

**Nexus eau-énergie****Pour entrer dans le sujet - Énergie et émissions : où nous en sommes**

*Ce texte est conçu comme un document compagnon du livre « L'électricité, au cœur de notre futur bas-carbone ». Il n'est pas conçu comme un document indépendant. Il complète le chapitre mentionné ci-dessus.*

De l'énergie est nécessaire pour pomper, purifier et distribuer l'eau sans laquelle nous ne pouvons pas vivre ; réciproquement, de l'eau est nécessaire dans presque tous les procédés pour obtenir l'énergie sans laquelle nous ne pouvons pas vivre non plus.

Parmi les 17 objectifs du développement durable des Nations – Unies, [sustainabledevelopment.un.org], deux concernent ce couplage, appelé parfois le « nexus<sup>1</sup> » eau-énergie :

- Le sixième : eau propre et assainissement
- Le septième : énergie propre et accessible.

Nous ne faisons pas face à un manque d'eau, car il y en a bien suffisamment dans les mers et les océans. Nous faisons face à un manque d'eau potable, car l'homme ne peut survivre avec de l'eau saumâtre ou salée. Il nous faudra certes allouer davantage d'énergie à la purification et à la désalinisation de l'eau, mais d'abord au retraitement des eaux usées.

**Quelques définitions<sup>2</sup>**

Ressources d'eau renouvelables : quantité totale d'eau de surface et souterraine générée par le cycle hydrologique naturel.

Ressources d'eau non-renouvelables : eau des aquifères profonds à recharge négligeable à l'échelle d'une vie humaine.

Eau salée : eau contenant du sel, forme la plus abondante de l'eau sur Terre, qui se trouve dans les océans et les mers, de salinité moyenne 35 g/litre.

Eau saumâtre : eau faiblement salée (entre 1 et 10 g/litre), qui se trouve dans les estuaires des fleuves et des rejets des procédés industriels avant traitement.

Eau douce : eau définie généralement comme contenant moins de 1 g/litre de sels, c'est-à-dire moins de 1 000 mg pour un 1 million de mg d'eau ; on dit aussi moins de 1 000 ppm.

Eau potable ou buvable : c'est une eau douce qui peut être bue sans danger pour la santé. Elle contient des gaz et des sels minéraux dissous (calcium, sodium, magnésium), mais généralement aussi des métaux lourds, des pesticides et des agents pathogènes dont les quantités doivent être maintenues dans des limites strictes précisées dans chaque pays.

Eau courante : C'est l'eau qui sort d'un robinet, à la maison ou au bureau. Elle est généralement considérée comme potable et, en pratique, c'est le cas dans les pays industrialisés et de plus en plus partout.

Prélèvement d'eau : c'est de l'eau prise à une source.

Consommation d'eau : c'est de l'eau prise à une source non restituée à cette source, c'est-à-dire de l'eau qui est évaporée ou transportée dans un autre lieu et qui n'est pas immédiatement utilisable pour un autre usage.

<sup>1</sup> Du verbe latin *necto* qui signifie nouer, lier.

<sup>2</sup> D'après l'AIE « Water Energy Nexus ».

### Les besoins en eau douce

À fin 2015, selon l'Organisation Mondiale de la Santé, OMS, [*who.int*] :

- 6,5 milliards de personnes, soit environ 89 % de la population mondiale, avaient accès à un service d'eau potable basique c'est-à-dire accessible en moins de 30 mn aller-retour ;
- seulement 5,2 milliards, soit 71 % seulement, bénéficiaient d'un service d'eau potable *courante* à la maison.

L'OMS et la FAO, Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture, [*fao.org*], estiment qu'à cette même date, encore 700 millions de personnes environ, surtout dans les campagnes, n'avaient pas accès à de l'eau potable et près de 2,4 milliards vivaient sans assainissement adéquat. Cette situation est une importante cause de mortalité dans le monde, avec plus de 3,5 millions de morts de tous âges par an [*who.int*].

L'homme a des besoins : (a) directs, pour la boisson, la préparation des aliments, l'hygiène personnelle et les sanitaires, ainsi que pour d'autres usages domestiques, et (b) indirects, par l'eau utilisée dans l'industrie et l'agriculture, dans le tertiaire et les services ainsi que pour l'énergie.

Pour assurer un approvisionnement durable en eau douce, il faut que le cycle de l'eau assure naturellement son remplacement. Compte tenu des variations météorologiques interannuelles, la FAO estime que pour satisfaire les besoins tant directs qu'indirects en eau douce, un volume moyen de 1 700 m<sup>3</sup>/an et par personne<sup>3</sup> est le minimum nécessaire – minimum qui dépend de nombreux facteurs, le climat local, les habitudes alimentaires, les pratiques agricoles, etc.

Les besoins directs peuvent être estimés à 100 à 150 litres d'eau potable par jour et par personne dans les pays industrialisés, soit 40 à 60 m<sup>3</sup>/an, c'est-à-dire 3 à 4 % des besoins totaux d'eau douce.

### Statistiques relatives à l'eau

#### *Disponibilité et répartition des ressources en eau*

Les précipitations moyennes reçues chaque année sur Terre sont de 500 000 km<sup>3</sup>/an<sup>4</sup>, dont 109 000 km<sup>3</sup> sont reçues sur les continents. Les ressources d'eau douce renouvelable sont de 43 000 km<sup>3</sup>, la différence, soit 66 000 km<sup>3</sup>, étant due à l'évapotranspiration des terrains non-agricoles, des forêts, ...et à l'évaporation des lacs, des rivières. Les ressources disponibles sont donc de 5800 m<sup>3</sup>/cap, donc environ 3,5 fois plus que le minimum moyen requis par la FAO mentionné précédemment.

Le défi mondial de l'eau douce pour tous n'est donc pas sa disponibilité globale ; il est dû à l'inégalité d'accès. Même si en, moyenne mondiale, la disponibilité d'eau douce renouvelable est suffisante, elle est très différente d'un pays à l'autre, voire d'une région à l'autre à l'intérieur d'un même pays, comme le montre le tableau ci-après. À cela s'ajoute le fait que la répartition de la population est elle aussi très hétérogène, ce qui augmente encore les disparités. Les statistiques de densité de la population [*unstats.un.org*] et celles sur l'eau [*fao.org*] montrent que l'Asie concentre près de 60 % de la population mondiale et ne dispose que de 30 % des ressources mondiales en eau douce, alors que l'Amazonie, qui ne compte que 0,3 % de la population du globe, possède 15 % de ces ressources.

#### *Données par pays ou par régions*

Pour un pays ou une région, on distingue :

- Les Ressources en Eau Renouvelables Intérieures, RERI, qui sont égales au flux annuel des rivières et aux recharges d'aquifères assurés par des précipitations endogènes.
- Les Ressources en Eau Renouvelables Extérieures, RERE, qui sont la somme des flux d'eau souterraine et de surface entrants des pays voisins et des flux d'eau des lacs et des rivières frontalières.
- Les Ressources en Eau Renouvelables Totales, RERT, somme des deux précédentes.

---

<sup>3</sup> Une situation en dessous de 1 700 m<sup>3</sup> est considérée comme une situation de stress hydrique, en dessous de 1 000 m<sup>3</sup> comme une situation de pénurie d'eau, en dessous de 500 m<sup>3</sup>, comme une situation de pénurie absolue.

<sup>4</sup> 1 km<sup>3</sup> = 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> soit 1 milliard de m<sup>3</sup>.

La dépendance en eau du pays ou de la région est représentée par le ratio RERE/RERT. Une dépendance sévère peut appeler à davantage de retraitement ou de dessalement. En plus du RERT et de la dépendance en eau, la consommation est d'une importance clé, non seulement en valeur absolue mais par rapport au RERT pour évaluer la sévérité éventuelle d'une surconsommation.

Le tableau ci-dessous, dont les données sont issues de la FAO [[fao.org/nr/aquastat](http://fao.org/nr/aquastat)], donne la consommation totale d'eau douce et le RERT par habitant ainsi que la dépendance pour quelques pays; les quantités ne sont pas toutes pour la même année mais sont les données les plus récentes (2010 à 2014).

Pays	Chili	Chine	Égypte	États-Unis	Inde	Israël	Lituanie	Monde
RERT m <sup>3</sup> /cap	51 800	2 020	640 <sup>5</sup>	9 540	1 460	220 <sup>5</sup>	8 400	<b>5 800</b>
Consommation m <sup>3</sup> /cap	2 150	425	900	1 540	630	282	209	<b>540</b>
Dépendance %	4,1	0	97	8,2	24	58	37	

Le manque d'eau douce est structurel dans la région qui s'étend de la Tunisie au Soudan et au Pakistan, c'est-à-dire dans plus de 20 pays d'Afrique du Nord et du Proche-Orient où le RERT/cap est inférieur à 1 000 m<sup>3</sup>/cap et par an d'eau douce. La Figure ci-dessous illustre la situation mondiale de l'eau renouvelable disponible en 2014.

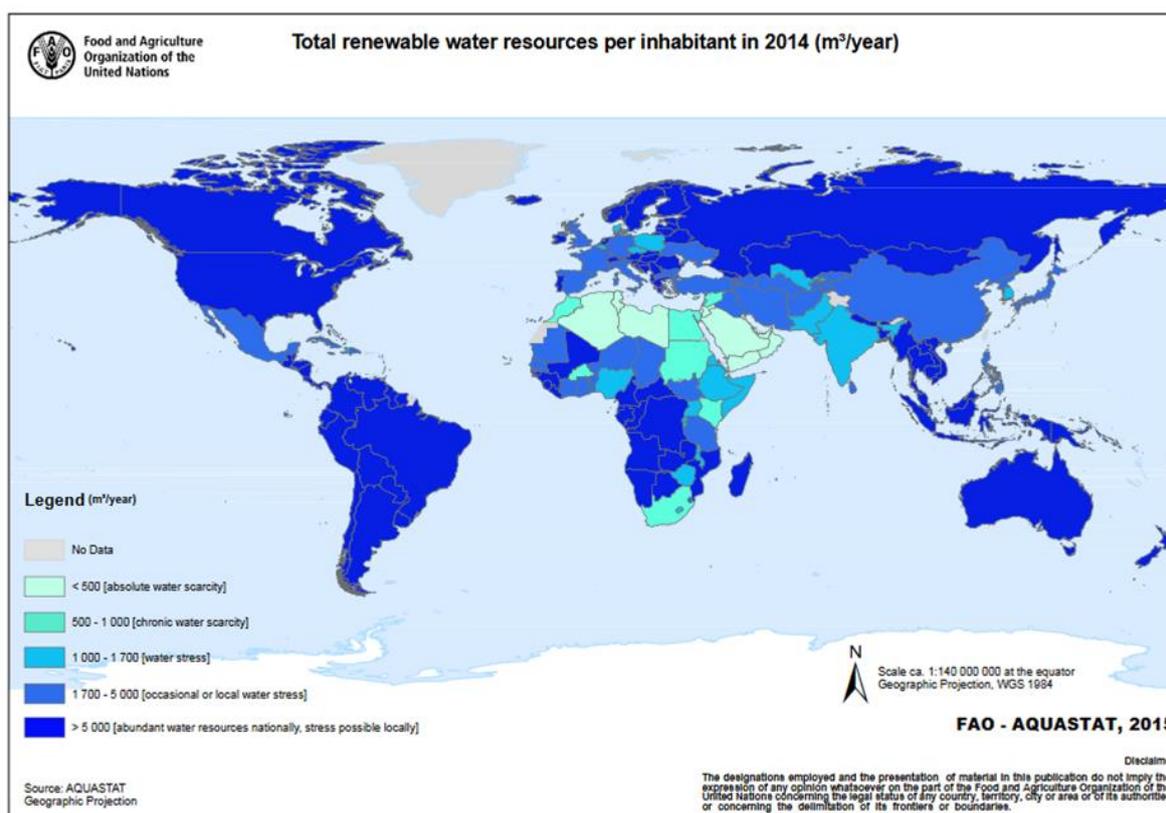


Fig.1 Carte mondiale des ressources en eau renouvelable par habitant / © fao.org

<sup>5</sup> Les prélèvements en Égypte et en Israël excèdent leurs ressources renouvelables disponibles.

L'augmentation de la population mondiale, sa concentration croissante principalement dans les villes et dans une bande (côtière) de moins de 70 km de large, aggravent les problématiques d'approvisionnement en eau douce. De plus, le changement climatique, notamment dans les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée, va encore accentuer le « stress » hydrique.

### **Prélèvements et consommation**

En 2014, le prélèvement annuel total d'eau dans le monde atteignait 4 000 milliards de m<sup>3</sup>, c'est-à-dire 9 % des ressources d'eau douce renouvelables qui sont égales à 43 000 milliards de m<sup>3</sup>.

Les prélèvements et les consommations d'eau peuvent être séparés en quatre catégories : agriculture, industrie, énergie, municipale, ce dernier terme regroupant la consommation hors agriculture, industrie et énergie donc principalement les usages directs de la population<sup>6</sup>.

Le tableau ci-dessous fournit les valeurs mondiales des prélèvements et des consommations en milliards de m<sup>3</sup> et en pourcentage du total ; la dernière colonne donne le pourcentage de l'eau consommée sur l'eau prélevée.

	Prélèvement Milliards de m <sup>3</sup>	Pourcentage %	Consommation Milliards de m <sup>3</sup>	Pourcentage %	Consommation/ Prélèvement %
Agriculture	2 800	70	1 130	83	40,3
Municipale	520	13	50	3,7	9,6
Industrie	280	7	130	9,6	46,4
Énergie	400	10	50	3,7	12,5
<b>Totaux</b>	<b>4 000</b>	<b>100</b>	<b>1 360</b>	<b>100</b>	<b>34</b>

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- Le faible ratio consommation/prélèvement des usages municipaux indique qu'une part significative de l'eau qui y est utilisée retourne à sa source.
- Ce même ratio est beaucoup plus élevé dans l'industrie et l'agriculture, indiquant par là qu'une plus faible proportion de l'eau utilisée retourne à sa source, pour l'agriculture principalement à cause de l'évaporation.
- Sous le terme énergie, il faut entendre à la fois l'eau pour l'extraction des matériaux (pétrole, gaz) et l'eau pour le refroidissement des centrales thermiques. Sur ces 400 milliards de m<sup>3</sup> :
  - 350 milliards de m<sup>3</sup> sont les prélèvements pour le refroidissement des centrales ; seulement 17 consommés, l'essentiel du volume prélevé revenant donc vers les rivières ou océans.
  - Les 50 milliards de m<sup>3</sup> de prélèvements restants :
    - Servent pour moitié à irriguer des cultures pour les plantes utilisées pour les biocarburants ; 12 sont consommés.
    - Servent pour moitié à l'extraction du charbon et du pétrole, et, dans une moindre mesure, à celle du gaz naturel ; 21 sont consommés.

<sup>6</sup> Le terme municipal correspond principalement au réseau d'alimentation en eau des agglomérations. Les données statistiques sur les réseaux ne séparent généralement pas la consommation résidentielle et celle des bureaux (qui couvre en fait aussi des besoins directs) de celle d'éventuelles petites industries situées en ville.

La répartition des usages de l'eau douce entre les secteurs est très variable d'un pays à un autre. Ainsi l'agriculture peut prélever de 10 à 90 % des ressources en eau suivant les pays.

### **Cycle domestique naturel de l'eau**

Deux situations sont à distinguer pour le « cycle domestique de l'eau », qui comprend le captage, le traitement, le stockage et la distribution de l'eau douce, ainsi que la collecte, le transport, le traitement et la restitution au milieu naturel des eaux usées:

- Soit le cycle domestique *naturel* de l'eau douce assure l'approvisionnement nécessaire à la région considérée (éventuellement avec des accords d'échanges avec les régions voisines<sup>7</sup>).
- Soit, il ne l'assure pas, ce qui conduit, à moins de vider progressivement les nappes phréatiques et les réservoirs naturels, à compléter l'approvisionnement d'eau douce par le dessalement d'eau saumâtre et surtout d'eau de mer.

Dans le cycle domestique de l'eau, la situation la plus favorable sur le plan énergétique est celle où l'on peut disposer d'une source d'eau pure, rivière ou lac protégé, au-dessus des lieux d'utilisation. L'eau peut alors s'écouler par gravité jusqu'à un réservoir tampon, tel un château d'eau, puis être distribuée par un réseau naturellement sous pression jusqu'aux habitations et aux lieux d'utilisation.

Bien souvent, la mise à disposition de l'eau potable nécessite (Figure ci-après) :

- De capter l'eau et la pomper, depuis une nappe souterraine ou un cours d'eau plus ou moins pollués, situés plus bas.
- De la traiter d'une manière adaptée à ses caractéristiques initiales pour assurer les qualités nécessaires en termes de caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et gustatives.
- De la stocker dans des réservoirs tampons, tel un château d'eau, pour assurer la disponibilité permanente, y compris en cas de panne en amont, et pour éviter des démarrages-arrêts des systèmes de traitements amont.
- De la distribuer sous pression via le réseau pour qu'elle s'écoule ensuite sans pompe. Des pompes supplémentaires, voire des réservoirs tampons locaux, peuvent être indispensables pour assurer une pression suffisante chez les utilisateurs.

---

<sup>7</sup> La gouvernance des ressources superficielles et souterraines d'eau partagées entre plusieurs pays ou régions sort du cadre de cet ouvrage.

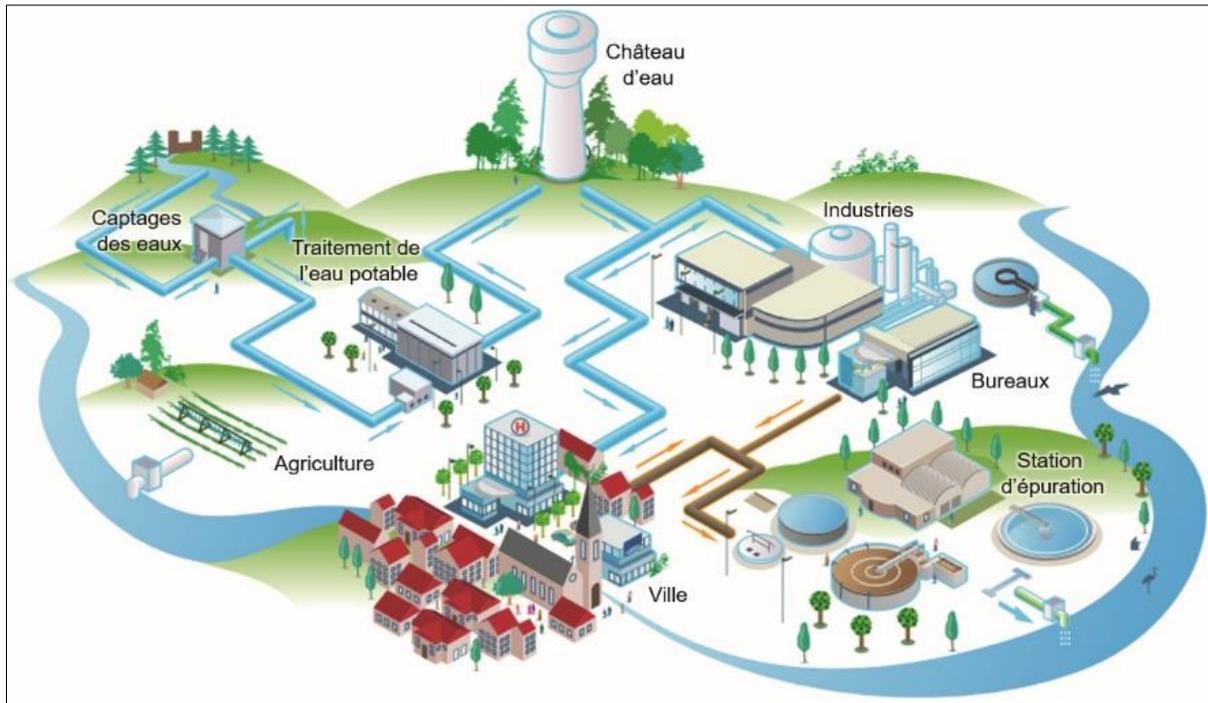


Fig.2 Cycle domestique de l'eau / © sdea.fr (Syndicat des eaux et de l'assainissement d'Alsace-Moselle)

Pour compléter le cycle, il faut retraiter les eaux usées ce qui permet de les rejeter dans une rivière, comme sur la Figure, dans un lac ou dans la nappe sans danger pour l'environnement (et notamment pour l'eau qui sera captée à nouveau ultérieurement, pour les besoins directs, pour l'agriculture et l'industrie). Le pourcentage d'eau retraitée dans le monde augmente progressivement avec le déploiement des réseaux d'assainissement et le besoin croissant d'eau douce.

Sur tous ces traitements (filtration, purification par le chlore ou par les ultraviolets, etc.), et sur la problématique des résidus, qui ne sont pas directement des questions énergétiques, on trouvera des informations sur les principes et la situation mondiale sur le site de l'OMS [[who.int/water\\_sanitation\\_health](http://who.int/water_sanitation_health)]. Des informations complémentaires sur la situation de chaque pays se trouvent sur des sites nationaux tels [[eaufrance.fr](http://eaufrance.fr)] pour la France, [[ana.gov.br](http://ana.gov.br)] pour le Brésil et [[wqaa.gov.in](http://wqaa.gov.in)] pour l'Inde par exemple.