

1 Serres à l'eau de mer

Il n'est pas certain que la rentabilité de son modèle économique soit démontrée.

1.1 Processus et principes généraux

Une serre d'eau de mer utilise le milieu environnant pour cultiver des plantes de cultures tempérées et produire de l'eau douce. Une serre conventionnelle utilise la chaleur solaire pour créer un environnement plus chaud permettant une température de croissance adéquate, tandis que la serre d'eau de mer fait le contraire en créant un environnement plus frais. Le toit emprisonne la chaleur infrarouge, tout en laissant passer la lumière visible pour favoriser la photosynthèse.

La conception du refroidissement du microclimat de la serre consiste principalement en un processus de dessalement par humidification et déshumidification (HD) ou une humidification à effets multiples.

Une simple serre d'eau de mer se compose de deux refroidisseurs par évaporation (évaporateurs), d'un condenseur, de ventilateurs, de conduites d'eau de mer et d'eau distillée et de cultures entre les deux évaporateurs. Ceci est illustré dans les figures schématiques 1 et 2.

1.2 Principes techniques de la serre à l'eau de mer de Charlie Patton

La « serre à l'eau de mer » est une technologie qui permet la croissance des cultures dans les zones arides, en utilisant une serre, l'eau de mer et de l'énergie solaire, qui évapore l'eau de mer. La technique implique le pompage de l'eau de mer (ou son écoulement par gravité si la serre est située au-dessous du niveau de la mer) dans un des emplacements arides et son utilisation pour refroidir et humidifier l'air. La vapeur d'eau produit par le chauffage solaire est alors refroidie et condensée pour produire de l'eau douce.

Grâce à un système de tuyaux qui prélèvent l'eau froide à des profondeurs maximales et la font couler sous terre, l'eau arrive dans la serre et, par le contraste des températures, réduit le "point de rosée".

Seule la puissance de refroidissement de l'eau de mer est utilisée, tandis que l'eau à proprement parler est "extraite" de l'air qui entre dans la serre, pleine d'humidité, grâce à l'évaporateur alvéolaire.

Enfin, l'air humidifié restant est expulsé de la serre et utilisé pour améliorer les conditions de croissance des plantes d'extérieur. L'eau de mer salée plus concentrée peut encore être évaporé pour produire du sel et d'autres éléments, ou rejetée à la mer.

L'effet combiné de la réduction de la température et de l'augmentation de l'humidité, associé à la création d'un environnement protégé pour les cultures, entraîne une réduction jusqu'à 90 % de l'évapotranspiration. Cela réduit considérablement les besoins en irrigation, qui peuvent être fournis par le dessalement, et améliorent les conditions de croissance.

La technologie a été créée par l'inventeur britannique Charlie Patton au début des années 1990 et développée par sa compagnie en Angleterre, **Seawater Greenhouse Ltd.**

1.3 La ferme solaire de Sundrop Farms en Australie

La société néerlandaise Van der Hoeven, via son concept nommé « éco-serres », et le danois Al Borg Company ont créé la ferme solaire de Sundrop Farms en Australie, de 200.000 mètres carrés de serres de verre, entourée de 22.000 miroirs. Ils attirent les rayons du soleil en les concentrant au sommet d'une tour, sorte de bouilloire géante.

Portée à 800 degrés, l'eau de mer se dessale. La vapeur d'eau, sans cesse réutilisée, sert aussi bien à alimenter une turbine qui génère de l'électricité, qu'à rafraîchir la serre et à irriguer les plantes. Celles-ci grandissent, sans énergie fossile, sans insecticide chimique, sans eau douce extérieure, sur des substrats de fibres de noix de coco ou de roche volcanique enrichis d'éléments nutritifs.

Quasi-hermétique, l'intérieur est maintenu en surpression, ce qui freine les entrées d'insectes extérieurs, ravageurs des plantes.

1.4 Intérêt, avantages

Les régions arides constituent environ un tiers de la superficie terrestre. Cette technique peut répondre à la pénurie mondiale d'eau douce et permettre de lutter contre la salinisation des sols.

Selon Seawater Greenhouse Ltd., les avantages de cette technologie sont :

- Créer des emplois dans des zones désertiques : Le système peut prospérer même dans les conditions les plus difficiles et offre une protection contre la sécheresse aux industries en croissance locales et régionales.
- Création d'un microclimat favorable : En réhydratant le paysage à l'aide de vapeur d'eau issue de l'eau de mer, notre technologie crée un microclimat humide qui favorise la croissance des plantes tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la serre.
- Coût d'exploitation réduit : Une serre d'eau de mer fournit toute l'énergie et l'eau dont elle a besoin, ce qui signifie qu'elle est à l'abri des fluctuations de prix des intrants de combustibles fossiles¹.

1.5 Lieux où la technique pourrait être utilisée

La technique est applicable aux sites de régions arides en bord de mer (normalement, à deux kilomètres au maximum de la mer). La distance et la hauteur de la mer doivent être évaluées en tenant compte de l'énergie nécessaire pour pomper l'eau sur le site. Il y a beaucoup d'endroits appropriés sur la côte, d'autres sont en dessous du niveau de la mer, comme la mer Morte et la dépression de Qattara (Égypte), où des centrales hydroélectriques ont été proposées pour tirer profit de la pression hydraulique pour produire de l'énergie, comme pour le futur canal de la mer Rouge à la mer Morte. On envoie encore pour éviter la catastrophe écologique d'Almería (Espagne), avec l'épuisement des nappes phréatiques².

1.6 Une technique intéressante, mais peut-être non encore compétitive

Pour garantir le projet de Sundrop Farms, les investisseurs ont dû obtenir d'un des clients de Sundrop Farms un engagement sur **le prix de gros des tomates à trois dollars le kilo** sur 10 ans, a confié un proche des négociations. Ce qui est impensable en Europe, où le prix de base est plutôt calé sur une fourchette entre 1 et 1,50 euros. Le bémol : **La ferme Sundrop Farms a coûté 100 millions d'euros, soit un million d'euros d'investissement par hectare.**

1.7 Bibliographie

- a) », https://fr.wikipedia.org/wiki/Serre_%C3%A0_eau_de_mer,
- b) https://en.wikipedia.org/wiki/Seawater_greenhouse
- c) <https://boowiki.info/art/serre/l-eau-de-mer-serra.html>
- d) https://www.huffingtonpost.fr/c-est-demain/article/dans-les-serres-du-futur-des-tomates-nourries-a-l-eau-de-mer_94976.html

¹ Cf. <https://seawatergreenhouse.com/technology>

² a) La catastrophe écologique espagnole. Le revers du bio low-cost, Ben. Mason, 4 décembre 2019, <https://autonomiejardin.com/2019/12/04/catastrophe-agroecologique-espagnole-le-revers-du-bio-low-cost/>

b) Intensive farming in Almería, https://en.wikipedia.org/wiki/Intensive_farming_in_Almer%C3%ADa

c) « On va avoir un paysage lunaire ! » L'Espagne affronte la désertification, 8 février 2020, <https://reporterre.net/On-va-avoir-un-paysage-lunaire-L-Espagne-affronte-la-desertification>

e) <https://www.curioctopus.fr/read/17204/cultiver-dans-le-desert-sans-avoir-besoin-d-eau-les-serres-revolutionnaires-de-charlie-paton>

f) Akinaga, T, et al. "Brine Utilisation for Cooling and Salt Production in Wind-Driven Seawater Greenhouses: Design and Modelling." Desalination, vol. 426, 2018, pp. 135–154. [Utilisation de la saumure pour le refroidissement et la production de sel dans les serres d'eau de mer éoliennes : conception et modélisation." Dessalement], vol. 426, 2018, p. 135–154. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916417302400>

g) Serres flottantes : cultiver avec l'eau de mer et l'eau de pluie [pour mention], Emilie Dubois, 07/11/2021, <https://www.linformatique.org/serres-flottantes-eau-mer-pluie.html>

i) Aston University - Research with Sea Water, <https://www.youtube.com/watch?v=a3b4bDwaF3w>

1.8 Contacts

a) **Seawater Greenhouse Ltd.**, Site : <https://seawatergreenhouse.com/>

Seawater Greenhouse Somaliland, <https://www.sgsomaliland.com/>

Email : info@seawatergreenhouse.com , Tél : +44 (0) 20 7249 3627

Adresse : 2A Greenwood Road, London E8 1AB, Royaume-Uni

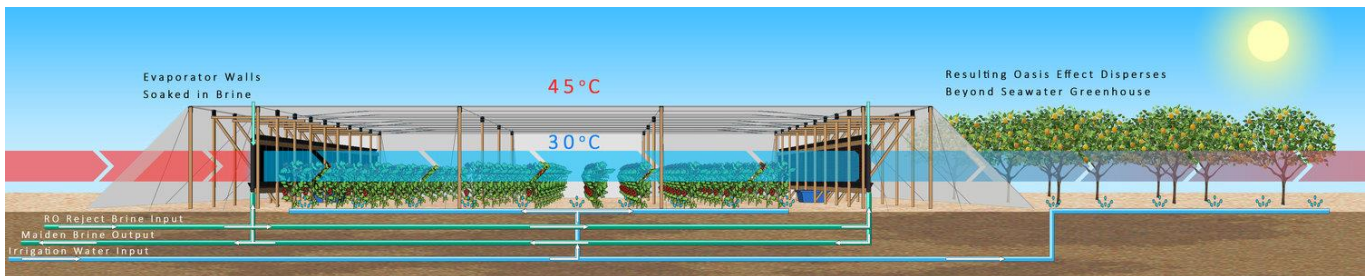
b) **Aston University**, business@aston.ac.uk, Tel : 0121 204 4242

c) **Van der Hoeven Horticultural Projects Company**, Site : <https://www.vanderhoeven.nl/>

Adresse : Vrij-Harnasch 124, 2635 BZ Den Hoorn, Pays-Bas

Tél : +31 88 262 66 66, email : info@vanderhoeven.nl

1.9 Images



Evaporator Walls [Parois de l'évaporateur] 45°C
Soaked in Brine [Trempé dans la saumure] 30°C
RO Reject Brine Input [Entrée du rejet de la saumure].
Maiden Brine Output [Sortie de la saumure].
Irrigation Water Input [Entrée de l'eau d'irrigation]

Resulting Oasis Effect Disperses [L'effet Oasis résultant se disperse].
Beyond Seawater Greenhouse [Au-delà de la Serre].

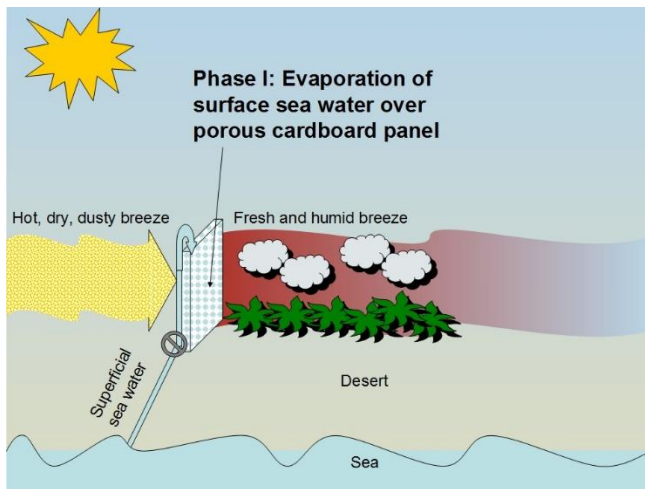


Figure 1. A l'intérieur de la serre – évaporation : L'eau de mer, à évaporer, est pompée dans le panneau de nid d'abeilles en treillis (appelé panneau d'évaporation).

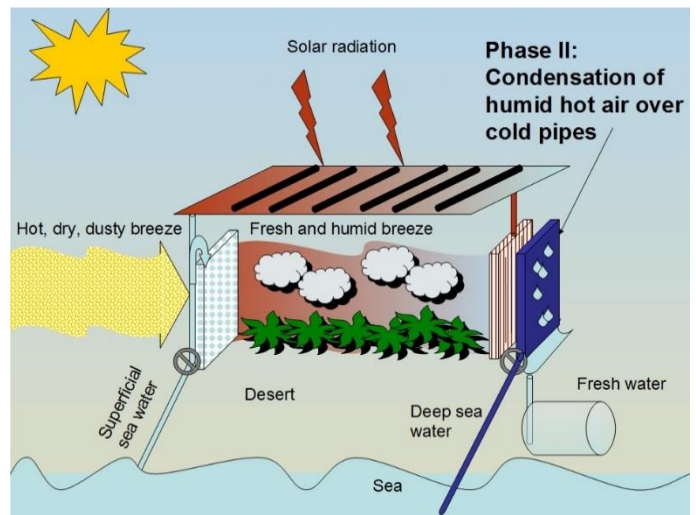


Figure 2. A l'intérieur de la serre – condensation : la vapeur d'eau est produite en utilisant l'eau de mer chauffée par le soleil et par la suite elle est condensée sur des tubes contenant de l'eau de mer froide.



Figure 3. La zone autour de la serre, Tenerife, peu après l'installation, 22 août 2011.



Figure 4. La même zone deux ans plus tard.



Figure 5. Panneau alvéolaire (en carton) sur lequel l'eau de mer circule et s'évapore.



Figure 6. Image fournie par la société britannique [Seawater Greenhouse](http://SeawaterGreenhouse.com)



Figure 7. Ferme solaire de Sundrop Farms en Australie, construite par la société néerlandaise Van der Hoeven, lancée fin 2016, faisant sortir des tomates du désert grâce au soleil et l'eau de mer.



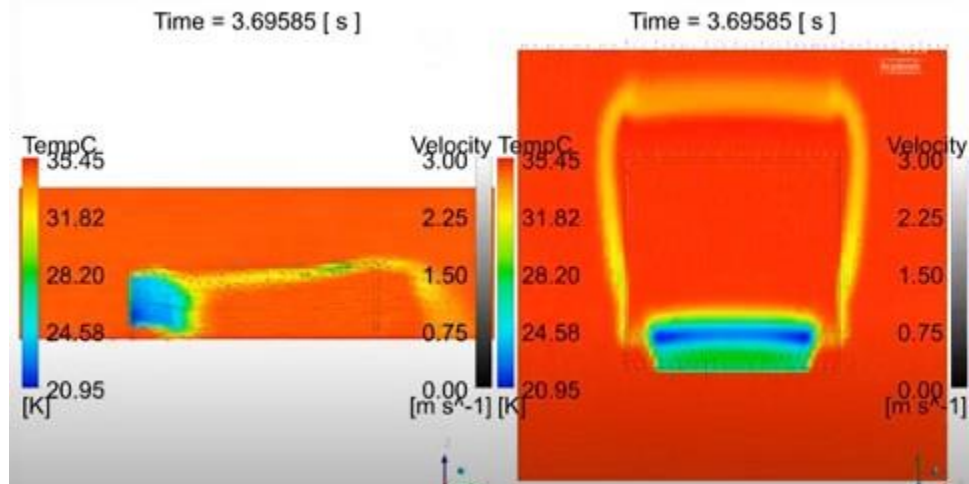
Figure 8. Image fournie par la société britannique [Seawater Greenhouse](https://www.seawatergreenhouse.com/)

1.10 Etudes et modélisations

En 1996, Paton et Davies ont utilisé la boîte à outils Simulink sous MATLAB pour modéliser la ventilation forcée de la serre à Tenerife, au Cap-Vert, en Namibie et à Oman. La serre est assistée par le vent dominant, le refroidissement par évaporation, la transpiration, le chauffage solaire, le transfert de chaleur à travers les murs et le toit et la condensation qui est analysée dans l'étude. Ils ont constaté que la quantité d'eau requise par les usines est réduite de 80 % et que 2,6 à 6,4 kWh d'énergie électrique sont nécessaires pour les m³ d'eau douce produits.

En 2005, Paton et Davis ont évalué les options de conception avec modélisation thermique en utilisant le modèle des Émirats arabes unis comme référence. Ils ont étudié trois options : un écran perforé, un chemin d'air en forme de C et un réseau de tuyaux, pour trouver un meilleur circuit d'eau de mer pour refroidir l'environnement et produire le plus d'eau douce. L'étude a révélé qu'un réseau de canalisations donnait les meilleurs résultats : une diminution de la température de l'air de 1 °C, une diminution moyenne de la température radiante de 7,5 °C et une augmentation de la production d'eau douce de 63 %. Cela peut être mis en œuvre pour améliorer les serres d'eau de mer dans les régions chaudes et arides, comme le deuxième projet pilote aux Émirats arabes unis.

En 2018, Paton et Davis ont étudié l'utilisation de la saumure pour le refroidissement et la production de sel dans des serres d'eau de mer éoliennes pour la concevoir et la modéliser. La saumure éliminée par le dessalement de l'eau de mer peut perturber l'écosystème car la même quantité de saumure est produite que l'eau douce. En utilisant la méthode de valorisation de la saumure du flux d'air entraîné par le vent en refroidissant la serre avec l'évaporation de l'eau de mer, le sel peut être produit comme le montre la figure 4. Cette saumure est le sous-produit de la production d'eau douce, mais peut également être l'ingrédient pour faire du sel, en le transformant en un produit qui peut être commercialisé.



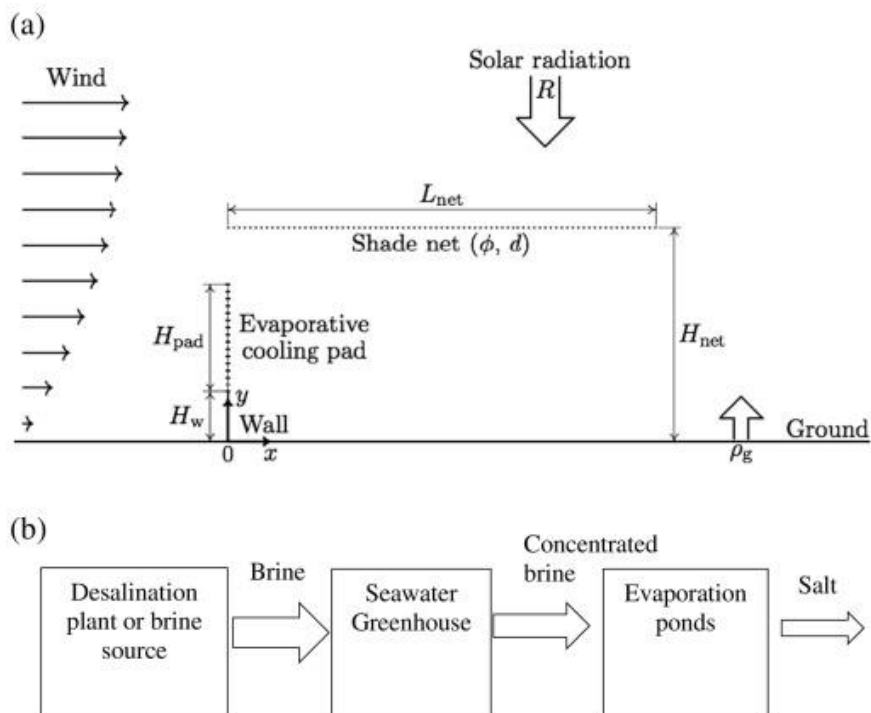


Figure 8 : concept de base de serre d'eau de mer pour l'utilisation de l'eau saumâtre.

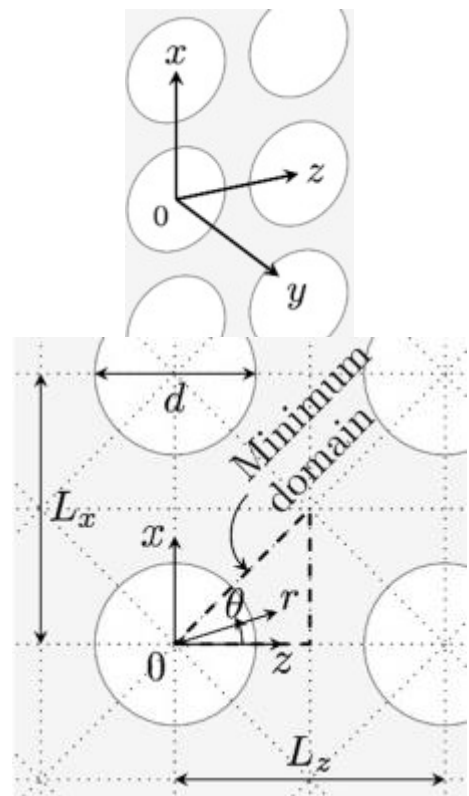


Figure 10 : Modèle géométrique du filet d'ombrage pour la détermination de la chute de pression montrant (a) le système de coordonnées local et (b) les plans de symétrie (lignes pointillées) utilisés pour simplifier la modélisation.