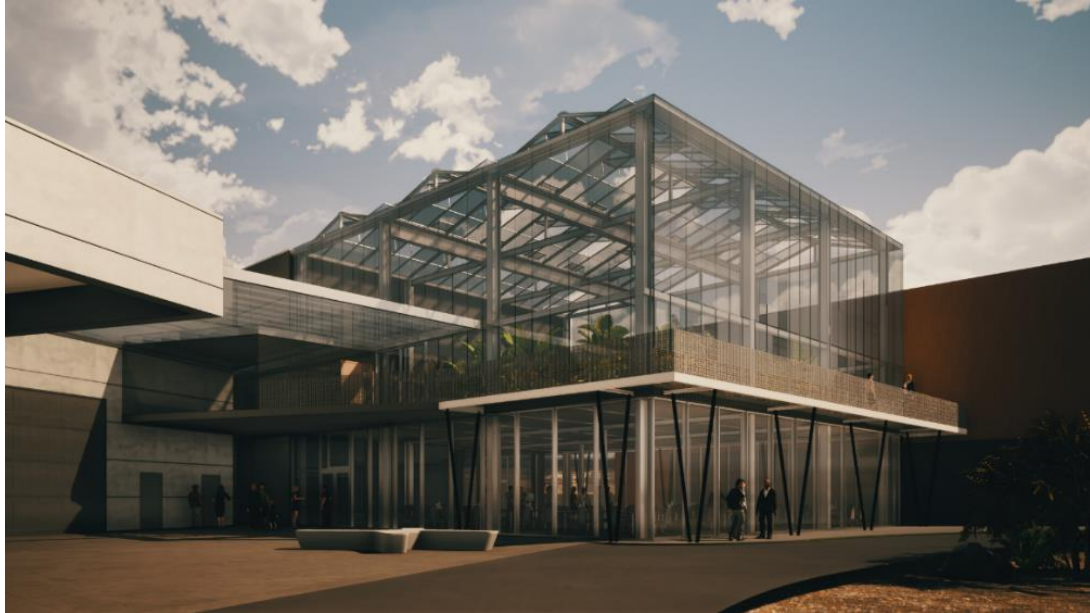


III. RETOURS D'EXPERIENCES

B. Pilotes développés dans le cadre du projet GROOF

Auteurs Marcel DRAVET (IFSB, LU), Pierre RAULIER (ULg, BE)

IFSB, Bettembourg, Luxembourg



Carte d'identité pilote

SOTA est le projet pilote luxembourgeois qui sera installé sur le toit de l'extension du restaurant existante de l'IFSB. IFSB ou « Institut de Formation Sectorielle du Bâtiment » est un centre de formation pour le secteur de la construction : construction durable, machines, gestion, sécurité et santé au travail, environnement. L'objectif déclaré de l'institut est de se positionner comme le Centre de compétence pour la construction durable au Luxembourg et dans les pays voisins (FR-AL-BE).

L'IFSB développe des services pour répondre et anticiper les besoins des entreprises de construction au Luxembourg. L'objectif de l'IFSB est également d'être une vitrine grand-ducale pour le secteur de la construction et de promouvoir des projets innovants. L'agriculture urbaine fait partie de l'avenir de la construction. Par conséquent, l'IFSB et le CDEC ont participé à l'élaboration de la stratégie nationale présentée par le gouvernement luxembourgeois.

Le Luxembourg est un pays où le taux de développement immobilier est très important mais ne peut lutter face à la pression démographique. Dans ce contexte, l'IFSB a vu une opportunité de développer un outil pour le secteur de la construction. L'objectif est d'anticiper les besoins des villes à l'avenir, notamment en ce qui concerne les besoins alimentaires. C'est pourquoi il faut compter avec les serres en toiture.

Au sommet du restaurant de l'IFSB, la serre sera d'environ 370 m². Située près du site de formation, on y fera pousser des plantes qui, en partie, seront servies directement dans le restaurant en dessous. L'objectif du projet est d'intégrer une serre de production alimentaire au-dessus d'un restaurant. Pour sensibiliser les gens à ce qu'ils mangent, il faut les reconnecter à la production alimentaire. Pour répondre aux besoins du restaurant, des produits populaires et appréciés tels que les tomates seront privilégiés.

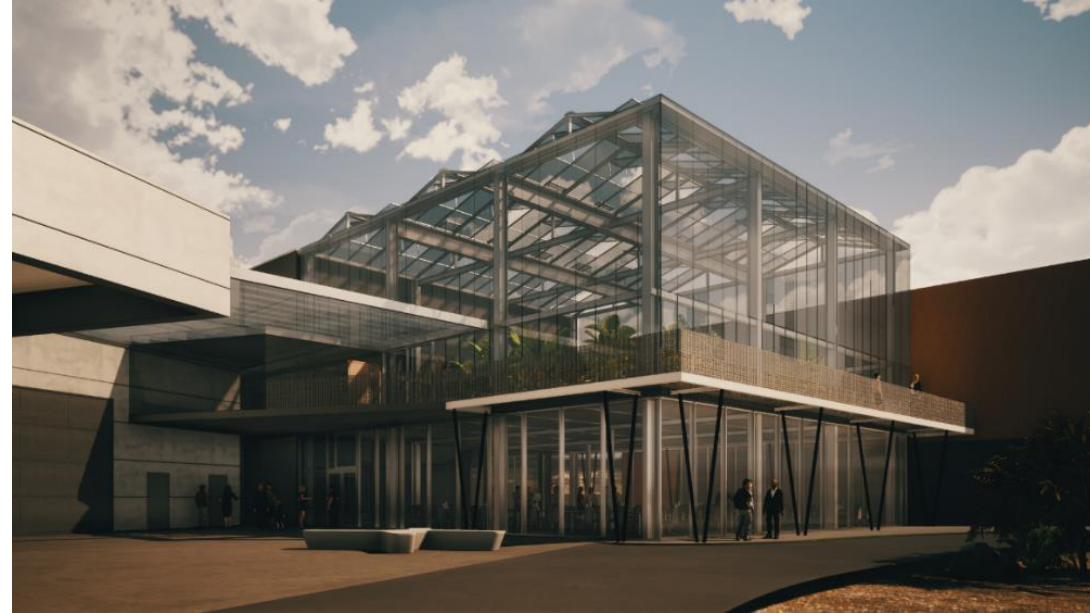
Pour renforcer le lien entre la production de légumes et leur utilisation dans les restaurants, un couloir autour de la serre permettra une visibilité sur la zone de production sans perturber les activités opérationnelles.

III. FEEDBACKS

B. Pilots developed within the framework of the GROOF project

By Marcel DRAVET (IFSB, LU), Pierre RAULIER (ULg, BE)

IFSB, Bettembourg, Luxembourg



Pilot Id

SOTA is the Luxembourgish pilot project that will be installed on the roof of the existing restaurant extension of the Institut de Formation Sectoriel du Bâtiment (IFSB).

The IFSB is a training centre for the construction sector, notably sustainable construction, machinery, management, occupational safety and health, the environment. The institute's stated objective is to position itself as the expert centre for sustainable construction in Luxembourg and neighbouring countries (France, Germany, Belgium).

The IFSB develops services to meet and anticipate the needs of construction companies in Luxembourg. Its goal also includes being a Grand Ducal showcase for the construction sector and promotion of innovative projects. Urban farming is part of the future of construction. Therefore, the IFSB and the Conseil pour le Développement Economique de la Construction (CDEC) participated in the drafting of the national strategy presented by the government of Luxembourg.

Luxembourg is a country where real estate develops very fast but cannot meet the needs related to demographic pressure. In this context, the IFSB saw an opportunity to develop a tool for the construction sector. The objective is to anticipate the needs of cities in the future, particularly in relation to food needs. This is where RTGs enter the scene.

The greenhouse will cover around 370 m² on top of the IFSB restaurant. It will be located near the training site, and the plants grown in it will be in part served directly in the restaurant below. The project objective is to integrate a food production greenhouse on top of a restaurant. Raising people's awareness of what they eat will involve reconnecting them with food production. Popular and appreciated products such as tomatoes will be prioritised to meet the needs of the restaurant.

To strengthen the link between vegetable production and vegetable use in restaurants, a corridor around the greenhouse will allow visitors to view the production area without disturbing operational activities.

Enfin, la connexion au bâtiment pour récupérer le CO₂ et la chaleur est logique pour le secteur du bâtiment. La récupération du CO₂ sera un défi pour ce secteur au Luxembourg.

Entreprise - création de valeur

L'objectif de l'IFSB avec SOTA est de développer un projet pilote et une validation de principe afin de démontrer que de tels projets pourraient être financièrement viables. Les futurs consommateurs devraient être (dans une première phase), des stagiaires et des employés de l'IFSB. Le reste de la production devrait être vendu dans une courte chaîne d'approvisionnement. L'équilibre financier devrait être atteint en diversifiant les activités en collaboration avec le futur opérateur.

Le défaut dans ce raisonnement pourrait être d'avoir une production rentable avec une superficie de serre assez petite. Il sera donc nécessaire de capitaliser les connaissances sur toutes les réalisations futures au Luxembourg et ailleurs. Néanmoins, une nouvelle production - entièrement dédiée aux besoins locaux - restera un facteur très positif.

D'autre part, le CO₂ devient un facteur de coût pour le secteur du bâtiment. Le gouvernement luxembourgeois envisage actuellement de taxer les émissions de CO₂ des bâtiments. Ce pourrait être un argument de vente précieux pour les futurs promoteurs qui cherchent des solutions pour un meilleur environnement.

Cet autre objectif est alors de souligner la possibilité de réduire l'empreinte CO₂ des bâtiments en intégrant les secteurs de la construction et de l'agriculture. L'IFSB établira un exemple de construction d'une serre performante respectant les principes de l'économie circulaire. Le cycle de vie doit être optimisé ainsi que le démantèlement et le recyclage des matériaux qui seront utilisés.

Un autre objectif est d'établir un lien entre les secteurs de l'éducation et de la construction pour anticiper les besoins du pays - gestion du CO₂, résilience alimentaire, éducation et formation...

La serre servira non seulement à produire des légumes, mais surtout à exploiter les synergies possibles avec le restaurant ci-dessous (CO₂, énergie, interactions sociales, ...).

Avec ce projet, l'IFSB pourra proposer des formations pour les acteurs de la construction et de l'agriculture.

Construction

La construction du restaurant et de la serre sur son toit respectera les principes de l'économie circulaire. Une grande partie de la structure sera simple, robuste tout en permettant un démantèlement futur simple. En respectant cette logique de conception simple, la construction métallique et les murs de verre seront utilisés. Ces matériaux sont très facilement réutilisables et, au moins, recyclables. Le principe des éléments porteurs verticaux simples avec remplissage entre eux permet non seulement une construction rapide, mais aussi des modifications faciles et, si nécessaire, une rénovation à faible coût.

La capacité portante n'est pas un problème puisque la dalle a été conçue avec une surcharge de 500kg/m² (5KN/m²). Le matériau de la dalle sur laquelle la serre sera construite est en béton. Plus précisément, ce sera une structure mixte : du béton d'acier. Cela laisse beaucoup de liberté pour la serre. Comme le bâtiment n'est pas très haut, le calcul de charge au vent n'est pas excessif. Néanmoins, nous devons considérer les liens avec le bâtiment existant. Les déformations de la partie de la serre en contact avec le bâtiment existant (façade nord) doivent donc être strictement contrôlées.

Les problèmes d'imperméabilisation sont assez difficiles car le matériau doit être en même temps résistant à l'usure, aux chocs, tout en étant stable et facile à entretenir. L'option d'une étanchéité protégée par un autre matériau est également envisagée : l'imperméabilisation peut alors être une membrane sans borne avec protection. La connexion structurelle avec le bâtiment en dessous sera également étudiée afin de ne pas interférer avec la structure portante ou l'imperméabilisation du toit.

Pour la serre, une structure métallique légère et des murs avec un bon degré d'isolation seront privilégiés puisque la serre sera chauffée. L'acier permet une structure fine qui projette des ombres minimales. Le verre est résistant,

Finally, the connection to the building for CO₂ and heat recovery will make sense for the building sector. CO₂ recovery is an upcoming challenge for this sector in Luxembourg.

Business – value creation

The objective of the IFSB and SOTA is to develop a pilot and a proof of concept that such projects can be financially sound. Future consumers are expected to be (in a first phase) IFSB trainees and employees. The rest of the production should be sold in a short supply chain. Financial balance should be achieved by diversifying activities in collaboration with the future operator.

The fault in this reasoning could be the planning of a profitable production although the greenhouse area is relatively small. Therefore, it will be necessary to capitalise knowledge on all future achievements in Luxembourg and elsewhere. Nevertheless, fresh fruit and vegetable production – fully dedicated to local needs – will remain a very positive factor.

On the other hand, CO₂ is becoming a cost factor for the building sector. Luxembourg's government is currently planning to tax CO₂ emissions from buildings. This could be a valuable selling point for future promoters willing to find solutions for a better environment.

This other goal will be to emphasize that the CO₂ footprint of buildings can be lowered by making the construction and farming sectors work together. The IFSB will provide an example of the construction of an efficient greenhouse that complies with the principles of circular economy. The life cycle and future dismantling of the RTG will be optimised, as well as upcycling of the materials.

Another target is to establish a link between the education and construction sectors to anticipate the country's needs – CO₂ management, food resilience, education, training, etc.

The greenhouse will not only be used to produce vegetables, but above all to exploit possible synergies with the restaurant below (CO₂, energy, social interactions, etc.).

With this project, the IFSB will offer training courses for people involved in the construction and farming sectors.

Construction

The construction of the restaurant and the greenhouse on its roof will comply with the principles of circular economy. A large part of the structure will be simple and robust, while allowing for simple future dismantling. Following this simple design logic, a metal frame and glass walls will be used. These materials are very easily reusable and recyclable. The principle of simple vertical load-bearing elements with fillings in-between allows fast construction, easy modifications, and low-cost renovation if necessary.

The load-bearing capacity is not a problem since the slab was designed with an overload of 500 kg/m² (5 KN/m²). The slab on which the greenhouse will be built will be made of concrete. More precisely, it will have a mixed structure – steel concrete. This will allow great freedom for building the greenhouse. As the building is not very high, the wind load is not too high. Nevertheless, we have to consider the connections with the existing building. The deformations of the part of the greenhouse in contact with the existing building (north facade) should therefore be strictly controlled.

Waterproofing issues are quite tricky because the material has to be resistant to wear and tear and shock, while being stable and easy to maintain. The option of a sealing protected by another material is also considered: waterproofing can then be an unbounded membrane with a protection. The structural connection with the building underneath will also be studied so as not to interfere with the load-bearing structure or the waterproofing of the roof.

For the greenhouse, a light metal structure and walls with a good degree of insulation will be prioritised since the greenhouse will be heated. Steel allows for a slim structure that casts minimal shadow. Glass is resistant, with a good degree of light transmission. Double glazing transmits less light but provides better insulation for the

avec un bon degré de transmission de la lumière. En double vitrage, il transmet moins de lumière mais offre une meilleure isolation de la serre ($U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$). Avec les nouveaux matériaux disponibles, le double vitrage permet néanmoins une transmission de la lumière de +/- 89%.

La serre sera construite dans la ville, elle doit également être acceptée esthétiquement et même ajouter de la valeur au bâtiment. Le profil typique des serres vues en dehors des villes peut donc ne pas convenir et nécessiter un revêtement dédié. Le RTG doit être accepté esthétiquement et aussi à valeur ajoutée

Les risques liés à la construction sont maîtrisés par l'expertise de l'IFSB : efficacité, mesures de sécurité liées à l'entretien et accessibilité sont autant d'éléments pris en compte dans cette démarche. Tous les calculs seront effectués conformément aux Eurocodes, ce qui signifie que ces expériences sont facilement reproductibles en Europe.

Gestion de l'énergie

Avant d'étudier les économies d'énergie de la serre, nous devons savoir exactement ce que le bâtiment adjacent a à offrir en termes d'énergie et de CO_2 . Ainsi, les flux d'air provenant des bureaux et des salles de classe ont été identifiés et surveillés. Nous avons également étudié les émissions/flux de la cuisine et du restaurant afin de les réinjecter dans la serre. Ces émissions atmosphériques pourraient amener l'énergie thermique à l'intérieur de la serre par l'air qui est de 3 à 6 °C plus chaud que l'air extérieur (selon les premiers résultats de la surveillance effectuée au cours de la période d'automne). La surveillance de la serre nous permettra de quantifier les gains (énergie) apportés par l'air provenant de la ventilation du bâtiment. De plus, cet air sera plus chargé en CO_2 puisqu'il est extrait de l'intérieur du bâtiment où de nombreuses personnes sont formées. Les émissions de CO_2 seront surveillées afin de connaître la quantité récupérée et l'effet « nettoyage » de l'air (moins de CO_2 , plus d'oxygène). Ce lien entre les structures de construction est également positif pour la croissance des plantes car le CO_2 est la principale matière première de la photosynthèse.

D'autre part, il est également possible d'utiliser la serre pour chauffer le bâtiment. Cela se fera en réduisant les pertes d'énergie sur le toit du restaurant et sur le côté sud de l'auditorium de l'IFSB. La surveillance de ces gains est difficile à faire. Nous pouvons toutefois en faire une étude théorique.

Pour la serre elle-même, différents éléments doivent être étudiés.

- Les murs de la serre auront une double couche de verre ($U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) pour garantir une meilleure isolation. Les calculs effectués sur une période de plusieurs années montrent clairement que, pour une serre chauffée, les économies proviennent de l'isolation des murs.
- Le bâtiment sera conçu pour être démontable dans l'esprit de l'économie circulaire. Les matériaux : verre, acier et béton (pour les fondations) sont facilement réutilisables ou recyclables. La quantité de CO_2 utilisée pour fabriquer les matériaux qui seront utilisés pour la construction de la serre sera donc évaluée.
- La serre elle-même est conçue pour réutiliser le CO_2 et la chaleur émis par le bâtiment IFSB. Pour le chauffage, nous profiterons de la construction de la serre pour renouveler la chaudière à granulés actuelle en la remplaçant par une chaudière plus puissante mais aussi plus efficace. Enfin, pour compléter l'approvisionnement en énergie "verte" de la serre, la plus grande surface possible de panneaux photovoltaïques sera installée ainsi que des panneaux solaires thermiques.

Production

La production initialement prévue dans la serre était exclusivement orientée vers des tomates de qualité cultivées sur des gouttières de marque MG Multi-gouttière en acier recouvert de polyester. La charge maximale sur la gouttière est de 15 kg/m.

La serre sera chauffée par des conduites d'eau chaude réparties sur le sol et au pied des murs d'enceinte pour permettre une production toute l'année.

Dans un deuxième temps, un éclairage d'assimilation pour renforcer la croissance des tomates en hiver est prévu. Cela exige que nous fournissions des rideaux occultants à la périphérie et au plafond de la serre. C'est coûteux mais

greenhouse ($U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$). Nevertheless, double glazing achieves a light transmission of +/- 89% with the new available materials.

The greenhouse will be built in the city. It will also have to be aesthetically accepted and even add value to the building. The typical profile of greenhouses seen outside cities may therefore not be suitable and require a dedicated coating. The RTG will have to be aesthetically accepted and bring added value.

Construction risks will be mastered by the IFSB's expertise: efficiency, safety measures related to maintenance and accessibility are all elements taken into consideration for this project. All calculations will be performed in accordance with Eurocodes. This means that the experiments will be easily reproducible throughout Europe.

Energy management

Before studying the energy savings of the greenhouse, we need to know exactly what the adjacent building has to offer in terms of energy and CO_2 . Thus, air flows from offices and classrooms have been identified and are monitored. We also studied the emissions/flows from the kitchen and the restaurant to re-inject them into the greenhouse. These air emissions could bring thermal energy inside the greenhouse from air that is 3 to 6°C warmer than the outside air (according to the first results of monitoring carried out in autumn). The monitoring of the greenhouse will allow us to quantify the energy gains brought by air from the ventilation of the building. In addition, this air will be more CO_2 loaded since it will be extracted from the interior of the building where many people are trained. CO_2 emissions will be monitored to know the recovered quantity and the "cleaning" effect of the air (less CO_2 , more oxygen). This inter-connection of building structures is also positive for plant growth because CO_2 is the main feedstock of photosynthesis.

On the other hand, it will also be possible to use the greenhouse to heat the building. This will be achieved through less energy loss through the roof of the restaurant and through the south side of the IFSB auditorium. This gain is difficult to monitor but we can study it from a theoretical point of view.

For the greenhouse itself, different elements should be studied.

- The walls of the greenhouse will have a double glass layer ($U=1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$) to guarantee better insulation. Calculations made over a period of several years clearly show that, for a heated greenhouse, savings mainly come from wall insulation.
- The building will be designed to be potentially dismantled in the spirit of circular economy. The materials – glass, steel, and concrete (for the foundations) – are easily reusable or recyclable. The quantity of CO_2 used to manufacture the materials used to build the greenhouse will therefore be evaluated.
- The greenhouse itself will be designed to reuse the CO_2 and heat emitted by the IFSB building. As for heating, we will take advantage of the greenhouse construction to replace the current pellet boiler by a more powerful but also more efficient one. Finally, to complete the "green" energy supply of the greenhouse, the largest possible surface area of photovoltaic panels and a few thermal solar panels will be installed.

Production

The production initially planned in the greenhouse was exclusively oriented towards quality tomatoes grown on MG® multi-gutters made of steel coated with polyester. The maximum load on each gutter is 15 kg/m.

The greenhouse will be heated by hot water pipes distributed over the floor and at the foot of the perimeter walls to enable year-round production.

In a second phase, assimilation lighting is planned for better tomato growth in winter. This will require blackout curtains on the greenhouse periphery and ceiling. These are expensive but mandatory (light pollution is prohibited).

obligatoire (pollution lumineuse interdite). Afin d'assurer un climat constant dans toute la serre, nous avons également fourni un système de circulation d'air mécanique.

Cette culture hydroponique est relativement simple à organiser et nous permet de travailler avec

- un climat unique,
- un système de fertilisation unique et
- pour profiter de la grande hauteur de la serre (7,5m)

Il est apparu dans le modèle économique qu'il serait difficile d'atteindre une rentabilité suffisante avec une monoculture. Nous avons donc adapté notre projet en conservant la moitié de la surface en culture hydroponique pour les tomates et l'autre moitié, toujours en culture hydroponique, sera organisée sur des "jardins tours" où d'autres légumes pourront être cultivés. Bien sûr, ceux-ci doivent pouvoir s'adapter au climat prévu pour les tomates (par exemple, concombre, poivrons...).

Le climat attendu pour les légumes est supérieur à 18 °C. La production se déroulera sur 11 mois, de la fin de janvier à la fin de décembre. Cela nous donne un mois pour faire le nettoyage et l'entretien nécessaire au bon fonctionnement de la serre et nous permet d'éviter le chauffage pendant le mois le plus froid.

In order to ensure a constant climate throughout the greenhouse, we a mechanical air circulation system will also be installed.

Hydroponic cultivation is relatively simple to organise and will allow us to:

- work with a single climate,
- work with a single fertilisation system
- take advantage of the great height of the greenhouse (7.5 m)

It appeared in the business model that it would be difficult to achieve sufficient profitability with a monoculture. We therefore adapted our project by keeping half of the surface in hydroponics for tomatoes, while the other half will consist of "tower gardens" where other vegetables will be grown. Of course, these crops (e.g. cucumber, pepper) will have to adapt to the climate control designed for tomatoes.

The expected climate for vegetables is above 18°C. Production will take place over 11 months from end of January to end of December. This will leave us one month to do the cleaning and maintenance necessary for the proper functioning of the greenhouse and will avoid heating during the coldest month.