

<b>THÉMATIQUE(S) SMILO</b>
<b>Eau</b> <b>Alimentation en eau de mer</b>
<b>TITRE ET LIEU DE LA BONNE PRATIQUE</b>
<b>Usine de dessalement de l'eau de mer à osmose inverse et à l'énergie solaire</b> l'île de Bequia
<b>DATE DE MISE EN LIGNE</b>
10/10/2017

## DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

### Description de la méthode :

L'île caribéenne de Bequia ne possède aucune source d'eau douce de surface ou d'eaux souterraines. Les habitants de Bequia dépendent de la récupération des eaux de pluies, grâce à des systèmes de collecte par foyer, et en période de disette l'eau est transportée par barge, bien qu'en temps normal, aucune eau ne soit apportée par bateau sauf celle de bateaux privés avec leur propre unité de dessalement embarquée (comm.pers. Belmar). Cependant, les périodes de sécheresse sont plus longues et l'élévation du niveau de la mer menace les aquifères par intrusion d'eau salée.

(Climate Compliance Conference ; SPACC, 2012)

De plus, les systèmes de récupération d'eau de pluie sont très rudimentaires et ne permettent une alimentation qu'en période de pluies (comm.pers. Personn).

### Enjeu(x) et objectif(s) concerné(s) :

L'enjeu principal d'alimentation en eau douce concernait la population de la communauté de Paget Farms qui dépend exclusivement de la récupération d'eau de pluies pour son alimentation. Certains possèdent des cuves de stockage souterraines, d'autres des cuves plastiques en surface, et enfin les habitants doivent parfois acheter de l'eau transportée par barge depuis Kingstown. L'usine de dessalement de l'eau de mer devait donc alimenter en priorité cette partie de l'île. (SPACC, 2012) La demande en eau dessalée est saisonnière puisque de juin à décembre durant la saison des pluies, les habitants s'alimentent grâce à la récupération d'eau de pluies (comm.pers. Belmar).

### Matériel nécessaire :

L'usine de dessalement de l'eau de mer à osmose inverse s'est accompagnée de l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur le toit d'un hangar à l'aéroport, connecté au réseau national. Un système de stockage de l'eau a également été mis en place.

Les unités de dessalement comprennent souvent un kit minimum de réparation des pompes sur place pour permettre de relancer la production d'eau douce avant réparation complète. Les membranes étant nombreuses, même en cas de défaillance de certaines, la production reste toujours comprise entre 80 et 90% de la capacité nominale. (comm.pers. Riot)

### Lieu de mise en œuvre :

La durée de vie des membranes en utilisation continue est de plus de 5 ans pour un coût de plus en plus faible : une taille standard de membrane coûte environ 1000 euros et on en compte environ 8 à 12 pour une petite unité, jusqu'à 80 pour de grandes unités. Le remplacement des membranes représente donc un coût négligeable par rapport au coût initial de la machine (comm.pers. Riot).

### Durée :

L'usine se situe à proximité du littoral et de la communauté à alimenter en eau potable. Les panneaux solaires sont quant à eux installés à l'aéroport de l'île.

## Etapes:

Installation solaire :

Pour l'installation des panneaux solaires photovoltaïques, un accord de rachat a été signé avec le gestionnaire du réseau électrique national. Toute l'énergie nécessaire pour le fonctionnement de l'usine de dessalement est garantie, et le surplus d'énergie produit est transmis au réseau de l'île et donc racheté par la société locale d'électricité VINLEC. Le système solaire a été conçu pour délivrer au minimum 115 000 kWh par an alors que l'usine de dessalement n'en nécessite que 80 000 kWh, ce qui permet la revente d'une partie importante de l'électricité et finance donc en partie les coûts de fonctionnement de l'unité de dessalement. La mesure des performances des panneaux solaires a même pu montrer qu'ils produisent au moins 30% de plus que ce qui avait été prévu (comm.pers. Personn).

330 panneaux solaires ont été installés sur le toit de l'hangar. Les panneaux photovoltaïques ont une puissance de 230W et produisent entre 106 580 kWh/an et 134 000 kWh/an (SPACC, 2012 et comm.pers. Personn), ce qui représente entre 55 et 60 kWh d'énergie par jour envoyée directement sur le réseau électrique (comm.pers. Belmar).

Unité de dessalement :

Il s'agit d'une usine conçue pour environ 1000 habitants (soit l'estimation de la population de Paget Farms d'ici 2018). L'usine doit fonctionner à environ 65% de sa capacité pour fournir de l'eau aux 1000 habitants, qui sont répartis en 200 foyers avec une demande de 100 litres/personne/jour (SPACC, 2012). Elle peut ainsi produire jusqu'à 132 000 litres par jour alors que la demande de Paget Farm est de 36 000 litres par jour (comm.pers. Personn). L'usine a donc été dimensionnée en cas d'augmentation de la population locale durant sa durée de vie.

Pour l'instant, la plus grande demande en eau dessalée provient de l'hôpital, de la clinique, des commissariats, des écoles et des autres bâtiments publics (comm.pers. Belmar).

« Le procédé consiste à faire passer de l'eau de mer à travers une membrane si fine qu'elle permet de retenir les sels dissous et d'obtenir de l'eau douce » (Flach, 2014).

L'usine peut produire 5.5 m<sup>3</sup>/h (SPACC, 2012).

Cette usine, comme beaucoup d'autres, est équipée d'un récupérateur hydraulique d'énergie qui lui permet de consommer environ 3 kWh/m<sup>3</sup> d'énergie au lieu de 9 sur des installations traditionnelles (comm.pers. Riot).

Réseau de stockage et de distribution :

A l'origine, un système de stockage a été construit avec une cuve de 16 000 litres et une autre cuve de 90 000 litres. Ensuite, une autre cuve de 152 000 litres et une autre cuve de 115 000 litres environ au niveau de l'usine de dessalement ont été rajoutées, ce stockage permettant de répondre aux besoins des habitants au Sud de l'île (comm.pers. Belmar). Cependant, le réseau de distribution n'a pas encore été construit et les usagers viennent s'alimenter en eau avec des camion-citerne et des jerricanes (comm.pers. Belmar).

# ILLUSTRATION DE LA MÉTHODE



Hangar de l'aéroport de Bequia avec les panneaux photovoltaïques installés sur le toit.

© (SPACC, 2012)



Vue extérieure et intérieure de l'unité de dessalement à Bequia

© (SPACC, 2012)



Vue aérienne de la communauté de Paget Farms montrant approximativement les emplacements de l'usine

© (SPACC, 2012)

# MOYENS EMPLOYÉS

## Acteurs impliqués et partenaires associés :

L'usine a été construite dans le cadre du programme d'adaptation au changement climatique de Bequia en 2012 mené par la Banque Mondiale, le Fonds pour l'Environnement Mondial (GEF), et le Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC). Le programme comprenait également l'installation du réseau de distribution d'eau sur l'île.

L'usine a été construite par l'entreprise américaine Flowtronex PSI Inc.

## Moyens mis en œuvre :

L'usine de dessalement est gérée par le Central Water and Sewerage Authority (CSWA). Trois habitants de Paget Farms ont été formés comme opérateurs de l'usine.

L'installation d'un tel système sur l'île de Bequia a nécessité un investissement de 854 944, 22 dollars US.

Le CCCCC a conduit le projet grâce à une subvention de la Banque mondiale, avec des fonds du GEF.

L'usine de dessalement et les panneaux solaires sont maintenant la propriété du Ministry of Health, Wellness and the Environment (MoHE). Il n'y a pas actuellement de taxe sur l'eau à Bequia et une grille tarifaire n'a pas encore été établie : pour l'instant, certains usagers payent 0,10 dollars caribéens par gallon (environ 3 litres), ce qui contribue à financer les coûts de maintenance (comm.pers. Belmar).

De façon plus générale, les unités de dessalement produites en France par SLCE Watermakers par exemple coûtent entre 4000 euros pour des unités de 30 litres/h à 700 000 euros pour des unités de 1000 tonnes/j. Le coût de revient, en prenant en compte la consommation énergétique, est ensuite compris entre 1,5 et 2 euros/m<sup>3</sup> pour les unités comprises entre 100 et 1000 tonnes. (comm.pers. Riot)

## Suivi mis en œuvre :

D'un point de vue sanitaire, l'eau dessalée à Bequia n'est pas traitée, seulement filtrée avant dessalement, et est considérée potable par de réguliers contrôles des Central Water and Sewerage Authorities (comm.pers. Belmar).

D'un point de vue économique, les recettes générées par la revente au réseau de l'énergie supplémentaire produite par les panneaux photovoltaïques couvrent les coûts d'exploitation et d'entretien.

# RETOURS D'EXPÉRIENCES

## Justification du choix de la méthode :

Les habitants de Bequia s'alimentaient en eau principalement grâce à des systèmes de collecte individuels d'eau de pluies, ce qui représentait jusqu'à 30% du coût de construction d'une maison. Au-delà de ce problème de coût, la saisonnalité de l'eau de pluies, le changement climatique et l'allongement des périodes de sécheresse menaçait la pérennité de l'alimentation en eau des habitants de l'île.

## Facteurs clés de succès et d'échecs :

Dans le cas de Bequia, le système mis en place a reçu en 2015 le National Energy Globe Award. Le système permet de produire une eau d'haute qualité pour un coût de 5,82 dollars US pour environ 3800 litres, en comparaison la même quantité d'eau sur l'île principale de Saint Vincent, où l'eau de surface est utilisée, est produite pour 8,32 dollars US (comm.pers Personn). Le système s'est donc avéré adapté aux problèmes de fourniture en eau des îles Grenadines, et avec des bénéfices sociaux et économiques importants (comm.pers. Personn). Les recettes obtenues par la revente d'électricité permettent de rembourser au fur et à mesure les coûts d'investissement initiaux.

La combinaison usine de dessalement-énergie solaire est viable pour 1000 habitants et répliquable sur d'autres sites (Espino et al., 2011). Ce système est notamment répliquable ailleurs dans les Caraïbes, pour des îles avec les mêmes problèmes de stress hydrique. Cependant, du côté des inconvénients, ils ont constaté que l'environnement côtier salé était corrosif et augmentait les éléments rouillés à traiter. De plus, l'exposition forte aux UV est néfaste pour les structures en fibres de verre d'une des cuves de stockage et des cuves pour filtrer l'eau. Pour retarder la dégradation de ces structures, il est nécessaire de les traiter avec un enduit ou une peinture protectrice régulièrement. Enfin, la pompe d'eau salée est fabriquée en fonte, l'eau salée peut ainsi l'endommager, et provoquer des maintenances et arrêts de la pompe fréquents. Il vaut donc mieux des pompes en acier inoxydable ou en laiton pour éviter la corrosion. (comm.pers. Belmar) Pour les pompes de gavage, il est également possible d'utiliser des pompes en polypropylène, inertes à l'eau de mer, comme c'est utilisé à Bora Bora. Quant aux pompes haute pression, de l'inox duplex, développé à l'origine pour l'industrie offshore peut être utilisé. (comm.pers. Riot)

De façon générale ensuite, le dessalement de l'eau de mer a depuis longtemps des avantages, mais aussi des inconvénients (Robert, 2014) :

- Du côté de l'avantage premier, la ressource en eau de mer est inépuisable.
- Du côté des inconvénients, le système était très énergivore. De plus, il peut être polluant : rejet de saumure dans le milieu naturel, nettoyage des membranes à l'acide...

Les rejets de saumure en milieu naturel représentent le double du volume qui est produit : par exemple pour une production de 10 m<sup>3</sup>/h, le rejet est de 20 m<sup>3</sup>/h. Plus l'unité est grande, plus le rejet sera important et problématique pour le milieu puisqu'il n'aura pas le temps de se diluer dans l'eau du milieu. (comm.pers. Riot)

On note cependant des évolutions récentes qui permettent d'atténuer les inconvénients, en utilisant des énergies renouvelables et en atténuant la pollution.

L'alimentation de l'usine en énergie solaire permet donc de compenser les inconvénients énergétiques de ce système. De plus, la demande en énergie des usines a considérablement diminué, il y a 10-15 ans, un tel système requérait 9 kWh/m<sup>3</sup>, aujourd'hui il n'en faut plus que 3 kWh/m<sup>3</sup> grâce aux systèmes de récupération d'énergie (comm. pers. Riot).

Pour ce qui concerne la pollution, elle peut être atténuée avec des cuves de récupération des eaux de nettoyage, puis avec le rejet maîtrisé de la saumure avec la possibilité de la traiter par lagunage ou encore de la diluer au niveau des courants marins. Il faut savoir que la saumure est une eau salée à 50 g/L qui se dilue dans une eau de mer à 35 g/L. Enfin, les membranes sont désormais en polysulfone (au lieu de l'acétate de cellulose) et ont une durée de vie de plus de 5 ans en utilisation continue.

Pour toutes les unités de dessalement, il faut être vigilant sur la maintenance des installations. Les installations sont souvent simples et robustes mais nécessitent une maintenance préventive. De plus, le choix du lieu d'installation et du lieu de pompage en mer sont centraux. Lorsque c'est possible, il est avantageux de réaliser un forage à environ dix mètres de la mer pour profiter de la filtration naturelle des roches lorsque l'eau de mer s'infiltre jusqu'au forage. L'eau pompée sera ainsi peu turbide, ce qui permet de prolonger la durée de vie des membranes. De plus, de cette façon, le forage n'est pas exposé aux mêmes intempéries qu'en mer et est plus stable. (comm.pers. Riot)

## INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES:

Des unités de dessalement à osmose inverse à taille réduite et fonctionnant au gasoil :

L'usine de dessalement de Bequia est destinée à 1000 habitants, on peut donc présenter à une autre échelle l'usine de dessalement de Sein en Bretagne, île habitée par moins de 200 habitants. L'eau y étant peu salée, la consommation énergétique de l'usine est de 2,8 kWh/m<sup>3</sup>. L'usine est utilisée une semaine par mois environ puisque l'île dispose d'une capacité de stockage de deux mois. L'unité de dessalement à osmose inverse produit 120 m<sup>3</sup>/j d'eau douce pour une consommation qui atteint en période de pointe en été 40 m<sup>3</sup> par jour (avec une fréquentation touristique à la journée en été de 1500 personnes), ce qui reste faible en comparaison de la consommation sur le continent qui se situe entre 80 et 100 m<sup>3</sup>.

Le coût de revient pour la production de cette eau douce est de 2 euros/m<sup>3</sup>, cependant le prix de vente a été maintenu à l'ancien coût de production de l'eau dessalée par des bouilleurs afin de décourager l'augmentation des consommations et de financer en partie l'exploitation de l'usine. Les bouilleurs consommaient 25 litres de gasoil par m<sup>3</sup> d'eau produit contre 1 litre aujourd'hui avec l'unité à osmose inverse et récupérateur d'énergie. Une unité sans récupérateur d'énergie consommait quant à elle 2,5 litres de gasoil par m<sup>3</sup>. Le pompage de l'eau de mer sur l'île se fait dans la baie où l'eau est plus calme, tandis que le rejet s'effectue directement en mer où la saumure est plus facilement diluée dans l'eau.  
(comm.pers. Riot)

Des unités de dessalement à osmose inverse fonctionnant au fil de l'énergie solaire :

La start-up française Mascara a élaboré un système breveté d'unités de dessalement à osmose inverse qui fonctionne au fil de l'énergie solaire, soit sans stockage d'énergie, mais avec un stockage d'eau. Ce système a été pensé pour des territoires isolés, non reliés à des réseaux d'électricité ou d'eau, comme des petites îles. Les unités produisent entre 1 et 600 m<sup>3</sup> d'eau potable par jour. Mascara fournit l'unité de dessalement, l'installation solaire et la cuve de stockage de l'eau, tous dimensionnés selon les contraintes des lieux. Il existe aujourd'hui deux sites pilotes : un à Abu Dhabi, produisant 40 m<sup>3</sup>/j et un à Bora Bora, produisant 80 m<sup>3</sup>/j.

L'unité fonctionne 8 heures par jour, la puissance de la machine suivant la puissance énergétique solaire disponible. Il s'agit donc d'unités surdimensionnées puisque ne fonctionnant qu'une partie du temps. L'eau est ensuite stockée dans un réservoir sous pression d'environ 100 litres comme réserve pour les périodes de non ensoleillement. Pour des unités de 300 m<sup>3</sup>/j, la consommation énergétique est estimée par exemple à 4 kWh/m<sup>3</sup>. Plus l'ensoleillement est faible, plus il faudrait de panneaux solaires, mais ce type d'installations peut tout à fait fonctionner dans des endroits tempérés comme le Sud de la France.

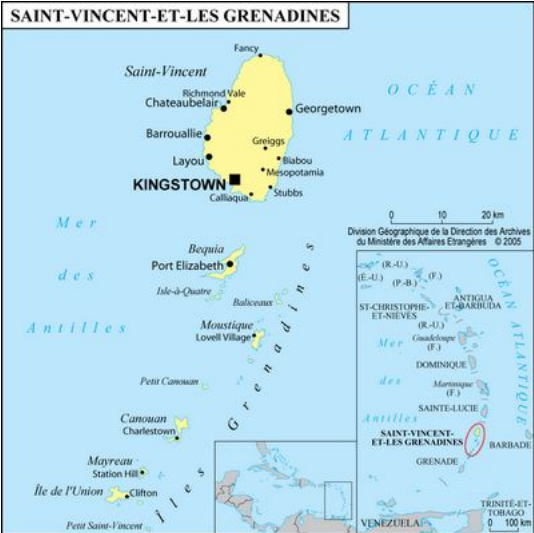
Une attention particulière a été portée aux rejets de saumure de ce système pour qu'ils soient à faible salinité et non impactant sur les milieux naturels. Il rejette une eau à 45 g de sel par litre, contre 70 à 80 g pour un système de dessalement traditionnel qui récupère plus de pourcentage d'eau douce.

Concernant la maintenance, elle est simple et courante, comme des changements de filtres, puisque tout le fonctionnement est automatisé et télé-suivi à distance.

Ce type de système coûte environ 3000 à 3500 euros par m<sup>3</sup>/j. Les coûts d'exploitation sont ensuite faibles comme l'énergie est solaire et donc gratuite. Cela est d'autant plus intéressant pour des lieux reculés où l'énergie est souvent chère. Le retour sur investissement se fait ainsi en 3 à 5 ans dans ces endroits isolés. De plus, les premiers retours d'expérience à Abu Dhabi montrent que la consommation énergétique de l'installation est même 15% plus faible que prévu.

(comm.pers. Vergnet)

## ÉLÉMENTS DE PRÉSENTATION DU SITE

Localisation du site		Superficie		
Archipel des Grenadines, dans les Caraïbes. Saint-Vincent-et-les-Grenadines 		18 km <sup>2</sup>		
Nombre d'habitants		Flux de visiteurs sur le site		
A l'année	Saisonnier	Touristes	Usagers	Autres
5000 habitants (2008)	NC	Environ 20 000 visiteurs par an	Plaisanciers, Plongeurs, Pêche à la baleine traditionnelle des habitants	
Accessibilité du site				
Capacité d'accueil		Autorisations pour débarquer		
Aéroport à Paget Farms, réguliers ferries		NC		
Descriptif topographique et climatique				
Morphologie, topographie terrestre et maritime		Climat et précipitations		
Point culminant à 268 mètres		Accessible librement depuis Kingstown, sur l'île principale de l'archipel		
Contraintes et risques				
Possible risque d'ouragans				
Statuts de protection				
NC				
Gouvernance du site				
Etat de Saint-Vincent-et-les-Grenadines, un des six districts de l'Etat gère les différentes îles autres que Saint-Vincent Développement du site				
Développement du site				
Tourisme				

**PERSONNE(S) RESSOURCE(S)**

<b>Institution</b>	<b>Fonction</b>	<b>Nom Prénom</b>	<b>Mail</b>	<b>Disponibilité et langue(s) parlée(s)</b>
Caribbean Community Climate Change Centre	Renewable Energy Expert	PERSONN Henrik	hpersonn@caribbeanclimate.bz	Anglais
Bequia Island	Deputy Director of Grenadines Affairs and the Government Representative in the Constituency	BELMAR Herman	belmar.herman@gmail.com	Anglais
SLCE Watermakers	Directeur	RIOT Patrick	p.riot@slce.net	Français, Anglais
Mascara NT	Directeur	VERGNET Marc	m.vergnet@mascara-nt.fr	Français, Anglais

**CONTRIBUTIONS/REMERCIEMENTS**

**RÉFÉRENCE(S) BIBLIOGRAPHIQUE(S)**

<b>Intitulé du document</b>	<b>Rédacteur(s) et partenaires</b>	<b>Date et nombre de pages</b>
Fiche Technique - Gestion durable des ressources - Fiche 1 L'eau	Kahaia Robert - Conservatoire du littoral	2014 - 18 pages
Bequia Airport 75.9 kwp PV System Profile	Sunny Portal	
Seawater desalination plant by reverse osmosis powered with photovoltaic solar energy.	T Espino, B. Penate, D. Henriquez, J. Betancourt, G. Piernavieja.	2011
Vanuatu ready to implement USD 4 million seawater desalination project - Pacific Islands Forum	Pacific Islands Forum Secretariat	2013
« Dessaler de l'eau de mer à faible énergie », Tahiti Pacifique magazine	Peter Flach	2014 (276 : 34-35)

**INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES**

**EXEMPLES SUR D'AUTRES SITES**

Le système d'usine de dessalement à osmose inverse dépendant de l'énergie solaire commence à se répandre sur les îles : à Peleliu (1300 ha, 700 habitants) et au Vanuatu sur l'île d'Aniwa (800 ha). Sur Lipari dans les Iles Eoliennes italiennes, trois unités de dessalement à osmose inverse et alimentées par panneaux photovoltaïques permettent de traiter 150 m3/h chacune. On retrouve également des usines de dessalement à osmose inverse classiques à Mayotte sur Petite Terre (2000 habitants), sur l'îlet Pinel pour le fonctionnement des deux restaurants, sur l'atoll de Hao (47 km2, 1000 habitants) en Polynésie. En Polynésie, on trouve également une bonne vingtaine d'unités à Bora Bora pour une production totale de 7000 m3/j, trois unités à Moruroa, un site de l'armée, deux unités à Makémo et des unités à Fakarava et Rangiroa qui sont comprises entre 10 et 40 tonnes d'eau produites par jour. Sur l'île de Tetiaroa, on trouve une centrale solaire de 900 kW sur la piste de l'aérodrome et des groupes électrogènes fonctionnant à l'huile de coco pour alimenter les deux unités de dessalement de 300 tonnes/jour. Dans les îles Eparses, l'eau est



dessalée à Europa grâce à un osmoseur, mais est utilisée uniquement pour les sanitaires, douches, vaisselle et cuisine. Elle est également dessalée à Juan de Nova, avec l'utilisation de groupes électrogènes pour la fourniture énergétique. Enfin, on trouve plusieurs unités de dessalement en Nouvelle-Calédonie.  
(Robert, 2014 ; comm.pers. Riot)

De plus, les unités de dessalement existent également sur les bateaux de pêche, commerciaux, militaires et de plaisance, elles sont alimentées par des génératrices connectées aux pompes ou par des groupes électrogènes présents à bord (comm.pers. Riot). Cela montre la sûreté d'un tel système dans des endroits isolés, en mer ou sur une île.

On peut donc retenir que les unités de dessalement, fonctionnant à l'énergie solaire ou à l'énergie fossile, existent sur de nombreuses îles, aux tailles et conditions climatiques très variées.

#### **FICHE(S) RELIÉE(S)**

Providence : un système de potabilisation autonome à énergie solaire dans les territoires isolés ; La récupération et potabilisation des eaux de ruissellement à Belle-Ile-en-mer ; L'île d'Ilur : un projet de démonstrateur d'île autosuffisante.