

Le système de stockage de chaleur de la serre de

Kuujjuaq

Paul Piché, Didier Hailot, Stéphane Gibout, Cédric Arrabie

25 février 2019

# Sommaire

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Contexte</b>  | <b>3</b> |
| <b>2</b> | <b>Les serres de Kuujjuaq</b>                                    | <b>3</b> |
| 2.1      | Caractéristiques . . . . .                                       | 3        |
| 2.2      | Analyse du comportement thermique de la nouvelle serre . . . . . | 4        |
| <b>3</b> | <b>Le système de stockage de la chaleur</b>                      | <b>5</b> |
| 3.1      | Utilité et fonctionnement . . . . .                              | 5        |
| 3.2      | Construction du système de stockage . . . . .                    | 6        |
| 3.3      | Perspectives . . . . .   | 8        |

# 1 Contexte

La construction de serres dans les communautés nordiques isolées est en plein essor. En effet, la culture de légumes au sein de serres communautaires apporte de nombreux bénéfices [1, 2]. Parmi ceux-ci, on peut citer un accès amélioré aux légumes frais induisant une augmentation de leur consommation ou le fait de pouvoir éduquer les enfants au jardinage. Avoir un espace collectif pour jardiner est également un atout afin de rencontrer des gens et de développer le sentiment d'appartenance à la communauté.

Cependant, la culture en serre nordique rencontre deux difficultés : un grand écart de température entre le jour et la nuit quand les plantes poussent, en été (cf 2.2), et la durée de la saison de culture qui est généralement courte. Par exemple, cette saison dure 4.5 mois dans les serres communautaires de Kuujjuaq, tandis qu'elle dure 4 mois à Inuvik [3] ou Iqaluit [4]. Cela est dû au climat froid caractéristique du nord, ainsi qu'au fait que les serres ne sont souvent pas adaptées à ces contraintes. En effet, il y a généralement peu d'isolation, et pas ou peu de moyens de chauffage ou de stockage de la chaleur excédentaire. Ces serres sont souvent des serres importées du sud, sans adaptation spécifique.

Afin de répondre à ces problématiques des grandes amplitudes de température et des courtes saisons de culture, une équipe de recherche composée de chercheurs français et québécois<sup>1</sup> a mis en place un projet afin de comprendre le comportement thermique de ces serres et les améliorations possibles : le projet Siqiniq ou Seqineq [5] (voulant dire soleil en inuktitut, l'une des langues inuites). Ce projet est porté par l'OHMI Nunavik [6], un dispositif de recherche s'intéressant aux liens entre les Hommes et leur écosystème. Ainsi une collaboration avec le village nordique de Kuujjuaq sur les serres présentes dans le village a commencé en 2016.

## 2 Les serres de Kuujjuaq

### 2.1 Caractéristiques

Kuujjuaq est un village du Nunavik, le territoire du Québec situé au-dessus du 55<sup>e</sup> parallèle nord. Deux serres y ont été construites, l'une en 1999 (communément appelée "la vieille serre"), l'autre en 2012 (appelée "la nouvelle serre") (Figure 1).

Chaque serre fait environ 140 m<sup>2</sup> (1500 pi<sup>2</sup>) et est faite en polycarbonate double vitrage. Les deux serres sont équipées d'une ventilation automatique, afin d'éviter une température trop élevée pour les plantes lors de longues périodes d'ensoleillement. Cette ventilation fonctionne en deux temps : d'abord un ventilateur souffle l'air chaud à l'extérieur, puis, si la chaleur reste trop élevée, une partie du toit s'ouvre (Figure 2).

Ce sont des serres communautaires divisées en 48 parcelles de jardinage. Chaque membre ayant une parcelle peut y faire pousser ce qu'il veut. Les légumes cultivés sont majoritairement des légumes verts (salades, bok choy, épinards, choux kales) mais également des radis, des patates ou des carottes. En 2016, plus d'une tonne de légumes a pu

---

1. Les chercheurs du projet proviennent de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA, France), de l'École de Technologie Supérieure (ETS, Montréal) et de l'Institut National de la Recherche scientifique (INRS, Québec).



FIGURE 1 – Serres de Kuujuaq, la nouvelle à gauche, la vieille à droite



FIGURE 2 – Ouverture du toit de la nouvelle serre

être cultivée au sein des deux serres [7]. Ces légumes sont cultivés dans une terre spécialement importée du sud. La saison de culture de ces serres est de 4.5 mois, de mi-mai à fin septembre.

## 2.2 Analyse du comportement thermique de la nouvelle serre

Afin de comprendre le comportement thermique de la serre, l'équipe du projet a installé des capteurs dans la serre au cours de plusieurs campagnes d'instrumentation. Le dispositif de mesure comporte un thermomètre à l'extérieur des serres, plusieurs thermomètres à l'intérieur de la nouvelle serre, ainsi qu'un pyranomètre (instrument servant à mesurer le flux solaire). Des données ont ainsi été collectées durant plus de 2 ans. L'analyse de ces données a permis de révéler plusieurs informations intéressantes.

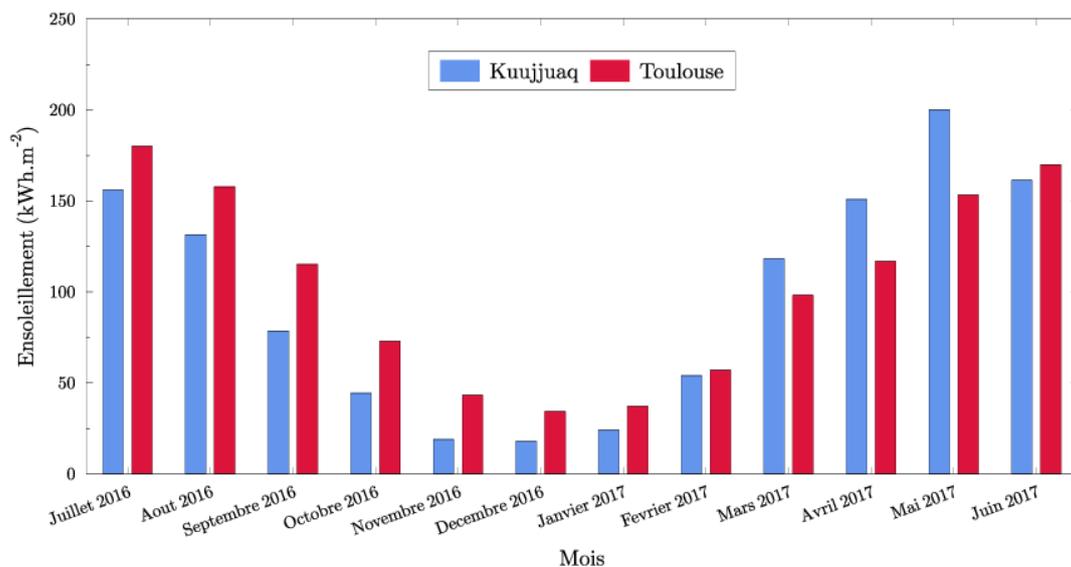


FIGURE 3 – Ensoleillement mensuel de Kuujuaq et de Toulouse

Tout d'abord, l'étude du flux solaire a montré que Kuujuaq disposait d'un fort potentiel solaire, notamment au début du printemps. On peut voir ce potentiel sur la Figure 3 qui compare l'ensoleillement mensuel de Kuujuaq à celui de Toulouse, une ville du sud

de la France. Ceci est dû au fait que plus on s'éloigne de l'équateur, plus les journées d'été sont longues et plus les journées d'hiver sont courtes. Le faible ensoleillement de Kuujjuaq en juin s'explique par la présence de nombreux nuages durant ce mois.

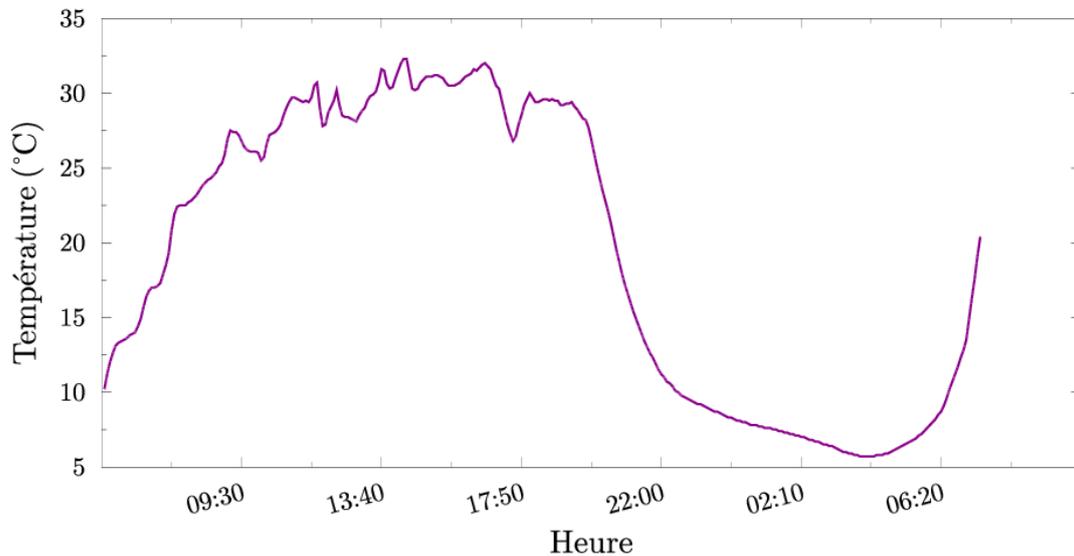


FIGURE 4 – Température à l'intérieur de la nouvelle serre entre le 5 et le 6 juillet

Ensuite, l'étude des données de température a mis en avant une forte différence de température entre le jour et la nuit. Par exemple, les enregistrements effectués dans la serre au début du mois de juillet montrent qu'il fait très chaud dans la serre le jour (au dessus de 30 °C) mais que la température descend jusqu'à 5 °C la nuit (Figure 4). Cet écart important de température induit un stress pour les plantes et peut bloquer leur croissance. Ce phénomène de grande amplitude thermique entre le jour et la nuit se retrouve également au début de la saison de culture, avec des gelées nocturnes empêchant cette saison de commencer plus tôt. En effet, les plantes ont besoin d'une température du sol et de l'air positive (au minimum) pour être mises en culture.

### 3 Le système de stockage de la chaleur

#### 3.1 Utilité et fonctionnement

Un des moyens d'éviter de descendre trop bas en température durant la nuit serait d'installer un système de chauffage. Cependant, une telle installation serait coûteuse d'un point de vue financier et énergétique. En effet, il faudrait non seulement payer le système en lui-même mais également l'énergie lui servant à fonctionner, du diesel ou de l'électricité, et ce de façon récurrente.

Or nous avons vu qu'il y avait un fort potentiel de la ressource solaire au printemps et en été, à tel point que la température de la serre est trop élevée durant la journée. L'idée a donc été de stocker cette chaleur excédentaire du jour pour la rendre la nuit (Figure 5). C'est le principe de la masse thermique, qui emmagasine la chaleur pour la restituer plus tard. Le Village Nordique (VN) de Kuujjuaq étant conscient de cette problématique, une collaboration entre le VN, l'Administration Régionale Kativik (ARK) et l'équipe de recherche a commencé afin de construire un tel système de stockage.

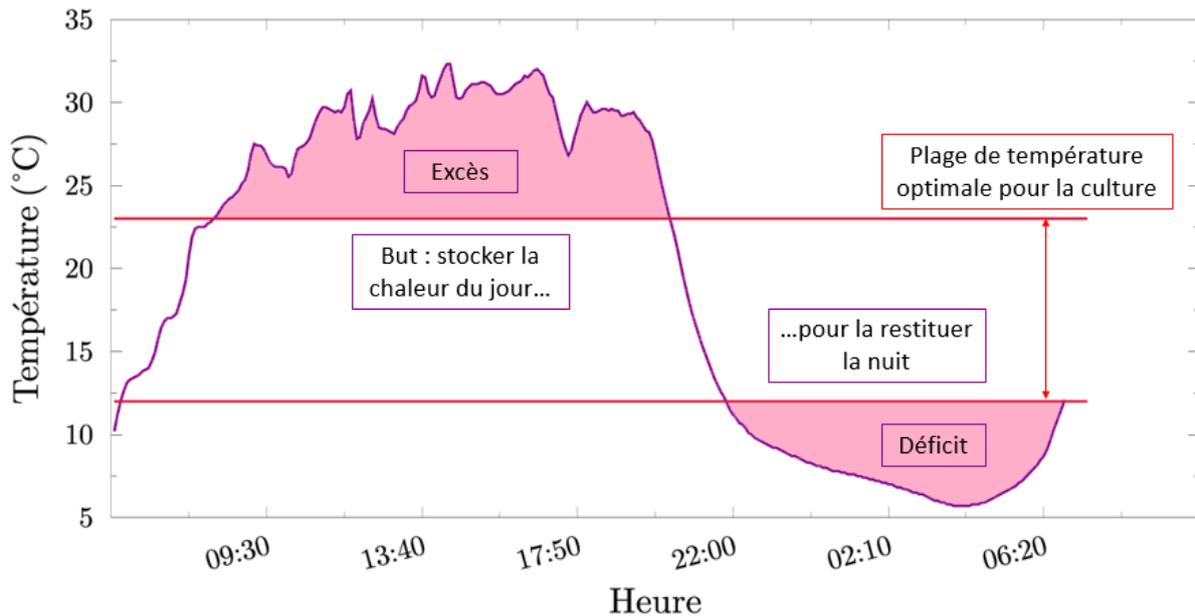


FIGURE 5 – Principe du stockage

### 3.2 Construction du système de stockage

La réalisation du système de stockage a commencé à la mi-octobre 2018 et a duré un mois. Le projet a été financé par la Société du Plan Nord et a été réalisé en étroite collaboration avec l'ARK. Les deux matériaux les plus couramment utilisés pour stocker la chaleur sont l'eau et la roche. Le choix s'est porté sur la roche car c'est plus facile à mettre en place, il n'y a pas de risques de fuites et on évite un gel du système de stockage durant l'hiver.

Ce système contient trois éléments : une dalle de béton au milieu de la serre, des roches de 5 cm à 20 cm (2 po à 8 po) dans des gabions (sortes de grillages, Figure 6) et des lits de roches (aussi appelés caissons) installés sous la terre de culture. La dalle de béton et les gabions sont des systèmes de stockage passifs, ils emmagasinent et restituent la chaleur naturellement. Le système de lit de roches est un système actif, plus complexe : de l'air est soufflé à l'intérieur, grâce à un système de ventilateur et de tuyaux. La serre a été divisé en 4 parties, avec un lit de roches pour chaque partie. Chaque caisson fait 22 m<sup>2</sup> (235 pi<sup>2</sup>) de surface pour une hauteur de 30 cm (1 pi). Ils sont remplis de petites roches mesurant entre 2 cm (0.75 po) et 5 cm (2 po) de diamètre. Ces roches sont enveloppés dans une bâche étanche à l'eau et à l'air (Figure 7), qui est elle-même isolée du sol à l'aide de styromousse. Les caissons sont équipés d'un système de tuyaux percés et d'un ventilateur pour assurer un flux d'air dans les roches. Ce système est représenté pour un caisson sur la figure 8.

Durant la journée, l'air chaud de la serre sera envoyé dans les roches plus froides des caissons (au lieu d'être évacué à l'extérieur), permettant ainsi de d'abaisser la température de la serre et d'augmenter celle des roches : c'est la charge du stock. Pendant la nuit, l'air froid de la serre sera soufflé dans les roches chauffées durant la journée afin d'augmenter la température de l'air de la serre : c'est la phase de décharge.



FIGURE 6 – Intérieur de la nouvelle serre après les travaux

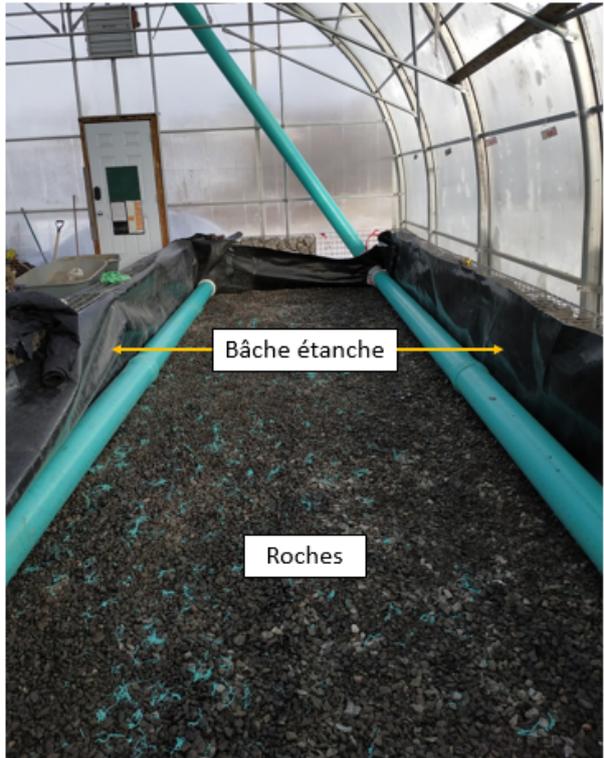


FIGURE 7 – Photo d'un lit de roche en construction

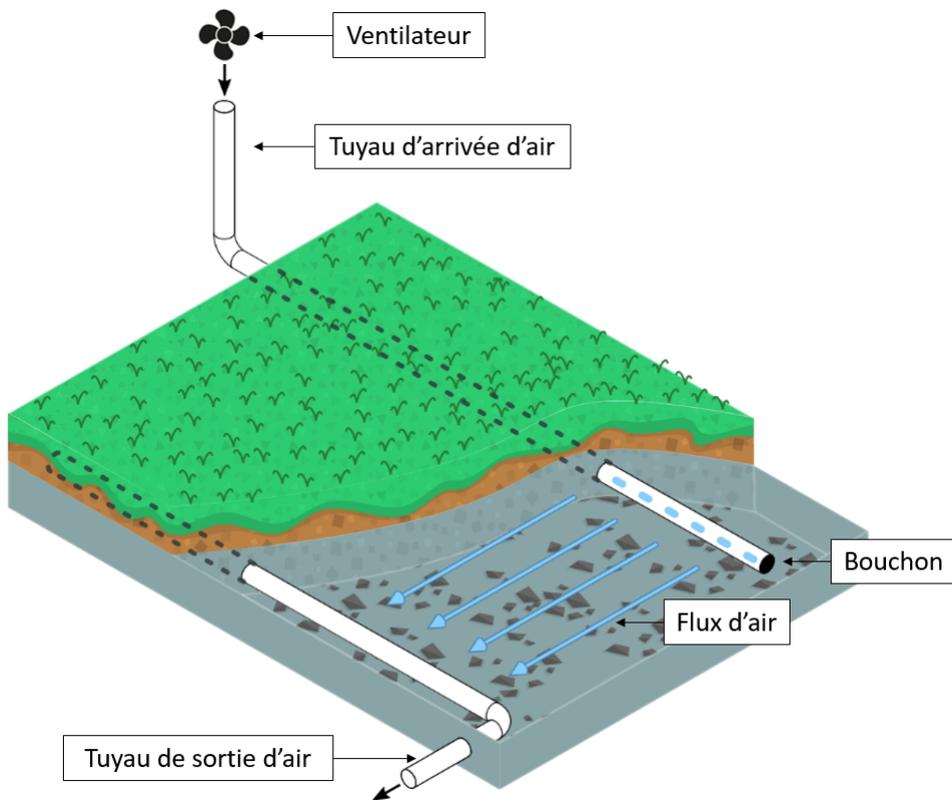


FIGURE 8 – Schéma de fonctionnement du lit de roche

### 3.3 Perspectives

Le système de stockage a été construit dans la nouvelle serre durant l'automne 2018 mais n'a pas encore été testé. Il sera mis en fonctionnement au début de la saison de culture de 2019. Des capteurs de température ont été posés à l'intérieur des lits de roche durant la construction de ceux-ci. Des données seront collectées durant toute la saison de culture afin de pouvoir évaluer les performances du système de stockage dès l'automne 2019. En fonction de l'évaluation des données, des améliorations pourront être prévues afin de construire un système similaire dans la vieille serre.

## Références

- [1] T. Allen. Costs and Benefits of a Northern Greenhouse. In *Proceedings of the 8th Circumpolar Agricultural Conference & Inaugural University of the Arctic Food Summit*, pages 58–63, Girwood, Alaska, USA, 2013. Alaska Agricultural & Forestry Experiment Station.
- [2] E. Avard. *Northern Greenhouses : An Alternative Local Food Provisioning Strategy for Nunavik*. PhD thesis, Université Laval (Québec), 2015.
- [3] <https://inuvikgreenhouse.com/wp-content/uploads/2018/03/2018-GH-Membership-Booklet-Final.pdf>. Consulté le 15/10/2017.
- [4] <https://iqaluitgreenhouse.com/about/>. Consulté le 10/10/2017.
- [5] <http://ohmi-nunavik.in2p3.fr/projets/details/4/2025>. Consulté le 18/12/2018.
- [6] <http://ohmi-nunavik.in2p3.fr/>. Consulté le 18/12/2018.
- [7] A. Lamalice, D. Hailot, M.-A. Lamontagne, T. M. Herrmann, S. Gibout, S. Blangy, J.-. Martin, V. Coxam, J. Arsenault, L. Munro, and F. Courchesne. Building food security in the Canadian Arctic through the development of sustainable community greenhouses and gardening. *Écoscience*, 0(0) :1–17, July 2018.