

L'EAU ET L'ÉNERGIE SONT-ELLES DÉPENDANTES L'UNE DE L'AUTRE ?

Arnaud Charles, Noël Baffier, Jean-Claude Bernier

D'après l'article *Eau et énergie sont indissociables* de Marc Florette et Léon Duvivier publié dans l'ouvrage « Chimie et enjeux énergétiques », EDP Sciences, 2013, ISBN : 978-2-7598-0973-8

INTRODUCTION

Il existe une interdépendance entre l'eau et l'énergie. Nous verrons comment l'énergie est utilisée et surexploitée dans toutes les étapes du cycle de l'eau et comment l'eau est utilisée et sur-utilisée dans toute la production d'énergie. La quantité d'eau sur Terre (liquide et solide sous forme de glace) n'a pas pratiquement pas évoluée depuis l'époque des dinosaures. Il convient donc de la réutiliser au maximum, d'autant plus que les besoins en eau croissent avec l'augmentation de la population et les changements de mode de vie.

L'énergie est utilisée pour pomper, traiter et distribuer l'eau potable, mais aussi pour collecter et traiter

les eaux usées. C'est peut-être moins évident, mais la production d'énergie nécessite réciproquement de l'eau, principalement pour l'extraction des combustibles et pour le refroidissement des centrales

Mieux les comprendre et tirer parti des interactions entre eau et énergie pour préserver notre environnement est sans aucun doute un des défis du XXI^e siècle.

L'INTERRELATION ENTRE L'EAU ET L'ÉNERGIE

Le secteur de l'énergie est sans doute le secteur industriel qui consomme le plus d'eau. La **figure 1** donne une représentation schématique des implications respectives de l'énergie dans le cycle de l'eau et inversement.

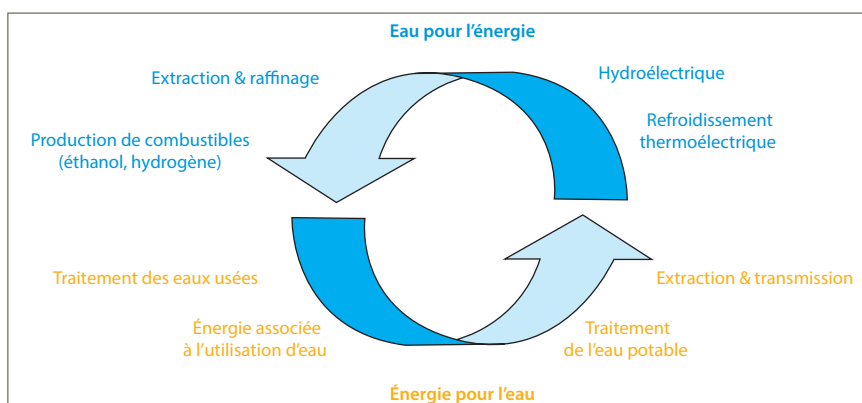


Figure 1 – Implication de l'eau dans le cycle de l'énergie et implication de l'énergie dans le cycle de l'eau.

La plupart d'entre nous réalisent intuitivement que le traitement et la distribution d'eau nécessite une consommation énergétique. En revanche, à l'exception des grands barrages hydroélectriques, il est moins évident que la production et la conversion énergétiques sont également consommatrices de grandes quantités d'eau [1].

La conception de nos villes et de nos habitations, ainsi que notre style de vie ont des implications considérables sur les ressources en eau et la consommation énergétique. Entre 1 et 18 % de l'électricité dans les zones urbaines sont utilisés pour traiter et transporter l'eau potable et les eaux usées. Aux États-Unis, environ 40 % des prélèvements d'eau douce servent au refroidissement des centrales thermiques. La majorité de cette eau est restituée localement mais les pertes locales par évaporation sont estimées à 3 % [2].

LES BESOINS EN EAU POUR LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Les besoins en eau pour l'extraction des combustibles

La majeure partie de l'énergie électrique est produite à partir de combustibles : le charbon, le pétrole, le gaz et l'uranium. La quantité d'eau nécessaire à l'extraction de ces sources d'énergie primaire varie d'un combustible à l'autre. Le **tableau 1** indique les principales sources de production d'énergie, avec une extrapolation raisonnable jusqu'en 2035, ainsi que les principales données relatives au potentiel d'extraction des combustibles primaires et la consommation en eau que cela implique. On remarque en particulier l'énorme quantité d'eau nécessaire à l'extraction du pétrole brut (et, relativement, à celle du gaz de schiste).

Dans le cas de la biomasse, il ne s'agit pas d'une extraction. Mais sa production nécessite elle aussi énormément d'eau pour la culture des céréales dont elle est issue.

Les besoins en eau pour la production d'électricité

En matière d'utilisation d'eau pour produire de l'électricité, il convient d'établir la différence entre le prélèvement et la consommation [3]. Le prélèvement correspond à la quantité d'eau extraite du milieu à proximité du site de production (mer, fleuve...), essentiellement pour le refroidissement des condenseurs qui permettent de liquéfier la vapeur d'eau afin qu'elle soit réutilisée. La consommation peut être définie comme la quantité non restituée locale-

ment. Il s'agit de l'évaporation dans les tours de refroidissement.

	2005	2020	2035
Production primaire [EJ]			
Total	413,5	508	712,3
Pétrole brut	161,2	179,5	176,1
Pétrole non conventionnel	3,8	24,1	62,7
Gaz naturel	97,8	137,7	181,6
Charbon	121,1	144	217,2
Uranium	29,6	22,7	74,7
Besoin en eau pour l'extraction [Mdsm ³ /an]			
Total	225,5	398,6	601,2
Pétrole brut	179,5	274,3	335,7
Pétrole non conventionnel	12,9	82,9	215,7
Gaz naturel	10,7	14,9	19,8
Charbon	19,9	23,6	23,6
Uranium	2,5	2,9	6,4

TABLEAU 1 – CONSOMMATION MONDIALE EN EAU POUR LES DIVERSES FILIÈRES DE COMBUSTIBLES (EJ = EXAJOULE = 10¹⁸ JOULE).

De plus en plus de centrales électriques ont recours à un procédé permettant de capturer le dioxyde de carbone (CCS) afin de réduire l'effet de serre. Actuellement en France, il existe un tel pilote sur une centrale thermique d'EDF en Normandie. La capture du CO₂ [4] à la sortie des installations conduit à un accroissement de la consommation d'eau de l'ordre de 90 %. Cela signifie donc qu'une généralisation de ce procédé dans les années à venir risque de multiplier approximativement par deux la consommation d'eau pour les centrales à combustible fossile et les cycles combinés.

L'hydroélectricité est perçue comme le plus grand consommateur d'eau. En fait, il n'en est rien. L'eau stockée dans les barrages passe au travers de turbines hydrauliques et est rejetée dans l'environnement avec peu de modification. La consommation se résume à l'évaporation naturelle au niveau du réservoir de stockage. Elle dépend des conditions climatiques.

Dans les centrales solaires photovoltaïques [5], l'eau n'est utilisée que pour le nettoyage. En revanche la consommation d'eau des centrales solaires thermiques varie fortement en fonction de la technologie mise en œuvre. L'eau sert ici au refroidissement du condenseur, comme dans les centrales thermiques classiques, mais aussi au nettoyage des miroirs. Le **tableau 2** reprend la consommation mondiale d'eau associés aux divers moyens de production d'électricité et sa projection jusqu'en 2035.

Production d'électricité (TWh)	2005	2020	2035
Thermique	12 126	18 641	24 782
– Charbon	7 235	9 679	12 601
– Gaz	3 478	6 746	8 908
– Pétrole	1 102	995	983
– Biomasse et déchets	311	1 041	2 290
Nucléaire	2 792	3 406	5 423
Hydro et géothermie	3 057	4 130	4 956
Éolien et solaire	94	1 129	3 910
Consommation en eau (Mds m ³)			
Thermique	16,9	24,3	32,5
– Charbon	12,8	17,1	22,3
– Gaz	2,5	4,9	6,5
– Pétrole	1,3	1,1	1,1
– Biomasse et déchets	0,4	1,2	2,6
Nucléaire	7,6	9,3	14,8
Hydro et géothermie	16,5	22,3	26,8
Éolien et solaire	0,0	0,5	1,9

TABLEAU 2. CONSOMMATION MONDIALE EN EAU DES DIVERSES FILIÈRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ.

LES BESOINS EN ÉLECTRICITÉ TOUT AU LONG DU CYCLE DE L'EAU

La consommation en électricité tout au long du cycle de l'eau

On estime que 2 à 3 % de l'énergie mondiale est utilisée pour l'alimentation et l'épuration des eaux.

L'énergie de pompage de l'eau est fortement dépendante de son origine et des procédés pour la rendre potable. Par exemple, le pompage de l'eau souterraine

nécessite généralement plus d'énergie que le prélèvement dans les eaux de surface (fleuves, lacs, etc.). De même, le dessalement de l'eau de mer requiert beaucoup d'énergie (voir [tableau 3](#)).

C'est la raison pour laquelle les producteurs d'eau potable (6) ont souhaité réduire leur empreinte carbone en soutenant l'installation de sources d'énergie renouvelable comme le photovoltaïque, l'hydraulique ou l'éolien, directement sur leurs sites de production.

La distribution de l'eau requiert en général peu d'énergie, on estime généralement que la consommation est de l'ordre de 0,1 kWh/m³.

L'énergie nécessaire au traitement des eaux usées correspond à la somme de ce qui est nécessaire pour acheminer l'eau jusqu'à la station d'épuration et son épuration proprement dite. En général, les besoins énergétiques pour le transport de l'eau usée sont faibles, de l'ordre de 0,06 kWh/m³.

L'énergie nécessaire à l'épuration des effluents liquides dépend de la nature et de la concentration des polluants présents. La [figure 2](#) synthétise l'ensemble des diverses consommations énergétiques tout au long du cycle de l'eau.

Alimentation en eau brute	Énergie nécessaire pour l'alimentation et le traitement (kWh/m ³)
Eau de surface	0,5 - 4
Eau recyclée	1 - 6
Dessalement	4 - 8
Eau en bouteille	1 000 - 4 000

TABLEAU 3 – CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE EN FONCTION DE L'EAU À TRAITER.

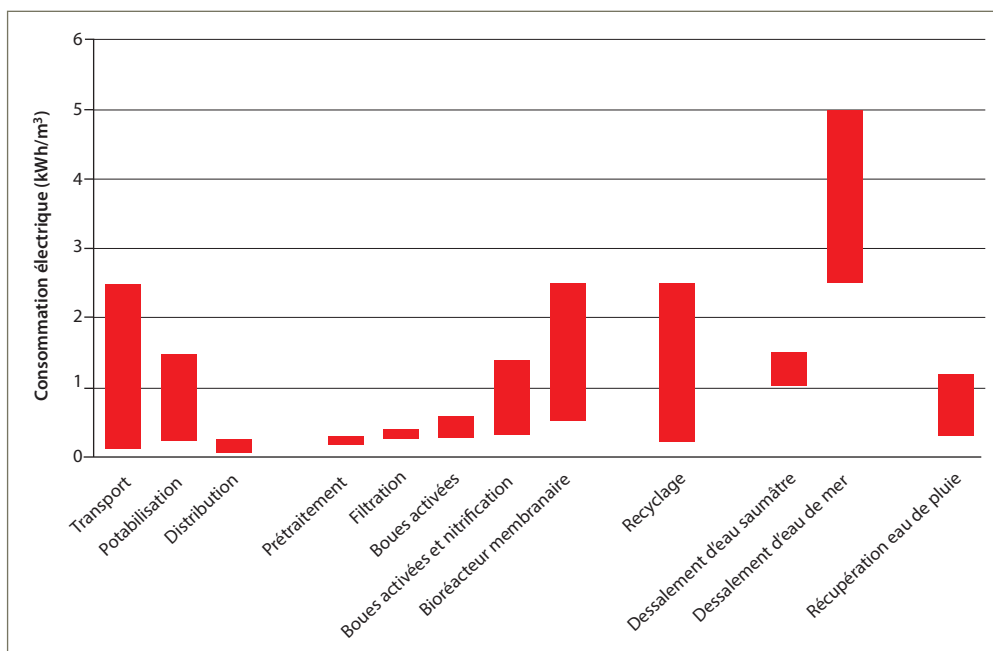


Figure 2 – Besoins en électricité dans le cycle de l'eau.

Au cours des dernières années, le concept de station d'épuration à énergie positive s'est fortement développé [7].

Au niveau mondial, le nombre des stations d'épuration municipales auto-suffisantes en énergie s'accroît sans cesse. En général, le biogaz produit lors de la digestion des boues alimente la cogénération. En cas de pic de demande d'énergie, l'électricité est fournie par le réseau ; inversement, en cas de surproduction, l'excès d'électricité est injecté sur le réseau. À titre d'exemple, la consommation énergétique de la station d'épuration de Mapocho au Chili a été réduite à 0,33 kWh/m³ traité. 60 % de l'électricité utilisée sur la station est produite à partir de ses ressources au travers de la cogénération de biogaz [8], ce qui permet d'économiser 4 600 tonnes de CO₂ chaque année grâce à une réduction du volume de boues produites.

L'IMPORTANCE DE LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Les besoins en ressources primaires et en eau augmenteront du fait de l'accroissement de la population mondiale et du développement économique des pays émergents.

Les axes à explorer pour la maîtrise de la consommation d'eau au cours de processus de production d'énergie relèvent de l'anticipation ou de la réduction de l'impact du réchauffement climatique sur les unités de production d'énergie, de l'utilisation de sources d'eau « dégradée », du développement de nouveaux systèmes de refroidissement ou de nouvelles molécules chimiques « vertes ». La maîtrise de la consommation d'énergie dans le cycle de l'eau passera par le développement de nouveaux

types de stations d'épuration, la mise au point de membranes de filtration plus économes, l'identification des moyens de récupération de l'énergie de pression.

POUR EN SAVOIR PLUS

[1] Pouvons-nous dissocier l'énergie de l'eau ? (Chimie et... junior)

<http://www.mediachimie.org/ressource/pouvons-nous-dissocier-l%E2%80%99C3%A9nergie-de-l%E2%80%99eau>

[2] L'eau : ses propriétés, ses ressources, sa purification
<http://www.mediachimie.org/ressource/l%E2%80%99eau-ses-propri%C3%A9t%C3%A9s-ses-ressources-sa-purification>

[3] L'eau, un nouvel « or bleu »

<http://www.mediachimie.org/ressource/l%E2%80%99eau-un-nouvel-%C2%AB-or-bleu-%C2%BB>

[4] Que faire du CO₂ ? De la chimie !

<http://www.mediachimie.org/ressource/que-faire-du-co2-de-la-chimie>

[5] Un exemple d'énergie renouvelable : les panneaux solaires photovoltaïques

<http://www.mediachimie.org/ressource/un-exemple-d%C3%A9nergie-renouvelable-panneaux-solaires-photovolta%C3%AFques>

[6] La bataille de l'eau propre

<http://www.mediachimie.org/ressource/la-bataille-de-l%E2%80%99eau-propre>

[7] Le biogaz, une énergie d'avenir

<http://www.mediachimie.org/actualite/le-biogaz-une-%C3%A9nergie-d%E2%80%99avenir>

[8] Le biogaz, l'anti-gaz de schiste

<http://www.mediachimie.org/ressource/le-biogaz-l%E2%80%99anti-gaz-de-schiste>

Jean-Claude Bernier, professeur émérite de l'Université de Strasbourg, ancien directeur scientifique des sciences chimiques du CNRS

Noël Baffier, professeur honoraire d'université, ancien directeur des Études de l'École d'Ingénieurs de Chimie Paristech

Arnaud Charles, professeur de physique chimie

Grégory Syoën, professeur agrégé, chef de projet Mediachimie-Fondation de la maison de la chimie