

Séminaire Bâtiment
Durable

Agriculture Urbaine et Bâtiment Durable

Synergies et mise en œuvre

14 octobre 2022

Serres en toiture : intérêts, faisabilité et réduction de CO2

Le projet européen GROOF



Centre de Recherches
en Agriculture Urbaine



Florent SCATTAREGGIA
Uliege



PRÉSENTATION DE L'ORATEUR

Serres en toiture : intérêts, faisabilité et réduction de CO₂

Le projet européen GROFF

Florent Scattareggia (Uliege)

Florent Scattareggia est diplômé en gestion des entreprises sociales et durables de HEC-Uliege. Il exerce depuis octobre 2021 la fonction de coordinateur du projet GROOF à mi-temps pour le compte de l'Université de Liège (Smart City Institute et Centre de Recherches en Agriculture Urbaine). Il est également à la tête de Good Food Fund, un fonds d'amorçage qui finance des entreprises actives dans le secteur de l'alimentation durable.

Le projet GROOF (Greenhouses to Reduce CO₂ on Roof) propose une approche multidisciplinaire pour réduire la pollution dans deux secteurs clés : l'agriculture et la construction. L'idée du projet est de créer une synergie entre un bâtiment, émetteur notamment de CO₂ et de chaleur fatale et une serre, consommatrice de CO₂ et de chaleur. Le consortium européen composant ce projet bénéficie d'expertise dans quatre secteurs clés : l'énergie, la construction, l'agronomie et la gestion. 4 projets pilotes de serres connectées à des bâtiments ont été construits tandis que 20 projets issus de toute l'Europe de l'Ouest ont pu bénéficier ou sont en train de bénéficier d'un coaching par les partenaires GROOF.



Centre de Recherches
en Agriculture Urbaine

Interreg 
North-West Europe
GROOF
European Regional Development Fund



GROOF



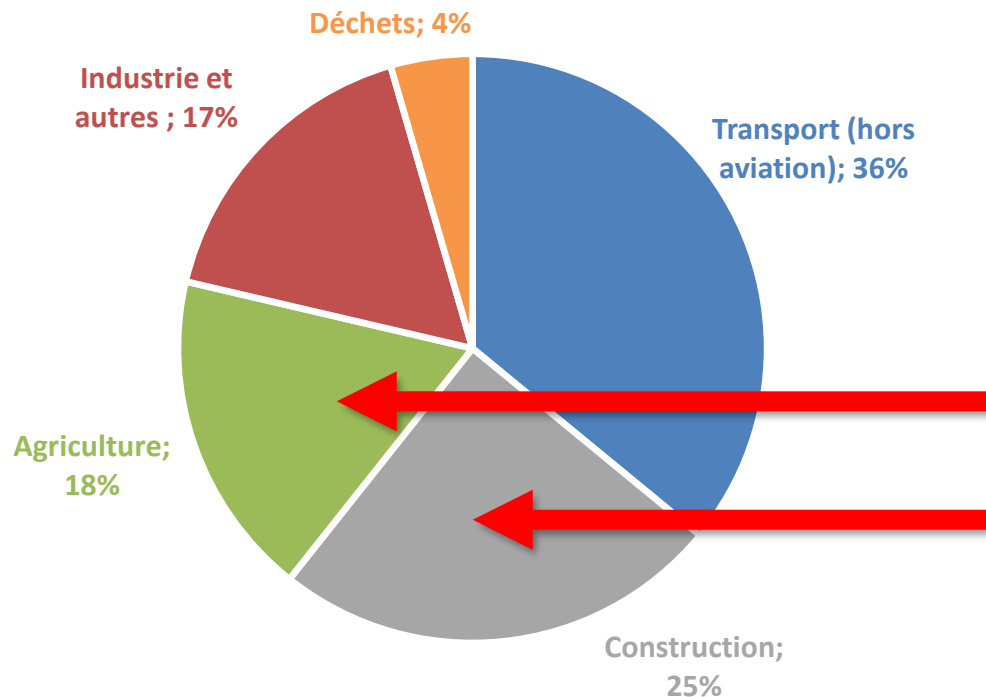
Greenhouses to Reduce CO₂ on roofFs



PLAN DE L'EXPOSÉ

- I. Présentation du projet GROOF
- II. Les projets pilotes
- III. Les projets accompagnés
- IV. Les accompagnements en cours
- V. Les Guidelines
- VI. Les apprentissages

EMISSIONS DE CO₂ PAR SECTEUR, 2019



Comme réduire ces deux-là avec une approche transversal ?

Source: European environment agency



**GROOF est
là pour le
découvrir !**

Interreg
North-West Europe
GROOF
European Regional Development Fund

11

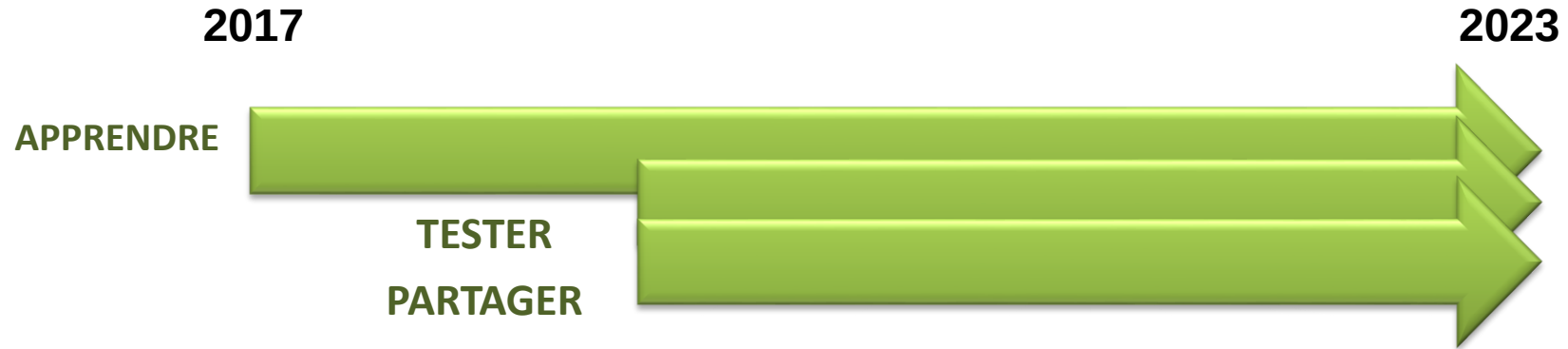
Partenaires

France, Belgique,
Allemagne, Espagne,
Luxembourg

5,9

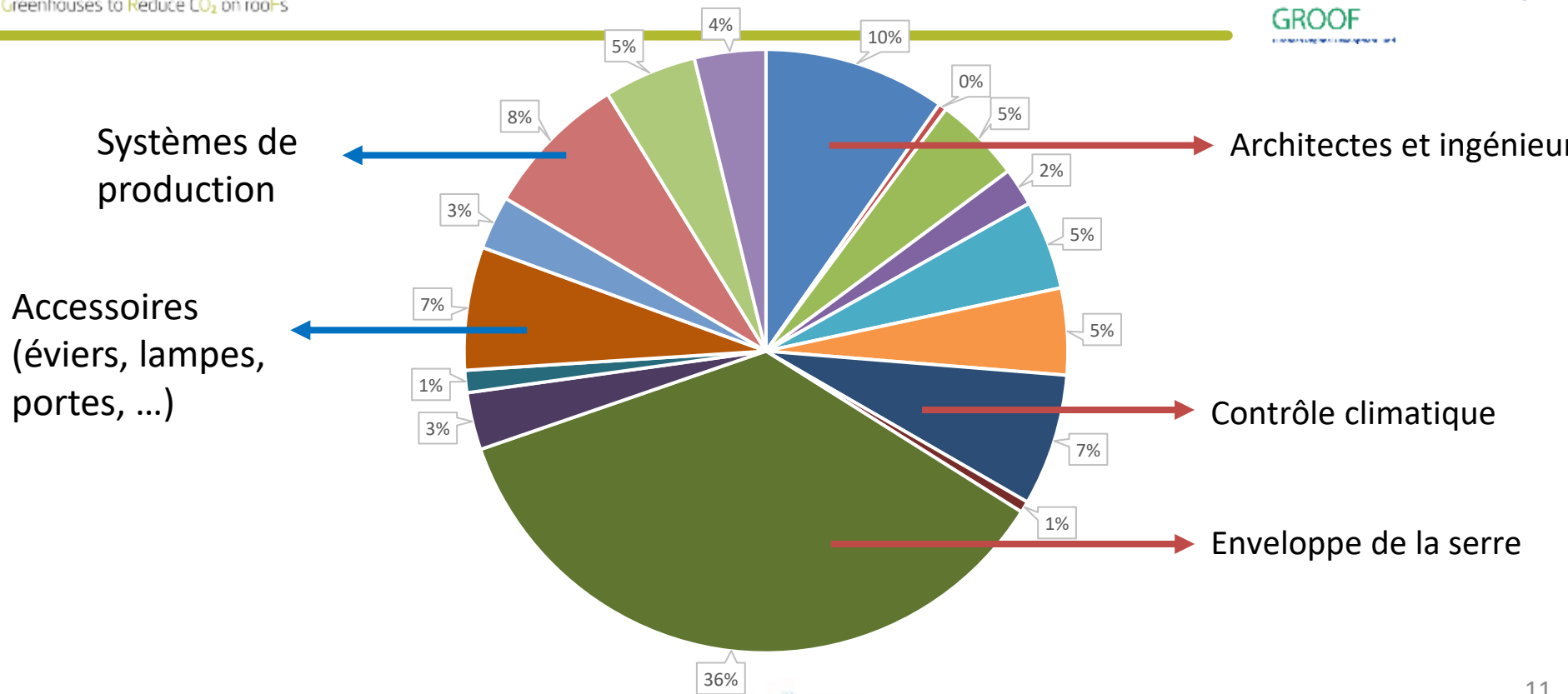
Millions d'euros







- SERR'URE :
"SERRe URbaine basse Energie"
- Serre de recherche
- 200 m²
- Monitoring constant du climat et des autres paramètres
- Adossée au bâtiment
- Demi chapelle (13% d'énergie économisée)
- Investissement : 2670€/m²
- Fait partie de la plateforme WASABI



Les projets pilotes



Bürstadt (DE)

- Serre commerciale (piments)
- Low tech et low cost
- ETFE au lieu de verre (- cher, - lourd)
- Style chinois
- Investissement : 2366€/m²



- Serre commerciale (sur le toit du restaurant)
- Connectée au bâtiment via le système de ventilation
- 400 m², 8m de haut
- Investissement : 2 313€/m²



- Serre de type commercial avec un magasin en bas
- Complète une exploitation pleine terre
- Investissement : 583€/m²



Outil d'évaluation des économies de CO₂ pour les serres en toiture

General setting greenhouse	
Design	Venlo type greenhouse
Greenhouse area	5000 m ²
Length	71,00 m
Width	70,00 m
Height	4,80 m
Productive area	90%
Productive area	4500 m ²
Temperature night	20 °C
Temperature day	19 °C
Lifetime greenhouse	30 years
Cultivation system	
Fruit	Tomato
Yield	52 kg/m ² *a
Water demand	900 l/m ² *a
Share Rainwater	50% of total water demand
Share tap water	50% of total water demand
Waste water	10% of water input, assumption
Fertilization	conventional, mineral NPK fertilizers
Organic waste (plant, tomatos)	38% of the yield
Organic waste treatment	Seperate collection, regional treatment
Digestion	20% Assumption
Composting	80% Assumption



	Reference - Best	Reference - Medium +	Reference - Medium -	Reference - Worst
Greenhouse design				
Roof covering	Foil (F-Clean) double layer	Single glass	Single glass	Single glass
Walls	Polycarbonate 32 mm	Polycarbonate 16 mm	Polycarbonate 16 mm	Double glass
Thermal screens	2 screens	1 screen	1 screen	1 screen
Energy				
Energy carriers for heating	Biomasse 80% / Gas 20%	Gas 100%	Oil 100%	Coal 80% / oil 80%



yncréa 

Les Petits
Poucets



**Pousses
& Vous!**



L'ÉCOTOPE



**Toits
VIVANTS**
VERS UNE VILLE COMESTIBLE



5 early adopters sélectionnés

Pour une année supplémentaire
de coaching, support post-covid
et aide dans l'implémentation du
projet



Espace: 200 m²

Produits cultivés: fruits et légumes

Mode de production: hydroponie

Lieu: Arcueil, France



Espace : 150 m²

Produits cultivés: Légumes, aromates et petits fruits (myrtilles,...)

Producti : 4t de légumes et 500kg de poissons

Mode de production : Aquaponie

Lieu : Paris, France

L'entée
POTE

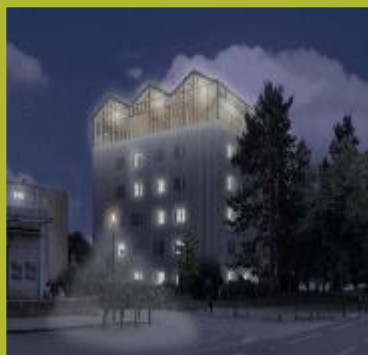


Espace : entre 100 m² et 320 m²

Produits cultivés : légumes et fruits

Mode de production : hydroponie et sol

Lieu : Schaerbeek, Belgique



**nantes
métropole
HABITAT**

Espace : 400 m²

Produits cultivés : spirulina, micropousses, jeunes pousses (pépinière), fleurs.

Other activities: production de chaleur pour le bâtiment, education, experimentation, Jardin partagé

Lieu : Nantes, France



© Frédéric Paillet

Espace : 996 m² sur toit + 1 200 m² au sol

Produits cultivés : Légumes

Mode de production : hydroponie et sol

Lieu : Tours, France

 **Tours-Fondettes
agrocampus**
Lycée CFA CFPPA Exploitations

Irlande :

- Dublin City Council
- MTU (Cork)

Royaume Uni :

- Grosvenor (London)
- Seed Leaves

Belgique :

- Ville de Bruxelles
- Green Nest (Brussels)



Pays-Bas :

- The New Farm (Den Haag)

Allemagne :

- Himmelgrun Kindergarten
- Haas Architect

France:

- Ma Ville Verte (Lyon)

The New Farm

- Lieu : Pays-Bas, La Haye
- statut : Déjà construite
- Type de promoteur : Autorité publique (ville de La Haye)
- Type de business model : En cours de définition
- taille de la serre : 1000m²
- autres : Ancienne serre d'Urban Farmers

The New Farm



Sources : GROOF



Sources : GROOF

- Lieu : Allemagne, Oberhausen
- statut : Déjà construite
- Type de promoteur : Privé, architecte
- Type de business model : Recherche
- taille de la serre : 1000m²



Sources : <https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/project-haas-architects>

- Lieu : Allemagne, Himmelgrun
- statut : Construction en cours
- Type de promoteur : Privé (crèche privée)
- Type de business model : Educatif
- taille de la serre : 200 m²



Sources : <https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/project-himmelgruen>

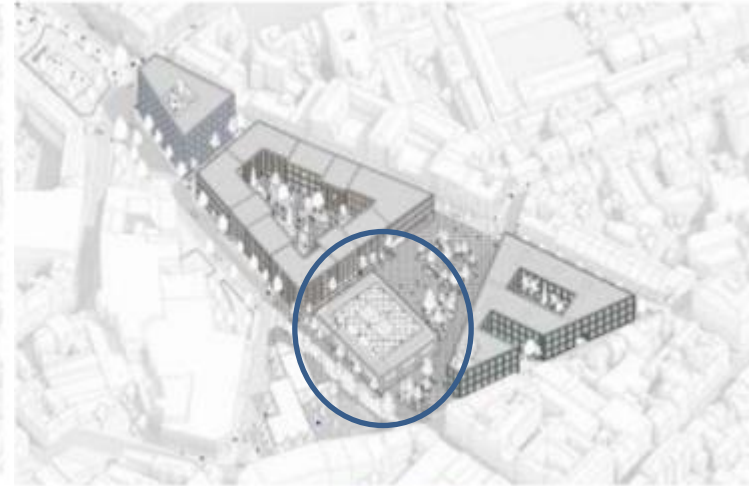
(Remparts des Moines)

- Lieu : Belgique, Bruxelles
- statut : Demande de permis déposée
- Type de promoteur : Autorité publique (Ville de BX)
- Type de business model : En cours de définition
- taille de la serre : En cours de définition

Ville de Bruxelles (Remparts des Moines)

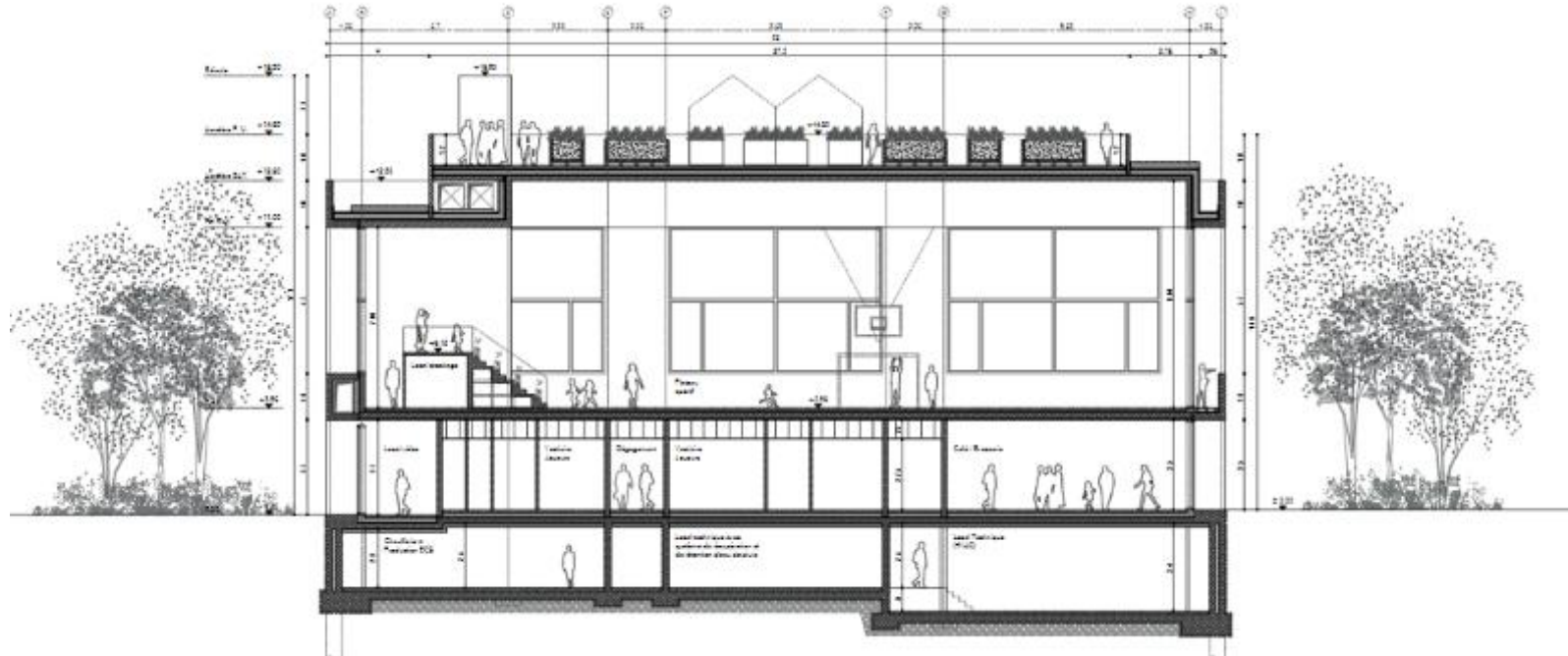


current situation



new situation

Ville de Bruxelles (Remparts des Moines)



Green Nest (Elisabeth)

- Lieu : Belgique, Bruxelles
- statut : Demande de permis déposée
- Type de promoteur : Privé, promoteur immobilier
- Type de business model : Social + business
- taille de la serre : +- 200 m²
- autres : magasin intégré au projet

Green Nest (Elisabeth)



- Lieu : France, Lyon
- statut : Travaux imminents
- Type de promoteur : Privé (promoteur immobilier)
- Type de business model : Social + business

34



Sources : Ma Ville Verte



- Lieu : Royaume-Uni, Londres
- statut : Demande de permis en cours
- Type de promoteur : Privé, promoteur immobilier
- Type de business model : En cours de définition
- taille de la serre : En cours de définition

Grosvenor



Sources : Grosvenor



Sources : Grosvenor

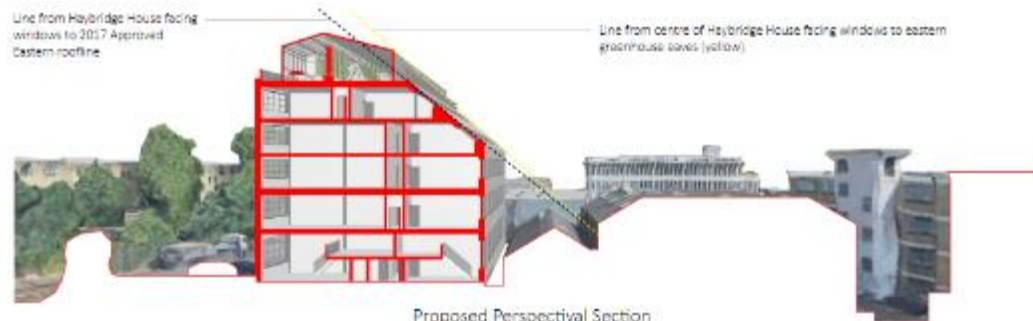
Grosvenor



Existing Perspective Section



Approved 2017 Extension Perspective Section



Proposed Perspective Section

- Lieu : Royaume-Uni, Grayshott (sud de Londres)
- statut : Travaux imminents
- Type de promoteur : Privé (propriétaire du site)
- Type de business model : social + business
- taille de la serre : 575 m²
- autres : Serre adossée au bâtiment (pas sur le toit) – Aeroponie prévue dans la serre

Seed Leaves



- Lieu : Irlande, Dublin
- statut : Demande de permis en cours
- Type de promoteur : Autorité publique (Ville de Dublin)
- Type de business model : En cours de définition
- taille de la serre : En cours de définition



Sources : <https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/project-wood-quay>

Munster Technical University

- Lieu : Irlande, Cork
- statut : Demande de permis en cours
- Type de promoteur : Université
- Type de business model : Recherche + social
- taille de la serre : En cours de définition

Munster Technical University



Sources : <https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/project-mtu>

GROOF GUIDELINES

Process étape par étape pour être sûr de poser la bonne question à la bonne personne au bon moment

À destination de:

- Architectes, ingénieurs,
- Propriétaires et investisseurs,
- Fermiers et entrepreneurs,
- Villes et communes...

www.urbanfarming-greenhouse.eu





3 approches !



La première : la faisabilité opérationnelle du projet au cours des 3 phases
- préparation, réalisation, exploitation

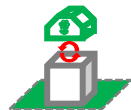
La seconde : sur les Retours d'expériences (feedbacks)
- basées sur les visites
- basées sur les projets pilotes



La troisième : sur les Questions Fréquentes (FAQ)
- basées sur les 10 candidats coaches avec un focus sur les 5 lauréats



Guidelines



I. INTRODUCTION

1. Contexte

Auteur Nicolas ZITA (CDEC, LU)

2. Objectifs

Auteurs Maeva SABRE (CSTB, FR) - Patrice CLEMENT (CEC, BE)

3. Organisation du document

Auteurs Patrice CLEMENT (CEC, BE) - Maeva SABRE (CSTB, FR)

II. ETAPES OPERATIONNELLES

1. Aperçu et stratégie d'un projet

Auteurs Nicolas BRULARD (Gally, FR) - Nicolas Ancion (ULg)

2. Faisabilité technique

Auteurs Marcel DERAVERET (IFSB, LU) - Ismaël BARAUD (CSTB, FR)

3. Possibilités financières

Auteurs Boris SOLEKI (Neobuild, LU) - Patrice CLEMENT (CEC, BE)

4. Faisabilité Légale

Auteurs Maeva SABRE (CSTB, FR)

5. Construction des Serres en toiture

Auteurs Nicolas BRULARD (GALLY, FR) - Ismaël BARAUD (CSTB, FR)

6. Gestion climatique des Serres en toiture

Auteurs David VOLK (EBF, DE) - Guillaume Morel-Chevillet (ASTREDHOR)

7. Gestion des eaux pluviales pour alimenter les Serres en toiture

Auteurs Bernard de Gouvello (CSTB)

8. Gestion et système de croissance pour les Serres en toiture

Auteurs Guillaume Morel-Chevillet (ASTREDHOR) - Veronica Arcas (UAB)

9. Evaluation technique et économique des Serres en toiture

Auteurs Karsten WILHELM (IFAS, DE) - Ulrike KIRSCHNICK (IFAS, DE) - Zaira Ambu (HS Trier/Ifas) - Nicolas ANCION (ULg, BE)

10. Aspects sociaux

Auteurs Susana Toboso (UAB) - Xavier Gabarrell (UAB) - Gara Villalba (UAB) - Cristina Madrid (UAB) - Ramiro Gonzalez (UAB)

11. Communication

Auteurs Caroline Bini (GroupeOne), Mathilde Gougeau (GroupeOne)

III. ETUDES DE CAS BASEES SUR DES VISITES

IV. ETUDES DE CAS BASEES SUR LES PILOTES

V. FAQ'S

Auteur Nicolas ANCION (ULg, BE)

I. INTRODUCTION

A. Contexte - Nicolas Zita, Maeva Sabre

b. Objectifs - Maeva Sabre, Patrice Clément

C. Organisation du document - Patrice Clément, Maeva Sabre

II. ETAPES OPERATIONNELLES

Communication - Caroline Bini, Mathilde Gougeau

A. Phase préparatoire

1. Aperçu et stratégie d'un projet - Nicolas Brulard, Nicolas Ancion

2. Faisabilité technique - Marcel Deravet, Ismaël Baraud

3. Possibilités financières - Boris Soleki, Patrice Clément

4. Faisabilité Légale - Maeva Sabre

5. Aspects sociaux - Susana Toboso, Xavier Gabarrell, Gara Villalba, Cristina Madrid, Ramiro Gonzalez, Caroline Bini

B : Phase réalisation

1. Construction des Serres en toiture - Nicolas Brulard, Ismaël Baraud

2. Aspects sociaux - Susana Toboso, Xavier Gabarrell, Gara Villalba, Cristina Madrid, Ramiro Gonzalez, Caroline Bini

Travail collaboratif avec
24 auteurs différents,
apportant chacun sa
vision, expertise et
expérience

C : Phase exploitation

1. Gestion climatique des Serres en toiture - David Volk, Guillaume Morel-Chevillet

2. Gestion des eaux pluviales pour alimenter les Serres en toiture -

Bernard de Gouvello

3. Gestion et système de croissance pour les Serres en toiture - Guillaume Morel-Chevillet, Veronica Arcas

4. Evaluation technique, environnementale et économique des Serres en toiture - Karsten Wilhelm, Ulrike Kirschnick, Zaira Ambu, Nicolas Ancion, Nicoletta Schiapiu

5. Aspects sociaux - Susana Toboso, Xavier Gabarrell, Gara Villalba, Cristina Madrid, Ramiro Gonzalez, Caroline Bini

III. RETOURS D'EXPERIENCES

A. Etude de cas basés sur des visites - Maeva Sabre

Le projet FERTILECITY à Barcelone, opéré par UAB, Espagne

The New Farm à Den Haag, opéré par Urban Farmers, Pays-Bas

La Ferme Abattoir à Anderlecht, opéré par BIGH, Belgique

B. Pilotes développés dans le cadre du projet GROOF - Pierre Hauwer

ULg, Gembloux, Belgique

IFSB, Bettembourg, Luxembourg

GALLY, Saint-Denis, France

EBF, Birstadt, Allemagne

IV. FAQ'S - Nicolas Ancion

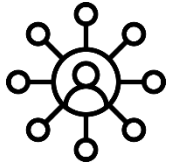
QUESTIONS ENERGIE

QUESTIONS CONSTRUCTION

QUESTIONS PRODUCTION DES PLANTES

QUESTIONS ECONOMIQUES

Multiples challenges



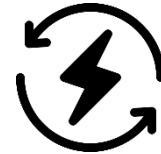
SOCIAL



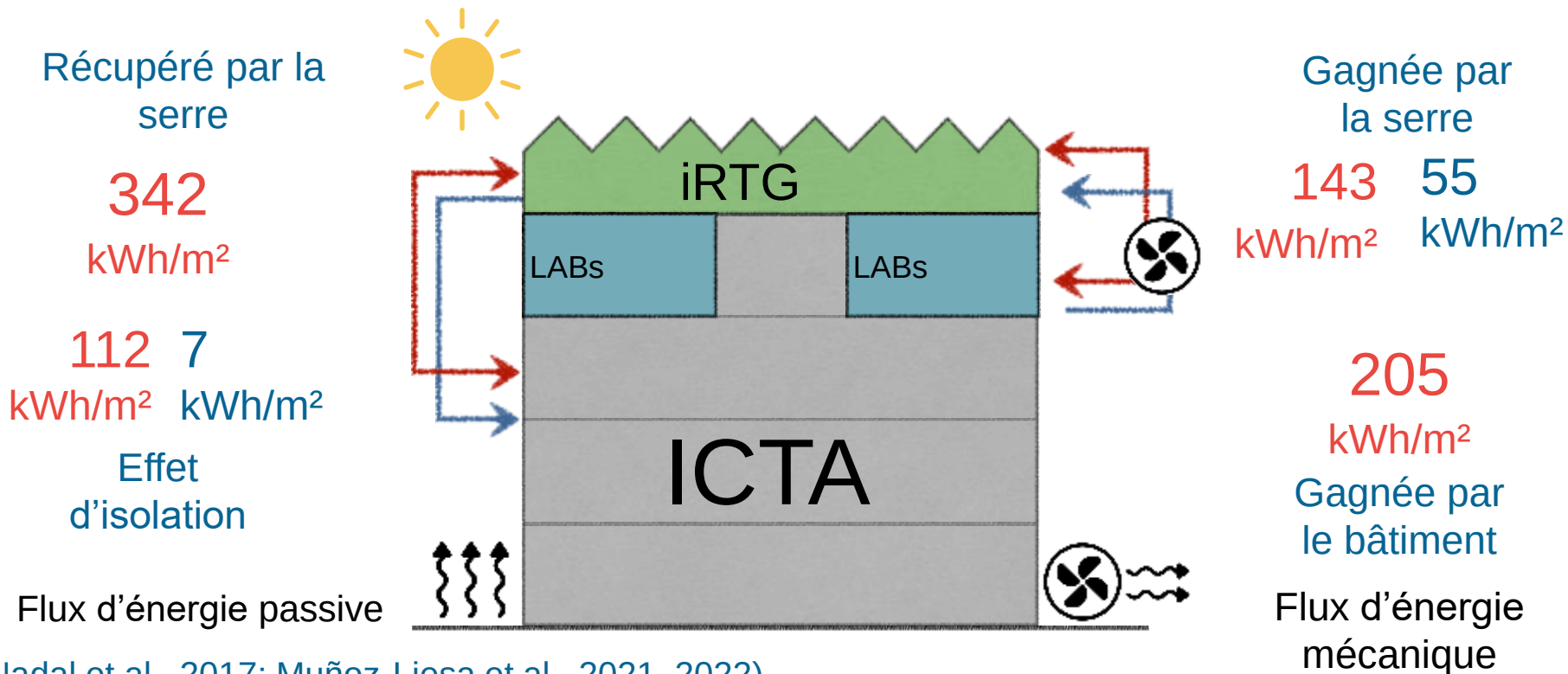
CONSTRUCTION



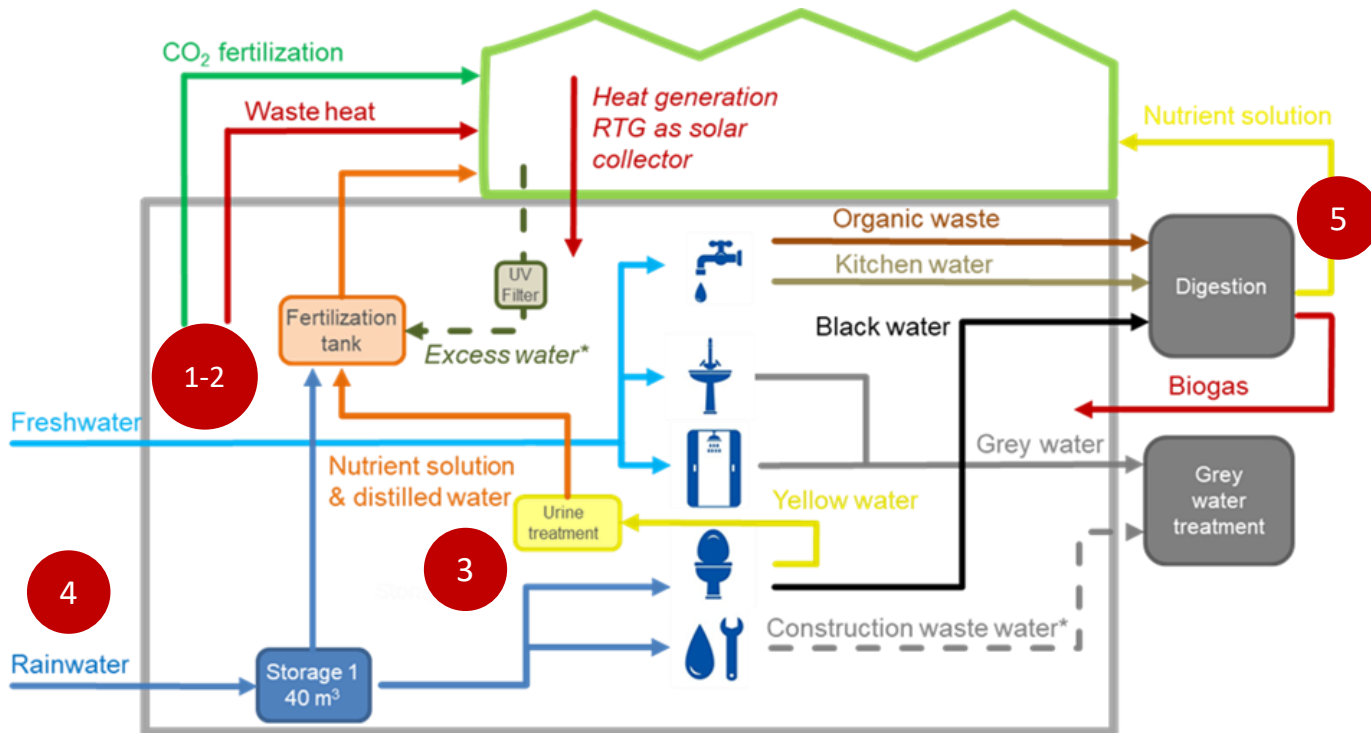
BUSINESS MODEL



ENERGIE



(Nadal et al., 2017; Muñoz-Liesa et al., 2021, 2022)



*Occurrence and composition of material flows is unknown

Sources : EBF, IFAS

Exemples de conception de serre (GROOF)

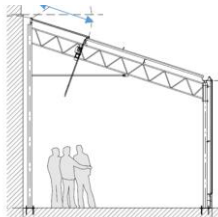
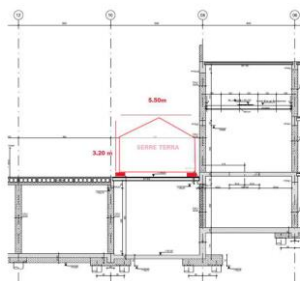
(Dans ce cas, il existe des inconvénients d'une serre en toiture à pignon)

Toiture à deux versants :

- La structure de la serre à 2 versants est plus lourde que la serre à 1 versant
- Pour l'installation des poutres en acier, une large ouverture de la couche imperméable est nécessaire
- Une demande d'énergie plus élevée que la toiture à un versant (13%)
- Un investissement plus élevé

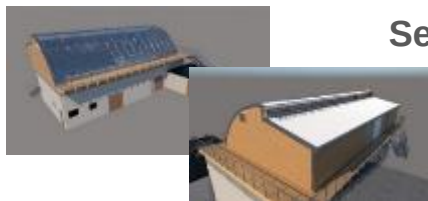
Toiture à un versant :

- Serre en toiture à un versant peut être installé sans endommager la couche d'étanchéité
- Un rendement plus élevé (surface de déperdition plus faible)
- Un investissement plus faible



Serre chinoise à un versant (EBF)

- Serre économe en énergie (80-90% par rapport à une serre commerciale)
- Serre solaire (système PV)
- Utilise des matériaux à faible valeur U



Apprentissages

Potentiel d'efficacité énergétique : Matériau de l'enveloppe de la serre [par exemple, 480 m²].

- Le matériau choisi a une grande influence sur l'efficacité énergétique.

U-values of different covering materials [W/m ² *K]	
Single glazing	6,2
Double glazing	3,0
Single foil	6,4
Double foil	3,1
Polycarbonate	~1,3



- Simulation de la serre (les effets d'isolation du toit ne sont pas pris en compte).

Le calcul est basé sur une température de 18°C (Jour & Nuit) dans la serre.

	Single glass	Double glazing	Polycarbonate sheets (16mm)	Polycarbonate sheets (32mm)	Double foil f-clean
	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]
No screen	814	636	444	294	280
Single screen	489	413	321	232	217
double screen	351	308	250	193	180



- Avantages :**
 - Potentiel d'économie d'énergie en chaleur et en électricité.
- Inconvénients :**
 - Augmente l'investissement

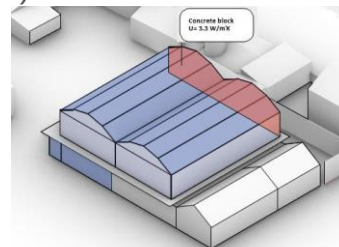
Source: KTBL – Niedrigenergiegewächshäuser (ZINEG)



Sources: Gökhan Akyazi
ZINEG Projektteil Hannover



Sources: <https://pfaffenhofen-today.de>



Sources : Lacaton & Vassal, 2019



Sources: <https://www.lfl.bayern.de>

Un mur en béton peut être utilisé pour stocker la chaleur, car le matériau peut absorber la chaleur du rayonnement (du soleil) pendant la journée et la nuit, la chaleur stockée sera transmise à la serre

Apprentissages

Verre à contrôle solaire	Feuille (double) – film f-clean	Verre multicouche (4 épaisseurs) combine avec un facteur solaire	Ecrans de chaleur
Avantages: • longue durée de vie (pas de remplacement) • Économie d'énergie de 60 à 70% Inconvénients : • Réduction de la lumière de 10%. • Coût élevé • L'installation d'autres composants est difficile (par exemple, les tuyaux de chauffage dans la zone du toit). • Poids élevé	Avantages : • Économie d'énergie : 60 % • Durée de vie relativement longue • Haute transparence • Alternative rentable (par rapport aux autres matériaux) • Qualité de récolte élevée (est possible) • Poids faible Inconvénients : • Les plastiques sont dégradés par le rayonnement • Le remplacement sur le toit est coûteux.	Avantages : • Économie d'énergie 70% • Le verre a une longue durée de vie Inconvénients : • Les plastiques sont dégradés par le rayonnement • Le remplacement sur le toit est coûteux. • Réduction de la lumière	Avantages : • Economies d'énergie • Rentabilité • Réduire les impacts négatifs de la vitesse du vent Inconvénients : • Remplacement après 10-15 ans • Réduction de la lumière



Entrepôt industriel (jaune)

- Faible capacité de charge de la toiture (techniquement réalisable, coûteux)

Bureaux et école (rouge)

- La conception de la serre n'est pas adaptée en termes d'efficacité énergétique
- Mauvais rapport de 2,4 entre l'enveloppe et la surface
- Pas de mur isolé sur le côté nord du bâtiment
- La quantité de chaleur perdue n'a pas un effet élevé sur les économies d'énergie (5 -10%)
- L'installation affecterait la couche d'étanchéité

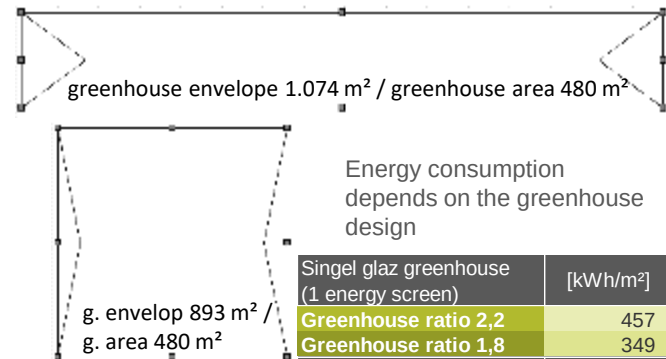
Nouveau bâtiment pour la cantine (bleu)

Avantages:

- Capacité de charge élevée de 500 kg/m²
- Conception parfaite en termes d'efficacité énergétique
- Accès à la chaleur perdue
- Accès au CO₂ du système de ventilation pour la fertilisation des plantes
- Potentiel des systèmes de PV

Inconvénients :

- Ombre le matin provenant du bâtiment voisin
- Modification du système de chaudière



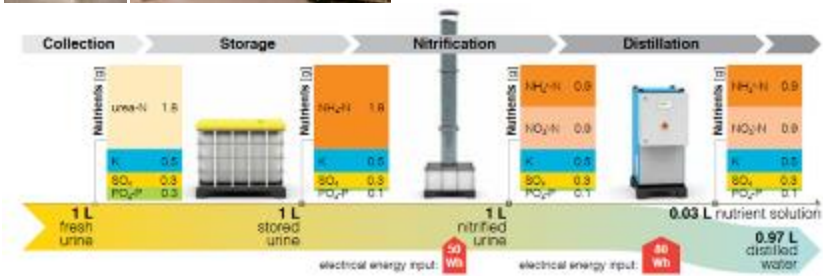


Séparation de l'urine des toilettes par :

- des toilettes à séparation suspendue
- collecte séparée des eaux usées des urinoirs

Restrictions de l'utilisation du potentiel des éléments nutritifs :

- Seulement le potentiel théorique de la demande en nutriments et de leur disponibilité.
- P et K directement disponibles pour les plantes
- N seulement partiellement disponible pour les plantes (sous forme de NO₃⁻ ou NH₄⁺)
- Besoins plus élevés pour la culture hors sol en serre



Potentiel de production d'urine et d'engrais

Exemple: 450 m² RTG (Tomates)

→ Quantité totale théorique d'environ 25 m³ par an

→ Fournit : 44 kg N ; 2,7 kg P et 22 kg K sur une base annuelle

→ 90% de l'azote pourrait être couvert.

Source: U. Kirschnick, 2020

Source: Etter & Udert, 2016. VUNA Handbook on Urine; Viskari et al., 2018. Fertilizer potential of human urine in barley cultivation

- **Bâtiment :**

- Les **entrepôts industriels** ne sont pas un type de bâtiment avantageux pour la RTG.
- En termes de **façades ventilées**, une connexion physique entre la RTG et le bâtiment est impossible.
- Une capacité de charge > **400 kg/m²** de la toiture est nécessaire (selon le type de RTG).
- Par un **processus de reconception des bâtiments ou par la planification de nouveaux bâtiments**, le plus grand nombre de synergies entre la serre et le bâtiment peut être exploité. (chaleur perdue, collecte des urines, utilisation des eaux grises et des eaux de pluie, utilisation du CO₂ par le système de ventilation, etc.)
- **Types de bâtiments prometteurs** : grands immeubles résidentiels, immeubles de bureaux, magasins d'alimentation et de détail, centres de données.

- **Serre**

- Serre à **haute efficacité énergétique**,
- **Haute efficacité de surface** (agriculture verticale, fertilisation et espace de travail au sous-sol).
- Possibilités futures : La serre pourrait être utilisée comme capteur solaire pendant la période de transition.

- **Synergies :**

- Énergie : Utilisation de la chaleur résiduelle du bâtiment, chaleur résiduelle de la serre, effets de l'isolation, énergies renouvelables (système PV),
- Eau et engrais : Collecte des eaux de pluie, utilisation des eaux grises, collecte et traitement des urines, fertilisation au CO₂,
- Alimentation locale et aspects sociaux : une chaîne de valeur alimentaire courte, des activités sociales, une agriculture solidaire, des concepts d'éducation pour l'agriculture sur les toits.

- **Parties prenantes :**

- Un important travail de communication est nécessaire pour mettre en place une serre sur un toit.
- Pour le propriétaire du bâtiment, un travail administratif important est nécessaire.
- L'identification du constructeur de la serre prend du temps
- Le processus de coordination est important (administration, architecte, constructeur de serres, etc.)
- Il est important d'inclure au plus tôt l'exploitant de la serre au projet



CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

- Un projet de serre en toiture est long et difficile dû à son caractère innovant
- Les investissements sont pour le moment beaucoup plus élevés que pour des serres au sol
- Elles permettent des impacts multiples (économiques, sociaux, écologiques) pour différents stakeholders
- Les possibilités de synergies avec le bâtiment sont nombreuses et ne se limitent pas aux échanges énergétiques



OUTILS, SITES INTERNET, SOURCES



Site des guidelines :

www.urbanfarming-greenhouse.eu

Site de GROOF :

www.groof.eu



CONTACT



Florent SCATTAREGGIA

Coordinateur du coaching

Coordonnées

☎ : +32 474 18 89 65

E-mail : florent.scattareggia@uliege.be

www.groof.eu



Centre de Recherches
en Agriculture Urbaine



[@GROOFproject](https://www.groof.eu)