



## **La recharge hivernale 2014-2015 : une situation plutôt favorable**

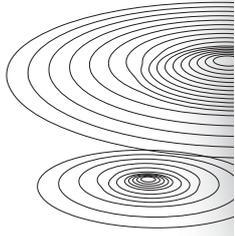
Début avril, les nappes phréatiques présentent des niveaux satisfaisants dans l'ensemble, avec 83 % des réservoirs qui affichent des valeurs égales ou supérieures à la normale. La situation est notamment favorable sur la partie sud du pays qui a bénéficié d'une pluviométrie supérieure à l'ordinaire. Néanmoins, la météorologie hivernale a globalement été moins exceptionnelle que les deux années passées. La situation des nappes est contrastée en fonction des régions, avec une situation plus critique dans l'est de la France.

### **CONTACT PRESSE**

**Arthur de Pas**  
Tél. 02 38 64 46 65  
Port. 06 84 27 94 14  
presse@brgm.fr

### **Changement climatique et eau souterraine**

Depuis sa création en 1959, le BRGM remplit, pour le compte de l'État, une mission de service public de suivi de l'évaluation quantitative et qualitative des eaux souterraines. Il apporte par ailleurs son expertise technique et scientifique aux organismes chargés de la gestion de l'eau (agences de l'eau, services généraux, collectivités), auxquels il propose des solutions innovantes dans cette mission d'évaluation. Les recherches se poursuivent notamment pour mieux connaître l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines.

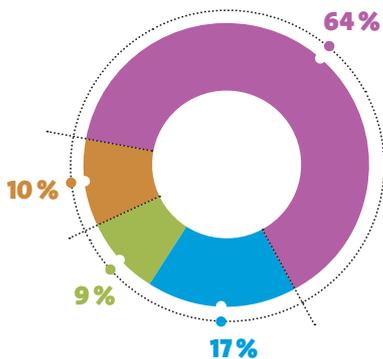


# 1/ La recharge 2014-2015 : décryptage, analyse, enseignements, perspectives

**LE CHIFFRE** 83 % des réservoirs souterrains affichent un niveau normal ou supérieur à la normale sur l'ensemble du territoire français. Cette situation globalement satisfaisante au 1<sup>er</sup> avril est à nuancer en fonction des régions.

## Répartitions des usages de l'eau

- Alimentation en eau potable
- Irrigation
- Industrie
- Production d'électricité



# 19%

### Des prélèvements en eau sont assurés par les ressources souterraines.

Plus de précisions sur les prélèvements en eau en France grâce au site [www.bnpe.eaufrance.fr](http://www.bnpe.eaufrance.fr) ouvert en janvier 2015

# 64%

De l'eau potable distribuée en France provient du sous-sol, des nappes d'eau souterraine ou aquifères.

## Les eaux souterraines : la ressource cachée de la France

On estime aujourd'hui à 100 milliards de m<sup>3</sup> (100 km<sup>3</sup>) en moyenne les ressources en eau dans le sous-sol métropolitain. Près de 34 milliards de m<sup>3</sup> sont ainsi prélevés en France chaque année pour répondre aux différents besoins. Les eaux souterraines représentent ainsi près de 20% des prélèvements totaux, et environ 60% de l'alimentation en eau potable. Suivant les nappes, les volumes soutirés par année sont de l'ordre de 1 à 10% de leur débit naturel, mais ce pourcentage peut localement atteindre 50%, voire 100%, dans certains cas.

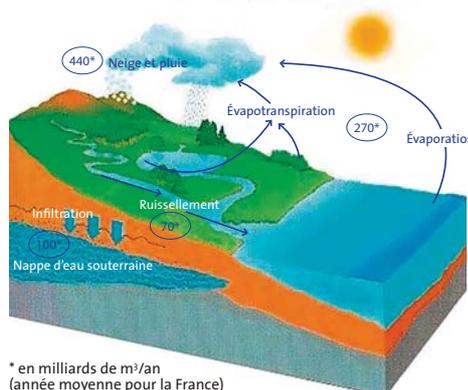
## La période de recharge hivernale : six mois décisifs

Le milieu naturel fonctionne comme un ensemble de réservoirs en cascades. Alors qu'une partie des précipitations s'évacue par ruissellement, le proche sous-sol s'humidifie progressivement. Une partie de ces eaux, près des 62% en France, est ensuite redistribuée vers l'atmosphère via l'évaporation au niveau des sols et la transpiration des plantes. Le reste s'infiltré plus profondément dans le sous-sol, contribuant à l'alimentation des réservoirs d'eau souterraine et à la « recharge de nappes ».

Le devenir d'une pluie est donc très différent selon la période de l'année et l'état de la surface sur laquelle elle tombe. Traditionnellement la période de recharge des nappes s'étend du début de l'automne (septembre - octobre) au début du printemps (mars - avril), semestre durant lequel la végétation est en sommeil (avec une évapotranspiration faible) et les précipitations sont en principe plus abondantes. Si l'hiver est sec, la recharge des nappes est très faible, ce qui limite leur utilisation potentielle en cas de sécheresse.

## Le cycle de l'eau.

© BRGM



\* en milliards de m<sup>3</sup>/an (année moyenne pour la France)

La majeure partie des réservoirs souterrains se recharge sur un régime pluriannuel. Un déficit temporaire de recharge pendant une ou plusieurs années ne constitue donc pas un phénomène grave. A l'inverse, une année avec une recharge excédentaire ne peut combler un déficit récurrent.





## LES INONDATIONS PAR REMONTÉE DE NAPPE : UN RISQUE MAJEUR

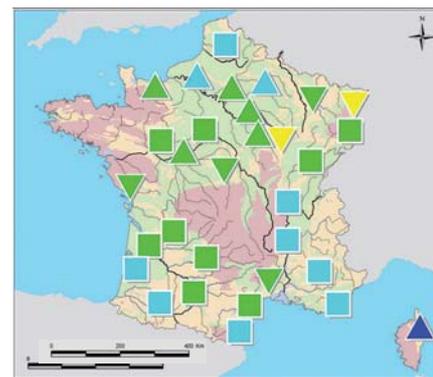
L'inondation par remontée de nappe est un phénomène qui se produit lorsque le niveau de la nappe souterraine libre dépasse les niveaux maxima annuels habituels et déborde au-dessus du sol. Plusieurs régions du bassin de Paris ont été sévèrement touchées au printemps 2001. Ces remontées se traduisent le plus souvent par une augmentation du débit de certaines sources, la naissance de nouvelles sources dans les zones de débordement, le déclenchement de coulées de boue le long des flancs de collines, l'apparition de véritables rivières dans des vallons auparavant secs et enfin des inondations dans des secteurs inattendus.

Les conditions majeures pour ce type d'aléa sont : une nappe libre, un pourcentage de vides occupé par l'eau dans la roche de l'aquifère peu important, une nappe représentant une masse régionale conséquente et une succession d'années humides. Le BRGM a réalisé une cartographie de la sensibilité aux remontées de nappes permettant de définir 7 classes de sensibilité. Cette cartographie étant basée sur une analyse par interpolation de données existantes, elle ne procure que des indications sur des tendances.

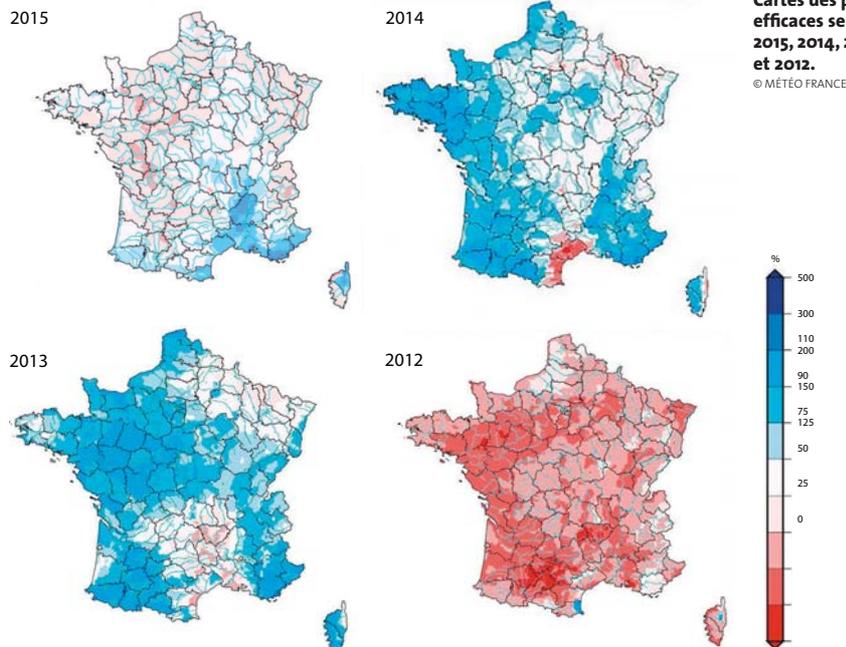
### Une recharge 2014-2015 plutôt favorable mais contrastée

Après deux années consécutives exceptionnelles (excédent de 20%), le bilan est plus proche de la normale cette année, avec certains contrastes d'une région à l'autre au 1<sup>er</sup> avril 2015. En effet, 83 % des réservoirs affichent un niveau normal ou supérieur à la normale (moyenne de référence calculée sur la période 1981 – 2010). La tendance reste donc favorable surtout pour le sud-est du territoire, le bassin Artois-Picardie, l'amont pyrénéen et la Corse. Les aquifères du Bassin parisien, du bassin Adour-Garonne et du Languedoc-Roussillon présentent aussi une situation satisfaisante. La recharge est globalement moins bonne sur la nappe d'Alsace, au nord de Colmar, et sur la nappe de la Côte-des-Bars en Champagne-Ardennes. Cette situation est liée à une météo hivernale plus humide qu'à l'ordinaire dans le Limousin et dans les régions méridionales. Un temps sec a au contraire dominé dans la moitié nord de la France. En moyenne sur le pays, la pluviométrie a été déficitaire de près de 20%.

La tendance actuelle est encore à la hausse pour 36 % des points d'eau. 35% des points de suivi ont entamé leur baisse du fait de la reprise progressive de la végétation. Le niveau actuel des réservoirs souterrains permet d'envisager sereinement la prochaine période estivale, la vigilance reste néanmoins de mise en fonction des régions. ■



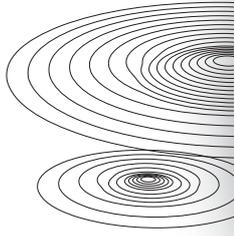
Situation des nappes au 1<sup>er</sup> avril 2015. En jaune, les niveaux inférieurs à la normale. © BRGM



Cartes des précipitations efficaces septembre/avril 2015, 2014, 2013 et 2012. © MÉTÉO FRANCE

**WEB**

Site BRGM sur les nappes d'eau : <http://www2.brgm.fr/divers/nappes.htm>



## 2/ Les Sciences de la Terre, essentielles à la gestion quantitative et qualitative de l'eau

### LE BRGM, L'OPÉRATEUR PUBLIC DE LA GESTION QUANTITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES

Dans le cadre de sa mission de service public, le BRGM est historiquement en charge pour le compte de l'État français du suivi quantitatif des réserves d'eau souterraines. Depuis 2007, cette responsabilité s'est accrue puisque le BRGM est devenu auprès de l'ONEMA (Office national de l'eau et des milieux aquatiques), l'opérateur de la surveillance quantitative des nappes, de la production des données via son réseau piézométrique national, et de la valorisation des données sur les eaux souterraines.

**EXPERTISE** Le BRGM s'est penché très tôt sur la question de l'eau. Il développe depuis sa création une expertise aujourd'hui internationalement reconnue en matière de gestion quantitative et qualitative des eaux souterraines. Le BRGM s'appuie sur des compétences solides en matière de connaissance de la structure du sous-sol et de caractérisation des hydrosystèmes (évaluation des ressources, compréhension des transferts des pollutions dans les eaux souterraines).

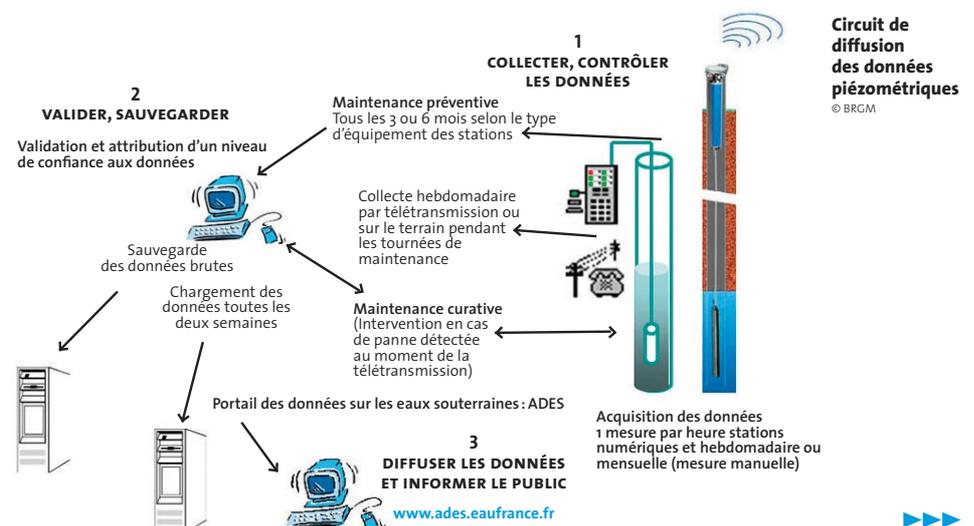
### Connaître pour gérer : l'apport des géosciences

Le caractère « caché » des eaux souterraines et la grande inertie d'une partie de ces réservoirs due à la lenteur des écoulements sont les plus deux grands atouts de cette ressource, garantissant l'accès à une eau de qualité préservée des pollutions de surface. Mais ces avantages ont un revers, la caractérisation des gisements, la compréhension de leur dynamique et leur exploitation sont rendus plus complexes que pour les eaux de surface.

L'apport des géosciences s'avère indispensable dans l'acquisition, l'harmonisation et l'actualisation des données sur les formations géologiques aquifères et les enveloppes protectrices des eaux souterraines. Expert des ressources du sous-sol, le BRGM contribue ainsi à l'évaluation précise des ressources en eau souterraine et au développement d'outils de gestion pour les différents acteurs de l'eau français, comme les agences de l'eau.

### Un réseau piézométrique pour suivre au quotidien l'état de la ressource

Chaque mois, le BRGM compile les données issues de son réseau piézométrique (plus de 1400 piézomètres répartis sur les 26 régions françaises) dans un bulletin de situation hydrologique à destination du grand public et des professionnels. Cette note revient sur la situation du niveau des différents aquifères mais aussi leur tendance d'évolution.



**23,5 M€**  
 Chiffre d'affaires de la thématique Eau en 2013, soit 17% de l'activité du BRGM (2<sup>e</sup> domaine thématique derrière la gestion après-mine).



## LA GESTION DES AQUIFÈRES CÔTIERS

La surexploitation des aquifères côtiers, notamment sous la pression touristique, peut conduire à une baisse des niveaux dans ces nappes. La particularité de ces aquifères réside en leur contact hydrogéologique direct avec les eaux marines. Lorsque les niveaux dans les nappes sont normaux, eaux douces et eaux marines sont en équilibre, leur zone de rencontre est appelée le biseau salé. Lors de la baisse du niveau dans les nappes côtières, les eaux salines par compensation naturelle vont pénétrer plus que de raison dans l'aquifère, contaminant de façon quasi irréversible les eaux douces. Pour la compréhension et la maîtrise de ce phénomène, le BRGM utilise également des modèles hydrogéologiques lui permettant de comprendre les phénomènes et de pouvoir adapter l'exploitation de ces aquifères pour une préservation durable de la qualité de leurs eaux, ainsi que des observatoires géophysiques dans des piézomètres dédiés. L'objectif à terme est un meilleur contrôle, le développement de système d'alerte couplé à des modèles hydrogéologiques considérant les prélèvements, ainsi que la mise en place potentielle d'actions de recharge artificielle.

## Prospection, caractérisation de la ressource et aide à la gestion : le BRGM, conseiller technique des pouvoirs publics et des acteurs de l'eau

La mission de service public du BRGM ne se limite pas au suivi de l'état quantitatif des nappes. Le BRGM s'appuie sur une recherche dynamique de pointe afin d'apporter aux différents services de l'état et aux organismes en charge de la gestion des eaux, des réponses adaptées dans leurs projets d'identification de nouvelles ressources, de caractérisation des réserves pour leur exploitation et de restauration quantitative et qualitative de la ressource.

### LES SIGES : POUR TOUT SAVOIR SUR L'HYDROGÉOLOGIE

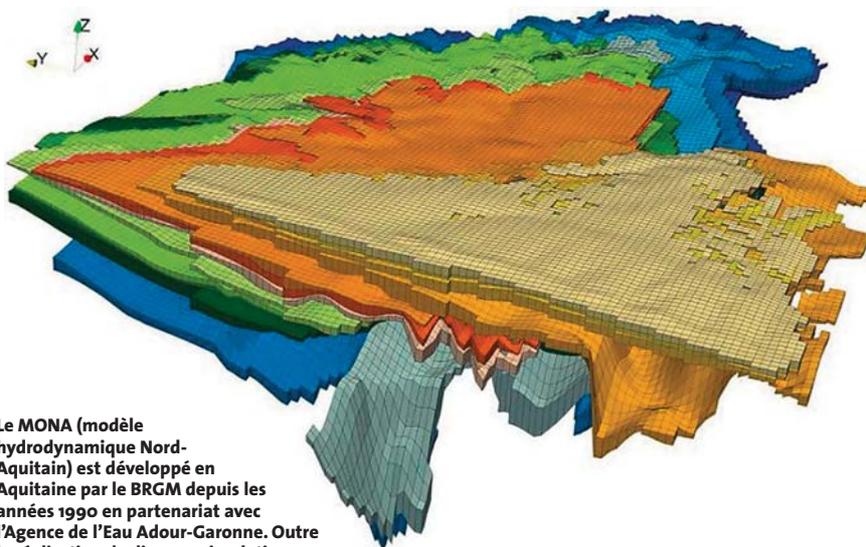
Les SIGES, systèmes d'information pour la gestion des eaux souterraines, sont des portails Internet dédiés aux eaux souterraines. Ils mettent à la disposition de tous (experts, scolaires, grand public) un certain nombre d'outils et de contenus.

L'outil cartographique fonctionne comme un Système d'Information Géographique (SIG). Il permet de superposer différentes couches d'informations, zoomer, se déplacer, gérer la transparence, interroger certaines couches. Les SIGES ne sont pas uniquement des sites d'accès aux bases de données en hydrogéologie, mais aussi un portail d'information sur les eaux souterraines. On y trouve de nombreuses ressources documentaires accessibles à différents niveaux de compréhension.

## Les modèles hydrodynamiques : des outils pour une gestion intégrée et une préservation durable de la ressource

Dans un contexte de surexploitation croissant des ressources en eau souterraine, le niveau de certains aquifères s'effondre dangereusement mettant en péril l'exploitation de ces réservoirs ainsi que la qualité des eaux.

Afin de diagnostiquer l'état des ressources, de comprendre le fonctionnement des systèmes aquifères et de prévoir leur évolution, le BRGM développe sur ces territoires des modèles hydrogéologiques. Basés sur une représentation géométrique du sous-sol en trois dimensions, ces outils permettent la modélisation dynamique des écoulements d'eau (voire le transport des polluants) dans les aquifères considérés. L'impact des prélèvements anthropiques, d'ouvrages de stockage (bassins de rétention) et des précipitations futures peut ainsi être testé selon différents scénarios, fournissant aux services en charge de la gestion des eaux des informations précieuses. ■



Le MONA (modèle hydrodynamique Nord-Aquitain) est développé en Aquitaine par le BRGM depuis les années 1990 en partenariat avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Outre la réalisation de diverses simulations sur les nappes profondes, le modèle a permis d'évaluer l'évolution des niveaux des aquifères aquitains à l'horizon 2050 selon différentes hypothèses, informations précieuses pour les acteurs en charge de la gestion de l'eau en région Aquitaine.

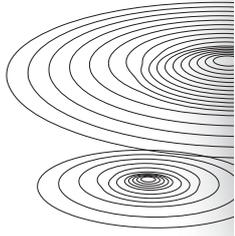
© BRGM

### WEB

Site ONEMA : <http://www.onema.fr/>

Site Agences de l'eau : <http://www.lesagencesdeleau.fr/>

Lien vers les SIGES des différentes régions : <http://www.brgm.fr/content/siges-portails-thematiques-regionaux-sur-eaux-souterraines>



## 3/ Relever le défi du changement climatique

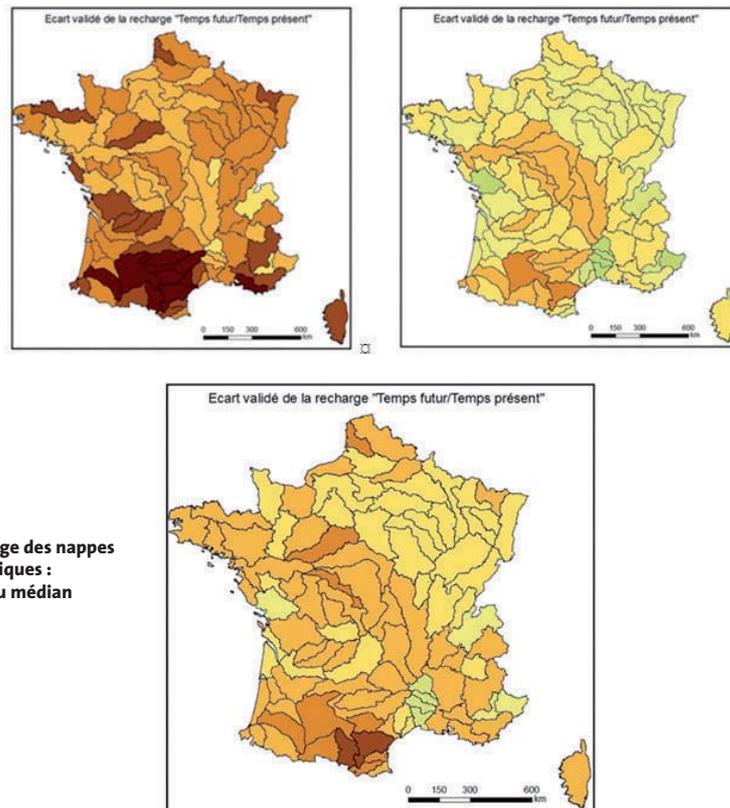
**RESSOURCE** En France, le changement climatique aura un impact sur les eaux souterraines. Plusieurs études le démontrent, notamment le projet de recherche Explore 2070.

### L'ASSÈCHEMENT DES SOLS, PRINCIPAL FACTEUR CLIMATIQUE DE BAISSÉ DES NAPPES

Avec une hausse des températures et donc de l'évaporation, les projections s'accordent sur une augmentation de l'assèchement des sols liée au changement climatique. Or les nappes se rechargent lorsque les sols, bien imbibés, laissent s'infiltrer l'eau en profondeur. Ainsi des sols plus secs, ou plus souvent secs, conduisent partout en France à une diminution de la recharge de la nappe par les précipitations. La baisse relativement modérée des précipitations n'aura quant à elle pas un impact majeur.

### Baisse de la recharge en eau à l'horizon 2070

Comment réagiront les hydrosystèmes et les milieux côtiers face au changement climatique ? Des éléments de réponse ont été apportés par le projet Explore 2070 qui prévoit une baisse quasi générale de la recharge en eau des aquifères comprise entre 10 et 25%. Deux zones seraient plus sévèrement touchées. D'une part, le bassin de la Loire verrait une baisse sur la moitié de la superficie de son bassin versant comprise entre 25 et 30%. D'autre part, le sud-ouest de la France subirait des baisses comprises entre 30 et 50%. Cette diminution de recharge aurait aussi un impact sur le débit moyen des cours d'eau. La baisse est estimée entre 10 et 40% dans la moitié nord du pays et entre 30 et 50% dans la moitié sud. Enfin, la surélévation du niveau marin et l'accroissement de la demande estivale en eau fragiliseraient les aquifères côtiers, en les exposant à une intrusion croissante d'eaux salées.



Diminution de la recharge des nappes selon 3 scénarios climatiques : pessimiste, optimiste ou médian





**Digue gonflable amovible en période de crues sur le Gapeau. Elle maintient la nappe en charge et empêche la remontée du biseau salé.**  
© BRGM - J. CASANOVA

Il conviendra donc de mieux répartir les prélèvements dans l'espace et dans le temps, d'optimiser la gestion de la ressource, et, suite à la remontée du niveau marin et au développement urbain en bord de mer, de déplacer des ouvrages de prélèvements proches du milieu littoral. Une gestion active de la ressource en eau est enfin recommandée (stockage en aquifère, recharge artificielle).

Pour fournir ces résultats et préconisations, le projet Explore 2070 s'est appuyé sur sept modèles de climat issus du scénario médian d'émission de gaz à effet de serre du 4<sup>e</sup> rapport du GIEC (scénario A1B). Des modèles hydrodynamiques ont permis le calcul des écoulements dans les nappes d'eau souterraines et en interaction avec les écoulements en rivière. Les données d'entrée ont été fournies par Météo France pour ce qui concerne l'hydroclimatologie, et par le BIPE (Bureau d'informations et de prévisions économiques) pour les projections de la demande en eau à l'horizon 2070. Le projet, coordonné par le groupement BRGM/Armines sous l'égide du ministère de l'Environnement, s'est achevé en 2012. Il a permis de donner une fourchette globale d'estimation sur l'évolution future des eaux souterraines. Etant donnée la variabilité des situations sur les quelque 200 aquifères français, des déclinaisons régionales du projet permettront d'affiner les résultats.

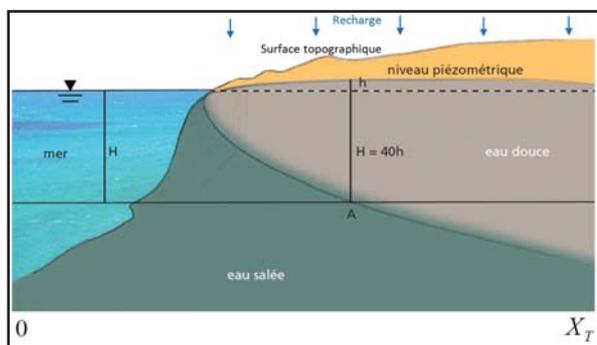
### UN RÉSEAU POUR ÉVALUER L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

S'appuyant sur son réseau de piézomètre, le BRGM a sélectionné 375 points de mesure pour lesquels il dispose d'un historique de données de plus de 30 ans. Des études sont aujourd'hui en cours pour comparer l'évolution du niveau des eaux avec différents facteurs climatiques. À terme, le BRGM espère constituer un réseau piézométrique de référence pour un suivi régulier de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines pour intégrer ce paramètre dans les modèles de simulation à plus ou moins long terme.

### Regard, AquifR : des projets pour améliorer la représentation des ressources en eau et les projections climatiques

Par ailleurs, des projets scientifiques visant à améliorer la représentation des ressources en eau peuvent aussi améliorer les projections sur le long terme. C'est ainsi le cas du projet Regard, démarré en 2014 sur le bassin Adour-Garonne, particulièrement impacté par des déficits en eau récurrents. Coordonné par le CNRM (Centre national de recherches météorologiques), il vise à montrer comment les informations satellitaires et les informations sur l'activité humaine, associées aux données traditionnelles de météorologie ou de débits combinées à la modélisation, peuvent fournir une vision spatialisée des ressources en eau et de leur variabilité sur ce bassin. Ce type d'approche présentera notamment un intérêt pour l'évaluation de scénarios climatiques futurs et leur impact sur l'évolution des différents hydrosystèmes du bassin étudié.

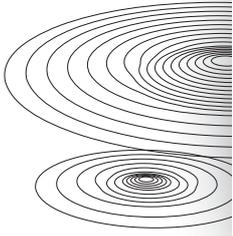
Enfin, des travaux sont en cours pour regrouper et améliorer les modèles hydrogéologiques régionaux existants, au sein d'une structure nationale. Cette structure pourra être utilisée pour le suivi et la prévision de la ressource en eau. L'objectif est également de développer des approches de modélisation dans les aquifères de socle (Bretagne notamment). Le projet AquifR, coordonné par l'UMR Métis (Université Pierre et Marie Curie) et soutenu par l'Onema, regroupe ainsi plusieurs partenaires dont le BRGM pour réunir et améliorer les applications hydrogéologiques existantes. Ce système national permettra de réaliser des prévisions sur les débits des cours d'eau et les niveaux des nappes, de quelques jours, quelques mois, voire quelques décennies pour les études d'impact du changement climatique. Avec une actualisation envisagée au fur et à mesure des nouvelles projections du GIEC. ■



L'intrusion d'eau salée pour les aquifères côtiers a la forme d'un biseau qui plonge sous la nappe d'eau douce (voir encadré p.5 sur la gestion des aquifères côtiers). Le rapport Jouzel « changement climatique et niveau de la mer » de mars 2015 rappelle que l'augmentation du niveau marin pourrait engendrer une extension des intrusions salines. Avec une remontée océanique de 2 m, ce biseau pourrait se déplacer de plusieurs dizaines de mètres à l'intérieur des terres. Cet impact est néanmoins limité comparé par exemple aux risques induits par l'augmentation des prélèvements dans les nappes littorales.

**WEB**

Site BRGM sur les eaux souterraines : <http://www.brgm.fr/brgm/eau/accueil.htm>



# Quelques définitions...

Les formations géologiques qui contiennent des eaux souterraines exploitables de façon significative sont appelées **aquifères**. L'aquifère est un contenant, la nappe est son contenu. Les nappes ne sont pas des lacs souterrains comme certains l'imaginent parfois : l'eau qui circule n'occupe que les vides de la roche (pores, fissures, fractures).

Le critère essentiel permettant de distinguer ce qui est aquifère ou non est la **perméabilité**, paramètre qui quantifie la capacité de la formation géologique à laisser l'eau circuler. Les sables récents (dunes) mais aussi les sables déposés par les mers anciennes du Mésozoïque et du Cénozoïque, sont très poreux et très perméables. Les formations constituées de calcaires et de grès sont aussi très perméables. De telles formations peuvent être exploitées par des forages pouvant débiter plus de 100 m<sup>3</sup>/h. Dans certaines zones (Causses, Quercy, Jura...), une dissolution importante des calcaires a donné naissance à des **karsts**, dont certains contiennent de véritables rivières souterraines. De nombreuses sources, exutoires des massifs karstiques, sont exploitées pour l'alimentation en eau potable.

Les roches des domaines de **socle** (granite, gneiss notamment) sont quant à elles caractérisées par des fissures et des fractures plus ou moins interconnectées. Les débits d'exploitation sont en général de l'ordre de quelques m<sup>3</sup>/h et dépassent rarement 20 m<sup>3</sup>/h. Ce niveau de perméabilité est moindre que celui des roches sédimentaires.

Parmi les aquifères, on distingue ceux dans lesquels les **nappes** sont **libres** de ceux dans lesquels elles sont **captives**. Dans le premier cas, la surface libre de la nappe n'atteint pas le niveau supérieur de l'aquifère que l'on appelle le toit. Ce toit peut être la surface du sol, auquel cas on parle parfois de **nappe phréatique**. Dans le second cas, la nappe se trouve prisonnière - captive - sous un toit imperméable. Elle est alors sous pression.

Deux aquifères, voire plus, peuvent être superposés, séparés par des niveaux peu perméables. On parle alors d'**aquifère multicouche**. Il peut y avoir des échanges lents mais non négligeables entre les nappes de différents niveaux.