bleu) comme pour les nappes (point rouge).

Grâce à la collaboration du Conseil Régional, de la DREAL*, des deux Agences de l'eau* et du BRGM, la région Poitou-Charentes dispose de deux modèles régionaux, couplant nappes et rivières, couvrant une grande partie de la superficie du territoire. Le modèle des nappes du Jurassique déborde même largement en Vendée. Ces deux modèles utilisent le logiciel MARTHE développé par le BRGM.

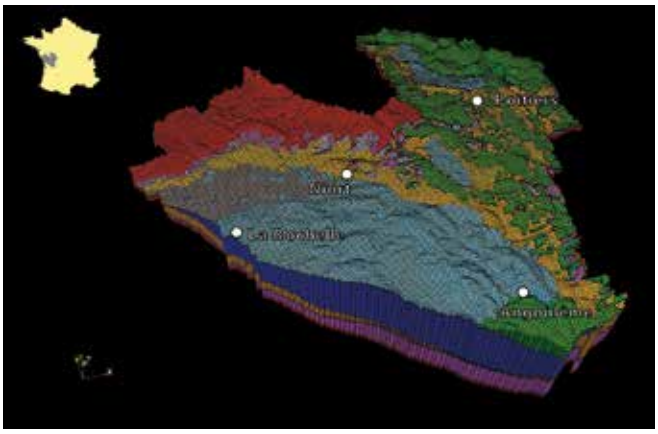
> Le modèle des nappes du Jurassique

Ce modèle reconstitue l'espace souterrain depuis le socle profond jusqu'à la surface et comporte huit couches. Il s'étend depuis Châtellerault au Nord jusqu'à Angoulême et La Rochelle au Sud, selon une maille géographique de 1 km de coté. Sa construction s'est appuyée sur plus de 1000 forages. C'est un des premiers modèles régionaux qui couple les nappes et les principales rivières avec plus de 3 000 km de linéaire introduits. La recharge a été calculée à partir des données de 11 stations météo. Il a été calé à un pas de temps mensuel, sur la période 2000-2007, sur les chroniques piézométriques. Le modèle permet aussi de faire des zoom locaux en travaillant avec des mailles plus petites et à pas de temps plus fins (par exemple pour le Marais Poitevin, mailles de 333 m de coté et pas de temps hebdomadaire).

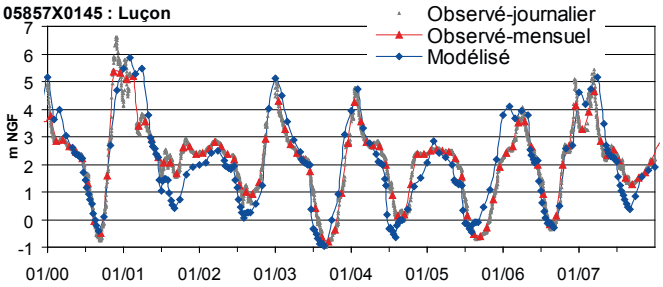
> Le modèle des nappes du Crétacé des Charentes

Prenant le relai au Sud du modèle des nappes du Jurassique, ce modèle reconstitue l'empilement sédimentaire depuis le Jurassique supérieur jusqu'à la surface, intégrant huit couches dans un maillage horizontal de 1 km de coté. Il concerne toute la partie sud des départements des charentes, depuis Angoulême jusqu'à Rochefort. Les principaux cours d'eau de ce territoire sont rentrés

La première étape
de la modélisation correspond à construction de la géométrie du modèle en analysant et interprétant les coupes géologiques des forages (ici plus de 1 000 pour le modèle du Jurassique).
Dans chaque maille de chaque couche, les profondeurs du toit et de la base de la couche sont rentrées. La surface « topographique » du modèle a été calculée à partir du modèle numérique de terrain de l'IGN.

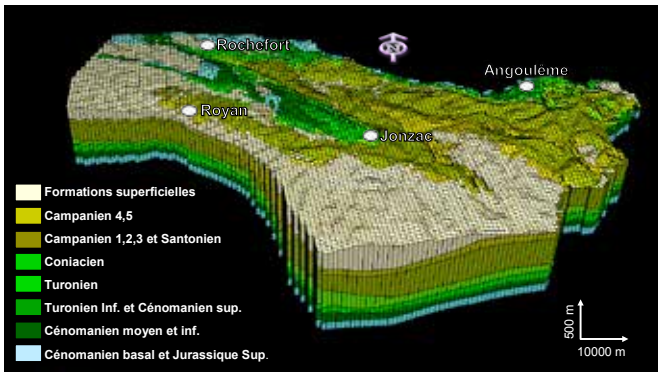


©BRGM-POC



La seconde étape
de la modélisation correspond à la phase de calage qui compare les résultats fournis par le modèle aux données de terrain. Le calage du modèle des nappes du Jurassique a été fait sur une centaine de chroniques piézométriques (ici graphes d'un piézomètre à Luçon, Nord du Marais Poitevin – 85). En préalable, cela suppose dans chaque maille la saisie des prélèvements, des paramètres hydrodynamiques (perméabilité, emmagasinement*), et, pour les mailles de surface, de la pluie efficace et des paramètres des rivières si il y a lieu.*

Bloc-diagramme du modèle des nappes du Crétacé des Charentes



© BRGM - POC

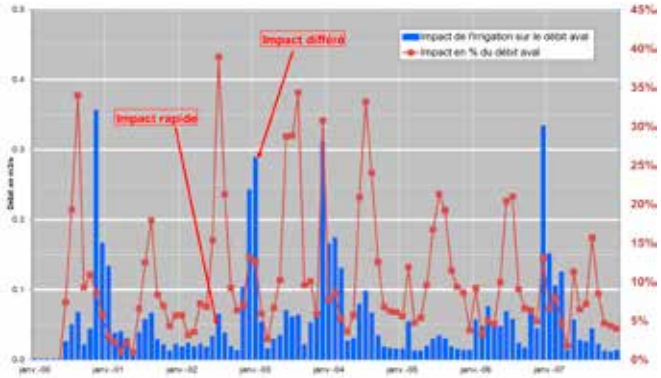
dans ce modèle. La construction de la géométrie du modèle est basée sur l'analyse de plus de 400 forages et sur des profils sismiques des pétroliers. Le modèle hydrodynamique a été calé au pas de temps mensuel sur 2000-2008.

> *A quoi ça sert ? Quelques exemples*

- Le zoom du modèle du Jurassique sur le marais a permis de calculer les volumes disponibles pour l'irrigation afin de respecter les objectifs fixés sur des piézomètres de référence dans le SDAGE* Loire-Bretagne (7 C4). Ces chiffres ont servi à guider les politiques d'économie d'eau, et notamment à calibrer les solutions de substitution.

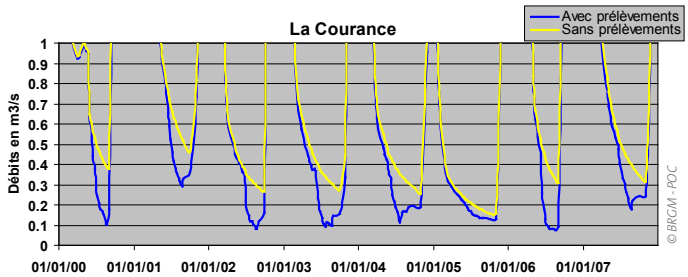
- Le modèle des nappes du Jurassique donne l'impact des prélèvements, en particulier agricoles, sur les débits moyens mensuels des rivières pour la période 2000-2007. Toutes les rivières couvertes par l'extension géographique du modèle sont concernées. Ainsi, l'impact des prélèvements en nappes pour l'irrigation peut être chiffré à environ 1/4 du débit d'étiage du Clain à Poitiers (soit une « perte » de 500 l/s) et de l'ordre de la moitié (1 m³/s) du débit de la Boutonne à l'aval.

Débits moyens mensuels



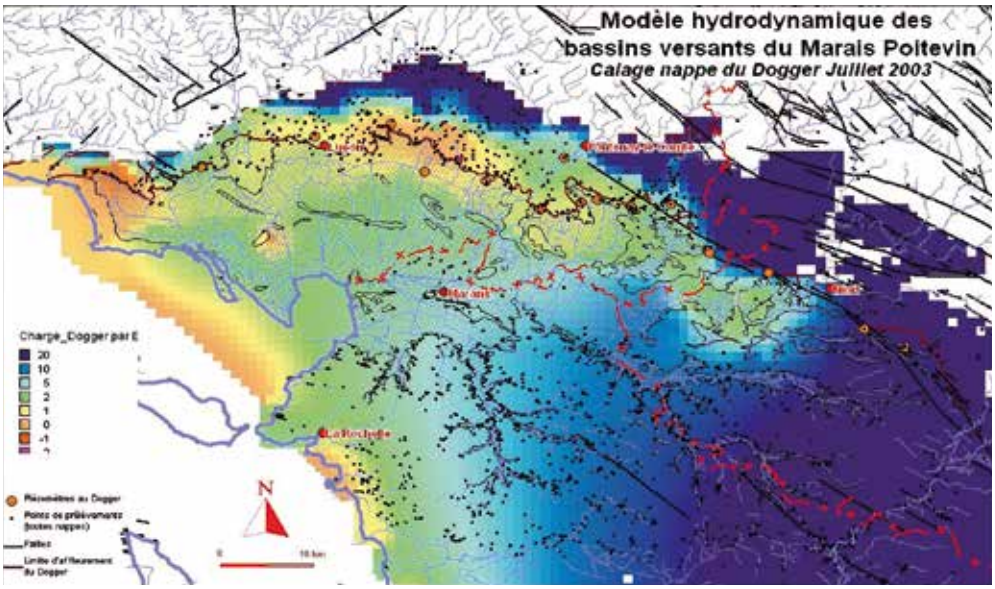
© BRGM - POC

L'impact des prélèvements peut être rapide (prélèvements en rivière ou dans un forage proche de la rivière) ou différé du fait de l'inertie de l'hydrosystème (transferts lents par la nappe). Le modèle permet de mesurer cette inertie ce qui contribue à orienter la gestion des bassins versants : développement de l'irrigation de printemps ou l'inverse, modification des pratiques agricoles, mise en place de programmes de retenues adaptés...*



© BRGM - POC

Parallèlement à l'impact des prélèvements, le modèle permet de reconstituer les débits « naturels » des cours d'eau comme ici sur la Courance sur une station fictive placée à l'aval du bassin.



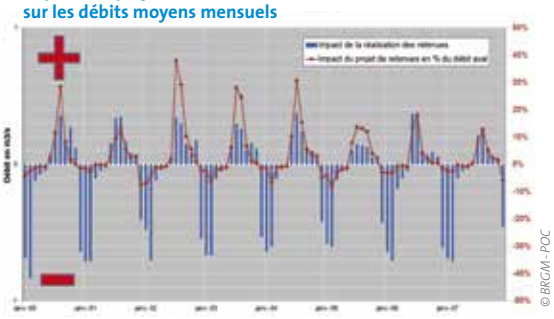
© BRGM - POC

Les prélèvements* agricoles
(points noirs sur la carte = forages) autour du Marais Poitevin sont responsables de la création en été de vastes dépressions dans les nappes du Jurassique. La carte présente l'état piézométrique restitué par le modèle pour la nappe du Dogger et pour le mois de juillet 2003 (année sèche). On y voit deux dépressions piézométriques avec des niveaux moyens de nappe qui sont plus bas que le niveau de la mer : entre Fontenay et Luçon d'une part, entre Longeville et la côte d'autre part. Les objectifs piézométriques inscrits dans le SDAGE visent à limiter cet impact en accord avec la préservation des milieux humides.*

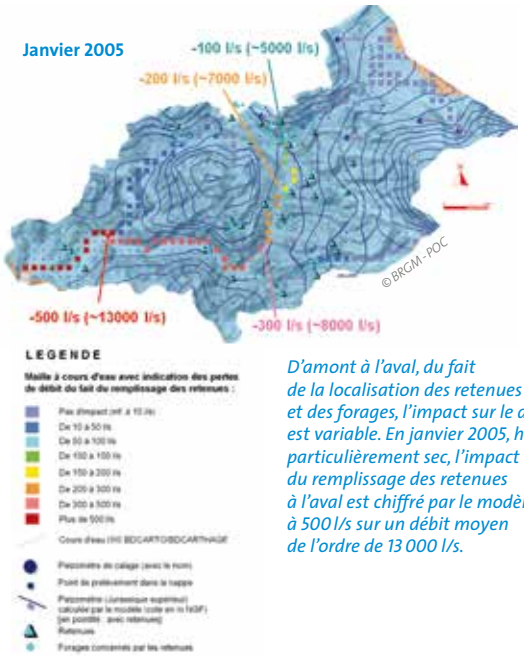
- Le modèle des nappes du Jurassique a été utilisé pour tester l'impact des projets de retenues de substitution remplies avec des forages durant l'hiver sur les bassins de la Boutonne, Mignon-Courance, Sèvre-Niortaise, Autize, Curé, Lay Vendée. Le modèle permet d'évaluer l'impact global sur le débit du cours d'eau et sur le niveau de la nappe, négatif l'hiver en période de remplissage, positif l'été du fait des substitutions de prélèvements. C'est en effet le seul moyen d'évaluer cet impact dans le cadre de projets qui envisagent la mise en place de plusieurs retenues avec le stockage de plusieurs millions de mètres cube.

- Le modèle a aussi été utilisé pour voir l'impact du changement climatique sur les niveaux de nappe et les débits des rivières, l'impact de la remontée du niveau marin suite au réchauffement, ainsi que pour quantifier les apports d'azote au littoral ou pour cartographier les zones humides.

Impact des projets de retenues de la Boutonne sur les débits moyens mensuels



Sur le bassin de la Boutonne, le projet testé correspondait à un stockage hivernal de l'ordre de 6,5 Mm³ d'eau dans 27 retenues réparties sur la Boutonne moyenne (en 17). Le gain réalisé par substitution des prélèvements estivaux serait de l'ordre de 300 l/s sur le débit aval de la Boutonne, ce qui est significatif par rapport au 1 m³/s observé en moyenne actuellement en année sèche.

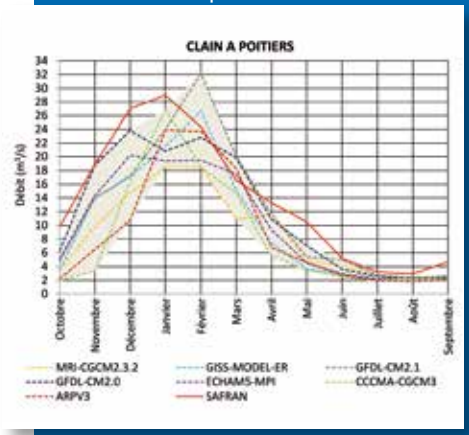


D'amont à l'aval, du fait de la localisation des retenues et des forages, l'impact sur le débit est variable. En janvier 2005, hiver particulièrement sec, l'impact du remplissage des retenues à l'aval est chiffré par le modèle à 500 l/s sur un débit moyen de l'ordre de 13 000 l/s.

Résultats issus du modèle : cartographie des sorties d'eau (zones humides) en mars 2003.

Les impacts du changement climatique

Le modèle des nappes du Jurassique a été utilisé pour tester divers scénarios de changement climatique donnés par différents modèles nationaux (travaux du GIEC). Malgré des résultats parfois assez différents, ces scénarios convergent pour décrire une situation d'étiage encore plus critique qu'actuellement, à l'horizon 2046-2065, en nappe comme en rivière. Mais la situation devrait être assez différente selon les bassins versants. Sur les bassins à forte inertie, en Nord Vienne et Deux-Sèvres (Dive, Pallu...), les débits des rivières devraient se trouver fortement impactés en hiver comme en été. Sur la partie médiane de la région (bassins du Clain, de la Sèvre-Niortaise, de la Charente amont), on peut s'attendre à des débits d'étiage plus sévères mais peut-être aussi à des débits de crues plus importants. Au niveau du Nord du Marais Poitevin, ce qui est à craindre surtout ce sont des niveaux de nappe plus bas en hiver et surtout au printemps, ce qui réduirait les apports à la zone humide*. Enfin, sur les bassins à faible inertie (Curé, Mignon, Boutonne moyenne, Antenne, Aume-Couture...) la situation serait assez peu différente de l'actuelle , mises à part certaines années qui verraient des étiages très sévères et des crues importantes.



Débit du Clain à Poitiers au cours des années 2046-2065 selon les différents scénarios testés (en rouge : courbe de référence actuelle).

L'exploitation de la ressource en eau

LES EAUX SOUTERRAINES PRÉLEVÉES SERVENT À DE NOMBREUX USAGES, DEPUIS L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE JUSQU'AU CHAUFFAGE DES HABITATIONS

Les usages de l'eau

Chaque année, en moyenne près de 350 M m³ d'eau sont prélevés dans le milieu naturel en Poitou-Charentes pour satisfaire les besoins en eau d'une population de plus de 1.7 millions d'habitants (mais qui dépasse les deux millions en période estivale du fait surtout du littoral). Les eaux souterraines représentent autour des 3/4 de cette production.

Les usages de cette eau se partagent essentiellement entre eau potable et agriculture. Les prélèvements pour l'eau potable s'élevaient à 143 M m³ en 2010, dont les 3/4 prélevés en eaux souterraines. Au total, 404 (chiffre 2010) ouvrages contribuent à cette production, dont 10 seulement captent des eaux superficielles. Les eaux souterraines dans leur grande majorité, comme les eaux superficielles, sont très vulnérables et ces dernières décennies plus de 400 captages* ont été abandonnés, la plupart pour des raisons de qualité.

Une part non-négligeable des eaux prélevées pour la consommation humaine se « perd » le long des réseaux de distribution. On estime que 80 % est un rendement satisfaisant. Afin d'améliorer ces rendements, le décret du 27/01/2012 demande aux collectivités de réaliser un descriptif détaillé des réseaux ainsi qu'un plan d'actions pour la réduction des pertes. Toutefois, en terme de prospective, même si des efforts sont faits en matière de pertes du réseau de distribution ou en matière d'économie d'eau, ceux-ci ne devraient pas suffire pour faire diminuer les besoins futurs.

© BRGM - POC

En volume global l'eau potable est le second usage de l'eau en Poitou-Charentes, mais en ce qui concerne les eaux souterraines les prélèvements annuels sont à peu près équivalents entre eau potable et agriculture. Toutefois, les premiers sont concentrés sur un nombre limité de captages et sont répartis tout au long de l'année. Ici captage de Font Bouillan, La Clotte (17).

L'agriculture est le premier utilisateur d'eau en Poitou-Charentes avec environ 60 % des prélèvements*, mais répartis sur six mois de l'année. Le département de la Charente-Maritime est le premier utilisateur de cette eau avec de l'ordre du tiers de la production et celui des Deux-Sèvres le moins consommateur avec autour de 10 %. Sur les 173 M m³ recensés en 2010, plus des 2/3 sont prélevés en nappe. Cette consommation d'eau est très dépendante des conditions climatiques et donc très fluctuante d'une année sur l'autre. Ces dernières années, du fait d'une sensibilisation importante et de contraintes imposées par l'Etat et les collectivités (diminution des volumes autorisés notamment), ces prélèvements sont en baisse.

Les autres usages de l'eau sont marginaux en Poitou-Charentes : l'industrie ne représente qu'une dizaine de M m³, les prélèvements domestiques, bien que difficilement comptabilisables, sont nombreux en terme de points de captage mais faibles en terme de débit prélevé. Il en est de même de la géothermie, bien qu'en croissance, du thermalisme, de la mise en bouteille. A noter que la production d'électricité, le stockage et les lâchers des barrages pour le soutien d'étiage en particulier, la réalimentation artificielle des marais littoraux, qui constituent aussi des usages de l'eau, ne sont pas comptabilisés dans cette approche.

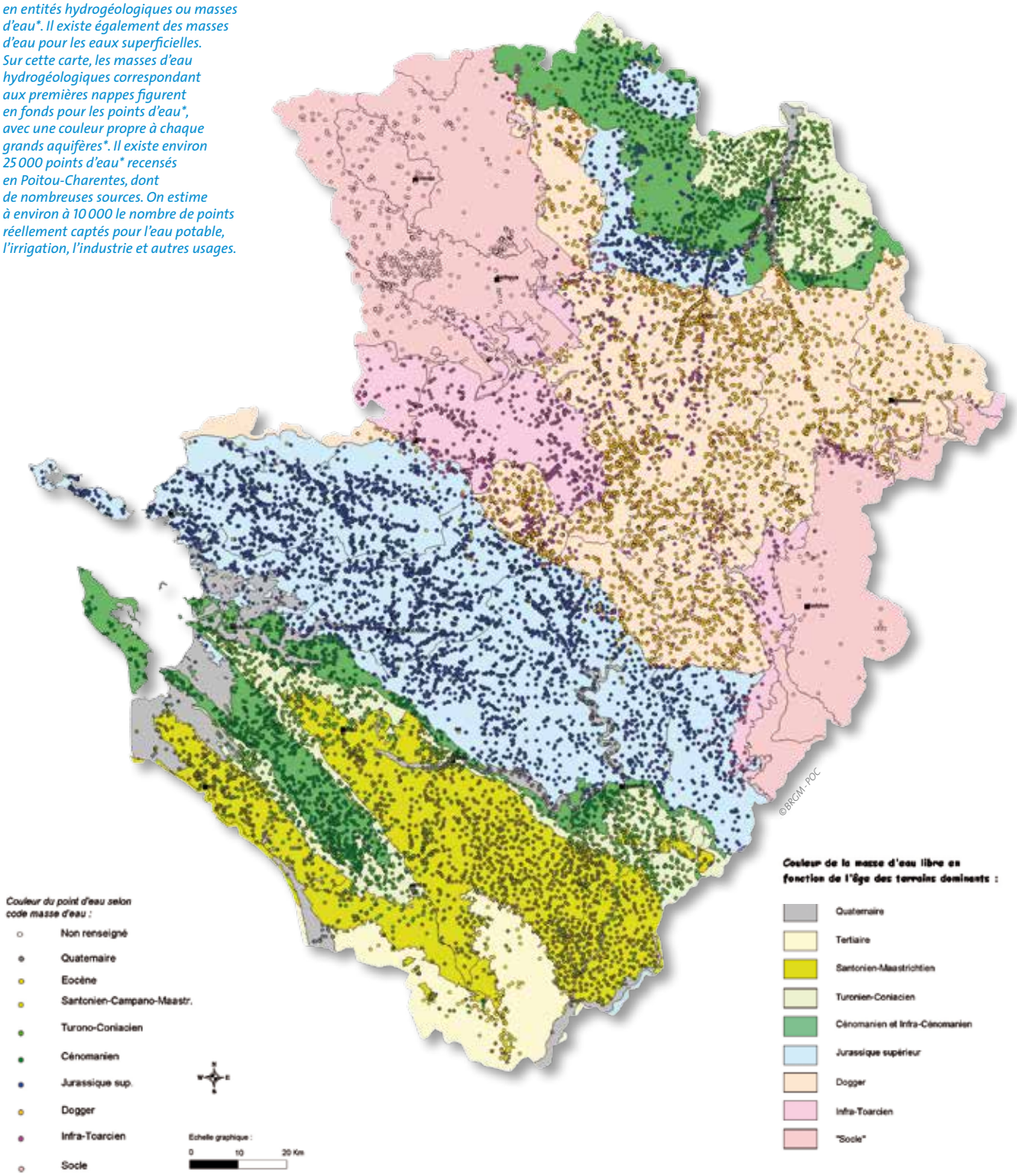
En matière de prélèvements, les autres usages que l'eau potable et l'irrigation sont marginaux et n'ont pas été considérés dans ce tableau. Pour l'eau potable, le prorata volume/population est pour Poitou-Chatentes autour de la moyenne nationale (87 m³/hab pour 89 au niveau national).

Usages	Volumes prélevés en Mm3 (chiffres 2010/2011)								Total
	Charente		Charente-Maritime		Deux-Sèvres		Vienne		
	Nappe	Eau surface	Nappe	Eau surface	Nappe	Eau surface	Nappe	Eau surface	
Eau potable	26	2	32	17	21	12	27	6	143
Agricole	19	23	63		13	7	39	9	173
Total	70		112		53		81		316

Sources des données : AEAG, AELB, DDT, DREAL, ARS

Carte des masses d'eau et des ouvrages

Pour répondre à la mise en œuvre de la DCE, le territoire est découpé en entités hydrogéologiques ou masses d'eau*. Il existe également des masses d'eau pour les eaux superficielles. Sur cette carte, les masses d'eau hydrogéologiques correspondant aux premières nappes figurent en fonds pour les points d'eau*, avec une couleur propre à chaque grands aquifères*. Il existe environ 25 000 points d'eau* recensés en Poitou-Charentes, dont de nombreuses sources. On estime à environ à 10 000 le nombre de points réellement captés pour l'eau potable, l'irrigation, l'industrie et autres usages.*



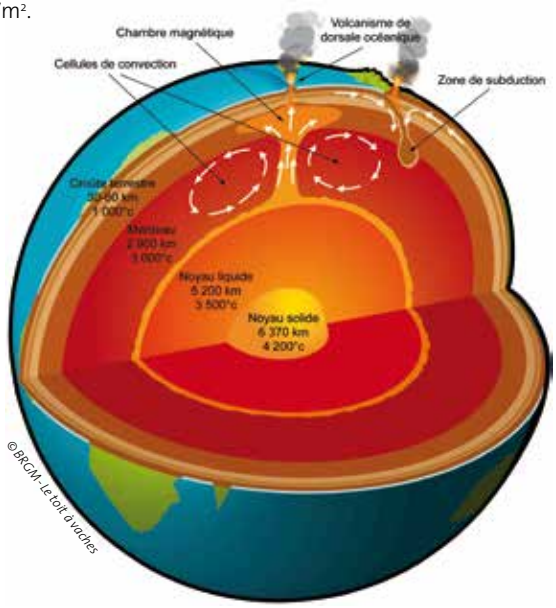
Les eaux sources de chaleur

La géothermie constitue une autre application des eaux souterraines. Du grec gêo (terre) et thermos (chaud), la géothermie consiste à exploiter la chaleur stockée dans le sous-sol de notre planète. Le potentiel de cette énergie est considérable : 1 km² de roche, sur une profondeur de 10 km, renferme en moyenne une quantité d'énergie équivalant à 15 millions de TEP (Tonnes Equivalent Pétrole). L'utilisation de la chaleur de la terre pour le chauffage, la climatisation ou la production d'électricité, offre beaucoup d'avantages. Cette chaleur peut être exploitée partout, elle est locale (consommation sur place), régulière (pas tributaire de conditions climatiques comme le solaire ou l'éolien), économique, et la région Poitou-Charentes ne manque pas de potentialités dans ce domaine. L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé « gradient géothermal ». Il est en moyenne, sur la planète, de 3,3° C par 100 m de profondeur, ce qui est le cas en Poitou-Charentes. Le flux d'énergie thermique à l'origine de ce gradient est de l'ordre de 60 mW/m².

La géothermie a donné naissance à deux grandes filières : la production de chaleur par la très basse, la basse et la moyenne température du sol (géothermie de très basse et basse énergie) et la production d'électricité par la haute température du sol (géothermie profonde).

Les nappes souterraines peu profondes

Les nappes souterraines peu profondes (de quelques dizaines à quelques centaines de mètres) présentent des températures qui varient de 12 à 60 °C selon la profondeur. La ressource peut servir pour des utilisations de chauffage et d'eau chaude sanitaire en ajoutant en surface une pompe à chaleur (PAC) qui permet de transférer de l'énergie d'un niveau à basse température vers un niveau à température élevée. Lorsqu'il n'y a pas d'eau dans le sous-sol, on peut encore exploiter la chaleur diffuse en implantant dans la terre, verticalement ou horizontalement, des capteurs chargés d'un fluide caloporteur.



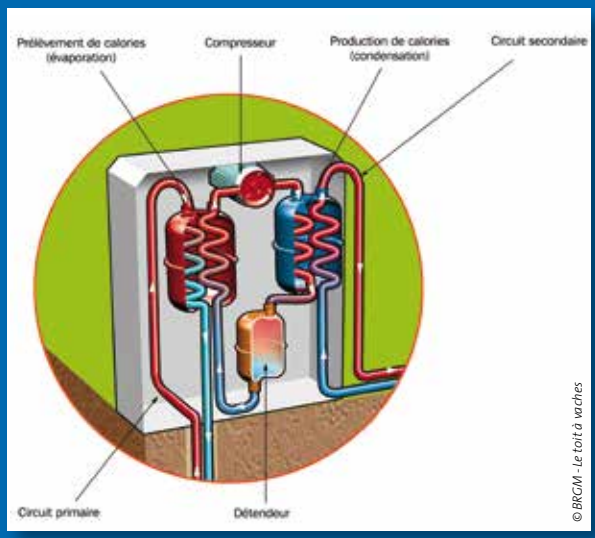
© BRGM - Le toit à vaches

Qu'est ce qu'une PAC ?

Une PAC permet de transférer de l'énergie d'une source à basse température vers une source à température plus élevée. Elle utilise un fluide frigorigène (qui change de phase à des basses températures). Ce fluide récupère les calories de la source « froide » en s'évaporant, est compressé puis, en se comprimant, transfère les calories à la source « chaude » (l'eau circulant dans les radiateurs).
La performance d'une PAC se mesure par le COP. Le fonctionnement de toute PAC nécessite de l'électricité, Le COefficient de Performance (COP) traduit le rendement du transfert de chaleur.

$$COP = \frac{\text{(Energie produite kW thermique)}}{\text{(Energie nécessaire kW électrique)}}$$

Plus le COP est grand, plus l'électricité est valorisée en chaleur. Pour les machines les plus récentes, il peut être élevé et atteindre 5.



© BRGM - Le toit à vaches

Une partie de la chaleur de la Terre est une relique de sa formation, il y a 4,55 milliards d'années. En son centre, dans le noyau, une énergie considérable s'est accumulée. Les températures y frisent les 4 200 °C. Le manteau de roche en fusion qui l'entoure est lui aussi très chaud avec des températures de 1000 à 3 000 °C. Toute cette chaleur, qui provient du refroidissement du noyau, remonte difficilement à la surface car les roches intermédiaires de l'écorce terrestre sont de très mauvais conducteurs. L'essentiel de cette énergie arrive jusqu'à nous par conduction. L'essentiel de la chaleur dégagée par notre globe n'a cependant pas pour principal responsable le refroidissement de son noyau, mais la désintégration des éléments radioactifs présents dans les roches : uranium, thorium, potassium... 90 % de l'énergie dissipée en surface provient de ce mécanisme.
Cette énergie varie selon :
- *la composition chimique des roches, elle est ainsi environ trois fois plus élevée pour les granites que pour les basaltes ;*
- *l'âge des roches : les gradients géothermiques sont plus élevés dans les plates-formes jeunes, comme en France, que dans les socles anciens, comme en Scandinavie.*

En Poitou-Charentes, il est possible d'installer presque partout des pompes à chaleur exploitant la chaleur des nappes de faible profondeur. Mises à part les zones de socle dans lesquelles des nappes ne sont pas toujours présentes, les formations des bassins sédimentaires renferment des nappes pouvant donner des débits plus ou moins importants. Ces aquifères se trouvent toutefois à des profondeurs différentes allant de la surface à plusieurs centaines de mètres. De nombreuses installations ont été réalisées par des particuliers, des agriculteurs (serres), des industriels et des collectivités.

A des profondeurs un peu plus importantes

A des profondeurs un peu plus importantes (de 500 à 2 000 m) on trouve des nappes d'eau à des températures situées entre 40 et 90 °C. Ces nappes peuvent être utilisées pour chauffer des bâtiments collectifs directement via des réseaux de chaleur, sans nécessiter une PAC.

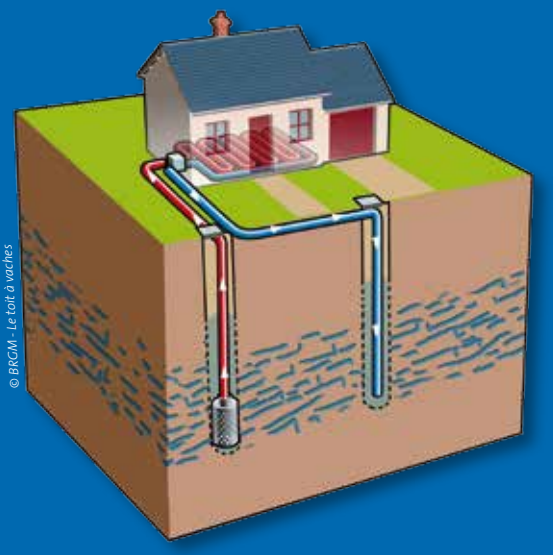
En Poitou-Charentes, pour capter des eaux profondes chaudes, il existe des potentialités uniquement dans les parties les plus profondes des bassins sédimentaires. Les aquifères du Jurassique inférieur (Infra-Toarcien) et moyen (Dogger), voire du Trias, peuvent être exploités à cette fin. Ils renferment des eaux chaudes, fortement minéralisées, dont la température correspond au gradient géothermique moyen (3,3 °C pour 100 m de profondeur). Le lent renouvellement de ces eaux (les datations donnent en général plusieurs dizaines de milliers d'années) entraîne leur enrichissement en sulfates, chlorures, sodium, potassium… Plusieurs forages à vocation géothermique ont été réalisés dans ces nappes à La Rochelle, Ile-de-Ré, Jonzac, St-Jean-d'Angély…

La géothermie profonde

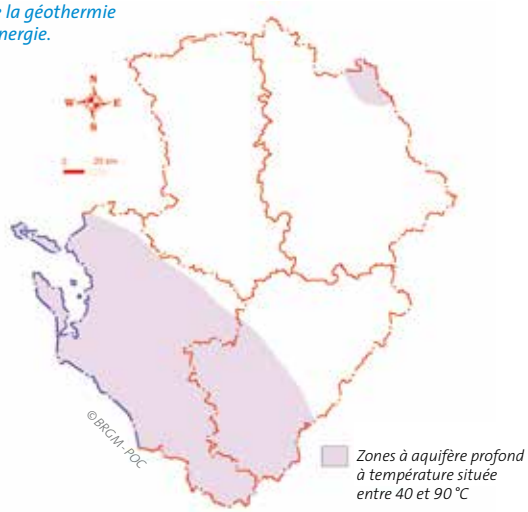
Il existe en Alsace, à Soultz-sous-Forêts, un programme européen pilote initié en 2000 qui vise à extraire la chaleur des granites profonds pour la transformer en électricité. Trois forages profonds de 5 000 m ont été réalisés, un puits d'injection et deux puits de récupération. Ce dispositif fait circuler l'eau injectée dans le granite fracturé pour la réchauffer. En Poitou-Charentes, le sous-sol peut-être favorable à ce type d'installation. Il dispose, comme en Alsace, d'un socle fracturé pour permettre à grande profondeur la circulation de l'eau injectée. Les forages profonds (jusqu'à 1000 m) réalisés par l'ANDRA dans le Civraisien ont montré l'existence d'un socle fracturé en profondeur. Mais pour l'instant ce type de projet pilote reste du domaine de la recherche.

Le doublet géothermal pour préserver la ressource

Si les nappes d'eau souterraines sont presque partout présentes en Poitou-Charentes, l'usage de la ressource est toutefois limité. La réinjection de l'eau dans la nappe est donc OBLIGATOIRE après utilisation de la chaleur. Mais cette opération doit respecter certaines règles, notamment de distance entre les deux forages. En effet, les eaux rejetées peuvent refroidir le réservoir.



Zone à forte probabilité de présence d'une nappe pour de la géothermie basse énergie.



Le potentiel géothermique de la Charente-Maritime

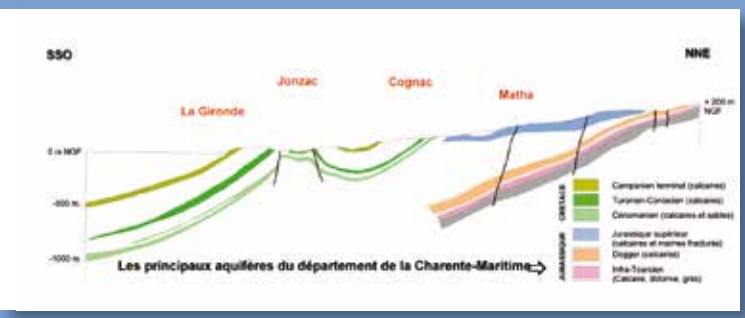
La Charente-Maritime dispose pratiquement partout d'eaux souterraines situées à différentes profondeurs qui peuvent être exploitées pour la production de chauffage ou d'électricité : c'est la géothermie. Le Conseil Général de la Charente-Maritime et le BRGM se sont associés pour faire l'inventaire des ressources géothermiques du département. L'objectif de cette collaboration était de fournir des outils pour la réalisation de projets géothermiques aux décideurs (élus, collectivités et services de l'Etat) et aux acteurs de la filière (maîtres d'œuvre, bureaux d'études, installateurs...). Il en découle notamment une synthèse et une cartographie que l'on peut découvrir sur le site : *http://www.geothermie-perspectives.fr/*

Situé au Nord du Bassin aquitain, le département de la Charente-Maritime dispose de ressources en eaux souterraines importantes. On recense six grands aquifères* principaux :

- **Les aquifères du Jurassique inférieur et moyen**
  Présents partout en profondeur, ils sont difficilement alimentés et ne peuvent fournir que des débits modérés, au mieux de l'ordre de 20 m³/h pour une exploitation « raisonnable », comme par exemple le forage géothermique de La Rochelle.

- **L'aquifère superficiel du Jurassique supérieur**
  Pour la partie nord du département, il constitue un potentiel géothermique important mais de températures très basses (12-15 °C). Il est peu profond donc les coûts d'un projet géothermique sont faibles.

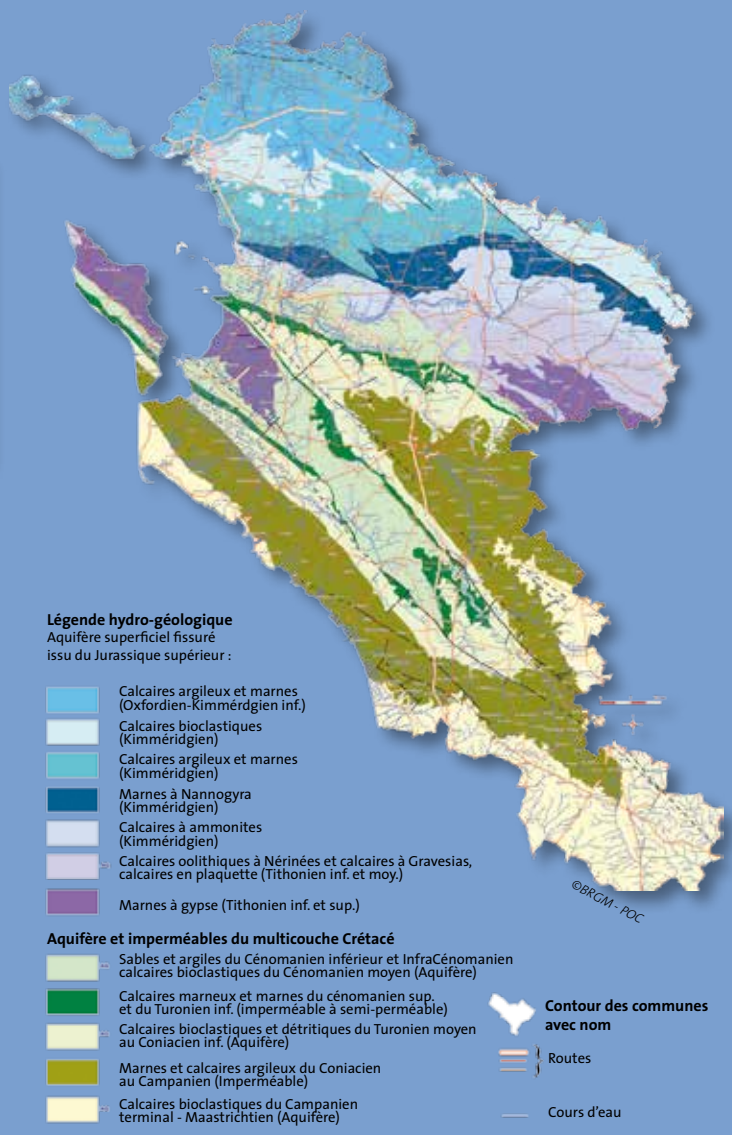
- **Les trois aquifères du Crétacé supérieur**
  Pour la partie sud du département, les nappes du Campanien, du Turonien-Coniacien et du Cénomanien sont des cibles géothermiques intéressantes.



© BRGM - POC

Le département dispose d'un inventaire de son potentiel géothermique réalisé en partenariat entre le BRGM et le Conseil Général. Afin de les aider dans leur décision, les décideurs disposent :

- Un atlas de 16 planches cartographiques A1. Chaque aquifère fait l'objet de trois cartes : profondeur, débit possible et exploitation, température et qualité des eaux.
- Un outil cartographique interactif qui permet de donner, au droit de chaque point du département, les caractéristiques des aquifères rencontrés et une évaluation du coût d'un projet. Mais ces évaluations restent des ordres de grandeur destinés à orienter les choix et s'adressent à des projets collectifs (lotissements, locaux publics...), basés sur l'utilisation de Pompe A Chaleur (PAC) sur nappe ou sur échangeur thermique pour les nappes les plus profondes.
- Une notice explicative qui accompagne l'outil cartographique, le tout étant accessible sur internet.
- Plusieurs documents d'information : panneaux, plaquette, brochure.



©BRGM - POC

Les eaux sources de santé

Le thermalisme est souvent associé à la géothermie car les sources d'eau chaude, qui remontent des profondeurs de la Terre, ont dans un premier temps servi à des bains thermaux. Actuellement, le thermalisme consiste en l'exploitation des eaux souterraines pour leurs propriétés médicales, qui sont fonction de leurs spécificités physico-chimiques.

En Poitou-Charentes, le thermalisme a un riche passé, comme en témoignent les thermes gallo-romaines de Chassenon (16) et de Sanxay (86). Actuellement, il repose sur quatre stations : La Roche-Posay en Vienne, Saujon, Rochefort et Jonzac en Charente-Maritime. Les deux premières exploitent des eaux « froides » peu profondes (températures inférieures à 20 °C) et les deux dernières utilisent des eaux chaudes profondes.

Située dans une vallée touristique, la station de **La Roche-Posay** accueille annuellement plus de 8 000 curistes. Elle exploite la nappe du Turonien sub-affleurante, très minéralisée en sélénium, ce qui fait la spécificité de la station. Les eaux sortent à 13 °C. Les indications thérapeutiques sont orientées vers la dermatologie et les affections des muqueuses bucco-linguales.

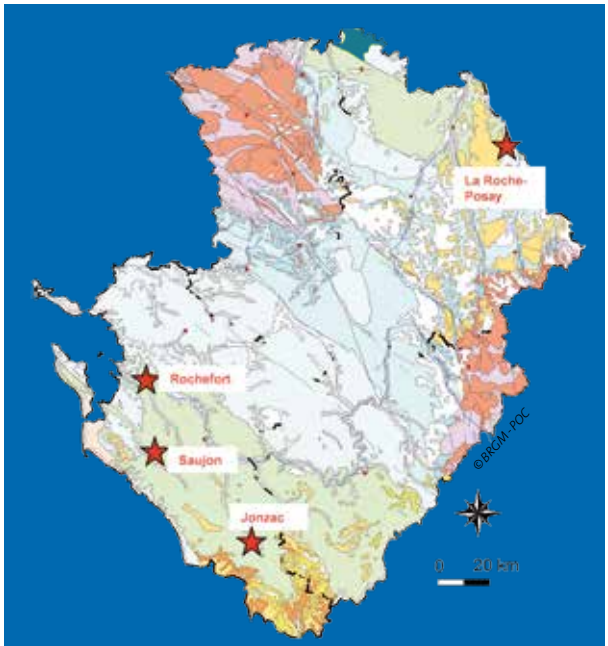
La station de **Saujon** exploite les eaux bicarbonatées calciques, chlorurées sodiques, de 13 à 17 °C, de la nappe du Cénomanien (Crétacé supérieur). Ces eaux thermales oligo-métalliques « froides » sont plus particulièrement recommandées pour les affections psychosomatiques.

A **Rochefort**, deux forages extraient des eaux qui remontent de plus de 800 m de profondeur, de la nappe du Lias (Jurassique inférieur). C'est une eau à 42 °C, sulfatée, chlorurée sodique, riche en oligoéléments (fer, arsenic, bore, cuivre), indiquée pour la rhumatologie, la phlébologie et la dermatologie.

A **Jonzac**, des forages profonds (plus de 1800 m) captent les eaux à 62 °C, sulfatées et chlorurées sodiques, du Trias et du Lias. La station thermale s'accompagne d'un parc aquatique et ludique. Ces eaux profondes sont difficilement renouvelées, et leur long séjour au sein de la roche (plusieurs dizaines de milliers d'années) les rend très minéralisées. Elles sont indiquées pour la rhumatologie, les voies respiratoires et la sphère ORL.

©BRGM - POC

Les sources ont toujours fasciné et on leur prête souvent des vertus miraculeuses, comme ici la source de Sompt (79).



©BRGM-POC

Un poids économique non négligeable

Les quatre stations thermales drainent annuellement environ 50 000 touristes et représentent 400 emplois directs et 4 000 emplois induits.
La Roche-Posay est largement connue en France par les produits qui lui sont associés. Grâce au thermalisme, cette petite ville a connu un essor de population, ce qui contraste avec le dépeuplement des zones rurales alentours.
Sur les quinze dernières années, le Poitou-Charentes a vu le nombre de ses curistes augmenter de l'ordre de 50 % alors que la fréquentation nationale diminuait d'environ 15 %. Cette évolution, liée à des efforts dans la diversification de l'offre, avec de nouveaux produits de remise en forme ou de thermo-ludisme, est encourageante. Les atouts touristiques de la région favorisent aussi ce développement.

Les eaux souterraines sont-elles bien exploitées ?

Abondante en hiver mais rare en été, d'un point de vue quantitatif la disponibilité de la ressource en eau souterraines est fonction des caractéristiques des nappes, du climat et des saisons ; ce qui implique une gestion rigoureuse pour limiter les conflits d'usage.

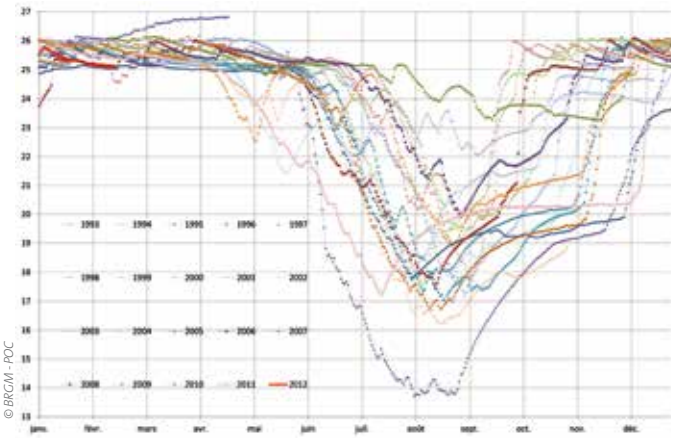
Des pluies abondantes en hiver

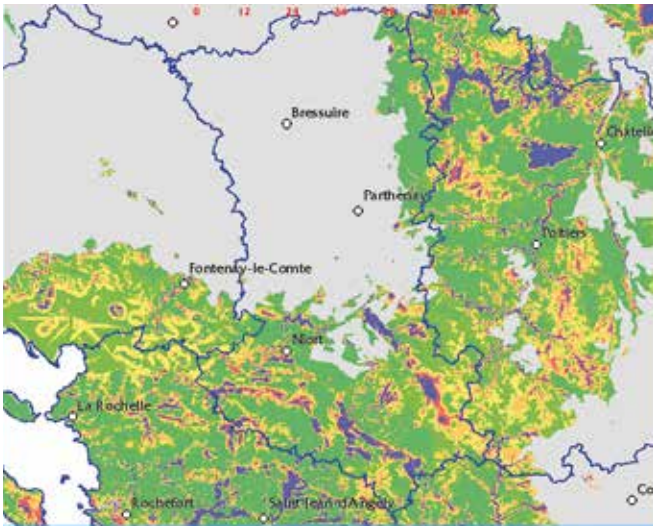
Sous nos latitudes les besoins en eau sont globalement couverts par la ressource. Sur le territoire de Poitou-Charentes on peut estimer qu'il tombe en moyenne 20 milliards de m³/an d'eau de pluie sur lesquelles environ 8 milliards viennent alimenter les nappes et les rivières. Comparé aux quelques 300 millions de m³/an prélevés, on peut conclure à un bilan nettement excédentaire.
Mais la pluie efficace* tombe essentiellement en hiver et les besoins sont principalement en été. De plus, pour comptabiliser les besoins, il conviendrait d'ajouter aux prélèvements les volumes nécessaires aux rivières pour y maintenir la flore et la faune ou assurer les activités littorales.

En Poitou-Charentes, les nappes montrant en général des cycles annuels de recharge et de vidange, celles qui présentent une inertie faibles peuvent se recharger rapidement en hiver et déborder dans les rivières, entrainant des phénomènes d'inondation. Ce risque est particulièrement important dans les secteurs où le niveau des nappes est peu profond et où le réservoir souterrain est constitué par des calcaires marneux fissurés (Nord des Charentes, Sud des Deux-Sèvres, Nord Vienne).

Pour identifier ce risque de remontée de nappe, le BRGM a réalisé pour le compte du Ministère de l'environnement des cartographies des zones les plus sensibles à ce phénomène : *http://www.inondationsnappes.fr/*.

Sur ce piézomètre de Saint-Georges-des-Bois (chronique 1993-2012), dans la vallée du Curé au Sud du Marais Poitevin, on peut constater une recharge rapide de la nappe du Jurassique supérieur jusqu'à atteindre un palier entre 25 et 26 m NGF qui peut perdurer jusqu'en juillet certaines années. Ce palier correspond à un équilibre de la nappe avec les eaux superficielles.





Par ailleurs, ce risque peut aussi être anticipé en couplant à la surveillance du débit des rivières une surveillance de l'état des nappes.

D'une manière générale, l'aménagement des cours d'eau pour la gestion des inondations (digues, suppression de méandres et de seuils, creusement des cours...), le drainage des terres pour permettre culture et élevage, la disparition de zones humides et de couverts forestiers, l'imperméabilisation des sols dans les villes... ont conduit à accélérer les transferts des eaux de l'amont vers l'aval. Ces modifications de l'occupation du sol* favorisent d'une part les phénomènes d'inondation et d'autre part les assecs* des rivières du fait d'un environnement qui a perdu son rôle « d'éponge » (stockage temporaire de l'eau).

Carte de la sensibilité aux remontées de nappes pour le département des Deux-Sèvres (site du Ministère).

Quand la pluie fait defaut

C'est essentiellement entre l'automne et de début du printemps que les nappes se rechargent. Dès que la végétation reprend, même en cas de fortes pluies en été, aucune infiltration ne se produit. Toutefois en 2012, les fortes pluies des mois d'avril et de mai (de l'ordre du double des normales saisonnières) ont fait passer les nappes les plus superficielles des niveaux les plus bas observés aux niveaux les plus hauts.

Les sècheresses graves des années 1976, 1989, 1992, 2003 et 2005 ont été essentiellement dues à des précipitations hivernales insuffisantes pour recharger les nappes, lesquelles n'ont pu assurer à leur tour l'alimentation des eaux superficielles.

En période de sècheresse, le prélèvement dans les nappes doit faire l'objet d'une gestion raisonnable car il y a des répercussions sur le débit des sources, des rivières et sur la salinité des eaux littorales qui peut être préjudiciable à des activités économiques. En année déficitaire, les prélèvements pour l'irrigation peuvent venir concurrencer ceux pour l'eau potable, comme ce fut le cas pour Niort ou pour Poitiers en 2005.

La gestion des prélèvements agricoles est principalement du fait des DDT(M) (MISE*) en Poitou-Charentes sous la coordination de la DREAL* agissant sous l'autorité du Préfet de Région. Il y a une volonté d'harmonisation régionale, voire extra-régionale puisque le Préfet de Région est aussi Préfet coordonnateur pour le Marais Poitevin. Les bassins limitrophes entre deux départements sont gérés par la DDT la plus concernée. La gestion des prélèvements agricoles intègre deux niveaux :

- le décret ministériel de septembre 2007 demande à ce que soient définis des volumes prélevables pour l'agriculture pour que soient respectés quatre années sur cinq les objectifs de débit en rivière (DOE*) et/ou de piézométrie en nappe (POE). Les organismes uniques désignés devront gérer ces volumes. Cette politique vise à limiter les épisodes de crise.
- Dans chaque département un Arrêté cadre préfectoral pris fin mars règlemente chaque année la gestion des prélèvements d'avril à fin septembre. Cette gestion, qui distingue actuellement les périodes du printemps et de l'été, s'appuie sur des valeurs seuils fixées sur les débits de rivières et/ou sur des niveaux de nappe. Les arrêtés sont consultables sur les sites des DDT.

Les piézomètres* : des comportements très différents

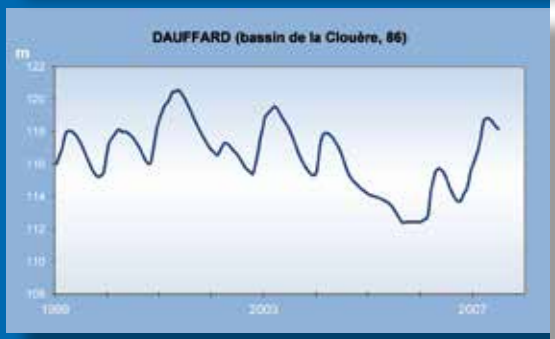
En Poitou-Charentes la quasi-totalité des piézomètres (forages), qui permettent de suivre le niveau des nappes, présente des cycles annuels et ne montre pas pour l'instant d'évolution sur le long terme. Mais ces piézomètres présentent toutefois des comportements très différents et n'ont pas la même signification pour la gestion.

La nappe du Dogger du bassin de la Dive-du-Nord présente une certaine inertie que le piézomètre de Lamoinie illustre avec des cycles pluri-annuels, ce qui présente l'avantage de pouvoir prévoir de longue période de crise.

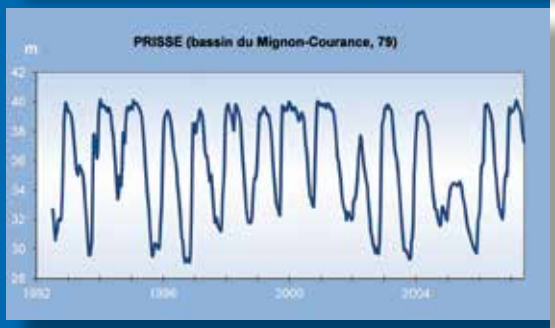
La nappe du Dogger du bassin de la Clouère, illustrée ici par le piézomètre de Petit-Dauffard, montre une inertie moyenne avec des cycles annuels prépondérants sur des cycles plus longs.

Le piézomètre de Prissé-la-Charrière est représentatif du Jurassique supérieur avec un palier haut atteint presque tous les ans, un impact important des prélèvements en été et l'absence de cycles pluri-annuels. La rapidité de réaction de la nappe donne à la gestion de crise une efficacité particulière.

© BRGM - POC



© BRGM - POC



© BRGM - POC

Y-a-t-il des solutions ?

Caractérisée par des bassins versants « courts », sans massifs montagneux à l'amont comme pour la plupart des grands fleuves français, la région Poitou-Charentes ne dispose pas de réserves en eau importantes permettant d'alimenter les rivières en été. Aussi il convient de s'efforcer à retenir cette eau abondante en hiver.

Quelques idées peuvent être proposées :

- une gestion globale par bassin versant, d'amont à l'aval, des nappes et des rivières, des inondations et des étiages,
- le stockage temporaire des eaux hivernales soit d'une manière naturelle, en reconstituant les zones humides notamment, soit d'une manière anthropique (réserves dites de substitution, barrages),
- une gestion active de la ressource tendant à favoriser la recharge des nappes,
- une gestion rigoureuse des prélèvements tenant compte du fonctionnement de l'hydrosystème.

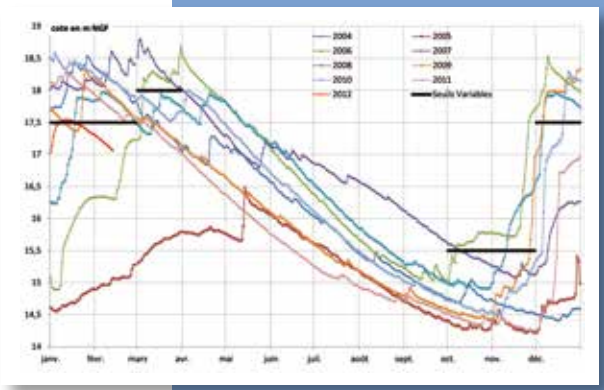
Les retenues de substitution

En Poitou-Charentes de nombreux programmes de retenues se sont mis ou se mettent en place. Il s'agit de stocker de l'eau en hiver, en prélevant dans les rivières ou dans les nappes (le plus fréquent), pour l'utiliser pour l'irrigation au printemps et en été. Ces retenues de substitution sont en règle générale « non-collinaires »*, d'une capacité de stockage unitaire de quelques centaines de milliers de m³, étanches, collectives.

En fonction de la taille de la retenue et du volume stocké, la création d'une retenue nécessite une étude d'incidence ou d'impact qui doit estimer notamment l'impact des prélèvements hivernaux sur le débit des cours d'eau. La création d'une retenue est donc assortie de mesures qui doivent limiter cet impact : suivi des débits des rivières et niveaux des nappes, encadrement des périodes de remplissage, mise en place de seuils (débit de rivière, niveau de nappe) déclenchant ou arrêtant le remplissage, mise ne œuvre de mesures compensatoires... S'ajoutent à ces impacts sur le milieu naturel, des problématiques techniques liées à la réalisation de la retenue : étanchéité de la retenue, terrassements dans les zones sensibles (impact sur les captages pour l'eau potable, existence de karsts...), nécessité de prévoir éventuellement un volume de lestage pour les risques de remontée de nappe...

Photographie d'une retenue d'eau en Poitou-Charentes.

D'un point de vue hydrogéologique, la mise en place de retenues est bien adaptée aux secteurs où la nappe a une faible inertie. C'est le cas notamment dans le Jurassique supérieur (Nord des charentes, Sud Deux-Sèvres) où l'eau circule rapidement dans le réseau superficiel de fissures. Le maximum d'incidence d'une pluie sur la nappe est de l'ordre du mois pour ce type de nappe. Ainsi l'incidence d'un prélèvement hivernal pour le remplissage se fait peu sentir sur les débits des rivières en été. En revanche, ces retenues sont moins adaptées aux nappes à inertie moyenne à forte (maximum d'incidence d'une pluie supérieur à six mois) comme la nappe captive de l'Infra-Toarcien ou la nappe libre du Dogger dans le Nord de la région. Ces nappes constituent en effet des stockages naturels et un prélèvement hivernal dans celles-ci peut impacter significativement le débit d'étiage d'une rivière.



Le remplissage d'une retenue est en général contraint par arrêté instituant une période de remplissage (ici d'octobre à mars) et des seuils correspondant à des débits de rivière ou à des niveaux de nappe. Ici, le piézomètre de Forges (nappe du Jurassique supérieur, bassin du Curé en Charente-Maritime) a été proposé pour fixer des seuils variables en fonction des mois de manière à permettre le commencement du remplissage dès octobre, si le niveau de la nappe est élevé, et à l'autoriser en mars si la nappe est « pleine ».

© BRGM - POC

D'un point de vue géologique, les calcaires karstiques peuvent poser problème du fait du « débourrage » brutal de conduits. L'expérience de la retenue de Vivonne, qui s'est vidée brutalement au cours de son remplissage (plus de 90 000 m³), conduit à la prudence dans ce type de formations géologiques où les projets nécessitent des études géotechniques sérieuses.

La qualite des eaux souterraines en Poitou-Charentes

En Poitou-Charentes, les eaux souterraines sont plus consommées que les eaux de surface malgré une ressource qui doit être traitée avant d'être distribuée pour des raisons de qualité naturelle et surtout de dégradation anthropique.

La santé au fil de l'eau

La qualité d'une eau se définit le plus souvent par rapport à l'usage qu'on en fait. Les exigences de qualité sont différentes si l'eau est destinée à la consommation humaine ou à un usage industriel ou agricole. On peut également évaluer la qualité de l'eau par rapport à son état d'origine (état patrimonial). Il n'existe donc pas une qualité mais des qualités de l'eau, selon l'usage et les exigences qui lui correspondent. Cependant en règle générale, la qualité de référence d'une nappe est calculée en fonction de son aptitude à produire de l'eau potable* et sa qualité est directement liée à la santé humaine. On raisonne donc à partir des valeurs des seuils de concentrations définissant la potabilité d'une eau.

Dans les sociétés occidentales, le traitement des eaux d'alimentation et la protection des captages ont permis, en même temps que la collecte et le traitement des eaux usées, l'éradication progressive des grandes épidémies. Rappelons la phrase de Pasteur qui n'est pas si ancienne : « *Nous buvons 90 % de nos maladies* ». Mais rien n'est définitivement acquis et les cas récurrents d'épidémie de gastro-entérites rappellent la nécessité de maintenir des contrôles sanitaires des eaux* stricts.

Contrôle de la qualité d'une eau pour la consommation humaine, La Fontaine Talbat à Chauvigny (86)

© BRGM - POC

Des défauts naturels

Même si elle n'est pas polluée par l'homme, une eau souterraine ne présente pas forcément un niveau de qualité qui la rend propre à la consommation. Chaque eau est unique et sa nature dépend de la composition chimique des roches qu'elle traverse. L'eau chimiquement pure n'existe pas. Même la pluie contient déjà quelques milligrammes par litre de sels marins et de diverses substances issues des pollutions atmosphériques. Mais c'est surtout dans sa phase d'infiltration dans la zone non saturée que l'eau se charge en sels dissous, puis en substances minérales au fil de son parcours souterrain. Plus le temps de séjour de l'eau dans la roche (« âge de l'eau ») est important, plus la minéralisation d'une eau est élevée. Calcium, magnésium, sodium, potassium donnent à l'eau ses qualités gustatives.

En Poitou-Charentes, certains paramètres « naturels » peuvent être en quantité excessive dans les eaux souterraines. De plus ces paramètres sont souvent difficiles et couteux à traiter. Le fluor est présent dans les nappes captives profondes, surtout dans l'Infra-Toarcien, du fait de la nature de la roche encaissante et des temps de séjours longs de l'eau. Le sélénium, qui fait la spécificité de la Roche-Posay et qui provient du lessivage des formations continentales du Tertiaire, peut être en excès. En dehors du fer et du manganèse, souvent liés aux modalités d'exploitation du captage, on peut trouver en teneurs excessives de l'arsenic lié au socle granitique ou à des niveaux sédimentaires riches en matières organiques (lignites...). Enfin, la dureté de l'eau associée aux réservoirs calcaires, la turbidité* qui vient des particules argileuses présentes dans les karsts, les intrusions d'eau salée sur le littoral (biseau salé*), la minéralisation élevée des eaux confinées des aquifères profonds (plus de 1000 m de profondeur), la radioactivité sont aussi des paramètres handicapant pour la qualité des eaux souterraines. A l'inverse, une trop faible minéralisation, comme cela peut-être le cas dans les zones de socle ou dans les aquifères sableux du Tertiaire, peut être limitant pour la consommation humaine.

Normes de qualité des éléments minéraux susceptibles d'être naturellement présents dans les eaux souterraines en Poitou-Charentes.

	Elément	France normes de potabilité mg/l	Risques associés	Nappes concernées en PCh
Paramètres indicateurs	Aluminium	*0,2*	Coloration, goût, maladie d'Alzheimer (?), encéphalopathies myocloniques	Calcaires karstiques (Dogger ...)
	Ammonium	*0,1*	Odeur, goût	
	Fer	*0,2*	Coloration, goût, maladie d'Alzheimer (?), encéphalopathies myocloniques	Toutes nappes
	Manganèse	*0,05*	Formation de dépôts noirs	Toutes nappes
Paramètres chimiques	Antimoine	*0,005*	SbO_3 : cancer, réduction de la durée de vie (?)	
	Arsenic	*0,01*	Toxique, cancérogène (cutané)	Socle, Infra-Toarcien, Cénomanien
	Baryum	*0,7*		
	Bore	*1*	Irritations gastro-intestinales, troubles de la reproduction (?)	
	Cadmium	*0,005*	Accumulation dans les reins, cancérogène en inhalation	
	Chrome	*0,05*	Cancer du poumon, génotoxicité	
	Cuivre	*2*	Irritations intestinales, cirrhoses chez certaines personnes	
	Fluor	*1,5*	Fluorose dentaire et squelettique	Infra-Toarcien, Nord Vienne
	Mercure	*0,001*	Organique : affection du système nerveux central, Inorganique : reins	
	Nickel	0,02	Allergène, Inhalation : asthme, cancérogène, mutagène	
	Plomb	0,01	Aigu : système nerveux central, moelle osseuse, appareil digestif, Chronique : système nerveux central (saturnisme)	
	Sélénium	0,01	Aigu : atteintes cutanés, respiratoires, Chroniques : appareil digestif, troubles neurologiques, dentaires, Essentiel à faibles doses, toxique à doses élevées	Lessivage des formations du Tertiaire : Sud et Nord Vienne

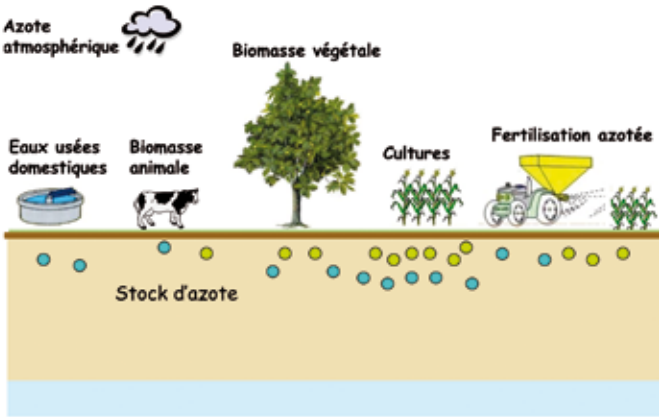
Des pollutions diffuses

Les pollutions diffuses* répétées et durables sont dues à une émission entretenue de substances polluantes résultant des activités humaines. Elles parviennent aux nappes par de vastes surfaces d'affleurement* lorsque l'infiltration* de l'eau de pluie entraîne en profondeur des produits répandus sur le sol.
On retrouve ici les défauts d'assainissement, les pluies acides, les aérosols, les fumées de l'industrie et les résultats des pratiques agricoles. Ces dernières sont les principales responsables de la pollution de l'eau par l'usage d'engrais chimiques et de pesticides.

En France, la norme de potabilité des nitrates* est fixée à 50 mg/l, mais une eau contenant plus de 100 mg/l de nitrates ne peut pas être traitées. L'origine de ces nitrates est en Poitou-Charentes principalement due à l'agriculture, bien que la production naturelle (zones humides...) ou d'autres pollutions anthropiques (stations d'épuration...) ne doivent pas être négligées. La pollution par les pesticides provient de l'agriculture, mais aussi de l'entretien des parcs et jardins (collectivités, particuliers), des routes et voies ferrées. En France plus de 500 molécules phytosanitaires* sont autorisées (et entrent dans la composition de plus de 8 000 produits) et l'on peut les retrouver dans l'environnement, y compris avec des molécules de leur dégradation.

Alors que la présence de nitrates* dans l'eau est susceptible de faire courir un risque en particulier aux nourrissons (maladie bleue), l'exposition chronique aux pesticides, même à faible dose, est soupçonnée comme facteur de cancers.

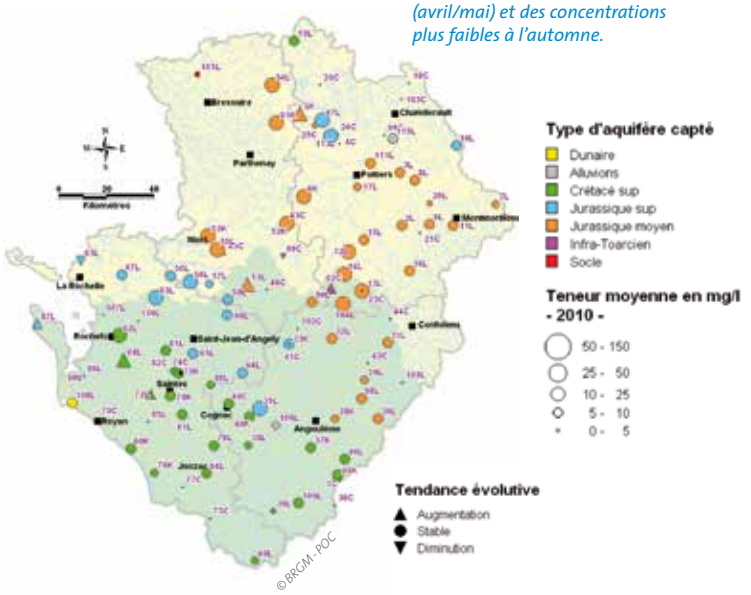
Les nitrates sont d'origines différentes : agricoles, activités urbaines et industrielles, production naturelle. Une partie de l'azote du sol est utilisée par les plantes ou dégradée, une autre partie peut-être lessivée* et entrainée vers la nappe.*



Une situation préoccupante

En ce qui concerne les eaux souterraines et selon le bilan 2010 du réseau qualité, il apparait que l'ensemble des nappes libres*, sauf quelques exceptions, sont contaminées par **les nitrates***. Les secteurs géographiques assez bien « préservés » sont situés, en dehors des faciès salés littoraux (impact des eaux marines) et des nappes captives* naturellement protégées, surtout dans la partie méridionale des Charentes, peu agricole.

Cette carte réalisée par le BRGM montre que l'on observe globalement depuis 2001, année de mise en place du réseau de suivi de la qualité des nappes, une relative stabilité, mais à des concentrations très élevées, voisines de la norme de potabilité (50 mg/l), surtout pour les nappes du Jurassique moyen et supérieur. Les concentrations varient dans l'année dans la plupart des cas, avec des pics (et des dépassements de la norme) en hautes eaux (avril/mai) et des concentrations plus faibles à l'automne.

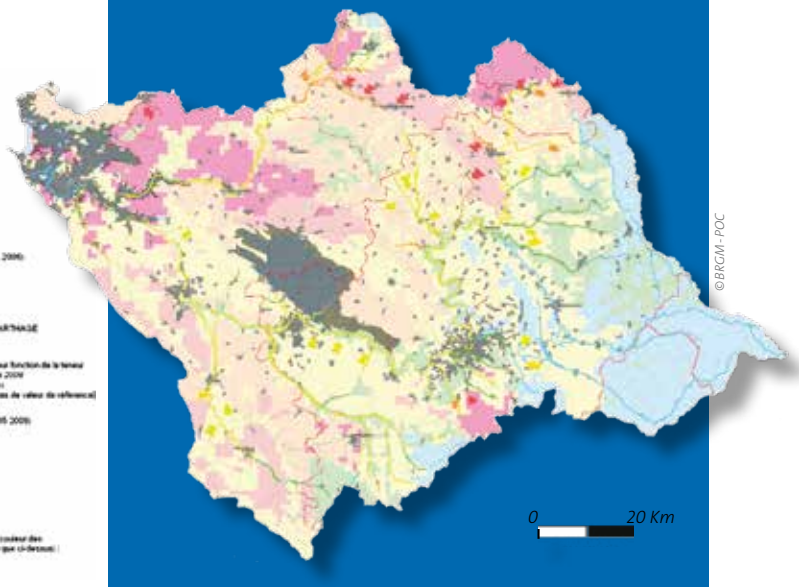


D'une manière générale, après avoir légèrement diminuée entre 2001 et 2005, les teneurs en nitrates ont légèrement augmenté ensuite pour se stabiliser depuis 2007. Ceci s'explique surtout par l'absence de recharge en 2004/2005 (années particulièrement sèche) suivie par la reprise des lessivages* au printemps 2006. La nappe du Jurassique supérieur reste la plus contaminée (50 mg/l en moyenne), suivi de la nappe du jurassique moyen (40 mg/l environ) et du Crétacé supérieur (31 mg/l).

Nitrates : un état des lieux des nappes du bassin versant de la Charente

Pour le compte de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, le BRGM vient de faire un état des lieux des nappes (hors nappes profondes) du bassin versant de la Charente en s'appuyant sur des campagnes d'analyses des nitrates réalisées en 2009. Ces photographies réalisées pour avril et octobre montrent une situation assez contrastée entre les zones amont (socle) et globalement orientales, avec des teneurs faibles à modérées en nitrates, et les plateaux et plaines calcaires où les aquifères de fissures ou de karsts sont très dégradés. De plus, la situation en avril est plus dégradée que celle d'octobre. Parmi les zones qui présentent des teneurs en nitrates supérieures au seuil de potabilité (50 mg/l), on peut citer : le Civraisien entre Clain et Charente, le haut bassin de la Boutonne et le secteur moyen autour de Saint-Jean-d'Angély, un secteur dans le sud-Angoumois et surtout les bassins versants de la Gères et de la Devise. Ces états des nappes superficielles ont été croisés avec les états des rivières aux mêmes époques. Ces dernières montrent en général une qualité meilleure vis-à-vis de ce paramètre nitrates. Sur la carte les échanges nappes/rivières connus sont reportés. Par ailleurs, plus de 160 chroniques ont été analysées et, globalement, cette situation perdure depuis au moins 20 ans.

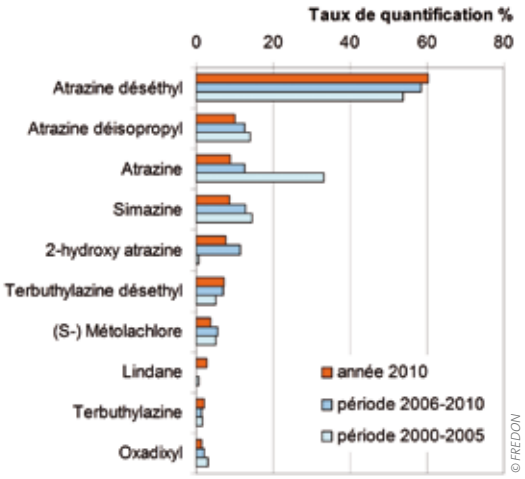
Ce travail réalisé à la maille géographique du km² prépare la modélisation des transferts azotés du sol jusqu'à la mer.



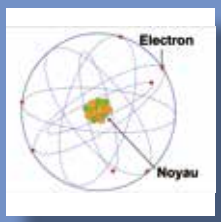
Pour **les pesticides**, la contamination des eaux souterraines est principalement liée à la présence du groupe d'herbicides des triazines et plus ponctuellement à certaines urées substituées. Les teneurs en atrazine, simazine, terbuthylazine montrent une baisse significative depuis 2003 (année de retrait du marché) alors que celles des métabolites (atrazine déséthyl, atrazine déisopropyl, hydroxy-atrazine) restent relativement stables à l'échelle régionale. D'autres substances, toujours autorisées en 2009, sont détectées de manière plus épisodique, en particulier le métolachlore, l'isoproturon, le chlortoluron. Quant au glyphosate et à son produit de dégradation directe l'AMPA, ils ne sont pas ou peu retrouvés dans les eaux souterraines alors qu'ils figurent parmi les substances les plus fréquentes dans les eaux de surface.

En ce qui concerne les eaux distribuées pour la consommation humaine, donc après traitement, aucune unité de distribution n'a été desservie en 2010 par une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrates, si ce n'est des dépassements occasionnels. Les dépassements des normes en matière de pesticides restent aussi exceptionnels et liés à des dysfonctionnements des dispositifs de traitement.

Ce graphe relatif aux taux de quantification des dix principales substances phytosanitaires quantifiées dans les eaux souterraines de Poitou-Charentes en 2010 sur les 107 points du réseau qualité montre la diminution de l'atrazine et de la simazine, interdites depuis 2003, mais l'augmentation de l'atrazine déséthyl, produit de leur dégradation.*

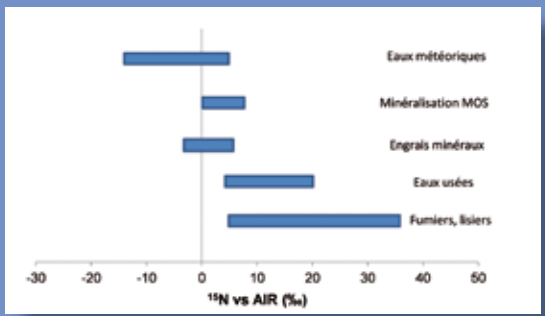


Les isotopes : pour aller plus loin sur la connaissance de l'origine de l'eau



On utilise les analyses des isotopes pour connaître l'origine d'une eau souterraine ou préciser son âge. Un élément chimique se définit par sa charge nucléaire, c'est-à-dire son nombre de protons (exemple ^{1}H, ^{6}C, ^{16}S...). Les noyaux atomiques renferment des neutrons, en nombre variable, mais généralement proche du nombre de protons. La somme des neutrons et des protons constitue la masse atomique. Les isotopes d'un élément se définissent par un même nombre de protons, mais par un nombre différent de neutrons, donc par une masse atomique distincte. Ainsi les éléments chimiques comprennent des atomes de masses différentes appelés isotopes. Les eaux naturelles composées essentiellement d'hydrogène et d'oxygène « banaux » ^{1}H et ^{16}O contiennent toujours une infime proportion des autres espèces isotopiques de ces éléments, en particulier le deutérium, ^{2}H, le tritium ^{3}H et l'oxygène 18, ^{18}O. La distribution de chacune des espèces dans les différentes parties de l'hydrosphère obéit à des mécanismes bien précis dont la connaissance, grâce à la précision des techniques de mesures par spectrométrie de masse, a permis leur emploi comme traceurs des systèmes hydrologiques. L'utilisation des isotopes constitutifs de la molécule d'eau permet un traçage intime, correspondant réellement à l'objet que l'on veut tracer, dans notre cas, l'eau. Ces traceurs isotopiques sont de plus en plus nombreux. Parmi les plus utilisés actuellement en environnement des eaux souterraines :

- les rapports isotopiques $\delta^{15}N$ et $\delta^{18}O$ des nitrates permettent de distinguer dans une concentration en nitrates la part des intrants agricoles, de l'assainissement et du cycle biogéochimique de l'azote ;
- le rapport isotopique $\delta^{11}B$ contribue aussi à distinguer fertilisants et assainissement ;
- le rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ est un traceur des formations géologiques dans lesquelles l'eau a circulé et des fertilisants.



Composition isotopique des différentes sources de nitrates d'après Aravena et al., 1994, Widory et al., 2004, Xue et al., 2009.

Des pollutions ponctuelles

Les nappes sont également victimes de pollutions* accidentelles : un camion de fioul qui se renverse, une station d'épuration qui dysfonctionne, le déversement de produits toxiques dans une rivière. Les pollutions par les hydrocarbures sont les plus fréquentes. Elles rendent l'eau imbuvable pendant des dizaines d'années car quelques gouttes suffisent pour polluer un m^3 d'eau. Les périmètres de protection*, prévus par l'article L 1321- 2 du code de la santé publique, permettent de limiter le risque de ces pollutions ponctuelles. A ces pollutions accidentelles viennent s'ajouter les rejets ou dépôts d'activités industrielles anciennes ou les impacts d'exploitations extractives (mines, carrières) aujourd'hui abandonnées.

De « nouveaux » polluants

La liste des polluants à surveiller ne cesse de s'agrandir. Il devient nécessaire de mettre au point de nouveaux outils de détection et de mesure pour analyser la présence dans les eaux souterraines de polluants émergents tels que les nanoparticules, dont les effets sur la santé sont peu connus, ou les produits pharmaceutiques ou vétérinaires. Ces derniers, lorsqu'ils sont consommés, sont éliminés par voies fécales ou urinaires, parfois sous une forme active. Leur présence dans l'eau souterraine sous forme de résidus a été mise en évidence dans diverses études. D'autres polluants plus classiques sont surveillés de longue date : dioxines, phtalates, métaux lourds, etc... Une attention particulière doit être portée aux produits susceptibles d'affecter le système endocrinien.

Source de Forges à Mouthiers-sur-Boême, sortant de la nappe du Turonien et dont l'âge moyen de l'eau est estimé à six ans.

© BRGM - POC

L'âge des eaux souterraines

Les méthodes de datation constituent de bons moyens pour appréhender l'origine et la vulnérabilité d'une eau souterraine. Dater les eaux souterraines signifie déterminer le temps écoulé à partir du moment où l'eau devient souterraine, en d'autres termes, depuis son infiltration dans le sol à partir des précipitations ou depuis tout autre type d'eau de surface (rivières, lacs). A un point donné (forage, source), l'eau collectée correspond à une multitude de gouttes d'eau accumulées ayant un âge plus ou moins grand. C'est pour cela que l'âge estimé par les traceurs chimiques est considéré comme un âge « apparent ».

L'utilisation d'une méthode ou d'une autre dépend de l'âge attendu des eaux et de la disponibilité d'une chronique du signal d'entrée. Le tritium et le carbone 14 sont les deux méthodes les plus classiquement utilisées pour dater les eaux souterraines, mais ces méthodes ne sont pas adaptées pour les eaux « jeunes » (quelques années). La datation par le ^{14}C utilise la fragmentation de cet élément en ^{13}C isotope stable du carbone. Cette méthode permet de remonter jusqu'à environ - 45 000 ans. Le principe de datation par le tritium (^{3}H) repose sur l'enrichissement de l'atmosphère en cet élément du fait des essais nucléaire des années 1952-1963 (ci-dessus l'explosion nucléaire de la Tsar Bomba, 1961, USSR). Depuis cette dernière date, les teneurs en tritium diminuent jusqu'à atteindre actuellement des valeurs naturelles. Cette méthode convient donc pour des eaux de moins de 60 ans.

Un outil développé récemment pour la datation des eaux jeunes se base sur la mesure de certains gaz dissous conservatifs à l'état de trace, ayant fait l'objet d'une utilisation anthropique récemment abandonnée du fait de leur contribution à l'effet de serre. Les composés halogénés CFC ont été utilisés principalement comme gaz réfrigérants, propulseurs, solvants et agents d'expansion dans les mousses de matières plastiques. L'hexafluorure de soufre (SF6) est utilisé principalement pour ces capacités isolantes par l'industrie d'énergie électrique, dans les accélérateurs et la production du double vitrage. La datation des eaux se base sur la comparaison des concentrations en gaz dissous dans les eaux souterraines avec les chroniques de concentration des gaz dans l'atmosphère, parfaitement connues car mesurées en routine à plusieurs stations localisées dans les hémisphères nord et sud.

Des datations ont été réalisées sur les eaux souterraines de diverses nappes en Poitou-Charentes. Les eaux profondes de l'Infra-Toarcien des bassins de Paris et d'Aquitaine présentent par le ^{14}C des âges allant de - 20 000 à - 30 000 ans. A l'autre extrême, les datations récentes par les méthodes CFC et SF6 donnent quelques années aux eaux de sources karstiques du bassin de la Charente : moins d'un an pour les eaux des sources de la Touvre (karst de la Rochefoucauld) et de Sompt (Dogger du bassin de la Boutonne), quatre ans pour la source de St-Fraigne (Jurassique supérieur), six ans pour celle de Mouthiers-sur-Boême (Turonien).

La cartographie du risque pollution

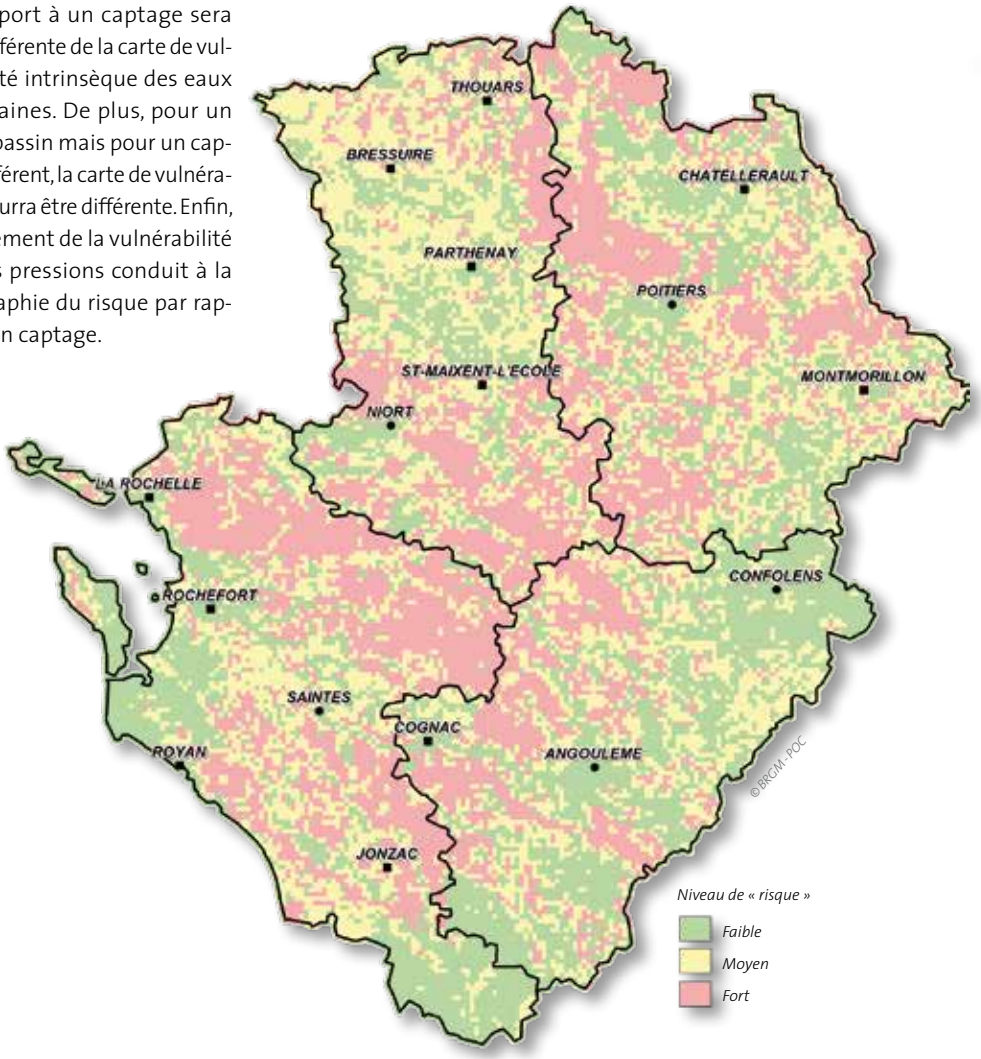
Plusieurs méthodes existent pour cartographier la vulnérabilité* intrinsèque des eaux souterraines, mais celles-ci sont basées sur des approches similaires croisant principalement :

- la nature argileuse (donc peu perméable) des roches affleurantes,
- l'importance de l'infiltration* par rapport au ruissellement* qui se mesure surtout en regardant la densité du réseau hydrographique.

A ces données de base peuvent s'ajouter, en fonction de l'échelle de travail, d'autres paramètres comme la pente, les failles, la nature du réservoir souterrain (sable, calcaire...), les indices de karstification (dolines, gouffres, vallées sèches...).

En Poitou-Charentes, le BRGM a réalisé la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à l'échelle du kilomètre carré et en utilisant ces approches. Cette vulnérabilité a été croisée ensuite avec l'occupation du sol pour déterminer le risque* de pollution (cf. carte ci-contre). Bien que l'impact urbain soit aussi considéré, ce travail s'est surtout focalisé sur la pression agricole.

Mais ces cartographies ne considèrent que les transferts verticaux d'une source de pollution et ne suffisent pas quand on s'intéresse à un enjeu particulier comme un captage pour l'eau potable. Dans ce cas, le captage possède un bassin ou une aire d'alimentation* que l'on peut considérer comme la zone dans laquelle une goutte d'eau tombant sur la surface du sol est susceptible de rejoindre le captage. Pour un même bassin, la vulnérabilité sera différente si l'on considère un forage superficiel ou profond. Par ailleurs, du fait de l'éloignement du point « souillé », des temps de transfert, de la possibilité d'une dégradation de la pollution... une même quantité d'eau polluée ne va pas avoir le même poids vis-à-vis du captage en fonction de l'endroit dans le bassin d'alimentation. La carte de vulnérabilité du bassin par rapport à un captage sera donc différente de la carte de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines. De plus, pour un même bassin mais pour un captage différent, la carte de vulnérabilité pourra être différente. Enfin, le croisement de la vulnérabilité avec les pressions conduit à la cartographie du risque par rapport à un captage.



La gestion des eaux souterraines en Poitou-Charentes

De la première Loi sur l'eau de 1964 à la mise en œuvre de la Directive Cadre Européenne il existe un important arsenal règlementaire pour protéger la ressource en eau ; du fait des enjeux et de l'état de la ressource, Poitou-Charentes est particulièrement concernée.

Une région sur deux agences de l'eau*

La Loi sur l'eau du 16 décembre 1964 a fixé les grands principes de la gestion de la ressource en eau en France. Elle a instauré un découpage du territoire en six grands bassins hydrographiques et a conduit à créer des établissements publics de l'Etat chargés de concilier le juste partage de la ressource avec le développement économique et le respect de l'environnement. Du fait de sa position de seuil géologique et géographique, la région Poitou-Charentes est partagée entre les agences Adour-Garonne et Loire-Bretagne. La limite entre les deux agences divise à peu près en deux parts égales la région. Coté Adour-Garonne on trouve les bassins de la Charente, de la Seudre et la partie septentrionale du bassin de la Dordogne/Garonne ; Les bassins Loire (Vienne, Thouet, Sèvre-Nantaise...) et Sèvre-Niortaise sont en Loire-Bretagne. Toutefois, du fait des possibilités de transferts karstiques dans la zone de seuil, la limite hydrogéologique entre les deux bassins peut-être différente de la limite topographique : entre Charente et Clain, entre Charente et Sèvre-Niortaise.

La région Poitou-Charentes est presque entièrement couverte par des SAGE mais qui sont à des degrés d'avancement divers : en démarrage (Charente, Thouet, Isle-Dronne), en élaboration (Clain, Seudre, Estuaire de la Gironde), en mise en œuvre (Sèvre-Niortaise, Vendée), en révision (Boutonne, Layon-Aubance, Sèvre-Nantaise, Vienne).

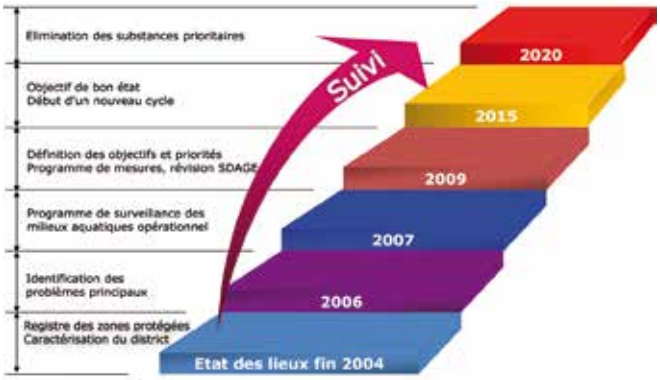
L'Agence de l'eau s'appuie sur un Comité de bassin qui rassemble les élus, les représentants de l'Etat, des usagers et des mouvements associatifs. Renforcé par la Loi sur l'eau de 1992, qui inclut une notion de planification grâce aux Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau* [SDAGE] et aux Schémas d'Aménagement et de Gestion de l'Eau* [SAGE], le modèle français – avec son organisation par bassin et la concertation de tous les acteurs – a fait école au niveau international.

La Loi du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) est venue encore appuyer cette politique, avec deux objectifs fondamentaux :

- donner des outils aux acteurs de l'eau pour reconquérir la qualité des eaux et atteindre en 2015 les objectifs de bon état* écologique fixés par la Directive Cadre européenne sur l'Eau* (DCE) et retrouver une meilleure adéquation entre ressources en eau et besoins dans une perspective de développement durable* des activités économiques utilisatrices d'eau ;
- donner aux collectivités territoriales les moyens d'adapter les services publics d'eau potable et d'assainissement aux nouveaux enjeux.

La Loi crée l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques* (ONEMA), un organisme à vocation technique et prospective qui organise le recueil et la valorisation des informations, notamment dans le cadre du système européen d'information sur l'eau (WISE*).

Les grandes étapes de la DCE



Une gestion à l'échelle européenne

La lutte contre la pollution* des eaux est la plus ancienne des politiques environnementales européennes. Elle a donné lieu depuis 1976 à de multiples textes. Afin de rendre cette politique plus cohérente et efficace, une réflexion commune sur l'harmonisation des législations européennes et nationales a débouché en octobre 2000 sur la Directive Cadre européenne sur l'Eau* (DCE), complétée en 2006 par une directive « fille » consacrée spécialement aux eaux souterraines. Plus de la moitié des nappes d'eaux souterraines de l'Union européenne étant considérée comme polluées, il est urgent de les protéger contre davantage de pollution et de détérioration. Ces textes instituent au niveau européen une gestion par grand bassin hydrographique et une planification des objectifs. Elle introduit des obligations de résultats et des calendriers, se fixant comme but un bon état* général des eaux superficielles, côtières et souterraines à l'horizon 2015. Elle institue la transparence des coûts et le principe « pollueur-payeur ».

Le SDAGE* devient l'instrument français de mise en œuvre de la politique communautaire sur le territoire national, maintenant découpé en « masses d'eau* », au nombre de 553 pour les masses d'eau souterraines. Pour les nappes superficielles, ce découpage s'est appuyé sur le référentiel des systèmes préexistant, BDRHF version 1. La région Poitou-Charentes est concernée par 46 masses d'eau souterraines, dont 27 dans le bassin Adour-Garonne.

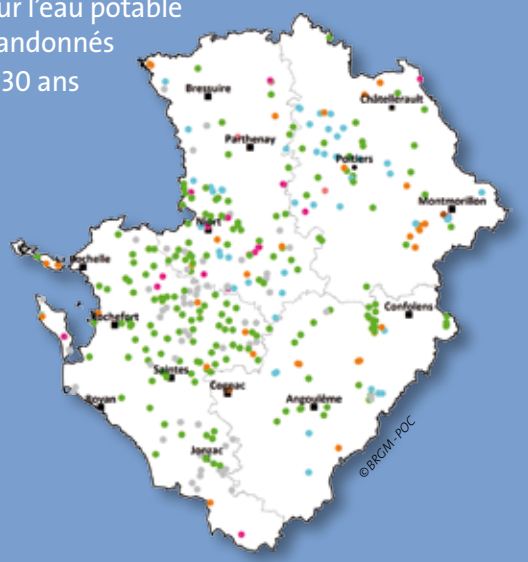
A la reconquête du bon état des masses d'eau* souterraines

Atteindre en 2015 le « bon état » des masses d'eau souterraines, objectif fixé par la DCE, requiert une mobilisation scientifique et technique de grande ampleur. En 2005, l'état des lieux demandé par la DCE a permis une synthèse globale sur l'état des eaux de surface* et souterraines*. Pour la plupart des masses d'eau de Poitou-Charentes, le risque de non atteinte du bon état* est avéré si aucune mesure supplémentaire n'est mise en place. Les aquifères les plus superficiels sont concernés par la non atteinte des bons états quantitatifs et qualitatifs. En revanche, les aquifères profonds, mieux protégés des agressions extérieures, sont plutôt concernés par la non atteinte du bon état quantitatif.

La conservation et la diffusion des données

En 2002, la mise en place d'un système d'information sur l'eau* a permis de regrouper dans une base de données* les connaissances sur l'eau provenant de plusieurs sources, pour les organiser, les stocker et les diffuser.
Outre l'ONEMA*, qui en assure aujourd'hui le pilotage fonctionnel, les services de l'Etat, les Agences de l'eau*, les organismes techniques (BRGM, IFREMER, INERIS...) et les collectivités territoriales participent au SIE (Système d'Informatique sur l'Eau). Au sein de ce système, le portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES), unique en Europe, récolte les données de tous les réseaux, quantitatifs et qualitatifs, qui en font la demande. En Poitou-Charentes ADES permet notamment d'avoir accès aux données des réseaux régionaux de suivi piézométrique et qualitatif des nappes ou à celui du Syndicat des eaux de la Charente-Maritime.

Plus de 410 captages pour l'eau potable abandonnés en 30 ans



Dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement*, le BRGM vient de terminer l'inventaire des captages pour l'eau potable abandonnés dans les dernières décennies. La plupart de ces captages sont abandonnés pour des raisons de qualité des eaux, et parmi ces derniers, entre 40 et 90 % en fonction des départements, à cause de teneurs excessives en nitrates et/ou en pesticides. La carte ci-dessous montre la répartition territoriale de ces captages abandonnés. Les couleurs correspondent aux raisons de l'abandon et sont les mêmes que sur le graphe qui suit.

Ces captages ont été remplacés par l'interconnexion des réseaux ou la création de nouveaux captages, en général captant des nappes plus profondes. Pour les captages non abandonnés mais qui connaissent des problèmes de qualité vis-à-vis des nitrates ou des pesticides, les traitements consistent soit à mettre en œuvre des stations couteuses, soit à procéder à des mélanges avec des eaux non contaminées venant de nappes plus profondes.

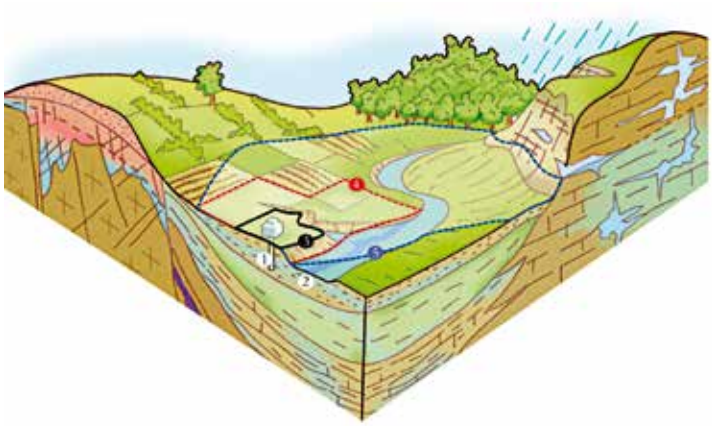
La protection qualitative de la ressource

Les périmètres de protection* des captages

Les points de captages des eaux destinées à l'alimentation en eau potable* sont entourés par un à trois périmètre de protection* selon les conditions hydrologiques et hydrogéologiques. Ces périmètres sont destinés à protéger le point de captage ainsi que le secteur proche de l'aquifère, rendu sensible par le prélèvement, contre les principales pollutions accidentelles d'origine humaine. Cette notion a été créée à l'origine par la loi de 1902, suite à de nombreuses épidémies, pour protéger de toute atteinte bactériologique les sources destinées à la consommation. La réglementation a dû progressivement se renforcer au cours du XXe siècle en intégrant notamment les pollutions d'origine chimique, agricole et industrielle. Jadis déterminés par des géologues officiels, les périmètres concernent aujourd'hui tous les types de captage utilisés pour l'alimentation en eau potable (soit en dehors des captages du réseau collectif de distribution : fromageries et refuges en montagne, conserveries, captages privés pour les campings et restaurants, thermalisme...). L'ARS, qui gère ces aspects, s'appuie sur les avis des hydrogéologues agréés désignés pour chaque département. Les domaines d'intervention des hydrogéologues agrées sont plus larges que la définition des limites et des prescriptions des périmètres de protection. Leur avis est requis obligatoirement dans le cas d'infiltration en nappe d'eau de station d'assainissement, dans le cas de la protection d'une ressource prélevée pour le thermalisme ou dans le cadre de la création d'une sépulture privée. L'hydrogéologue agréé perçoit des indemnités à la charge du maître d'ouvrage.

Schéma de présentation des périmètres de protection

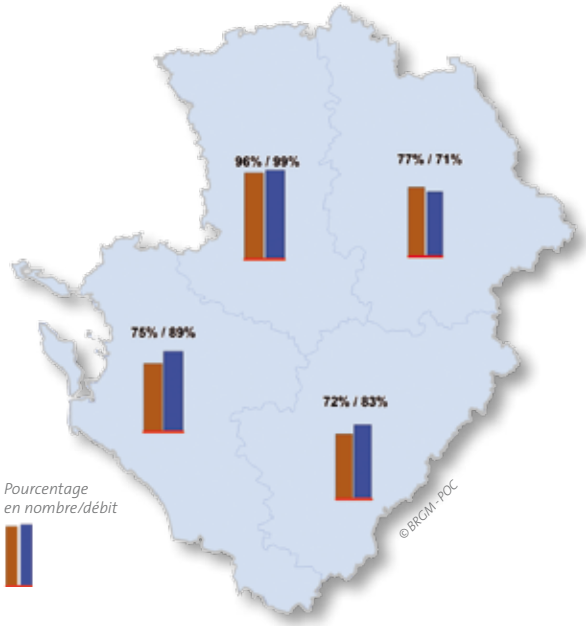
1. *Captage d'eau potable*
2. *Nappe d'eau souterraine* captée*
3. *Périmètre de protection immédiate (PPI)*
4. *Périmètre de protection rapprochée (PPR)*
5. ***Périmètre de protection éloignée (PPE)***



Trois types de périmètres existent :

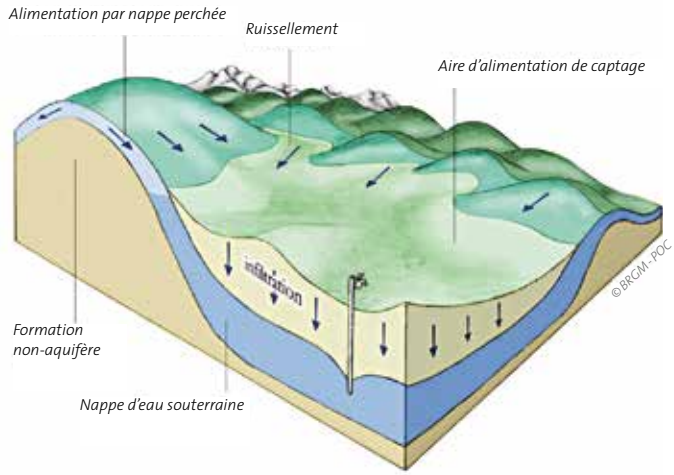
- le périmètre de protection **immédiate** : zone obligatoire, située aux abords de l'ouvrage, clôturée et acquise par la collectivité. Il a pour fonctions principales d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter les déversements de polluants.
- le périmètre de protection **rapprochée** : zone obligatoire, en général de quelques hectares, en principe calqué sur la zone d'appel du point d'eau, qui dépend des caractéristiques des nappes et de la nature des pollutions possibles. Les activités et installations y sont interdites ou réglementées.
- le périmètre de protection **éloignée** : zone facultative ou il n'y a pas d'interdiction, seul le strict respect de la réglementation.

En Poitou-Charentes fin 2010, 79,1 % des captages d'eau souterraine bénéficiaient de protection par DUP contre 66,7 % pour les prises d'eau superficielles. Au total (eaux souterraines et superficielles), 86 % du volume total produit à l'échelle de la région étaient à cette date protégés par des périmètres.



Protection des points de captage et débits associés par département fin 2010 (source : ARS Poitou-Charentes) : globalement, pour les eaux souterraines comme pour les eaux de surface, la région affiche des chiffres nettement supérieurs aux taux nationaux qui sont de 56 % en nombre de captages et 66,1% pour les débits.

Les Aires d'Alimentation des Captages (AAC) prioritaires



En droit français, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 a renforcé les dispositifs de gestion de la ressource en créant des zones de protection quantitative et qualitative des Aires d'Alimentation des Captages* (AAC) pour lutter contre les pollutions diffuses* d'origine agricole et non agricole. Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, un classement des captages prioritaires pour la mise en place d'actions a été réalisé sur l'ensemble du territoire français. L'aire d'alimentation d'un captage d'eau potable superficiel ou souterrain correspond aux surfaces sur lesquelles l'eau qui s'infiltre* ou ruisselle* participe à l'alimentation de la ressource en eau dans laquelle se fait le prélèvement, cette ressource étant actuellement utilisée pour l'alimentation en eau potable* ou susceptible de l'être dans le futur.

Les 61 captages jugés prioritaires en Poitou-Charentes ont fait l'objet d'une délimitation et d'une cartographie des zones les plus vulnérables au sein de ces AAC. Des opérations en cours visent par ailleurs à renforcer le suivi qualitatif (nappe, cours d'eau) dans les AAC ainsi qu'à mieux identifier les risques de pollution (pression agricole, activité industrielle actuelle ou passée).

Les Aires d'Alimentation des Captages* prioritaires

dits « Grenelles » sont délimitées en considérant l'ensemble des apports d'eau qui alimentent un captage, que cela soit verticalement par infiltration d'eau à la périphérie du captage ou latéralement par des apports de nappe venant de zones plus éloignées.
Une AAC est en général plus vaste qu'un périmètre de protection éloignée d'un captage et est définie sur des bases hydrologiques et hydrogéologiques.

Les programmes Re-Sources

Initié en 1999 pour répondre à la dégradation continue de la qualité de l'eau en Poitou-Charentes, le programme régional Re-Sources vise à reconquérir et protéger durablement la qualité des ressources naturelles pour l'alimentation en eau potable.
Cette démarche associe l'ensemble des acteurs sur les bassins d'alimentation des captages les plus dégradés par les activités humaines, majoritairement par les pollutions diffuses agricoles. Sur chaque bassin, la collectivité qui a compétence pour la distribution d'eau potable met en œuvre un programme d'actions visant à faire évoluer les pratiques à l'origine des pollutions. Elle s'appuie sur un animateur Re-Sources.

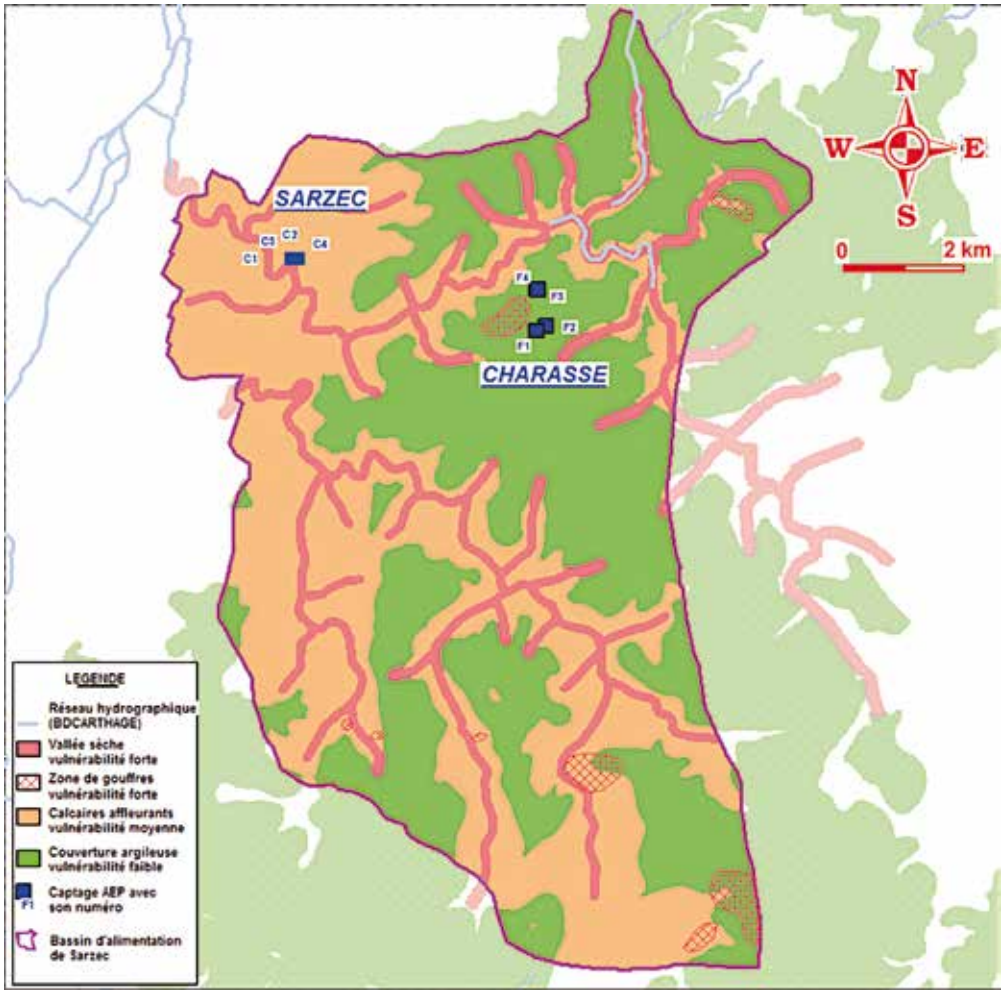
Sur la base des retours d'expérience, l'évaluation du programme Re-Sources permet de recentrer les priorités et réorienter certaines actions. Aujourd'hui, les actions phares du programme sont identifiées et appliquées sur tous les bassins : diagnostics individuels d'exploitation, Mesures Agro-Environnementales*, travail collaboratif avec la profession agricole, plan d'entretien des espaces verts communaux, implantation de l'agriculture biologique … Les financements de ces programmes proviennent de l'Europe, l'Etat, la Région Poitou-Charentes, les Agences de l'eau Loire-Bretagne et Adour-Garonne.

La déclinaison régionale des plans nationaux

Le plan Ecophyto, mis en place par le Ministère de l'agriculture et de la pêche à la suite du Grenelle, vise notamment à réduire de 50 % l'usage des produits phytosanitaires à l'horizon 2018. Le plan régional Ecophyto prévoit de diffuser des bonnes pratiques agricoles économes en pesticides, de garantir la compétence de l'ensemble des acteurs (utilisateurs, distributeurs, conseillers), de dynamiser la recherche agronomique et l'innovation, d'améliorer l'information des agriculteurs en temps réel sur la présence des maladies et ravageurs des cultures pour mieux cibler les traitements.

Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE), découlant du PNSE*, décline les engagements du Grenelle en matière de santé environnement. Il définit un ensemble d'actions communes et concertées à mener pour la période 2011-2014. En matière d'eau souterraine, ce plan vise à protéger la population des contaminations environnementales notamment dans les AAC*.

Cette carte présente la délimitation et les zones jugées sensibles de l'Aire d'alimentation (AAC) des champs captant de Sarzec-Charasse au Nord-Est de Poitiers. Il n'existe pas en surface de réseau hydrographique pérenne et les vallées sèches, jugées particulièrement sensibles, témoignent des circulations souterraines. Les actions « protectrices » devraient s'appliquer en priorité dans ces secteurs, en vertu notamment du décret relatif aux Zones Soumises à Contraintes Environnementales (ZSCE) et à sa circulaire d'application du 30 mai 2008.



©BRGM - POC

Ressources en quelques chiffres :

- 61 Captages prioritaires
- 23 Aires d'Alimentation de Captage
- 24 Porteurs de projets
- 250 000 ha dont 80 % de Surface Agricole Utile
- 45 Mm³ d'eau potable produits par an
- 530 000 personnes desservies

(source : www.poitou-charentes.fr/biodiversite-et-eau/eau/re-sources)

Prélèvements durables ou surexploitation ?

Du fait de leur importance sur une grande partie du territoire régional et de leur concentration sur quelques mois au printemps et en été, ce qui entraine des impacts sur le débit des cours d'eau et/ou sur la production d'eau potable, les prélèvements agricoles font l'objet en Poitou-Charentes d'une attention toute particulière par les gestionnaires de la ressource. Cela a conduit à mettre en place des collectes de données, des outils de connaissance ainsi que des politiques de gestion très élaborées et assez uniques sur le territoire français. Les départements (DDT) de la région pratiquent depuis plusieurs années la collecte des volumes prélevés à la quinzaine (Charente-Maritime) ou à la semaine (Vienne, Deux-Sèvres) à partir des relevés de compteur. Cette collecte s'appuie sur les associations d'irrigants et sur les chambres d'agriculture. Les irrigants sont eux même la plupart du temps organisés en association par département (l'ADIV en Vienne), par bassin voire par nappe (les irrigants du Turonien en Charente...). Cette collecte assez bien structurée permet de disposer de données précises pour les outils de gestion.

La gestion des prélèvements agricoles par des seuils fixés sur des piézomètres et sur des stations hydrométriques en rivière (seuils d'information, d'alerte et de crise) a été mise en place depuis plus de dix ans et, du fait de cette expérience, ne cesse de s'améliorer. La définition des volumes « prélevables » et la mise en place des organismes uniques, en application du décret de 2007, sont aussi effectives ou en voie de l'être. La tarification de l'eau, la recherche de solutions alternatives, la mise en œuvre d'importants programmes de retenues de substitution...., font l'objet de vifs débats, intéressant un large public, ce qui montre l'importance primordiale de la ressource en eau, en particulier souterraine, pour la région.

Par ailleurs, les gestionnaires ont mis en place des règlementations spécifiques :

- **les Zones de Répartition des Eaux*** (ZRE), définies par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, correspondent à des bassins, sous-bassins ou fraction de sous-bassins hydrographiques ou du système aquifère dans lequel l'importance de la sollicitation quantitative de la ressource entraîne un déséquilibre entre ressources et besoins en eau légalement exercés. Une grande partie du territoire de la région Poitou-Charentes (bassins versants du Clain, du Thouet, de la Sèvre Niortaise, de la Charente, de la Seudre et des cours d'eau côtiers, de l'estuaire de la Gironde, de l'Isle et de la Dronne, des canaux du Curé, de Villedoux et de Marans ainsi que la nappe du Cénomanien en Vienne et Deux-Sèvres) est classée en zone de répartition.
- Sur le bassin Loire-Bretagne, certaines nappes sont classées par le SDAGE en **Nappe Intensément Exploitées** (NIE). Dans ces zones, les aides et redevances de l'Agence de l'Eau sont majorées afin de progresser vers une utilisation de la ressource plus équilibrée : NIE du Jurassique supérieur de l'Aunis, NIE du Dogger de la Vendée et de l'Infra-Toarcien du Clain.
- En Charente, le département applique depuis 1999 **un moratoire sur les nappes du Turonien et de l'Infra-Toarcien**, afin de les réserver exclusivement à l'alimentation en eau potable*. Toute autorisation de création de nouveaux forages autres que pour ces besoins est provisoirement suspendue. Une démarche similaire est engagée depuis 2000 en Deux-Sèvres et en Vienne, sur l'Infra-Toarcien.
- En Charente-Maritime, le risque de pollution des nappes du Crétacé peut provenir de défauts d'isolation entre les nappes de certains forages d'irrigation, pouvant favoriser le mélange d'eaux superficielles vulnérables aux pollutions, avec les eaux profondes, en général de bonne qualité. Un protocole d'accord entre les acteurs de l'eau définit les secteurs prioritaires pour la préservation, les règles d'accès aux aquifères*, le moyen de remédier aux ouvrages non conformes, et les priorités pour la mise en conformité de forages privés.

Avec près de 200 millions de mètres cubes prélevés dans le milieu par l'agriculture en Poitou-Charentes, dont les 2/3 en nappe, la ressource en eau revêt une importance économique de premier plan. Mais d'un autre coté, ces prélèvements ont un impact important sur le milieu.

© BRGM - POC

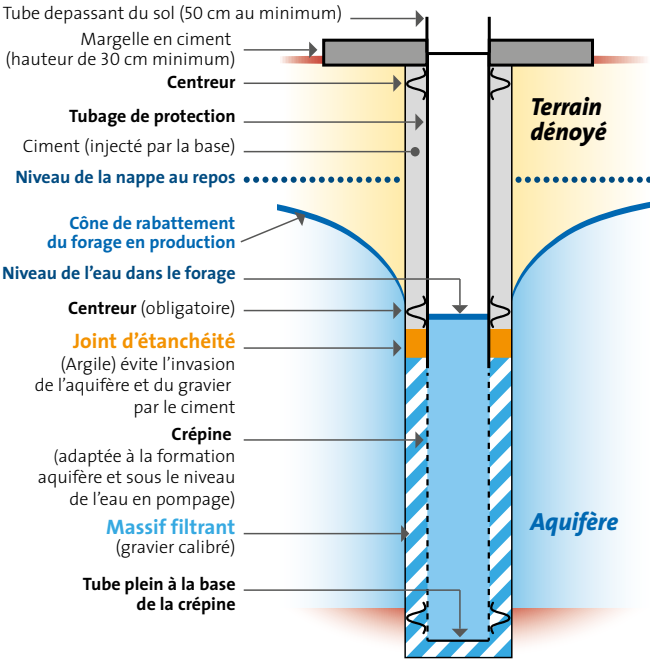
Réalisation et exploitation d'un forage

En Poitou-Charentes, plus de 25 000 forages ou puits, dans des nappes superficielles ou profondes, sont déclarés dans la Banque de données du Sous-Sol. Mais on estime à plus du double le nombre de ces « trous » dans le sous-sol qui constituent autant de risque de pollution de notre ressource souterraine collective, que nous consommons par ailleurs, si nous ne prenons pas un certain nombre de précautions pour leur réalisation et leur entretien.

Critères d'implantation

L'arrêté interministériel « forages » publié le 11 septembre 2003, contient les règles techniques minimales permettant d'exécuter un ouvrage soumis à déclaration ou autorisation au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement dans le respect de la protection des eaux souterraines. Le forage doit être implanté dans un environnement propre, éloigné de toute source potentielle de pollution, dans la mesure où cette dernière peut être attirée vers l'ouvrage par le pompage lui-même.

L'implantation de forages peut-être interdite dans les périmètres de protection rapprochés des captages d'eau potable d'où la nécessité pour le pétitionnaire de consulter les arrêtés de DUP. D'autres règlementations plus contraignantes peuvent s'appliquer.



Prescriptions techniques

L'arrêté du 11 septembre 2003 impose lors de la réalisation d'un ouvrage :

- une cimentation de l'espace annulaire entre le terrain et le tubage sur au moins 1 m de profondeur ;
- soit la tête du forage est située dans un ouvrage clos ;
- soit la tête de forage située à l'extérieur doit être entourée d'une margelle de 3 m² minimum et de 0,30 m de hauteur au-dessus du terrain naturel ;
- la tête de forage est fermée à clef et s'élève au moins de 50 cm au-dessus du sol ;
- dans les zones inondables, la tête du forage est rendue étanche ou située dans un local lui-même étanche et surélevé par rapport au terrain naturel pour tenir compte de la cote d'inondation exceptionnelle ;
- le forage doit être fait par une entreprise compétente et expérimentée. La norme AFNOR NF X 10-999 définit les conditions de réalisation, de suivi et d'abandon des forages d'eau ou des sondes géothermiques.

Quelques exemples de mauvaises et de bonnes pratiques.

Equipement de pompage

Les prélèvements effectués devront prévenir toute surexploitation ou modification significative du niveau ou de l'écoulement de la ressource :

- les caractéristiques de la pompe dépendront des résultats obtenus au cours du forage et des pompages d'essai qui devront déterminer les capacités de production de l'ouvrage de manière à ne pas surexploiter l'aquifère et à limiter l'impact sur les forages voisins, en particulier pour l'eau potable. On veillera à ne pas dénoyer le toit d'un aquifère captif ou les arrivées d'eau principales pour un aquifère libre ;
- la pompe doit être munie d'un clapet de pied ;
- en cas de raccordement à une installation alimentée par un réseau public, un disconnecteur sera obligatoirement installé à l'aval immédiat du compteur d'eau ;
- l'installation de pompage doit être équipée d'un compteur volumétrique ne disposant pas de possibilité de remise à zéro.

Abandon d'ouvrage

L'abandon de l'ouvrage doit être signalé au service en charge de la police des eaux. Tout ouvrage abandonné est comblé par des techniques appropriées permettant de garantir l'absence de transfert de pollution et de circulation d'eau entre les différentes nappes d'eau souterraine.

La réglementation

Dans la réglementation française, plusieurs codes s'appliquent aux eaux souterraines. En premier lieu, le **code de l'environnement** est fondé sur un ensemble de principes, dont en particulier la gestion équilibrée de la ressource et la protection de toutes les eaux vis à vis des pollutions (article L. 211–1 du code de l'environnement), la mise en place de régimes d'autorisation ou de déclaration pour les ouvrages et les activités susceptibles de représenter un danger ou un impact plus ou moins fort sur la ressource en eau. Tous les forages nécessaires au fonctionnement des installations classées ou pour la surveillance de leurs effets relèvent de la législation ICPE* et ne sont pas soumis au titre « eau et milieux aquatiques » du code de l'environnement (loi sur l'eau). Ils peuvent être soumis à des prescriptions particulières par l'arrêté d'autorisation général qui réglemente l'activité ICPE. Toutefois, un prélèvement servant à la fois à l'alimentation d'un élevage (ICPE) et pour l'irrigation sera de préférence autorisé ou déclaré au titre de la police de l'eau ; les besoins en eau pour l'irrigation étant, dans le cas général, supérieurs aux besoins pour l'élevage. Les services assurant la gestion de ces procédures sont la **DREAL*** au niveau régional et les Missions Inter-Services de l'Eau (**MISE***) au niveau départemental.

Afin de vérifier son état, un ouvrage peut faire l'objet d'une inspection vidéo. On descend alors dans le tubage une caméra qui permet de filmer l'intérieur du tubage – ici vue d'un forage en bon état à 68,3 m de profondeur.

Il existe un Guide de l'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 que l'on peut se procurer sur le site : ***http://www.brgm.fr/logiciels/gesfor/Guide-Forages.pdf***

Selon le code de la santé publique lorsque le prélèvement d'eau dans le milieu naturel est destiné à la consommation humaine ou à une entreprise agroalimentaire, il est soumis à autorisation (articles R1321-6 à R1321-10 et R1321-14 du code de la santé publique). Le captage doit respecter les prescriptions énoncées par son arrêté d'autorisation spécifique, pris en application de la législation sur l'eau et du code général de la santé. Il doit éviter les risques de pollution par retour d'eau (double réseau ou manchon souple). Les matériaux utilisés ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau. Pour un usage alimentaire et/ou sanitaire collectif , le captage et la zone affectée par le prélèvement sont protégés par des prescriptions spécifiques détaillées dans les différents périmètres de protection*.

Le code minier fait obligation de déclaration préalable à toute personne exécutant un ouvrage souterrain dont la profondeur dépasse **10 mètres** (article 131). Cette réglementation est générale et s'applique à tous les types de forages : forages d'eau, forages géothermiques, recherche de substances utiles, fondations, géophysique, reconnaissance géologique... L'objectif initial de la déclaration consiste à améliorer la connaissance du sous-sol. Ces informations sont archivées et conservées dans la Banque du Sous-Sol (BSS) gérée par le **BRGM** et accessible au public (article 132), mais la déclaration se fait en premier lieu auprès de la **DREAL**. Par ailleurs, les forages effectués dans le cadre de l'exploitation de gîtes géothermiques, de la recherche ou de l'exploitation minières, ceux relatifs au stockage souterrain de gaz, hydrocarbures et produits chimiques et plus généralement les travaux visés au code minier sont régis par le règlement général des industries extractives. Les gîtes géothermiques à basse température (moins de 150 °C), de minime importance (moins de 232 KW/H) et de moins de 100 m de profondeur donnent lieu à une simple déclaration. Au-delà ils sont soumis à une procédure d'autorisation avec l'obtention d'un permis de recherche.

Fiche de déclaration unique préalable aux travaux souterrains

Déclaration commune aux différentes réglementations en vigueur concernant les travaux souterrains, la recherche, l'exploitation et l'usage de l'eau souterraine, à envoyer AVANT les travaux, dans les délais définis au verso, à l'administration en charge du guichet unique (Définition et adresse), **qui transmettra lorsque nécessaire aux autres administrations concernées.**

Identification du pétitionnaire

Maître d'ouvrage *(personne pour le compte de laquelle le travail est exécuté) :*
Nom, prénom (ou raison sociale):..... Tél :.....
Adresse : .....

Maître d'oeuvre *(personne ou société qui fait réaliser les travaux) :*
Nom, prénom (ou raison sociale):..... Tél :.....
Adresse : .....

Entrepreneur *(personne ou société qui réalise les travaux) :*
Nom, prénom (ou raison sociale) :.....Tél :.....
Adresse :.....

Localisation et nature des travaux

Emplacement : département : ..... commune : .....
Rue et n° (ou lieu-dit) : .....
Référence cadastrale : section(s) .....parcelle(s) n° .....
date de début des travaux : ..... durée probable : .....
(Joindre impérativement un extrait de carte IGN à 1/25000 avec localisation du projet)

Nature de l'ouvrage : puits, forage, sondage, excavation, autre : .....Nombre :.....
Indiquer l'objet de la reconnaissance (sol-fondation, ...) : .....
Indiquer l'objet de la recherche (eau, matériaux, minerais...) : .....
Indiquer l'objet de l'exploitation (eau, sable,...) : .....
Profondeur prévisionnelle de l'ouvrage : .....m
ou des ouvrages : minimum : .....m et maximum : .....m

En cas de prélèvement d'eau prévu

Débit escompté
Q :..... m^3/h Q : .....m^3/j Q :.....m^3/an

Nappe *ou* ***niveau aquifère*** dans laquelle le prélèvement va être effectué : .....

Utilisation des débits prélevés
Eau destinée à l'alimentation en eau potable d'une collectivité AEP ☒
Eau service public utilisée uniquement pour voirie, égout, incendie,... ☒
Eau utilisée pour alimenter toute surface d'eau superficielle (ex : étang) ☒
Eau industrielle y compris eau de refroidissement ☒ Eau irrigation ☒ Eau aspersion ☒
Eau agricole, également pour cressonnières ☒ Eau pisciculture ☒ Eau cheptel ☒
Eau domestique ☒ Pompe à chaleur ☒ Piézomètre ☒
Autres: ..... Précisez avec ou sans usage alimentation : .....

A.....le.....Signature

Les informations contenues dans le présent formulaire ne seront utilisées que pour les seules nécessités de la gestion et de la sauvegarde, elles pourront donner lieu à exercice du droit individuel d'accès dans les conditions prévues par la loi " informatique et libertés " du 6 janvier 1978 (art.34 et 36).

La déclaration d'un forage de plus de 10 m de profondeur est une obligation du code minier et se fait à la DREAL en utilisant l'imprimé récupérable sur le site : ***http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr/declaration-de-forage-r1212.html.***

La création du dossier est réalisée par le BRGM. Chaque ouvrage reçoit un numéro identifiant, le code BSS. Les données sont consultables ensuite sur le site :* ***http://infoterre.brgm.fr/***

J'ai ou je vais faire réaliser un forage, que dois-je faire ?

En tant que propriétaire je prévois de réaliser un forage, selon l'ouvrage et les réglementations applicables, mes obligations seront différentes.

*Le forage est réalisé dans le cadre d'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (**ICPE**) ?*

N → *Le prélèvement satisfera uniquement des besoins domestiques**

Je prévois de prélever plus de 1000 m³ par an ?

- **N** → L'exécution du forage est soumise à déclaration au titre de la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature « eau » et doit faire l'objet d'un document d'incidence.
  - Forage implanté en zone de répartition**, avec un débit de la pompe :
    - < 8 m³/h « D »
    - ≥ à 8 m³/h « A »
  - Forage implanté hors zone de répartition**, le volume prélevé :
    - ≥ à 200 000 m³/an « A »
    - Entre 10 000 et 200 000 m³/an « D »
    - < 10 000 m³/an → Le prélèvement ne relève pas de la nomenclature « eau ».
- **O** → Depuis le 1er janvier 2009, tout particulier utilisant ou souhaitant réaliser un ouvrage de prélèvement d'eau souterraine à des fins d'usage domestique* doit déclarer cet ouvrage ou son projet en mairie.
  http://www.forages-domestiques.gouv.fr/

O → **ICPE**

- ICPE soumise à déclaration
- ICPE soumise à autorisation

Le forage sert-il au fonctionnement de l'ICPE ?

- **N** → Je prévois de prélever plus de 1000 m³ par an ?
- **O** → Quel que soit le volume prélevé, l'ouvrage est réglementé dans le cadre de l'ICPE et doit faire l'objet en préalable d'un document d'incidence. *Je recevrai le document administratif variant selon l'importance du prélèvement et le régime réglementaire de l'ICPE.*

Le prélèvement relève des rubriques 1.1.2.0 ou 1.3.1.0 de la nomenclature « eau » et doit faire l'objet d'un document d'incidences en préalable.

« D » Déclaration : *Je recevrai un récépissé dans les 15 jours. Attendre 2 mois pour mettre en place le prélèvement.*

« A » Autorisation : *L'ouvrage est soumis à une procédure complète avec enquête publique et fera l'objet d'un arrêté préfectoral dans les 9 mois.*

En tant que propriétaire, j'ai déjà un forage ou un puits que j'utilise à des fins strictement domestiques*.

Autres réglementations pouvant s'appliquer...

- **Usage alimentaire**
  Le prélèvement d'eau est soumis à autorisation au titre du Code de la santé publique.
- **Tout forage de plus de 10 m de profondeur** doit faire l'objet d'une déclaration au titre du Code minier.
- **Géothermie**
  - un projet doit faire l'objet d'un permis de recherche et d'exploitation (Code minier, moyenne et basse température) à l'exception des gîtes de minime importance (< 100 m de profondeur et < 200 thermie / heure) ;
  - un forage de prélèvement d'eau doit être doublé avec un forage de réinjection (utilisation des PAC).

Légendes **N** : Non **O** : Oui

** Constituent un **usage domestique** de l'eau, au sens de l'article L. 214-2, les prélèvements destinés exclusivement à la satisfaction des besoins des personnes physiques propriétaires ou locataires des installations et de ceux des personnes résidant habituellement sous leur toit, dans les limites des quantités d'eau nécessaires aux besoins domestiques. Par ailleurs tout prélèvement ≤ 1000 m³/an est assimilé à un usage domestique.*

*** Les **Zones de Répartition des Eaux** sont définies par arrêté préfectoral (liste de communes) et correspondent à des bassins ou sous-bassins hydrographiques ou à des nappes pour lesquels est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins.*

Les acteurs de l'eau

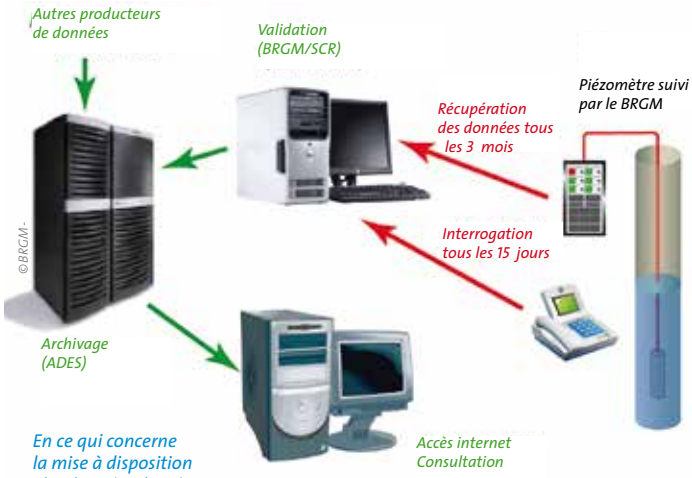
De nombreux acteurs participent en Poitou-Charentes à la connaissance, au suivi quantitatif et qualitatif et à la gestion des eaux souterraines, conformément à la réglementation nationale et à la directive cadre européenne

Savoir pour prévoir

La gestion des eaux souterraines concerne aussi bien leur état qualitatif que quantitatif. Le suivi des prélèvements incombe aux **Agences de l'eau*** qui stockent les données déclarées par les préleveurs (syndicats d'eau potable, agriculteurs, industriels...). Les établissements déconcentrés du ministère en charge de la santé (**Agence Régionale de Santé**) sont chargés du contrôle sanitaire des eaux* brutes* destinées à la production d'eau potable*, des eaux distribuées et des eaux embouteillées, ainsi que de l'instruction des procédures de DUP* des captages utilisés pour l'alimentation en eau potable. Le **BRGM**, par convention avec l'Etat, et plus particulièrement avec **l'ONEMA***, a en charge le suivi piézométrique (état quantitatif). Toutefois, certaines collectivités ont souhaité conserver ce rôle, comme c'est le cas en Poitou-Charentes pour le **Conseil Régional**. Certaines structures ont mis en place des réseaux de suivi du niveau des nappes complémentaires : syndicat des eaux de la Charente Maritime, Conseil général de la Charente... Le Conseil régional a aussi assumé de 2001 à 2011 la maîtrise d'ouvrage du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines, en partenariat avec les deux Agences de l'eau, ce qui a permis de bénéficier d'un réseau particulièrement dense en matière de points suivis et d'analyses réalisées (notamment vis-à-vis des phytosanitaires), ce qui le rendait exceptionnel en France. Ce suivi est alimenté grâce à des mesures de terrain, sans cesse actualisées, associées à des modélisations qui permettent d'évaluer les risques*. Ces données sont nécessaires à une bonne gestion locale. Elles le sont aussi pour répondre aux exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'eau*. Enfin, la récolte d'information est également importante à l'échelle planétaire car l'eau appartient au patrimoine de l'humanité et la France doit rendre des comptes dans le cadre de conventions internationales. Ces différents stades de données et de connaissances font intervenir de nombreux acteurs de l'Etat : établissements publics de recherche, Agences de l'eau, collectivités, opérateurs de terrain... qui doivent aujourd'hui se mobiliser et se coordonner, et donc pouvoir accéder facilement aux données.

Au niveau du suivi de la qualité des eaux, qui comportait 107 points en 2012 pour la région, Poitou-Charentes présente une densité moyenne en ce qui concerne les points d'observation et vis-à-vis de la situation nationale. La répartition des points est assez homogène dans la région.
Ci-dessous la carte des points de suivi de la qualité des eaux souterraines qui inclut les captages pour l'eau potable surveillées au titre du code de la santé publique.

©BRGM Éditions



En ce qui concerne la mise à disposition des données des réseaux de piézomètres, les données recueillies sur le terrain sont télétransmises à intervalles réguliers. Après validation, elles sont archivées et mises à disposition via internet.*

Une organisation en poupées russes

L'hydrogéologue, qui relève les mesures sur le terrain, constitue le premier maillon de la chaîne des acteurs. A l'heure actuelle, les équipements installés permettent la télétransmission des données depuis la plupart des points d'observation des nappes. Mais ces derniers sont nombreux et peuvent appartenir à des réseaux différents. Ne serait-ce que dans le domaine de la mesure quantitative de la ressource, les piézomètres sont suivis par divers maîtres d'ouvrage. Le réseau national de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines correspond à l'agrégat supérieur et est sous la responsabilité du Ministère en charge de l'environnement. Dans un souci de clarifier la situation et de limiter le nombre d'interlocuteurs, ce dernier a souhaité mettre ces réseaux sous l'égide de l'ONEMA* avec une gestion « technique » nationale confiée au BRGM. Les informations recueillies viennent enrichir la banque nationale des données sur les eaux souterraines (ADES).

Dans plusieurs régions, dont Poitou-Charentes, des Systèmes d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines (SIGES) rassemblent et synthétisent les données régionales. Ces informations sont accessibles par internet (*http://sigespoc.brgm.fr*).

Le « SIGES » Poitou-Charentes vient d'être complètement revu et actualisé. Il bénéficie aussi de la mutualisation des développements réalisés pour les autres SIGES. Il est soutenu par les Agences de l'eau Adour-Garonne et Loire-Bretagne, pour qui il constitue l'élément régional des informations sur les eaux souterraines du portail de bassin.

Tout est lié

La DCE* s'adresse à toutes les eaux : de surface* (côtières, fluviales et lacustres) comme souterraines*. Elle vise une gestion intégrée de la ressource en eau étroitement liée à la notion de développement durable*. L'objectif fixé par la DCE, l'atteinte du bon état* chimique et écologique des masses d'eau d'ici 2015, nécessite de développer des relations avec d'autres acteurs impliqués dans l'aménagement du territoire, l'agriculture, le transport, l'urbanisme, etc...

La préservation du milieu marin fait appel aux chercheurs de l'**IFREMER** ; la protection des sols ou la réduction des polluants agricoles aux chercheurs de l'**INRA** et d'**IRSTEA**, tandis que le traitement de la pollution des sols impliquera des ingénieurs de l'**INERIS**. Tous ces organismes, ainsi que le **CNRS**, les **universités**, les **écoles des mines**... mènent des travaux au sein de programme interdisciplinaires de recherche sur l'environnement. Quant à l'**Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments** (AFSSA), la thématique de l'eau potable constitue l'une de ses orientations stratégiques, tandis que l'**Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail** (AFSSET) anime l'Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP) et veille sur les dangers nouveaux ou mal maîtrisés liés au grand cycle de l'eau.

L'avenir des eaux souterraines

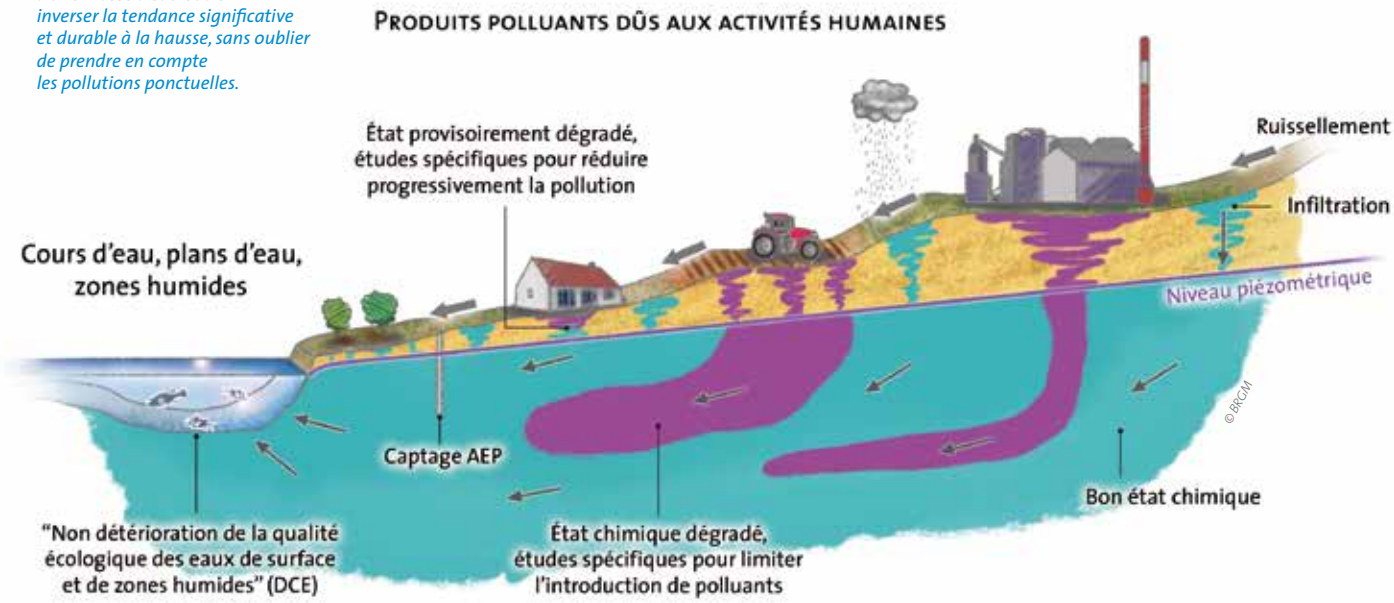
Sur le long terme, on s'aperçoit que les améliorations de l'état du cycle de l'eau sont surtout dues aux traitements des rejets ponctuels, urbains et industriels. Les dégradations actuelles proviennent principalement des pollutions diffuses agricoles qui sont cependant en voie de stabilisation. Mais la présence de micropolluants toxiques, chimiques ou biologiques, constitue un nouveau problème très préoccupant. Les dégradations, bien que moins spectaculaires qu'auparavant, présentent un caractère chronique et les améliorations ont atteint une phase asymptotique qui n'est que rarement celle du bon état des milieux préconisé par la DCE.

Sur le plan quantitatif, on constate une exploitation de la ressource souterraine qui est préjudiciable particulièrement en Poitou-Charentes à l'état des cours d'eau. Les épisodes chroniques de sècheresse révèlent de façon aiguë des conflits d'usage estivaux entre les différents utilisateurs de l'eau (distributeurs d'eau potable, agriculteurs, ostréiculteurs, pêcheurs, tourisme...). Pourtant, en ce début du XXIe siècle, la preuve de l'importance des eaux souterraines n'est plus à apporter. Considérées comme le « patrimoine commun », elles doivent être gérées dans un souci de développement durable. En dehors de la réglementation, qui ne manque pas et qu'il suffit de mettre en œuvre, la recherche a également son rôle à jouer : améliorer la connaissance de l'écoulement des eaux du sous-sol et de la circulation des polluants, quantifier le bon état écologique, anticiper les effets du changement climatique, évaluer les impacts des activités humaines, détecter les polluants émergents et évaluer leurs risques sur la santé...

Protéger les eaux souterraines est un investissement à long terme. Du fait de leur inertie il faudra plusieurs générations avant que certaines nappes retrouvent leur qualité. Une raison de plus pour commencer maintenant.

Inverser les tendances à la hausse de la mauvaise qualité des nappes.

La DCE prévoit d'identifier le mauvais état chimique d'une masse d'eau et d'en inverser la tendance significative et durable à la hausse, sans oublier de prendre en compte les pollutions ponctuelles.



Glossaire

De nombreuses définitions sont empruntées aux glossaires du site du Ministère en charge de l'environnement : **www.glossaire.eaufrance.fr*

AFFLEUREMENT : Partie d'une couche géologique visible en surface.

AGENCE DE L'EAU : Établissement public de l'État à caractère administratif placé sous la tutelle du ministre chargé de l'environnement. Dans le bassin ou groupement de bassins*, l'Agence de l'eau met en œuvre le Schéma Directeur* d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE*) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux* (SAGE*), en favorisant une gestion équilibrée et économe de la ressource en eau et des milieux aquatiques, l'alimentation en eau potable*, la régulation des crues et le développement durable* des activités économiques. Elle mène, de plus, une politique foncière de sauvegarde des zones humides* approuvée par le comité de bassin. Ses ressources proviennent essentiellement de la perception de redevances sur les prélèvements* et la pollution* des eaux. L'Agence de l'eau apporte des concours financiers aux actions d'intérêt commun qui contribuent à la gestion équilibrée de la ressource en eau et des milieux aquatiques, par exemple de dépollution, de gestion quantitative de la ressource ou de restauration et de mise en valeur des milieux aquatiques. L'Agence de l'eau fait partie du secrétariat technique de bassin et assure le secrétariat du comité de bassin.

ALÉA : Nature, occurrence, intensité et durée d'un phénomène menaçant.

ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) : Ensemble des équipements, des services et des actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs. On considère cinq étapes distinctes dans cette alimentation : prélèvements*, captages*, traitement pour potabiliser l'eau, adduction (transport et stockage), et distribution au consommateur.

AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE (AAC): Elle correspond à la zone en surface sur laquelle l'eau, qui s'infiltre ou ruisselle, alimente le captage.

AQUIFÈRE : (du latin aqua [eau] et ferre [porter]) Terrain perméable contenant une nappe d'eau souterraine*.

ARTÉSIEN JAILLISSANT : Puits ou forage dans lequel l'eau monte plus haut que le toit de l'aquifère et s'écoule spontanément à la surface du sol. Ce type de puits exploite toujours une nappe captive*.

ASSEC : Assèchement temporaire d'un cours d'eau ou d'un tronçon de cours d'eau.

BANCARISATION : Processus permettant de conserver les données dans le cadre organisé d'une base de données* d'où il est aisé de les extraire au moyen de requêtes.

BASE DE DONNÉES : Ensemble structuré de fichiers qui regroupe des informations ayant des caractères en commun et accessibles au moyen d'un logiciel. Le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE) gère uniquement des bases de données constituées de documents de spécification et de jeux de données de référence.

BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE : bassin aquifère simple ou complexe, dans lequel les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire ou un groupe d'exutoires. Il est délimité par une ligne de partage des eaux souterraines. C'est l'homologue souterrain d'un bassin versant pour les eaux de surface.

BASSIN VERSANT : Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte des eaux, considérée à partir d'un exutoire : elle est limitée par le contour à l'intérieur duquel toutes les eaux s'écoulent en surface et en souterrain vers cet exutoire. Ses limites sont les lignes de partage des eaux.

BISEAU SALÉ : Partie d'un aquifère* côtier envahi par de l'eau salée (généralement marine) comprise entre la base de l'aquifère et une interface eau douce – eau salée, le coin d'eau salée étant sous l'eau douce. L'apparition d'un biseau salé, au-delà d'une position naturelle de faible pénétration, est le plus souvent la conséquence de la surexploitation de l'aquifère.

BON ÉTAT : Objectif à atteindre pour l'ensemble des eaux en 2015, conformément à la directive* cadre sur l'eau 2000/60/CE, sauf en cas de report de délai ou de définition d'un objectif moins strict. Le bon état d'une eau de surface est atteint lorsque son état écologique et son état chimique sont au moins « bons ». Le bon état d'une eau souterraine est atteint lorsque son état quantitatif et son état chimique sont au moins « bons ».

CAPTAGE : Dispositif par lequel on puise (source, sous-sol, rivière) l'eau nécessaire à un usage donné.

CHAMP CAPTANT : Zone englobant un ensemble d'ouvrages de captages* prélevant l'eau souterraine d'une même nappe*.

CHRONIQUE PIÉZOMÉTRIQUE OU COURBE PIÉZOMÉTRIQUE : La chronique piézométrique est le recueil de l'évolution dans le temps du niveau de la nappe* surveillée ou niveau piézométrique*. Elle est constituée de mesures qui associent le niveau de la nappe à un instant donné. En fonction de la variabilité du niveau de la nappe, les mesures sont plus ou moins rapprochées dans le temps. Les mesures obtenues sont positives ou négatives vis à vis du repère de mesure :

elles sont positives lorsque le niveau de la nappe est inférieur à celui du repère de mesure (cas les plus fréquents) et négatives dans le cas inverse (puits artésiens). Une chronique est représentée par une courbe qui est discrétisée pour être mémorisée en une succession de points, chaque point représentant un niveau de la nappe à un instant donné. Les points sont chaînés les uns aux autres à l'aide d'un code qui indique si un point est lié au point qui le précède dans le temps. Si le point n'est pas lié, il constitue alors le point initial d'une nouvelle partie de la chronique. La présence d'un point initial caractérise aussi l'absence d'information sur le niveau de la nappe pour la période qui le sépare du point précédent.

CODE BSS : Code national de la Banque du Sous-Sol (BSS) attribué par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) aux ouvrages souterrains notamment aux captages* d'eau. Etabli selon le principe du positionnement du point sur une carte géologique au 1/50.000, le code BSS est de la forme suivante : 08035X0398/F. Les caractéristiques qui lui sont associées (coordonnées géographiques, profondeur et coupe géologique) permettent ensuite de localiser précisément chaque captage et d'identifier la nappe* captée.

COMITÉ TECHNIQUE DE L'EAU (CTE) : Comité institué par le décret 87-154 du 27/02/1987, de couverture régionale comprenant des représentants des administrations de l'Etat concernées mais aussi les services de l'Agence de l'eau et de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, et associant en tant que de besoin des représentants des collectivités territoriales, des usagers, des associations de défense de l'environnement et des personnalités qualifiées. Les réunions des Comités Techniques de l'Eau (CTE) doivent permettre une information réciproque sur les actions envisagées et engagées et procèdent à l'étude des problèmes régionaux de l'eau. Ils sont présidés par le préfet de région concerné.

COMMISSION LOCALE DE L'EAU (CLE) : Commission créée par le préfet, chargée de l'élaboration, de la révision et du suivi de l'application du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux* (SAGE).

CONTRÔLE SANITAIRE DES EAUX : Contrôle portant sur toutes les eaux destinées aux usages et ayant une incidence sur la santé publique (eau potable*, baignade, abreuvement...), et qui vérifie leur conformité à des exigences réglementaires sur le plan de la consommation ou de l'hygiène humaine et animale (normes OMS...). Les lieux de prélèvement* des échantillons et les méthodes analytiques de référence utilisées pour ce contrôle sont déterminés par les autorités nationales compétentes (Ministères chargés de la Santé, de l'Agriculture...).

CRÊTE PIÉZOMÉTRIQUE : Ligne de partage des eaux souterraines. Ligne à flux nul (pas d'écoulement) séparant deux bassins hydrogéologiques* limitrophes. De chaque côté de cette crête, les valeurs de la piézométrie mesurée sont inférieures à celles mesurées (ou estimées) sur la crête.

DÉBIT D'ÉTIAGE : Débit minimum d'un cours d'eau calculé sur un pas de temps donné en période de basses eaux. Ainsi pour une année donnée on parlera de : débit d'étiage journalier, débit d'étiage de n jours consécutifs, débit d'étiage mensuel : moyenne des débits journaliers du mois d'étiage (QMNA). Pour plusieurs années d'observation, le traitement statistique de séries de débits d'étiage permet de calculer un débit d'étiage fréquentiel. Par exemple, le débit d'étiage mensuel quinquennal (ou QMNA 5) est un débit mensuel qui se produit en moyenne une fois tous les cinq ans. Le QMNA 5 constitue le débit d'étiage de référence pour l'application de la police de l'eau.

DÉBIT D'OBJECTIF D'ÉTIAGE (DOE) : Valeur de débit moyen mensuel au point nodal (point clé de gestion) au-dessus de laquelle, il est considéré qu'à l'aval du point nodal l'ensemble des usages (activités, prélèvements, rejets...) est en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. C'est un objectif structurel, arrêté dans les SDAGE*, SAGE* et documents équivalents, qui prend en compte le développement des usages à un certain horizon (10 ans pour le SDAGE). Il peut être affecté d'une marge de tolérance et modulé dans l'année en fonction du régime (saisonnalité). L'objectif DOE est atteint par la maîtrise des autorisations de prélèvements en amont, par la mobilisation de ressources nouvelles et des programmes d'économies d'eau portant sur l'amont et aussi par un meilleur fonctionnement de l'hydrosystème.

DÉBIT DE CRISE (DCR) : Valeur de débit d'étiage* au-dessous de laquelle l'alimentation en eau potable* pour les besoins indispensables à la vie humaine et animale, ainsi que la survie des espèces présentes dans le milieu sont mises en péril. À ce niveau d'étiage, toutes les mesures possibles de restriction des consommations et des rejets doivent avoir été mises en œuvre (plan de crise).

DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE (DUP) : Acte administratif reconnaissant le caractère d'utilité publique à une opération projetée par une personne publique ou pour son compte, après avoir recueilli l'avis de la population à l'issue d'une enquête d'utilité publique.

DÉVELOPPEMENT DURABLE : Développement qui s'efforce de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. Dans cette optique, les modes de production et de consommation doivent respecter l'environnement humain ou naturel et permettre à tous les habitants de la Terre de satisfaire leurs besoins fondamentaux : se nourrir, se loger, se vêtir, s'instruire, travailler, vivre dans un environnement sain. Appliqué à l'économie, il intègre trois dimensions : économique (efficacité, rentabilité), sociale (responsabilité sociale) et environnementale (impact sur l'environnement).

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT ET DU LOGEMENT (DREAL) : Services déconcentrés du Ministère en charge de l'environnement. Dans chaque région hors Île-de-France et

Outre-mer français, les DREAL remplacent les Directions Régionales de l'Équipement (DRE), les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) et les Directions Régionales de l'ENvironnement (DIREN) dont elles reprennent les compétences par fusion de ces dernières dans chaque région entre 2009 et 2010.

DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU (DCE) : Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, communément appelée Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Elle fixe des objectifs environnementaux et des échéances pour améliorer l'état écologique et l'état chimique des masses d'eau* de surface ainsi que l'état quantitatif et l'état chimique des masses d'eau souterraines. Certaines masses d'eau, créées par l'activité humaine ou fondamentalement modifiées dans leurs caractéristiques par l'activité humaine, peuvent être désignées comme respectivement Masses d'Eau Artificielles (MEA) ou Masses d'Eau Fortement Modifiées (MEFM). Dans ce cas, leurs caractéristiques et leur fonctionnement écologiques sont décrits par un potentiel écologique. La DCE fixe en particulier l'objectif général d'atteindre le « bon état* » ou le « bon potentiel » des masses d'eau d'ici 2015, et établit une procédure de planification à cette fin. Suivant des cycles de gestion de six ans (2010-2015, 2016-2021, 2022-2027...) et au sein de chaque bassin ou groupement de bassins, un état des lieux doit être réalisé, un programme de surveillance doit être défini, une participation du public doit être assurée dans le cadre de l'élaboration du calendrier, du programme de travail et de la synthèse provisoire des questions importantes, ainsi que des projets de plans de gestion (qui sont inclus dans un SDAGE*) et de programmes de mesures. Dans une logique de développement durable*, les considérations économiques ont été explicitement prises en compte dans la directive. Ainsi, des exemptions sont prévues à l'atteinte du bon état et du bon potentiel d'ici 2015, qui peuvent être justifiées notamment par des coûts disproportionnés. Il doit, de plus, être fait état des mesures prises en matière de tarification de l'eau et de récupération des coûts des services de l'eau.

DIRECTIVE EAUX SOUTERRAINES : Directive fille 2006/118/CE du 12 décembre 2006 concernant la protection des eaux souterraines* tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Elle vise à établir des critères pour l'évaluation du bon état* chimique des eaux souterraines. La définition de ce bon état repose, d'une part, sur l'existence de normes de qualité communautaires (pour les nitrates, pesticides et biocides) et, d'autre part, sur l'identification des polluants et de leurs valeurs seuils caractérisant les masses d'eaux* souterraines dites « à risque* ».

DIRECTIVE NITRATES : Directive n° 91/676/CEE du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles, dite « Directive Nitrates ». Elle vise à réduire la pollution des eaux provoquée ou induite par les nitrates à partir de sources agricoles, et prévenir toute nouvelle pollution de ce type. Elle comporte : la désignation de zones vulnérables* avant fin 1993, l'établissement d'un ou plusieurs Codes de Bonne Pratique Agricole (CBPA), l'établissement de programmes d'action avant fin 1995 applicables aux zones vulnérables et incluant de manière obligatoire les mesures arrêtées dans le ou les CBPA, la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité des eaux au regard des concentrations en nitrates et du degré d'eutrophisation. Elle a été en partie transcrite en droit français par le décret du 27 août 1993.

DRAINAGE : Évacuation naturelle ou artificielle, par gravité ou par pompage, d'eaux superficielles ou souterraines.

DRAINANCE : Phénomène de passage d'eau à travers une formation semi-perméable et échange entre celle-ci et un aquifère contigu, généralement captif.

EAU MINÉRALE : Selon le décret 89-369 du 6 juin 1989, eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter ses propriétés favorables à la santé. Elle témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de composition et de température à l'émergence, qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée.

EAU POTABLE : Eau propre à la consommation, ne contenant aucun germe pathogène. L'eau prélevée directement dans le sol ne peut pas toujours être bue telle que. Elle doit être contrôlée et éventuellement purifiée avant d'être distribuée chez l'usager. Ses caractéristiques sont définies par la directive européenne de 1998, reprise en droit français.

EAUX BRUTES : Eaux superficielles ou souterraines telles qu'elles se présentent dans le milieu naturel avant d'avoir été traitée en vue d'un usage. Ce sont des eaux usées* non traitées.

EAUX DE SURFACE : Toutes les eaux qui s'écoulent ou qui stagnent à la surface de l'écorce terrestre (lithosphère). Les eaux de surface comprennent les eaux intérieures (cours d'eau, plans d'eau, canaux, réservoirs), à l'exception des eaux souterraines*, et les eaux côtières et de transition.

EAUX SOUTERRAINES : Toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol en contact direct avec le sol ou le sous-sol et qui transitent plus ou moins rapidement (jour, mois, année, siècle, millénaire) dans les fissures et les pores du sol en milieu saturé ou non.

EAUX USÉES : Eaux ayant été utilisées par l'homme. On distingue généralement les eaux usées d'origine domestique, industrielle ou agricole. Ces eaux sont rejetées dans le milieu naturel directement ou par l'intermédiaire de système de collecte avec ou sans traitement. On parle également d'eaux résiduaires.

EPANDAGE : Action consistant à répandre une matière solide ou liquide sur une surface (effluents d'élevage, amendements, engrais, produits phytosanitaires*, boues de station d'épuration, etc.).

EMMAGASINEMENT : Volume d'eau libérée ou emmagasinée par unité de volume du milieu aquifère et par unité de variation de la charge hydraulique correspondante. Un aquifère à emmagasinement élevé est dit capacitif.

ETIAGE : Niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau ou d'une nappe dans un cycle hydrologique annuel.

EVAPOTRANSPIRATION : L'émission de vapeur d'eau ou évapotranspiration (exprimée en mm) résulte de l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et de la transpiration des plantes. La recharge des nappes par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal, peut être limitée, car la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation.

HYDROGÉOLOGIE : Science des eaux souterraines*, comprise dans les Sciences de la Terre. L'hydrogéologie réunit la connaissance des conditions géologiques et hydrologiques et des lois physiques qui régissent l'origine, la présence, les mouvements et les propriétés des eaux souterraines, ainsi que les applications de ces connaissances aux actions humaines sur les eaux souterraines, notamment à leur prospection, à leur captage* et à leur protection.

HYDROSYSTÈME : Ecosystème spécifique des milieux aquatiques décrit généralement par : les êtres vivants qui en font partie, la nature du lit et des berges, les caractéristiques du bassin versant, le régime hydraulique, et les propriétés physico-chimiques de l'eau.

INFILTRATION : Quantité d'eau franchissant la surface du sol. Le phénomène d'infiltration permet de renouveler les stocks d'eau souterraine et d'entretenir le débit de l'écoulement souterrain dans les formations hydrogéologiques perméables du sous-sol. Par comparaison avec l'écoulement de surface, l'écoulement souterrain peut être lent, différé et de longue durée (quelques heures à plusieurs milliers d'années).

INSTALLATION CLASSÉE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) : Installation définie dans la « nomenclature des installations classées » établies par décret en Conseil d'Etat, pris sur le rapport du Ministre chargé des installations classées, après avis du conseil supérieur des installations classées. Ce décret soumet les installations à autorisation ou à déclaration suivant la gravité des dangers ou des inconvénients que peut présenter leur exploitation. Sont soumis aux dispositions de la loi « Installations classées » du 19 juillet 1976, les usines, ateliers, dépôts, chantiers et d'une manière générale les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé , la sécurité, la salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments. Les dispositions de cette loi sont également applicables aux exploitations de carrières aux sens des articles 1er et 4 du code minier.

JAUGEAGE : Détermination des caractéristiques de l'écoulement (vitesse ou débit) pour un cours d'eau ou une source.

KARST : Aquifère en terrain calcaire dont le comportement est caractérisé par une hétérogénéité et un compartimentage du réservoir qui se traduisent par deux grands types de fonctions :

- la fonction conductrice, qui donne lieu à des écoulements rapides par les conduits karstiques interconnectés (rivière souterraine) ; ce mécanisme explique la grande vulnérabilité de ce type d'aquifère aux pollutions ;
- la fonction capacitive, qui permet le stockage de l'eau dans les zones fissurées ou les vides (lac souterrain) ; la vitesse d'écoulement étant plus lente, ces eaux sont moins vulnérables.

KARSTIQUE : Se dit d'une formation géologique calcaire où prédomine l'érosion chimique. Plus précisément, un cours d'eau karstique est une voie d'eau naturelle à écoulement pérenne ou intermittent, superficiel ou souterrain traversant des terrains karstiques (constitués par des roches calcaires compactes et solubles) et pouvant subir des pertes ou bénéficier d'apports dus à des résurgences*.

LESSIVAGE : Entraînement en profondeur par l'eau à travers les horizons de sols des substances fixées sur des particules fines. En particulier, les nitrates et certains produits phytosanitaires* (ou leurs produits de dégradation) peuvent ainsi atteindre les nappes* d'eau et en altérer la qualité, jusqu'à rendre l'eau impropre à la consommation.

MASSE D'EAU : Portion de cours d'eau, canal, aquifère*, plan d'eau ou zone côtière homogène. Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la directive* cadre sur l'eau 2000/60/CE. Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface*, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières. Pour les cours d'eau la délimitation des masses d'eau est basée principalement sur la taille du cours d'eau et la notion d'hydro-écorégion. Les masses d'eau sont regroupées en types homogènes qui servent de base à la définition de la notion de bon état*. Une masse d'eau souterraine est un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères. On parle également, hors directive cadre sur l'eau*, de masse d'eau océanique pour désigner un volume d'eau marin présentant des caractéristiques spécifiques de température et de salinité.

MESURE AGRI-ENVIRONNEMENTALE (MAE) : Mesure visant une meilleure prise en compte de l'environnement (protection des eaux...) dans les pratiques agricoles, par : encouragement aux agriculteurs limitant l'utilisation d'engrais et de pesticides, encouragement à la réduction des troupeaux pour atténuer la pollution* par effluents d'élevage, encouragement aux agriculteurs adoptant des pratiques améliorant la qualité du milieu rural ou l'entretien des terres abandonnées, encouragement au gel de terres agricoles sur 20 ans à des fins écologiques, lancement des Plans de Développement Durable (PDD) à titre expérimental en 1993, visant à globaliser les diverses aides agri-environnementales évoquées et d'autres aides relatives au développement. Les Mesures Agri-Environnementales (MAE) se traduisent par des aides ou des rémunérations accordées aux agriculteurs ayant des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement sous la forme d'un engagement contractuel entre l'Etat, la CEE et des exploitants agricoles pour une durée de 5 à 10 ans (voire 20 ans).

MICROPOLLUANT : Polluant présent généralement en faible concentration dans un milieu donné (de l'ordre du microgramme (µg) au milligramme (mg) par litre ou par kilogramme) et qui peut avoir un impact notable sur les usages et les écosystèmes.

MISSION INTER-SERVICES DE L'EAU (MISE) : Instance de coordination visant à renforcer la cohérence de l'action de l'Etat sous l'autorité des préfets. La Mission Inter-Services de l'Eau (MISE) doit réunir les directeurs des principaux services déconcentrés et des établissements publics locaux (en particulier : DREAL*, DDTM, DDCSPP, Gendarmerie, ONEMA*, Agence de l'eau*, ONCFS, Préfecture, DIRM) pour débattre des priorités et des modalités de mise en œuvre de la politique de l'eau et de son articulation avec les politiques sectorielles, en veillant à la bonne association des outils régaliens, financiers et d'ingénierie publique. Le chef de la MISE est le DDT. La DREAL a un rôle de coordination des MISE au niveau régional.

NAPPE D'EAU SOUTERRAINE : Eaux souterraines remplissant entièrement les interstices d'un terrain poreux et perméable de telle sorte qu'il y ait toujours une liaison hydraulique entre les vides. Une nappe se forme par accumulation des eaux d'infiltration au-dessus d'un terrain imperméable qui interdit sa progression vers le bas.

NAPPE LIBRE : Nappe dont la surface est libre sous une zone non-saturée en eau.

NAPPE CAPTIVE : Nappe emprisonnées entre 2 terrains imperméables et ne comprenant qu'une zone saturée*. La nappe est en pression et son niveau remonte au-dessus de son toit dans un forage qui vient la libérer.

NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT : Nappe d'eau souterraine voisine d'un cours d'eau dont les propriétés hydrauliques sont très liées à celles du cours d'eau. L'exploitation d'une telle nappe induit une diminution du débit d'étiage* du cours d'eau, soit parce que la nappe apporte moins d'eau au cours d'eau, soit parce que le cours d'eau se met à alimenter la nappe.

NAPPE PHRÉATIQUE : Première nappe rencontrée lors du creusement d'un puits. Nappe généralement libre, c'est-à-dire dont la surface est à la pression atmosphérique. Elle peut également être en charge (sous pression) si les terrains de couverture sont peu perméables. Elle circule, lorsqu'elle est libre, dans un aquifère* comportant une zone non saturée proche du niveau du sol.

NITRATES : Principaux aliments azotés des plantes, dont ils favorisent la croissance, ils jouent un rôle important comme engrais. Toutes les eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses variant selon les saisons (de l'ordre de quelques milligrammes par litre). Dans de nombreuses eaux souterraines* et de surface, on observe aujourd'hui une augmentation de la concentration en nitrates d'origine diffuse (entraînement des nitrates provenant des engrais minéraux ou organiques non utilisés par les plantes) ou ponctuelle (rejets d'eaux usées domestiques, agricoles ou industrielles). L'enrichissement progressif des eaux en nitrates peut conduire à compromettre leur utilisation pour la production d'eau potable et conduit, dans certains cas, à des développements importants d'algues. Ce phénomène d'eutrophisation est accentué par la présence de phosphore.

NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE : Niveau auquel peut monter l'eau d'une nappe souterraine dans un tube (piézomètre) qui y est enfoncé. L'ensemble des niveaux d'une nappe définit une surface piézométrique.

OCCUPATION DU SOL : Caractérise ici, selon la typologie de Corine Land Cover du Service d'Observation et des Statistiques (SOeS) du Ministère chargé de l'environnement, la surface d'un bassin versant*. Cette typologie distingue notamment cinq grands types d'occupation du sol : territoires urbanisés, territoires agricoles, forêts et milieux semi-naturels, zones humides, espaces aquatiques.

OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DES MILIEUX AQUATIQUES (ONEMA) : Etablissement public de l'État qui assure la coordination technique du SIE, en application des articles L. 213-2, R. 213-12-2 et D. 213-12-2-1 du code de l'environnement. Conformément au schéma national des données sur l'eau, l'ONEMA peut collecter et traiter des données qui sont nécessaires à la réalisation des objectifs du SIE mais qui sont produites par d'autres systèmes d'information. Un protocole d'accord entre l'ONEMA et l'organisme détenteur de ces jeux de données précise la nature des données et fixe, dans chaque cas, les règles d'interopérabilité à appliquer et les modalités de collecte des données, de leur mise à disposition et de leur usage.

PÉRIMÈTRE DE PROTECTION : Limite de l'espace réservé réglementairement autour des captages* utilisés pour l'alimentation en eau

potable*, après avis d'un hydrogéologue agréé. Les activités artisanales, agricoles et industrielles, et les constructions y sont interdites ou réglementées afin de préserver la ressource en eau, en évitant des pollutions* chroniques ou accidentelles. On peut distinguer réglementairement trois périmètres : le périmètre de protection immédiate où les contraintes sont fortes (possibilités d'interdiction d'activités), le périmètre de protection rapprochée où les activités sont restreintes, et le périmètre éloigné pour garantir la pérennité de la ressource.

PERMÉABILITÉ : Aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide liquide ou gazeux.

PHYTOSANITAIRE : Produits destinés aux soins des végétaux. Il peut exister une confusion avec les pesticides, qui sont des produits phytosanitaires, mais seulement destinés à lutter contre les organismes jugés nuisibles. Les produits phytosanitaires sont utilisés en quantités importantes, dans différents domaines d'application : en premier lieu l'agriculture, mais aussi la voirie (entretien des routes et des voies ferrées) et divers usages privés (jardinage, traitement des locaux, etc.). En fait les phytosanitaires dénomment les mêmes produits que les pesticides mais ils sont alors utilisés pour l'agriculture et la protection des cultures. Les produits phytosanitaires regroupent un grand nombre de classes de produits telles que : les insecticides (qui tuent les insectes), les fongicides (qui éliminent les champignons), les herbicides (qui désherbent), les nématicides (qui tuent les nématodes et les vers de terre), les rodonticides (utilisés pour se débarrasser des différents rongeurs tels que rats, souris, mulots, blérots).

PIÉZOMÈTRE : Au sens strict, dispositif servant à mesurer la hauteur piézométrique en un point donné d'un système aquifère*, qui indique la pression en ce point, en permettant l'observation ou l'enregistrement d'un niveau d'eau libre ou d'une pression. Le concept de piézomètre a été étendu à l'ensemble des ouvrages artificiels (puits, forages, gravières...) ou naturels (avens, grottes...) qui permettent l'accès aux eaux souterraines*. On parle alors plutôt de forage non exploité qui permet la mesure du niveau de l'eau souterraine en un point donné de la nappe*. Ce niveau qui varie avec l'exploitation nous renseigne sur la capacité de production de l'aquifère.

PLAN NATIONAL SANTÉ ENVIRONNEMENT (PNSE) : Plan national santé environnement visant à répondre aux interrogations des Français sur les conséquences sanitaires à court et moyen terme de l'exposition à certaines pollutions* de leur environnement. Le PRSE (version 2) est la déclinaison régionale de ce plan.

PLUIE EFFICACE : Différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle, et exprimée en mm. Les précipitations efficaces peuvent être calculées directement à partir des paramètres climatiques et de la Réserve Facilement Utilisable (RFU*). L'eau des précipitations efficaces est répartie, à la surface du sol, en deux fraction : le ruissellement* et l'infiltration*.

POINT D'EAU : Accès naturel (source) ou artificiel (forage, drain, puits) aux eaux souterraines*. Chaque point d'eau est doté d'un code national (code BSS*) et est localisé par ses coordonnées géographiques dans le cadre d'un système de projection. Il est également défini par les informations complémentaires suivantes : un nom ou un libellé, une altitude, une adresse (lieu-dit), une carte de localisation.

POLLUTION : Détérioration de l'environnement par des substances chimiques, physiques ou organiques qui ne peuvent pas (ou ne peuvent plus) être éliminées naturellement par l'écosystème. La pollution a pour origine principale l'activité humaine. Elle résulte soit de l'introduction dans le milieu d'une substance artificielle non dégradable, soit du dépassement du seuil toléré par le milieu. Une pollution est susceptible de contribuer ou de causer : un danger pour la santé des hommes, des détériorations des ressources biologiques, des écosystèmes ou des biens matériels, une entrave à un usage légitime de l'environnement. Un adjectif est souvent associé au terme « pollution » ; ainsi on parle de : pollution historique, pollution nouvelle, pollution résiduelle, pollution chronique, pollution diffuse*, pollution dispersée, pollution ponctuelle, pollution accidentelle, pollution toxique, etc.

POLLUTION DIFFUSE : Par opposition à « pollution* ponctuelle », pollution dont la ou les origines peuvent être généralement connues mais pour lesquelles il est impossible de repérer géographiquement des rejets dans les milieux aquatiques et les formations aquifères*. Les pratiques agricoles sur la surface cultivée peuvent être à l'origine de pollutions diffuses par entrainement de produits polluants dans les eaux qui percolent ou ruissellent.

POROSITÉ : Ensemble des volumes de petite taille pouvant être occupés par des fluides (gaz, eau, pétrole) à l'intérieur d'une roche. La porosité peut être liée aux espaces intergranulaires dans une roche sédimentaire détritique ou correspondre à une dissolution succédant à une fracturation.

PRÉLÈVEMENT : Au sens strict, prise d'un échantillon en vue d'une analyse ou d'un essai. Plus généralement, les prélèvements d'eau regroupent l'ensemble des prélèvements liés aux activités générées par l'agriculture, l'industrie (y compris de l'énergie), l'alimentation en eau potable*, ou autre (source d'eau minérale autorisée, production de neige artificielle). Dans ce cas, les prélèvements sont regroupés en trois sous-types correspondants au milieu affecté : prélèvements en eau de surface, prélèvements en eau souterraine, prélèvements en eau de mer.

PROGRAMME DE MESURES (PDM) : Document élaboré à l'échelle du bassin ou groupement de bassins et pour la durée d'un cycle de gestion de six ans (2010-2015, 2016-2021, 2022-2027...), qui identifie les mesures clefs à réaliser pour atteindre les objectifs définis dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE*),

dont les objectifs environnementaux de la directive* cadre sur l'eau. Les mesures sont des actions concrètes assorties d'un échéancier, d'un maître d'ouvrage et d'une évaluation financière. Elles peuvent être de nature réglementaire, financière ou contractuelle. Le programme de mesures est arrêté par le préfet coordonnateur de bassin, après avis du comité de bassin.

QUALITOMÈTRE : Station de mesure de la qualité des eaux souterraines* en un point d'eau* où l'on effectue des prélèvements* en vue d'analyses physicochimiques, bactériologiques, pour déterminer la qualité de l'eau qui en est issue.

RABATTEMENT DE NAPPE : Abaissement en un point du niveau piézométrique* sous l'effet d'un prélèvement* d'eau dans la nappe*, de l'abaissement d'une ligne d'eau d'un cours d'eau en relation avec la nappe ou sous l'effet de travaux de terrassement, etc

RELATION NAPPE RIVIÈRE : Echange d'eau dans un sens ou dans l'autre entre une nappe* et un cours d'eau. Suivant le niveau de la ligne d'eau, et les saisons, la nappe alimente le cours d'eau ou est alimentée par celui-ci notamment lors des inondations. Dans le cas de karst* ces relations sont importantes et localisées.

RETENUE COLLINAIRE : Ouvrage de stockage de l'eau rempli par interception des eaux de ruissellement. C'est un micro-barrage constitué d'une digue qui permet de retenir l'eau dans un talweg et de stocker une part des écoulements d'eaux. Ces eaux sont utilisées ensuite dans les domaines de l'irrigation, la protection incendie, les loisirs, la pisciculture et l'eau potable.

RÉSEAU DE CONTRÔLE DE SURVEILLANCE (RCS) : Contrôle ayant pour vocation d'évaluer l'état général et les tendances d'évolution (à long terme) des eaux souterraines et superficielles d'un bassin hydrographique, que ces évolutions soient naturelles ou dues aux activités humaines.

RÉSEAU DE CONTRÔLE OPÉRATIONNEL (RCO) : Contrôle permettant d'établir l'état des masses d'eau* identifiées comme risquant de ne pas atteindre leurs objectifs environnementaux, et d'évaluer l'efficacité des programmes de mesures* sur celles-ci.

RÉSERVE EN EAU FACILEMENT UTILISABLE (RFU) : Quantité d'eau du sol en dessous de laquelle une plante flétrit. Les doses d'irrigation sont calculées à partir de la Réserve en eau Facilement Utilisable (RFU) et on irrigue dès que celle-ci est épuisée. Elle est exprimée en mm.

RÉSERVE UTILE (RU) : Quantité d'eau totale contenue dans un sol dont la capacité de rétention serait satisfaite, disponible pour l'évapotranspiration, mais dont le dépassement permettrait seul une infiltration efficace. C'est une notion théorique ayant la signification d'un index dans divers modèles globaux de bilans d'eau du sol ou de bassin.

RÉSURGENCE : Réapparition à l'air libre sous forme de source d'eaux infiltrées dans un massif calcaire.

RISQUE : Mesure des effets d'un aléa* sur un territoire. L'importance d'un risque dépend donc de l'aléa mais aussi des enjeux exposés (populations, biens et environnement) et de leur vulnérabilité. Il n'y a pas de risque lorsque le territoire exposé à un aléa est dépourvu d'enjeux humains, matériels et environnementaux.

RUISSELLEMENT ET ÉCOULEMENT SUPERFICIEL : Il correspond à la partie de la pluie qui n'est pas absorbée par le sol, mais qui s'écoule par de petites rigoles à la surface, jusqu'à atteindre le réseau naturel de drainage du bassin versant. Ce phénomène se produit lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration du sol, ou lorsque le sol déjà saturé jusqu'en surface ne peut plus absorber les précipitations. L'eau est chargée en matière dissoute et en suspension.

SAUMÂTRE : Qualifie une eau constituée d'un mélange d'eau douce et d'eau de mer. Sa salinité peut être variable, mais est le plus souvent assez basse (inférieure à 10 g/litre).

SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SAGE) : Institué pour un sous-bassin, un groupement de sous-bassins correspondant à une unité hydrographique cohérente ou un système aquifère*, le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) fixe les objectifs généraux et les dispositions permettant de satisfaire au principe de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ainsi que de préservation des milieux aquatiques et de protection du patrimoine piscicole. Il doit être compatible avec le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE*), ou rendu compatible dans un délai de trois ans suivant la mise à jour du SDAGE. Il est établi par une Commission Locale de l'Eau* (CLE) et est approuvé par le préfet. Le SAGE comporte un Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) de la ressource en eau et des milieux aquatiques (avec lequel les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendues compatibles) ainsi qu'un règlement (opposable, comme ses documents cartographiques associés, à toute personne publique ou privée pour l'exécution de toute installation, ouvrage, travaux ou activité mentionnés à l'article L. 214-2 du code de l'environnement). Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT), les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et les cartes communales doivent être compatibles, ou rendus compatibles dans un délai de trois ans, avec les objectifs de protection définis par le SAGE.

SCHÉMA DIRECTEUR D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SDAGE) : Document de planification de la gestion de l'eau établi pour chaque bassin ou groupement de bassins, qui fixe les orientations fondamentales permettant de satisfaire à une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, détermine les objectifs assignés aux masses d'eau* et prévoit les dispositions nécessaires pour atteindre les objectifs environnementaux, pour prévenir la détérioration de

l'état des eaux et pour décliner les orientations fondamentales. Les SDAGE, approuvés pour la première fois en 1996 en application de la loi sur l'eau de 1992, ont été mis à jour fin 2009 pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE*). Ils incluent désormais les plans de gestion prévus par cette directive. Le SDAGE est élaboré et adopté par le comité de bassin, et approuvé par le préfet coordonnateur de bassin. Le secrétariat technique de bassin constitue l'instance technique en charge de rédiger les éléments constitutifs du SDAGE. Il est établi pour la durée d'un cycle de gestion de six ans (2010-2015, 2016-2021, 2022-2027...) et est accompagné d'un programme de mesures* qui identifie les mesures clefs permettant d'atteindre les objectifs définis. Les programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau ainsi que les Schémas Départementaux de Carrières (SDC) doivent être compatibles, ou rendus compatibles, avec les dispositions du SDAGE. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT), les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et les cartes communales doivent être compatibles, ou rendus compatibles dans un délai de trois ans, avec les orientations fondamentales et les objectifs de qualité et de quantité définis par le SDAGE.

SCHÉMA NATIONAL DES DONNÉES SUR L'EAU (SNDE) : Outil permettant l'organisation, la rationalisation et la mutualisation des données entre les différents producteurs de données, à l'échelle de la France. Le Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE) comporte des mécanismes de gouvernance et des dispositifs de production, de bancarisation*, de traitement, de valorisation et de diffusion des données et se fonde sur des méthodologies communes, un référentiel des données partagé et un système de gestion de la qualité. La traduction réglementaire du SNDE se compose du décret n° 2009-1543 du 11 décembre 2009 à l'article R213-2 du code de l'environnement et d'un arrêté interministériel pris en application de ce décret.

SERVICE D'ADMINISTRATION NATIONAL DES DONNÉES ET RÉFÉRENTIELS SUR L'EAU (SANDRE) : Réseau d'organismes contributeurs du Système d'Information sur l'Eau* (SIE*) chargé de construire le langage commun des données sur l'eau. Le Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE) comporte un secrétariat technique central ainsi que des administrateurs de données au sein des organismes contribuant au système d'information sur l'eau. Son rôle et son organisation sont définis dans l'arrêté du 26 juillet 2010 approuvant le Schéma National des Données sur l'Eau* (SNDE*).

SERVICE DE PRÉVISION DES CRUES (SPC) : Service chargé de prévoir les situations dangereuses provoquées par de fortes inondations, en partenariat avec Météo-France. Le Service de Prévision des Crues (SPC) avertit le Préfet en cas d'alerte et élabore l'information à diffuser à l'attention des maires.

SISE-EAUX : Système d'information du Ministère chargé de la Santé et de ses services en région et département dédié au stockage organisé de l'information sanitaire sur les eaux.

SITE POLLUÉ : Site dont le sol ou le sous-sol ou les eaux souterraines* ont été pollués par d'anciens dépôts de déchets ou l'infiltration de substances polluantes, cette pollution* étant susceptible de provoquer une nuisance ou un risque* pérenne pour les personnes ou l'environnement. Ces pollutions sont souvent dues à d'anciennes pratiques sommaires d'élimination des déchets, mais aussi à des fuites ou des épandages fortuits ou accidentels de produits chimiques.

SOUTIEN D'ÉTIAGE : Action d'augmenter le débit d'un cours d'eau en période d'étiage* à partir d'un ouvrage hydraulique (barrage réservoir ou transfert par gravité ou par pompage...).

SYSTÈME AQUIFÈRE : Ensemble de terrains aquifères* constituant une unité hydrogéologique. Ses caractères hydrodynamiques lui confèrent une quasi-indépendance hydraulique (non-propagation d'effets en dehors de ses limites). Il constitue donc à ce titre une entité pour la gestion de l'eau souterraine qu'il renferme.

SYSTÈME D'INFORMATION SUR L'EAU (SIE) : Système d'information conçu pour répondre aux besoins des parties prenantes (dont le grand public) en matière d'information environnementale publique dans le domaine de l'eau. Il recueille, bancarise et diffuse les données et les indicateurs sur l'eau, les milieux aquatiques et leurs usages. Son point d'entrée est le portail *www.eaufrance.fr*.

TRANSMISSIVITÉ : Paramètre régissant le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée* d'un aquifère continu et par unité de gradient hydraulique. C'est le produit du cœfficient de perméabilité* par la puissance de l'aquifère en milieu isotrope.

TURBIDITÉ : Caractère d'une eau trouble, dont la non transparence est due à la présence de particules en suspension.

VULNÉRABILITÉ : Fragilité ou susceptibilité face à un aléa* donné ou une pression donnée.

WATER INFORMATION SYSTEM FOR EUROPE (WISE) : Système d'information européen conçu pour répondre aux besoins de la Commission européenne en matière d'information environnementale publique dans le domaine de l'eau. Il recueille les données ayant fait l'objet d'un rapportage par les Etats membres, les bancarise et les diffuse. Son point d'entrée est *www.eea.europa.eu/themes/water*.

ZONE DE RÉPARTITION DES EAUX (ZRE) : Zone comprenant les bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques et systèmes aquifères* définis dans le décret du 29 avril 1994. Les Zones de Répartition des Eaux (ZRE) sont des zones où est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. Elles sont définies afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau. Les seuils d'autorisation et de déclaration du décret nomenclature y sont plus contraignants.

Dans chaque département concerné, la liste de communes incluses dans une zone de répartition des eaux est constatée par arrêté préfectoral. Pour mémoire ces zones sont situées dans le bassin Adour-Garonne (cinq sous-bassins et six fractions de sous-bassins), dans le bassin Loire-Bretagne (sept sous-bassins), et dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse (deux sous-bassins).

ZONE HUMIDE (ZH) : Zone où l'eau, douce, salée ou saumâtre*, est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Les zones humides sont alimentées par le débit du cours d'eau et/ou par les remontées de nappes* phréatiques et sont façonnées par l'alternance de hautes eaux et basses eaux. Il s'agit par exemple des ruisseaux, des tourbières, des étangs, des mares, des berges, des prairies inondables, des prés salés, des vasières, des marais côtiers, des estuaires. Ces zones sont des espaces de transition entre la terre et l'eau (ce sont des écotones). La végétation présente a un caractère hygrophile (qui absorbe l'eau) marqué. Comme tous ces types d'espaces particuliers, il présente une forte potentialité biologique (faune et flore spécifique) et ont un rôle de régulation de l'écoulement et d'amélioration de la qualité des eaux.

ZONE SATURÉE : Zone du sous-sol dans laquelle l'eau occupe complètement les interstices des roches, formant dans un aquifère* une nappe d'eau souterraine*.

ZONE SENSIBLE : Au sens de la directive sur les eaux résiduaires urbaines 91/271/CE, bassin versant dont des masses d'eau*, significatives à l'échelle du bassin, sont particulièrement sensibles aux pollutions*. Il s'agit notamment de celles qui sont sujet à l'eutrophisation et dans lesquelles les rejets de phosphore, d'azote, ou de ces deux substances, doivent être réduits. Les cartes des zones sensibles ont été arrêtées par le Ministre chargé de l'environnement et sont actualisées au moins tous les quatre ans dans les conditions prévues pour leur élaboration.

ZONE VULNÉRABLE : Au sens de la directive 91/676/CEE du 12 décembre 1991 dite directive « Nitrates* », zone désignée comme vulnérable compte tenu notamment des caractéristiques des terres et des eaux ainsi que de l'ensemble des données disponibles sur la teneur en nitrate des eaux. Les zones qui alimentent les eaux sont ainsi définies comme : soit atteintes par la pollution* (les eaux souterraines* et les eaux douces superficielles, notamment celles servant au captage* d'eau destinée à la consommation humaine, dont la teneur en nitrate est supérieure à 50 milligrammes par litre, ainsi que les eaux des estuaires, les eaux côtières et marines et les eaux douces superficielles qui ont subi une eutrophisation susceptible d'être combattue de manière efficace par une réduction des apports en azote), soit menacées par la pollution (les eaux souterraines et les eaux douces superficielles dont la teneur en nitrate est comprise entre 40 et 50 milligrammes par litre et montre une tendance à la hausse, ainsi que les eaux des estuaires, les eaux côtières et marines et les eaux douces superficielles dont les principales caractéristiques montrent une tendance à une eutrophisation). Le préfet coordonnateur de bassin après avis du Comité de Bassin arrête la délimitation des zones vulnérables.

Pour en savoir plus

Sites internet

- Portail National de l'eau : http://www.eaufrance.fr
- Accès aux données sur les eaux souterraines : *http://www.ades.eaufrance.fr*
- Sandre, portail de normalisation et données de référence sur l'eau : *http://sandre.eaufrance.fr*
- Programme de surveillance de l'état des eaux : *http://www.surveillance.eaufrance.fr*
- Gest'eau, le site des outils de gestion intégrée de l'eau (SAGE) : *http://www.gesteau.eaufrance.frw*
- Remontées de nappes, crues, inondations : *http://www.inondationsnappes.fr*
- Ministère en charge de l'environnement : *http://developpement-durable.gouv.fr*
- Ministère en charge de la Santé : *http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/eau/accueil.htm*
- Code de la santé publique, consultable sur : *http://www.legifrance.gouv.fr.*
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières : *http://www.brgm.fr et http://infoterre.brgm.fr*
- Office International de l'Eau : *http://www.oieau.fr*
- Office national de l'eau et des milieux aquatiques : *http://www.onema.fr*
- Comité Français d'Hydrogéologie : *http://www.cfh-aih.fr*
- Portail du système d'information européen sur l'eau : *www.water.europa.eu*
- Agence de l'eau Adour-Garonne : *http://www.eau-adour-garonne.fr*
- Agence de l'eau Loire Bretagne : *http://www.eau-loire-bretagne.fr*
- SIGES Poitou-Charentes (BRGM) : *http://sigespoc.brgm.fr/*
- Conseil Régional Poitou-Charentes : *http://www.poitou-charentes.fr/environnement/eau*
- DREAL Poitou-Charentes : *http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr/gestion-quantitative-de-la-r176.html*
- Observatoire Régional de l'Environnement (ORE) : *http://www.eau-poitou-charentes.org/*
- Agence Régional de Santé (ARS) : *http://www.ars.poitou-charentes.sante.fr/Eau-du-robinet.101407.0.html*
- Géothermie perspectives (pour la Charente-Maritime) : *http://www.geothermie-perspectives.fr/18-regions/poc-01.html*

Voir aussi les sites des DDT(M) et des Conseils Généraux dans chaque département.

Ouvrages généraux

- ***Aquifères et eaux souterraines de France***, Collectif, sous la direction de Jean-Claude Roux, Editions BRGM-AIH, 2006, 956 p. en deux tomes, ISSN : 2-7159-0980-2.
- ***Les eaux souterraines, connaissances et gestion***, Jean-Jacques Collin, Editions BRGM et Hermann, 2004, 184 p., ISBN : 2-7159-0910-1.
- ***L'eau potable en France 2005-2006, du captage au robinet du consommateur***, Direction générale de la santé et DRASS, Ministère en charge de la santé, 2008, 64 p., ISBN : 2-7159-2440-6.
- ***Qualité naturelle des eaux souterraines***, Guide technique sous la direction de Laurence Chéry, Edition BRGM, 2006, 240 p., ISBN : 2-7159-0973-X.
- ***Guide qualité pour la ressource en eau minérale et thermale***, Philippe Vigouroux, Ed. BRGM, 2005, 82 p., ISBN : 2-7159-0959-4.
- ***Les eaux continentales***, rapport de l'Académie des sciences sous la direction de Ghislain de Marsily, Editions EDP Sciences, 2006, 328 p., ISBN : 2-86883-863-4.
- ***Les eaux souterraines dans le monde***, Jean Margat, Ed. BRGM-Unesco, 2008, ISBN : 978-2-7159-2452-9.
- ***Protection des eaux souterraines en Europe. La nouvelle directive sur les eaux souterraines, une consolidation du cadre règlementaire de l'UE, Commission européenne***, 2008, 35 p., ISBN : 978-92-79-09819-2.

Ouvrages de synthèse régionale (BRGM)

- ***Synthèse hydrogéologique par bassins versants de la région Poitou-Charentes – Relations nappes-rivières***. F. Bichot et al, BRGM/RP 53767 FR, 2005.
- Malette pédagogique : ***La géologie du Poitou-Charentes à destination des Professeurs des Lycées et des animateurs***. IFREE-BRGM, 2006.

Pour la description des systèmes aquifères de la région, consultez les atlas édités dans le cadre du SIGES, références du dernier

- CPER 2000 – 2006 Phase 4 – ***Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines (SIGES) Poitou-Charentes***. J. Lavie (2007) – BRGM/RP-55276 37 p., 12 fig., 3 ann. A retrouver aussi sur le site *sigespoc.brgm.fr*.

Trois documents de référence pour le calcul des « volumes prélevables » pour l'irrigation

- ***Analyse des chroniques piézométriques et hydrologiques avec le logiciel TEMPO pour la gestion des prélèvements en nappe Phase 3*** : *Actualisation des modèles précédents – Traitement des bassins versants de la Vienne, du Thouet/Sèvre nantaise, du Sud des Charentes et des nappes profondes*. F. Bichot, J. Lavie, D. Dequidt, M.Thinon-Larminach (2010) – BRGM/RP-56481-FR, 481 p., 413 ill., 1 planche hors texte.

- ***Contribution à la gestion des prélèvements à la périphérie du Marais Poitevin par modélisation hydrodynamique***. O. Douez, F. Bichot, D. Dequidt, D. Dugrillon, E. Putot, L. Petit (2010) – BRGM/RP-58297-FR, 239 p, 212 ill., 5 ann.,12 pl.
- ***Contribution à la gestion quantitative des ressources en eau à l'aide du modèle Jurassique de Poitou-Charentes***. O. Douez, F. Bichot, L. Petit (2011) – BRGM/RP-59288-FR, 411 p., 286 ill., 2 ann., 4 planches hors texte.

En ce qui concerne la qualité des eaux souterraines

- ***Réseau Régional du suivi de la qualité des eaux souterraines en Poitou-Charentes***. Plaquette explicative éditée par : BRGM et Région Poitou-Charentes.
- ***CPER 2007-2013 - Réseau régional de suivi de la qualité des nappes en 2010***. O. Douez, X. Ehret. et A. Kaczmaryk (FREDON) (2011) - Rapport BRGM RP -559942- FR, 97 p., 72 ill.
- ***Bassin versant de la Charente : recherche d'une méthodologie pour prévoir l'évolution des teneurs en nitrates et phytosanitaires en fonction des pratiques anthropiques***. *Phase 1 : Etat des lieux par rapport aux nitrates.* F. Bichot, E. Marchais, M. Chatelier (2010). BRGM/RP-59154-FR, 198 p., 8 ill.

Pour avoir des états piézométriques de référence des grands aquifères régionaux

- ***Piézométrie des aquifères infra-toarcien et cénomanien (partie nord) en Région Poitou-Charentes***. Y. Lemordant (1997), BRGM/R 39742.
- ***Piézométries de l'aquifère du Jurassique supérieur en Aunis***. Y. Lemordant (1999), BRGM/R 40901.
- ***Piézométrie de l'aquifère du Tithonien (Portlandien) en Charente et Charente-Maritime***. M. Vincent (2000).
- ***Piézométries de l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente et Charente-Maritime, réalisation de cartes piézométriques.*** E. Marchais (2002) RP 51510 FR, 62 p., 19 fig. et 10 ann.
- ***Piézométrie sur le Bassin de la Boutonne*** - E. Marchais, F. Bichot (2003) – Rapport BRGM/RP-52454-FR, 46 p, 13 fig., 3 annexes.
- ***Piézométries de l'aquifère du Dogger***. E. Marchais, F. Bichot (2005) – BRGM/RP-53847-FR, 60 p, 25 ill., 1 ann., 2 planches hors texte.
- ***Piézométries de l'aquifère Infra-Toarcien***. E. Marchais, F. Bichot (2006) – BRGM/RP-54838-FR, 56 p, 18 ill., 3 ann., 2 planches hors texte.
- ***Référentiels piézométriques de l'aquifère du Cénomanien des Charentes***. E. Marchais, F. Bichot (2009) BRGM/RP-57532-FR, 43p, 17 ill., 4 ann., 2 planches hors texte.

2e Plan Régional Santé Environnement Poitou-Charentes

Action n° 13.2

Ce livre présente la place essentielle des eaux souterraines dans le cycle de l'eau et dans la satisfaction des besoins en eau en Poitou-Charentes, en particulier pour les écosystèmes des cours d'eau, pour l'irrigation et pour l'alimentation en eau potable dont elles assurent les trois quarts des volumes produits dans la région.

En Poitou-Charentes les eaux souterraines se caractérisent par leur présence presque partout sur le territoire, par leurs relations en général étroites avec les eaux de surface, par leur grande vulnérabilité vis-à-vis des pressions en surface. Elles sont présentes presque partout mais à cycles annuels recharge hivernale/vidange estivale, donc relativement rares en été pour venir alimenter les cours d'eau régionaux qui ne disposent pas par ailleurs de grands bassins versants, d'où la nécessité de retenir les eaux le plus longtemps possible. Leur grande vulnérabilité couplée à une pression très forte en surface conduit à une préoccupante dégradation de leur qualité, d'où d'une part des tensions pour la distribution d'eau potable pour l'alimentation humaine et d'autre part la perturbation des systèmes aquatiques. Il convient donc de mettre en place des politiques rigoureuses de protection de ces eaux souterraines.

L'ouvrage décrit les mesures et les structures mises en place pour la gestion des eaux souterraines sur les plans quantitatif et qualitatif. L'objectif principal est d'atteindre le bon état général demandé par la directive cadre européenne sur l'eau. Ce livre s'adresse à un large public : collectivités territoriales, services de l'Etat, professionnels, organismes agricoles, milieux associatifs, enseignants, particuliers...

Les partenaires ayant participé à la réalisation de l'ouvrage

Agence de l'eau Loire-Bretagne
Avenue de Buffon
BP 6339
45063 ORLEANS cedex 2
Tél. : 02 38 51 73 73

Délégation régionale
7, rue de la Goélette
86280 ST-BENOIT
Tél. : 05 49 38 09 82

Agence de l'eau Adour-Garonne
90, rue du Férétra
31000 TOULOUSE
Tél. : 05 61 36 37 38

Délégation régionale
Rue André Lavignolle
33300 BORDEAUX
Tél. : 05 56 11 19 99

DREAL Poitou-Charentes
15, rue Arthur Ranc
BP 60539
86020 POITIERS
Tél. : 05 49 55 63 63

BRGM Direction régionale Poitou-Charentes
15, rue de la Goélette
86280 St-BENOIT
Tél. : 05 49 38 15 38