

Des usages quantitatifs de l'eau

Pascal Maugis

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

in "Nos Futurs", ActuSF, 2020

L'Homme utilise l'eau à toute les sauces. Chacun de nos gestes met en jeu des situations, des objets, des activités physiques qui la mobilisent quelque part d'une manière qualitative, quantitative, voire symbolique. Cela tient d'une part à sa présence et de sa disponibilité dans notre environnement, et d'autre part, à ses propriétés physiques primaires, desquelles émergent ses qualités propices à notre existence comme à celle de l'essentiel de la vie sur Terre.

De quelles ressources en eau disposons-nous ?

L'eau sur Terre vient pour partie du manteau primordial de notre planète, en se libérant, après des réactions chimiques compliquées, sous forme de gaz vers la surface pendant le premier milliard d'années. L'autre partie, une petite moitié ou davantage, viendrait de météorites provenant de la Ceinture d'Astéroïdes (entre Mars et Jupiter), voire de comètes issues de la ceinture de Kuiper, aux confins du système solaire, ou, pourquoi pas ? de Théïa, la petite planète qui aurait percuté la nôtre il y a 4,5 milliards d'année en donnant naissance à la Lune et qui, du fait d'une origine atypique et distante, aurait agrégé beaucoup d'eau au cours de sa formation. Quoiqu'il en soit, la Terre a plutôt bien conservé le précieux liquide au cours des ères malgré le rayonnement du Soleil et le vide interstellaire, sous l'effet combiné de son atmosphère, qui renvoie une bonne partie de l'énergie lumineuse du Soleil vers l'espace, de sa masse, qui retient l'atmosphère par gravitation, et pour finir, de son champ magnétique, qui détourne les particules solaires. Ainsi protégée de l'évaporation et du vent solaire, la Terre n'a perdu que l'équivalent de 3 mètres d'eau depuis sa création, contrairement à d'autres planètes moins chanceuse comme Mars, plus légère et dépourvue de champ magnétique, ou les nombreux satellites de nos géantes gazeuses.

Notre globe contient environ 360 millions de km³ d'eau, ce qui correspondrait à 3000 mètres d'une épaisseur uniformément répartie sur l'ensemble des terres émergées. L'essentiel de cette eau est maritime ou océanique et a été salée au fil des ères par le lent cycle érosif de l'eau continentale. L'eau douce est bien plus rare, car il faut au préalable qu'elle ait été "distillée" par le soleil et qu'elle soit retombée sur les continents. Seule 2,8 % de l'eau totale est douce (équivalent à 84 mètres, ou

1/35^{ème}). Deux gros tiers de l'eau douce sont glacés (calottes polaires, glaciers, permafrost) et pas vraiment utilisables à moins de fondre – ce qui pourrait tout de même arriver avec le changement climatique en mettant temporairement à disposition l'eau des glaciers en train de disparaître –. Un petit tiers se trouve dans les nappes souterraines, entendues depuis la base de la croûte terrestre, 50 km sous nos pieds. On n'en exploite facilement que les premières centaines de mètres, et encore à grands frais, et pour une eau devenant progressivement saline en s'enfonçant. Les nappes phréatiques – celles que l'on peut tirer depuis un puits – ne sont pour ainsi dire que la partie émergée de l'iceberg, les autres requérant d'importantes et gourmandes installations de pompage. Il reste enfin l'eau liquide de surface pour un petit 0,4 % de l'eau douce totale (soit une hauteur équivalente de 34cm) que l'on trouve surtout dans les lacs (67 %), les sols (12 %), l'atmosphère (9,5 %), les marais et zones humides (8,5%) et enfin les rivières (1,6%), sans oublier les plantes et les animaux (0,8%) dont vous-mêmes et votre serviteur.

Le grand cycle de l'eau est mû par la pompe solaire, qui évapore l'eau en surface. La vapeur monte avec l'air réchauffé, plus léger, se condense en restituant de l'énergie en altitude et est emportée par les vents, puis retombe, quelques heures ou quelques jours plus tard seulement. 500 000 km³ d'eau sont ainsi distillés de la mer chaque année, auxquels s'ajoutent 74 000 km³ évaporés des continents dont 9 000 km³ des lacs, pour un total de 574 000 km³. L'essentiel retombe dans l'océan et il ne reste que 119 000 km³ qui précipitent sur les continents, soit l'équivalent de 1 mètre (à comparer aux 3000 m d'eau présente sur Terre). Sur ces 1000 millimètres annuels, 630 seront repris par évaporation des sols et des lacs ou par transpiration des plantes. Les 370 mm restants, ce que l'on appelle la *pluie efficace*, seront transportés pour l'essentiel par les rivières, après avoir le plus souvent transité par les sols et les nappes souterraines. On voit ainsi que, malgré leur stock si faible (l'équivalent de 5 mm), les rivières font du bon travail pour évacuer les pluies par *ruissellement* vers les océans. La surface qui reçoit la pluie transportée ensuite jusqu'à l'*exutoire* d'une rivière s'appelle son *bassin versant*. Il arrive cependant que des fleuves, tel l'Okavongo au Botswana, n'atteignent jamais la mer et soient bus par les sols et *in fine*, impitoyablement perdus par évaporation. Le bassin est alors dit *endorhéique*. Il faut citer également la petite contribution, qui localement peut se révéler décisive, des eaux souterraines qui rejoignent directement la mer, en profondeur et sans publicité.

Naturellement, on n'a là que des ordres de grandeurs moyens. La réalité de la distribution dans l'espace et dans le temps des pluies change considérablement la donne. Au niveau annuel, les pluies vont de rien du tout (plusieurs années sans pluie, comme au Sahara) à 4 mètres (comme dans l'Ouest du Cameroun) voire 12 mètres (à Mawsynram, Inde). Mais des pluies trop intenses (comme nos déluges estivaux), ou concentrées sur une saison (de type mousson, par exemple) génèrent des

ruissellements catastrophiques ou des inondations et représentent des volumes trop importants pour être mis en réserve. Tout au plus peut-on en stocker une petite partie pour écrêter les crues (réduire les pics), à condition encore d'avoir vidé les réservoirs en anticipation. Même avec un niveau honorable de précipitations annuelles, un climat chaud et des vents forts stimulent l'évapotranspiration au détriment de la pluie efficace. Le régime horaire des pluies impacte également le partage entre l'eau qui va s'infiltrer dans les sols ou les nappes phréatiques – et ainsi être disponible dans la durée – et celle qui va ruisseler immédiatement. Ainsi en est-il des pluies d'orage ou de mousson, dont l'intensité dépasse la capacité de transit dans les sols, et qui ont en outre l'inconvénient, lorsque les gouttes sont assez grosses, d'encroûter la surface de certains sols, les rendant ainsi imperméables. La répartition spatiale des pluies est également fondamentale, surtout en conjonction avec un partage politique des bassins versants souvent aggravé par une domination ancestrale de certains groupes liée précisément à la disponibilité de l'eau. Les transferts au sein du bassin versant, par le réseau de rivières lui-même ou via des canaux, tirant l'eau eux-mêmes parfois d'au-delà des limites du bassin, génèrent des disponibilités locales très contrastées de ressources en eau qui, gommée au niveau global, restent déterminantes pour les populations locales. Qu'on songe par exemple au Nil, abondamment arrosé en amont mais présentant, pour l'Égypte, le seul apport d'eau en l'absence de précipitations significatives sur son territoire. Ce fleuve, comme beaucoup d'autres hélas, est par conséquent l'objet de dispositions politiques et militaires drastiques sources de vives tensions alors que les ressources du bassin versant complet sont importantes. Si, au final, un humain dispose en moyenne de 5700 m³ d'eau par an, cette quantité brute, qui dépend étroitement de la densité de la population et de l'intensité des pluies, va du trop-plein (près de 700 000 au Canada) à la pénurie (moins de 1000 d'après l'Organisation Mondiale de la Santé) comme en Afrique du Nord, voire à la panne sèche comme au Qatar, qui ne dispose quasiment pas de ressource renouvelable et qui fonde ses apports sur l'épuisement des nappes souterraines et le dessalement de l'eau de mer.

Devant ses insatiables besoins, l'Homme, en réponse à la croissance de sa population, au mode de vie qu'il souhaite soutenir ou à ses choix économiques et énergétiques, développe des ressources supplémentaires. Aux sources, fleuves, nappes, pluies, il joint le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres, le moissonnage de nuages, la revendication des eaux usées, les transferts longue distance (parfois par tankers, comme pour l'Île de Malte). Pour un territoire donné, ces volumes d'eau, souvent prélevés au détriments d'autres systèmes, constituent un apport supplémentaire, en même temps qu'une dépendance. De fait, il n'y a dans les activités humaines de secteur qui génère des travaux plus audacieux, plus pharaoniques, plus coûteux – aussi bien en termes pécuniaires qu'environnementaux – que ceux destinés à gérer la ressource en eau.

On a vraiment besoin d'eau pour ça ?

Et oui ! Pantalon, riz, essence, e-mail, le lit avec ou sans baldaquin, le rideau de cuisine, la place de cinéma, le transfert bancaire et la recherche sur internet, la balade en bateau-mouche, la sortie à la pêche avec Grand-Père, le dernier roman à la mode : il faut de l'eau pour tout. Détaillons maintenant les usages de l'eau en France, en prenant une année moyenne : 2006 pour laquelle nous disposons de beaucoup de données et d'analyses.

D'abord, les ressources. Il pleut annuellement sur la Métropole environ 1000 mm par an (503 km^3), soit pile la moyenne mondiale. Cela va de 500 mm pour les régions les plus sèches (côtes méditerranéennes, Anjou, Bassin parisien) à plus de 1500 mm pour les régions de montagne, et plus intensément en hiver sauf pour le Bassin Parisien où elles sont bien réparties dans l'année. 60 % environ sont transpirés par les plantes ou évaporés des sols et des lacs. La pluie efficace est ainsi de 380 mm, dont 140 ruissellent dans les rivières tandis que les 240 restants rechargent les nappes souterraines. En ajoutant les 11 km^3 apportés par le Rhin et le Rhône à travers nos frontières, notre budget de ressources renouvelables est de 400 mm, sous réserve que l'eau arrive au bon moment au bon endroit, éventuellement après stockage, et qu'on puisse la prélever de façon économiquement viable et écologiquement soutenable. 18 km^3 partent spontanément vers l'Allemagne la Belgique (Rhin et Meuse).

Il est d'usage de considérer qu'un écosystème est fortement perturbé si on a prélevé plus de 20 % de ses apports naturels en eau. Un prélèvement de 10 %, qui constitue encore une pression soutenue, réduit drastiquement notre budget à environ 40mm (soit 20 km^3).

Les prélèvements en France étaient en 2006 de 31 km^3 . Bien supérieurs au seuil global indicatif de 20 km^3 , donc. Cela explique en partie pourquoi notre pays est en situation endémique de pénurie d'eau, avec des arrêtés "Sécheresse" extensifs (jusqu'à 80 % des départements touchés par des restrictions d'eau chaque année). L'essentiel, 19 km^3 , sert à refroidir les centrales électriques (essentiellement nucléaires). Puis vient la demande en eau potable ($5,5$ à 6 km^3 , dont environ 20 % de fuites qui retournent à la ressource), à 75 % résidentielle (dans l'ordre : douche, WC, lavabos, vaisselle, linge, baignoires, et plus faiblement mais localement significatif, piscine), 18 % pour les services (santé, administration, commerces, bureaux, sport et tourisme, ...), et 6 % pour la petite industrie. Suit l'agriculture irriguée – omettant donc les forêts et l'agriculture pluviale – avec $4,2 \text{ km}^3$ (50 % pour le maïs qui occupe près des deux tiers des superficies irriguées, 7 % pour le foin, un peu moins pour les rizières, et une quantité insignifiante pour abreuver le bétail). Et enfin l'industrie avec $2,5 \text{ km}^3$ (chimie, papier et carton, tabac, pharmaceutique, raffineries, métallurgie, mines, agroalimentaire), laquelle pompe en général directement l'eau souterraine de bonne qualité.

Comme on l'a vu plus haut, les prélèvements n'impactent l'environnement que lorsque l'eau n'est pas restituée à quantité et qualité maintenues. Seule compte donc l'eau dégradée, évaporée ou déplacée. L'eau *consommée* désigne ainsi celle qui n'est plus réutilisable parce qu'évaporée ou transpirée, polluée ou rendue à la mer. Ce terme de "consommation" est source de confusion car on appelle souvent les usagers des services d'eau potables des "consommateurs", alors que l'essentiel de l'eau utilisée au niveau domestique (80 à 90%) est évacué dans les eaux usées et rendu à l'environnement après un traitement plus ou moins poussé. Pour réduire la pression environnementale des prélèvements, il convient donc de cibler les usages qui, soient altèrent significativement la qualité des eaux, soit l'évaporent, soit la détournent d'une rivière ou d'une nappe vers un autre bassin versant. Si l'on tient compte exclusivement des pertes par évaporation et transpiration, les chiffres cités plus haut montrent un panorama singulièrement différent.

Le total d'eau consommé passe à 6 km³, soit cinq fois moins que ce qui a été prélevé (20 %). La raison principale vient des centrales énergétiques, premier préleveur, qui évaporent pour leur refroidissement et le maintien de leur rendement 1,2 km³. On perd en effet environ 0,5 m³/s et par GW électrique produit lorsque le refroidissement se fait par tour (celles qu'on voit de loin dans le paysage et qui forment des nuages), et – ce qui est moins connu et souvent négligé – environ le tiers sans tour (refroidissement au fil de l'eau) à cause de l'évaporation accrue en aval du fleuve du fait du réchauffement de l'eau. 1,2 km³ sont ainsi évaporés, sur site ou en aval. En revanche, l'agriculture a une irrigation d'autant plus efficace que la part effectivement utilisée par les plantes (transpirée) est grande. Ainsi, le taux de consommation est presque de 80 % (fuites et pertes par le vent comprises, ainsi qu'une fraction se réinfiltrant dans la nappe), ce qui, avec ses 3,3 km³ et 54 % du total, place cet usage en leader incontestable, le maïs contribuant à lui seul pour moitié. Les volumes d'eau pluviale pollués par les nitrates (des fertilisants, ou des déjections animales), phosphates et produits phytosanitaires, ont des impacts environnementaux considérables mais ne sont pas comptabilisés ici. Puis vient le résidentiel (0,85 km³, 14 %) sous la forme de notre respiration et transpiration, du séchage du linge, de l'arrosage des jardins et potagers, de l'évaporation des piscines... L'industrie ensuite avec une contribution relativement faible (0,45 km³, 8%) et étroitement liée aux dispositifs industriels choisis. Et enfin le secteur des services (0,21 km³, 4%), dont notamment le tourisme, avec ses flux migratoires saisonniers, ses piscines et sa neige artificielle.

Outre ces ponctions sur les flux d'eau, l'eau est utilisée sous forme de stock, à flux faible ou nul. Ainsi, le transport fluvial, le tourisme, la pêche, l'élevage des fruits de mer n'apparaissent pas dans ces chiffres, mais constituent un enjeu autant économique que symbolique avec ses porteurs d'enjeu spécifiques et parfois puissants.

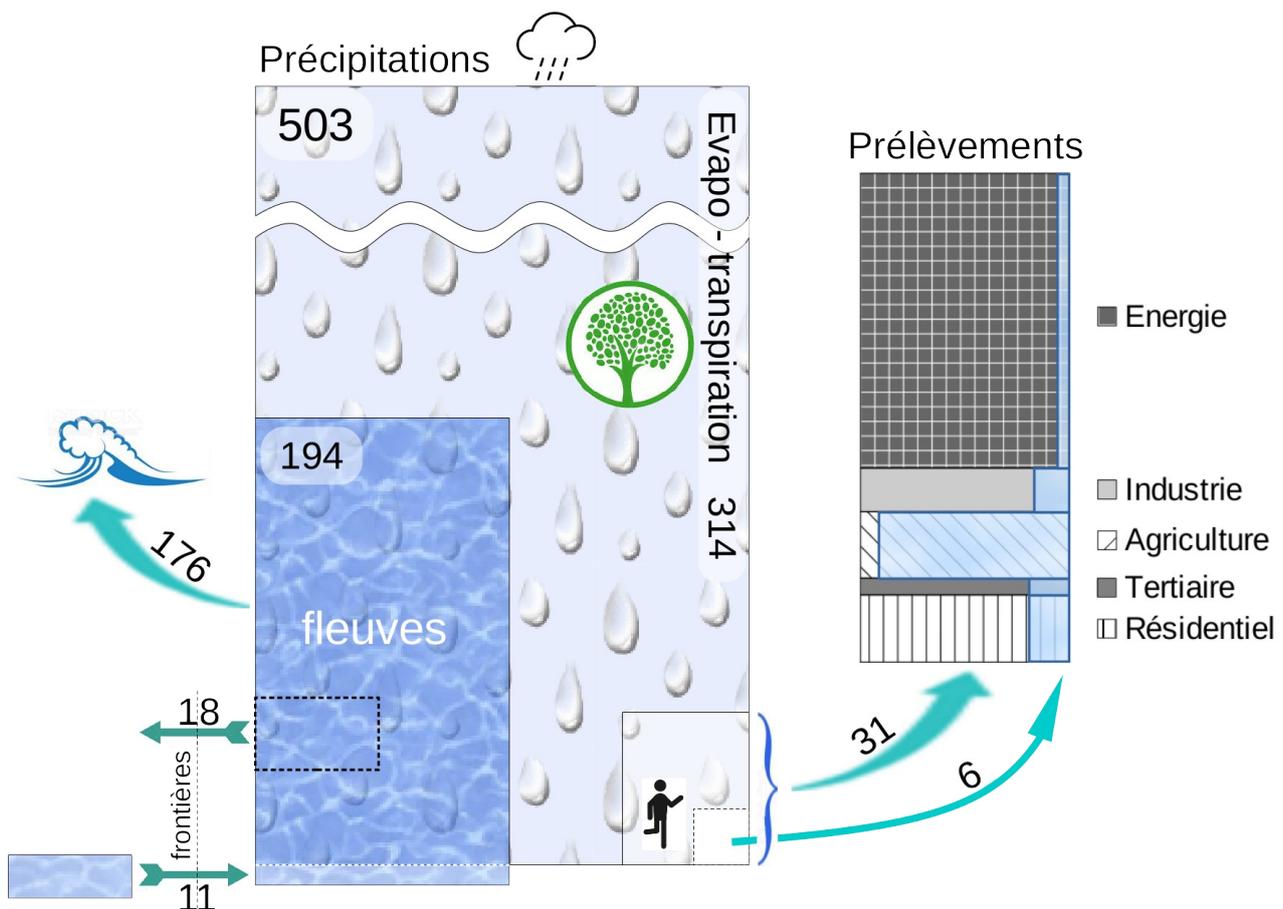


Figure 1 Répartition des ressources en eau (gauche) et des usages humains (droite) en km³. L'Homme prélève sur les ressources restant après évapo-transpiration par les forêts et l'agriculture pluviale une fraction apparemment faible quoique significative au regard des ressources renouvelables (fleuves). La répartition selon les cinq grands secteurs d'usage varie considérablement selon que l'on considère simplement l'eau prélevée, ou celle – consommée – non réutilisable.

Des idées reçues aux perspectives d'action

On voit à travers ces chiffres que, contrairement à certaines idées reçues et aux discours culpabilisants, les économies d'eau en faveur de l'environnement ne se situent pas au niveau domestique et qu'il convient de laisser les foyers tranquilles. D'autant plus qu'avec la baisse soutenue depuis deux décennies des "consommations" en eau des ménages, l'équipement en canalisations et stations d'épuration s'éloigne de leur optimum de fonctionnement, avec des eaux usées trop concentrées et des tuyaux qui s'encrassent.

Autre idée reçue : celle comme quoi les fuites seraient un enjeu environnemental de première importance et qui appelleraient de notre part des investissements massifs et rapides. Outre que l'on peut se demander si les prestataires chargés de l'entretien des réseaux ou les mairies qui les mandatent font bien leur travail – puisque les travaux sont budgétés à l'avance et délibérément choisis pour renouveler le réseau toutes les X années – on voit qu'on ne parle globalement que de 20 % de pertes sur 14 % de consommation, soit 3 % seulement, qui retournent de surcroît à la

ressource d'une manière ou d'une autre. C'est à l'évidence un enjeu économique en zone rurale, où les coûts de maintenance parfaite seraient insupportables pour les foyers par ailleurs peu argentés, qui pourrait relever pourtant d'une péréquation intelligente avec les métropoles plus peuplées mais rendue compliquée par les lois sur la Décentralisation. L'impact sur la ressource, s'il est négligeable globalement, se manifeste localement par un sur-prélèvement en amont des bassins versant et peut constituer dans certains cas une pression forte sur les écosystèmes aquatique qu'il conviendrait de tempérer. A l'échelle de notre pays, l'enjeu est manifestement secondaire sur le plan environnemental.

Un dernier usage qui n'a pas été abordé jusqu'ici est celui qu'on n'a pas. 30 % des denrées alimentaires sont gaspillées, pour moitié jusqu'au lieu d'achat (production, transport, stockage, vente), et pour moitié jusqu'à l'assiette, ou plutôt, jusqu'à la poubelle. Cela questionne à la fois notre modèle de fourniture : le principe des exportation longue distance, les modalités de commercialisation, mais aussi nos habitudes individuelles de consommation, de cuisine et l'usage que l'on fait de nos restes. Ainsi, 50 % de gaspillage en moins représenterait 8 % d'eau non consommé, pour le seul secteur alimentaire. Sans doute le double si l'effort est généralisé à tout bien ou service.

Il convient à ce stade de garder à l'esprit qu'on ne parle ici que des usages de l'eau sur notre territoire lui-même. A l'instar des émissions de gaz à effet de serre où la France émet au moins autant sur son territoire qu'à l'étranger à travers la délocalisation des biens que nous importons, les échanges de produits industriels et agricoles constituent des transferts d'eau virtuelle. Celle-ci ne correspond pas vraiment à l'eau incluse dans le matériau, même si l'on peut reconnaître qu'un fruit bien juteux ou une bouteille de bière contiennent une grande partie de leurs poids en eau, ou qu'un polymère a incorporé, dans sa structure fine, une fraction d'eau au cours des réactions de synthèse. Il s'agit surtout de l'eau nécessaire à la production des ingrédients de base, en incluant énergie, conditionnement, transport, et vente. Et les ordres de grandeur sont sans comparaison : 15 000 litres pour 1 kg de bœuf, 32 pour une puce d'ordinateur, 200 pour un verre de lait, 140 pour une tasse de café, 11 000 pour 1 kg de tissus ...

Au total, la France exporte l'équivalent du prélèvement de 7 km³ d'eau (dont environ 1,5 km³ juste pour les céréales), et importe des marchandises dont la production représente un prélèvement de 15 km³. Nous sommes donc indirectement bénéficiaires d'une ressource supplémentaire de 8 km³. Nous pouvons alors poser deux questions : Compte tenu de notre situation de stress hydrique chronique, est-il profitable de poursuivre ou encourager la production et l'exportation de biens nécessitant une eau dont nous manquons en quantité et en qualité, au prix de coûts externes (pollution, subventions aux aménagements, ...) élevés ? Quand on sait que les biens agricoles

importés proviennent majoritairement du pourtour méditerranéen et de régions moins bien pourvues en eau que nous, est-il juste d'y reporter la production des biens que nous souhaitons consommer ? L'optimum social collectif devrait toujours être recherché, en considération stricte d'une utilisation soutenable des ressources naturelles. En ce sens, la gestion de l'eau est avant tout affaire de choix politiques. En la matière, on peut s'interroger sur la manière dont ils sont posés et documentés à l'échelle nationale aussi bien qu'aux échelles locales. Comme ailleurs, la question de la gouvernance, de la transparence des processus de décisions, et des bénéficiaires réels des mesures considérées reste la pierre angulaire, et malheureusement celle d'achoppement, d'une décision démocratique juste, efficace, et favorable à un bien commun tel que l'eau.

Biblio

Olivier Bommelaer, Jérémy Devaux, "Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau", rapport CGDD (2011)

Ugo Piqueras, François Valadier, Jacques Dufossé, Pascal Maugis, "Comparaison des résultats de l'outil STRATEAU aux données de prélèvements pour redevances des Agences de l'Eau", rapport Energies Demain – Onema (2012)