

© Éric Veyssy, Terre & Océan



Source du Danube © photosforyou, Pixabay



© François Molle, Delta du Nil, Égypte

Terre & Océan

Magazine

LES EAUX SOUTERRAINES : TRÉSORS CACHÉS DE NOTRE PLANÈTE

Histoire
Gestions
Consommations
Statuts juridiques
Changement climatique

© Sonali Senaratna Sellamuttu,



© Frank van Steenberg, Ethiopia



© François Molle, Égypte (delta du Nil)



© Éric Veyssy, Mali (pays dogon)

Les Eaux Souterraines: trésors cachés de notre planète

3 Les eaux souterraines:
Indispensables ressources universelles,
régulatrices de l'histoire humaine

4 Histoire des eaux souterraines

Dossier Gironde

6 Les eaux souterraines:
Infiltration, qualité, climat, « ingénierie verte »
Entretien avec Alain Dupuy, hydrogéologue, Ensegid

11 La diversité des nappes d'eaux souterraines

12 Les eaux souterraines en Gironde:
Une expertise pour une bonne gestion
Entretien avec Bruno de Grissac, directeur du Smegreg

19 Histoire de l'eau en Gironde:
Des sources aux puits puis aux forages

21 Les eaux souterraines en Gironde:
Consommations et Économies
Entretien avec Patrick Eisenbeis, Smegreg

26 Les modes de consommation en Gironde:
Enquête hydro-sociologique
Kevin Caillaud, Inrae

29 T&O: activités « eaux souterraines », T&O Junior

Dossier Monde

30 La plus grande réserve en eau liquide de la planète

32 Les enjeux d'une gestion durable
des eaux souterraines: du local au global
Entretien avec Olivier Petit, économiste, Univ. d'Artois

43 Le droit des eaux souterraines
Raya Marina Stephan, experte en droit de l'eau

47 Eaux souterraines et réchauffement climatique

48 Activités générales de T&O

Ont participé à la rédaction de ce magazine:

Eva-Marie Lecompte, Élie Stecyna, Bruno de Grissac,
Alain Dupuy, Patrick Eisenbeis, Olivier Petit,
Kevin Caillaud, Raya Marina Stephan,
Teresa Fernandez, Thomas Boniface, Éric Veyssy.

Conseils et relectures:

Begoña Garrido, Laurence Candon,
Gaël Barreau, Jean-Claude Gianduzzo.

On ne croit facilement que ce que l'on voit. Et pourtant depuis près de 10 000 ans, dans de nombreuses régions du monde, les femmes et les hommes utilisent une ressource cachée, mais essentielle: l'eau souterraine. Ces eaux cachées issues des variabilités du grand cycle de l'eau, furent probablement déterminantes dans la grande histoire humaine, en tant qu'éléments de base de la sédentarisation à partir de la transition néolithique.

Ces stocks invisibles sont constitués par une partie encore mal comprise du cycle de l'eau, car leurs remplissages et leurs renouvellements se font sur des temps variables, longs et courts selon les cas, de la journée à des milliers d'années. Et les capacités de recharges et de stockages dépendent du climat, des sols et d'une géologie complexe.

Invisibles, ces eaux souterraines constituent une part majeure des usages de l'eau dans le monde et en France. L'agriculture, les industries, l'alimentation en eau potable en dépendent dans de nombreuses régions et depuis très longtemps. En Gironde, ces ressources d'eaux souterraines sont essentielles: elles sont notre eau potable quotidienne. Une organisation, des professionnels et des chercheurs veillent sur ce véritable trésor profondément enfoui et fragile.

Ailleurs, en France, en Europe et dans le monde, les situations sont contrastées selon les caractéristiques des nappes, le climat actuel et passé, les usages, la démographie et le développement des régions. Mais partout, ce produit local à partager, compte parmi les enjeux majeurs d'alimentation, de santé, d'équilibre social et politique, d'écosystèmes et de biodiversité. Comme les eaux de surface et en lien avec elles, les eaux souterraines subissent les pressions grandissantes du changement climatique et des choix sociétaux.

L'heure est à leur meilleure connaissance, leur considération et aux débats sur les modalités de leur partage et de leur gestion pour le bien de tous. Terre & Océan Magazine n° 5 s'est donné pour but d'y contribuer.

Éric Veyssy

« La crue a pour origine de gigantesques réservoirs souterrains se trouvant dans la région de la cataracte. Le dieu à tête de bélier Khnoum, créateur de la vie, générateur des espèces et gardien des sources du Nil, libérait le flot béni pour qu'il se répande dans tout le pays. »

Bernard Pierre dans *Le Roman du Nil*, éditions Plon, 1991

Directeur de la publication: Éric Veyssy

Responsable de la rédaction: Éric Veyssy

Mise en pages: Bernard Broca Brisson

Dépôt légal: mars 2021 - N° ISSN: 1761-5291

Imprimeur: Au fil des pages
14, route d'Andron 33650 SAINT-SELVE

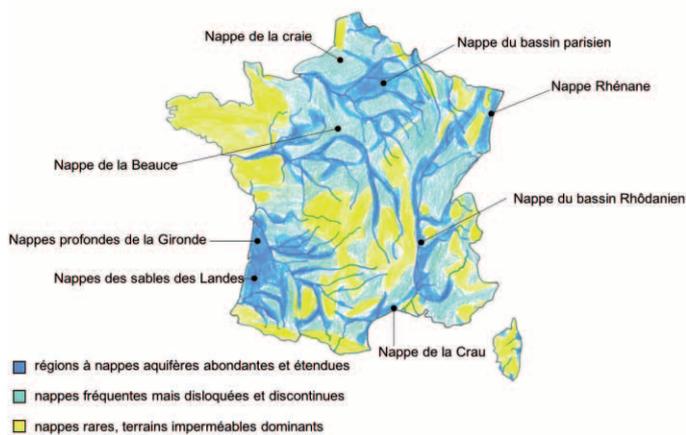
Terre & Océan, 1 rue Louis Blériot 33130 BÈGLES
contact@terreetocean.fr - 05 56 49 34 77

Les eaux souterraines :

Indispensables ressources universelles, régulatrices de l'histoire humaine

Boire, cultiver, produire artisanalement ou industriellement, se laver, se soigner, se purifier, etc. **L'eau est incontournable, indispensable, de première nécessité, essentielle à la vie !** Sur notre planète, elle est partout présente, mais pas toujours explicitement visible et accessible. Elle se trouve aussi là, où on ne l'attend pas, et notamment sous nos pieds d'humains posés à la surface de la croûte terrestre.

Les ressources en eau souterraine en France



Nappes en France

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Indispensable, mystérieuse et pas toujours facile d'accès, nous pouvons trouver des eaux souterraines presque partout. **La France ne fait pas exception, et dépend en grande partie des eaux souterraines pour son alimentation en eau.** Les ressources souterraines sont réparties de manière hétérogène sur le territoire. On les trouve dans différentes zones géologiques, notamment dans les bassins sédimentaires, comme les bassins parisien et aquitain, la vallée du Rhône, mais aussi dans des massifs montagneux ou dans des zones côtières. La géologie et le climat du territoire français permettent donc d'avoir de nombreuses nappes accessibles. Les deux plus importantes sont la nappe de Beauce entre la région Île-de-France et le Centre-Val de Loire et la nappe rhénane en Alsace.

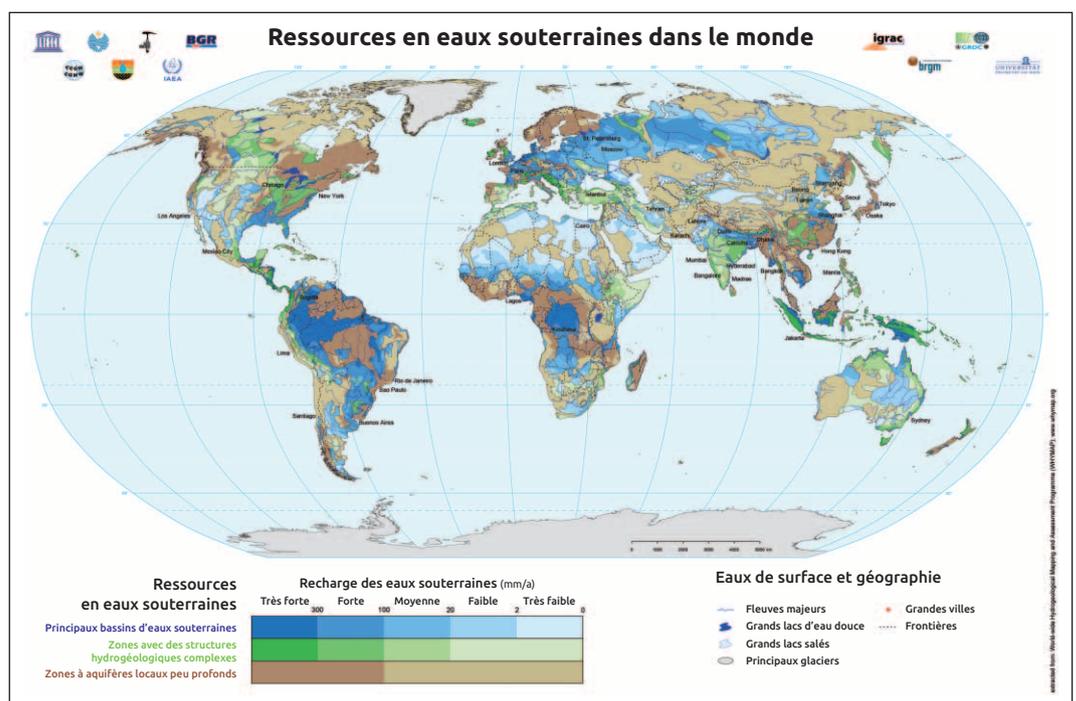
La Gironde est un cas particulier. L'eau y est très abondamment présente en surface, avec la Garonne, la Dordogne et l'estuaire, mais

aussi le bassin d'Arcachon et les grands lacs littoraux. Mais en plus et en dessous de ces réseaux de surface, nous avons sous nos pieds, des eaux souterraines en grande quantité et de qualité supérieure. **Ces eaux souterraines couvrent la moitié des besoins globaux girondins et presque l'intégralité de l'eau potable.** Cependant quelques nappes girondines sont surexploitées dans quelques secteurs urbains. Des efforts portent sur le rééquilibrage entre la recharge de ces nappes et les prélèvements qui y sont faits. Des chercheurs comme Alain Dupuy comprennent de mieux en mieux la part fondamentale du cycle de l'eau, qui échappe en partie à notre regard : **l'infiltration des eaux** à travers le sol puis leur percolation dans les roches du sous-sol. Des gestionnaires comme Bruno de Grissac et Patrick Eisenbeis qui transcrivent les connaissances aux élus décisionnaires, pour mettre en place une **gestion judicieuse de ce trésor quotidien.**

Les préoccupations girondines se retrouvent ailleurs en France et dans le monde avec des enjeux locaux toujours spécifiques. Et **l'organisation girondine est une référence** de gestion opérationnelle efficace. Les eaux souterraines fournissent un cinquième de l'approvisionnement mondial en eau. **Majoritairement de bonne qualité**, elles sont primordiales pour l'alimentation en eau de nombreuses populations jusqu'à 100 % dans certaines régions arides ou semi-arides. Cette eau, parfois stockée depuis des dizaines de milliers d'années, permet, par exemple au Sahara, d'avoir sous son sable et ses roches, la plus grande nappe souterraine du monde. Des États-Unis à l'Inde, en passant par l'Espagne et la Lybie, Olivier Petit dresse un état des lieux réalistes et un peu inquiet du monde des eaux souterraines.

Eva-Marie Lecompte, Élie Stecyna et Éric Veyssy

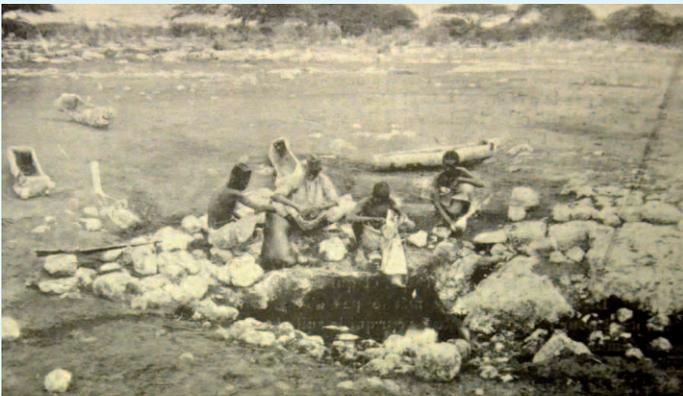
© BGR Hannover, Unesco, Paris 2008



Histoire des eaux souterraines

Les premiers creusements, le temps de l'empirisme

Les premiers puits étaient probablement **de simples trous mal protégés** des éboulements. Ils n'ont pas résisté au temps et ont disparu. Les premiers témoignages archéologiques datent du néolithique sur le pourtour de la Méditerranée, en Europe centrale et de l'est. Les eaux des nappes phréatiques proches du sol ont pu ainsi être utilisées, facilitant l'expansion des habitats sédentaires et des parcours pastoraux. Les recherches d'eau en sous-sol étaient particulièrement vitales dans les zones arides. D'après l'Ancien Testament, qui témoigne de cette préoccupation, Moïse fit même surgir une source sur les flancs du Sinaï, au milieu du désert... d'un coup de baguette magique.



Puits sommaire dans le désert des somalis, vers 1900

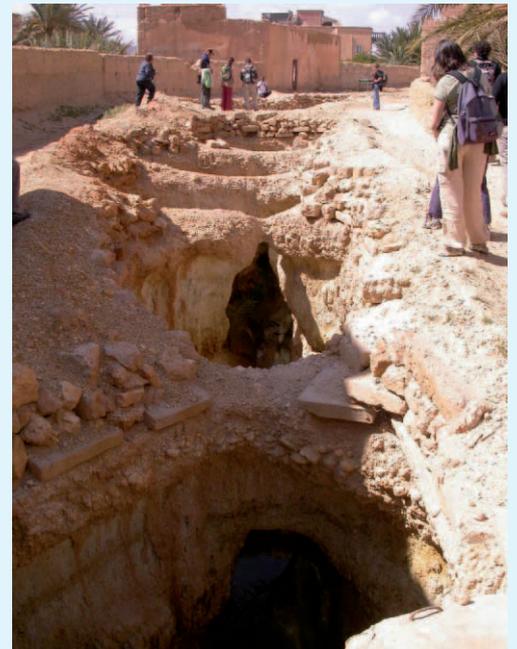
© Lamiot, « Revue illustrée », 1902

Pour les eaux plus profondes, **les Chinois ont été les pionniers des techniques de forages**. Depuis au moins 4 000 ans, des assemblages de tiges de bambous leur permirent d'atteindre et d'extraire des eaux à plus de 1 000 mètres de profondeur. Plus près de nous, les XI^e et XII^e siècles, ont vu des progrès déterminants. Aux portes du désert, naissait alors une ville développée autour d'un puits, emblématiquement appelée Tombouctou, signifiant le « Puits de Bouctou », du nom de la gardienne de ce puits. À peine plus tard, en Égypte, Saladin équipait sa citadelle du Caire d'un puits de 90 mètres. Et en Artois, les moines de l'abbaye de Villers faisaient jaillir l'eau sous pression de leur puits, premier d'une longue série de puits jaillissant, désormais dénommés « artésien ».

Les transferts d'eaux souterraines

Des résurgences d'eaux souterraines ont même été transférées sur de longues distances pour l'eau à boire ou pour l'irrigation. **Des captages par des galeries de plusieurs kilomètres, les qanats**, étaient pratiqués en Perse dès 800 ans av. J.-C. Beaucoup sont encore opérationnels aujourd'hui en Iran. Ce système de galeries captantes fut également aménagé dans toutes les zones

arides: les foggaras en Algérie et en Lybie, les khattaras au Maroc, les kariz en Afghanistan, Pakistan et Asie centrale, mais aussi en Égypte ou en Chine. Ces transferts ont peut-être résulté d'efforts pour compenser les conséquences de l'aridification croissante depuis les temps néolithiques. Mais ils ont plus probablement procédé d'une extension des techniques minières éprouvées par les premiers mineurs, qui devaient évacuer les eaux qu'ils rencontraient dans leurs creusements. Les aqueducs romains, puis les galeries drainantes creusées dans le sud de l'Europe à partir du Moyen Âge, perpétueront ces transferts d'eaux souterraines, et les étendront à d'autres zones climatiques.



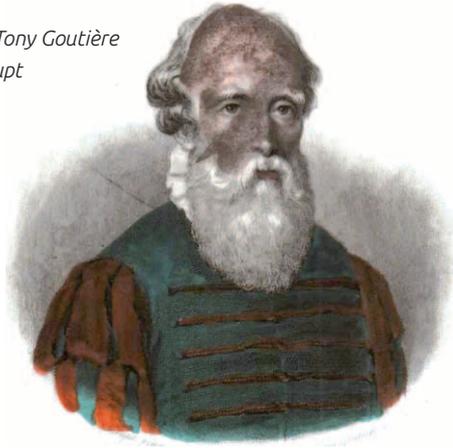
Qanat
(ou kheltara)
au Maroc
© Wikipédia

Une intellectualisation longue et contradictoire

Restait à comprendre la genèse et la dynamique des eaux souterraines. Beaucoup, parmi les plus grands penseurs ont eu du mal à se défaire des transcriptions d'images concrètes et de « concepts visibles » issus des eaux de surface. De Thalès à Descartes en passant par Aristote, ils se sont égarés dans des hypothèses de fleuves et canaux souterrains ou de remontées et condensations d'eau liées à la chaleur interne de la Terre. Et pourtant, dès le IV^e siècle av. J.-C., les observations naturalistes de **Théophraste**, contemporain d'Aristote, soulignent l'importance de l'infiltration pour les plantes. Puis l'architecte romain **Vitruve**, au I^{er} siècle av. J.-C., fera le lien entre la formation des sources et la pénétration dans le sol des eaux de pluie et de fonte des neiges, jusqu'à leur interception par une « couche de pierre ou d'argile ». Bien plus tard, l'Iranien **Al Birani**, au X^e siècle, expliquera les puits artésiens. Puis, au XVI^e siècle, **l'Agenais Bernard Palissy** précisera le grand cycle de l'eau, que les Chinois concevaient déjà dans leur cosmologie depuis plusieurs siècles av. J.-C. En 1580, dans son ouvrage *Discours admirable de la nature des eaux et des fontaines, tant naturelles qu'artificielles*, Bernard Palissy affirme que **les eaux souterraines proviennent uniquement de l'infiltration dans le sol des pluies arrêtées en profondeur par des couches argileuses**.

Bernard Palissy

© Magnus Manske, Tony Goutière
d'après Charles Durupt



Au XVII^e siècle, Pierre Perrault et Edme Mariotte établissent des bilans de cycles régionaux de l'eau, équilibrés entre les écoulements et les précipitations, en y incluant les infiltrations. En 1802, Jean-Baptiste Lamarck inventa le mot hydrogéologie, mais le sens qu'il lui attribue dépasse les eaux souterraines. Titre de son ouvrage, il définit l'hydrogéologie comme « l'influence qu'ont les eaux sur la surface du globe terrestre ». Dans son dictionnaire de 1872, Émile Littré en étend le sens: « Hydrogéologie: étude des eaux répandues a la surface du globe ». **Du XVIII^e au XX^e siècles, les progrès des connaissances en géologie aboutissent à une véritable explosion des sciences et des techniques de l'eau:** William Smith, Henry Darcy, Eugène Belgrand, l'abbé Paramelle, Auguste Daubrée, Édouard Martel, Édouard Imbeaux, Paul Lemoine, en sont les acteurs majeurs. Beaucoup de ceux-là sont ingénieurs, illustrant le rapprochement entre la connaissance théorique et la pratique. La connaissance donne confiance à une pratique, qui malgré des aléas et des échecs fait progresser la science en retour. Ainsi, de 1834 à 1841, plus de **sept ans de travaux et de patience seront nécessaires à Georges Mulot pour forer le puits artésien de Grenelle**, qui, avec ses 548 m, est alors le plus profond du monde... jusqu'en 1857, où le forage de Passy atteint 641 mètres, lui aussi finalisé après 6 ans de travaux.

Le temps des prospections et de la gestion

Au cours du XX^e siècle, le développement de la prospection et de l'exploitation des eaux souterraines en Afrique du Nord, de 1945 à 1955, a créé une véritable **école française d'hydrogéologie**, dont sont issus Henri Schoeller et Jean Margat, cités dans ce magazine. À partir de prospections géophysiques, des inventaires des ressources sont réalisés et les techniques de forages se renforcent. Alors, pour encadrer les exploitations, les législations administratives de l'eau sont instaurées dans tous les pays, démarquant en France avec un décret-loi de 1936 protégeant l'aquifère des sables albiens du Bassin de Paris.

Dans la seconde partie du XX^e siècle, tout en consolidant ses bases scientifiques, l'hydrogéologie commence à se poser **la question de la durabilité des extractions d'eau**, des nappes profondes en particulier. En 1965, l'Unesco et l'Office météorologique mondial décrètent une « *décennie*

hydrologique internationale », dont sera issu le *Programme hydrologique international* et un organe permanent au sein de l'Unesco: la *Division des Sciences de l'eau*. La contribution française aux multiples publications internationales est alors prédominante avec près de 50 %.



Unesco, Onu-Eau, 2020
Rapport mondial des Nations unies
sur la mise en valeur des ressources en eau 2020:
L'eau et les changements climatiques. Paris, © Unesco

<https://en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020#download>

Ces dernières décennies ont été marquées par des applications de forages profonds à la géothermie, mais aussi et surtout par la mise en place de la gestion des ressources en eau et la protection des eaux souterraines contre la pollution. La grande accélération de l'exploitation et des dégradations, des connaissances et des publications, des partages nécessaires et des tensions et du changement climatique, rendent la problématique des eaux souterraines à la fois très actuelles, mais toujours aussi difficile à rendre visibles pour les citoyens d'un monde interconnecté. **Au cœur de nos sociétés, les eaux souterraines mystérieuses et vitales, méritent une attention particulière pour le public « non voyant » que nous sommes tous pour cette si précieuse ressource.** Ce magazine s'est donné pour but d'y contribuer.

Éric Veyssy



Références principales

- *Origine et évolution des concepts des eaux souterraines*, Gilbert Castany, 1991, Comité français d'histoire de la géologie.
- *Histoire de l'hydrologie*, Jean Margat, Colloque international OH2, *Origines et Histoire de l'Hydrologie*, Dijon, 9-11 mai 2001.

Les eaux souterraines

Infiltration, qualité, climat, « ingénierie verte »



Entretien avec **Alain Dupuy**, directeur de l'ENSEIGID (École nationale supérieure en environnement, géoressources et ingénierie du développement durable), Institut polytechnique de Bordeaux.

© Éric Veyssy, Terre & Océan

Hydrogéologue, un métier

Q: Qu'est-ce que le métier d'hydrogéologue et quel est votre domaine de recherche et celui du laboratoire ?

R: L'hydrogéologue c'est celui qui est en capacité de dire où trouver, en quelle quantité et avec quelle qualité de l'eau souterraine. L'exemple le plus simple, c'est « sourcier ». Le sourcier sait dire si là on peut faire un puits ou un forage à telle profondeur. Maintenant, c'est devenu plus scientifique. On utilise des outils de modélisation numérique basés sur la mécanique des fluides, la thermique, le transfert de masse, pour calculer l'évolution et la circulation de l'eau et de tout ce qui l'accompagne (minéraux, polluant) dans le milieu souterrain. Nous travaillons sur ce qu'on appelle des nappes de surface, à quelques mètres de profondeur, qui sont des nappes « libres » généralement en accompagnement d'un cours d'eau. Nous nous intéressons aussi à des nappes plus profondes dans les systèmes sédimentaires, comme celui de notre région, où vous pouvez très bien aller chercher de l'eau potable jusqu'à plus de 1 000 mètres, ou pour la géothermie à plusieurs milliers de mètres de profondeur. Le panel est très large.

Infiltration et percolation : « grave » et fondamental !

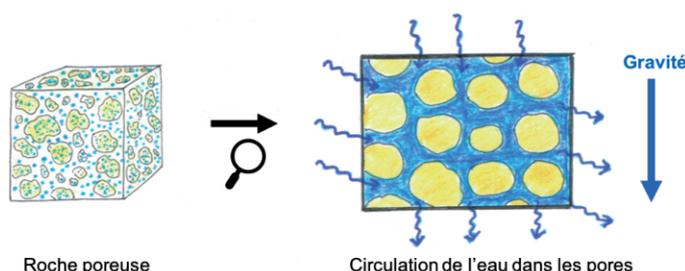
Q: Pourquoi peut-on dire que l'infiltration est une part majeure du cycle de l'eau ?

R: L'infiltration, c'est la partie cachée du cycle. Tout le monde voit et parle des eaux de surfaces, sauf que les eaux de surface, en volume, ce n'est que 0,03 % de l'eau globale ! Les nappes souterraines c'est 100 fois plus, voire 1 000 fois plus ! Cette partie souterraine, cachée du cycle de l'eau, est méconnue. Les seules images qu'on peut en avoir c'est celles d'un karst qui est une spécificité du monde souterrain à laquelle on a accès, mais sinon, je ne peux pas vous la montrer, à part dans les anciennes carrières de l'Entredeux-Mers qui constituent comme un karst artificiel. Et c'est la nature qui décide si on peut la prélever ou pas. Si vous êtes chanceux, vous avez un système poreux et perméable où l'eau circule : c'est un aquifère. Il y a une nappe dedans qu'on peut exploiter ! Donc l'infiltration c'est le phénomène qui va faire passer les eaux du monde visible

de la surface, là où l'on vit et que l'on voit, à un monde où l'on ne vit pas et que l'on ne voit pas. Et c'est là où qu'il y a du stock. **La surface c'est le flux, le souterrain c'est plutôt le stock.**

Q: Qu'est-ce qui influence l'infiltration d'eau dans le sol ?

R: Il y a tout un panel de paramètres. **L'infiltration, c'est quand l'eau, depuis la surface, franchit la barrière du sol.** Ensuite, quand l'eau descend dans le sous-sol par gravité, on parle de **percolation**, comme dans un percolateur à café : si c'est poreux, vous mettez de l'eau en surface et elle descend. La nature du sol influence l'infiltration avec ses paramètres de compaction, de perméabilité s'il est plus ou moins poreux, de conductivité hydraulique s'il est hydrophobe ou s'il aime l'eau. Mais ce n'est pas tout. Par exemple pour un même sol nu ou avec une couverture végétale et selon son état d'avancement, à précipitations équivalentes, vous n'allez pas avoir le même résultat quant à l'infiltration. Le sol a ses propriétés spécifiques et il y a les propriétés de la pluie, auxquelles se superposent l'évolution temporelle du couvert végétal, de la température aussi. S'il fait froid, le sol peut geler et alors l'eau ne passe plus. Lorsque ça fond, il y a une lame d'eau qui peut être intéressante, mais à 4 °C, les propriétés de l'eau ne sont pas non plus les mêmes qu'à 20 °C. Avec une bonne précipitation en hiver sur un sol nu et saturé, on va avoir une infiltration qui donne lieu à la recharge des nappes. Avec la même pluie transposée au printemps quand la végétation est en plein boum, l'infiltration va être bonne mais, dans la zone racinaire où il y a percolation, les plantes vont prélever leurs besoins en eau, et peut-être que leurs besoins vont être supérieurs à la lame d'eau précipitée, et la recharge sera alors nulle ou amoindrie. C'est très variable.



Roche poreuse

Circulation de l'eau dans les pores

Infiltration dans le sol et percolation dans le sous-sol et les roches

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Q: Qu'est-ce que la « pluie efficace » ?

R: La « pluie efficace » c'est la partie du volume d'eau qui arrive au sol et qui passe dans le sous-sol. Mais il faut enlever la partie que les plantes vont prendre pour avoir le volume d'eau qui participe à la recharge des nappes.

Q: Dans notre région, la recharge des nappes se fait généralement de novembre à mars ?

R: Oui, c'est la période la plus propice, à partir de la fin du cycle végétatif avec des températures qui avoisinent les 5 °C. C'est à partir de cette température qu'il n'y a plus de prélèvements par les plantes, jusqu'à la reprise de ce fameux cycle végétatif. Le problème, c'est que l'évolution

climatique actuelle fait que d'une part, les températures sont plus élevées, donc on a de moins en moins de coupures du cycle végétatif, la période de prélèvement par les plantes s'allonge donc, et d'autre part, il y a une nouvelle répartition des précipitations, vous l'avez sûrement constaté, au moins sur les trois ou quatre dernières années, c'est une tendance qui se dessine. On a des précipitations plutôt concentrées dans la période hivernale, et puis plus rien après très tôt au printemps, et cela recommence très tardivement, presque en fin d'automne. Ça change la donne quant au flux total d'eau qui arrive à la nappe.

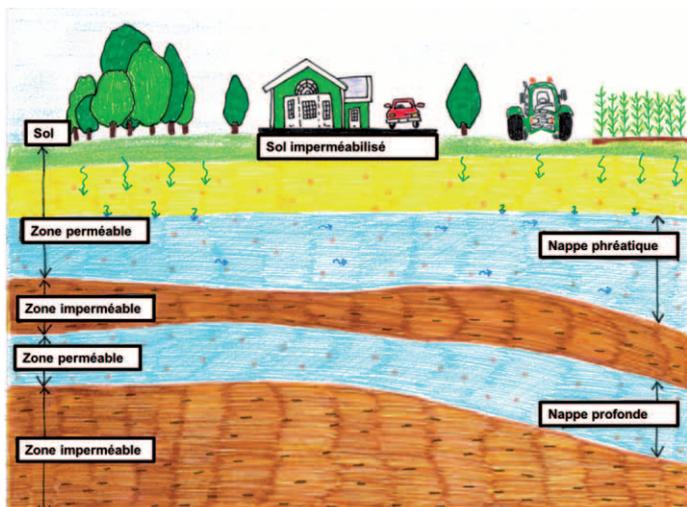
L'imperméabilisation coûte et provoque des inondations

Q: Au niveau régional, est-ce que le changement de couverture des sols joue de façon significative ces dernières années ?

R: L'occupation des sols a un effet peut-être pas tant par la nature des plantes que par les pratiques culturales qui sont mises en œuvre. Quand un sol est nu, ça n'a pas du tout le même effet que lorsque le sol est travaillé. Il peut y avoir des contraintes très favorables. Par exemple, un labour aère le sol, le rend plus poreux, cela favorise l'infiltration et la percolation les premiers cinquante centimètres. Mais le soc de charrue appuie sur le sol et le compacte, et crée un différentiel et on s'aperçoit qu'à 50 cm environ, on crée comme une nouvelle surface où il y a moins de percolation. Mais c'est très délicat à généraliser.

Q: Ça, c'est pour l'agriculture, et pour l'urbanisation ?

R: Pour l'urbanisation, l'effet est direct. **L'urbanisation c'est l'imperméabilisation classique.**



Sols perméables - sols imperméables

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Q: Y a-t-il une grande évolution de l'urbanisation en Aquitaine ?

R: Oui. Quand on voit l'extension des métropoles et des zones urbaines, l'effet est direct. On fait tous des aménagements, des trottoirs, des arrêts de bus : on couvre, on imperméabilise ou on compacte le sol. Ces aménagements là ont pour effet l'imperméabilisation des sols.

Aujourd'hui, il y a une prise de conscience du problème. Mais une prise de conscience forcée, amenée par des événements. En imperméabilisant, les flux d'eau qui tombent, vous devez quand même les collecter. Donc il faut dimensionner les collecteurs, et **comme l'intensité des pluies augmente, il y a donc des moments où il y a plus d'eau à collecter.** Il faut gérer cette eau supplémentaire. Typiquement à Bordeaux, on sait que lors des pluies d'orage, si la marée est haute, on ne peut pas évacuer. Il faut stocker. Ça a coûté cher, car il y a une course au dimensionnement. Alors que si on laissait faire l'infiltration, on a un recouvrement plio-quatenaire de sables et de graviers qui sont assez favorables à l'infiltration et la percolation. Peut-être que comme ça, on aurait moins à investir dans des grands ouvrages souterrains pour retenir ces pluies. Dans l'hyper centre, là où tout est bétonné, c'est délicat, il faudrait retirer cette couverture, mais en périphérie, il y a une volonté d'aménagement qui tient compte de cette percolation.



Inondation urbaine

© Éric Veyssy, Terre & Océan

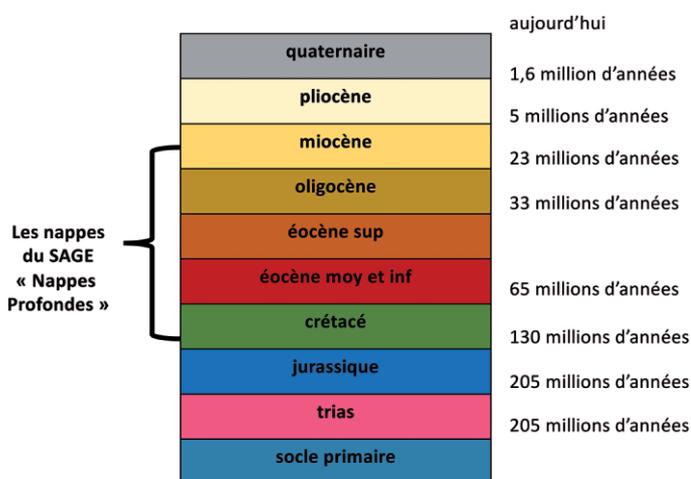
Q: Parce qu'au final, ça accroît le risque d'inondation sur les phénomènes « flashes » ?

R: C'est exactement ça. On ne fait que concentrer, on récupère encore plus d'eau qu'il faut encore plus stocker. Il faut faire une analyse coût/bénéfice. **À Bordeaux, les nappes ne se rechargent pas, et pourtant, c'est un milieu sableux, c'est-à-dire qui « boit » facilement,** pourquoi ne pas se servir des sols poreux non occupés ?

Q: Ces pluies de recharge de nappes, rechargent seulement la première nappe sous le sol, ou est-ce qu'elles vont plus loin et participent à la recharge des fameuses nappes profondes (Oligocène et Éocène notamment) ?

R: Alors oui, ce qu'il faut imaginer, c'est qu'une fois que dans le sol, l'eau infiltrée arrive à la première nappe, et en dessous de ce niveau-là, jusqu'à très, très profond, tout est saturé en eau : il y a de l'eau partout. Parfois, on dit qu'un puits est sec, qu'il n'y a pas d'eau. Mais non, il y a de l'eau mais pas en quantité suffisante pour que nous, avec nos technologiques, on puisse l'extraire. Mais il y a de l'eau absolument partout. L'image du centre de la Terre avec un grand vide, physiquement ça ne marche pas. Quand l'eau

arrive à la nappe de surface, (qui a sa propre dynamique d'écoulement et qui est souvent connectée ou donne même naissance à un cours d'eau) tout le système qui est dessous répond à ce signal. Il répond en décalé et de manière atténuée, en fonction des paramètres physiques et hydrodynamiques du système. Mais oui, tout répond avec une dynamique qui, plus on descend, plus elle est lente. Quand il pleut, le cours d'eau va réagir avec une dynamique de quelques heures à quelques jours. Celle de la nappe de surface sera de quelques jours à quelques semaines, et ensuite ce phénomène-là de transfert de pression et de masse, plus on descend, plus c'est long. La nappe du Miocène, c'est quelques centaines à plusieurs milliers d'années, l'Oligocène c'est encore plus que long que ça, et l'Éocène, l'âge moyen sous Bordeaux c'est entre 25 000 et 30 000 ans (cf. schéma). En descendant, on a une loi d'ancienneté. Mais **ce n'est pas parce que c'est vieux que c'est fossile, car l'eau se déplace, ça prend du temps, oui, mais ça circule.**



Superposition et âge des couches géologiques (aquifères potentiels) de Gironde

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

La qualité supérieure des eaux souterraines

Q: Il y a une question qui revient souvent quand on discute avec les gens, c'est la qualité de l'eau. Le parcours qu'a l'eau pour arriver dans ces nappes exploitées, permet-il d'éliminer tous les risques de pollution pour notre eau du robinet, notamment en Gironde ?

R: En Gironde, 99 % des prélèvements pour l'eau du robinet sont fournis par environ 700 forages prélevant dans les eaux souterraines, sauf un dans le lac de Cazaux. Plus on va chercher profond, plus ces eaux souterraines sont anciennes. Naturellement, l'eau va se mettre à un équilibre qui, en fonction de là où elle a circulé, va être plus ou moins riche et chargée en certains éléments. Il y a des secteurs en Gironde, où l'eau souterraine est de bonne qualité, mais malheureusement pour un élément, et je pense au fluor, est impropre à la consommation. Car malheureusement, il est juste au-dessus de la limite admissible pour les eaux potables. Mais ça, c'est ce qu'on appelle le fond géochimique, parce que l'eau a traversé des terrains où il y avait du fluor natif. À part ça, si on regarde l'ensemble des paramètres, avec parfois un peu de fer, (le fer on

le traite facilement en l'aérant), la quasi-totalité des eaux souterraines est directement propre à la consommation humaine. Le risque chez nous, ce n'est pas la qualité de la nappe, c'est comment on est allé chercher l'eau de cette nappe par un forage ou un puits, l'état des tubages et des ciments, et l'environnement immédiat du point de captage. Mais en cas de signaux de contamination, heureusement on sait décontaminer, ou même fermer le forage et en refaire un proprement avec les nouvelles technologies.

Q: Dans l'esprit des gens, l'eau du robinet c'est un peu la même partout...

R: Vous avez des spécificités d'origine des ressources. Il peut y avoir une contamination très locale, mais l'eau est très surveillée. Il faut savoir qu'au point de prélèvement, l'eau brute est prélevée et analysée de manière très régulière par l'exploitant et par l'ARS (l'Agence régionale de santé). L'eau brute, va ensuite passer dans la filière de traitement, avec notamment la chloration, et après elle est réanalysée pour être conforme à une eau de distribution. L'eau du robinet a plus de chances d'être polluée par ce qui se passe dans le réseau que par ce qui se passe au forage.

Q: Et pour l'eau potable, l'eau souterraine est majoritaire en France ?

R: C'est plutôt équilibré et très différent en fonction du système. **Il y a des endroits comme dans les bassins, parisien ou aquitain où les eaux souterraines sont largement exploitées car de meilleures qualités, anciennes et filtrées!** En Nouvelle-Aquitaine c'est 60 % eau souterraine et 40 % eau de surface. Et en Gironde c'est 99 % d'eaux souterraines. Mais, il y a des endroits où il n'y a pas de ressource souterraine. Donc là, le prélèvement est fait par des sources ou dans des cours d'eau parce qu'il n'y a que du flux de surface.

Q: Et dans le monde, c'est à peu près équilibré ?

R: Oui, c'est à peu près équilibré... Les premiers puits ont été exploités par l'homme il y a plus de 4 000 ans dans certaines régions du monde. Il y a donc, une expérience et un savoir largement développés. Et puis **l'avantage du souterrain, c'est que c'est pérenne.** S'il a plu pendant l'hiver ou que le cours d'eau ne coule plus en surface, **l'homme a compris qu'en creusant on pouvait trouver de l'eau!**

Q: Est-ce qu'on peut dire que quand on a le choix entre les eaux souterraines et les eaux de surfaces, on choisit plutôt les eaux souterraines pour faire de l'eau potable ?

R: Oui, parce qu'elle a déjà été naturellement filtrée. Elle est protégée d'un accident potentiel. Le problème de l'eau potable c'est qu'on doit assurer tout le temps la qualité et on sait que s'il y a un problème à résoudre sur une eau souterraine, le temps que ça se passe par rapport au point de captage, on va avoir du temps pour réagir. En surface, si vous avez le même accident sur un cours d'eau, vous n'avez quasiment pas le temps de réagir. Votre point de prélèvement est contaminé et tout le système qui est derrière aussi. Alors que sur une nappe, on aura le temps de fermer le captage, laissez passer et rouvrir. À gérer, c'est quand même beaucoup plus confortable et ça permet aux

exploitants de maintenir le service parce que n'oubliez pas, qu'ils ont une obligation de pérennité du service! **On doit être capable de délivrer de l'eau potable en tout temps!**

Le problème c'est qu'il faut avoir de l'eau. Et lors de l'été 2019 dans Nord-Est de la région Nouvelle-Aquitaine, il n'y avait plus de réserves d'eau dans le Limousin ou dans la Creuse car ce sont des systèmes où il n'y a quasiment pas de nappe. Beaucoup de cours d'eau drainent mais quand il n'y a plus d'eau à drainer... Il n'y a plus d'eau!

Q: Est-ce qu'il y a des grandes villes qui sont totalement dépendantes des eaux souterraines?

R: Il y a quelques dizaines d'années, certaines villes avaient des ressources uniquement orientées sur un seul type de ressource. Mais avec l'expérience on s'est aperçu qu'il fallait assurer cette ressource essentielle, et les villes ont opté pour des solutions multiples, notamment dans les grandes conurbations. Maintenant on va chercher l'eau un peu comme les Romains le faisaient, c'est-à-dire très loin, non pas par facilité, mais pour des raisons de sécurisation de l'alimentation. Sur la métropole bordelaise toutes les eaux potables proviennent de sources ou de nappes et donc de captages, de forages! Mais pas des mêmes forages. Pas de la même nappe. Pas du même type de source. Pas de la même ressource aquifère: il y a de l'Oligocène, des sources du Miocène, de l'Éocène qui lui-même se décompose en trois aquifères. Donc on a réparti tout ça et on l'a réparti spatialement.

Q: Ce qui fait que quand il y a un problème comme il y a eu sur les sources du Thil au Taillan (pollution au perchlorate d'ammonium en 2011)...

R: Avec les outils mathématiques, on répartit les prélèvements pour que le réseau fonctionne en continu même si on ferme un captage.

Q: Toulouse a des ressources plus limitées...

R: À Toulouse, ils ont un prélèvement en Garonne mais aussi des prélèvements dans la nappe d'accompagnement. Sinon ce serait un peu risqué!

Le changement climatique menace-t-il l'eau souterraine?

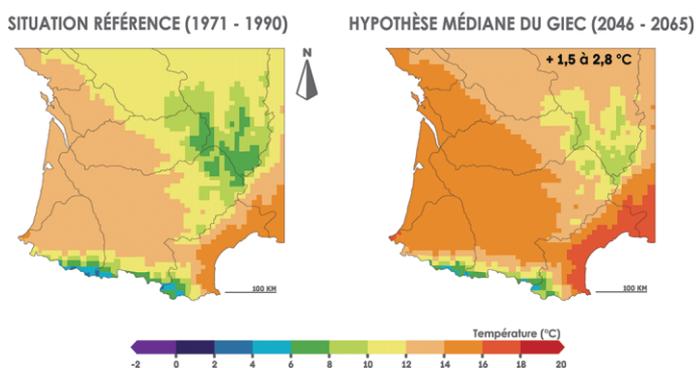
Q: Quel serait l'impact du changement climatique sur les ressources en eau des nappes souterraines? Y a-t-il déjà des effets qui ont été observés?

R: Les effets, on est encore à les imaginer parce que ce qui se passe en surface se transfère certes dans le souterrain mais de manière très lente. L'effet direct du changement climatique serait que les pluies seraient plus concentrées en hiver et réduites au printemps, ce qui est à peu près le cas ces dernières années, sauf cette année 2020 où on a quelques épisodes de bonnes précipitations au printemps. Mais je ne garantis pas que la nappe en profite avec la végétation dans l'état où elle est. Le problème c'est que dans les périodes où il n'y a pas de précipitation, il n'y a pas de recharge des nappes et elles vont baisser! Et il y aura donc moins d'eau dans les cours d'eau. Sauf que nous, on

continue à prélever pour l'eau potable, pour l'agriculture, pour l'industrie. S'il n'y a moins ou plus du tout d'eau en surface, où est-ce que vous allez prélever? Dans les nappes, sauf que si vous prélevez dans les nappes et notamment dans la première, vous amoindrissez le stock encore disponible pour les cours d'eau... Donc si les précipitations continuent à évoluer différemment, on aura un fonctionnement différent de tout le grand cycle de l'eau. Et si le système du grand cycle de l'eau est modifié, nos habitudes aussi vont être modifiées. Nos habitudes de prélèvements! Pas de consommations... Et là, **on a peur qu'on se retourne vers les eaux souterraines de manières incontrôlées. On craint cet effet domino.**

Du coup on regarde comment on pourrait faire en sorte que ce retour vers les eaux souterraines puisse s'accompagner de mesure qui viendrait compenser ça. Donc **la recherche, s'oriente vers la recharge artificielle des nappes.** Autrement dit en hiver, dans le val de Garonne par exemple, on identifie des grands secteurs où on pourrait, en désimpermeabilisant le sol par des puisards, recharger la nappe quand il pleut. Comme ça, on en aurait en été dans cette nappe pour en prélever et si on n'en prélevait pas, le gain serait pour la Garonne. Parce que non seulement c'est de l'eau de bonne qualité, filtrée, mais le gain est aussi sur la température de l'eau. Parce que là, l'eau qui arriverait à la Garonne serait à 13-14 °C qui est la température moyenne des nappes de surface. Pour la Garonne et son biotope, qui en plein été approche les 30 °C, avoir de l'eau à 14 °C c'est mieux...

Évolution de la température moyenne quotidienne sur l'année dans le sud-ouest
(Source : AEAG d'après www.drias-climat.fr)



Prospectives climatiques

© Thomas Boniface

Q: Donc, ce serait surtout recharger des nappes alluviales, de premier niveau?

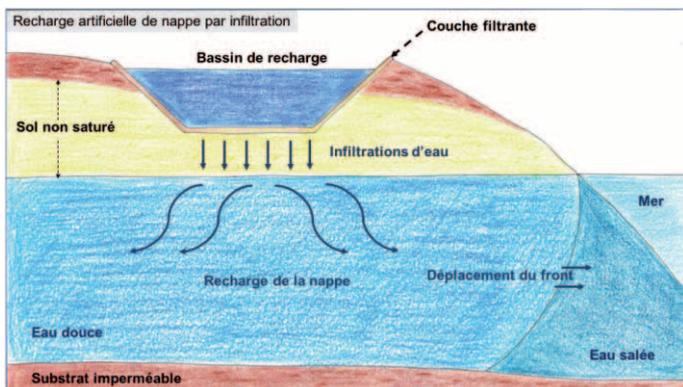
R: Pour l'instant c'est la nappe alluviale. On a peur que l'effet du changement climatique soit très, très fort notamment sur le bassin Adour-Garonne, les prévisions pour 2050 c'est jusqu'à 50 % de baisse des débits! Du coup, il faut un peu aider à rendre cette dynamique qu'avait le sol avant. La nappe alluviale de la Garonne se recharge naturellement. Elle est constituée de beaux graviers, mais ils ne sont pas totalement saturés parce qu'au-dessus il y a des limons qui sont très bons pour l'agriculture mais pas pour la percolation et l'infiltration. Donc **si on l'aide un peu par des puisards, des aménagements, typiquement de l'ingénierie**

environnementale basée sur la nature, on va arriver à des gains pour tout le monde.

On a imaginé d'aller recharger des nappes plus profondes mais il y a un énorme risque de qualité... si vous avez une eau souterraine avec prélèvement pour un usage « eau potable » en amont, on ne peut absolument pas se permettre de faire rentrer n'importe quoi ! Plus on va descendre plus ça va être compliqué mais on l'envisage, on y travaille !

Q: La démarche régionale Acclimaterra et NeoTerra (synthèse des connaissances climatiques régionales et prospectives) en Nouvelle-Aquitaine, a-t-elle des pendants ailleurs ? Vu que dans les rapports du GIEC (<https://www.ipcc.ch>), on parle peu d'eau souterraine...

R: Oui, très peu voire pas du tout ! Le problème du climat est mondial. C'est très compliqué à l'échelle mondiale et c'est encore plus compliqué quand on descend à des échelles régionales. Et si on ajoute une nouvelle dynamique souterraine, elle aussi relativement complexe et très hétérogène selon les différents sous-sols, c'est encore plus compliqué. Mais ceci étant, on commence à travailler les recharges de nappes à des échelles non négligeables pour la restitution au cours d'eau. L'objectif visé peut atteindre 10 % d'un débit d'étiage de la Garonne pour exemple, et ce n'est pas négligeable !



Recharge des nappes

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Q: Et justement, il y a des échanges au niveau de la recherche nationale et internationale sur ces points ?

R: Oui, et c'est assez caricatural : **les pays du Sud de l'Europe ont commencé à travailler la recharge, les pays du Nord de l'Europe pas du tout.** Jusque-là, ce n'était pas leur problème... jusqu'à ces deux dernières années où la canicule et la sécheresse ont commencé à toucher l'Angleterre, le Nord de l'Allemagne, le Danemark, la Suède et là, on a vu un changement des discours nord-européens qui parlent désormais d'économie d'eau, d'usages hydro-économiques. Parce qu'ils ont été touchés.

Les pays industrialisés ont développé des technologies de recharges artificielles, d'utilisations d'eaux d'autres types avec des eaux usées ou des eaux grises (eaux domestiques faiblement polluées) réutilisées. L'Espagne fait ça depuis très longtemps. En France on n'y est pas encore parce qu'on est dans une ère **où il faut que les projets soient totalement acceptés socialement.** Ça ne sert à rien d'avoir une superbe idée si vous avez un blocage parce que

l'idée ne plaît pas ! Parce qu'elle a été mal expliquée ou parce qu'elle n'est pas dans l'air du temps ou parce qu'il y a un risque. Donc il vaut mieux avoir une démarche prospective collégiale. Quand un pan de la société décide de faire une retenue pour son propre usage, c'est inacceptable ! Il faut un intérêt partagé et accepté : travailler avec la collégialité, dimensionner un projet d'une retenue d'eau de surface ou d'une eau souterraine pour qu'il ait un usage de valorisation pour la filière agricole, pour le tourisme, pour développer un biotope parce que quand on « crée de l'eau » à un endroit où il y en a moins, on crée systématiquement un biotope. C'est une nouvelle mentalité et même les scientifiques y participent maintenant. On n'est plus dans notre tour d'ivoire. Il nous faut sortir !

Q: Dans les alternatives, la désalinisation est-elle un concurrent au politique de recharge ou d'économie des eaux souterraines ?

R: **La désalinisation a encore un coût énergétique assez élevé.** Des pays peuvent se le payer : actuellement dans le golfe arabo-persique vous avez l'usine, la raffinerie juste à côté de l'usine de dessalement, le transfert d'énergie est instantané. Mais **on oublie très souvent qu'il y a un déchet : la saumure hyper concentrée.** On la jette comme un déchet et gravitairement elle va au fond parce qu'elle est très dense et les eaux très chargées ne se mélangent pas, car la viscosité n'est pas la même, la masse volumique n'est pas la même, ce qui fait que les eaux vont quasiment agir comme deux fluides immiscibles. Donc qu'est-ce qu'on fait de ça ?

Ici on a l'avantage d'avoir des systèmes souterrains que l'on peut encore « doper » en les rechargeant artificiellement. Profitons-en ! Parce qu'on va pouvoir faire des choses avec très peu de génie civil en surface. **On fait de l'ingénierie environnementale verte.** Il faudra faire du génie civil à certains endroits car on ne pourra pas faire autrement. Mais si on en fait moins c'est mieux. Je pense que **les solutions qu'on pourra mettre en œuvre ici et partout dans le monde doivent être adaptées à chaque situation.** Une solution peut être bonne sur un territoire mais contre-productive ailleurs. Il faut analyser la balance coûts/bénéfices, en étant ouvert d'esprit d'autant qu'on pense le changement climatique va s'accélérer mais qu'on ne sait pas dire comment et qu'est-ce que cette accélération va produire. Si on s'interdit dès à présent des solutions, on pourrait le regretter à assez court terme.

Q: Et justement, la solution de recharge des nappes d'une façon naturelle est moins émettrice de gaz à effet de serre que la désalinisation par exemple.

R: Oui largement ! **C'est la gravité qui travaille pour moi.** Donc je laisse faire l'eau qui veut bien s'infiltrer et pour l'instant **la gravité, on ne la paie pas !**

*Entretien réalisé par
Éric Veyssy, Eva-Marie Lecompte et Élie Stecyna*

**Retrouvez cet entretien complet
sur la chaîne YouTube de Terre & Océan.**

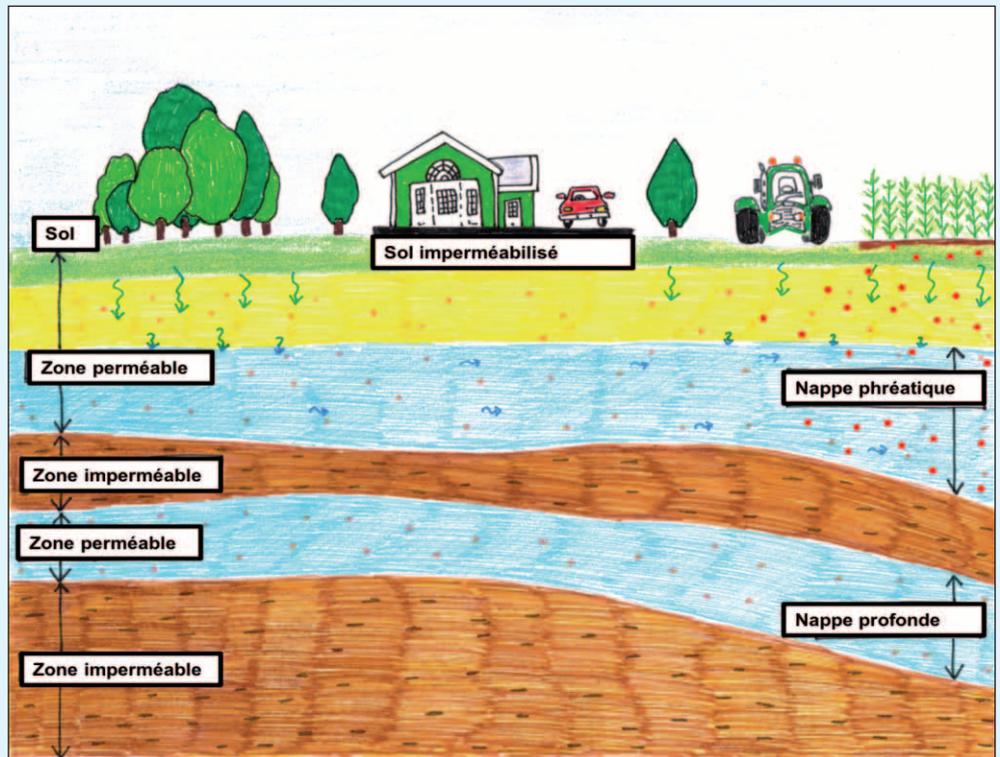
La diversité des nappes d'eaux souterraines

Profondes et/ou phréatiques, captives ou libres, fossiles, alluviales, la diversité des caractéristiques des nappes souterraines est grande.

La nappe « phréatique » est la première nappe sous la surface du sol (généralement situées entre 1 et 20 mètres de profondeur). Le terme « phréatique » provient du grec ancien « φρέαρ ou Phrear » qui signifie « sous le sol » ou « puits ». Elle est réalimentée directement par l'infiltration des pluies. Elle est généralement « libre », c'est-à-dire qu'elle circule dans un sous-sol perméable. Sa recharge directe la rend sensible aux éventuelles pollutions du sol (agriculture, villes, industries).

À plusieurs dizaines ou centaines de mètres sous la surface du sol, il peut y avoir des nappes d'eau souterraine. À la différence des nappes « phréatiques » toujours libres, ces nappes profondes peuvent, elles aussi être libres. Mais elles peuvent être captives ou semi-captives, lorsqu'elles se trouvent entre deux couches imperméables. La circulation et le temps de renouvellement des eaux des nappes profondes sont lents. Il faut parfois plusieurs milliers d'années pour que l'eau se renouvelle en totalité !

Autour et sous les cours d'eau de plaine, le sol et le sous-sol sont constitués de sables et de graviers, qui permettent

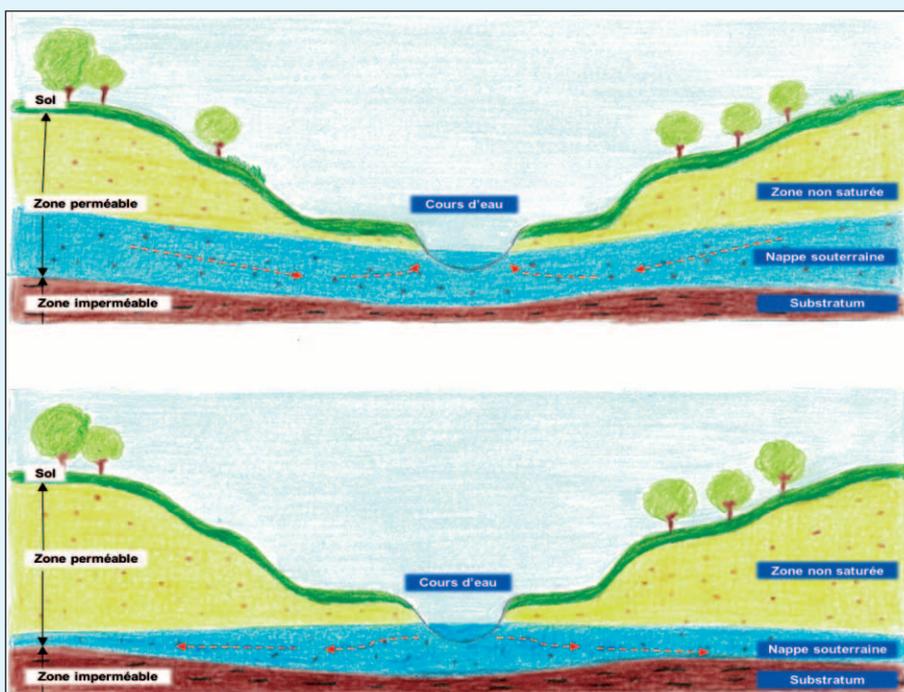


Nappe phréatique et Nappes profondes

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

à l'eau de s'infiltrer dans leurs interstices. Ainsi, se constituent les nappes alluviales « d'accompagnement » du cours d'eau. Lorsque les pluies sont abondantes, la nappe est alimentée en eau par les infiltrations et par la rivière. À l'inverse, en période sèche, l'eau de la nappe alimente la rivière. Avec le réchauffement climatique, la préservation des nappes alluviales est d'autant plus essentielle pour la bonne santé des rivières. Face aux périodes de sécheresse répétées et intenses, il faut favoriser l'infiltration des eaux de pluie en gardant des sols perméables. Car les eaux souterraines échappent à la perte par évaporation.

Eva-Marie Lecompte, Élie Stecyna et Éric Veyssy



Les nappes profondes sont privilégiées pour l'alimentation en eau potable car leur parcours à travers les roches souterraines leur procure une excellente qualité et une composition constante tout au long de l'année (contrairement aux eaux de surface variables selon la saison). De plus, leur profondeur les rend très peu vulnérables aux pollutions de surface, car elles en sont éloignées, et bien souvent, des couches géologiques imperméables les protègent.

Nappes alluviales

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Les eaux souterraines en Gironde :



une expertise dédiée pour une bonne gestion

Entretien avec **Bruno de Grissac**, directeur du SMEGREG

© *Éric Veyssy, Terre & Océan*

Une mission issue d'un parcours... « ressources contraintes » et « conflits d'usage »

Q: Quel a été ton parcours qui t'as amené à être aujourd'hui le directeur du SMEGREG ?

R: J'ai fait des études de sciences naturelles. **Je suis d'une génération que des Paul-Émile Victor, Haroun Tazief ou commandant Cousteau faisaient rêver.** On voulait tous devenir explorateur, volcanologue ou océanographe. J'ai donc choisi sciences naturelles avec l'océanographie en tête. J'ai fait des études de géologie et en cours de cursus j'ai souhaité m'orienter vers les sciences opérationnelles. Donc je suis venu à Bordeaux faire de l'hydrogéologie. Ce qui fait ce que je suis aujourd'hui, ce sont quelques événements liés au hasard ! Des rencontres lors de mon DEA et de ma thèse où j'ai travaillé dans un contexte un peu particulier : l'approvisionnement en eau des îles et de zones côtières méditerranéennes isolées pour le compte de l'Organisation mondiale de la santé et le programme des Nations unies pour l'environnement. Dans un **contexte de ressources contraintes**, comme sur des îles et zones côtières isolées, on est obligé d'intégrer la maîtrise de la demande dans les outils de gestion. **À la fin des années 1980, parler de maîtriser la demande n'était pas quelque chose d'évident.**

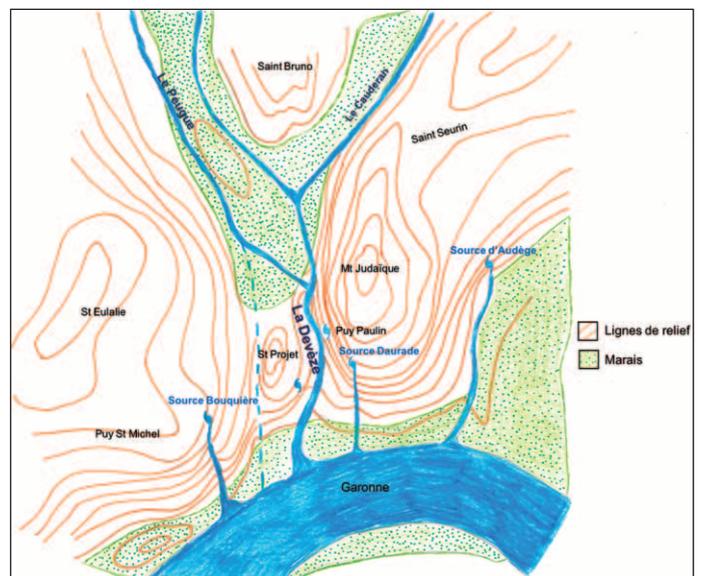
Ensuite, en Poitou-Charentes, au service d'une collectivité territoriale, **j'ai fait mes armes en matière de gestion opérationnelle dans un contexte de conflits d'usages.** Puis j'ai postulé à Bordeaux pour venir travailler sur **un des rares territoires où l'eau souterraine est aussi prégnante.**

Q: Comment pourrait-on définir le métier que tu fais au sein du SMEGREG ?

R: Comme nombre de collègues dans des établissements publics territoriaux de bassins, je contribue à la gestion de la ressource en eau en fournissant aux élus locaux les éléments nécessaires pour qu'ils prennent des décisions. Alors que tous les autres établissements s'intéressent aux eaux superficielles, cours d'eau, plan d'eau, grand fleuve, bassin versant, **la spécificité du SMEGREG est qu'il s'intéresse aux eaux souterraines et plus particulièrement aux eaux souterraines dites profondes, aux nappes captives. On travaille sur des systèmes complètement atypiques.**

Q: Tu es arrivé au début du SMEGREG pour le mettre en place. Comment s'est-il construit ?

R: Pour expliquer « pourquoi le SMEGREG ? », il faut faire un peu d'histoire et remonter très loin dans le temps en partant de l'histoire de Bordeaux. L'histoire de l'implantation humaine à Bordeaux commence 300 ans av. J.-C. avec la sédentarisation des premières peuplades. L'attractivité du site est liée au fait que la Garonne est une voie commerciale et que l'on peut facilement accoster quelles que soient les conditions de marée dans ses affluents rive gauche que sont la Devèze et le Peugue. Et le site de Bordeaux présente une colline qui culmine place Gambetta, autrefois appelée le Mont Judaique. Du sommet de cette colline, on peut voir les éventuels attaquants arriver, qui de toute façon, pour atteindre cette colline, vont être obligés de traverser des zones marécageuses en toutes directions. Et l'avantage énorme, c'est qu'en périphérie de cette colline existent des sources qui fournissent de l'eau de très bonne qualité. Les atouts du site n'échappent pas aux Romains qui développent la cité et créent des aqueducs qui emmènent l'eau en centre-ville. Détruits lors des invasions barbares, ces aqueducs ne seront jamais reconstruits. L'histoire de Bordeaux est ensuite marquée par un développement qui se traduit, comme on le voit encore aujourd'hui, par la pollution des ressources en eau au droit de l'agglomération et la nécessité d'aller chercher l'eau de bonne qualité toujours plus loin. En fait, toute **l'histoire de Bordeaux est marquée par une pénurie permanente.** En 1850, la capacité de distribution à Bordeaux n'est que de 5 l/jour/habitant en été. Juste après la Seconde Guerre mondiale, la réalisation de forages d'eau est simplifiée par transfert de technologie de l'industrie pétrolière vers des activités de recherche d'eau. De plus on sait désormais **qu'en Gironde, où que l'on soit, si on fait un forage suffisamment profond on va trouver de l'eau de bonne qualité** et qui va même dans la plupart des cas jaillir naturellement. À partir de ce moment-là, les forages se multiplient et les pouvoirs publics pensent que cette pénurie récurrente sur plusieurs siècles est derrière nous et qu'il n'y aura plus jamais de problèmes d'approvisionnement.



Plan du Bordeaux initial

© *Teresa Fernandez, Terre & Océan*

Mais **dès 1956, le professeur Schoeller de la faculté des sciences de Bordeaux pose la question de la durabilité de ce nouveau modèle d’approvisionnement en eau de la Gironde.** En fait il se demande si augmenter sans cesse le nombre de forage et le volume prélevé dans le milieu naturel ne devrait pas nous mener à une surexploitation de ces ressources. Cette question posée en 1956 n’aura une réponse que 40 ans plus tard, en 1996 à l’issue de **l’élaboration d’un schéma directeur départemental d’alimentation en eau potable** portée par le Conseil général en association avec la Communauté urbaine de Bordeaux (aujourd’hui Bordeaux Métropole). **Ce schéma fait notamment le constat formel que certaines nappes sont en état de surexploitation.** Il en découle deux décisions collectives. La première est d’élaborer un schéma d’aménagement et de gestion des eaux pour ces nappes profondes. La seconde, compte tenu de la complexité de ces sujets, et de **créer le SMEGREG pour doter les acteurs du territoire d’une capacité d’expertise indépendante et mutualisée pour éclairer les prises de décisions en matière de gestion de la ressource.** Le SMEGREG n’associe alors que Bordeaux Métropole et le Conseil général de la Gironde.

Q: Et depuis, d’autres organismes l’ont rejoint ?

R: En 2013 la décision a été prise d’ouvrir l’établissement à tous les services d’eau potable du département qui souhaitaient le rejoindre. Et aujourd’hui ils sont 26 à avoir intégré le SMEGREG, ce qui représente à peu près 70 % des volumes prélevés dans le milieu naturel pour l’eau potable en Gironde.

Notre activité ne se limite plus aujourd’hui à rechercher des ressources de substitution, mais vise à faciliter l’action de tous les acteurs publics au profit d’une gestion équilibrée et durable des ressources. Pour ce faire notre capacité d’expertise est mobilisée aussi bien pour un problème concret très local, que des programmes de recherches à grande échelle et à long terme. Nous avons des échanges quasi quotidiens avec l’État, via le préfet et ses services, notamment pour des questions relevant de la police de l’eau ou des installations classées. Nombre de décisions qui touchent aux nappes profondes ne sont prises qu’après avis de notre établissement et de la commission locale de l’eau.

Une ressource riche, complexe et de grande qualité

Q: Alors où en est la ressource en Gironde ?

R: **Nous avons, en Gironde, des problèmes d’enfants gâtés :** nous avons beaucoup d’eau ! Énormément d’eau, mais une bonne part qu’on n’a pas envie de boire. Quand on voit la Garonne, on se doute bien que la rendre potable peut être un peu compliqué si on veut retirer ne serait-ce que les matières en suspension qu’on y trouve. Mais **sous nos pieds nous avons des stocks d’eau absolument faramineux, sauf que les nappes qui nous intéressent supportent très mal qu’on les sollicite mal.** Elles se souviennent plus de la façon dont on les exploite que des volumes qu’on en extrait. Elles ne supportent pas qu’on les maltraite ! En

fait, en Gironde, nous avons largement de quoi satisfaire 1 fois, 2 fois, 3 fois la population actuelle sous réserve que nos prélèvements soient répartis de manière harmonieuse et **la répartition actuelle des prélèvements n’est pas satisfaisante pour ces nappes.** On est allé à la facilité, on a multiplié les forages aux droits des zones où la population est concentrée, c’est-à-dire l’agglomération bordelaise, les axes Dordogne et Garonne, les grandes vallées alluviales. Et cette concentration de prélèvements sur un territoire limité, c’est cela qui pose un problème pour les nappes. La difficulté c’est que répartir différemment dans l’espace nos prélèvements, cela veut dire transporter de l’eau et

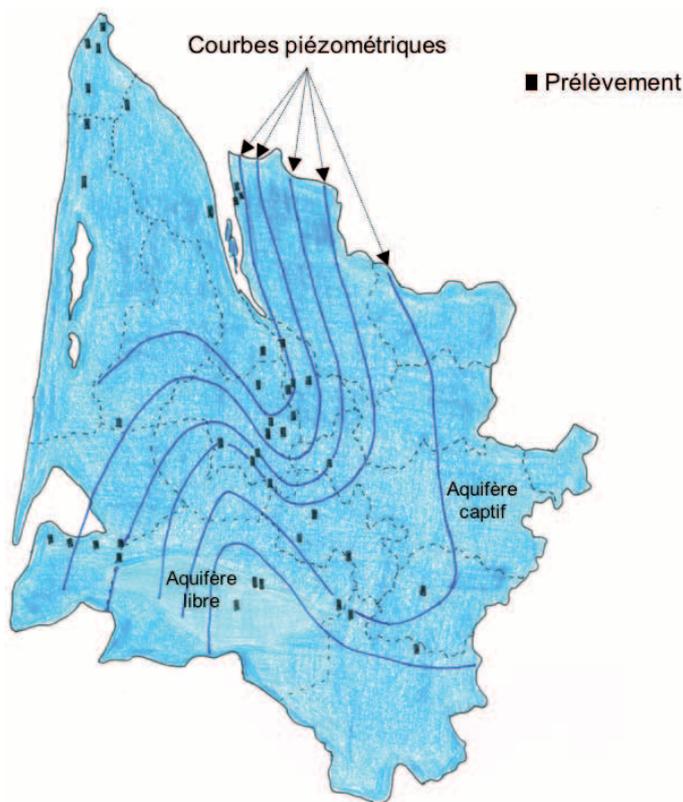
SAGE et CLE: Le modèle français de l’eau trouve son origine dans **la loi de 1964 qui pose le principe de la gestion par bassins** et créé les six agences financières de bassin devenues aujourd’hui Agences de l’eau. La politique de ces agences est arrêtée par un Comité de bassin, instance de concertation souvent considérée comme un « Parlement local de l’eau » dans laquelle siègent des élus locaux, de représentant des usagers et de l’administration.

La loi de 1992 a renforcé ce modèle décentralisé de la gestion des ressources en eau en instaurant deux outils. À l’échelle du territoire de chaque agence, le schéma directeur d’aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) est un outil de planification qui fixe des objectifs et des orientations à grande échelle. Plus localement, **à l’échelle d’une entité hydrologique ou hydrogéologique cohérente** (le bassin d’un cours d’eau ou une nappe par exemple), le schéma d’aménagement et de gestion des eaux (SAGE) est un outil de planification à portée réglementaire. Le SAGE est élaboré par une Commission locale de l’eau (CLE) qui est l’échelle locale l’équivalent du Comité de bassin.

Différentes étapes marquent l’élaboration d’un SAGE avec l’adoption d’un état des lieux, d’un diagnostic, d’un examen des tendances et des scénarios envisageables, le choix d’une stratégie et, *in fine*, **un plan d’aménagement et de gestion durable de la ressource** et un règlement.

La CLE n’étant pas dotée, tout comme le comité de bassin, d’une personnalité juridique, elle doit s’appuyer sur un tiers pour son fonctionnement, l’élaboration du SAGE et le suivi de sa mise en œuvre et de son efficacité. Particularité du SAGE Nappes profondes de Gironde, sa CLE s’appuie sur deux acteurs avec un secrétariat administratif confié au Département et un secrétariat technique confié au SMEGREG.

Créé en 1998 pour éclairer les prises de décision de ses membres, le SMEGREG, reconnu en tant qu’Établissement public territorial de bassin pour les nappes profondes de Gironde en 2015, dispose de **capacités d’expertises** mobilisées aussi bien par la CLE que par l’État au profit de la gestion équilibrée et durable des ressources qui approvisionnent tous les Girondins en eau potable.



Carte de la nappe du Cénomaniens (inclue dans le Crétacé)
© Teresa Fernandez, Terre & Océan

SAGE Nappes profondes. Mais dès qu'on passe en rive droite de la Garonne ou de la Gironde, la nappe phréatique peut être tour à tour le Miocène, l'Oligocène, l'Éocène voire même le Crétacé qui affleure localement dans le Sud du département.

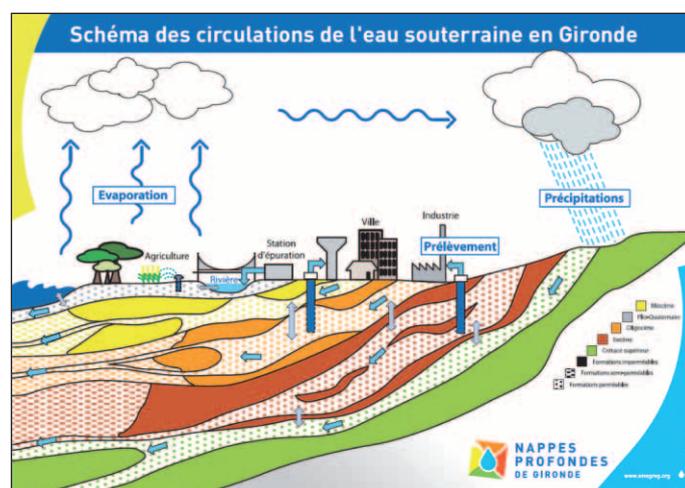
Un exemple : nous sommes ici à Mériadeck, où une des nappes du SAGE, le Cénomaniens (inclue dans le Crétacé), est captée pour la géothermie pour chauffer le quartier Mériadeck. Elle est captée ici à plus de 1000 m de profondeur. Cette nappe est phréatique, c'est-à-dire que vous pouvez « marcher dessus », quand vous êtes au Sud de la commune de Cabanac-et-Villagrains. Donc cette même nappe est en surface dans le Sud du département, et elle est à plus de 1000 m sous nos pieds ici à Mériadeck.

Q: Les nappes souterraines girondines se renouvellent-elles ou est-ce qu'il y a des nappes fossiles dont l'eau ne se renouvelle pas ?

R: En Gironde, nous n'avons pas de ressource fossile. Fossile ça veut dire qu'il n'y a aucun renouvellement de l'eau. On en connaît dans certains bassins mais ce n'est pas le cas en Gironde. Nous avons des nappes à très grande inertie et c'est là toute la différence, elles ont toutes un renouvellement de l'eau. Dans toutes nos nappes, on peut dater la ressource.

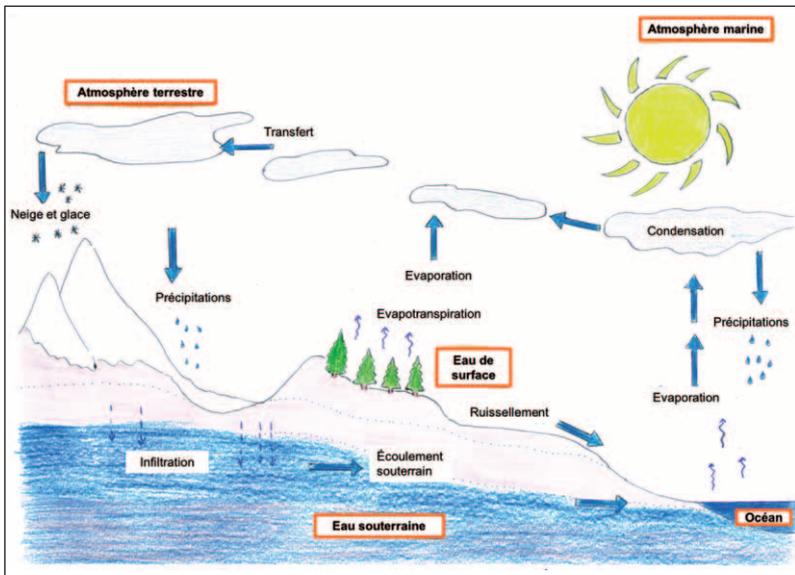
Le SMEGREG est un établissement doté d'une capacité d'expertise mis à disposition d'acteurs de la gestion. Mais cette capacité d'expertise évolue au cours du temps car notre savoir académique d'aujourd'hui n'est pas celui d'il y a 20 ans, ni celui d'il y a 10 ans. **Dans la nappe de l'Éocène au droit de Bordeaux, l'eau est âgée de 20 000 ans à peu près**, époque de l'homme de Cro-Magnon ! Si on part du

principe que ce sont des ressources dynamiques qui s'écoulent, plus on va aller vers l'aval, vers l'océan, qui est leur exutoire, l'endroit où elles se vident, le postulat est de dire qu'on va trouver des eaux plus âgées. En revanche plus on va vers l'amont, leurs parties phréatiques, où les eaux de pluies peuvent rentrer, plus les eaux sont censées être jeunes. Ça, c'était ce qu'on pensait il y a 20 ans. Depuis, plus les mesures se multiplient et plus on s'aperçoit qu'au bout du compte, l'eau a un âge homogène, de l'ordre de 20 000 ans. Donc il faut qu'on repense notre schéma conceptuel : les postulats que partageaient tous les professeurs de l'Université de Bordeaux ne sont plus valables quand on fait ce constat. Pour expliquer que l'eau est relativement homogène dans le réservoir Éocène, il faut revenir à l'histoire géologique et climatique du territoire et regarder ce qui s'est passé **il y a 20 000 ans**. Nous étions alors à la fin de la dernière grande période glaciaire. On avait donc beaucoup d'eau stockée sur le continent sous forme de glace qui est en train de fondre, donc **beaucoup d'eau disponible pour s'infiltrer dans les nappes**. On sait par ailleurs que c'est une période où il pleuvait énormément sur notre région. On avait donc beaucoup d'eau capable de rentrer dans la nappe du fait des précipitations. Par ailleurs, du fait de cette quantité d'eau stockée sur le continent, l'océan était 150 m plus bas, en dessous des exutoires de nos nappes. Il n'y avait pas de contre-pression pour freiner leur écoulement à l'aval. Qui plus est la fonte des glaces s'est traduite par une montée rapide des océans qui est venue tout à coup freiner l'écoulement des eaux souterraines au sein de la nappe. On a donc **un système qui s'écoulait à une certaine vitesse et qui, en quelque temps, se met à fonctionner à une vitesse beaucoup plus faible**. C'est ce ralentissement du renouvellement qui fait qu'on a un âge relativement homogène des eaux dans le réservoir et qui nous a obligés à repenser notre vision du fonctionnement de ces nappes. Aujourd'hui encore, on voit dans le comportement des nappes, le résidu d'un rééquilibrage d'un événement d'il y a 20 000 ans.



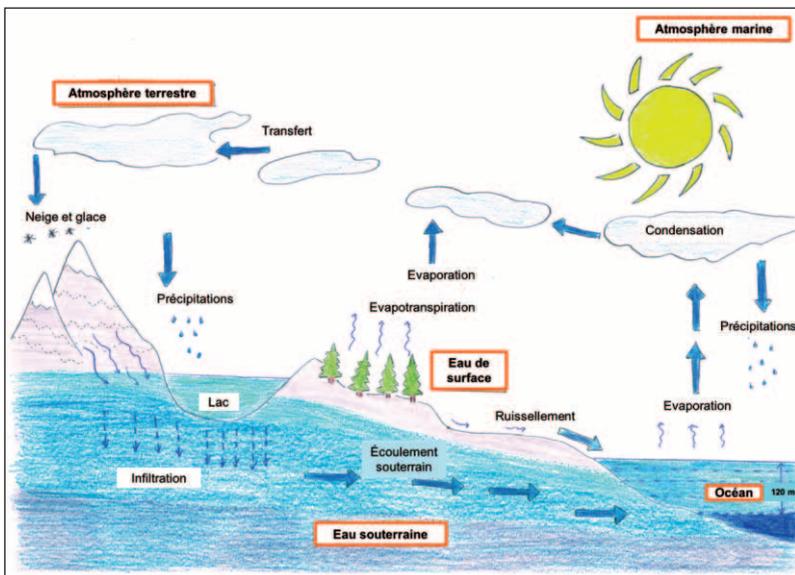
Écoulement des nappes est-ouest

© Smegreg



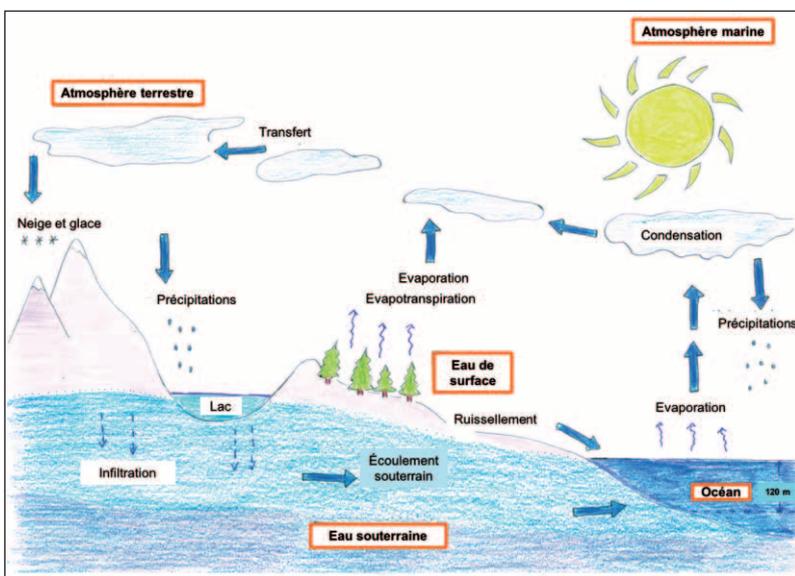
-20 000 ans : dernière glaciation

© Teresa Fernandez, Terre & Océan



-20 000 ans à -10 000 ans : déglaciation et précipitations intenses

© Teresa Fernandez, Terre & Océan



Situation actuelle

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Q : Les autres nappes (autre que l'Éocène), l'Oligocène, par exemple, ont-elles aussi des eaux du même âge ?

R : Non, alors là aussi il y a une complexité. Quand on a commencé à mesurer l'âge des ressources des nappes qui sont moins profondes, on a trouvé des nappes plus jeunes. Leur taux de renouvellement est plus élevé, l'eau y circule plus rapidement. La surprise c'est quand on a travaillé sur la nappe du Cénomaniens (Crétacé) qui, à Bordeaux, est plus profonde que l'Éocène, on s'est aperçu que l'eau y était localement plus jeune. Le renouvellement de l'eau au sein de la nappe du Cénomaniens est beaucoup plus rapide que dans celle de l'Éocène. Mais pour que cette eau se renouvelle il faut bien qu'il en sorte et aujourd'hui on ne sait pas où sort l'eau du Cénomaniens, certainement à la faveur d'une discontinuité géologique quelque part ou de manière diffuse dans l'océan. En tous les cas, on y a localement des eaux dont l'âge est bien inférieur à 20 000 ans, moins de 10 000 ans même.

Q : Y a-t-il un risque de contamination à l'endroit où les nappes sont phréatiques et est-ce que ça peut après se transférer à des endroits plus profonds ?

R : Alors oui, à l'endroit où elles sont phréatiques, elles ont un fonctionnement qui est le fonctionnement de la majeure partie des nappes souterraines, c'est-à-dire qu'elles ont une vidange estivale naturelle avec un abaissement du stock et une diminution supplémentaire de ce stock du fait notamment des prélèvements agricoles. Ce stock est reconstitué chaque hiver en fonction des précipitations. Dans ce mode fonctionnement, on a de l'eau qui est renouvelée très fréquemment avec une réserve globale qui peut être renouvelée plusieurs fois sur des temps relativement court, quelques décennies. On peut voir la qualité de l'eau se dégrader du fait d'une réalimentation par des eaux qui ont été souillées par des pesticides ou autres. En revanche dès qu'on est sur la partie captive de ces nappes, le mode de fonctionnement est très différent. La compressivité de l'eau entre en jeu, et en fait, ce que l'on peut prélever dans ces ressources est complètement marginal en regard du volume immobilisé. Si je prends l'Éocène, on dit qu'en zone centre Gironde, il ne faut pas prélever plus de 40 millions de m³ par an à peu près, le stock conservé est plus de 100 fois supérieur, peut-être même 500 fois supérieur. Donc quand on prélève de l'eau, on ne renouvelle le stock qu'à la marge. Donc, même si l'eau qui devait renouveler le stock était de moins bonne qualité, globalement on ne le verrait pas. Qui plus est, ce renouvellement se fait par drainage d'eau stockée dans des couches intermédiaires dans laquelle l'eau est de la même qualité. **On est sur des systèmes où notre crainte n'est pas la dégradation de la qualité de l'eau mais un problème purement quantitatif. Tant qu'on préserve la ressource du point de vue quantitatif, on la préserve du point de vue qualitatif.**

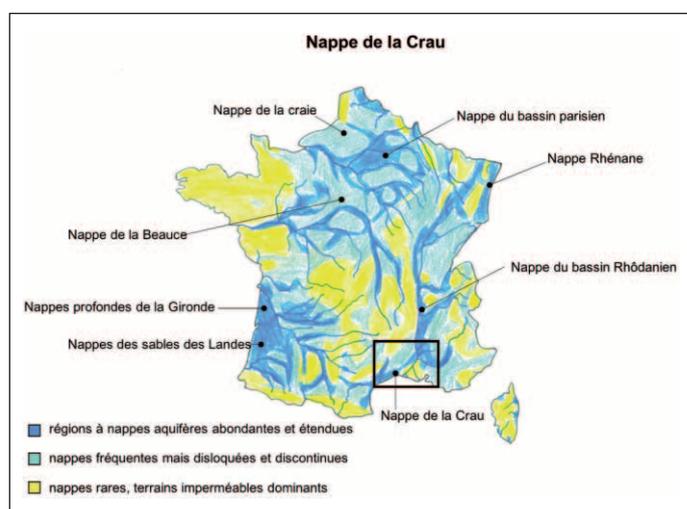
Un organisme de gestion novateur

Q: Comment se passe la relation avec les décisionnaires, les élus?

R: Quand le SMEGREG est créé en 1998, il avait pour seule mission d'étudier la faisabilité technique, économique, juridique et financière des solutions de substitutions aux nappes profondes surexploitées. En fait, **la mission explicite était d'étudier toutes les solutions qui consistaient à aller chercher de l'eau ailleurs pour satisfaire la demande constatée.** Il n'était pas question à l'époque d'essayer d'agir sur la demande. L'intérêt de l'élaboration du SAGE c'est **d'intégrer dans les solutions la maîtrise de la demande**, est de l'assimiler à une recherche de ressource comme une autre. Et dès qu'on dit « est-ce qu'on pourrait être meilleur dans nos usages de l'eau », on met tout de suite en avant les pertes en distribution. La politique d'économie d'eau et de maîtrise des consommations imposée par le SAGE Nappe Profonde se traduit aujourd'hui par **des performances des réseaux de distribution parmi les meilleurs du territoire national et par une pression des habitants sur la ressource des plus faibles.** Il y a beaucoup de choses aujourd'hui déclinées à l'échelle nationale qui ont pour origine l'expérience girondine engagée il y a maintenant une vingtaine d'années.

Q: le SAGE Nappes profondes girondin est un cas particulier. Y a-t-il d'autres SAGE Nappes profondes ou Nappe(s) souterraine(s) ailleurs?

R: Il y a d'autres structures et d'autres SAGE qui gèrent des ressources en eau souterraine, dont des nappes captives comme les nôtres. Il y a notamment le SAGE des Grès du Trias Inférieur dans les Vosges, qui donne lieu d'ailleurs à une tension entre les producteurs d'eaux minérales et les acteurs locaux. Mais ce SAGE est porté par le Département. La seule structure équivalente au SMEGREG, et avec laquelle nous avons des liens forts, s'occupe de la nappe de la Crau (Provence) qui est une nappe très atypique dont l'alimentation est dépendante à 70 % d'une pratique séculaire d'irrigation. Pour développer ce territoire, il y a 400 ans, un aménageur local a fait détourner, sur ses fonds propres, de



Nappe de la Crau

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

l'eau de la Durance vers la plaine de la Crau pour développer un peu d'agriculture. C'était un désert à l'époque ! Et aujourd'hui, l'alimentation en eau potable de 300 000 personnes dépend directement de la pérennisation d'une pratique d'irrigation qui se traduit pas l'infiltration de l'eau qui n'est pas utilisée par les plantes. À noter qu'il s'agit d'irriguer des prairies pour la production de foin, donc une culture à faible valeur ajoutée, même si le foin de la Crau est le seul à bénéficier d'une AOC.

Q: Et ailleurs dans l'Europe et dans le monde, est-ce qu'il y a des organismes comparables de gestion des nappes souterraines?

R: Oui mais les organisations sont très variables. Strictement dédiée aux eaux souterraines comme ça, je n'en connais pas. Souvent ce sont des structures qui s'occupent du bassin dans son intégralité avec une branche souterraine.

Anticiper le changement climatique

Q: Quel est et sera l'impact du changement climatique sur les ressources?

R: Le changement climatique, on l'intègre dans nos réflexions depuis longtemps. On est en effet obligé de se projeter à très long terme compte tenu à la fois de la très grande inertie des nappes profondes et des durées très longues d'amortissement des infrastructures d'eau potable. Le changement climatique est très impactant et très significatif sur les ressources les moins profondes. Sur les nappes les plus superficielles, Miocène ou Oligocène, on sait qu'on aura un impact. Pour les nappes plus profondes de l'Éocène ou du Crétacé, leur comportement n'est pas directement influencé par le changement climatique. Il est en revanche très influencé par la pression des prélèvements, et ces prélèvements vont eux-mêmes être influencés par le changement climatique. La question du changement climatique ne concerne pas que l'alimentation des nappes, mais aussi l'évolution de la demande. Cela fait plusieurs années que nous travaillons sur ce sujet. Dès 2005 déjà nous posions la question, alors que la demande en eau potable diminuait en France depuis déjà 10 ans, de l'évolution de cette demande avec une tendance à la baisse vers un niveau incompressible à préciser **puis une augmentation à prévoir du fait de l'élévation future des températures.** Ce sont des questions qui nous occupent beaucoup.

Q: D'où l'étude de l'INRAE (voir article p. 26) pour savoir dans quel secteur la demande va augmenter?

R: On cherche à savoir en quoi des usages déjà existants peuvent être influencés par le changement climatique. Le défi consiste à isoler les variables qui expliquent les variations spatiales et temporelles de la demande en eau potable, puis d'identifier parmi elles celles qui sont influencées par le changement climatique. En ville et **dans tout secteur où la température augmente, la demande en eau potable augmente.** Il y a déjà l'hygiène personnelle, les pratiques de loisir, et aussi le jardinage qui sont consommateurs d'eau. La question est notamment de savoir si le

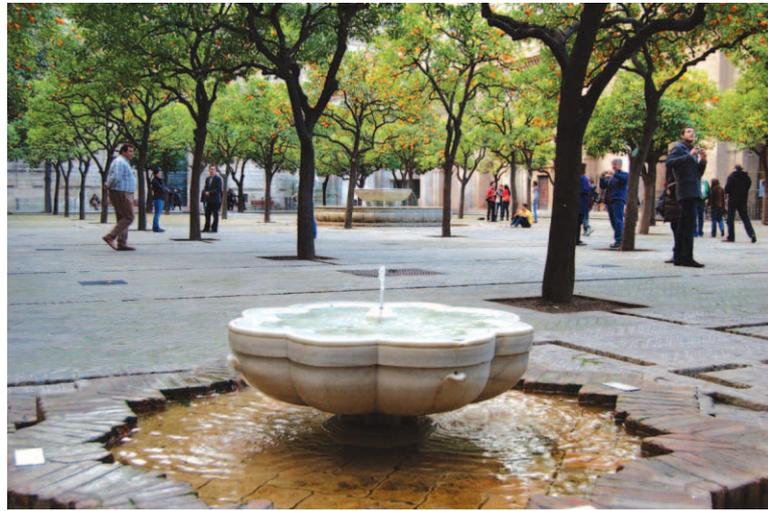


Miroir d'eau, Bordeaux

© Éric Veyssy, Terre & Océan

changement climatique va se traduire par des besoins et des usages nouveaux. **L'enverdissement de la ville pour lutter contre la chaleur va nécessiter de l'eau.** Et on imagine que dans certains cas c'est l'eau potable qui va être utilisée pour irriguer ces plantations. Ce sont toutes ces questions qui se posent.

Entretien réalisé par
Éric Veyssy, Eva-Marie Lecompte et Élie Stecyna



Jardin de la Giralda, Séville (Espagne) © Éric Veyssy, Terre & Océan

Retrouvez cet entretien complet sur la chaîne YouTube de Terre & Océan.



(en partenariat avec le Smegreg)

propose des conférences :

Les eaux souterraines : trésors cachés de notre planète... et de notre département

Les eaux souterraines, **plus grande réserve en eau douce** liquide de la planète ont **une qualité et une stabilité rassurantes**. Mais leurs exploitations intensives sont à l'origine de **tensions dans de nombreuses régions**, arides en particulier. **Ressources locales non visibles**, il est **difficile de cadrer leur gestion** et leurs dynamiques et leurs stocks sont encore à préciser. **En Gironde** comme dans de nombreuses régions du monde, **les eaux souterraines sont nos eaux quotidiennes**. Mais ici comme ailleurs, leurs usages posent **la question de la durabilité**.

Une histoire de l'eau à Bordeaux

À Bordeaux comme ailleurs, **l'eau a toujours joué un rôle structurant dans l'implantation et le développement de la ville** : la Garonne bien sûr, mais aussi des sources et des cours d'eau. De l'époque gallo-romaine au XIX^e siècle, en passant par un Moyen Âge, **les Bordelais ont souvent eu des problèmes de quantité et de qualité de leurs eaux...**



Tombouctou (Mali), littéralement « le puits de Bouctou » en tamashek (langue touareg), était un simple campement autour d'un puits, au croisement du désert et du fleuve Niger. Au XIII^e siècle, Bouctou était la gardienne de ce puits essentiel, autour duquel la ville actuelle se développera en gardant cette dénomination **emblématique**.

© Éric Veyssy, Terre & Océan

Jeu instructif



vous invite à **tester vos connaissances** en ligne avec **10 questions** sur

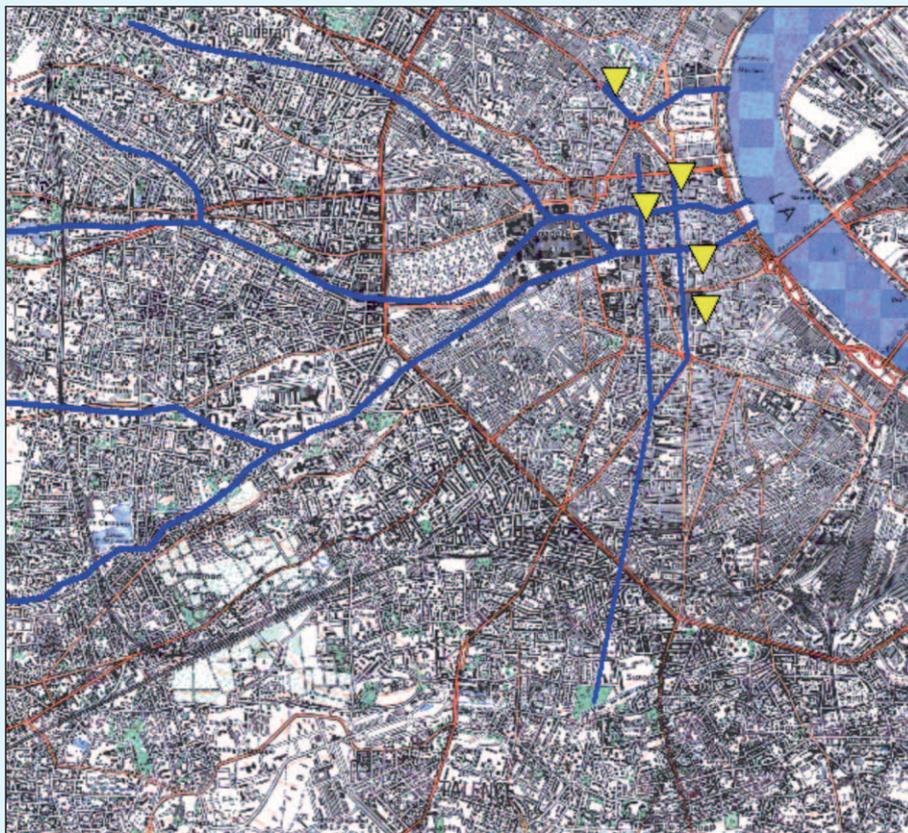
L'eau potable, son origine et les usages domestiques

<http://www.terreetocean.fr/testez-vos-connaissances-sur-leau-potable/>

Histoire de l'eau (souterraine) à Bordeaux

Dans *La voirie bordelaise au XIX^e siècle*, Sylvain Schoonbaert écrit (en 2007) : « *La question de l'eau a significativement orienté l'ensemble des travaux publics et de voirie à Bordeaux.* » En fait, comme partout, l'eau a toujours été un préalable incontournable. L'eau souterraine en particulier.

Car **Bordeaux est une ville d'eaux. De fleuve, d'estuaire, de rivières, de marécages, de sources et de nappes souterraines.** Carrefour commercial abrité et enrichi par ses eaux, Bordeaux est depuis très longtemps une cité attractive. Et pourtant, « *La satisfaction des besoins des populations n'est effective que depuis l'après Seconde Guerre mondiale. Dans l'esprit de tous, les progrès techniques réalisés qui ont permis d'accéder aux ressources souterraines profondes pouvaient laisser penser que la question récurrente du manque d'eau était désormais un problème du passé. Et voilà que ce problème ressurgit, avant même la fin du XX^e siècle.* » Bruno de Grissac, directeur du Smegreg (voir article p. 12).



Sources historiques (triangles jaunes), rivières et aqueducs (en bleu)

© Bruno de Grissac, Smegreg

Le temps des sources

Car les eaux de surface, bien visibles, ne suffisent pas pour s'installer durablement en un site, fut-il si bien desservi par celles-ci. **Ce sont bien les résurgences aujourd'hui reconnues comme provenant de la nappe souterraine de l'Oligocène, qui ont autorisé les premiers Bordelais à s'implanter sur le site.** En plusieurs points de la cité nais-

sante, des sources leur garantissaient une eau fraîche et de qualité et confirmèrent que « rien ne manque au lieu qui a mer et rivière à commandement » comme l'écrit Élie Vinet en 1525. Plus tard, sous l'empire romain, l'une de ces sources, peut-être la plus centrale et la plus puissante sera consacrée « Divona » et mise valeur par la première fontaine monumentale de la cité. Elle est ainsi décrite par Ausone au III^e siècle : « ... *cette fontaine, qui bouillonne comme l'Euripe? Quelle profondeur et quelle abondance!... Elle ne s'épuise jamais pour les innombrables besoins du peuple... Salut donc fontaine à la source mystérieuse, sainte, bienfaisante, intarissable, cristalline, azurée, profonde, murmurante, limpide, ombragée. Salut Génie de la ville, toi qui nous verses un breuvage salutaire, toi, Divona, qui dans la langue des Gaulois signifie source mise au rang des Dieux.* »

Le temps des aqueducs

À cette époque, la ville est bien équipée de sources intérieures et périphériques et de quelques puits, mais aussi d'aqueducs ramenant vers le cœur de la cité les eaux des ruisseaux et rivières excentrées, ruisseau d'Ars et Eau blanche notamment. De grandes canalisations conduisent

l'eau vers les fontaines publiques, les thermes, les maisons privées et un système d'égout évacue les eaux souillées. Bordeaux s'est faite cité gallo-romaine.

Le temps des puits

Puis repliée derrière ses remparts, les siècles suivants verront les aqueducs se dégrader puis n'être plus fonctionnels. Les sources, elles-mêmes, s'affaiblissent et deviennent peu à peu insuffisantes pour pallier aux besoins des Bordelais médiévaux. Alors, il ne reste plus que **les puits, qui se multiplient dans les cours privées et aux croisements des voies publiques.** Les quartiers en sont « irrigués », Bordeaux est une des villes les mieux équipées, avec près d'une cinquantaine de puits publics. Quelques vestiges de cette époque des puits, se lisent aujourd'hui encore dans quelques pavements ou plus explicitement dans le nom de quelques rues : rue du puits Descazeaux, rue du puits Descujols...

Le second temps des aqueducs et des fontaines monumentales

Et les crises de l'eau se retrouveront périodiquement au gré des sécheresses et des épidémies liées à l'eau consommée et rejetée dans les rues et aux questions d'hygiène. La typhoïde puis le choléra frapperont, parfois cruellement, comme en 1832 avec une terrible pandémie de choléra qui n'épargnera pas Bordeaux. Et régulièrement, la ville sur l'eau a soif. La disponibilité et la distribution sont insuffisantes, notamment dans les périodes de développement économiques, générant plus de populations et de besoins.



Puits Descujols, quartier Saint Pierre
© Éric Veyssy, Terre & Océan

plusieurs semaines d'efforts, le forage est arrêté à 63 m : trop de casse de matériel, un dépasse et une trop grande incertitude quant à la profondeur requise et la faisabilité réelle. On sait aujourd'hui que 300 mètres de forages auraient été nécessaires. Ainsi, avant l'aqueduc du Taillan, la ville ne dispose que de 5 litres d'eau par personne et par jour d'une eau parfois douteuse.

Le temps des forages

Si aujourd'hui, cette consommation d'eau par personne s'élève à environ 130 litres, c'est grâce à une grande campagne de prospection d'eaux souterraines profondes. Ainsi, l'eau potable de la Gironde provient maintenant à 99 % des nappes souterraines, extraite des nappes de l'Éocène et de l'Oligocène par plusieurs dizaines de forages à des profondeurs de 100 à 300 mètres.

Alors, les capacités techniques aidant, **à partir du XVIII^e siècle et plus encore au suivant, les autorités de la ville se décident à aller chercher à l'extérieur des sources, pour les ramener en ville.** C'est une nouvelle époque d'aqueducs, d'Arlac à Saint Projet en 1736, puis du Taillan aux allées de Tourny, en 1857. Des fontaines monumentales mettent alors en scène la fierté d'avoir résolu le problème de l'eau : fontaine de la place Saint Projet (1737) alimentée par l'aqueduc d'Arlac, allées de Tourny, places du Parlement et de la Bourse au XIX^e siècle.

Entre ces deux aqueducs, une expérience malheureuse a été menée. Dans le sillage de réussites dans d'autres régions françaises, un forage profond est tenté sur l'actuelle place Gambetta (Dauphine à l'époque). Mais malgré



Fontaine place du Parlement
conçue par Louis Garros (1865)

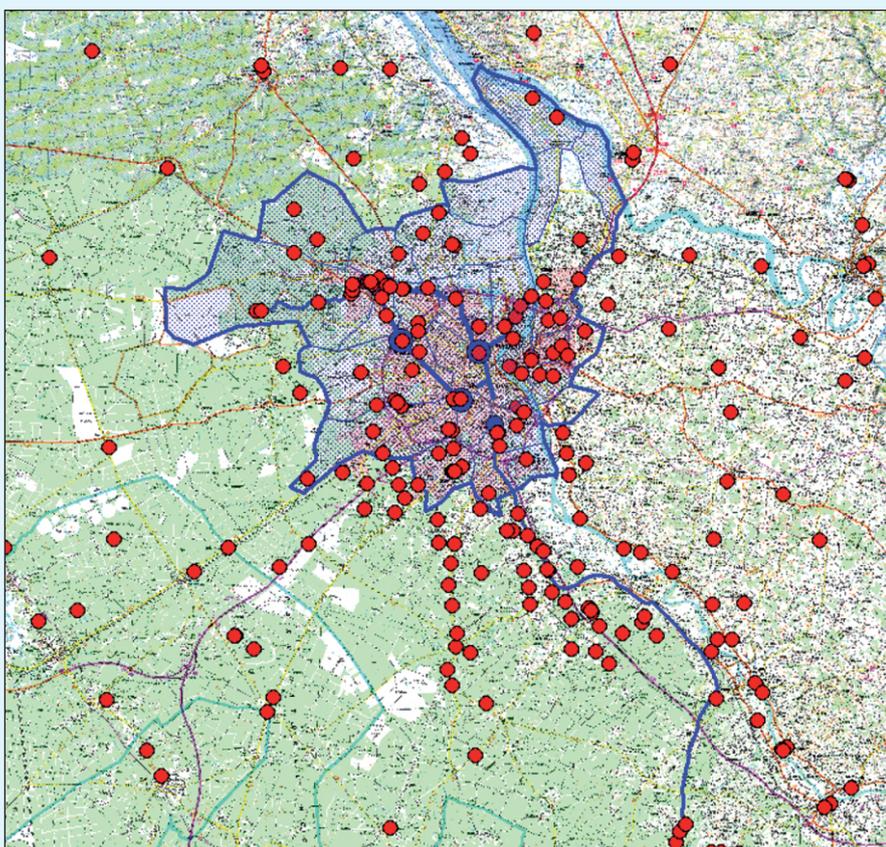
Dans toutes ces époques, ce sont toujours des eaux souterraines qui furent sollicitées : résurgences, nappes phréatiques ou nappes profondes.

Éric Veyssy,
Élie Stécyna
et Eva-Marie Lecompte

© Éric Veyssy, Terre & Océan

Plan des forages pour Bordeaux Métropole et alentours

© Smegreg



Terre & Océan propose les Balades culturelles Une histoire de l'eau à Bordeaux

Dans le vieux Bordeaux et le long des quais, **les parcours permettent de visualiser ou d'imaginer les rivières et les ports intérieurs antiques et médiévaux sous les pavés et les maisons, les aqueducs, les puits et sources historiques**, dont quelques traces sont visibles et les fontaines monumentales d'aujourd'hui et d'hier.

De la place de la Bourse à la rue du Puits Descazeaux, nous vous guiderons sur quelques lieux emblématiques de l'histoire de l'eau à Bordeaux, de l'Antiquité à aujourd'hui. Nous y évoquons aussi les questions sanitaires et de pollutions et **les ressources souterraines invisibles mais omniprésentes**. Ce parcours fait également quelques parallèles avec d'autres situations de l'eau, ailleurs dans le monde.

Les **eaux** souterraines en **Gironde** :



Consommations et Économies

Entretien avec **Patrick Eisenbeis**, chargé de mission « économies d'eau et développement du territoire » au Smegreg.

© *Éric Veyssy, Terre & Océan*

Q: Quel est votre parcours et votre métier de gestionnaire de l'eau ?

R: Je suis ingénieur hydraulicien ENGEES, école spécialisée dans le domaine de l'eau et de l'environnement. Après ma thèse, j'ai fait de la recherche à l'INRAE (Institut nationale de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) puis j'ai travaillé pour les services de l'État en Gironde en appui aux collectivités sur la gestion des services de l'eau et le suivi de leur contrat de délégation, puis dans le Lot-et-Garonne sur le sujet de la gestion quantitative. Depuis 2012, je suis chargé de missions « économie d'eau et développement du territoire » au sein du SMEGREG.

Q: Quel est le problème à résoudre par rapport à l'eau potable en Gironde et comment on s'y prend ?

R: Le problème c'est qu'on utilise un peu trop d'eau, pour l'eau potable notamment, qui provient d'une nappe profonde qui s'appelle l'Éocène. On prélève un peu trop dans cette nappe, ce qui crée un déséquilibre et un mauvais état quantitatif. Pour rétablir le bon état des eaux, on utilise deux voies :

- Faire des économies d'eau en travaillant sur les usages, en les optimisant ;
- Substituer la ressource en eau, c'est-à-dire plutôt que de prélever dans la nappe de l'Éocène qui est déficitaire, il s'agit d'aller prendre de l'eau dans d'autres nappes qui ne sont pas déficitaires, dans lesquels on prélève moins, sans priver les autres de l'utilisation de cette eau.

On est sur un problème départemental girondin. Les projets de substitution concernent à peu près tous les Girondins, car dans le département, nous prélevons plus de 95 % de l'eau potable dans les nappes profondes. Il s'agit donc de trouver un équilibre pour que les différents territoires du département puissent se développer équitablement.

Q: Et donc ça passe par une gestion qui implique les élus, les syndicats chacun dans leur intercommunalité. Au quotidien comment ça fonctionne ?

R: Quand on parle d'économies d'eau, on pense aux pertes dans les réseaux d'eau. On sait qu'on perd un volume non négligeable d'eau dans les réseaux. **Actuellement en**

Gironde, on perd 20 % d'eau en réseau, ça semble beaucoup mais c'est quand même une part plutôt correcte, avant on perdait 25 %. Dans le cadre de ce travail sur les pertes, on parle beaucoup avec les collectivités, dont la métropole bordelaise bien sûr. Il y a à peu près 80 collectivités eau potable en Gironde, ça peut aller de la petite commune aux grands syndicats d'eau composés d'une trentaine de communes. Mes interlocuteurs sont les collectivités d'eau potable, pour essayer de faire en sorte qu'ils diminuent leurs pertes sur les réseaux. On ne pourra pas atteindre 0 % de pertes sur les réseaux, **l'objectif réglementaire national c'est d'arriver à 15 %**, ce qui est déjà très optimiste. Ce qui pourrait nous faire gagner globalement 6 millions de mètres cubes sur les 120 millions de mètres cubes que l'on prélève en Gironde pour l'eau potable chaque année.

Q: Comment on est passé de 25 à 20 % et comment pourrait-on passer de 20 à 15 % ?

R: On est passés de 25 à 20 % car tout d'abord **dans le cadre du SAGE, on a mis une obligation pour tous les services d'eau potable de mettre en place un diagnostic de réseau**. Le premier objectif de ces diagnostics pour les collectivités « eau potable », est de bien connaître leur patrimoine réseau, leurs canalisations, leur âge, les matériaux et leurs diamètres. Pour pouvoir dire « je dois renouveler cette canalisation ou non », quelles priorités on peut donner. Ce diagnostic permet aussi d'estimer les futurs besoins en ressources en évaluant les demandes à 15 ans. En faisant ça, on peut déjà voir si les forages existants sont suffisants ou pas. Et puis derrière tout ça, il faut mener un plan d'action pour réduire les pertes, avec à la fois du suivi de réseau, c'est-à-dire bien connaître les débits qui passent sur le réseau, savoir quels sont les secteurs qui sont plus ou moins fuyards. **En faisant de la recherche de fuites on peut faire des économies.**

Q: Y a-t-il des différences entre les délégations et les régies directes ?

R: En termes de résultats, je ne pense pas. Les entreprises qui travaillent pour les collectivités ont une certaine expérience, elles connaissent bien leur métier. Après, comme dans tout engagement entre une collectivité et une entreprise privée, il faut que la collectivité suive bien son entreprise et lui dise « j'aimerais bien améliorer cet aspect, que vous en fassiez plus » en fonction du contenu du contrat. Il faut que la collectivité soit assez forte pour dire « je veux que vous suiviez ce contrat ».

Q: Dans tous les cas, il faut que les élus en charge soient les plus informés, les plus compétents et les plus attentifs possible.

R: Et il faut aussi, pour les collectivités rurales notamment, qu'elles aient un service technique de taille minimale qui puisse discuter avec l'exploitant.

Q: Une partie de la résolution peut se situer sur les fuites, mais il y a d'autres pistes envisageables. À ses débuts, le SMEGREG voulait accroître la ressource, mais maintenant il désire aussi jouer sur les usages.

R: Dans la partie économies d'eau, il y a la partie perte et la partie usage. On essaie donc aussi de faire en sorte que les consommations chez les abonnés, les usagers, soient à la baisse. Il faut savoir, que depuis la mise en place du dernier réseau d'eau potable en Gironde dans les années 1980, chaque usager, **chaque consommateur s'est habitué partout à un confort de consommation d'eau**: on ouvre le robinet, ça coule et on n'y fait même plus attention. Les anciens qui prenaient l'eau aux puits portaient forcément plus d'attention aux volumes consommés. Logiquement, la consommation par habitant, a petit à petit augmenté depuis 40 ans. Au-delà du confort, c'est aussi un besoin sanitaire important. Mais on s'est rendu compte qu'on dépassait les besoins réels avec 50 voire 60 m³/hab. par an d'eau consommée. C'est moins important que dans d'autres pays, comme les États-Unis, mais en France, on peut faire mieux. Donc on a fait un gros travail sur les usages domestiques de l'eau, avec des dispositifs de sensibilisation sur lesquels on travaille avec des associations comme Terre & Océan pour passer des informations et des messages au grand public, indiquant comment faire des économies d'eau très facilement, sans perte de confort, sans que ça coûte cher, par des gestes simples (voir jeconomiseleau.org) dans la maison, dans le jardin aussi, en prenant des plantes qui demandent moins d'eau, ou en paillant autour des plantes pour limiter l'évaporation. En plus des gestes, il y a aussi des équipements très simples qui permettent d'économiser l'eau en réduisant le débit des robinets, avec des mousseurs qui permettent de passer le débit de 12 à 6 litres/min. Pour les douches, il existe aussi des réducteurs de pression qui permettent de baisser de 20 à 10 litres/min. Avec tout le travail réalisé depuis près de 20 ans, on s'est rendu compte que **la consommation domestique est maintenant à la baisse. C'est un constat national, mais en Gironde on est un peu meilleurs que les autres**, on est autour de 45 m³/hab. à domicile par an. **On peut encore faire mieux**, et c'est tout le travail que l'on mène.

Q: Quel est l'objectif chiffré pour arriver à quelque chose qui soit plus équilibré entre la ressource et la consommation?

R: Au niveau du SAGE Nappe profonde, l'objectif qui était fixé, prenant en compte à la fois les pertes sur le réseau et les consommations économiques et collectives, c'est de passer de 90 m³/an/hab. d'eau prélevée à 80 ou 75 m³/an/hab. Il faut dire qu'on a déjà atteint cette valeur de 75 m³/an/hab., donc **on se dit qu'on peut faire mieux et baisser et arriver à 70 m³/an/hab.**

Stand Terre & Océan
et Espace Infos Économie d'Eau
au festival Mascarock à Saint-Pardon,
Vayres, août 2018

© Éric Veyssy, Terre & Océan



Dispositifs « L'eau, un enjeu majeur » et « Espaces Infos Économies d'Eau »

Le Smegreg a mis en place **deux dispositifs d'information et de sensibilisation sur les ressources en eau en Gironde et sur la nécessité de les économiser** :

- « **L'eau un enjeu majeur** » pour les écoles et collèges.
- **les « Espaces Info Économies d'Eau », pour le grand public**, pour les communes, associations et événementiels (forums, fêtes, manifestations culturelles, etc.)

« Dans les deux cas, on travaille avec des associations qui ont des actions d'éducation à l'environnement ou à l'écocitoyenneté (dont Terre & Océan). Pour « L'eau, un enjeu majeur », on propose aux mairies, écoles, enseignants, d'accueillir des associations pendant deux demi-journées pour des actions dans lesquelles elles viennent parler de l'eau (et de l'environnement ou de l'énergie, etc.). Et elles parlent alors des nappes profondes et de leurs problématiques de recharge et d'économies. On essaie de faire en sorte que chaque enfant dans sa scolarité en ait entendu parler. **Depuis 2005, ce dispositif a touché 20 000 élèves et 800 enseignants par an, soit près de 300 000 élèves et plus de 10 000 enseignants.**

Eau prélevée :
volumes prélevés dans les nappes.

Eau consommée :
volumes réellement utilisés à domicile.

La différence entre les deux inclut les pertes dans le réseau et toutes les consommations à caractère économique et les consommations collectives dans les lieux publics.

Q: C'est quelque chose d'autant plus important de poursuivre cette baisse, vu que la population augmente dans notre département ?

R: Oui, effectivement, **on a en Gironde 15 000 à 20 000 habitants de plus par an.** C'est comme une petite ville à chaque fois qui arrive tous les ans. Donc ça veut aussi dire plus de prélèvements. Depuis 2010, nos volumes prélevés ont été stabilisés malgré cette augmentation de population, mais ça ne suffit pas, car de nouveaux habitants vont arriver, peut-être plus nombreux encore selon les politiques d'urbanisme. Donc on se dit qu'à un moment on va atteindre un seuil dans les réductions d'eau potable et malgré tout, **les prélèvements risquent de repartir à la hausse.** C'est important de réduire les consommations chez soi pour au moins stabiliser les prélèvements, mais ça ne va pas suffire puisqu'avec les nouveaux habitants, on risque de prélever encore plus dans les nappes en difficulté.

Q: Et d'autant plus que le changement climatique va possiblement accroître la consommation ?

R: Oui, même si on ne sait pas encore comment va évoluer la consommation domestique. D'ici 20 ou 50 ans, **on a des projections climatiques qui indiquent plus de journées sèches à fortes températures, et la consommation utilitaire risque d'augmenter.** On mène actuellement un travail avec l'INRAE et l'ENSEGID, dans lequel, sur un projet de prospective de la demande en eau potable, on essaie de corréliser les volumes prélevés et les volumes consommés avec la température, avec la durée de sécheresse par exemple. Sachant qu'il y a aussi d'autres facteurs pour rendre compte de la consommation : par exemple en fonction des jours de la semaine, on ne consomme pas de la même façon le lundi et le samedi, et bien sûr pendant les périodes de vacances.

Q: Est-ce que les périodes de confinement ont apporté des éclairages sur la consommation d'eau ?

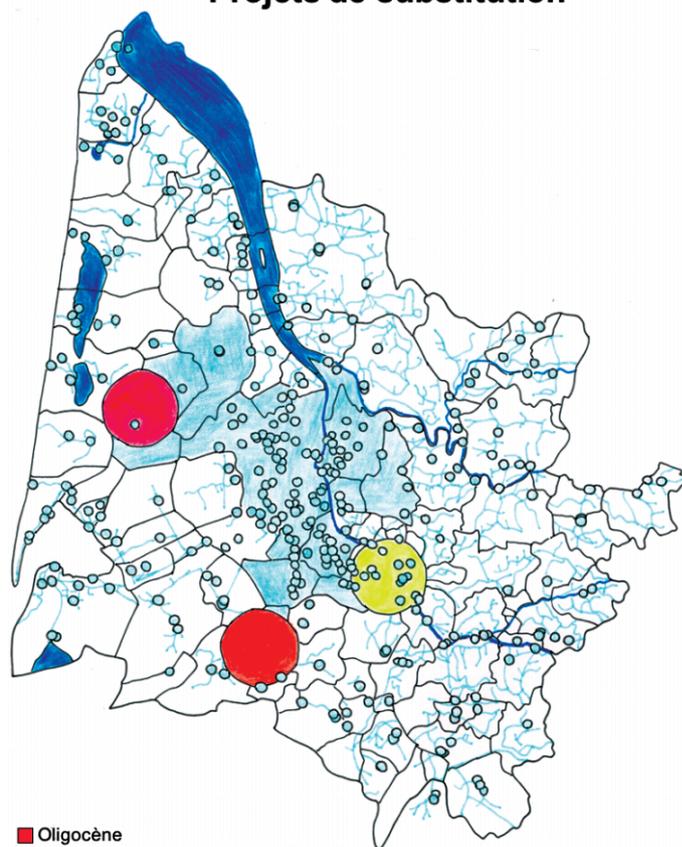
R: Sur la métropole bordelaise, au début du confinement, il y a eu une baisse de 10 % de prélèvements. Les consommations en eau liées aux acteurs économiques ont été à la baisse, ce qui veut dire qu'on ne va peut-être pas arriver aux mêmes prélèvements dans les années qui viennent si on fait plus de télétravail. On va regarder ce qu'il s'est passé dans les syndicats extérieurs pour voir si de leur côté la consommation a peut-être pu augmenter car il y a peut-être plus de gens qui ont travaillé chez eux, hors métropole.

Q: Quels impacts économiques et sociaux pourraient avoir la perte d'une nappe souterraine ?

R: On ne parle pas en termes de pertes, mais de disponibilité moindre de l'eau. **La conséquence serait de bloquer, ou du moins de limiter l'urbanisme.** Ce qui peut être vraiment très embêtant pour les différents territoires, c'est se dire « là il n'y a pas d'eau, vous n'avez pas fait d'économies d'eau sur ce territoire », alors vous ne pouvez pas accueillir plus de personnes, ou même une entreprise qui a besoin d'eau potable. Donc ça a un vrai intérêt dans le développement économique des territoires. On a aussi fait un travail important pour bien connaître les usages et les

besoins des entreprises et des collectivités, pour voir si ces acteurs économiques peuvent soit prélever dans d'autres nappes, soit faire des économies d'eau. Actuellement nous menons une étude sur la consommation dans les centrales à béton puisque quand on fait du béton, on a besoin d'eau. On essaie de connaître les usages de l'eau sur la cinquantaine de centrales en Gironde dans un travail avec l'Unicem, le syndicat des fabricants de béton. On va pouvoir leur proposer ensuite des plans d'action pour agir sur les économies d'eau. On a un deuxième travail prévu en 2020-2021, avec les acteurs de la viticulture. On a environ 6 000 châteaux viticoles en Gironde, qui ont besoin d'eau de qualité potable et qui prennent parfois sur les réseaux. Ils sont en concurrence avec les usages domestiques sur les nappes qu'ils utilisent. On ne va pas enquêter sur les 6 000 châteaux, mais on va faire un travail sur des exploitants représentatifs du département de la Gironde.

Projets de substitution



■ Oligocène
■ Cénomaniens
■ Nappe alluviale de la Garonne

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Q: Pour résoudre le problème, outre les actions en cours sur la réduction des fuites et des consommations personnelles, il y a aussi les autres ressources alternatives. Peux-tu nous les lister et nous dire celles qui sont viables et peut-être déjà opérationnelles, et puis celles qui sont dans des perspectives de « dernière chance », je pense notamment à l'océan ?

R: Effectivement, **on fait des économies d'eau mais ça ne va pas suffire, on sait qu'on va atteindre un seuil minimal en dessous duquel on ne pourra pas passer.** Il y a quand même malgré tout besoin d'aller chercher d'autres

ressources que l'on appelle **ressources de substitution**. Ça peut se faire soit très localement au niveau d'un syndicat d'eau qui peut avoir une nappe disponible en dehors des nappes déficitaires, soit sur des nappes un peu à l'écart. Ce qui a été proposé dans le cadre du SAGE Nappes profondes c'est que l'on mette en œuvre **deux grands projets de substitution**, parce qu'on sait qu'on aura besoin de 20 millions de mètres cubes supplémentaires d'ici 15-20 ans, et même dès maintenant puisque le déficit est constaté. Ces deux projets, ce sont des projets départementaux qui vont permettre à tous les territoires de la Gironde de continuer à se développer équitablement du point de vue urbain : ce n'est pas telle collectivité qui prend de l'eau pour pouvoir se développer et empêcher les autres de le faire, contrairement à ce qu'on pourrait entendre. Un premier projet porté par la métropole devrait être mené et terminé d'ici 2024 (suite à des consignes du SAGE Nappes profondes et du SMEGREG) : c'est d'aller **prélever de l'eau dans une nappe qui n'est pas déficitaire**, plus à l'ouest du département autour de Saumos et Le Temple. Il s'agit de prélever 10 millions de mètres cubes pour que la métropole et les collectivités à proximité substituent une partie de leurs prélèvements dans l'Éocène. Grâce à ça on va pouvoir diminuer de 10 millions de mètres cubes les prélèvements dans l'Éocène, ce qui permettra à toutes les autres collectivités girondines de continuer à prélever dans cette nappe. C'est un mécanisme de solidarité. Après, il y a un second projet sur du plus long terme, c'est d'aller chercher de l'eau dans une nappe qui est très peu utilisée qui s'appelle le Cénomanién-Turonien (étage du Crétacé) dans le Sud Gironde. Actuellement, le travail en cours d'une doctorante permet de mieux connaître le système qui est complexe comme pour toutes les nappes profondes. On sait déjà un peu mieux où et à quelle profondeur cette nappe sera disponible. Ainsi, on va pouvoir mieux évaluer les volumes qui seront disponibles en prenant en compte auparavant le risque d'impact sur les eaux de surface. Donc **on a des petits projets locaux de substitution et deux grands projets de substitution. À noter aussi qu'avec les économies d'eau que l'on a réalisées jusqu'à maintenant, on a pu s'épargner un 3^e projet.**



Lac d'Hourtin, Gironde

© Wikipédia

Q: Et dessaler l'eau de mer, c'est du sérieux?

R: Dessaler de l'eau de mer, il y a des collectivités à l'étranger qui le font. En Espagne, ça se fait mais avec des coûts beaucoup plus importants donc ça va forcément augmenter le prix de l'eau et les besoins énergétiques. Aller dans des projets où on utilise de plus en plus d'énergie pour pouvoir s'alimenter en eau potable, ce n'est pas la bonne solution. **Pour nos ressources de substitutions, on reste sur des coûts supportables sans besoin supplémentaire d'énergie**, car dessaler de l'eau de mer demande un traitement très important, au-delà du pompage.

Q: Et les lacs, médocains notamment, est-ce une solution envisagée? déjà exploité à certains endroits?

R: En Gironde, il y a juste un endroit où on prélève de l'eau en surface, c'est le lac de Cazaux pour l'eau potable de Gujan-Mestras, Arcachon et La Teste. Les lacs médocains ne sont pas utilisés pour deux raisons : à la fois d'un point de vue traitement, l'eau de surface est forcément de moins bonne qualité en général, puisqu'elle est impactée par les activités humaines donc ça nécessite du traitement. Et deuxièmement, il y a eu un partage de l'eau en Gironde de telle sorte que les nappes profondes sont réservées à l'eau potable, et on évite de prendre des eaux de surface qui ont un usage touristique. **Prélever trop dans ces lacs présente un risque pour les activités de loisirs.**

Q: Pour revenir aux nappes profondes, on cite souvent Abatilles, Source des Pins, Cristalline comme extrayant de l'eau de même nappe de l'Éocène, est-ce qu'il y a aussi conflit entre ces eaux minérales et la production d'eau potable?

R: Ici, il n'y en a pas. C'est vrai que l'eau des Abatilles est une eau issue de la nappe de l'Éocène. Mais elle est sur un secteur géographique de la Gironde qui n'est pas déficitaire. On n'est donc pas en concurrence avec les Abatilles. Il y a même une bière dans le même secteur (Mira) où il est marqué qu'elle est faite avec une « eau de très bonne qualité qui a 20 000 ans »... comme notre eau du robinet.



© Éric Veyssy, Terre & Océan

Q: Quelle différence y a-t-il entre le traitement d'une eau de surface par rapport au traitement d'une eau souterraine? Quel est le plus simple, le plus compliqué et le plus coûteux?

R: Si on va chercher l'eau dans les nappes profondes, c'est parce que l'eau est de très bonne qualité: il n'y a pas l'impact de l'activité humaine. De ce fait, on a des traitements qui sont assez simples en Gironde, qui sont principalement sur le fer et le manganèse. On peut boire de l'eau contenant du fer et du manganèse, mais elle serait un peu rouge. Le fer a un impact sur les réseaux d'eaux, avec des dépôts qui réduisent le diamètre, ce qui fait qu'on n'aurait plus assez de pression. Donc **ce sont des traitements très simples qui se font généralement en Gironde**. On a quelques cas où on a des polluants naturels, comme le fluor par exemple. Si le fluor est trop important, il peut y avoir des impacts pour les enfants au niveau de l'émail des dents. Il y a quelques collectivités qui ont un peu trop de fluor, et elles ont alors des traitements spécifiques ou elles diluent simplement de l'eau sans fluor avec de l'eau avec du fluor. **En Gironde, les coûts de traitement sont faibles. Par contre avec des nitrates ou des pesticides, on aurait des coûts plus importants, à la fois en investissements mais aussi en coût d'exploitation parce qu'on devrait, par exemple, utiliser du charbon actif contre les pesticides.**

Q: Ce n'est pas nécessaire pour les eaux de l'Éocène et l'Oligocène? Il n'y a pas de pesticides ni de nitrates?

R: Non, l'Éocène et l'Oligocène il n'y en a pas ou très peu. L'Oligocène ça peut exister quand la nappe est proche de la surface mais **pour l'Éocène on a de l'eau sans pesticide et sans nitrate qui est tombée du temps de Cro-Magnon il y a des milliers d'années.**

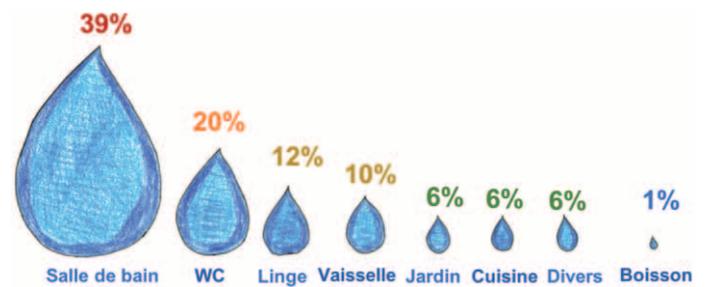
Q: Un article du *Monde* parlait de façon générique des risques d'atrazine dans l'eau du robinet...

R: En Gironde, l'ARS (Agence régionale de la santé) est très vigilante: si on propose un projet de substitution localement en prenant un peu d'eau dans la nappe alluviale de la Garonne ou dans des nappes un peu moins profondes (Miocène), l'ARS vérifie systématiquement la présence d'atrazine.

Q: Pour revenir aux économies dans la consommation domestique, quels sont les secteurs de la maison où la marge de manœuvre en termes d'économie est la plus importante?

R: La marge de manœuvre est là où les volumes les plus importants sont consommés, c'est-à-dire la salle de bain et les toilettes. On consomme environ 40 % de l'eau dans la salle de bain et 20 % pour les toilettes, donc c'est là-dessus qu'on fait en sorte que les gens agissent. On peut aussi en faire sur la vaisselle, mais c'est plus délicat d'obliger les gens à acheter un lave-vaisselle économe car c'est un coût d'investissement. On indique en priorité les économies d'eau qui peuvent se faire facilement, sans grand effort. Et **on peut facilement économiser 20, 30 jusqu'à 40 % d'eau chez soi si on fait à la fois attention aux gestes et si on a des équipements d'économie d'eau très simples**, des mousseurs notamment. C'est bien aussi de mettre en place des récupérateurs d'eau de pluie pour les toilettes ou pour la machine à laver, mais ce sont des systèmes volumineux et qui coûtent plus cher.

*Entretien réalisé par
Éric Veyssy, Eva-Marie Lecompte et Élie Stecyna*



Consommation par pièces

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

**Retrouvez cet entretien complet
sur la chaîne YouTube de Terre & Océan.**



L'utilisateur d'eau potable ou le « technicien tacticien » ordinaire : exploration des pratiques de consommation et des usages de l'eau potable à domicile, et leurs mécanismes

Kevin Caillaud, chargé de recherche en sociologie, INRAE - ETBX, Bordeaux-Cestas

Il a fallu attendre les années 1980 pour que la quasi-totalité des ménages français bénéficie d'une desserte de l'eau potable à domicile (Roussary, 2013). Quarante ans après, l'accès et l'utilisation de cette ressource à domicile ont été à tel point incorporés qu'ils relèvent **des pratiques ordinaires de la vie quotidienne, c'est-à-dire de gestes routiniers, d'habitudes et de médiations techniques**, que nous n'interrogeons plus guère et que nous réalisons en grande partie machinalement. Il suffit que vous demandiez à votre voisin comment gère-t-il l'eau chez lui, et que vous compariez avec votre propre expérience, pour que des variations apparaissent dans des proportions parfois non négligeables.

Consommer de l'eau à domicile relève d'un phénomène social. Les facteurs influençant nos pratiques sont multiples. Ils proviennent autant de la configuration socio-économique (revenus, budgets...), démographique (âge, genre...), culturelle (origine, classe sociale, valeurs, croyances) et résidentielle des ménages (appartement, maison, urbain, rural...), que des structures sociétales : l'État et les politiques publiques, le fonctionnement du marché, la situation environnementale. Interviennent aussi l'instrumentation technique liée à l'eau (canalisations, robinetteries, équipements électroménagers, toilettes, mousseurs, mitigeurs, chaudières ou cumulus, etc.) et la dynamique des échanges sociaux (conseils transmis de bouche-à-oreille, conventions sociales liées à l'hygiène, discours prescripteurs de pratiques, etc.). Consommer et faire usage de l'eau potable à domicile se décline donc au pluriel.

Pour autant, assiste-t-on à une infinie variété de pratiques ? Comment se structurent-elles précisément et comment évoluent-elles ? Il est difficile de répondre de manière exhaustive et définitive à ces questions, tout d'abord en raison du déficit de connaissances produites par la recherche à ce sujet. **Ce n'est qu'assez récemment (environ dix ans) que la question des pratiques de consommation domestique d'eau potable acquiert une certaine acuité.** Cet intérêt nouveau pour un objet plutôt ancien apparaît dicté par deux principaux facteurs, qui tissent des relations non négligeables et présentent des effets (dont de l'incertitude) pour les opérateurs de service : (i) les changements globaux (climatiques, démographiques, économiques, urbains, environnementaux...) perturbent les systèmes de production et d'alimentation en eau potable des zones de consommation et les fragilisent à plus ou moins long terme (Salles, Le Treut, 2017) ; (ii) après une croissance continue au cours du XX^e siècle liée au déploiement des services d'eau potable sur le territoire national, les courbes de consommation ont commencé à stagner dans les années 1990, puis à s'inverser, déstabilisant le financement des services et soulevant des questions complémentaires en termes de gestion des infrastructures (Florentin, 2015).

Le projet piloté par le SMEGREG (Syndicat d'études et de gestion de la ressource en eau de Gironde), auquel ont participé INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, laboratoire ETBX) et l'ENSEGID (École nationale supérieure en environnement, géoressource et ingénierie du développement durable), visait à répondre à certaines de ces interrogations liées à la demande en eau et à son évolution¹. **Une étude sociologique fut notamment menée auprès de vingt-cinq ménages girondins présentant des profils diversifiés²** : de l'étudiant locataire aux familles nombreuses, des configurations communautaires aux habitats alternatifs (camping-car, péniche...) et/ou autonomes en eau (déconnexion au réseau, récupération des eaux pluviales...) ; des personnes engagées pour la cause environnementale à celles éloignées de tout militantisme, etc. Derrière cela, nous souhaitons interroger le poids des « modes de vie », qu'ils soient choisis ou subis, conscients ou non, dans la structuration des pratiques et des usages liés à l'eau à domicile.

Les premiers résultats rejoignent des travaux entrepris par d'autres chercheurs (Kaufmann, 1997 ; Euzen, 2004 ; Barbier, 2013 ; Beslay *et al.*, 2014), et affinent notre connaissance des déterminants et des mécanismes intervenant dans le rapport à l'eau. Ils montrent la richesse et l'ampleur du phénomène social qui se cache derrière l'idée commune de « consommation domestique d'eau potable » et d'« usager » (au singulier). Pour résumer à grands traits, on constate que les usages et les pratiques de consommation de l'eau potable ne se réduisent pas à des « modes de vie »



© Éric Veyssey, Terre & Océan

1. Le projet a bénéficié d'un soutien financier de l'Agence de l'eau Adour-Garonne.
2. Romain Gournet, sociologue indépendant, a contribué à ce travail : co-construction du protocole d'enquête, réalisation des entretiens (juin-juillet 2020), premiers traitements des données.

préexistants ou façonnés *ex nihilo*, qui se traduiraient par des comportements spécifiques et strictement exclusifs d'une manière de vivre et d'habiter. Ils sont le fruit de socialisations et d'apprentissages plus ou moins circonstanciés, éventuellement anecdotiques, forgés au cours de processus de long terme. Ils s'inscrivent dans des trajectoires individuelles et collectives, puisque les valeurs personnelles interviennent tout autant que les règles collectives, que celles-ci soient circonscrites à l'échelle du foyer, d'un groupe d'amis, d'une communauté de vie ou de pratiques, d'un collectif militant plus ou moins institutionnalisé, ou érigées par le service public (en régie ou en délégation privée).

Bien souvent, ces trajectoires connaissent des bifurcations, parfois des inflexions. Les pratiques ne sont donc pas immuables et encore moins innées. Ces transformations (pour prendre le cas des évolutions radicales) sont dans la grande majorité liées à un ou plusieurs événements singuliers: un déménagement, une expatriation et une rencontre culturelle, le départ des enfants du foyer, une formation (professionnelle, amatrice), une lecture... Tous ces événements ne placent pas forcément l'individu face à un exercice réflexif. Lentement, parfois mécaniquement, certains gestes évoluent; de nouvelles pratiques et de nouveaux usages apparaissent et/ou en chassent d'autres, sans forcément nécessiter efforts et concentration. L'évolution peut donc être radicale mais lente. En sociologie, nous constatons qu'un changement de pratiques quotidiennes prend facilement plusieurs années avant de se stabiliser, de s'ancre durablement chez l'individu et d'obtenir le statut de routine ou d'habitude.

Lorsque la bifurcation est rapide et importante, qu'elle crée une véritable rupture comparée aux pratiques antérieures, c'est bien souvent que l'individu a connu une épreuve qui revêt pour lui une saillance suffisamment grande pour bouleverser ses croyances, ses représentations, ses certitudes et par la suite ses routines: la « crise de la quarantaine » et son lot de questions, l'apparition d'un problème de santé, la naissance d'un enfant, l'appréciation du contexte socio-environnemental et de son évolution... la liste est infinie et les raisons sont pour beaucoup personnelles, axiologiques, voire spirituelles. Toujours est-il que l'événement favorise une prise de conscience de l'état d'une situation (personnelle, environnementale, sociétale), ce qui peut motiver la personne à réformer ses pratiques de consommation d'eau. Par exemple, une naissance conduira

mécaniquement à une hausse des consommations, mais un recours à de l'eau embouteillée pourra être préféré pour les besoins alimentaires du nourrisson, et l'utilisation de couches lavables pour des raisons écologiques. Des arbitrages individuels interviennent donc.

Tout cela ne s'exécute toutefois pas sans une bonne dose de technique. Celle-ci est partout dans nos manières de consommer et de faire usage de l'eau potable à domicile. Elle renvoie tout d'abord à l'ensemble de l'appareillage qui compose nos foyers et qui nous permet de distribuer de l'eau (chaude ou froide, sous pression) dans différents espaces de nos lieux d'habitation: des salles d'eau du logement au jardin et autres extensions privées. Cet ensemble technique correspond autant aux éléments de réseau sur lesquels le service public intervient habituellement (canalisations, compteurs), que notre propre système hydrique (tuyauterie, régulateurs, robinetterie, etc.), nos équipements électroménagers (machine à laver, lave-vaisselle, etc.) et nos autres dispositifs hydro-consommateurs (WC, bain-douche, fontaine décorative, piscine, bidet...). Ces éléments constituent des intermédiaires dans nos manières de consommer, en se chargeant de réguler les flux de ressource mis en distribution dans notre réseau domestique. Autrement dit, **nous déléguons à ce système technique un certain nombre de compétences et d'efforts, qu'il nous faudrait assumer si nous ne le possédions pas.** C'est ce qu'expliquent les personnes dotées par exemple de toilettes sèches, qui doivent mettre en place des gestes de suivi, d'entretien, d'évacuation, de remédiation des flux et des matières, en insérant à fréquence régulière des paillettes végétales dans la cuvette des toilettes, en vidant manuellement le réceptacle des fèces dans un espace dédié à leur digestion, etc. Il en va de même des approvisionnements autonomes en eau potable: « puiser » l'eau du jour impose de maîtriser son volume de consommation; les filtres de potabilisation supposent d'être vérifiés, nettoyés et changés pour conserver une qualité consommable, et un contrôle organoleptique plus attentif doit être réalisé pour éviter les intoxications, comparé au réseau public d'eau potable qui bénéficie d'une surveillance industrielle détectant l'altération de sa qualité. En ce sens, l'alternative au (tout) réseau constitue un facteur de sociabilité et de socialisation plus important que ce que propose le modèle classique du service public, puisqu'elle met directement l'utilisateur en prise avec la gestion de la ressource et des besoins.

Ce rapport technique à l'eau se double donc d'un apprentissage, quand bien même celui-ci est inconscient. Nous « apprivoisons » nos systèmes hydriques au gré de leur utilisation. Plusieurs phases peuvent être nécessaires selon le degré de technicité des équipements et les attentes que nous en avons (Caillaud, 2018): projections vis-à-vis de l'efficacité d'un appareil, découverte des fonctionnalités et des manières de l'employer (par exemple en ce qui concerne un lave-linge à haute performance énergétique), maturité des gestes (exemple: recourir au programme court pour du linge faiblement sali; utiliser le programme économe pour limiter les quantités d'eau et d'énergie quitte à allonger la durée du cycle de lavage, etc.). Cet apprentissage favorise les expérimentations, les bricolages et l'adoption d'astuces chez le consommateur, pour ajuster les contraintes et les opportunités des équipements et du logement, à ses multiples attentes et besoins: laisser couler un filet d'eau chaude pendant le savonnage du corps pour éviter le refroidissement des flux au moment du rinçage; colmater la porte de douche avec une serviette pour limiter la déperdition de chaleur lors de la coupure d'eau; se brosser les dents en parallèle pour éclipser un énième flux au niveau du lavabo; mettre le cumulus en position de chauffe accélérée pour prévenir toute rupture d'alimentation en eau chaude et jouir de douches longues; etc. Il existe donc une part de tactique dans la manière qu'ont les personnes d'utiliser de l'eau pour satisfaire leurs exigences.

Ces savoir-faire mobilisent ainsi une connaissance et des compétences spécifiques, liées à l'érudition dont nous sommes plus ou moins dotés, ainsi qu'à l'expérience personnelle de notre propre environnement domestique.

C'est pourquoi les discours et les pratiques des personnes varient autant. Cependant, ils mettent tous en récit des éléments entremêlés ayant trait: aux ressources naturelles et à l'environnement; au fonctionnement des services publics; à la sphère économique et au marché; aux responsabilités individuelles et collectives; aux capacités et contraintes des équipements, de l'habitat, des rythmes de vie; aux valeurs, aux représentations et aux croyances parfois ésotériques. C'est donc un subtil assemblage de savoirs et de compétences dits « profanes » et « experts », articulés une lecture micro (l'individu, le besoin humain et personnel) et macro (considérations politiques, sociétales...) de l'eau potable, qui se donne à voir au quotidien dans l'utilisation domestique de la ressource.

L'utilisateur domestique apparaît donc comme un « technicien tacticien » de son système hydrique. Sa « culture » technique et pratique est en partie qualifiable de « située », puisqu'elle correspond à son cadre de vie et ne peut en tout point être transposable de manière optimale dans un autre logement. Ses raisonnements, ses gestes et ses astuces sont régis et orchestrés par des éléments plus ou moins tangibles, mais toujours fondés sur des représentations, des rythmes, voire des rites porteurs de sens pour l'individu. C'est ce qui en fait un soubassement si robuste qu'aucune invention technique ou technologique, aucune injonction politique et économique, et aucune action coercitive ne peuvent à elles seules réorienter nos pratiques si nous ne les comprenons pas et nous

ne les approprions pas. Ainsi, **il convient de nous séparer de la représentation stéréotypée du « consommateur-usager » passif et faiblement outillé**, qu'il faudrait forcément éduquer pour le rendre vertueux à l'endroit des enjeux environnementaux du XXI^e siècle. Sans doute qu'une approche compréhensive des pratiques domestiques « ordinaires » et un regard critique sur la technicisation de nos systèmes hydriques (petit et grand cycle de l'eau, systèmes domestiques) permettraient de faire émerger des innovations sociales, organisationnelles et techniques aptes à réconcilier pour partie les besoins humains et les défis écologiques auxquels nos sociétés font désormais face.

Bibliographie mobilisée

- Barbier, R., 2013, « Le consommateur d'eau: esquisse de portrait », *Sciences Eaux & Territoire*, p. 28-35.
- Beslay, C., Gournet, R., Zelem, M.-C., Lagogué, M.-J., Beaumont, C., Olgne, R., Chamignon, D., 2014, *L'optimisation des pratiques sociales en matière d'Eau Chaude Sanitaire (ECS), un enjeu pour les politiques publiques de maîtrise de l'énergie*, Rapport d'études ADEME.
- Caillaud, K., 2018, « Les conditions de mise au travail des usagers. Le cas de la gestion des déchets », *Gouvernement et action publique*, vol. 3, n° 3, p. 57-81.
- Euzen, A., 2004, « Que se passe-t-il derrière les courbes de consommation d'eau? L'exemple de Paris », *15^e journées scientifiques de l'environnement – Usages de l'eau et: synergies et conflits*.
- Florentin, D., 2015, *SHRINKING NETWORKS? Les nouveaux modèles économiques et territoriaux des firmes locales d'infrastructure face à la diminution de la consommation*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace – Urbanisme, Université Paris-Est Marne-la-Vallée.
- Kaufmann, J.-C., 1997, « Le monde social des objets », *Sociétés contemporaines*, n° 27, p. 111-125.
- Roussary, A., 2013, *De l'eau potable au robinet? Santé, environnement et action publique*, L'Harmattan.
- Salles, D., Le Treut, H., 2017, « Comment la région Nouvelle-Aquitaine anticipe le changement climatique? », *Sciences Eaux & Territoires*, vol. 1, n° 22, p. 14-17



© Éric Veyssy, Terre & Océan



© Laurence Candon,
Terre & Océan

Terre & Océan et les Eaux Souterraines

Puits non protégé,
à Butajira
au sud de l'Éthiopie

© Franck Van Steenberg

**SÉANCES PÉDAGOGIQUES
COURS ET FORMATIONS
ATELIERS
DISPOSITIF « L'EAU, UN ENJEU MAJEUR »
BALADES
CONSEILS: ESPACE INFO ÉCONOMIES D'EAU
CONFÉRENCES
MAGAZINES
DOCUMENTAIRES**

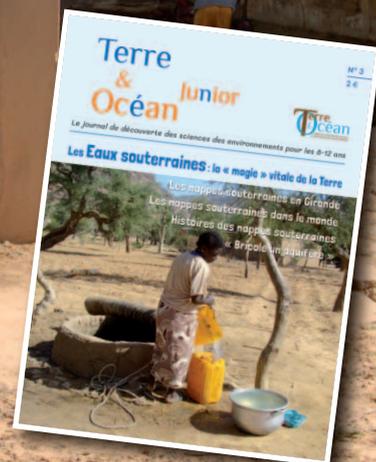
Puits sur l'île de Morfil,
lit majeur du fleuve Sénégal
au Sénégal

© Éric Veyssy, Terre & Océan

Terre & Océan Junior

Le Journal de découverte des sciences des environnements pour les 8-12 ans

**Les Eaux Souterraines:
la « magie » vitale de la Terre
Les nappes souterraines en Gironde
Les nappes souterraines dans le monde
Histoires des nappes souterraines
« Bricole un aquifère »**



La plus grande réserve en eau liquide de la planète



Puits d'Atlit Yam, site archéologique à 10 m de profondeur et 200 m au large des côtes israéliennes, mer Méditerranée
© Hanay

L'eau souterraine constitue la plus grande réserve en eau douce liquide de la planète avec 8 à 10 millions de km³, soit près de 99 % du total. 10 000 km³ se renouvellent chaque année et nous en prélevons 800 km³ par an. Ces chiffres laissent penser que nous sommes dans une situation des plus confortables par rapport à nos besoins en eau. D'autant que l'eau souterraine a une stabilité rassurante et qu'elle est abondamment présente dans de nombreuses zones

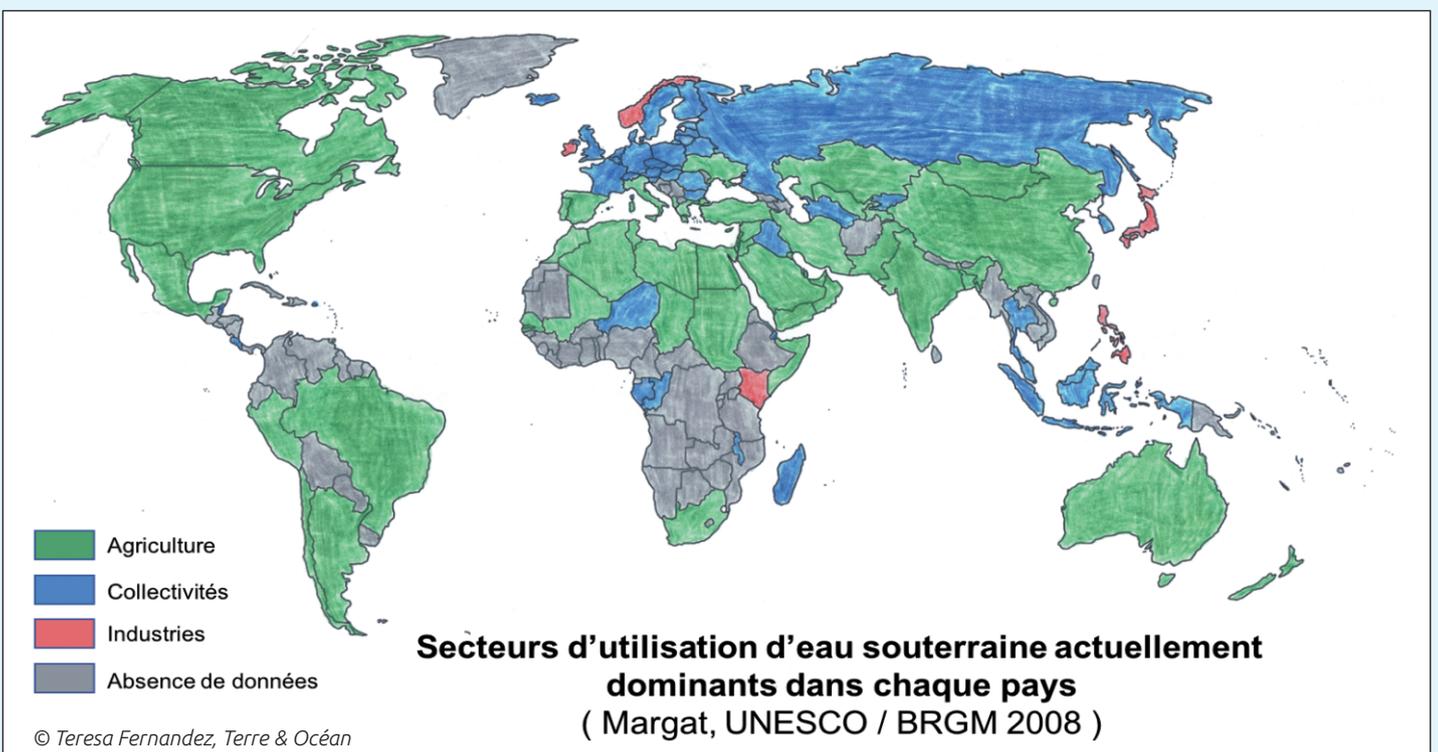
arides ou semi-arides. Pourtant, cette ressource, comme la population mondiale et ses besoins, ne sont pas équitablement réparties. Il y a donc **des zones en tensions pour la qualité et la quantité** d'eau utilisables et utilisées.

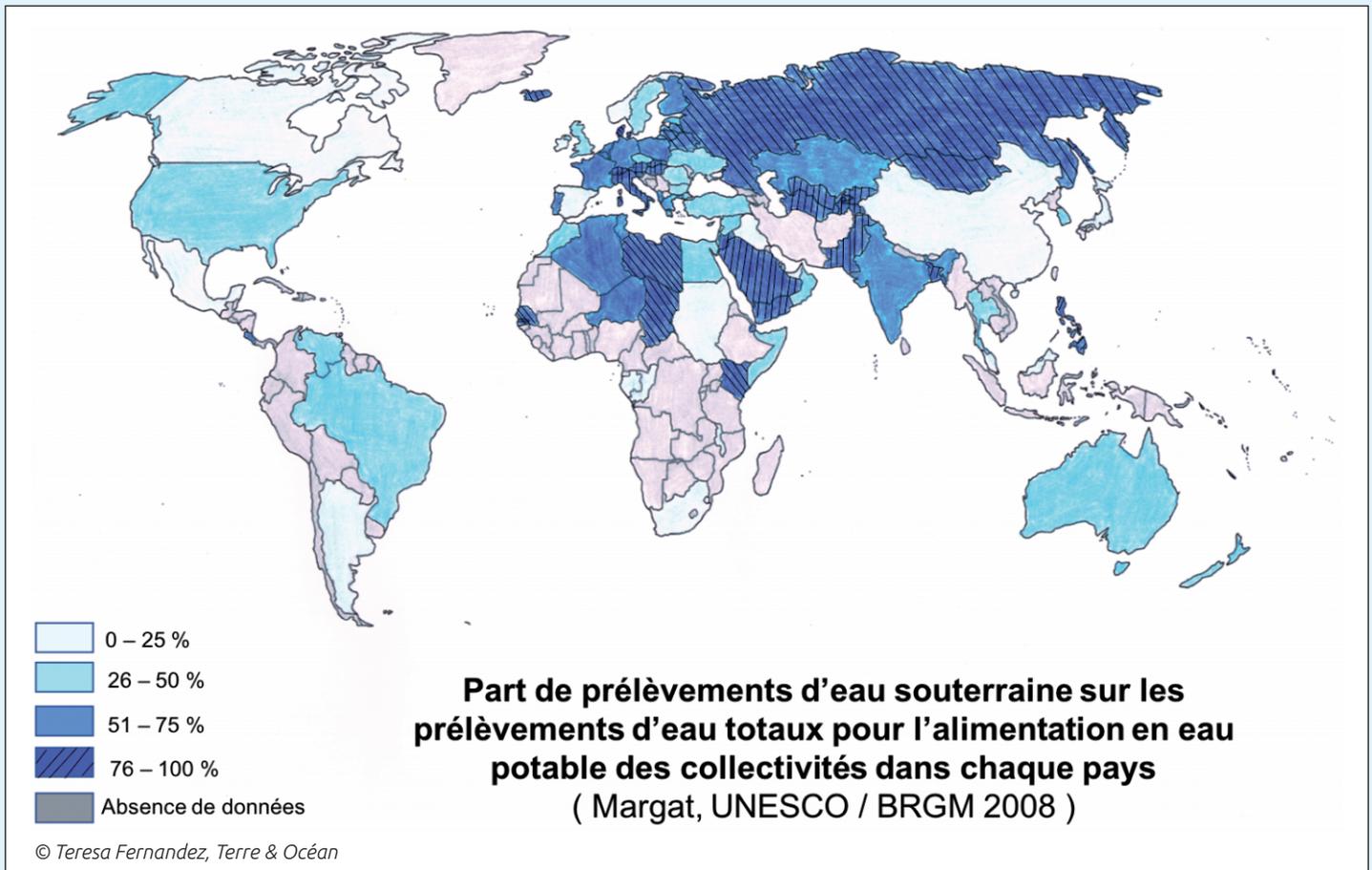
Une eau de proximité

Depuis plus de 10 000 ans, les eaux souterraines sont au cœur des sociétés humaines. Le puits le plus ancien a été trouvé sur le site archéologique sous-marin d'Atlit Yam en Israël. Aujourd'hui, l'agriculture, l'industrie, l'eau potable utilisent ces ressources. Les eaux souterraines participent ainsi à 1/5 de nos consommations mondiales globales. Pour l'eau potable, elles fournissent même plus de la moitié et pour l'irrigation au moins 43 %. Mais ces chiffres globaux ne reflètent pas la réalité de chaque région. Car **l'eau souterraine est par essence une ressource locale : une eau de proximité**. Pour certains pays, c'est une ressource indispensable qui représente une part majeure voire, ultra-dominante : 95 % pour la Lybie, 93 % pour l'Arabie Saoudite, 79 % pour la Tunisie, 73 % pour le Bangladesh, 70 % pour Israël, 61 % pour l'Algérie, 57 % pour l'Iran, 57 % pour le Portugal. Pour d'autres pays, les parts globales moindres restituent mal certaines réalités régionales ou saisonnières, comme en Inde avec 29 %, au Mexique avec 32 %, aux États-Unis avec 24 %, en Italie avec 25 % et même France avec 19 %.

Des prélèvements en hausse nette

Depuis les années 1970 (jusqu'en 2000), **les développements de l'agriculture irriguée et des industries ont multiplié par plus de 3 les prélèvements mondiaux**. Quelques pays et régions arides participent fortement à cette tendance : multiplication par 11 en Lybie, par 10 en Arabie Saoudite, par 6 en Égypte, par 4 en Inde, par 3 en Iran, en Tunisie et en Chine. Dans quelques pays des zones arides, Lybie, Arabie Saoudite et Algérie notamment, ces évolutions incluent des eaux souterraines fossiles (sans renouvellements). Même si elles restent marginales dans le total des prélèvements d'eaux souterraines, leur tonnage est environ 10 fois supérieur à celui des hydrocarbures.





Eaux souterraines et eau potable

Alors qu'en Afrique, Asie et Amérique du Nord, 70 à 75 % des eaux souterraines prélevées servent à l'irrigation, en Europe, elles sont à 50 % utilisées pour l'eau potable. Mais notre continent est en fait coupé en deux. Au Nord, l'irrigation étant faible, la part « eau potable » est majoritaire : 60 % en France, 65 % en Allemagne, 77 % au Royaume Uni et 79 % en Russie. Au Sud, les volumes agricoles étant bien supérieur, cette part « eau potable » est plus réduite : 39 % en Italie, 26 % en Espagne, 12 % en Grèce et 8 % au Portugal.

Il n'empêche que partout dans le monde, la fiabilité de sa qualité et la permanence de sa disponibilité amènent beaucoup de pays, à privilégier les eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable, jusqu'à 100 % en Autriche, au Danemark ou au Pakistan, 90 % en Italie, 79 % en Russie, 74 % en Allemagne, 64 % en Inde, 60 % en France et en Belgique, avec une moyenne de 70 % dans l'Union Européenne. **Plus de la moitié de la population mondiale boit ainsi des eaux souterraines.**

Une gestion complexe

Aujourd'hui, dans de nombreuses régions, se pose la question de la durabilité des ressources souterraines et de leurs disponibilités à terme pour les différents usages, donc de la gestion de cette manne invisible. Dans le milieu agricole, **elle est bien souvent en « libre-service » et ses utilisateurs n'ont peu ou aucunement conscience du partage** avec d'autres usagers. Difficile de mettre en place une gestion concertée sur des volumes non visibles et bien souvent mal évalués. Ces difficultés de gestion s'accroissent

lorsque les aquifères s'étendent sur plusieurs régions, états fédérés ou pays. Quelques très grands aquifères « transfrontaliers » sont néanmoins partagés de façon plus ou moins concertés : Guarani (Brésil, Paraguay, Argentine, Uruguay), SASS (Algérie, Lybie, Tunisie), Nubie (Tchad, Lybie, Égypte, Soudan), etc.

Plus localement, les surexploitations de nappes peuvent entraîner **des affaissements de terrain au droit des extractions**. C'est notamment le cas à Mexico, Thessalonique, Djakarta, Shanghai ou La Nouvelle-Orléans, où des baisses du niveau du sol de plusieurs mètres dans certains quartiers, mettent en péril des bâtiments.

Plus que jamais, les eaux souterraines sont emblématiques des perspectives sociétales locales et mondiales... des questions de développement durable.

Éric Veyssy



Pour en savoir plus :

- **Margat, 2006 :** *Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde*, BRGM, UNESCO
- **Margat, 2008 :** *Les eaux souterraines dans le monde Mexico, une soif impossible à étancher*, 2007, IRD

Les enjeux d'une gestion durable des eaux souterraines : du local au global



Le grand entretien

avec **Olivier Petit**, économiste, maître de conférences à l'université d'Artois, chercheur au Centre lillois d'études et de recherches sociologiques et économiques, Unité mixte de recherche CNRS - Univ. de Lille.

© Éric Veyssey, Terre & Océan

« Il est assez impressionnant de voir que tous secteurs confondus, entre 1960 et 2010, soit en l'espace de 50 ans, on constate une multiplication par trois des prélèvements d'eau souterraine : 300 km³ prélevées en 1960, et presque 1 000 km³ en 2010. Si on superpose les courbes de changements climatiques et d'accroissement des prélèvements, il y a effectivement de gros soucis. »

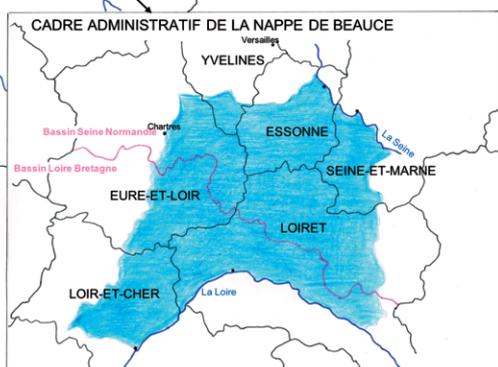
Parcours personnel: de la Beauce au Maghreb

OP: Je travaille depuis une vingtaine d'années dans le domaine de l'économie écologique. **L'économie écologique est une façon de déconstruire les discours de la pensée économique dominante pour tenter de mieux comprendre les problématiques environnementales.** J'ai réalisé ma thèse de doctorat sur la gouvernance des eaux souterraines, en travaillant plus particulièrement sur la nappe de Beauce, avec une perspective internationale comparative. J'ai essayé de comprendre comment différents pays avaient pu mettre en place des modalités de gestion de leurs ressources en eau souterraine, en articulant des mécanismes réglementaires, économiques et participatifs.



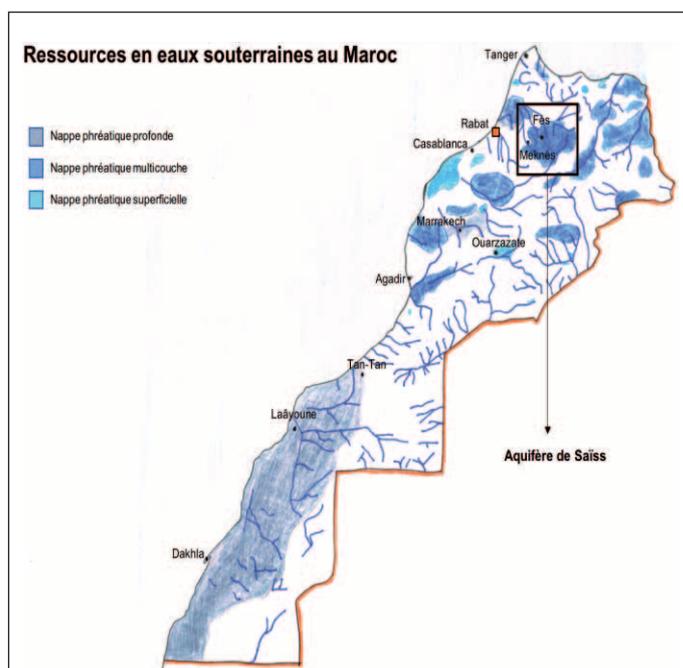
Carte de la nappe de la Beauce

© Teresa Fernandez, Terre & Océan



Q: La nappe de la Beauce est-elle utilisée surtout pour l'agriculture ?

R: Essentiellement pour l'agriculture, mais les agglomérations d'Orléans et de Chartres sont aussi approvisionnées en eau potable à partir de ces eaux souterraines. **Le système aquifère de la Beauce se décompose en 13 couches géologiques**, qui ne sont pas toutes localisées au même endroit. C'est une des nappes les plus importantes en France avec presque 10 000 km² de superficie. À certains endroits, on va y accéder à une centaine de mètres avec un forage, mais pour l'essentiel elle est exploitée à faible profondeur. Il y a même des endroits, où lorsque la nappe est pleine, des résurgences apparaissent et des champs sont inondés. À la limite entre le Loiret et l'Eure-et-Loir, la nappe est affleurante. C'est là que l'irrigation a démarré et que l'agriculture intensive s'est beaucoup développée.



Carte de l'aquifère du Saïss

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Entre 2012 et 2016, dans le cadre du programme de recherche Groundwater Arena coordonné par Marcel Kuper du CIRAD, j'ai travaillé sur la gouvernance des eaux souterraines au Maghreb, plus particulièrement sur l'aquifère du Saïss, localisé au Nord du Maroc. Ce travail portait notamment sur les questions des inégalités d'accès aux eaux souterraines et les droits de propriété. Plus récemment, je participe à un autre programme de recherche, toujours initié par Marcel Kuper et coordonné par Nicolas Faysse du CIRAD, sur les questions de résilience autour de l'agriculture oasienne au Maghreb. Les conditions climatiques amènent les eaux souterraines à être structurantes pour ce type d'agriculture. Un enjeu capital est la mise en visibilité des eaux souterraines. Elle peut se faire, par exemple, par le type de moteur et de dispositif d'approvisionnement énergétique des pompes. À l'heure actuelle ce qui se développe beaucoup, c'est l'exploitation des eaux souterraines à partir de l'énergie solaire.



Aquifère d'Ogallala (États-Unis) © Teresa Fernandez, Terre & Océan

Les grands aquifères de la planète

Q: Quels sont les grands aquifères que l'on peut recenser dans le monde ?

R: Parmi les plus grands aquifères, en Amérique du Nord aux États-Unis, il y a le fameux **aquifère Ogallala**, partagé entre huit états américains. C'est l'aquifère des grandes plaines qui recouvre 450 000 km² aux environs du 100^e méridien qui sépare l'est et l'ouest des États-Unis. Cette zone des grandes plaines connaît une exploitation vraiment intensive et des baisses importantes de niveau.

En Amérique latine, il y a l'**aquifère Guarani** qui est essentiellement au Brésil, mais aussi pour partie en Argentine, en Uruguay et au Paraguay. Les hydrogéologues et les géologues sont en conflit pour déterminer s'il s'agit d'une seule et même entité souterraine, ou d'une mosaïque de petits aquifères. L'ensemble fait environ un million de kilomètres carrés, plus du double de l'aquifère Ogallala. Il y a d'autres grands aquifères, notamment en Inde dans les bassins de l'Indus ou du Gange, mais je voudrais insister sur les zones sur lesquelles j'ai travaillé en Afrique du Nord et au Maghreb. Le **SASS, Système aquifère du Sahara**



Aquifère Guarani (Brésil, Argentine, Paraguay, Uruguay)

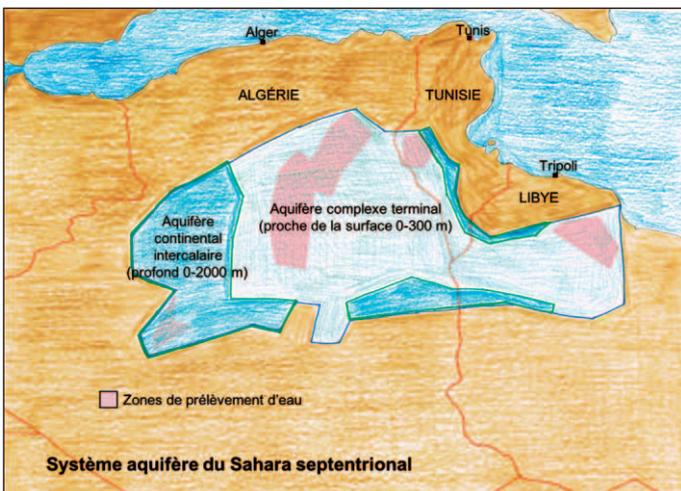
© Teresa Fernandez, Terre & Océan

Q: Cet aquifère justement c'est un aquifère qui se renouvelle ?

R: Très peu, en fait **c'est un aquifère fossile**, une formation géologique constituée de grès et de calcaires qui s'est remplie d'eau à une période où le climat de cette région était beaucoup plus humide. En témoignent des peintures, ou des ossements d'animaux qui ne vivent plus du tout dans la région à l'heure actuelle.

Q: Outre Tripoli, alimentée par des eaux provenant de nappes souterraines, quelles sont les villes qu'on peut qualifier d'emblématiques par rapport à la ressource souterraine ?

R: Beaucoup de villes aujourd'hui s'approvisionnent à partir de forages dans les eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable. Il y a eu un développement assez conséquent de l'usage des eaux souterraines. L'usage agricole était sans doute un des premiers usages. Mais c'est vrai que l'alimentation en eau potable se fait beaucoup à partir des eaux souterraines parce que ce sont généralement des eaux qui sont de meilleure qualité. Donc, on va retrouver



Système aquifère du Sahara septentrional (Algérie, Tunisie, Lybie)

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

des villes qui sont exclusivement dépendantes de l'eau souterraine pour l'alimentation en eau potable dans des zones qui sont :

- Soit avec une ressource très abondante. Par exemple la ville de Ribeirão Preto au Brésil, qui compte environ 600 000 habitants, est alimentée à 100 % à partir des eaux souterraines de l'aquifère Guarani ;
- Soit aussi dans certaines zones où il n'y a pas du tout de disponibilité d'eaux de surface. C'est alors la seule ressource qui est disponible.

Dans le monde, on estime que 50 % de l'alimentation en eau potable se fait à partir des eaux souterraines.

Des usages en concurrence ?

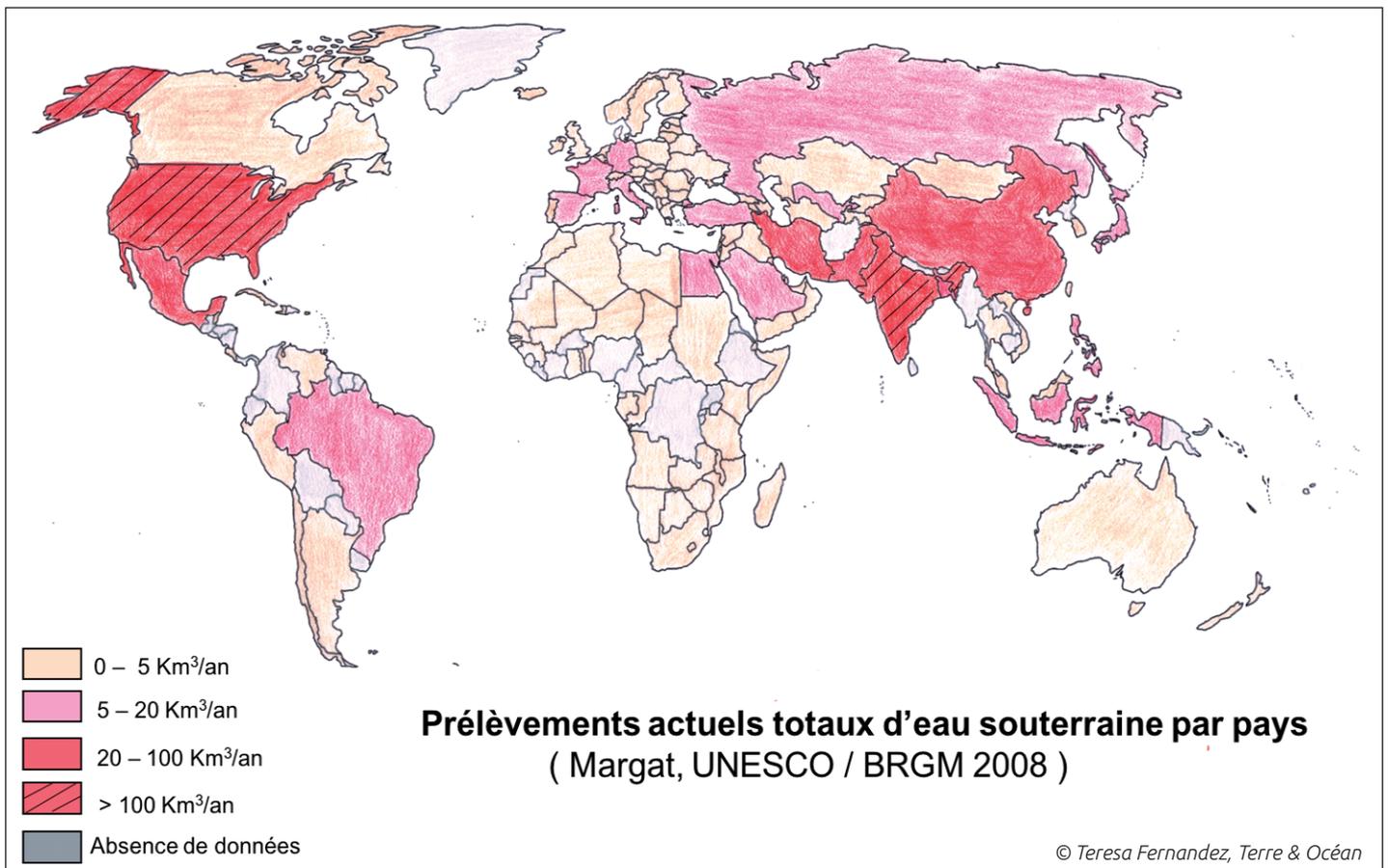
Q: Le principal usage historique, c'est plutôt l'agriculture. Cela reste-t-il encore le principal usage en volume ?

R: **D'un pays à un autre et d'une région à une autre, on va avoir des variabilités qui sont très fortes.** On estime qu'environ 60 à 70 % des prélèvements d'eau souterraine dans le monde sont pour les usages agricoles et les 30 à 40 % restants se répartissent équitablement entre usage industriel et usage urbain pour l'alimentation en eau potable. Mais effectivement dans certaines zones, 100 % de l'alimentation en eau potable se fait à partir des eaux souterraines. Il faut aussi faire la différence entre les prélèvements et les consommations d'eau souterraine. On considère que l'eau qui va être effectivement consommée, c'est celle qui ne retourne pas dans le milieu à une échelle locale et dans un temps assez proche. Donc, typiquement, pour le refroidissement d'une centrale nucléaire ou un

processus industriel, presque 100 % de l'eau qui est prélevée va retourner dans le milieu. Si bien que sur les 15 % de l'usage mondial des eaux souterraines par les industries, ce secteur consomme très peu d'eau souterraine. *A contrario*, dans les usages agricoles pour l'irrigation ou pour abreuver le bétail, l'essentiel de l'eau qui est prélevée va être effectivement consommée par les plantes ou les animaux ou par évaporation. Donc **l'agriculture, c'est non seulement le premier secteur préleveur, mais c'est surtout le premier secteur qui consomme les eaux souterraines à l'échelle mondiale.**

Q: Et justement dans ces trois usages qui ne sont pas forcément les mêmes partout, est-ce qu'il y a des tensions entre utilisateurs et comment on les règle ?

R: Comme l'eau souterraine est peu visible, les conflits sont également assez peu rendus public mais il y a un certain nombre de cas bien connus. Par exemple, en Espagne, dans le parc national Tablas de Daimiel situé dans le bassin du Guadiana, il y a eu des conflits entre l'agriculture intensive et les protecteurs de l'environnement. Les prélèvements importants de l'agriculture intensive dans les eaux souterraines mettaient en danger la pérennité de zones humides. Il s'agit là des **conflits courants entre types d'usage : usage environnemental pour un soutien aux écosystèmes et aux zones humides, et usage agricole.** On constate aussi, et de façon croissante avec les questions de changement climatique, **la concurrence entre les usages agricoles et les usages urbains.** J'ai des collègues, notamment à l'Université d'Arizona, qui ont beaucoup travaillé sur cette question : « pour pouvoir continuer à alimenter en



eau les villes, est-ce qu'il ne faut pas penser différemment l'approvisionnement ou même l'irrigation, voire changer de culture agricole? » Entre ces différents sujets, effectivement, il y a des conflits qui ne se manifestent pas toujours de façon nette. Mais à travers les discours, on voit quand même qu'il y a des arbitrages qui doivent être opérés pour savoir quel usage est considéré comme prioritaire. Et souvent, l'usage prioritaire est l'alimentation en eau potable.

Q: On a un peu renversé les priorités, parce que jusque-là la priorité, c'était plutôt l'agriculture pour nourrir les populations et on commence à se dire qu'on peut peut-être nourrir les populations différemment, avec moins d'eau et aussi alimenter les villes.

R: L'agriculture, c'est la grande question, car l'eau utilisée pour l'irrigation ne sert pas que pour l'alimentation. Il y a tout un tas de fibres, qui sont cultivées à partir des eaux souterraines pour se vêtir, mais aussi pour la production d'agro-carburants. Par exemple, la culture de la canne à sucre n'a pas qu'une vocation alimentaire, elle sert pour la production d'éthanol qui peut être mélangé à l'essence. On a donc un certain nombre de tensions, y compris dans les usages agricoles, entre l'usage alimentaire et l'ensemble des autres usages. C'est là que les priorités peuvent être aussi définies: « est-ce qu'on a vraiment besoin d'utiliser massivement une eau, qui localement va peut-être venir à manquer, pour approvisionner des chaînes mondiales de production afin de faire circuler les automobiles sur un autre continent? »

Q: Et est-ce qu'il y a une différence justement dans ces tensions, quand il est question d'eaux souterraines par rapport aux eaux de surface? Parce que le même partage se pose aussi sur les rivières et les fleuves. Mais est-ce que la qualité supérieure des eaux souterraines crée une tension et un choix qui doit être différent: privilégier, je pense, l'eau potable par rapport à d'autres usages?

R: Je pense que c'est l'argument principal, effectivement, car une bonne partie des eaux souterraines n'a pas besoin d'être traitée. En France, la plupart des châteaux d'eau qu'on voit dans les campagnes sont reliés à des forages qui extraient directement l'eau brute. Les gestionnaires mettent un peu de chlore pour empêcher la prolifération de bactéries et l'eau qui est distribuée dans le robinet, hormis ce chlore qui a été ajouté, est l'eau directement tirée de l'aquifère. Une fois qu'on a tout l'équipement pour extraire ces eaux souterraines, on peut dire que l'eau potable qui est distribuée, est beaucoup moins coûteuse qu'avec les eaux de surface.

En effet, dans le cas des eaux de surface, un traitement qui va être beaucoup plus massif, avec une usine de production d'eau potable, est nécessaire.

Q: Alors justement cet arbitrage plutôt en faveur de l'eau potable pour ce qui est des eaux souterraines, ne risque-t-il pas dans certaines zones de désavantager encore plus les eaux de surface qui vont être destinées à l'agriculture encore plus massivement?

R: À l'échelle de l'Union européenne, l'objectif que la directive cadre a fixé est le bon état qualitatif et quantitatif de l'ensemble des masses d'eau. Et parmi ces masses d'eau, vous avez des eaux souterraines et des eaux superficielles. On ne va pas privilégier une masse d'eau au détriment d'une autre. Mais pour les eaux qui sont vraiment de très mauvaise qualité, la question que le gestionnaire peut se poser, c'est de savoir s'il est nécessaire d'investir énormément d'argent pour restaurer la qualité, plutôt que de porter l'effort sur des zones où la qualité est relativement médiocre, mais pour laquelle on va pouvoir atteindre le bon état plus rapidement.

Q: Est-ce qu'il y a des régions justement dont les aquifères sont surexploités et aussi peut-être dégradés au niveau qualité, donc en danger?

R: D'après les travaux et la cartographie effectuée par Jean Margat, hydrogéologue français, c'est dans les zones où on prélève le plus, que les enjeux de surexploitation sont logiquement parmi les plus importants. Mark Giordano a établi une compilation de statistiques qui montre que (en 2009) par ordre décroissant, **ce sont l'Inde, les États-Unis, le Pakistan, la Chine, l'Iran, le Mexique et l'Arabie Saoudite qui sont les principaux préleveurs d'eau souterraine dans le monde.** Et précisément, dans ces zones on va retrouver le plus de problèmes à la fois qualitatif et quantitatif. Des problèmes qualitatifs « naturels » comme l'arsenic. Au Bangladesh, en Chine ou encore en Inde, de très fortes concentrations d'arsenic sont relevées, et sont responsables de maladies ou de malformations à la naissance. Le cas indien est vraiment emblématique, en lien avec la concentration de la population (1 353 milliards d'habitants) sur un territoire qui est certes vaste, mais avec une forte densité de population (4 fois plus qu'en France). **Les proportions des aquifères qui sont surexploités en Inde sont très inquiétantes.** Dans un seul et même pays, les contrastes sont très importants. Dans le cas des États-Unis, sur la côte est américaine et dans le sud ou sur la côte ouest, vous allez avoir des situations très contrastées. Mais tous les états du sud-ouest américain, la Californie, l'Arizona, le Nouveau-Mexique, le Colorado et le Nevada, qui sont des régions désertiques ou quasi désertiques sur certaines parties, ont de gros problèmes de gestion quantitative. Même si, **compte tenu de l'argent qu'ils ont investi, ils ont aussi trouvé un ensemble de solutions techniques** pour amortir les difficultés.

États-Unis: transferts et banques d'eau

Q: Des solutions techniques pour trouver de nouvelles ressources souterraines?

R: Pas nécessairement pour trouver de nouvelles ressources, mais plutôt pour faire notamment de **la recharge artificielle des nappes.** Par exemple, un gros projet a été lancé dans les années 1980-90 en Arizona: le Central Arizona Project. Il s'agit d'une dérivation des eaux du fleuve Colorado, avec des canaux de plus d'un millier de kilomètres qui desservent les villes de Tucson et de Phoenix. Ces canaux à ciel ouvert arrivent, à certains endroits, dans

d'énormes lacs de percolation. On stocke alors l'eau de surface dans des réservoirs souterrains pendant des mois, voire des années. Ensuite, il y a un système de transactions entre les États. C'est le cas particulier du droit américain de l'eau, où chacun des États a droit à une certaine portion du débit du fleuve Colorado. Et si pendant un moment par exemple, le Nevada a besoin de plus d'eau, il établit des transactions avec l'Arizona, qui va laisser couler l'eau vers le Nevada et qui pourra alors puiser dans ses réserves souterraines. On appelle cela **des banques d'eau**. Il y a donc **des systèmes qui sont à la fois techniques et économiques**. Je suis assez critique vis-à-vis de ce type de système qui limite le débit des cours d'eau et conduit à impacter des écosystèmes plus en aval. Mais il est intéressant aussi de se rendre compte que, pour les pays au climat semi-aride et aride, selon que l'on se situe **dans un pays pauvre ou dans un pays très riche, répondre au même type de problématique va être complètement différent**. Les pays riches vont avoir les moyens d'investir des millions ou des centaines de millions de dollars, pour permettre à toute une classe aisée de riches américains qui veulent passer leur retraite dans des zones où il y a des golfs au milieu du désert, d'avoir de l'eau en quantité pourvu qu'ils la payent. Le projet CAP le permet.



Aqueduc de Californie (États-Unis)

© Florence Low

California Department of Water Resources



Mare de percolation à Tucson, Arizona (États-Unis), avril 2008

© Olivier Petit

Q: Ce projet-là, c'est de stocker en souterrain. Avec le changement climatique, **stocker en surface induit des pertes par évaporation**, alors que l'avantage du souterrain c'est d'avoir moins de pertes?

R: Bien sûr. On voit que les techniciens sont de plus en plus portés sur ce type de solution. Les usines de dessalement d'eau de mer peuvent aussi être un moyen de remédier à la situation, mais en fait, on ne prend pas le problème à la racine. **On a un modèle de développement économique, qui est basé sur une utilisation intensive des eaux souterraines**. Et plutôt que de changer de type de culture, par exemple arrêter de faire du maïs dans le sud de la

France, on va essayer de trouver un moyen technique de continuer à accroître l'offre d'eau disponible. **Tous ces moyens techniques ne font finalement que repousser le problème**. Penser par la technique l'augmentation de l'offre, c'est quelque chose qui va peut-être remédier à la situation sur le **court terme**. Mais penser la gestion de la demande, diminuer la quantité d'eau pour l'ensemble des usages, à travers des mécanismes assez simples dans son domicile, dans des processus industriels, voire avec des techniques qui vont limiter la quantité d'eau utilisée en agriculture (ou changer de type de culture pour aller vers plutôt des cultures pluviales que vers des cultures irriguées), peut être un moyen qui, à **long terme**,

à mon avis, sera beaucoup plus efficace pour gérer la ressource dans une perspective de développement durable.

Q: C'est intéressant ce que vous dites parce qu'au départ, l'idée du Smegreg en Gironde par rapport à la problématique de cette recharge inférieure à la consommation, c'était, non pas de jouer sur la demande, mais de trouver d'autres solutions, d'autres nappes ou d'autres endroits productifs. Et maintenant qu'on a fait peut-être un peu le tour aussi de cette possibilité-là, on joue sur la demande. Mais l'idée initiale était d'accroître le potentiel plutôt que de diminuer la demande.



Champs irrigués à partir de nappes profondes, Virginie (États-Unis) © USDA

Almería, symbole d'un modèle pervers

R: Exactement. Les lobbies, dans le secteur agricole notamment, sont tellement puissants ! Et il y a aussi une **schizophrénie des pouvoirs publics**, qui d'un côté sont pour la préservation de l'environnement et des ressources, et d'un autre côté sont aussi pour poursuivre vers un type de croissance économique. Certes ce pourrait être une croissance verte, mais la croissance reste quand même un objectif en soi, qui fait que bien souvent **ce sont les lobbies les plus puissants qui maintiennent le statu quo**. L'exemple, sans doute le plus emblématique, se situe dans le sud-est de l'Espagne, dans la région d'Almería. Ses grandes

serres plastiques sont visibles sur les images satellites comme une représentation de l'importance de l'usage des eaux souterraines – pour la production de tomates essentiellement dans ce cas. Les problèmes qualitatifs sont désastreux dans l'aquifère qui dessert la région d'Almería. La solution trouvée repose sur des transferts massifs à partir d'un cours d'eau, ainsi qu'une grande usine de dessalement d'eau de mer, qui permet d'avoir de l'eau disponible, mais à un coût au mètre cube qui devient complètement prohibitif. **Compte tenu des marges de l'agro-industrie sur la vente de ses tomates (avec en plus des conditions sociales d'exploitation qui sont désastreuses), c'est une course effrénée qui va je ne sais où.**

Q: Je croyais que le dessalement était presque strictement consacré à l'eau potable ?

R: Là, le dessalement ne sert pas pour l'agriculture, mais pour compenser le fait que l'agriculture prélève au détriment de l'alimentation en eau potable d'Almería. Plutôt que la population d'Almería s'approvisionne à partir de l'eau de son aquifère, qui en plus est devenue de moins bonne qualité, les gestionnaires de l'eau consacrent l'essentiel de la nappe pour le secteur agricole, secteur économique florissant de la région, et le dessalement sert pour l'alimentation en eau potable. **Au lieu de penser le système dans son ensemble, en disant « voilà l'eau dont on dispose et avec ça on essaie de raisonner le développement économique et social de la région », c'est la course effrénée vers la technique avec des effets contre-productifs.**



Cultures sous serres dans la plaine d'Almería (Andalousie, Espagne)

© Lorenzo



États-Unis, Californie, juin 2019

© Olivier Petit

Les modèles de gestion des eaux souterraines

Q: En France, on a un certain nombre de lois sur l'eau: 1964, 1992 avec les SAGE notamment. En Europe et dans le monde, comment s'organise-t-on pour gérer la ressource et gérer les usages et les conflits d'usages éventuels?

R: On connaît bien, en France, les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) qui avaient été précédés, pour les eaux de surface, par des contrats de rivières. L'idée est que l'ensemble des usagers se mettent autour de la table (les pouvoirs publics, c'est-à-dire l'État, les collectivités territoriales, et puis les représentants des usagers), pour décider de la gestion à long terme d'une ressource. Il existe des contrats de nappe, en France, qui avaient été initiés dès les années 1990 comme dans la Brie¹. **C'est le SAGE Nappes profondes de Gironde, qui a été le premier à l'échelle nationale, mis en place sur les eaux souterraines.** Le SAGE de la nappe de Beauce, qui porte à la fois sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines, l'a suivi de quelques années. Cette période de la fin des années 1990 est une période charnière.

Au niveau mondial, il y a différents types de régulation et de gestion. Il y a la gestion par les pouvoirs publics, la régulation et la gestion par les communautés locales, et puis il y a tout un tas de dispositifs qui sont des mécanismes plutôt hybrides de cogestion entre les pouvoirs publics et les usagers. En fait, c'est ce dernier mécanisme qui est dominant. Les pouvoirs publics ont mis en place, à différents moments dans l'histoire et suivant les pays, un certain nombre de régulations. C'est d'abord **des approches de type réglementaire:**

- Des autorisations si on veut réaliser un forage;
- Des restrictions ou des interdictions (par des arrêtés sécheresse par exemple) d'irriguer, d'arroser les jardins, de laver les voitures, de remplir les piscines...

Donc, on voit que **c'est le réglementaire qui est un des premiers instruments qui est mis en place par les pouvoirs publics avec des effets parfois assez contre-productifs.** J'ai une anecdote sur ce sujet à propos de la nappe de Beauce dans les années 1990. Quand il a commencé à y avoir un conflit d'usage sur un petit cours d'eau exutoire qui est une résurgence de la nappe et qu'on appelle la Conie, les premiers arrêtés préfectoraux qui ont été pris par les préfets de département ont consisté à interdire l'irrigation certains jours de la semaine, ce qui était complètement contre-productif. Certaines exploitations agricoles étaient à cheval sur deux départements puisqu'évidemment le périmètre d'exploitation agricole n'est pas strictement réservé à un département. On pouvait interdire d'irriguer dans le Loiret le lundi et en Eure-et-Loir le mardi, mais si le champ était à cheval sur les deux départements, ça posait un certain nombre de

problèmes. L'arbitraire de décider que ce soit le lundi ou le mardi n'avait pas grand sens par rapport à la météo, parce que si le lundi c'était interdit d'irriguer mais que les cultures en avaient particulièrement besoin, parce que les jours précédents il faisait très sec, alors qu'un autre jour on aurait l'autorisation d'irriguer mais qu'il pleuvait, c'était assez surprenant!

Par ailleurs, une série d'instruments économiques de type taxe ou redevance ont été instaurés en France et administrés par les Agences de l'eau. La France est le pays

1. Cf. <https://www.aquibrie.fr/son-histoire>



© François Molle, Inde (Tamil Nadu)

qui est réputé être le premier à avoir mis en place ce type de redevance incitative. Quelques centimes par mètre cube vont être affectés à un pot commun géré par le comité de bassin, qui vont servir, à travers des subventions, à financer un certain nombre de travaux : par exemple, des rénovations de berges des cours d'eau ou des stations d'épuration. Le gros problème avec ces instruments économiques, c'est que **le niveau de la redevance est beaucoup trop faible pour que cela joue effectivement un rôle incitatif sur le comportement des utilisateurs**. Et pendant très longtemps, dans le secteur agricole en France, il n'y avait pas de redevances sur les quantités prélevées par l'agriculture. C'était un peu « open bar » : dès lors qu'on avait le forage et l'autorisation, on pouvait prélever autant qu'on le souhaitait. Ça a produit beaucoup de phénomènes de surexploitation.

Q : Les redevances, ça date de quand en milieu agricole ?

R : Si on se limite ici aux seuls aspects quantitatifs, je dirais à la fin des années 1990, début des années 2000, quand on a commencé à se préoccuper de cette question des eaux souterraines. C'est là que le secteur agricole a été mis un peu à contribution, à mon sens pas suffisamment. Pour le secteur agricole, il faut savoir qu'en fonction de la localisation du forage, les agriculteurs peuvent être exonérés de la redevance « prélèvement » s'ils prélèvent moins de 7 000 m³ d'eau, voire moins de 10 000 m³ d'eau par an dans certaines zones. Mais le programme d'intervention des Agences de l'eau reste financé à plus de 80 % par les usagers de l'eau du robinet, alors que ce n'est sans doute pas ceux qui ont l'impact qualitatif et quantitatif le plus important.

Q : En tous les cas directement, parce qu'indirectement c'est quand même eux qui consomment aussi les produits agricoles...

R : On peut le voir aussi comme ça effectivement. Il ne faut pas stigmatiser ni le monde agricole, ni les agriculteurs, vous avez raison de le rappeler. La gestion des eaux souterraines reprend finalement les recettes qui avaient été mises en place pour les eaux de surface avec des succès divers. Le deuxième modèle est plutôt inspiré de ce qu'on appelle la gestion par les communautés. C'est un modèle qui est un peu idéal-typique, dans le sens où il est décrit par un certain nombre d'auteurs dans la littérature scientifique, mais quand on recherche les endroits, où effectivement il est mis en place, on se rend compte que souvent les pouvoirs publics jouent, en fait, un rôle qui est loin d'être négligeable. L'autogestion par les communautés d'usagers est d'autant plus rare à observer que bien souvent **lorsque les agriculteurs font, par exemple, le pas de passer des eaux de surfaces aux eaux souterraines, c'est pour ne pas retrouver toutes les contraintes du**

collectif. C'est-à-dire que la gestion collective de l'eau d'irrigation à partir des eaux de surface a traditionnellement été mise en place à travers des canaux d'irrigation avec des tours d'eau. Il faut donc que le collectif décide d'un certain nombre de règles, pour que les usagers se répartissent la ressource. **Or avec les eaux souterraines, ce qui fait tout l'intérêt, notamment pour les agriculteurs, c'est qu'ils peuvent être pleinement en charge individuellement de leurs ressources. Et ils ne partagent plus!** En Turquie, il existe des forages collectifs qui sont financés par la collectivité avec également des systèmes de tours d'eau, qui sont réinstaurés. Mais c'est assez rare et, là encore, quand je dis que c'est la communauté qui le met en place, les pouvoirs publics sont intervenus. Donc en fait, **ce qui est majoritaire dans le monde, c'est une forme d'hybridation dans les modalités de gestion** entre des communautés et les pouvoirs publics, qui les soutiennent à travers des subventions ou leur imposent une organisation des usages particulière.

Q : Quand il y a des mesures d'interdiction ou de planification, sont-elles bien respectées ? Et si ce n'est pas forcément respecté à la lettre, est-ce que les pouvoirs publics ont les moyens de vérifier et de le faire respecter ?

R : Vous mettez exactement le doigt sur un des problèmes principaux. **On constate des phénomènes de corruption dans de très nombreux cas**, ou des arrangements significatifs de la schizophrénie des pouvoirs publics, balançant entre d'un côté, la volonté de promouvoir les développements agricole et industriel, et en même temps garantir la protection de l'environnement. Mais sans que la priorité ne soit toujours mise sur la protection de l'environnement. On ne va pas donner les moyens aux agences ou aux agents qui sont chargés de faire respecter les dispositions prises. En France, par exemple, il y a des missions interservices de l'eau, qui sont attachées aux préfetures, mais dans la plupart des départements, il y a une seule personne équivalente temps plein pour la police de l'eau. Sachant qu'ensuite, une fois qu'ils ont relevé une infraction (par exemple un agriculteur qui a dépassé la quantité d'eau qui lui avait été attribuée, ou qui est en train d'arroser allègrement la route au lieu d'arroser ses cultures), bien souvent, ce sont des avertissements qui sont donnés. Mais pour « acheter la paix sociale », les pouvoirs publics ne vont pas aller se frotter à un système, où on sait très bien que les syndicats agricoles vont tout de suite « crier au loup ». Dans le cas du parc national du Guadiana en Espagne, avec un conflit entre les protecteurs de l'environnement et les agriculteurs, **l'État espagnol avait décidé des fermetures de captages et de forages, mais en fait, ça n'a jamais été mis en œuvre**.

Ce n'est pas très rassurant ce que je dis, car si je reprends la gamme de tous les instruments mentionnés :

- les instruments réglementaires sont très peu respectés, parce qu'on n'a pas les moyens ou la volonté de les faire respecter ;
- les instruments économiques ne sont pas très efficaces, parce que le niveau des redevances ou des taxes est trop faible.

Et après, là où on peut trouver peut-être une issue, c'est





Maroc, vallée de Todgha, septembre 2019

© Olivier Petit

dans ces instruments hybrides, où on essaie (et c'est pour ça que la médiation scientifique, tout le travail que vous faites de votre côté me semble déterminante aussi) de sensibiliser les populations pour que l'ensemble des acteurs se mette d'accord. Une des réussites du SAGE (schéma d'aménagement et de gestion des eaux) de la nappe de Beauce est d'avoir permis à la profession agricole, avant même que le SAGE ne soit adopté, d'être elle-même force de proposition sur les limitations proposées aux agriculteurs. Les agriculteurs eux-mêmes ont pris en charge cette question-là, et puis après, ça a été repris en main par le SAGE.

Q: Donc on peut dire qu'en France et même peut-être en Europe, on a les outils réglementaires pour résoudre des problèmes. Mais pour les mettre en application, ce n'est pas évident, parce qu'**il y a la gestion du court terme et du long terme, qui se télescopent...**

R: Je serais peut-être un petit peu moins enthousiaste. Certes, oui, on a peut-être les outils, mais malgré tout, il y a encore quelques soucis, y compris en Europe.

Q: Ça veut dire qu'il faudrait des outils complémentaires ou supplémentaires ?

R: **Il faudrait savoir où est l'ordre des priorités.** On sait que, par exemple, le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) est un document supérieur d'un point de vue juridique aux plans locaux d'urbanisme ou aux schémas de cohérence territoriale. Pour tout ce qui est aménagement de l'espace, il faut que ce soit conforme

au SDAGE. Les SAGE ont aussi une portée réglementaire. Sur toute une chaîne de décision, **il faudrait donner encore plus de poids à la dimension « protection de la ressource »**. C'est une perspective de gestion de l'eau en patrimoine commun. Si on parvient à mettre l'ensemble de ces éléments au-dessus des décisions qui peuvent être prises dans tous les autres secteurs, on sera peut-être plus efficace pour résoudre les problèmes. Je parle essentiellement des problèmes quantitatifs. Mais sur le plan qualitatif, je ne veux pas les stigmatiser une fois encore, mais ça fait des décennies que les agriculteurs ou les syndicats agricoles

Maroc, goutte-à-goutte, février 2020

© Olivier Petit



nous disent: « on met juste ce qu'il faut d'engrais et de pesticides », mais **quand on voit les chiffres des ventes d'engrais et de pesticides en France, ça ne fait que croître.** Pourtant, les superficies agricoles diminuent. Les agriculteurs achètent, mais ils ne s'en servent pas? Il faut qu'on m'explique.

Q: Au niveau mondial a-t-on les outils, dans les pays sensibles en particulier, en Inde, au Pakistan, ou même aux États-Unis, pour bien gérer à court terme, et surtout à moyen ou long terme?

R: À l'échelle internationale, les situations sont très contrastées et ceci est lié aussi aux moyens financiers. Il y a **certains pays qui ont les moyens financiers et qui souvent vont se tourner vers des solutions techniques, plus que vers des solutions réglementaires, économiques ou participatives.** Le problème est qu'on a eu tendance à faire du copier-coller des lois d'un certain nombre de pays, vers des pays en développement. Typiquement, la doctrine de « la gestion intégrée des ressources en eau », constitue un élément de conditionnalité de l'aide pour beaucoup de pays en développement. Parmi les conditions souvent imposées, on relève l'obligation de disposer d'un cadre juridique et territorial promouvant la gestion par bassin versant et les principes de la gestion participative. Pour se conformer à ces exigences, les pays vont bien les inscrire dans la loi, mais sur le terrain, on constate que les hiérarchies sociales ne sont absolument pas remises en cause. Les dispositifs qui sont censés être de la gestion participative, curieusement, bénéficient essentiellement à la gent masculine. Où sont les femmes dans les processus de décision? Et ces questions évidemment, il est compliqué de les résoudre. C'est aux pays eux-mêmes de mettre en place leurs propres outils. Le grand défaut dans le domaine de la gestion de l'eau à l'échelle mondiale, c'est que précisément on utilise des modèles hérités des pays occidentaux, avec la volonté de les appliquer à des pays en développement qui n'ont pas les structures sociales pour que ces modèles puissent être efficacement mis en place. Or il existe des dispositifs de nature ancestrale dans beaucoup de pays en développement, notamment pour la gestion participative ou communautaire. **Il faudrait pouvoir laisser davantage d'autonomie, pour que les règles soient édictées par ces communautés à l'échelle locale, plutôt que de venir avec un ensemble de principes déjà tout prêts.**

Q: Mais est-ce que justement, ces méthodes ancestrales sont encore « valides » par rapport à la percussion du monde industriel, qui arrive par-dessus?

R: En fait, ce que je dis là, effectivement, c'est sans doute beaucoup plus valable pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines. Le changement que je mentionnais sur le passage de la gestion collective à la gestion individuelle, à travers l'accès aux eaux souterraines via des forages, fait que, de toute façon, on casse tous ces systèmes de gestion communautaire, qui n'ont

plus vraiment de sens à fonctionner, dès lors que chacun peut avoir son propre approvisionnement. En février 2020, j'étais au Maroc dans la vallée de Todgha, qui est un de nos sites de recherche dans le cadre du projet Massire¹. Les représentants des agriculteurs et des irrigants nous expliquaient qu'il y a eu une perte de tous ces processus de gestion collective. Par exemple, quand les canaux étaient endommagés par une crue soudaine et des inondations, l'ensemble du village, sans contrepartie financière, venait et aidait pour l'entretien de ces canaux. De la même manière, pour éviter que les branches des palmiers dattiers ne se touchent les unes les autres, il y avait une taille qui était faite avec une organisation collective. Et ce qu'ils identifiaient comme étant un des facteurs qui a limité finalement cette dimension collective ou communautaire, a été la construction d'une route, qui a rendu possible l'arrivée massive de produits qui venaient des grandes villes, et qui a permis aussi les déplacements de population. Les gens ont fini par se dire: « plutôt que de rester au village, peut-être que je gagnerais mieux ma vie (et on ne peut pas leur reprocher) en allant à la ville ». Un changement s'est opéré assez fortement à partir des années 1960 dans beaucoup de zones. Tous ces mécanismes de gestion communautaire fonctionnaient aussi sur des hiérarchies sociales, avec parfois des sociétés de castes. On peut penser au Sénégal, à Madagascar, à l'Inde. L'idée n'est pas du tout de fantasmer autour de « c'était mieux avant » mais malgré tout, quand on essaie de repenser cette dynamique de gestion collective avec un certain nombre de règles auxquelles la société se conforme, dans l'intérêt de la préservation de la ressource, il faut peut-être s'appuyer sur cette histoire pour essayer d'en conserver le meilleur, et d'en évacuer évidemment le pire.

Changement climatique et démographie: des pressions supplémentaires

Q: On ne peut pas greffer des modèles sans tenir compte du terrain. Par rapport à toutes ces problématiques de réglementation, de mise en application de réglementations, de ressources elles-mêmes, à la fois en quantité et en qualité, depuis quelques années, le problème climatique et la pression démographique aussi (en Inde entre autres) par-dessus, causent encore de nouveaux problèmes ou accroissent les anciens?

R: Oui, je pense que **c'est un effet amplificateur de tension.** Je ne veux pas du tout entrer dans le discours sur « le XXI^e siècle sera le siècle des guerres de l'eau » et le fait que ça exacerbe les conflits. Si on essaie de conserver un message optimiste, je pense que ça doit nous pousser à essayer d'identifier des solutions innovantes. Il faut peut-être aussi laisser de côté (le domaine de l'eau a été beaucoup influencé par les techniciens, notamment par le génie civil) cette idée d'une solution fondée sur la construction d'infrastructures à travers des barrages de retenue, les fameuses « bassines » par exemple, qui sont considérées

1. <https://massire.net/>

comme étant une des solutions face à la sécheresse, pour stocker de l'eau pour la période estivale. Je pense qu'il faut vraiment essayer de trouver les solutions à travers des mécanismes de gestion, qui donnent la part belle à l'inventivité humaine, plutôt que de tout faire reposer sur cette technique. **Une des dérives à laquelle nos sociétés sont confrontées aujourd'hui, c'est de penser que l'innovation technologique, la construction d'infrastructures vont remédier au problème.** Je pense que c'est une vue qui est vraiment à court terme. Le changement climatique, nous oblige à rechercher des solutions de manière urgente. Mais je pense que c'est faire fausse route que d'aller dans cette voie de construire de nouveaux barrages, construire des retenues collinaires, voire même se lancer dans des systèmes d'innovation comme le goutte-à-goutte en disant : « ça va être la porte de sortie par rapport aux problèmes qui nous concernent ». Il faut plutôt travailler sur une gestion raisonnée de la demande en eau, c'est-à-dire des besoins : de quoi a-t-on vraiment besoin ? qu'est ce qui est indispensable ? Est-ce qu'on a vraiment besoin de cultiver du maïs dans le Sud-Ouest de la France ? Je ne pense pas. **Est-ce que l'on ne peut pas essayer de tenir compte des conditions climatiques des zones dans lesquelles on se trouve pour se développer en concordance,** plutôt que de vouloir toujours repousser les frontières de la technique ? Le goutte-à-goutte, par exemple, est souvent présenté comme une innovation qui permet de faire des économies d'eau. En fait, j'ai des collègues qui ont travaillé sur cette question au Maroc, et ils se sont rendu compte que la mise en place du goutte-à-goutte, dans la zone de l'aquifère du Saïss, s'était accompagnée d'un quasi-doublement de la superficie irriguée. Même si à l'hectare, on utilise moins d'eau, en fait, globalement, cette pratique a une incidence beaucoup plus importante sur la ressource en eau, avec une augmentation de la consommation globale dans la région. Une solution qui apparaît comme étant spontanément une bonne idée, finit par avoir un effet contre-productif. C'est ce que l'économiste William Stanley Jevons a mis en évidence, ce qu'on appelle **le paradoxe de Jevons ou « effet rebond »**. Dès lors que l'on a des gains de productivité, en fait, on a une incitation à consommer et à produire davantage. On le voit très clairement dans le domaine des eaux souterraines à travers cette innovation du goutte-à-goutte.

Q : C'est l'accroissement des échelles qui pose problème un petit peu partout. Vous avez parlé d'usages écologiques ?

R : On les connaît surtout pour les cours d'eau, puisqu'il y a des débits réservés ou ce qu'on appelle des débits environnementaux. À l'échelle internationale, **il y a de plus en plus de mécanismes de paiements pour services environnementaux** qui sont mis en place, justement pour réserver ces débits, et y compris même des marchés de droits d'eau dans l'Oregon ou en Californie. Aux États-Unis, une partie des débits est associée à des droits d'eau et des associations de protection de l'environnement vont acheter des droits d'eau aux agriculteurs, aux municipalités ou aux industries, pour permettre la préservation du saumon, par exemple. En effet, celui-ci a besoin, pour remonter les cours

d'eau et aller pondre ses œufs, que les débits des cours d'eau soient maintenus à un certain niveau. Les usages environnementaux sont à mettre en avant, mais, utiliser des systèmes de marché de droits, je ne pense pas que ce soit une solution adaptée à tous les systèmes juridiques. En France, on est dans un état jacobin, et le domaine régalien de l'état demeure très fort. **Réserver une partie des débits pour les usages environnementaux, comme c'est le cas en France, je pense que c'est plutôt la piste qu'il faudrait généraliser.**

Le changement climatique, c'est aussi la variabilité. Dans nos contrées, la recharge des nappes se fait entre octobre et mars. Si on a des hivers avec de gros orages, il va y avoir des écoulements superficiels et l'eau va partir vers les cours d'eau, plutôt que de s'infiltrer dans la terre. On peut alors avoir un impact sur la recharge des nappes. L'évolution du climat pose de redoutables problèmes à long terme. La quantité d'eau disponible sur terre sera toujours la même, répartie différemment dans le temps et selon les zones. **Pour l'eau effectivement mobilisable pour satisfaire à la fois les usages environnementaux et tous les usages humains, ça va poser de plus en plus de problèmes.**

Épilogue

La région des Hauts-de-France est réputée pour être une des zones où l'agriculture est fortement développée, avec notamment les cultures de betteraves et de pommes de terre. Depuis 15 ans que j'habite ici, j'ai toujours été choqué, qu'au mois de septembre, alors que les fanes de pommes de terre sont complètement fanées, les agriculteurs arrosent avec des quantités « astronomiques ». Les canons d'irrigation fonctionnent alors à plein régime. En fait, ils utilisent toute cette eau, uniquement pour le confort de l'extraction des pommes de terre. Je me dis : « mais on marche sur la tête ».

Entretien réalisé par Éric Veyssy

Retrouvez cet entretien complet sur la chaîne YouTube de Terre & Océan.



Pour en savoir plus :

- **Prévenir la dégradation et la surexploitation des eaux souterraines**, Policy Brief, Stéphanie Leyronas et Olivier Petit avec un collectif d'une vingtaine de chercheurs et de gestionnaires, Agence Française de Développement, juin 2020, <https://www.afd.fr/fr/ressources/prevenir-la-degradation-et-la-surexploitation-des-eaux-souterraines>

Le droit des eaux souterraines

Raya Marina Stephan, experte en droit de l'eau et rédactrice en chef adjointe de Water International

Invisibles à l'œil nu, les eaux souterraines sont restées jusqu'à une époque récente les oubliées de la législation concernant l'eau, aussi bien au niveau national des États qu'à l'échelle internationale. L'adage anglais dit « out of sight, out of mind ».

Cependant, avec la crise de l'eau, et l'intérêt croissant pour les réserves en eau douce que représentent les eaux souterraines, la situation a évolué ces dernières années, et une prise de conscience de la nécessité de réguler leur gestion semble apparaître. Ainsi les États introduisent de plus en plus dans leur loi ou code de l'eau, ou dans une réglementation séparée des dispositions spécifiques aux eaux souterraines tendant à régir leurs caractéristiques propres par rapport aux eaux de surface. Au niveau de l'Europe, la réglementation a connu un progrès avec l'adoption de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau¹, dite Directive Cadre Européenne (DCE); complétée quelque temps plus tard par une autre directive, consacrée exclusivement aux eaux souterraines, la directive

du 2006/118/CE du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration².

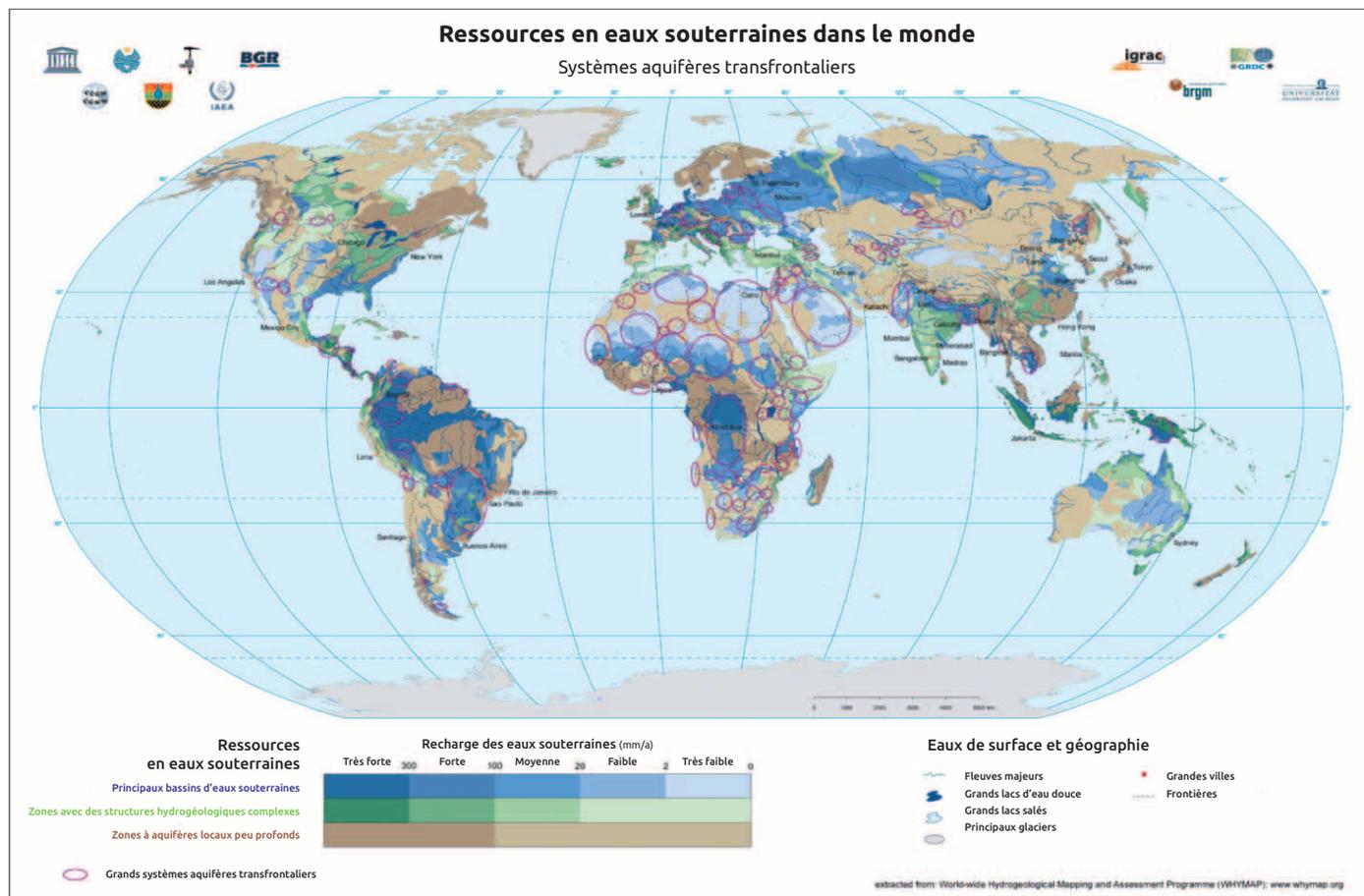
Enfin à l'échelle internationale, les aquifères transfrontaliers font l'objet de divers textes internationaux, dont un qui leur est consacré exclusivement, adopté en 2008, et faisant l'objet de plusieurs résolutions de l'Assemblée générale des Nations unies.

L'objet de cet article est de donner un aperçu des outils juridiques permettant d'assurer le développement durable des eaux souterraines, à l'échelle nationale, et au niveau transfrontalier lorsque celles-ci dépassent les frontières nationales.

La gestion des eaux souterraines dans les droits nationaux

Le droit moderne de l'eau tend à comprendre des dispositions spécifiques pour l'utilisation et le développement des eaux souterraines, eu égard à ses caractéristiques propres, en comparaison avec les eaux de surface, et ce dans un même texte ou séparément. Quelle que soit l'étendue de l'aquifère, national ou s'étendant au-delà des frontières, le droit national a toute son importance car c'est à cette échelle que l'eau est gérée. En d'autres termes, même dans le cas d'une eau transfrontalière, l'eau reste gérée par le droit national, et ses dispositions doivent permettre d'appliquer le droit international, et ce qui peut être décidé par la commission de gestion ou l'autorité conjointe s'il en existe une.

1. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:FR:PDF>
2. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:FR:PDF>



Dans une perspective de gestion durable, **les dispositions juridiques doivent couvrir les questions suivantes :**

- **Le statut légal, en d'autres termes la propriété ;**
- **La protection contre l'épuisement des eaux souterraines, soit le contrôle des pompages et des usages ;**
- **La protection de la qualité, contre la pollution.**

Le but de ces dispositions est, entre autres :

- d'éviter l'épuisement des nappes par des prélèvements trop importants ;
- d'adapter les prélèvements en cas de crise liée à une sécheresse ;
- d'éviter la contamination des eaux souterraines par des produits toxiques ;
- de protéger de manière renforcée la proximité des captages d'eau en vue d'une production d'eau potable.

La **propriété publique de l'eau** en général, soit son appartenance à la Nation et sa considération comme bien commun donne aux autorités de l'État le pouvoir de réguler la gestion et l'usage de l'eau, ce qui n'est pas le cas dans un **régime d'appropriation privée** tel qu'il existe par exemple au Texas. Dans cet État américain la doctrine de « l'appropriation préalable » s'applique, selon laquelle le premier utilisateur ayant acquis historiquement un droit sur l'eau (parfois gratuitement) a la priorité sur les utilisateurs qui ont obtenu leurs droits plus tard. Ce droit peut être sans rapport avec la réalité hydrologique et hydrogéologique actuelle, mais aucune autorité n'a compétence pour le modifier. **D'autres pays reconnaissent encore une certaine appropriation privée de l'eau, sous la forme des « droits acquis », acceptés comme une exception au principe de la propriété publique de l'eau.** C'est le cas au Liban où les droits acquis sur une source d'eau ont été reconnus par la réglementation édictée sous le mandat français, et maintenus dans la loi sur l'eau adoptée en 2018 (non encore appliquée, et qui était en révision). Il en est de même au Maroc où la loi de 2016 accepte également l'existence de tels droits. En dehors de quelques exceptions comme celles-là, le régime généralement adopté est celui de la domanialité publique de l'eau.

Pour ce qui est du contrôle quantitatif, le système du permis permet une gamme de contrôles assez larges pouvant couvrir les explorations, les forages de puits, les pompages et les usages. En général le permis définit les termes et conditions de la quantité d'eau à extraire, le débit, l'usage pour lequel sont destinées l'eau extraite et ses modalités. Le permis peut être accordé pour un temps limité. Ce système permet à l'administration de contrôler les prélèvements. **Dans un système durable, les permis doivent tenir compte de la réalité hydrogéologique de l'aquifère, et peuvent être modulés en cas de situation exceptionnelle telle qu'une sécheresse.** Un outil complémentaire est le compteur qui permet de mesurer la quantité d'eau prélevée et de contrôler le respect des termes du permis. Il sert aussi de base à la facturation des prélèvements auprès de l'utilisateur. Le permis (ou l'autorisation) est obtenu après dépôt d'un dossier auprès de l'administration compétente. Il arrive que le contrôle quantitatif repose uniquement sur une déclaration, également auprès de l'autorité en charge.

Un tel système est prévu quand le volume à prélever est plutôt faible, ou que le forage est peu profond, etc. Tout dépend de la réalité hydrogéologique de l'aquifère concerné. Enfin **dans certains pays, les prélèvements concernant l'eau domestique sont libres, sans déclaration ni autorisation.** C'est le cas par exemple au Mali et en Mauritanie.

Enfin **la protection contre la pollution** se fait, entre autres, par **la limitation et le contrôle de l'utilisation d'engrais et de pesticides**, et de tout rejet direct ou indirect. De telles mesures sont introduites dans la législation relative à l'eau ou sur l'environnement (il arrive que les dispositions concernant la qualité de l'eau soient dans la loi relative à l'environnement) pour éviter des répercussions négatives sur les eaux souterraines, notamment par infiltration. Pour garantir une meilleure protection, **la législation peut imposer aux rejets de répondre à certaines normes de qualité**, donc de subir un traitement avant d'être évacué. Ces rejets peuvent également faire l'objet d'une autorisation. Les études d'impact environnementales peuvent être requises dans le cas de projets pouvant avoir un effet négatif sur les conditions d'un aquifère (également sur le plan quantitatif). La déclaration de **zones protégées** est établie pour protéger des zones sensibles d'un aquifère par exemple autour d'une zone de forage, spécialement lorsque celui-ci concerne l'eau potable, ou un aquifère vulnérable contre les risques de pollution ou d'épuisement.

En pratique, la situation se présente rarement avec toutes ces dispositions. Souvent, une loi sur l'eau est adoptée, soit sans rien prévoir sur les eaux souterraines, soit elle contient quelques dispositions générales et prévoit un décret d'application (par exemple pour les modalités d'octroi des permis), qui peut ne jamais voir le jour. Un autre problème lié à l'adoption des règles adéquates pour la gestion des eaux souterraines est **leur application, qui peut rester lettre morte** du fait de la faiblesse des institutions en charge, et de leur manque de capacité, mais également de l'absence de compétence clairement définie ou de chevauchement de responsabilités. Dans un nombre important de pays, les forages illégaux représentent une menace pour les aquifères, entraînant leur épuisement. Une meilleure implication des usagers contribuerait certainement à une acceptation des règles et à leur application.



Égypte (delta du Nil)

© François Molle

Les principes du droit communautaire

Au niveau de l'Union européenne, la DCE énonce les principes de la politique de l'eau commune, que chaque État membre doit transposer dans son droit national. Elle poursuit plusieurs objectifs tels que la prévention et la réduction de la pollution, la promotion d'une utilisation durable de l'eau, la protection de l'environnement, l'amélioration de l'état des écosystèmes aquatiques et l'atténuation des effets des inondations¹ et des sécheresses. Son objectif ultime est d'atteindre un « bon état » de toutes les eaux communautaires d'ici à 2015. Pour les eaux souterraines, ce « bon état » est quantitatif et chimique.

La DCE prône la gestion par districts hydrographiques regroupant les bassins hydrographiques et les eaux souterraines et côtières associées. **Lorsque les eaux souterraines ne correspondent pas complètement à un bassin hydrographique particulier, elles sont intégrées au district hydrographique le plus proche ou le plus approprié.** Une autorité compétente est désignée pour l'application des règles de la DCE. Pour chaque district, la DCE exige une planification consistant en **l'élaboration d'un état des lieux, d'un plan de gestion et d'un programme de mesures.** La DCE prône également l'établissement d'un registre des zones protégées. En ce qui concerne plus particulièrement les eaux souterraines, **la DCE requiert des États l'identification des masses d'eaux souterraines, qui sont des unités de gestion et qui ne correspondent pas forcément à la réalité hydrogéologique.**

Adoptée en vue de répondre à certaines exigences de la DCE concernant particulièrement les eaux souterraines, la directive « eaux souterraines » définit un cadre pour prévenir et lutter contre la pollution des eaux souterraines. Elle prévoit :

- des critères pour évaluer l'état chimique des eaux souterraines ;
- des critères pour identifier les tendances à la hausse significatives et durables des concentrations de polluants dans les eaux souterraines et pour définir les points de départ d'inversion de ces tendances ;
- des mesures de prévention et de limitation des rejets indirects (après percolation à travers le sol ou le sous-sol) de polluants dans les eaux souterraines.



Femmes et enfants remplissant leurs bidons d'eau, région d'Oromia, Éthiopie

© Unicef

Les principes du droit international

Les eaux souterraines comme les eaux de surface ne connaissent pas de frontières. 592 aquifères transfrontaliers sont identifiés, y inclus 226 masses d'eaux souterraines transfrontalières². Comme dans le cas du droit national, le droit international de l'eau s'est d'abord consacré aux eaux de surface.

La Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation³ adoptée par l'Assemblée générale des Nations unies en 1997, et entrée en vigueur en 2014 compte aujourd'hui 37 États parties. Dans cette Convention, un cours d'eau est défini comme « un système d'eaux de surface et d'eaux souterraines constituant, du fait de leurs relations physiques, un ensemble unitaire et aboutissant normalement à un point d'arrivée commun ». La Convention exclut donc de son champ d'application les aquifères ne répondant pas à ces deux conditions :

- L'aquifère a une relation avec une eau de surface ;
- L'aquifère aboutit au même point d'arrivée que l'eau de surface.

Or en réalité il existe très peu de cas où ces deux conditions sont réunies. En effet **de grands aquifères transfrontaliers, dans les régions arides, n'ont aucune relation avec de l'eau de surface (qui peut être inexistante) tels que le système aquifère du Grès Nubien partagé entre l'Égypte, la Libye, le Soudan et le Tchad ou les systèmes de la péninsule arabique.** Et même dans le cas de deux systèmes, eau de surface et eau souterraine, reliés, leur point d'arrivée n'est nécessairement pas commun, et il peut subsister des incertitudes là-dessus.

La deuxième convention internationale sur les eaux partagées est la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux. Cette Convention a été adoptée en 1992, et entrée en vigueur en 1996. Elle comprend aujourd'hui 44



Aquifères d'Afrique du Nord

© Teresa Fernandez, Terre & Océan

1. Cet aspect est traité plus spécifiquement par la directive 2007/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.

2. https://www.un-igrac.org/sites/default/files/resources/files/TBAmmap_2015.pdf

3. Le texte de la Convention est disponible sur http://untreaty.un.org/ilc/texts/instruments/francais/traites/8_3_1997_francais.pdf



États-Unis (Californie)

© Chris Austin

États parties. Elle n'était ouverte qu'aux États membres de la Commission Économique de l'Europe des Nations unies¹. Cependant depuis 2016, tous les États membres des Nations unies peuvent y adhérer. Parmi les États non-membres de la CEE-NU, le Ghana, le Sénégal et le Tchad sont devenues parties. Le champ d'application de cette Convention est plus large que la première, puisqu'il inclut toutes les eaux qui traversent une frontière. **En 2012, les États parties à cette Convention ont adopté en 2012 les « Dispositions types sur les eaux souterraines transfrontières » qui ont pour but de guider les États dans l'application de la Convention à leurs eaux souterraines transfrontières.** Ces dispositions-types sont basées sur le projet d'articles relatif au droit des aquifères transfrontières.

Ces deux conventions ont force obligatoire pour les États qui les ont ratifiés. En outre elles ont codifié des principes du droit international coutumier, qui s'appliquent à tous les États, même aux États non parties. Il s'agit notamment du **principe de l'utilisation équitable et raisonnable** selon lequel les États riverains ont le droit à une allocation en eau attribuée de manière équitable (qui n'est pas nécessairement égale) ; et également le devoir de protéger l'eau transfrontière en question. Un deuxième principe coutumier est l'obligation de ne pas causer de dommages significatifs représente une obligation de moyen ou de comportement et non de résultat. Dans le cadre de cette obligation, le dommage causé doit être « significatif », ce qui est déterminé au cas par cas en considérant les circonstances spécifiques pour chaque aquifère.

Face au champ incomplet de la Convention de 1997, et reconnaissant le vide juridique dans lequel pouvaient se trouver des aquifères transfrontaliers, les Nations unies ont élaboré et adopté en 2008 un projet d'articles relatif au droit des aquifères transfrontaliers. Ce texte a fait l'objet de cinq résolutions² des Nations unies, et ne représente pas un texte contraignant mais des lignes directrices pour les États. En effet l'Assemblée générale « *Recommande* à l'attention des gouvernements le texte des projets d'article sur le droit des aquifères transfrontières annexé à la présente résolution, pour qu'ils s'en inspirent aux fins de conclure des accords ou des arrangements bilatéraux ou régionaux relatifs à la bonne gestion des aquifères transfrontières ».

Les principes énoncés dans le projet d'articles peuvent se classer en deux catégories :

- Les principes généraux du droit international : la règle de l'utilisation raisonnable et équitable, l'obligation de ne pas causer de dommage significatif, l'obligation générale de coopérer ; codifiés dans l'optique de s'appliquer aux aquifères transfrontaliers ;
- des principes considérant les spécificités des aquifères et de leur gestion : l'échange de données, la protection et la préservation des écosystèmes, la protection des zones de réalimentation et de déversement, la prévention, réduction et maîtrise de la pollution, la surveillance, et la gestion.

Conclusion

Représentant la majorité de l'eau douce accessible sur Terre³, les eaux souterraines ont pris leur importance avec la crise de l'eau et l'épuisement et la pollution des eaux de surface. Aujourd'hui face au changement climatique, et aux différents aléas tels que les sécheresses, les eaux souterraines représentent une source importante et stratégique en eau, souvent encore de bonne qualité. Ceci est vrai non seulement pour les pays arides, mais même dans les zones tempérées. Plus vulnérables que les eaux de surface, et exigeant une plus grande protection, du fait notamment de leur caractère invisible, leur gestion doit obéir à des règles strictes telles que celles présentées ci-dessus. Les législations nationales évoluent petit à petit en ce sens. **Dans le monde, sur les 366 aquifères transfrontaliers identifiés (hors Union Européenne), seuls cinq sont réglementés par un accord entre les États riverains.** Ces accords reposent sur des bases très différentes, et n'ont pas tous abouti à une réelle gestion conjointe de l'aquifère concerné. Des initiatives surgissent du fait des bailleurs internationaux pour favoriser le rapprochement entre les pays partageant un aquifère transfrontalier afin de préparer et de mettre en place les mécanismes nécessaires à une gestion conjointe.



Pompage pour cultures de riz en Thaïlande

© François Molle

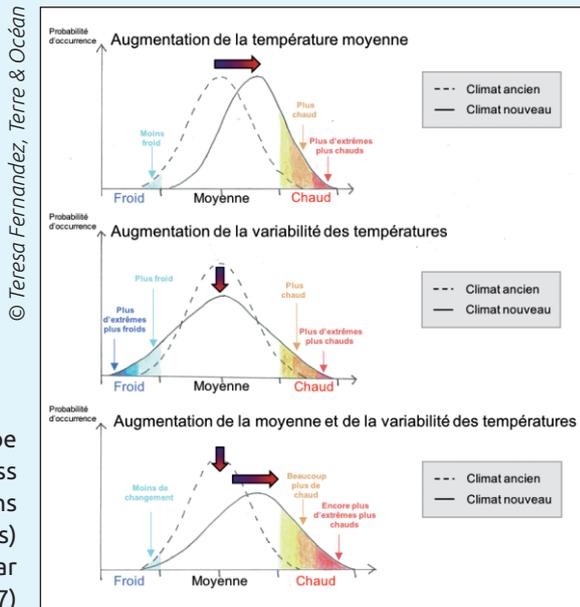
1. La CEE-NU comprend 56 États de l'Europe, l'Asie Centrale, les États-Unis, le Canada et Israël.

2. 2008, 2011, 2013, 2016 et 2019.

3. L'eau douce sur Terre représente 2.53 % de toute l'eau disponible (le reste étant constitué par les mers et les océans). Les glaces polaires et glaciers correspondent à 1.53 % de toute l'eau douce. La proportion d'eau douce disponible est 1.00 %, dont 0.01 % est de l'eau de surface et **0.99 % de l'eau souterraine.**

Eaux souterraines et réchauffement climatique

Le réchauffement climatique, c'est en premier lieu **l'augmentation des irrégularités** et un déplacement des moyennes vers le chaud. L'eau et son cycle sont au centre des perturbations induites par le changement climatique et de son accélération en cours et probablement en voie d'intensification.



Courbe
de Gauss
(répartitions
statistiques)
publiée par
le GIEC (2007)

Modification des pluies

Le régime des précipitations est déjà en cours de modifications régionales: **moins de pluies par endroits et surtout des décalages saisonniers** induisant parfois moins de pluies efficaces pour recharger des nappes. Dans le même temps, les périodes de canicules et l'augmentation globale des températures accroissent l'évaporation des eaux de surfaces, limitant d'autant le potentiel d'infiltration. Une atmosphère plus chaude qui va plus vite, avec une évaporation et évapotranspiration supplémentaires et des phénomènes extrêmes qui viennent percuter des milieux déjà fragilisés, voire des espaces « désertifiés ». Évidemment, les plantes et les eaux de surface sont les premières concernées. **Les eaux souterraines protégées des effets atmosphériques directs, en subiront néanmoins les conséquences indirectes par des sollicitations croissantes alliées à des recharges amoindries.**

Augmentation de la demande

Moins d'eau qui tombe, ou qui s'écoule. Plus d'eaux qui s'évaporent ou s'abattent violemment sur des sols moins perméables. Il en résulte ou résulterait une moindre disponibilité. Dans le même temps, les hausses de température créent une augmentation des besoins pour les plantes, les animaux et les hommes. Résoudre cette double contrainte demandera des stratégies de gestion basée sur la sobriété

et la résilience. Mais ces bases de réflexion se heurtent aujourd'hui à des habitudes d'investissements techniques systématiques et peu efficaces.

Migration de populations rurales

Les populations excentrées en zone arides ou semi-arides ont déjà subi ces désordres annuels répétés. **En Syrie par exemple, à partir de 2006, la sécheresse a provoqué des manques d'eau qui ont amené plus d'un million de ruraux (en 2010 surtout) à migrer en ville**, dans la région d'Alep notamment. Et les villes aussi ont manqué d'eau, et sont devenues des zones de tension, de manifestations, puis de répressions et de chaos. Le problème s'est vu amplifié par la gestion peu voire non concertée entre les pays riverains de l'Euphrate connectée aux nappes non rechargées. Les remplissages concomitants des barrages en Turquie, ont amplifié les problèmes de moindre recharge des nappes et de pertes supplémentaires par évaporation.

Salinisation des nappes

Le long des littoraux, les moindres pressions dus à la surexploitation, alliées à la légère montée du niveau marin, génèrent l'intrusion saline dans les nappes côtières. Des puits, des fontaines publiques délivrent alors une eau saumâtre, impropres à la consommation. C'est le cas au Sénégal, en Tunisie, dans la bande de Gaza...



L'érosion côtière a induit la salinisation des eaux souterraines alimentant la fontaine publique (payante) sur l'île de Mar Lodj, dans le delta du Siné Saloum (Sénégal). Seul ce puits à la sortie du village fournit de l'eau douce aux habitants.

© Éric Veyssy, Terre & Océan

Éric Veyssy



Pour en savoir plus:

- *Eaux souterraines et changements climatiques*, module 11.
- *L'intégration de la gestion des eaux souterraines pour les Organismes de Bassins Transfrontaliers en Afrique*, manuel de formation produit par AGW-Net, BGR, IWMI, Cap Net, RAOB, et IGRAC.
- *La pénurie d'eau en Syrie: compromis géopolitique et tensions internes*, F. Balanche, Université Lyon 2, 2008.
- *L'eau et les changements climatiques*, rapport mondial des Nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2020, UN Water, UNESCO.

Activités de



Découverte des sciences et de l'histoire des environnements



© Éric Veyssy, Terre & Océan



© Éric Veyssy, Terre & Océan

EAU
SOLS
CLIMAT
OCÉAN
FLEUVE
MONDE
LITTORAL
GÉOLOGIE
PRÉHISTOIRE
BIODIVERSITÉ
ÉCO-CITOYENNETÉ

*Pour les groupes
et les individuels
Scolaires et Grand Public*

(cf. livret d'activités)
www.terreetocean.fr

ATELIERS
BALADES
CONSEILS
CROISIÈRES
PUBLICATIONS
CONFÉRENCES
CLUBS NATURE
DOCUMENTAIRES
COURS ET FORMATIONS
ACTIONS PÉDAGOGIQUES



© Clémentine Renneville, Terre & Océan

À l'Aquaforum (Bègles)

**Terre & Océan
vous accueille**



© Terre & Océan

À la Maison du Patrimoine
Naturel du Créonnais (Sadirac)

Terre & Océan - 1, rue Louis Blériot 33130 BÈGLES - Tél. 05 56 49 34 77 - contact@terreetocean.fr

