



SEPTEMBRE
2022

Géopolitique du dessalement d'eau de mer



Marc-Antoine EYL-MAZZEGA
Élise CASSIGNOL

L’Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d’information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l’Ifri est une association reconnue d’utilité publique (loi de 1901). Il n’est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L’Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l’échelle internationale.

Les opinions exprimées dans ce texte n’engagent que la responsabilité des auteurs.

ISBN : 979-10-373-0596-1

© Tous droits réservés, Ifri, 2022

Couverture : Vue sur l’usine de dessalement d’eau de Dubaï
© shao weiwei/Shutterstock.com

Comment citer cette publication :

Marc-Antoine Eyl-Mazzega et Élise Cassignol, « Géopolitique du dessalement d’eau de mer », *Études de l’Ifri*, Ifri, septembre 2022.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Site internet : ifri.org

Auteurs

Marc-Antoine Eyl-Mazzega a été nommé directeur du Centre Énergie & Climat de l’Ifri en septembre 2017. Auparavant, il a travaillé six ans à l’Agence internationale de l’énergie, où il a notamment été en charge de la Russie et de l’Afrique subsaharienne, s’occupant plus particulièrement des analyses gaz et pétrole sur ces zones et des relations institutionnelles. Marc-Antoine Eyl-Mazzega a également travaillé à la Fondation Robert Schuman, où il a animé un observatoire sur l’Ukraine. Ayant la double nationalité française et allemande, il est docteur de Sciences Po.

Élise Cassignol est étudiante en Master d’affaires publiques, spécialité administration publique, à Sciences Po. Elle a réalisé un double diplôme de quatre ans en Relations internationales entre Sciences Po et la University College London où elle a commencé à se spécialiser sur les enjeux liés aux questions hydriques en réalisant son mémoire sur la manipulation de l’eau par les groupes djihadistes au Nigeria.

Résumé

Un marché en forte expansion

Le dessalement d'eau s'impose progressivement comme la solution de premier plan pour faire face au stress hydrique croissant, c'est-à-dire au déséquilibre entre la demande en eau et la quantité disponible. Les Nations unies estiment qu'en 2025, les deux tiers de la population mondiale seront concernés par ces défis. Si les causes de la raréfaction de l'eau sont multiples (changement climatique, agriculture intensive et croissance démographique), elle impose aux États de repenser leurs politiques hydriques, centrales pour la préservation de leur stabilité, résilience et souveraineté.

Un véritable « boom » des industries de dessalement est à l'œuvre. La majorité des pays du Golfe dépendent désormais en grande partie de l'eau dessalée pour la consommation de leurs habitants : aux Émirats arabes unis (EAU), 42 % de l'eau potable provient d'usines de dessalement représentant plus de 7 millions de mètres cubes (m³) par jour, 90 % pour le Koweït, 86 % pour Oman, 70 % pour l'Arabie Saoudite. En 2022, plus de 21 000 stations de dessalement d'eau de mer sont opérationnelles dans le monde, soit presque deux fois plus qu'il y a dix ans, et le secteur connaît une croissance de l'ordre de + 6 % à + 12 % de capacité par an.

En 2030, les capacités de dessalement des pays du Moyen-Orient devraient quasiment doubler, s'inscrivant dans le cadre de plans quinquennaux annoncés afin de préparer la transition de ces économies à « l'après pétrole ». Les capacités de dessalement de l'Arabie Saoudite passeront de 5,6 millions de m³ par jour en 2022 à 8,5 millions de m³ par jour en 2025, et devront couvrir plus de 90 % de la consommation en eau du pays. De même aux EAU, au Koweït, à Bahreïn ou en Israël, où la production d'eau dessalée va plus que doubler d'ici à 2030.

Avec l'essor des solutions disponibles pour répondre à tous les besoins, ces technologies sont désormais demandées sur pratiquement tous les continents et le Moyen-Orient ne représente plus que 50 % des capacités installées dans le monde. En Afrique, des projets d'envergure ont été récemment annoncés en Algérie et au Maroc, pays jusqu'alors dotés d'eau potable en quantité suffisante. D'autres comme le Ghana, le Sénégal et le Kenya alimentent de nombreuses villes grâce à de l'eau de mer dessalée. C'est aussi le cas de la ville du Caire. Dans la zone indopacifique, notamment en Chine et en Inde, les besoins en eau dessalée augmentent, tirés vers le haut par une industrie en croissance et une eau disponible qui diminue. Pour la seule année 2020, plus de 35 usines de dessalement ont

été annoncées en Chine, six aux Philippines et six à Taïwan. Sur le continent Américain, la côte ouest des États-Unis se démarque par d'importants projets en la matière (Californie), et le Texas n'est pas en reste. En Amérique latine, de nouveaux projets naissent au Pérou et au Chili majoritairement poussés par les besoins de l'industrie minière tandis qu'au Mexique la demande d'eau dessalée vient plutôt de la population. Enfin, les zones insulaires se démarquent par leur besoin élevé en eau dessalée : Cebu aux Philippines, le Cap-Vert, les Canaries ou encore les Maldives font de plus en plus appel à des capacités de dessalement.

Des leaders européens mais les acteurs asiatiques, ou locaux, prennent de l'essor

Les acteurs industriels sont nombreux et de tailles diverses bien que certains s'imposent depuis plus de dix ans comme les leaders incontestés du marché : en France, Engie et Veolia dont la fusion avec Suez ouvre de nouvelles perspectives sur le continent américain, au Moyen-Orient et en Europe, mais aussi IDE Technologies, champion israélien du dessalement, le coréen Doosan Heavy, le chinois Abengoa ou l'espagnol Acciona.

Plus récemment, des entreprises des pays émergents se sont singularisées par l'obtention de contrats d'envergure. C'est notamment le cas des acteurs du Golfe, l'émirati Metito et le saoudien Advanced Water Technologies. L'Égypte dispose également d'industriels. Dans l'ensemble, si la technologie de l'osmose inverse est largement maîtrisée, la différenciation se fait sur les capacités, les coûts opérationnels, la consommation d'électricité et la durée de vie des installations.

Un immense défi pour le climat

Dessaler l'eau de mer est un procédé cher, énergivore et qui rejette des quantités importantes de gaz à effet de serre (GES) dans la plupart des pays dotés d'un mix électrique très intensif en CO₂. La consommation électrique des usines est élevée, variant selon les techniques à l'œuvre ; si les procédés de dessalement thermique, de moins en moins utilisés, consomment plus de 5 kilowattheures (kWh) d'énergie par m³ d'eau dessalée, le procédé de dessalement par osmose inverse, le plus répandu désormais, permet de dessaler 1 mètre cube (m³) d'eau avec en moyenne entre 2,5 et 3 kWh, le record étant établi par une usine saoudienne à 2,27 kWh. Dans les pays du Moyen-Orient, les usines de dessalement ont largement bénéficié d'un mix énergétique fondé sur les énergies fossiles et permettant un dessalement bon marché. La consommation d'électricité du secteur du dessalement d'eau a été multipliée par trois en Arabie Saoudite pendant la période 2005-2020, pour atteindre environ 6 % de la consommation totale d'électricité du royaume, soit environ 17 térawattheures (TWh) en 2020, où l'équivalent de

la production annuelle d'une grosse centrale nucléaire. Un doublement des capacités de dessalement fera donc bondir la demande d'électricité, et les émissions associées si le mix électrique largement dominé par les hydrocarbures reste inchangé. La demande de gaz et de pétrole pour produire cette électricité en serait aussi augmentée. Plusieurs pays du Golfe commencent ainsi à mobiliser les énergies renouvelables, à l'image de la centrale par osmose inverse d'Al Khafji en Arabie Saoudite qui dessale chaque jour 60 000 m³, alimentée par des panneaux photovoltaïques. Enfin, on trouve également des centrales qui fonctionnent par énergie houlomotrice et géothermique.

Un autre enjeu qui se pose quant au dessalement est la gestion des saumures, c'est-à-dire des particules de sel qui ont été séparées de l'eau de mer et qui sont souvent rejetées dans la mer causant une augmentation des niveaux de salinité de l'eau.

Enfin, dernier enjeu clé : améliorer les performances sur l'ensemble de la chaîne, et pas seulement au niveau de la production. Les pertes sur les réseaux de transmission et de distribution à la sortie des usines jusqu'aux consommateurs finaux sont extrêmement élevées, atteignant des niveaux de plus de 50 % dans la plupart des pays du Golfe.

Dès lors, si le recours au dessalement semble inévitable et voué à connaître une expansion très forte, il est urgent de sortir de la dépendance de ces procédés aux énergies fossiles car le doublement des capacités installées au Moyen-Orient d'ici à 2030 devrait provoquer une hausse importante des émissions, à moins que les mix électriques, à l'instar des EAU qui ont notamment déployé du nucléaire, ne se verdissent.

Deux solutions sont donc requises : d'une part la mise en place d'usines de dessalement alimentées par des sources d'énergies bas carbone (champs de panneaux solaires, solaire à concentration, éoliennes, énergie houlomotrice, voire nucléaire) et éventuellement des centrales à cycle combiné pour l'appoint (éventuellement en cycle fermé), et donc la décarbonation des mix électriques pour assurer une alimentation bas carbone de ces usines. D'autre part, la construction d'infrastructures de la sorte ne doit pas se substituer à une politique d'efficacité énergétique, d'optimisation des parcs, de chasse aux pertes et gaspillages et de collecte et retraitement des eaux : il est indispensable d'améliorer la gouvernance de la ressource dans de nombreux pays, ainsi que de réduire les subventions à la consommation, pour réduire les pertes et inciter à mettre en œuvre des politiques durables d'utilisation de l'eau dans l'industrie, l'agriculture et le secteur résidentiel.

L'année 2023 sera marquée par la Conférence des Nations unies sur l'eau, et la présidence émirienne de la COP28, succédant à celle de l'Égypte, deux pays affichant de forts besoins, le développement d'une industrie durable et la rationalisation du marché de l'eau doivent être une priorité.

Sommaire

INTRODUCTION	8
---------------------------	----------

LE DESSALEMENT : UN SECTEUR À LA CROISSANCE EXPONENTIELLE ALIMENTÉE PAR LA DIMINUTION DES RESSOURCES EN EAU.....	10
---	-----------

Les perspectives de stress hydrique rendent inéluctable l'augmentation de la demande d'eau dessalée	10
---	----

Un enjeu de souveraineté et de tensions	11
---	----

<i>Israël comme précurseur</i>	<i>11</i>
--------------------------------------	-----------

<i>Le risque de conflits autour de la ressource en eau</i>	<i>12</i>
--	-----------

Très forte croissance des activités de dessalement : projets annoncés à horizon 2030 et 2050	13
--	----

Un coût du dessalement en baisse ces dix dernières années	15
---	----

DES ACTEURS INDUSTRIELS TRÈS VARIÉS, AVEC UN LEADERSHIP EUROPÉEN.....	17
--	-----------

Différents types d'installations répondant à différents besoins	17
---	----

Les acteurs français et européens sont très présents et intégrés au sein des marchés locaux.....	18
--	----

Les acteurs asiatiques, ou locaux, prennent de l'essor	18
--	----

QUELLES PERSPECTIVES FACE AUX CRISES DE LA CRISE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT ?	20
--	-----------

Le dessalement au défi du climat et de la biodiversité.....	21
---	----

<i>Émissions de gaz à effet de serre</i>	<i>21</i>
--	-----------

<i>Rejet de saumures</i>	<i>22</i>
--------------------------------	-----------

Améliorations technologiques et décarbonation de la fourniture d'énergie	23
--	----

L'urgence de rationaliser la demande en eau dessalée.....	25
---	----

<i>Diminution des pertes en réseau</i>	<i>25</i>
--	-----------

<i>Transformation de l'agriculture.....</i>	<i>26</i>
---	-----------

<i>Maîtriser les rejets de saumures.....</i>	<i>27</i>
--	-----------

Pour les États en crise :	
le dessalement comme solution de dernier recours.....	28
<i>Solutions modulables à installer notamment dans les zones reculées</i>	
<i>et les États insulaires.....</i>	<i>28</i>
<i>L'enjeu du financement</i>	<i>29</i>
CONCLUSION	30

Introduction

L'été 2022 a été marqué par une période de sécheresse exceptionnelle en Europe et dans de nombreux pays du monde, comme dans la Corne de l'Afrique. Le stress hydrique se renforce et progresse géographiquement. Un pays est en stress hydrique si la disponibilité en eau est inférieure à 1 700 mètres cubes (m³)/an/habitant et en pénurie d'eau en dessous de ce seuil. Un certain nombre de pays d'Afrique, du Proche et du Moyen-Orient sont d'ores et déjà touchés par ces phénomènes extrêmes, et la région de la Méditerranée est de plus en plus concernée.

Dans un tel contexte de fort accroissement de la demande en eau, pour les besoins de l'industrie, de l'agriculture et des populations, l'industrie du dessalement d'eau de mer connaît une très forte croissance au cours de ces vingt dernières années. Outre le changement climatique qui entraîne la raréfaction des sources d'eau douce et des sécheresses, mais aussi en parallèle la croissance démographique, l'augmentation de la demande d'eau vient de l'épuisement des ressources disponibles, comme c'est le cas des nappes phréatiques en Arabie Saoudite par exemple. Dès lors, l'écart entre les ressources d'eau disponibles et la demande de celle-ci se creuse : c'est ce que l'on appelle le *water demand gap*.

Conscients de cette limite, un certain nombre de pays se sont lancés dans le déploiement de capacités de dessalement d'eau de mer dans une double stratégie de réponse d'urgence et d'anticipation du futur. Les infrastructures de dessalement sont passées de 18 000 usines en 2017, générant environ 97 millions de m³, à plus de 21 000 en 2022, produisant près de 110 millions de m³ avec une croissance des capacités du secteur entre 6 à 12 % par an. Depuis 2000, la capacité mondiale a été multipliée par cinq. Entre 2019 et 2020, on estime que les capacités de dessalement dans le monde ont augmenté de 4,7 millions de m³/jour, ce qui est considérable. Chaque jour, plus de 300 millions de personnes bénéficient d'eau dessalée¹.

Le dessalement est largement concentré dans les pays du Moyen-Orient qui représentent à peu près 50 % des capacités mondiales. Rien que dans les pays du Golfe, entre 2019 et 2020, la croissance des capacités installées est de l'ordre de 1,2 million de m³ d'eau dessalée. Les États du Golfe se démarquent dans ce processus avec des immenses usines. Ainsi, l'Arabie Saoudite ou le Qatar ont construit des usines capables de dessaler plus de 200 000 m³/jour par unité alors que d'autres usines se contentent

1. Voir International Desalination Association (IDA) : <https://idadesal.org>.

de capacités inférieures à 1 000 m³/jour. Par exemple, l'usine de Umm al Houl au Qatar a une capacité de 282 000 m³/jour ; celle de Jebel Ali aux Émirats arabes unis (EAU) a une capacité de 2 millions de m³ par jour. L'eau dessalée par ces nouvelles méga-usines permet majoritairement d'alimenter des centres urbains en expansion. Aux EAU, 90 % de l'eau potable vient du dessalement, 95 % au Koweït et 90 % au Qatar. D'autres marchés émergent progressivement ailleurs, alimentés par les sécheresses et la croissance démographique. C'est le cas en Afrique du Nord, en Amérique mais aussi dans certaines zones d'Asie.

Cette étude entend analyser dans quelle mesure le marché du dessalement de l'eau de mer va se développer au cours de la décennie, quelles stratégies adoptent les acteurs industriels, étatiques et locaux, et comment cette hausse des besoins peut-elle être conciliable avec les enjeux de la transition énergétique et la préservation de l'environnement ?

Le dessalement : un secteur à la croissance exponentielle alimentée par la diminution des ressources en eau

Les perspectives de stress hydrique rendent inéluctable l'augmentation de la demande d'eau dessalée

Les perspectives de stress hydrique se multiplient dans le monde. Déjà, plus de 2,2 milliards de personnes manquent d'eau potable. D'ici 2050, la désertification menacera à elle seule les moyens de subsistance de près d'un milliard de personnes dans environ 100 pays.

Le Moyen-Orient est particulièrement touché par ce phénomène et l'on considère qu'en 2050, le nombre de personnes exposées au stress hydrique devrait doubler. Plus de 60 % de la population du Moyen-Orient vit dans des zones exposées à un fort stress hydrique et 70 % des activités économiques sont également situées dans ces zones. Cette raréfaction de la ressource concerne non seulement les eaux de surface mais aussi les eaux souterraines. L'agriculture est en partie responsable du manque de ressource en eau car le secteur consomme environ 85 % de l'eau de la région². Plus de 41 millions de personnes dans la région manquent d'un accès à l'eau bien géré et 66 millions de personnes sont dépourvues de services d'assainissement de base³. Certaines zones sont particulièrement sujettes à ces conditions extrêmes comme la région irakienne de Bassora mais aussi en Jordanie, au Soudan ou au Yémen, des pays pauvres touchés par des épisodes de sécheresse importants.

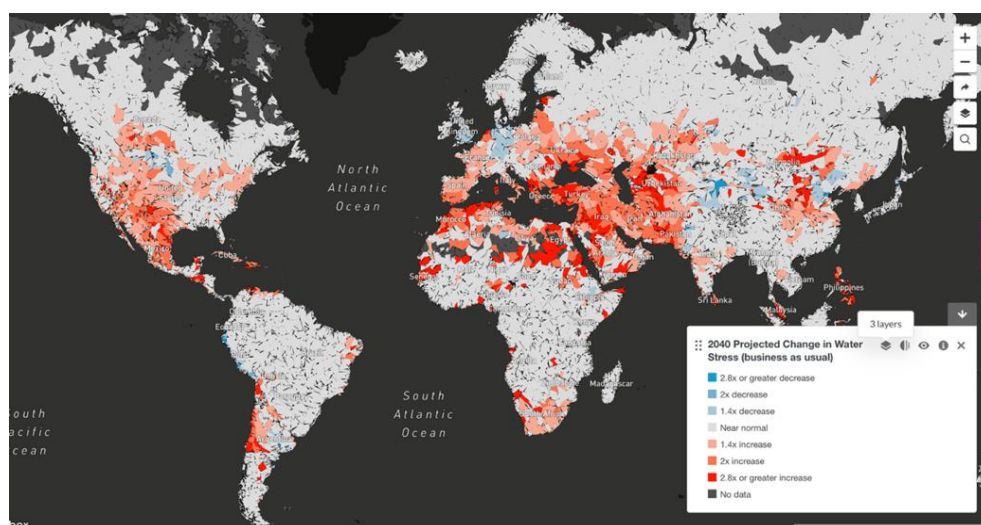
Ailleurs, la raréfaction de la ressource en eau s'expérimente progressivement dans des zones qui autrefois bénéficiaient d'un apport riche en eau douce grâce à des nappes phréatiques bien alimentées. Sur la côte ouest des États-Unis, en Afrique du Nord notamment au Maroc en Tunisie, en Algérie et en Libye, au sud de l'Afrique, en Asie centrale, et dans

2. *Towards a New Generation of Policies and Investments in Agricultural Water in the Arab Region: Fertile Ground for Innovation*, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2019, disponible sur : www.fao.org.

3. *Running Dry: The Impact of Water Scarcity on Children in the Middle East and North Africa*, Fonds des Nations unies pour l'enfance (Unicef), août 2021, disponible sur : www.unicef.org.

certaines zones d'Amérique du Sud. Les problématiques hydriques n'épargnent pas les États insulaires, l'Australie, le Cap-Vert, les Philippines, les Canaries, Madagascar : l'ensemble de ces États souffrent d'une raréfaction de leur ressource en eau. Les projections réalisées par le *think tank* indépendant, le World Resource Institute montrent que, dans un scénario de continuité (*business as usual*), l'ensemble de ces zones est susceptible d'expérimenter un stress hydrique 2,8 fois plus fort.

Évolution des situations du stress hydrique en 2040



Source : [World Resource Institute](https://www.wri.org/).

Un enjeu de souveraineté et de tensions

Israël comme précurseur

Si le recours au dessalement est désormais généralisé dans un certain nombre de pays, Israël se distingue comme pionnier en matière de dessalement.

L'État hébreu de 9 millions d'habitants a depuis toujours inclus l'eau comme un paramètre clé de sa stratégie de résilience nationale. Jusqu'à présent approvisionné par le lac Tibériade, Israël est contraint de repenser sa stratégie hydrique au début des années 2000, sous l'effet d'un assèchement sans précédent du lac. C'est dans l'urgence que le gouvernement israélien construit, entre 2005 et 2016, cinq usines de dessalement le long de la Méditerranée.

Le premier projet de dessalement a émergé en 2005 avec la construction d'une usine au sud du pays, à Ashkelon, permettant initialement de fournir 50 millions de m³/an (ses capacités ont été augmentées à 118 millions de m³). On estime que l'eau dessalée en Israël est passée de 505 millions de m³ en 2013 à 750 millions de m³ en 2020.

En Israël, le dessalement est pris en charge par l'État et ses agences de l'eau. À l'heure actuelle, quatre stations de dessalement de taille moyenne, fonctionnent dans le pays et assurent l'ensemble des besoins en eau de la population. À ces quatre stations qui fournissent déjà 495 millions m³/an s'ajoute l'élargissement de la centrale de Sorek qui fournit de l'eau aux habitants de Tel-Aviv (200 millions de m³/jour additionnels) et la construction d'une nouvelle usine en Galilée (100 millions de m³/jour). Au total, en 2022, les capacités de dessalement du pays devraient atteindre 800 millions de m³/an et subvenir à plus de 80 % de la consommation domestique d'eau. En 2030, l'eau dessalée devrait atteindre 1,2 milliard de m³/an selon le ministère des Finances⁴. La construction de nouvelles usines est régulièrement subventionnée par de grands bailleurs multilatéraux. Par exemple, la Banque européenne d'investissement (BEI) a octroyé un prêt de 150 millions d'euros pour le développement de la centrale de dessalement de Sorek II. D'une capacité de 200 millions de m³ par an, cette centrale deviendra l'une des plus grandes usines de dessalement au monde. Le projet marque une étape importante dans l'industrie du dessalement avec une technologie de pointe permettant de réduire la consommation d'énergie ainsi que les émissions de CO₂.

Capacités de dessalement des usines israéliennes

Usine	Capacité de dessalement	Date de construction
Ashkelon	118 millions m ³ /an	2005
Hadera	127 millions m ³ /an	2009
Sorek (sud de Tel-Aviv)	150 millions m ³ /an	2013
Palmachim	90 millions m ³ /an	
Ashdod	100 millions m ³ /an	2015
Sorek II	200 millions m ³ /an	Annoncée en 2019
Usine en Galilée	>100 millions de m ³ /an	Annoncée en 2020

Source : Gouvernement israélien, www.gov.il.

Le risque de conflits autour de la ressource en eau

Les projections de « crise de l'eau » à venir dans les régions fortement impactées par le changement climatique s'accompagnent de risques géopolitiques accrus. Les barrages font l'objet de fortes tensions. C'est le cas du barrage de la Renaissance qui cristallise les tensions entre le Soudan, l'Égypte et l'Éthiopie, c'est aussi le cas des barrages turcs sur l'Euphrate et

4. Source : gouvernement israélien, www.gov.il.

le Tigre qui impactent la Syrie et l'Irak. Bien que moins étudiées, les infrastructures de dessalement sont également au cœur de négociations entre les États de la région, comme en témoigne le cas jordanien.

La Jordanie, pays d'un peu plus de 10 millions d'habitants dont 2,9 millions de non-ressortissants, fait face à une situation économique dégradée avec une dette publique qui s'élève à 88,4 % du produit intérieur brut (PIB) et 24 % de chômage. Le royaume est fortement impacté par le changement climatique avec des précipitations qui devraient diminuer de 30 % d'ici 2030. Si, la capitale du pays, Amman, est actuellement alimentée par de l'eau puisée dans les nappes à la frontière saoudienne, les projections montrent qu'en 2040, la ville pourrait souffrir d'une pénurie complète d'eau. La pression sur les ressources est amplifiée par l'arrivée massive de réfugiés en provenance des pays voisins : Irakiens, Palestiniens mais aussi Syriens. Par exemple, dans le seul camp de Zaatarî cohabitent plus de 80 000 personnes qui sont alimentées par 65 camions d'eau au quotidien.

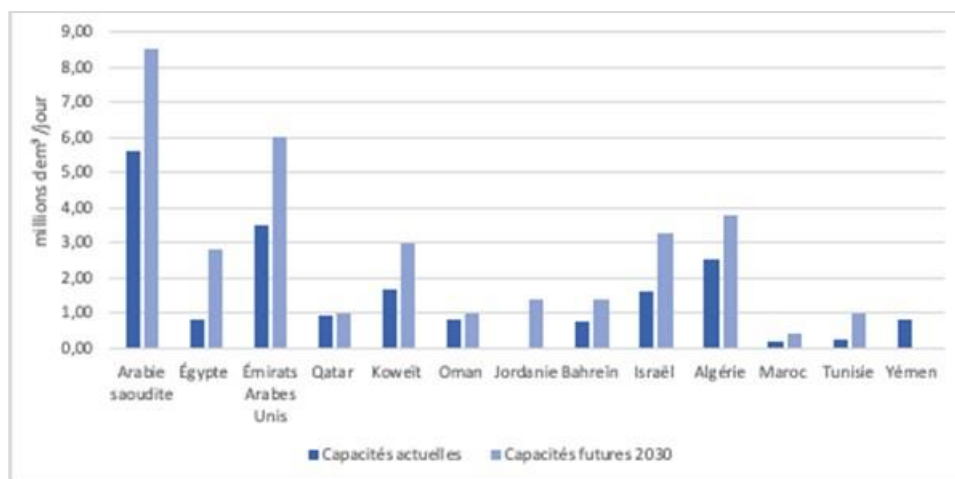
Cette crise de l'eau appelle les pays de la région à renforcer leur coopération, mais surmonter les tensions est un défi. C'est dans ce cadre qu'a été conclu un protocole d'accord tripartite, en 2021, entre Israël, les EAU et la Jordanie, dans le prolongement des accords d'Abraham. En échange de l'installation de panneaux solaires dans le désert jordanien pour fournir Israël en électricité (600 MW), la Jordanie bénéficiera de 200 millions de m³ d'eau dessalée annuels. En plus, il est prévu que Jérusalem verse chaque année 180 millions de dollars à partager entre le gouvernement jordanien et la société émiratie en charge de la construction de la ferme solaire. Ce projet d'accord, qui a été salué en 2022 lors de la visite de Joe Biden aux EAU, n'a pas encore été finalisé et provoque un rejet politique de la part de la population jordanienne, qui s'oppose à toute coopération avec Israël. Lors de l'annonce du projet, plusieurs députés jordaniens ont quitté l'hémicycle en signe de protestation. En parallèle, la construction d'une usine de dessalement dans le golfe d'Aqaba a été annoncée : elle devrait produire entre 250 et 300 millions de m³ d'eau potable par an à compter de 2025 ou 2026.

Très forte croissance des activités de dessalement : projets annoncés à horizon 2030 et 2050

Face aux prévisions de stress hydrique, les États d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (ANMO) s'engagent dans des plans d'action à long terme afin d'augmenter leurs capacités de résilience au stress hydrique. Le développement du dessalement est au cœur de ces plans quinquennaux : dans la grande majorité des pays de la région, les capacités de dessalement vont doubler d'ici à 2030, 2050 au plus tard.

- En Égypte dans le cadre de la stratégie *Égypte 2030* est prévu le développement d'au moins 14 nouvelles usines de dessalement dès 2022, puis une deuxième et une troisième phase pour arriver en 2050 à une capacité de dessalement de 6,4 millions m³/jour avec environ 142 usines. L'Égypte vit actuellement un déficit d'eau majeur estimé à 25 milliards de m³ qui se heurte à une croissance démographique forte.
- Aux EAU, le ministère de l'Énergie et des Infrastructures a dévoilé en 2017 sa stratégie de sécurité de l'eau 2036, *UAE Water Security Strategy 2036*, qui vise à garantir un accès durable à l'eau dans des conditions normales et d'urgence. Ce plan vise notamment à réduire de 50 % la consommation moyenne d'eau par habitant et réduire la demande publique d'eau de 21 %. Ce sont des défis majeurs car la consommation moyenne d'eau par jour y est de 550 litres, un des taux les plus élevés au monde et la demande devraient au total augmenter de 30 % d'ici 2030. Les capacités de dessalement du pays représentent actuellement 14 % du total mondial et 9 % rien que pour Abou Dhabi. La capacité de production d'Abou Dhabi devrait passer de 1,5 million de m³/jour en 2017 à plus de 3,3 millions de m³/jour en 2030. Au total, le pays devrait produire plus de 8,5 millions de m³/jour en 2030, si l'on inclut aussi l'eau saumâtre dessalée.
- L'Arabie Saoudite produit 22 % de l'eau dessalée dans le monde. Le pays dispose d'usines de dessalement qui sont particulièrement puissantes et qui permettent chaque jour de produire plus de 5,6 millions de m³ d'eau douce (2020) et fournissent plus de 70 % des besoins en eau potable du pays. Comme la majorité des États de la région, le royaume saoudien fait face à un double défi : d'une part l'augmentation de la population, qui devrait atteindre 40 millions en 2030, et donc de la demande moyenne en eau qui augmente de 7-8 % par an, d'autre part, la diminution de la ressource, ce qui explique le recours massif au dessalement. Les questions hydriques sont au cœur du plan *Vision 2030* et la stratégie nationale de l'eau qui vise à atteindre en 2030 une production d'eau issue à 90 % du dessalement, la réduction de la consommation en eau du pays de 43 % et la réutilisation, en 2040 de 90 % de ses eaux. Le Plan national pour la conservation de l'eau a été annoncé en 2019. On estime que la capacité de dessalement devrait passer de 5,6 millions de m³/jour à 8,5 millions de m³/jour en 2030.
- Au Qatar, le dessalement a été introduit dès les années 1950 en raison d'un stress hydrique très fort dans le pays. Le Qatar se trouve sous la limite des 1 000 m³ disponibles par an et par habitant en plus d'une croissance démographique élevée avec une population qui devrait passer de 2,6 millions en 2018 à 4,4 millions en 2030. Le plan *Vision nationale 2030* prévoit l'augmentation des énergies renouvelables, la baisse des émissions et le recours à des procédés moins énergivores.

Évolution des capacités de dessalement d'eau de mer au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, en millions de m³/jour



Source : Estimations de l'Ifri selon les données disponibles et les prévisions de construction d'usines.

Un coût du dessalement en baisse ces dix dernières années

L'augmentation des capacités de dessalement s'explique par la raréfaction de la ressource en eau, elle s'explique aussi par la rentabilité croissante de cette technologie.

Le montant du CAPEX (*capital expenditure*) pour une usine de dessalement est estimé entre 0,65 et 1,2 million de dollars américains (\$) pour chaque 100 m³/jour d'eau dessalée, et a largement diminué ces dernières années. Ensuite, on considère que l'énergie nécessaire au dessalement représente deux tiers du montant des OPEX (*operating expense*) de celui-ci⁵.

Selon que l'usine est de type thermique ou par osmose inverse, les coûts d'un mètre cube d'eau dessalée sont sensiblement différents. En effet, la technologie par osmose inverse consomme en moyenne deux fois moins d'énergie, ce qui réduit l'OPEX. Cela n'est pas vrai pour une majorité de pays du Golfe pour qui, en raison de la salinité de leur eau, les procédés thermiques sont plus efficaces et moins dommageables pour les membranes. En règle générale, on considère que plus l'usine est importante plus les coûts de dessalement diminuent. Ainsi, le coût moyen de production d'un mètre cube d'eau dessalée varie entre 0,5 \$/m³ pour des grandes usines à plus de 1,25 \$/m³ pour les plus petites usines.

5. R. Semiat, « Environmental Science & Technology », *Energy Issues in Desalination Processes*, 2008, disponible sur : <https://pubs.acs.org>.

Dernièrement, l'eau dessalée atteint des coûts de production très compétitifs dans les méga-usines du Golfe (plus de 500 000 m³/jour) où le prix du mètre cube réussi à passer sous la barre des 50 centimes : il coûtait 0,47 \$/m³ à Yanbu IV, et 0,32 \$/m³ à Soreq II. Il y a dix ans, ce coût était encore estimé à 1 \$ les 1 000 litres.

Des acteurs industriels très variés, avec un leadership européen

Différents types d'installations répondant à différents besoins

Les installations de dessalement sont diverses. Par leur taille d'abord puisque les 22 000 usines recensées dans le monde comportent aussi bien des très petites usines capables de dessaler moins de 1 000 m³ d'eau par jour, que des usines, notamment dans les pays du Golfe, capables de dessaler plus d'un million de m³ par jour. C'est le cas de l'Usine de Ras al Khair en Arabie Saoudite ou Soreq en Israël.

Il existe plusieurs procédés de dessalement. Il y a d'abord les procédés de dessalement thermiques : le procédé de distillation à détentes étagées (*multi-stage flash*) ; le procédé de distillation à multiples effets (*multi-effect distillation* ou MED). Ensuite il y a les procédés utilisant des membranes à savoir l'osmose inverse et l'électrodialyse. Initialement, la majorité des usines étaient construites sur un modèle thermique, et notamment dans les pays du Golfe car le processus de MED est peu affecté par le degré de salinité de l'eau, qui peut détériorer les membranes. L'osmose inverse représente désormais plus de 70 % des usines et est majoritaire. Enfin, les usines de dessalement répondent à des besoins agricoles, industriels et de consommation. Si à l'échelle mondiale, 70 % de l'eau est dédiée à l'agriculture, 20 % à l'industrie et 10 % aux ménages, la répartition varie selon les régions. Par exemple, au Moyen-Orient l'agriculture représente plutôt 80 % de la demande en eau et le secteur augmente constamment son empreinte hydrique du fait des ambitions de résilience alimentaire⁶.

6. « Gestion de l'eau en agriculture. Gestion des terres et de l'eau », Agence internationale de l'énergie atomique/Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, disponible sur : www.iaea.org.

Les acteurs français et européens sont très présents et intégrés au sein des marchés locaux

Les acteurs européens, notamment les Français et les Espagnols, ont une position de leader sur le marché du dessalement. Leur facilité à réunir des fonds rapidement, leur expertise et leur capacité à s'adapter aux besoins industriels des pays contractants participent au rayonnement de ces entreprises. En France, Veolia et Engie se démarquent par un très fort dynamisme dans leurs activités de dessalement à l'étranger. Après la fusion de Suez et Veolia, les activités de Suez Moyen-Orient ont été ajoutées à celle de Veolia ce qui fait du groupe un acteur stratégique dans la région et lui permet d'envisager de nouvelles perspectives de développement. Quant au nouveau Suez, il se recentre sur l'Afrique, une partie de l'Europe, l'Australie, la Chine et l'Inde. Aux côtés de Veolia, Engie conserve une position de leader dans la région Afrique du Nord/Moyen-Orient (ANMO).

Les sociétés espagnoles se démarquent également dans le paysage du dessalement. Avec plus de 85 usines et environ 5 millions de m³ d'eau dessalés chaque jour, la société espagnole Acciona occupe un espace conséquent sur le marché du dessalement. En 2020, Acciona connaît un franc succès avec des projets en Arabie Saoudite, au Mexique ou encore aux Philippines. Abengoa, autre leader espagnol, continue d'ancrer son positionnement au Golfe et en Israël.

Les acteurs asiatiques, ou locaux, prennent de l'essor

Les entreprises asiatiques rejoignent progressivement le marché du dessalement et font concurrence aux leaders traditionnels du secteur. En Corée du Sud, Doosan Heavy Industries se démarque par une implantation internationale réussie avec plus de 30 usines construites détenues à l'international. Récemment, le coréen a notamment remporté la construction de la très grande usine Yanbu IV en Arabie Saoudite.

En Chine, la Shandong Electrical Power Construction Co (SEPCO), fondée en 1985 et filiale du groupe China Power Construction compte aujourd'hui plus de 85 projets notamment en Arabie Saoudite, Jordanie, Nigeria, Oman, Singapour et en Inde, plus gros marché du groupe. La HEWITT, autre entreprise chinoise, a aussi sécurisé plusieurs projets importants de dessalement en Chine.

Une grande partie des pays qui se trouvent en situation de stress hydrique ont développé une réelle expertise locale sur le dessalement. C'est le cas d'Israël avec l'entreprise IDE qui a construit la totalité des usines du pays et dirige désormais nombreux projets à l'international avec par exemple récemment l'obtention d'un contrat au Chili. En Arabie Saoudite,

la Advanced Water Technologies a triplé ses activités et aux Émirats la société Métito est en plein essor. Ces fournisseurs locaux s'imposent progressivement dans la région par l'obtention de contrats d'envergure pour la construction de méga-usines.

Quelles perspectives face aux crises de la crise de l'eau et de l'environnement ?

La crise de l'eau est définie ici comme l'écart entre les ressources disponibles et la demande croissante en eau. Le déficit d'eau va être multiplié par cinq en 2050 et on estime qu'il faudrait environ 150 milliards de dollars par an pour le résorber, c'est-à-dire pour garantir l'accès universel à l'eau et à l'assainissement. Cela signifie que malgré une gestion adéquate de la demande d'eau potable dans les années à venir, la demande va dépasser l'offre de 40 % d'ici 2030⁷.

Dans un contexte où le respect de l'Accord de Paris impose aux pays signataires de s'engager sur une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et où plus de 130 pays se sont engagés à atteindre la neutralité carbone en 2050, il semble évident que le modèle d'usines de dessalement dopées aux énergies fossiles n'est plus soutenable. Une majorité des pays du Golfe ont décidé d'adopter une stratégie « zéro carbone » à horizon 2050 ou 2060, parmi eux les EAU, l'Arabie Saoudite, Oman et le Bahreïn. Le Qatar s'est engagé à diminuer ses émissions de 25 % d'ici 2030, 23,5 % pour les EAU, et Israël de 27 % en 2030 à 85 % en 2050. L'Arabie Saoudite s'est quant à elle engagée à réduire ses émissions de CO₂ de 278 millions de tonnes d'ici à 2030 (contre environ 600 millions de tonnes émises en 2020⁸). Ces engagements signifient que les usines de dessalement devront progressivement réduire non seulement leurs émissions de GES, mais aussi leur empreinte environnementale.

Cette dernière partie esquisse des solutions pour contrer cette crise de l'eau, à la fois en termes de gestion de la demande que de l'offre d'eau. Deux leviers doivent être utilisés afin de prévenir la crise de l'eau : d'une part la rationalisation de la demande en eau dessalée, d'autre part l'augmentation du recours aux énergies renouvelables.

7. « Ensuring Sustainable Water Management for All by 2030 », World Economic Forum, 16 septembre 2022, disponible sur : www.weforum.org.

8. « Total Greenhouse Gas Emissions (kt of CO₂ equivalent) – Saudi Arabia », World Bank, disponible sur : <https://data.worldbank.org>.

Le dessalement au défi du climat et de la biodiversité

Émissions de gaz à effet de serre

Le dessalement d'eau est une industrie qui émet une quantité importante d'émissions de GES.

Les procédés de dessalement sont très énergivores et leur consommation énergétique varie selon la méthode utilisée. Parmi les méthodes thermiques (25 % des usines) qui sont les plus énergivores ; la méthode MSF (*multi-stage flash*) consomme entre 19,6 et 27,3 kWh par m³ d'eau dessalée ; la méthode MED (*multi-effect distillation*) consomme entre 14,5 et 21,4 kWh pour 1 m³ d'eau dessalé ; et la méthode MVC (*mechanical vapor compression*) consomme entre 7 et 12 kWh pour 1 m³ d'eau dessalée. Les méthodes par membranes ont une consommation énergétique moins élevée : l'osmose inverse consomme entre 2,5 et 3 kWh par m³ d'eau dessalée, et l'électrodialyse consomme entre 2,7 et 5,6 kWh/m³.

Puisque les usines de dessalement fonctionnent majoritairement grâce aux énergies fossiles, leur empreinte carbone est particulièrement élevée. Le calcul énergétique actuel est assez clair : le dessalement de 1 000 m³ (un million de litres) par jour consomme l'équivalent approximatif de 10 000 tonnes de pétrole par an⁹. L'empreinte carbone du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse (RO) a été calculée entre 0,4 et 6,7 kilogrammes de CO₂ équivalent par mètre cube (kg CO₂eq/m³). Cela signifie que le dessalement de 1 000 m³ d'eau de mer pourrait potentiellement libérer jusqu'à 6,7 tonnes de CO₂.

La consommation d'électricité du secteur du dessalement d'eau a été multipliée par trois en Arabie Saoudite pendant la période 2005-2020, pour atteindre environ 6 % de la consommation totale d'électricité du royaume, soit environ 17 TWh en 2020, ou l'équivalent de la production annuelle d'une grosse centrale nucléaire¹⁰. Cette consommation élevée s'explique notamment par le fait que plus de 60 % des usines utilisent la distillation thermique et mobilisent les énergies fossiles en quantité¹¹. Au total, l'approvisionnement en eau d'Israël consomme près de 10 % de la production nationale d'électricité, le dessalement représentant environ 4 à 5 % de la demande énergétique du pays. Bien que ce chiffre soit inférieur à celui des

9. A. Tal, « Addressing Desalination's Carbon Footprint: The Israeli Experience », *Water*, vol. 10, n° 2, février 2018, disponible sur : <https://doi.org/10.3390/w10020197>.

10. Calculs faits sur la base des statistiques de la banque centrale d'Arabie Saoudite, données récoltées en août 2022, disponibles sur : <https://datasource.kapsarc.org>. Notons que cette catégorie statistique inclut aussi l'éducation et la santé.

11. A. Tal, « Addressing Desalination's Carbon Footprint: The Israeli Experience », *op. cit.*

climatiseurs du pays, il est suffisamment important pour soulever des questions sur la durabilité de la révolution du dessalement dans le pays¹².

Au Moyen-Orient, l'Agence internationale de l'énergie a calculé que 5 % de la consommation énergétique totale vient des usines de dessalement avec certaines disparités selon les pays concernant le mix énergétique¹³.

Les énergies renouvelables restent pour le moment faiblement utilisées par le dessalement dans le monde puisqu'une étude menée en 2017 estime qu'elles ne fournissent que 1 % de la demande d'énergie nécessaire au dessalement¹⁴. Ainsi, si la consommation d'énergie varie selon le mix énergétique, le type d'usine et sa taille, on peut néanmoins estimer que chaque année, au moins 120 millions de tonnes de CO₂/an sont dues aux secteurs du dessalement. Le pétrole brut contribuerait par ailleurs quatre fois plus aux émissions de GES que les autres combustibles fossiles utilisés pour le dessalement¹⁵. Les techniques par osmose inverse sont considérées comme étant les moins négatives pour le climat puisqu'elles mettaient entre 2,1 à 3,6 kg de CO₂ par m³ d'eau dessalée tandis que les technologies thermiques se situent plutôt entre 8 à 20 kg de CO₂ par m³ d'eau dessalée.

Rejet de saumures

Après le processus de dessalement, l'eau est séparée en deux parties : le perméat (eau dessalée) et le concentrat. Celui-ci contient une teneur en sel très élevée ainsi que les produits chimiques utilisés dans le pré-traitement et l'entretien des installations. Impropre à tout usage agricole, industriel ou de consommation, cette eau concentrée est, la majorité du temps, rejetée en mer. Chaque litre d'eau potable dessalée produit 1,5 litre de liquide pollué avec du chlore et du cuivre (UNEP) et plus de 80 % des eaux usées générées par le dessalement finissent dans les mers, rivières, lacs et zones humides. L'impact du rejet sur son milieu dépend des caractéristiques hydrologiques de celui-ci et des flux marins. En effet, le rejet de saumure n'aura pas le même impact dans les récifs coraliens des Maldives que dans les océans.

Selon un rapport des Nations unies de 2019, le dessalement d'eau de mer produirait plus de 150 millions de m³ de saumure par jour, hautement chargée en polluants. En plus, 80 % de ces rejets sont faits à moins de 10 km des côtes et se déposent dans les fonds marins. Ces chiffres cachent une grande disparité géographique puisqu'en réalité, plus de 55 % des

12. *Ibid.*

13. M. Walton, « Desalinated Water Affects the Energy Equation in the Middle East », International Energy Agency (IEA), 21 janvier 2019, disponible sur : www.iea.org.

14. M. W. Shahzad *et al.*, 2017, « Energy-Water-Environment Nexus Underpinning Future Desalination Sustainability », *Desalination*, vol. 413, p. 52-64, juillet 2017, disponible sur : [10.1016/j.desal.2017.03.009](https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.03.009).

15. K. Al-Shayji et E. Aleisa, « Characterizing the Fossil Fuel Impacts in Water Desalination Plants in Kuwait: A Life Cycle Assessment Approach », *Energy*, vol. 158, septembre 2018, p. 681-692, disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.077>.

saumures seraient produites par l'Arabie Saoudite, les EAU, le Koweït et le Qatar¹⁶. Cela s'explique notamment car la majorité des usines de ces pays fonctionnent avec l'énergie thermique, c'est-à-dire que 75 % de l'eau salée incorporée est rejetée ensuite sous forme de saumure contre plutôt 50 % pour le dessalement par osmose inverse.

Enfin, une étude de la Banque mondiale qui analyse les conséquences environnementales du dessalement estime que si rien n'est mis en place pour rendre le dessalement plus durable, en 2050 pourrait être atteint un taux de 240 km³ de saumures (contre 40 aujourd'hui) et un volume d'émissions de GES de 400 millions de tonnes de dioxyde de carbone dans le monde (ce qui à titre de comparaison équivaut à peu près au volume des émissions françaises de CO₂ en 2021)¹⁷.

Améliorations technologiques et décarbonation de la fourniture d'énergie

Des progrès ont été faits dans les technologies de dessalement. L'osmose inverse, qui est le procédé le plus utilisé, permet désormais de consommer moins d'énergie, et donc de rejeter moins de CO₂, que les procédés thermiques. Ce constat est la résultante de plusieurs décennies d'amélioration de l'efficacité énergétique des technologies utilisées. Depuis 1970, la consommation énergétique des usines par osmose inverse a été réduite d'un facteur de dix. Un défi perdure afin de protéger la membrane des sels pour améliorer le coût et l'efficacité énergétique du procédé, et la majorité des leaders du marché disposent de départements recherche et développement (R&D) actifs dans ce domaine.

Malgré ces améliorations tangibles, le procédé de dessalement par osmose inverse n'en reste pas moins énergivore, ce qui explique le développement progressif du couplage aux sources d'énergie bas carbone, principalement les énergies renouvelables, dont les coûts de déploiement ont fortement baissé ces dernières années, ou le nucléaire.

L'énergie solaire est considérée comme ayant le plus grand potentiel en tant que source d'énergie renouvelable à long terme pour un dessalement durable. Il existe deux principaux types de dessalement à énergie solaire : l'énergie solaire concentrée (CSP) et le photovoltaïque (PV). Le CSP génère de la chaleur directe et est généralement utilisé pour évaporer l'eau dans le dessalement thermique. Le PV utilise des panneaux solaires pour produire de l'électricité, qui alimente les pompes pour l'osmose inverse. Par exemple,

16. M. Qadir *et al.*, « Economics of Salt-Induced Land Degradation and Restoration », *Natural Resources Forum*, vol. 38, n° 4, 2014, p. 282-295, disponible sur : <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>.

17. « The Role of Desalination in an Increasingly Water-Scarce World », World Bank Group, mars 2019, disponible sur : <https://documents1.worldbank.org> (PDF).

l'usine d'Al Khafji en Arabie Saoudite produit chaque jour 60 000 m³ d'eau dessalée par osmose inverse grâce au photovoltaïque.

Une étude publiée dans le *International Journal of Economics and Management Sciences* souligne le potentiel du dessalement solaire en montrant qu'une usine à osmose inverse alimentée par énergie photovoltaïque peut produire de l'eau à 1,213 \$/m³ alors que pour le moment le coût de production d'une centrale alimentée au fuel lourd oscille entre 1,118 et 1,555 \$. Le coût de production record de 1,75 cents/kWh pour le projet de Sakaka en Arabie Saoudite démontre que les énergies renouvelables peuvent largement rivaliser financièrement avec les combustibles fossiles.

À ce stade, la plupart des projets de dessalement à grande échelle alimentés par des énergies renouvelables sont alimentés par l'énergie éolienne. Le dessalement par l'éolien est particulièrement bien adapté aux communautés côtières et insulaires en raison de la proximité de la source d'énergie, de la source d'eau et de la population utilisatrice. L'éolien est notamment utilisé sur les îles de Gran Canaria et Fuerteventura en Espagne, qui disposent de conditions météorologiques particulièrement adaptées. En Australie, l'usine de Perth est alimentée par l'électricité produite par le parc éolien de 80 MW de Emu Downs Wind Farm. Chaque année, le parc éolien fournit 270 gigawattheures (GWh) au réseau, ce qui compense largement les besoins de 180 GWh par an de l'usine de dessalement. L'énergie houlomotrice est plus difficile à exploiter. Un projet novateur en Australie a vu le jour en 2014 afin de produire de l'eau douce et de l'électricité à partir de l'océan. Le Cap-Vert est aussi sur le point de voir naître un projet de dessalement par les vagues. Les usines de dessalement peuvent également être couplées avec des générateurs nucléaires et l'installation en cours de trois centrales nucléaires sur le réseau émirien ouvre la possibilité de couplage avec des usines de dessalement. Le couplage solaire et éolien présente un potentiel très prometteur.

Toutefois, seulement 1 % des usines de dessalement utilisent de l'énergie renouvelable actuellement¹⁸. La Global Clean Water Alliance, qui a été fondée par l'International Desalination Association, s'est fixée pour objectif qu'entre 2020 et 2025, au moins 20 % des nouvelles centrales de dessalement soient alimentées par les énergies renouvelables. En Australie, la totalité des nouvelles usines de dessalement doivent fonctionner avec des énergies renouvelables.

Des obstacles demeurent. D'abord il y a la question de l'intermittence, c'est-à-dire de la non-adéquation entre l'offre et demande d'énergie due à la dépendance de la production aux conditions météorologiques. C'est une

18. M. W. Shahzad *et al.*, 2017, « Energy-Water-Environment Nexus Underpinning Future Desalination Sustainability », *op. cit.*, p. 52-64.

problématique qui se pose surtout pour le dessalement solaire (PV) et pour l'éolien.

Le stockage d'énergie devient une exigence pour le fonctionnement ininterrompu et fiable des usines de dessalement, mais les batteries sont considérées comme une solution encore chère et pas forcément adaptée. Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour pallier cette question de l'intermittence : le coupage solaire et éolien (qui requiert que les conditions requises soient réunies), complété par une connexion au réseau (et un verdissement de l'électricité produite sur le réseau) ; le stockage thermique, comme *via* les centrales d'énergie solaire concentrée qui peuvent stocker de la chaleur de façon à continuer de fonctionner même sans soleil. « Actuellement, la plupart des systèmes de stockage thermique sont efficaces entre 8 et 16 %. Dans dix ou vingt ans, les améliorations techniques devraient augmenter l'efficacité de 15 à 25 % », selon la Banque mondiale (2019). Ou encore, l'installation d'un stockage de l'eau. Il est aussi possible de construire des tours d'eaux afin de stocker le surplus produit en journée et de le restituer la nuit.

L'urgence de rationaliser la demande en eau dessalée

Diminution des pertes en réseau

Il est urgent de diminuer les pertes sur les réseaux de distribution d'eau douce. La perte totale d'eau est calculée en soustrayant la quantité d'eau facturée ou consommée de la quantité d'eau produite. Le Moyen-Orient se caractérise par des pertes en réseau particulièrement importantes qui sont estimées entre 30 à 50 % dans les zones urbaines. Cela signifie que sur 1 000 m³ d'eau dessalée produite, seulement 500 m³ à 700 m³ arrivent aux consommateurs. En Arabie Saoudite, en 2018, 474 millions de m³ ont fui soit environ 40 % de la production totale. Les pays d'Afrique du Nord expérimentent aussi ce problème.

Au défi économique s'ajoute un problème environnemental dans une région où les ressources sont déjà rares. L'exemple de Malte est intéressant pour comprendre l'enjeu de la diminution des pertes en réseau. En effet, l'île a installé des stations de dessalement dans les années 1990 mais a très vite dû faire face à un taux important de fuites alors même que la demande d'eau dessalée augmentait. La Water Services Corporation (WSC) a lancé une politique de diminution des pertes sur le réseau, couplée à la baisse de la consommation énergétique des usines. Le programme, qui a permis de faire passer les pertes de 4 000 m³/heure en 1995 à 450 m³/heure environ aujourd'hui, a permis d'éviter la mise sur pied de deux nouvelles usines de dessalement qui avaient été commissionnées. Le Qatar est aussi un bon élève avec un taux de fuite qui atteignait 30 % en 2011 et a été largement

réduit depuis. De même, Israël se démarque par des taux de fuite quasiment nuls grâce à une surveillance aiguë des réseaux. De nouvelles technologies de détection et colmatages des fuites sont développées, notamment par des sociétés italiennes, où le problème est aussi majeur¹⁹.

Dès lors, avant de s'engager sur la construction de nouvelles usines, il est impératif de mettre en place des politiques efficaces d'analyse des pertes et des fuites sur les réseaux de distribution. Cela va de pair avec une gouvernance claire et transparente des ressources, ce qui n'est pas le cas dans une majorité de pays notamment au Moyen-Orient où une superposition d'échelons administratifs nuit à l'efficacité des politiques publiques. Enfin, réduire progressivement les subventions et développer une stratégie de collecte et traitement des eaux.

Transformation de l'agriculture

Pour rationaliser la demande d'eau, il convient également de transformer les modèles agricoles des pays qui consomment de l'eau dessalée. En effet, au-delà des pertes en réseau il est fréquent de constater que le secteur agricole consomme une quantité massive d'eau sans nécessairement mettre en place des politiques de préservation de la ressource. Au Moyen-Orient ou en Afrique, l'agriculture représente une part très importante de la quantité globale d'eau consommée, alors même que souvent les populations locales en sont dépourvues. Dans les pays du Moyen-Orient, plus de 85 % de l'eau douce est consommée par l'agriculture contre plutôt 70 % dans le monde²⁰. Par exemple, en Arabie Saoudite, on considère que les politiques agricoles et les méthodes d'irrigation utilisées depuis les années 1980 ont été liées à la perte des deux tiers de l'approvisionnement en eau souterraine du pays.

Dans un contexte de raréfaction de l'eau et de hausse de la demande, le secteur agricole doit rationaliser sa consommation. Israël est un exemple de réussite. En 1965, une entreprise du pays invente le goutte-à-goutte, une technologie qui depuis n'a cessé de se développer et bénéficie aujourd'hui à 75 % des plantations agricoles israéliennes contre 5 % en moyenne dans le monde. En plus de ce contrôle du volume d'eau irrigué, les agriculteurs ont recours à de l'eau usée recyclée pour alimenter les cultures ; dans le pays, le taux de recyclage atteint 87 % contre 20 % en moyenne ailleurs. L'essor des relations économiques entre Israël et les EAU est ainsi porté notamment par le secteur de l'agrotech israélien, qui vient offrir des solutions aux Émirats qui entendent développer leur secteur agricole pour devenir plus résilient. Plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- D'abord, augmenter les capacités de recyclage des eaux usées.

19. O. Bonnel, « En Italie, la vétusté des canalisations responsable d'un gaspillage d'eau permanent », *Le Monde*, 14 août 2022, disponible sur : www.lemonde.fr.

20. Source : Banque mondiale, 2015.

- Améliorer l'irrigation en prenant exemple sur Israël et sur la « smart irrigation » qui permet, grâce aux nouvelles technologies, un contrôle précis des quantités d'eau utilisées pour les cultures. Un projet mené à Lhassa en Arabie Saoudite démontre une diminution de 44 % de la consommation d'eau et une augmentation de 21 % dans la croissance des plantes.
- En plus d'une irrigation plus efficiente et ciblée, les besoins en eau de l'agriculture peuvent être réduits en modifiant les usages traditionnels. Les cultures verticales sont un exemple d'agriculture à faible consommation d'eau. La ferme de Al Quoz à Dubaï qui produit 18 variétés de micro-pousses en est un bon exemple.

Un autre enjeu est aussi celui du degré de salinité de l'eau. Un certain nombre d'études ont montré que l'eau dessalée, malgré son caractère propre à la consommation, a parfois des effets néfastes sur la qualité des cultures. Le dessalement par osmose inverse est considéré comme la meilleure solution.

Une meilleure utilisation de l'eau utilisée par les systèmes de culture agricole et d'irrigation pourrait permettre de pallier environ 20 % de l'écart entre l'offre et la demande d'eau. Les 80 % restants devant être comblés par des systèmes de dessalement « renouvelable » (Banque mondiale).

Maîtriser les rejets de saumures

En mars 2019 l'Assemblée des Nations unies pour l'environnement a adopté une résolution sur la protection du milieu marin contre les activités terrestres. La protection et la restauration des écosystèmes contre l'impact de l'eau, de l'air et d'autres types de pollution est un principe clé de la Décennie des Nations unies pour la restauration des écosystèmes 2021-2030 et de la Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030).

De plus en plus de chercheurs soulignent cependant le potentiel des saumures qui présentent une concentration en lithium importante. Elles permettraient par exemple d'augmenter sensiblement la rentabilité de l'aquaculture pour la production de spiruline ou l'extraction de minéraux. Veolia se distingue par des efforts d'innovation dans ce domaine. À Oman, sur le site de Sur, situé à trois heures de la capitale, l'entreprise a mis en place un certain nombre de politiques visant à protéger la biodiversité et à s'adapter à l'environnement local : recherche sur la réutilisation des saumures, mesures de filtration de l'eau afin de protéger les espèces marines et création d'un récif artificiel.

Pour les États en crise : le dessalement comme solution de dernier recours

Solutions modulables à installer notamment dans les zones reculées et les États insulaires

Un certain nombre de régions, notamment celles en développement et les zones insulaires, sont éloignées des réseaux énergétiques, ce qui nécessite l'installation de solutions de dessalement modulables et décentralisées. Dans ces régions, le coût de l'expansion du réseau électrique à court terme pour alimenter le plan de dessalement avec de l'électricité conventionnelle est plus élevé que l'établissement de sources d'énergie renouvelables. Le même phénomène se produit pour les installations de dessalement plus anciennes qui sont moins éco-énergétiques que les nouvelles usines d'osmose inverse. Les systèmes de dessalement à petite échelle (aussi appelés systèmes de dessalement modulaires) et rapidement déployables ne nécessitent aucune connexion au réseau et ont donc un rôle important à jouer pour atténuer la pénurie d'eau tout en ayant un impact minimal sur le réchauffement climatique. Pour le moment ces systèmes à petite échelle sont encore 1,5 à 3 fois plus coûteux (*Low Carbon Desalination Report*, 2016) mais la baisse du coût des photovoltaïques ces dernières années améliore sensiblement leur compétitivité.

Par exemple, en Arabie Saoudite, Suez (désormais Veolia) a installé des unités modulaires en containers.

Certains projets se démarquent par leur caractère innovant. C'est le cas de la *start-up* française Mascara Renewable Water qui, avec son procédé OSMOSUN®, permet un dessalement par batteries grâce à l'énergie solaire : cette solution associe le dessalement par osmose inverse à une énergie décarbonée. L'entreprise développe des unités 100 % autonomes qui dessalent entre 1 à 10 000 m³ par jour d'eau de mer ou d'eau saumâtre. Pour pallier le problème de l'intermittence, il est possible de connecter ces unités à une source alternative d'électricité. Installées à Bora Bora, au Cap-Vert ou encore à Madagascar, ces unités sont particulièrement adaptées aux besoins des territoires insulaires qui ont, pendant un temps, été jusqu'à envisager l'approvisionnement en eau douce par bateau.

Dans le parc national des Komodo en Indonésie, cette solution a permis d'apporter de l'eau à plus de 400 familles qui jusque-là vivaient dans une précarité hydrique forte car l'île ne dispose que d'eau saumâtre et d'aucune source d'eau douce exploitable. Un générateur solaire a été installé (5 kWc) afin d'alimenter en énergie l'unité OSMOSUN® et permettre une production d'eau « verte », vendue à un prix inférieur à l'alternative locale qui consistait à aller acheter de l'eau sur la terre ferme.

L'archipel des Maldives n'est pas exempt de ces problématiques. Déjà, 39 îles disposent de systèmes d'approvisionnement en eau dessalée et plus de 80 îles ont commandé des systèmes de dessalement en complément. À terme, tout l'archipel devrait être pourvu d'installations de dessalement. La majorité des stations touristiques opérationnelles ont d'ores et déjà leurs propres infrastructures.

L'enjeu du financement

L'établissement d'usines de dessalement dans des zones de fort stress hydrique peut-être subventionné et soutenu par divers acteurs : banques de développement, organisations non gouvernementales, opérateurs d'États tiers. Il est crucial que le financement de programmes de développement soit conditionné à la soutenabilité des projets en question, à la lumière de l'Agence française de développement (AFD) qui a décidé de rendre 100 % de ces programmes conformes avec les Accords de Paris. La mise en conformité de l'ensemble des grands bailleurs avec les Accords de Paris est une des clés pour renforcer la durabilité du dessalement.

Conclusion

L'industrie du dessalement a depuis deux décennies le vent en poupe. Les besoins ne cessent d'augmenter, tirés à la hausse par la croissance démographique, le changement climatique et la raréfaction des ressources disponibles. Ces besoins sont désormais renforcés par les enjeux de souveraineté et de résilience agricole.

Depuis dix ans se développe une industrie de dessalement importante, dynamisée par les acteurs européens d'abord, complétés ensuite par des acteurs asiatiques, puis par de nouvelles entreprises « locales » qui occupent un espace de plus en plus important dans leur pays d'origine. En parallèle de ces mastodontes capables de mener à bien de très grands projets de dessalement, on trouve donc des plus petites entreprises capables de développer des solutions modulaires et adaptables à différents besoins. Mais le dessalement pose deux problèmes :

- le rejet de saumures dans les mers et les océans ;
- la consommation importante d'électricité des usines et donc le rejet potentiellement très élevé d'émissions de GES liés aux énergies fossiles utilisées pour produire l'électricité.

Ces problématiques sont bien connues des acteurs et des utilisateurs de ces technologies qui amorcent progressivement une réflexion sur l'usage de l'eau dessalée et sur les technologies de dessalement.

Il convient d'abord d'agir sur la demande : il est urgent de mettre fin aux pertes d'eau sur les différents réseaux. Ces pertes, mal mesurées et mal prises en charge sont occultées et parfois même, certains pays préfèrent annoncer la construction de nouvelles usines plutôt que de les prendre en charge. Il est urgent d'y mettre fin et de faciliter le partage de bonnes pratiques, à la fois institutionnelles, réglementaires et techniques, en s'appuyant sur l'expertise déjà développée. Ensuite, vient la question de la consommation de l'eau qui doit également faire l'objet de politiques ciblées : vers les consommateurs pour inciter à réduire les consommations inutiles, vers les acteurs agricoles pour inciter à des politiques ambitieuses de réutilisation et d'efficience de la ressource, mais aussi vers les industriels qui doivent prendre des engagements ambitieux et à la hauteur pour réduire l'empreinte hydrique de leur chaîne de valeur.

Ensuite, si l'offre d'eau conventionnelle ne suffit plus, l'offre d'eau non conventionnelle, c'est-à-dire dessalée, doit être le plus durable possible. Les méthodes par osmose inverse doivent être privilégiées mais cela ne suffit pas. Les usines de dessalement ne peuvent pas continuer à s'appuyer sur les

énergies fossiles comme c'est le cas actuellement dans les pays du Golfe. Deux solutions peuvent être conciliées :

- le développement massif des énergies renouvelables ;
- la comptabilité du mix énergétique des pays contractants avec les objectifs de l'Accord de Paris. Autrement dit, les usines de dessalement ne peuvent pas continuer à être branchées sur des réseaux alimentés aux énergies fossiles.

Les échéances de la COP27 à l'automne sous présidence égyptienne, puis la Conférence des Nations unies sur l'eau en 2023 et la COP28 qui se tiendra aux EAU sont des opportunités clés pour faire avancer l'agenda sur les problématiques hydriques. Il est primordial que l'accès à l'eau dessalée ne devienne pas une nouvelle cause d'aggravation du changement climatique et de destruction de la biodiversité.



27 rue de la Procession 75740 Paris cedex 15 – France

Ifri.org