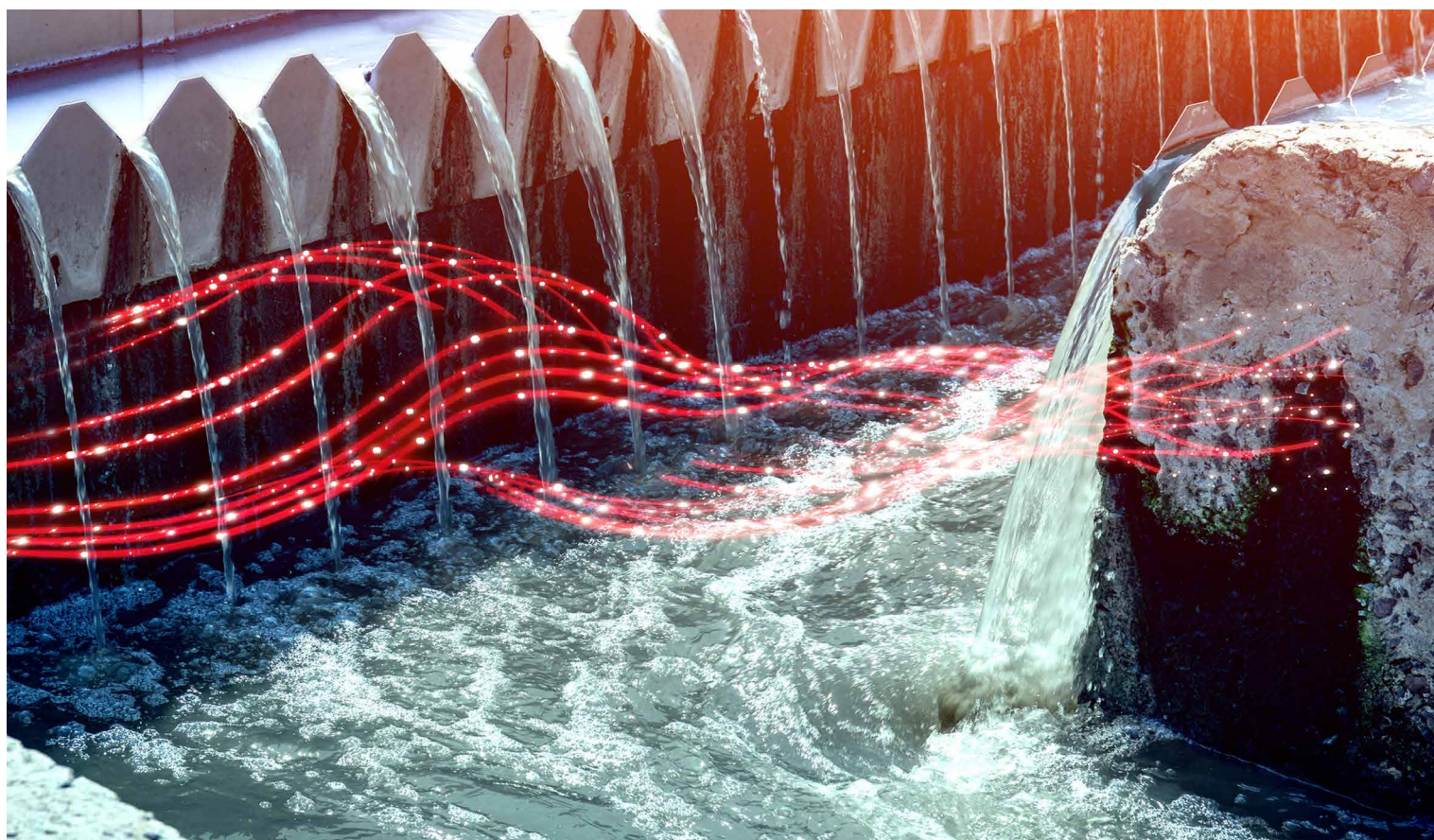

LIVRE BLANC

Relever les défis de l'efficacité énergétique dans le secteur de l'eau et des eaux usées



L'augmentation de la demande en eau nécessite une meilleure efficacité énergétique

Avec l'accroissement de la population, la demande en eau continue à augmenter. Les populations ont en effet besoin d'eau potable pour boire, cuisiner et se laver. Dans les installations industrielles, l'eau est également indispensable à certains processus comme le refroidissement. Le secteur agricole est lui aussi un gros consommateur d'eau, puisque l'irrigation représente environ 70 % de la consommation mondiale d'eau douce.¹ Ce livre blanc s'intéresse aux moyens permettant de réduire la consommation d'énergie et d'améliorer l'efficacité dans le secteur de l'eau.



Le secteur de l'eau et des eaux usées a besoin d'importantes quantités d'énergie pour produire et fournir de l'eau potable, et pour traiter ensuite les eaux usées. On estime qu'entre 3,5 % et 4 % de l'énergie électrique mondiale est consommée par ce secteur.² Cette consommation pourrait toutefois être réduite de 15 % d'ici 2040 si des mesures appropriées en matière d'efficacité énergétique et de récupération de l'énergie étaient mises en place.³

Les services des eaux utilisent 4 % de l'énergie mondiale, soit quasiment la demande énergétique totale de l'Australie.²

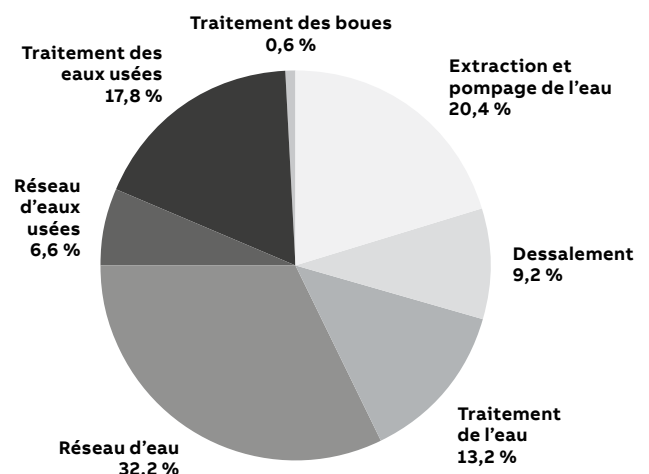
Les services du secteur de l'eau et des eaux usées cherchent de plus en plus à améliorer leur efficacité énergétique, une tendance motivée par plusieurs facteurs, dont les nouvelles lois relatives au développement durable. Au sein de l'UE, par exemple, le Pacte vert pour l'Europe définit des objectifs et politiques qui obligent les entreprises à réduire leurs émissions, à minimiser leur consommation énergétique et à éliminer la pollution des eaux. La pression sur les tarifs de l'eau est également un facteur majeur. On estime que, dans la plupart des cas, les tarifs de l'eau ne couvrent pas les coûts de production et d'exploitation en raison du prix élevé

L'énergie représente en moyenne 45 % du coût de production de l'eau.⁴

de l'énergie et des frais d'entretien importants. La consommation et les coûts élevés de l'énergie sont en grande partie imputables aux méthodes mécaniques mises en œuvre pour maîtriser le débit d'eau et à l'utilisation de pompes et moteurs surdimensionnés.

Les différents processus qui jalonnent le cycle de l'eau ne consomment pas les mêmes quantités d'énergie, et leur prévalence varie en fonction des régions. C'est par exemple le cas du traitement des eaux usées, qui n'est pas pratiqué au même niveau partout dans le monde. Ainsi, à l'échelle globale, les réseaux de distribution d'eau restent, de loin, les plus gros consommateurs d'énergie, même si le traitement des eaux usées consomme plus d'énergie au mètre cube produit.⁵

Consommation d'énergie mondiale des services des eaux par processus⁵



Bref aperçu de la consommation d'énergie dans l'industrie

Cette page présente un aperçu des processus qui consomment le plus d'énergie à chaque étape du processus de traitement de l'eau et des eaux usées.

Production d'eau potable

Les usines de traitement de l'eau pompent et traitent l'eau pour la rendre potable. On estime que les opérations de pompage consomment environ 80 à 85 % de l'énergie utilisée pendant le traitement de l'eau, les pompes centrifuges étant l'application d'eau la plus couramment utilisée.⁶ La quantité d'énergie nécessaire au traitement varie en fonction du lieu, de la source et du niveau de contamination de l'eau.

L'énergie nécessaire pour extraire l'eau, la transporter jusqu'aux installations de traitement et distribuer ensuite l'eau traitée aux consommateurs varie également de manière significative selon le lieu. Les sources et les réservoirs d'eau peuvent être situés à plusieurs kilomètres des clients finaux. Dans certains cas, comme dans le projet de transfert d'eau Sud-Nord en Chine et le projet d'État pour l'eau (State Water Project) en Californie (États-Unis), l'eau est transportée sur plus de 1 000 km. Au niveau mondial, la plupart des consommateurs résident dans les villes et, de ce fait, 70 % environ de l'électricité utilisée pour l'approvisionnement et le traitement de l'eau sert à alimenter les habitants des zones urbaines.⁷

Irrigation

L'agriculture irriguée consomme la majeure partie de l'eau douce mondiale, soit environ 70 %.⁸ Dans le domaine de l'irrigation, l'énergie est essentiellement consommée par les pompes utilisées pour soutirer les eaux souterraines ou de surface. À travers le monde, on utilise à la fois des pompes électriques et au diesel pour les applications d'irrigation.

Eaux usées

Le traitement des eaux usées nécessite un certain nombre de processus très gourmands en énergie. Dans les systèmes avancés de traitement des eaux usées, qui assurent le nettoyage le plus complet de l'eau, les eaux usées passent par trois étapes de traitement : le traitement primaire qui permet d'éliminer les matières solides, le traitement secondaire pour supprimer les matières organiques dissoutes et le traitement tertiaire pour retirer les nutriments comme l'azote et le phosphore, ainsi que les matières solides en suspension résiduelles.

En général, 50 % environ de l'énergie utilisée pour le traitement des eaux usées est consommée pendant le traitement

secondaire.⁹ L'un des processus les plus demandeurs d'énergie à ce stade est la phase d'aération qui intervient au cours du traitement biologique. Les pompes utilisées pour collecter les eaux usées et prendre en charge d'autres processus dans l'ensemble de l'usine consomment également une quantité importante d'énergie. L'aération et le pompage des eaux usées peuvent représenter à eux deux plus de 60 % de l'énergie consommée par une usine de traitement des eaux usées.¹⁰

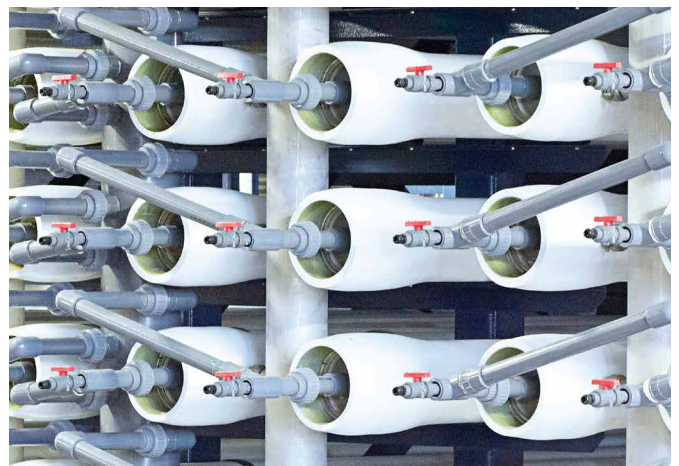
Traitement des boues

Du fait de la teneur élevée en matières solides des boues, leur pompage nécessite une quantité importante d'énergie, et les processus comme le séchage et l'épaississement à l'aide de centrifugeuses sont les plus énergivores.

Dessalement

Le dessalement est également une activité à forte intensité énergétique dans le secteur de l'eau et des eaux usées. Bien qu'il produise moins de 1 % de l'eau douce mondiale, il représente environ 5 % de la consommation d'électricité de ce secteur.¹¹

Les processus de pompage utilisent beaucoup d'énergie, notamment pendant le dessalement, pour remonter l'eau de mer au niveau de l'installation, la dessaler à haute pression à l'aide de membranes semi-perméables et la pomper, à haute pression encore, pour l'opération d'osmose inverse. L'énergie nécessaire au fonctionnement des pompes à haute pression représente environ 25 à 40 % du coût total de l'eau dessalée.¹²



Opportunités pour économiser l'énergie

Plusieurs technologies existantes peuvent contribuer à améliorer l'efficacité énergétique des usines de traitement de l'eau et des eaux usées. Les plus intéressantes consistent à utiliser des variateurs de vitesse (VSD) et de mettre à niveau les moteurs en optant pour des modèles plus efficaces.

Les systèmes de pompes étant utilisés tout au long du processus de traitement de l'eau et des eaux usées, ils offrent un fort potentiel d'économies d'énergie. On estime que le passage à une nouvelle technologie de pompage peut permettre des économies d'énergie de 3 à 7 %, et que l'ajout de VSD sur des moteurs à haut rendement peut réduire la consommation d'énergie de 25 à 30 %.¹³

Optimisation des systèmes de pompes avec des VSD et des moteurs à haut rendement

La mise à niveau des moteurs vers des modèles plus efficaces permet d'améliorer l'efficacité globale des applications d'eau et d'eaux usées. Un grand nombre de moteurs ont actuellement un rendement classé IE3, IE2, voire IE1. Mais le marché propose aujourd'hui des moteurs à induction avec un rendement allant jusqu'à IE4, et certains moteurs à réluctance synchrone, comme les moteurs SynRM d'ABB, sont disponibles avec un rendement IE5. Chaque classe de rendement IE correspondant à une réduction des pertes de 20 %, la mise à niveau offre un potentiel évident en termes d'économies d'énergie et de coûts.

Les VSD et les moteurs sont utilisés pour différentes applications dans l'ensemble du secteur de l'eau et des eaux usées, notamment pour la production d'eau potable, le dessalement et le traitement des eaux usées et des boues. Les VSD et les moteurs sont également utilisés dans les systèmes de pompes servant à l'irrigation, afin d'extraire l'eau des puits et cours d'eau, de la transporter et de la distribuer au niveau des cultures par le biais de gicleurs et autres systèmes.

$$\frac{Q_n}{Q_x} = \frac{N_n}{N_x}$$

$$\frac{H_n}{H_x} = \left(\frac{N_n}{N_x}\right)^2$$

$$\frac{P_n}{P_x} = \left(\frac{N_n}{N_x}\right)^3$$

Les lois d'affinité montrent que :

le débit [Q] est proportionnel à la vitesse [N]

la pression [H] est proportionnelle au carré de la vitesse [N]

la puissance est égale au débit multiplié par la pression.

En diminuant la vitesse de 50 %, on obtiendra donc : 50 % de débit, 25 % de pression et 12,5 % de puissance.

Les solutions alliant VSD et moteurs peuvent permettre de réaliser des économies d'énergie importantes.

Les lois d'affinité (ou lois des pompes) applicables aux charges centrifuges comme les ventilateurs et les pompes centrifuges peuvent être appliquées pour calculer la consommation d'énergie et le potentiel d'économies d'énergie des applications concernées. À titre d'exemple, les applications d'eau et d'eaux usées nécessitent généralement une régulation du débit. Si un moteur régulé par VSD réduit le débit de 20 %, la puissance appelée s'élèvera à 51 % seulement de sa puissance nominale. En utilisant des méthodes mécaniques de régulation du débit et un moteur tournant à vitesse fixe, la consommation d'énergie sera beaucoup plus élevée.

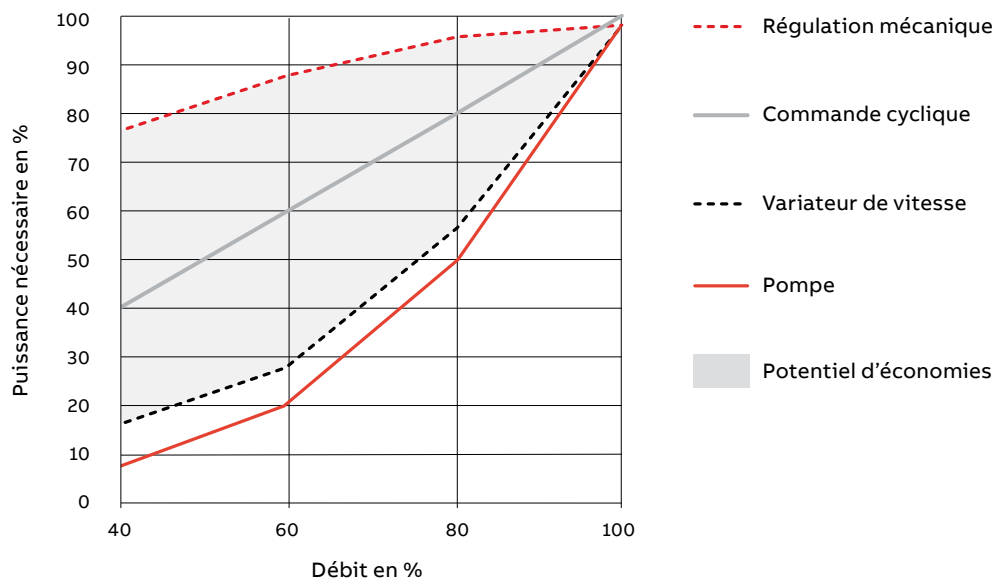
L'utilisation de VSD avec des moteurs à haut rendement permet de réduire de 25 à 30 % environ la consommation énergétique au niveau des processus de production d'eau potable, de traitement des eaux usées et de dessalement.¹⁴



Maîtrise du débit d'eau par la régulation de la vitesse du moteur et de la pompe

Exemples de consommation électrique avec différentes méthodes de régulation

Il convient de noter que les pompes ont un débit minimum, et que celui-ci ne peut pas descendre à 0 %.



Il est également possible d'ajouter des VSD aux moteurs déjà présents dans un système de pompage afin d'améliorer leur efficacité énergétique. De manière générale, l'ajout d'un VSD au moteur existant d'une pompe, d'un ventilateur ou d'un compresseur permet de réduire sa consommation d'énergie de 25 %.¹⁵

Efficacité énergétique

Des solutions numériques peuvent également permettre d'optimiser et de réduire la consommation énergétique. On estime notamment qu'en optimisant la commande des systèmes de pompes dans les usines de traitement des eaux usées, on pourrait réaliser des économies d'énergie de 10 à 20 %.¹⁶

Cette optimisation énergétique peut être mise en œuvre de manière continue, par exemple en installant des capteurs sur les moteurs et les pompes, voire en améliorant l'architecture complète des systèmes de traitement de l'eau et des eaux usées de l'usine. Les données issues des équipements connectés, associées à l'expertise en matière de services, peuvent être utilisées pour surveiller et optimiser à distance l'efficacité et les performances des pompes. Les VSD permettent en outre d'accéder facilement à des fonctions d'optimisation énergétique, sans avoir besoin d'installer d'autres équipements. Certains variateurs de vitesse, comme l'ACQ580 d'ABB dédié aux applications de traitement de l'eau et des eaux usées, sont par exemple dotés d'un optimisateur d'énergie et de fonctions de pompage intégrés, qui garantissent automatiquement le couple maximum par ampère, réduisant l'énergie prélevée sur le réseau. Les VSD peuvent également inclure des fonctions de surveillance de l'énergie qui permettent de mesurer les économies en matière d'énergie, d'émissions de CO₂ et de coûts.



Récupération de l'énergie

Dans les usines de traitement des eaux usées, l'énergie peut également être récupérée sous forme de chaleur ou d'électricité générée avec le biogaz issu des boues. Cette énergie permet alors de réduire les besoins énergétiques globaux de l'usine. La quantité d'électricité actuellement produite à partir des boues d'épuration représente, à l'échelle mondiale, environ 4 % des besoins en électricité des services municipaux de traitement des eaux usées.¹⁷ On estime toutefois qu'en exploitant pleinement les solutions de récupération d'énergie dans l'ensemble du secteur, l'énergie récupérée pourrait satisfaire plus de 55 % de ses besoins d'ici 2040.³

RÉFÉRENCE CLIENT



KLIS lance avec succès le plus grand projet mondial d'irrigation par élévation d'eau à plusieurs niveaux

Le Kaleshwaram Lift Irrigation System (KLIS), en Inde, est le plus grand projet d'irrigation par élévation d'eau à plusieurs niveaux au monde. Il élève chaque année 5,5 milliards de m³ d'eau afin d'irriguer les zones arides de l'État de Telangana. KLIS repose sur une série de stations de pompage d'eaux souterraines et de surface intégrées dans un système qui s'étend sur 300 km. Ces stations font remonter l'eau des rivières ou des réservoirs pour la redistribuer dans des canaux et/ou d'autres réservoirs avant son pompage vers les stations suivantes. ABB a fourni 37 moteurs de 40 et 43 MW et 15 variateurs à source de courant (LCI), ainsi que d'autres systèmes électriques permettant de commander et d'exploiter les pompes, et d'élever efficacement les énormes volumes d'eau nécessaires. La solution de variateur LCI d'ABB minimise les contraintes électriques et le courant d'appel dans le système, et le tableau moyenne tension d'ABB assure un niveau supplémentaire de protection, de stabilité et de gestion. Depuis le démarrage de KLIS en 2019, les agriculteurs du Telangana ont déjà enregistré des récoltes records de riz et de maïs grâce à l'amélioration de l'irrigation.

RÉFÉRENCE CLIENT



Saneago réduit la consommation d'énergie de ses systèmes de pompage d'eau potable

Saneago fournit de l'eau potable à plus de 5,7 millions de personnes vivant dans l'État du Goiás au Brésil. L'un de ses principaux postes de coûts est l'énergie nécessaire au pompage de l'eau et, après une évaluation énergétique réalisée par une entreprise partenaire, elle a identifié plusieurs secteurs présentant un potentiel d'amélioration manifeste. Pour remédier à la situation, ABB a fourni 15 moteurs à haut rendement et 15 variateurs, ainsi que des Smart Sensors et des outils de télésurveillance pour quatre stations de pompage de prises d'eau. La solution comprenait les variateurs spécialement conçus pour l'eau ACQ580 d'ABB, qui sont dotés d'une fonction intelligente de commande multi-pompes. Ceux-ci peuvent contrôler plusieurs pompes simultanément pour satisfaire les exigences de débit et de pression en fonction de la demande réelle. Grâce à ces solutions d'ABB, Saneago a pu réduire sa consommation d'énergie de 25 %.

RÉFÉRENCE CLIENT



KMEDP minimise la consommation d'énergie dans son processus de dessalement

Le dessalement devrait permettre de satisfaire jusqu'à 30 % de la demande en eau de Singapour d'ici 2060. La nouvelle usine de dessalement Keppel Mbrazarina East Desalination Plant (KMEDP) utilise les technologies avancées d'ABB pour satisfaire 7 % des besoins quotidiens en eau du pays. Cette usine est la première installation fonctionnant en mode mixte à Singapour, ce qui veut dire qu'elle peut traiter à la fois l'eau de pluie prélevée dans le Marina Reservoir situé à proximité et l'eau de mer. Le dessalement étant un processus à forte intensité énergétique, l'usine s'appuie sur les technologies de pointe d'ABB pour garantir une efficacité maximale. Celles-ci comprennent des systèmes d'automatisation et de contrôle, ainsi que des produits d'instrumentation et des analyseurs d'eau. Ces systèmes contrôlent des moteurs à haute efficacité énergétique, des variateurs de vitesse et un tableau de distribution, qui sont également fournis par ABB. Combinée à l'optimisation des processus, cette technologie offre un potentiel maximal de réduction de la consommation d'électricité de l'usine de 40 %.

RÉFÉRENCE CLIENT



Les solutions moteur SynRM et variateur de vitesse réduisent la consommation d'énergie dans le pompage des boues

L'usine de traitement des eaux usées de Bocholt, en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (Allemagne), a investi dans quatre solutions moteur SynRM et variateur de vitesse d'ABB pour sa station de pompage inverse des boues II. Auparavant, la station de pompage utilisait six pompes. L'utilisation de moteurs SynRM et l'amélioration de la géométrie de la roue des pompes ont toutefois permis d'améliorer considérablement le rendement électrique et mécanique, et l'installation peut donc désormais fonctionner avec quatre pompes seulement. Les nouvelles pompes nécessitent en outre une puissance d'entraînement plus faible et, comme les moteurs sont régulés par des variateurs de vitesse, le débit des boues de retour peut être adapté en fonction de la charge hydraulique de l'usine de traitement des eaux usées, ce qui permet d'économiser encore plus d'énergie. Grâce à ces équipements et aux travaux de modernisation, l'usine de traitement des eaux usées de Bocholt a pu réduire sa consommation d'énergie de 40 %.

Conclusion

Comme décrit dans ce livre blanc, le secteur de l'eau et des eaux usées fait appel à de nombreux processus à forte intensité énergétique. L'utilisation de pompes étant nécessaire à chaque étape du traitement ou presque, l'optimisation des systèmes de pompage constitue un moyen attrayant et efficace pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les coûts d'exploitation. L'ajout de variateurs de vitesse au niveau des moteurs est une excellente option pour augmenter l'efficacité des systèmes de pompes, car ils s'avèrent extrêmement efficaces, même en charge partielle, et ne consomment que la stricte quantité d'énergie requise par l'application. Avec l'optimisation des consommations et la récupération de l'énergie, les améliorations apportées aux solutions VSD-moteur offrent aux entreprises du secteur de l'eau et des eaux usées des instruments concrets pour économiser de l'énergie et de l'argent.

- (1) ABB, Irrigation, Efficient water distribution and conservation for a sustainable future [ABB, Irrigation, distribution et conservation efficaces de l'eau pour un avenir durable], page 2, <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AXD50000483655&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- (2) Rapport World Energy Outlook 2018 de l'Agence internationale de l'énergie (IEA), page 122, https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World_Energy_Outlook_2018.pdf
- (3) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, page 6, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (4) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, page 30, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (5) Webinaire GWI Water Data
- (6) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, page 33, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (7) ABB, Water treatment plants, Providing clean and safe drinking water [ABB, Usines de traitement de l'eau, Fournir une eau potable propre et saine], page 2, https://library.e.abb.com/public/37a912f8291c4647abee3e3e05078d52/Cleanwater_brochure_3AXD50000483624_REVB_EN.pdf
- (8) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, page 11, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (9) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, page 35, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (10) ABB, Wastewater treatment plant, Building resilient, safe and sustainable facilities [ABB, Usines de traitement des eaux usées, Développer des installations résilientes, sûres et durables], page 2, <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AXD50000421060&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- (11) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, pages 30-31, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (12) U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Chapter 7 Desalination, Powering the Blue Economy: Exploring Opportunities for Marine, Renewable Energy in Maritime Markets [Département de l'Énergie des États-Unis, Office de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, Chapitre 7 Dessalement, Propulser l'économie bleue : explorer les opportunités de l'énergie marine renouvelable sur les marchés maritimes], avril 2019, page 90. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/73355-v2.pdf>
- (13) World Bank Energy Sector Management Assistance Program [Banque mondiale, Programme d'aide à la gestion pour le secteur de l'énergie], Rapport technique 001/12, case 2.1, page 13. https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/FINAL_EECI-WWU_TR001-12_Resized.pdf
- (14) Pour un exemple des calculs correspondants, se référer à « Program Insights: Variable frequency drives », Consortium for Energy Efficiency [Program Insights : les variateurs de fréquence, Consortium pour l'efficacité énergétique], 2019, <https://www.cee1.org/content/variable-frequency-drives>.
- (15) Comme spécifié par la spécification technique IEC TS 60034-30-2 (2016)
- (16) Enhancing the Energy Efficiency of Wastewater Treatment Plants through Co-digestion and Fuel Cell Systems [Améliorer l'efficacité énergétique des usines de traitement des eaux usées par la codigestion et les systèmes de piles à combustible], Frontiers in environmental science, 30 octobre 2017, page 2. Frontiers | Enhancing the Energy Efficiency of Wastewater Treatment Plants through Co-digestion and Fuel Cell Systems | Environmental Science (frontiersin.org)
- (17) Rapport spécial World Energy Outlook, Water-Energy Nexus, 2016, page 34, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>



ABB Motion

P.O. Box 1
FI-00232
Helsinki, Finlande