

FILIÈRE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

L'ÉNERGIE OSMOTIQUE



Q Hydro
Québec

L'ÉNERGIE DE L'EAU



QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE OSMOTIQUE ?

C'EST L'ÉNERGIE TIRÉE
DE LA DIFFÉRENCE
DE SALINITÉ ENTRE
L'EAU DE MER ET L'EAU
DOUCE QUI, AU MOYEN
D'UNE TURBINE, EST
TRANSFORMÉE EN
ÉLECTRICITÉ.

Lorsqu'on sépare de l'eau douce et de l'eau salée avec une membrane semi-perméable, l'eau douce migre par osmose vers l'eau salée, ce qui augmente la pression du côté de l'eau salée. La pression osmotique, couplée au débit de perméation (vitesse d'écoulement), fait tourner une turbine hydraulique.

ÉTAT DE LA SITUATION

La filière osmotique n'est pas encore mature technologiquement: elle est au stade des prototypes et des démonstrations de petites centrales. Chef de file mondial dans le domaine de l'énergie osmotique, Statkraft a testé un [prototype](#) de centrale osmotique dans le fjord d'Oslo, en Norvège, de 2009 à 2013.

Les recherches actuelles portent, entre autres, sur le développement d'une membrane commerciale efficace et robuste ainsi que sur l'amélioration des techniques de prétraitement de l'eau douce. C'est principalement l'absence d'une membrane performante pour l'osmose directe qui freine encore aujourd'hui le développement commercial de cette filière.

POTENTIEL OSMOTIQUE

Au Canada, les embouchures des grandes rivières offrent un [potentiel de développement osmotique considérable à long terme](#).

Au Québec, l'Institut de recherche d'Hydro-Québec établissait en 2011 à 1 860 MW le potentiel osmotique exploitable pour les 30 grandes rivières débouchant dans un milieu salé. Quatorze d'entre elles (1 060 MW) se jettent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Le défi actuel est de produire de l'énergie osmotique à un coût concurrentiel, comparativement à celui d'autres filières énergétiques.

Entre février 2012 et décembre 2013, Hydro-Québec et Statkraft ont réalisé des travaux de recherche et de développement en partenariat dans le domaine de l'énergie osmotique. Elles ont surtout cherché à développer des techniques de prétraitement de l'eau, à mesurer l'impact de la qualité de l'eau sur la performance des membranes et à évaluer les répercussions du procédé sur le développement durable.

RENDEMENT ET COÛTS

On estime actuellement que, lorsqu'il sera possible de commercialiser l'électricité osmotique, son coût brut se situerait entre 7 ¢ et 14 ¢/kWh. Le coût net devrait tenir compte d'un rendement des centrales de 60 à 75 %.



POUR EN SAVOIR DAVANTAGE

- Fonctionnement d'une centrale osmotique
- Potentiel osmotique du Canada
- Prototype de Statkraft
- Recherches dans le monde
- Changements climatiques et qualité de l'air
- Analyse du cycle de vie
- Écosystèmes et biodiversité
- Santé et qualité de vie
- Aménagement du territoire
- Économie régionale
- Acceptabilité sociale

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

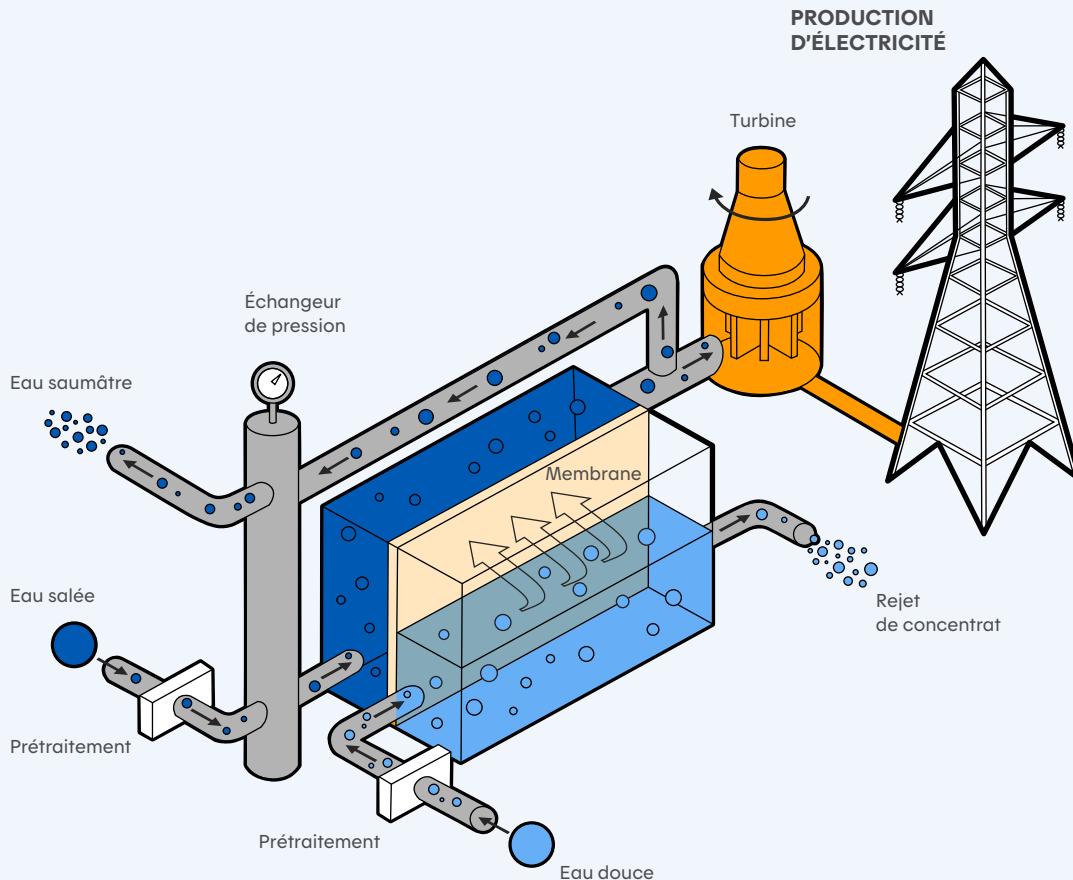
- Production prévisible et continue.
- Flexibilité pour de petites ou de grandes installations.
- Système évolutif (possibilité d'ajouter des membranes), qui permet d'augmenter la puissance installée au besoin.
- Production d'énergie près des centres de consommation, ce qui limite les besoins de transport d'électricité.
- Potentiel intéressant de sites d'implantation.
- Technologie proche et complémentaire de celle de la filière hydroélectrique. Les centrales osmotiques peuvent être implantées sur des rivières déjà aménagées.
- Risque élevé d'encrassement et de dégradation graduelle des membranes semi-perméables, nécessitant un prétraitement poussé de l'eau douce et un remplacement périodique des membranes (5-7 ans).

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les impacts environnementaux et sociaux de l'exploitation et de l'entretien d'une centrale osmotique sont pour le moment mal connus. Cependant, ils s'apparentent en partie à ceux d'une usine de traitement de l'eau (avec membrane), qui eux sont bien documentés :

- Modification de l'habitat et de la végétation pouvant affecter la faune aquatique. Entre autres raisons : les modifications de salinité et les rejets d'eau saumâtre de façon régulière et en quantité peuvent changer le mélange naturel d'eau de rivière et d'eau de mer.
- Effets potentiels découlant de l'usage de produits de nettoyage.
- Génération de matières résiduelles humides (boues et membranes usées).
- Effets sur le milieu d'accueil à prévoir, s'il y a nécessité d'aménager une digue ou un bassin pour optimiser le potentiel d'un site d'implantation.
- Conflits possibles avec les activités de navigation, de pêche, etc.
- Zéro émission de gaz à effet de serre et de contaminants atmosphériques lors de l'exploitation.

UNE RESSOURCE DURABLE



Fonctionnement d'une centrale osmotique

Lorsqu'on sépare de l'eau douce et de l'eau salée avec une membrane semi-perméable, l'eau douce migre par osmose vers l'eau salée, ce qui augmente la pression du côté de l'eau salée. C'est la pression osmotique. Elle sert à faire tourner une turbine.

La pression osmotique est à la base du procédé de production d'énergie conçu dans les années 1970 par l'Américain Sydney Loeb, mais développé et exploité par le groupe norvégien Statkraft entre 1997 et 2013.

Une centrale osmotique comporte peu d'éléments:

- Une membrane semi-perméable contenue dans des modules.
- Des filtres à eau douce et à eau salée qui servent à optimiser la performance de la membrane.
- Une turbine qui génère une force motrice en fonction d'une pression osmotique et d'un débit de perméation (vitesse d'écoulement).
- Un échangeur de pression qui pressurise l'amenée d'eau salée nouvelle nécessaire au maintien d'une salinité élevée en aval de la membrane.

Potentiel osmotique du Canada

SITES DE POTENTIEL OSMOTIQUE



Source: Institut de recherche d'Hydro-Québec

Note: Le potentiel osmotique (MW) correspond à 15 % du débit moyen des rivières répertoriées.

Prototype de Statkraft

Centrale osmotique d'Hurum, dans le fjord d'Oslo, en Norvège

Statkraft avait installé son prototype de centrale osmotique (4 kW) dans la papetière Tofte, à Hurum. Cette centrale utilisait l'eau de mer du fjord et l'eau douce d'une rivière à proximité circulant dans deux chambres séparées par une membrane semi-perméable. Type de technologie: osmose à contre-pression ou technologie PRO (Pressure Retarded Osmosis).

Recherches dans le monde

Depuis 2007, Deltares, le centre néerlandais de recherches sur les technologies appliquées de l'eau, du sol et du sous-sol, travaille en partenariat avec des entreprises et d'autres centres de recherche dans le domaine de l'énergie osmotique. Dans le cadre du programme néerlandais de démonstration Blue Energy en cours, on cherche à démontrer le potentiel de production d'électricité selon le principe de l'osmose à contre-pression. En novembre 2014, une centrale de 50 kW a été inaugurée aux Pays-Bas.

Wetsus, un centre de développement de technologies durables de l'eau, œuvre dans la conception et le développement de la technologie d'électrodialyse inverse (RED), toujours dans le cadre du programme Blue Energy. Il travaille en partenariat avec les firmes KEMA et Redstack.

L'Université du Connecticut, en collaboration avec l'Université Yale, aux États-Unis, a conçu un moteur thermique osmotique utilisant le mélange $\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3-\text{CO}_2$ en circuit fermé. Employé d'abord pour dessaler l'eau à partir de rejets thermiques, ce procédé, appelé Engineered Osmosis™, a été adapté à la production d'énergie. Il est commercialisé par l'entreprise Oasys Water.



En 2009, le Tokyo Institute of Technology a mis en exploitation un prototype de centrale osmotique à contre-pression près de l'endroit où est situé le Uminonakamichi Nata Sea Water Desalination Center à Fukuoka, au Japon. Il visait à récupérer l'énergie des gradients de salinité apparaissant à l'interface du concentrat d'une usine de dessalement d'eau de mer et de l'eau douce sortant d'une usine de traitement des eaux usées. Ce prototype a été intégré au projet Mega-ton Water System, qui portait sur la conception d'une usine de dessalement d'eau de mer d'un million de mètres cubes par jour et qui a été mené de 2010 à 2013.

Changements climatiques et qualité de l'air

Pour la filière osmotique, les émissions de gaz à effet de serre et de contaminants atmosphériques sont associées à la fabrication et à l'installation de l'équipement. En exploitation, les centrales osmotiques ne génèrent pas d'émissions.

Analyse du cycle de vie

Aucune analyse du cycle de vie des centrales osmotiques n'est actuellement disponible. Cependant, l'impact environnemental de la filière osmotique serait similaire, estime-t-on, à celui des autres filières d'énergie renouvelable. Ce que toutes ont en commun, à l'exception de la filière de la biomasse: durant l'exploitation, il n'y a pas d'émissions de gaz à effet de serre ni de contaminants atmosphériques.

Écosystèmes et biodiversité

Les écosystèmes aquatiques à l'embouchure des rivières dans les deltas et les estuaires sont des milieux fragiles. C'est pourquoi il est important de bien connaître les impacts potentiels de l'aménagement d'une centrale osmotique sur:

- La topographie et la géomorphologie (érosion des berges, glissement de terrain, etc.).
- Les propriétés des sédiments et du lit des cours d'eau (déplacement des sédiments, augmentation de la turbidité, compaction du sol).
- La qualité de l'eau (déversement de produits chimiques et d'eaux usées).
- L'hydrologie (modification des débits et de la direction des courants, altération des zones de mélange d'eau douce et d'eau salée, etc.).
- Les espèces animales et végétales aquatiques de l'endroit.
- Les oiseaux qui se nourrissent dans les vasières, riches en microorganismes et en mollusques, se trouvant dans la zone de balancement des marées.

Les prélèvements d'eau douce et d'eau salée et le rejet d'eau saumâtre durant l'exploitation pourraient modifier le profil du panache d'eau douce à l'embouchure de la rivière. Résultats: altération de l'environnement, voire impact sur la faune et la flore vivant dans la zone touchée.

La température ambiante de l'eau augmenterait de moins de $\frac{1}{2}$ °C en raison de la chaleur dégagée par le procédé de production d'énergie. Cela ne serait toutefois pas dangereux pour les organismes marins.

Certains produits chimiques utilisés pour le prétraitement de l'eau et le nettoyage des membranes pourraient se concentrer dans la chaîne alimentaire, entraînant des impacts sur les écosystèmes marins. Un exemple connu, les produits antitartares

rejetés par les usines de dessalement sont des éléments nutritifs qui stimulent la productivité primaire. Ils peuvent donc induire une prolifération d'algues dans des milieux qui habituellement en comptent peu.

Santé et qualité de vie

Aucun impact n'est prévu sur la santé humaine ou la qualité de vie.

Aménagement du territoire

La présence d'une centrale osmotique (bâtiment et ligne électrique) a un impact visuel sur le paysage, au même titre que la présence d'une route ou d'une canalisation d'eau. Lorsque l'installation prend place dans un milieu déjà modifié par l'activité humaine, l'impact environnemental est plus limité.

Une centrale osmotique peut générer une pollution lumineuse et obstruer la vue d'un paysage pittoresque. Pour atténuer ces nuisances, il faut choisir un emplacement adéquat et intégrer harmonieusement l'équipement au milieu. Celui-ci peut être en partie ou en entier construit en souterrain, ce qui permet d'en réduire considérablement l'impact visuel.

L'exploitation d'une centrale osmotique à l'embouchure d'une rivière pourrait affecter la pêche, la navigation de plaisance, les sports nautiques, le tourisme littoral, etc. Cette activité pourrait peut-être nécessiter la création de zones d'exclusion pour d'autres activités en mer. Elle pourrait susciter parfois une réaction d'opposition.

Économie régionale

Au Québec, l'aménagement de centrales osmotiques contribuerait au développement économique des communautés de la Côte-Nord, de la Baie-James, de la Baie-d'Hudson et de la Baie-d'Ungava. Il faudrait évaluer cependant en profondeur les impacts environnementaux et sociaux sur les collectivités établies à l'embouchure de rivières. Entre autres :

- La restriction de la pêche commerciale et récréative.
- La perte d'accès au site pour la collectivité.
- Le recours à un site d'enfouissement ou à des installations de compostage pour le traitement des boues et des membranes usées.

Acceptabilité sociale

Plusieurs actions pourraient favoriser l'acceptabilité sociale des projets osmotiques. Par exemple :

- Choisir l'emplacement d'une centrale à l'embouchure d'une rivière, où vit souvent une petite communauté. Cela aurait pour effet d'éliminer ou de limiter le transport d'électricité, le nombre d'infrastructures et les activités associées.
- Intégrer harmonieusement l'installation au milieu. Entre autres, construire le bâtiment de centrale en partie en souterrain et adapter l'architecture et les couleurs des matériaux à l'environnement.

RÉFÉRENCES

1. Adokar, D.U., Patil, D.S., Gupta, A. 2013. [Generation of Electricity by Osmosis](#). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 3 (3). p. 846-851. (En ligne). www.ijetae.com/files/Volume3Issue3/IJETAE_0313_145.pdf. Document consulté le 10 novembre 2014.
2. Brekke, J.W. 2013. **2 MW Osmotic Power Pilot – Sunndalsøra, Norway**. Présentation au colloque Integrated Network for Energy from Salinity Gradient Power. Leeuwarden, Pays-Bas. 30-31 octobre 2013. (Non publié).
3. Deltares. [Page d'accueil](#). (En ligne). Sans date. <http://www.deltares.nl/en>. Site consulté le 10 novembre 2014.
4. Dutch Water Sector. [Dutch King Opens World's First RED Power Plant Driven on Fresh-Salt Water Mixing](#). Communiqué de presse. (En ligne). 2014. <https://www.dutchwatersector.com/news/dutch-king-opens-worlds-first-red-power-plant-driven-on-fresh-salt-water-mixing>. Page consultée le 21 janvier 2021.
5. Fondation d'entreprise Alcen pour la connaissance des énergies. [Connaissance des énergies](#). (En ligne). Sans date. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-osmotique>. Site consulté le 10 novembre 2014.
6. Laflamme, C. B. 2013. **Challenges Facing Osmotic Power in Canada**. Présentation au colloque Integrated Network for Energy from Salinity Gradient Power. Leeuwarden, Pays-Bas. 30-31 octobre 2013. (Non publié).
7. McGinnis, R.L., McCutcheon, J., Elimelech, M. 2007. **A Novel Ammonia-Carbon-Dioxide Osmotic Heat Engine for Power Generation**. *Journal of Membrane Science*, vol. 305. p. 13-19.
8. Oines, A. [Statkraft Plans World's First Osmotic Power Plant](#). (En ligne). 2013. <http://arnfinno.wordpress.com/2013/01/12/statkraft-plans-worlds-first-osmotic-power-plant/>. Page consultée le 10 novembre 2014.
9. Skråmestø, Ø.S., Skilhagen, S.E., Nielsen, W.K. 2009. **Power Production based on Osmotic Pressure**. Présentation au Waterpower XVI. Spokane, États-Unis. 27-30 juillet 2009. (Non publié).
10. Tanioka, A., Saito, K., Irie, M., Zaitsu, S., Sakai, H., Hayashi, H. 2012. [Power Generation by Pressure Retarded Osmosis Using Concentrated Brine from Sea Water Desalination System and Treated Sewage; Review of experience with pilot plant in Japan](#). (En ligne). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916420314831>. Document consulté le 21 janvier 2021.
11. Wetsus. [Centre of excellence for sustainable water technology](#). (En ligne). Sans date. www.wetsus.nl. Site consulté le 10 novembre 2014.