GROOF
Greenhouses to Reduce CO_2 on roofs

Interreg
North-West Europe
GROOF

Groof

Un guide pratique pour l'installation de serres en toiture

Le projet GROOF InterReg

Ce document se concentre uniquement sur un guide de bonnes pratiques, qui résume l'expérience de GROOF en matière de conception et de construction d'une serre en toiture, économe en énergie. Il contient des retours d'expérience de projets existants et des conseils pour chaque étape du développement du projet, Maeva SABRE (CSTB, Fr) – 2022.

Vous voulez en savoir plus sur le projet GROOF (Greenhouses to Reduce CO_2 on Roof) ?

Visiter notre site

Voir le site de nos guidelines

Layout : Mungographic.be

© Juliette Thévenin

POUR VOUS GUIDER DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION

Conçu pour se concentrer sur l'empreinte carbone de votre projet.

Par Maeva Sabre (CSTB, Fr), Nicolas Zita (CDEC, LU), Patrice Clément (CEC, BE), SiParlle Cavalier (CEC, BE)

Au fil du temps et de l'évolution de la conscience écologique, les secteurs économiques se voient influencés par les recommandations européennes incitant à prendre ses responsabilités en matière de développement durable. Le secteur agricole et le secteur de la construction ne font pas exception. Cependant, l'inertie inhérente à ces grands secteurs ne leur permet pas toujours de suivre l'évolution rythmée des besoins du marché. Le projet GROOF est né de la coopération entre ces deux secteurs et adopte une vision transversale pour répondre au besoin grandissant d'une population en quête d'aliments frais et locaux avec à terme une empreinte régénératrice (carbone positive), une nourriture fraîche et locale, mais profitant également au bâtiment hôte.

L'agriculture urbaine telle qu'elle est actuellement perçue est une première réponse, mais elle reste aujourd'hui une tendance "de niche". Pour répondre à ce problème et développer le marché européen, le projet GROOF rassemble des spécialistes répartis dans la région du Nord-Ouest de l'Europe et reconnus pour leurs compétences en construction, en climatologie, gestion de l'énergie et de l'environnement, production horticole et développement commercial. Ils sont tous convaincus du succès d'une solution intersectorielle et transnationale de réduction du CO_2 impliquant le partage d'énergie entre les serres sur les toits (RTG en anglais) et les bâtiments.

Grâce à sa connaissance de la région du Nord-Ouest de l'Europe, le partenariat a identifié les risques et les opportunités pour les premiers utilisateurs de serres sur les toits ayant pour but la réduction des émissions de CO_2. Le projet a également permis de tester différents modèles d'affaire sur les projets pilotes de serres sur les toits en France, en Belgique, en Allemagne et au Luxembourg.

La coopération aborde également le problème majeur du CO_2 émis par le transport des produits de la serre. Les serres en toiture doivent servir de plaques tournantes alimentaires et travailler avec les producteurs locaux pour optimiser le transport vers les consommateurs.

Enfin, le projet GROOF aborde les défis territoriaux du Nord-Ouest de l'Europe en tant que région fortement urbanisée. L'espace est rare et le foncier coûteux, en particulier dans les centres urbains, où le besoin supplémentaire de mesures de réduction de CO_2, de produits locaux et de verdure est le plus élevé. Les serres sur les toits sont à la fois des solutions productives et peu encombrantes, répondant au parc immobilier inefficace ou gaspilleur existant dans la zone Nord-Ouest Europe.

Le but de ce guide est d'aider les porteurs de projets de serre sur les toits à introduire des synergies énergétiques, de construction et de production avec le bâtiment-support dans leur modèle d'affaires afin de renforcer sa robustesse tout en réduisant les émissions de CO_2.

En moyenne, les bâtiments existants, ne respectant pas les règlementations thermiques en vigueur, peuvent perdre jusqu'à 30 % de la chaleur emmagasinée en hiver, par la toiture. De plus, la chaleur et le CO_2 peuvent être collectés dans les systèmes de ventilation. La quantité dépend des activités et de l'utilisation du bâtiment mais aussi des spécifications techniques des systèmes installés. Chaque bâtiment est différent (taille, utilisation, emplacement, matériaux, configuration de l'équipement énergétique et capacité portante...). Pour cette raison, chaque situation est différente et doit être traitée en conséquence.

Toutefois, ces spécificités n'impliquent pas nécessairement l'utilisation d'innovations techniques coûteuses pour relier la serre et le bâtiment. Tout fabricant de serres devrait être en mesure de construire et d'implanter des serres sur les toits à des fins de réduction des émissions de CO_2.

L'innovation est dans le travail combiné des secteurs de la construction et de l'agriculture à l'étape de la conception et de la construction afin de relier la serre au bâtiment de manière efficace et rentable et d'autre part en termes de gestion et d'exploitation de cet équipement. Une collaboration

réussie aboutira à un projet capable de consommer moins d'énergie que si les deux structures étaient gérées séparément.

Ce guide pratique répondra aux besoins de 4 grands acteurs clés qui l'utiliseront dans la pratique : propriétaire d'immeuble, partenaire financier, producteur agricole et porteur de projet.

Vous êtes motivé par l'idée de cultiver des légumes et des plantes et de les distribuer localement ?

Vous êtes expert dans l'une des compétences dont le projet a besoin, mais peut-être pas dans toutes ?

Vous vous demandez comment commencer un tel projet, les étapes à entreprendre, les priorités et comment les optimiser ?

Notre équipe d'experts a réalisé de nombreuses observations (visites de serres existantes sur les toits, rencontre des parties prenantes aux projets, etc.), et expérimenté concrètement sur quatre projets pilotes, propriété exclusive de GROOF. Elle a également offert un encadrement à dix autres projets « lauréats » dont 5 ont été suivis en profondeur. Sur la base de cette expérience et des informations recueillies, nous avons organisé ce document en fonction des facteurs de succès identifiés pour un projet d'implémentation de serre en toiture à impact carbone réduit.

Ce document est structuré en six parties :

- Phase de préparation du projet
- Phase d'exécution
- Phase d'exploitation
- Retours d'expérience
- Projets pilotes
- Foire aux questions (FAQ)

Selon votre profil, vous pouvez être expert dans un (ou plusieurs) des sujets abordés et non-expert dans d'autres. Dans tous les cas, nous espérons que ce guide saura vous apporter des réponses et vous rapprocher du succès escompté pour votre projet.

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

COMMUNICATION

Par Caroline Bini (Groupe One, BE), Mathilde Gougeau (Groupe One, BE)

Cette partie ne traite pas de la communication « opérationnelle » avec les entreprises de construction ou les fournisseurs pendant les constructions de bâtiments RTG, mais concerne vos communications externes afin d'atteindre vos clients et de les inclure dans votre projet RTG. Le résumé que vous pouvez trouver ici est principalement basé sur l'expérience que le projet GROOF a composé avec les 4 premiers pilotes-RTGs et le premier partage d'expérience des 10 lauréats de notre appel à projet.

Une stratégie de communication doit réfléchir au sens et aux objectifs du projet, au contenu de celui-ci, mais aussi à qui il est fait et à la façon dont il sera développé. En d'autres termes, quels outils de communication développerez-vous pour atteindre votre public cible et maximiser le succès de votre construction et de votre construction RTG, quel genre d'événements organiserez-vous pour plus de visibilité et de réseautage autour de votre projet, quel canal de communication utiliserez-vous, etc.

L’objectif d’une stratégie de communication est d’apporter au chef de projet les bonnes questions, à savoir :

Rendez votre message plus cohérent, compréhensible

Atteindre vos publics cibles (politiciens, citoyens, agriculteurs urbains, partenaires, clients, etc.), avoir un impact sur eux, les faire suivre votre projet et les inclure dans votre stratégie de communication

Augmentez la visibilité de votre projet grâce à des stratégies spécifiques en ligne et hors ligne

Si vous passez le temps nécessaire pour préparer votre stratégie à l’avance, vous serez prêts une fois votre RTG construite et c’est le moment de mettre en œuvre la stratégie de communication.

DÉFINISSEZ VOTRE MESSAGE ! POURQUOI & QUOI

Pourquoi mon projet existe-t-il ?

Après avoir défini les racines et les raisons de votre projet RTG dans le chapitre précédent (plan de projet et stratégie), vous devriez avoir une meilleure idée de ce qu'est la « Raison d'être » de votre projet. Il donne la réponse à la question « Pourquoi » le projet existe. Quels sont les principaux objectifs de votre projet ? Grâce à votre objectif, vous pouvez inspirer les autres : de quoi les gens ont-ils besoin pour se sentir inspirés et pour rejoindre votre stratégie afin d'agir pour votre projet ?

Dans votre stratégie de communication, il est important que le lien soit fait avec le but de votre projet parce que les messages et la façon de les exprimer devront rappeler quelle est la valeur ajoutée la plus forte de votre RTG, pour les différents groupes cibles.

Voir cette vidéo de Simon Sinek qui explique l'importance du « Pourquoi ».

Quel est mon/mes message(s) ?

Faites-en sorte que votre message soit suffisamment clair pour qu'il soit facile à diffuser envers les autres ! Pour répondre au « Quoi », définissez le projet en 3-4 lignes et répondez à : Quels sont les messages clés de votre projet ? qu'est-ce que le public cible pense avant la communication ? Qu'est-ce que je veux qu'ils pensent après la communication ?

Un bon message est :

- Clair, simplement formulé et sans jargon
- Avec une touche positive et contenant une « promesse »
- Original, stimulant, évocateur pour le public cible

Par exemple, si vous souhaitez développer un projet RTG à but non lucratif et se concentrer sur les aspects sociaux et la production d'aliments locaux, les deux grands points d'attention dans votre communication et votre message sont :

- Insistez sur la fraîcheur, la provenance locale et la haute qualité de vos produits
- Votre projet est un lieu de rassemblement autour de la production alimentaire, mais aussi à travers des événements, des ateliers et diverses activités

Vous pourriez trouver un slogan comme : Ensemble, rassemblons-nous et produisons de la nourriture locale sur nos toits !

Outils pour développer votre message

Contes

Nous vous invitons à considérer votre projet RTG comme un CONTE ; que puis-je dire de mon projet pilote qui attirera mon public, quelle est l'histoire de mon projet, quelles sont les personnes impliquées, quelles sont les valeurs de notre projet ? N'hésitez pas à personnaliser votre histoire et à la rendre accessible, amusante et attrayante !

Exemple sur l'un des projets coachés par Groof en 2019

Analyse FFOM (forces, faiblesses, opportunités et menaces)

Sur la base de ces éléments stratégiques, nous suggérons qu'une ANALYSE-SWOT de votre projet puisse être faite afin que les éléments de projet les plus forts sur qui communiquer puissent être mis en évidence. Au contraire, l'analyse SWOT montrera les sujets qui peuvent être perçus comme des obstacles ou des faiblesses par les parties prenantes du projet. Il est important d'utiliser les forces de vos messages et de faire des plans pour activer ces opportunités.

Plus d'infos sur cette vidéo en ligne

DÉFINISSEZ VOTRE AUDIENCE

Identifier les groupes cibles

Une fois que vous avez répondu à votre/vos message (s) et le but de votre projet, il est important de se concentrer sur votre public et le segmenter en différents groupes cibles. Qui est votre public En d'autres mots, répondre aux deux questions :

Vers qui devez-vous communiquer ?

- Au sein de votre organisation : collègues, responsable communication, graphiste, responsable des médias sociaux, chef de projet, agriculteurs urbains, etc.
- Définissez qui de votre équipe travaille au service des communications et des événements : Y a-t-il quelqu'un ou une équipe qui s'y consacre ? Sont-ils disponibles ? Ou est-ce le chef de projet lui-même qui y travaille ?

Qui devez-vous inclure dans votre stratégie ?

- En dehors de votre organisation : partenaires influents envers votre public et dans votre quartier, citoyens, acteurs, détaillants locaux, etc.
- Définissez qui devez-vous convaincre. Qui devez-vous enrôler dans votre projet ?
- Les groupes cibles typiques que nous avons rencontrés au cours des projets pilotes comprennent le propriétaire de l'immeuble, les occupants de l'immeuble (habitants ou utilisateurs), la presse, les autorités municipales, les futurs clients, les partenaires financiers, les voisins de l'immeuble, les futurs partenaires potentiels (agriculteur, producteur, fournisseur, livreur, etc.).
- Voir le chapitre sur les aspects sociaux, y compris la cartographie des intervenants, afin de sensibiliser ou de toucher les intervenants, de susciter de l'intérêt, de gérer les attentes et d'avoir un dialogue efficace avec eux pour s'assurer que les gens appuient le RTG.

Observez vos groupes cibles

Observez votre public cible et analysez leurs besoins, leurs passe-temps, leurs intérêts, leur situation géographique, leurs actions et leurs comportements en ligne, etc. Plus vous apprendrez à les connaître, plus vous serez en mesure de répondre à leurs besoins et vous saurez comment les atteindre.

Exercice

Définissez un personnage typique aussi précis que possible et décrivez un parcours de réussite client !

- Choix d'une personne clé
- Décrivez-le, quelles sont ses habitudes, ses besoins, ses valeurs, où vit-il, la vie personnelle, les intérêts, la profession, etc.
- Racontez-nous l'histoire de ce personnage avec votre projet pilote : comment vous l'atteindrez, comment vous interagirez et sensibiliserez les gens aux RTG, etc.
- Incluez vos outils de communication pour atteindre cette personne (voir le chapitre « Définir les canaux de communication ») : Comment il/elle va prendre connaissance de votre projet et s'y impliquer ? Où votre personnage est-il actif ? Médias sociaux, rue, recherche en ligne, bouche à oreille, publipostage, événements, etc.

Voir des exemples dans annexe 'Storytelling-Pilote-com' stratégie

https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/_files/ugd/4af052_97801c7170ef4f34bb61975cd1db122d.pdf

DÉFINISSEZ VOS CANAUX DE COMMUNICATION

Après avoir identifié les groupes cibles de communication, il est utile de préciser, pour chacun d'eux, quels seraient les meilleurs canaux de communication pour les atteindre en fonction de leurs besoins et de leur comportement. Où ont-ils leurs informations ? Quel canal utilisent-ils et quand ? sont-ils réceptifs aux contacts sociaux plus visuels, écrits et directs ?

Vos canaux de communication existants

Dressez la liste des canaux de communication actuels que vous possédez : site web, email, newsletters, brochures, publicités, etc.

Canaux de communication à développer

Dressez la liste des canaux et des outils promotionnels que vous souhaitez développer pour atteindre vos groupes cibles définis :

- Couvertures médiatiques pour atteindre la presse locale, nationale ou internationale, communiqué de presse, articles, contes, magazine municipal, radio locale, télévision et presse écrite, etc. Est-il nécessaire d'organiser une conférence de presse, d'organiser des visites individuelles et des entretiens avec les journalistes ?
- Communication numérique :
  - Médias sociaux (Instagram, Twitter, You Tube, LinkedIn, etc.): quelle plateforme aura du sens pour mon projet ? Qui peut y travailler ? Avez-vous suffisamment de contenu pour gérer une communication de cohérence ?
  - Nouveau site web sur votre projet RTG incluant des articles et des actualités, des sites web de vos partenaires
  - Vidéo promotionnelle pour créer le buzz autour de votre projet
  - Bulletin d'informations
  - Etc.
- Imprimer des outils promotionnels : roll-up, poster, flyer avec une identité visuelle commune (couleurs, images, logo)
- Contact social direct :
  - Développer le bon partenariat avec les organisations qui diffusent vos informations
  - Visibilité dans la rue à travers le panneau de construction et d'autres
  - Bouche à oreille
  - Appel téléphonique ciblé spécifique pour promouvoir votre projet pilote
  - Rencontres et échanges non professionnels avec des amis, la communauté, les voisins, etc.

En augmentant la variété des chaînes, vous augmentez vos chances d'atteindre la bonne audience et facilement les convaincre de votre message et de votre crédibilité.

Enfin, vous pouvez planifier la cadence de vos actions sur ces canaux de communication ; à quelle fréquence publierez-vous sur les réseaux sociaux, quand publierez-vous quel contenu/article ?

Adaptez votre message à votre groupe cible et votre canal de communication ; quel est le message le plus fort pour chaque groupe et canal, comment se démarquer dans votre message, le rendre plus amusant, durable, perspicace, original en ce qui concerne le but de votre projet RTG.

DÉFINISSEZ VOTRE PLAN D'ACTION EN COMMUNICATION

Votre budget et vos ressources humaines

Définissez votre budget pour l'organisation d'événements et les actions de communication : Qui est responsable de la communication et combien de personnes seront inclus dans la stratégie de communication ? Avez-vous un budget pour les ressources humaines internes ou devrez-vous externaliser pour une expertise spécifique (production vidéo, graphisme, planification d'événements, etc.) ?

Faites-en sorte que les gens agissent selon votre stratégie

Organisez un brainstorming avec votre équipe et définissez un plan d'action qui inclura vos événements et vos actions de communication sur un calendrier adressé à vos groupes cibles et par vos canaux de communication.

Voici quelques exemples d'actions de communication sur les canaux de communication :

- Articles et actualités : mise à jour de votre projet dans un article, aspects techniques réalisés, qu'ai-je découvert grâce à la construction de RTG, etc.
- Communiqué de presse : annoncer la cérémonie d'ouverture et la fin de la construction dans la presse, organiser une conférence de presse, etc.
- Newsletter : actualités mensuelles, actualités spéciales sur un événement ou un sujet, etc.
- Messages sur les médias sociaux : nouveaux visuels et photos de personnes travaillant sur la serre, première production de légumes, photos d'événements/ateliers/petites visites, vidéos promotionnelles, interviews du chef de projet, etc.

Inspirez les autres à agir en créant un appel à l'action : rejoignez-nous, visitez notre site Web, découvrez notre projet à travers notre atelier, suivez nos médias sociaux, etc.

Exemples d'événements vers des groupes cibles spécifiques :

- Cérémonie d'ouverture pour un large public
- Portes ouvertes pour un public cible (municipalités, population locale, partenaires, agriculteurs urbains, etc.)
- Visite d'étude : visite technique sur un sujet spécifique (permis de construire, culture maraîchère, agriculture urbaine, économie d'énergie, biodiversité, etc.) auprès d'un public cible spécifique (chercheurs, agriculteurs, administration municipale, population locale, etc.)
- Ateliers spécifiques pour toute personne intéressée par les serres (chercheurs, entrepreneurs, etc.) / Ateliers éducatifs, événements d'enseignement et de formation pour les écoles, les étudiants, les architectes, etc.
- Conférence, séminaire et table ronde, musique et événements culturels
- Evénements locaux existants pour présenter le projet pilote, organiser une co-manifestation avec un partenaire local (association, université, entreprise, etc.)

Planifiez votre plan d'action en communication

Une fois que vous avez préparé vos événements et votre matériel, diffusez-le sur les canaux de communication choisis avec la cadence spécifique décidée dès le départ sur votre calendrier, mais gardez la flexibilité d'adapter votre stratégie sur le contexte, les nouveautés et les changements.

Exemple de plan d'action en matière de communication à télécharger en format .xlsx

		2021							
	Qui? (groupes cibles & investisseurs)	Jan.		Fev.		Mar.		...	
	Exemples d'audience: acteurs du territoire, secteur de la recherche, acteurs publics, politiques, entreprises du BTP, agriculteurs urbains, population locale (clients achetant des légumes, riverains, etc.), associations, médias locaux et provinciaux?								
CONSTRUCTION PLANNING									
permis reçu									
fin de la construction de la RTG									
Production									
EVENEMENTS									
Inauguration	Tous								
Portes-ouvertes Pouvoirs locaux/Visite d'étude 2	Citoyens et municipalité								
Portes-ouvertes production de légumes	Fermiers urbains								
Visite d'étude sur un sujet technique	chercheurs, fermiers, investisseurs								
Ateliers spécifiques	toute personne intéressée par les RTG (chercheurs, entrepreneurs, etc.).								
Ateliers éducatifs, évènements éducatifs et stages	Ecoles, universités, etc.								
Conferences	Chercheurs, Fermiers, entrepreneurs, etc.								
Séminaires	Chercheurs, Fermiers, entrepreneurs, etc.								
Evènements musicaux	population locale								
association aux évènements locaux	population locale								
OUTILS PROMOTIONNELS									
site internet									
réseaux sociaux: Linked In, Twitter, Instagram, You tube									
Video/Drone									
Presse: article de presse, interview (témoignages), articles, etc.									
Newsletter, mailing									
imprimés: signalisation de la construction, poster, flyer sur le projet pilote, roll-up, etc. (distribution incluse)									

CONSEILS GÉNÉRAUX CONCERNANT LA COMMUNICATION

Une perspective inclusive et collaborative !

La communication est le véhicule de transmission de votre message : votre équipe, comme les experts en matière (pour mieux comprendre le message et le rendre plus crédible), le représentant légal, les RH et les employés, d'autres organisations qui pourraient aider et rejoindre votre projet, etc., devrait être inclue. Utilisez un espace de travail internet collaboratif bien structuré (p. ex. Basecamp, Trello, Swello, etc.) pour partager des documents, des idées, des informations, etc.

Développer une identité visuelle attrayante

- Trouvez un nom pour votre projet RTG facile à retenir et à connecter à votre message
- Développer une identité visuelle à travers une charte graphique personnalisée (logo, couleurs, typographie, etc.)
- N'hésitez pas à être créatif et original dans votre communication, donnez une âme à votre projet en le rendant différent et plus proche de votre public

Comment faire face à une crise de communication ?

La clé pour anticiper une stratégie de communication de crise est d'établir un plan de scénario avec votre équipe pour répondre à ces questions : quels sont les problèmes potentiels pour les entreprises, les clients et les employés ? Restez transparent pour garder la confiance de votre public. Qu'est-ce qu'il y a à dire ? Qui sont les meilleurs porte-paroles sur cette question ? Comment aborder la question pour bien faire les choses ? Quand et à quelle fréquence communiquez-vous à ce sujet ? Quel canal sera le plus efficace ?

Mesurer l'impact de votre stratégie

Comment mesurer que le message sera bien communiqué et aura un impact sur le public cible ? Suivez le comportement de votre public cible à travers des analyses en ligne, des visites d'événements, etc. Analysez les principaux indicateurs de performance sur vos différents canaux et publics cibles (segmentations) : médias sociaux (actions, j'aime, clics, vues), site Web (visite du site, heure par page, trafic), newsletter (abonnements, ouverture), etc.

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

Aspects sociaux

Par Susana Toboso (UAB, Es), Xavier Gabarrell (UAB, Es), Gara Villalba (UAB, Es), Cristina Madrid (UAB, Es), Ramiro Gonzalez (UAB, Es), Caroline BINI (Groupe One, BE)

INTRODUCTION

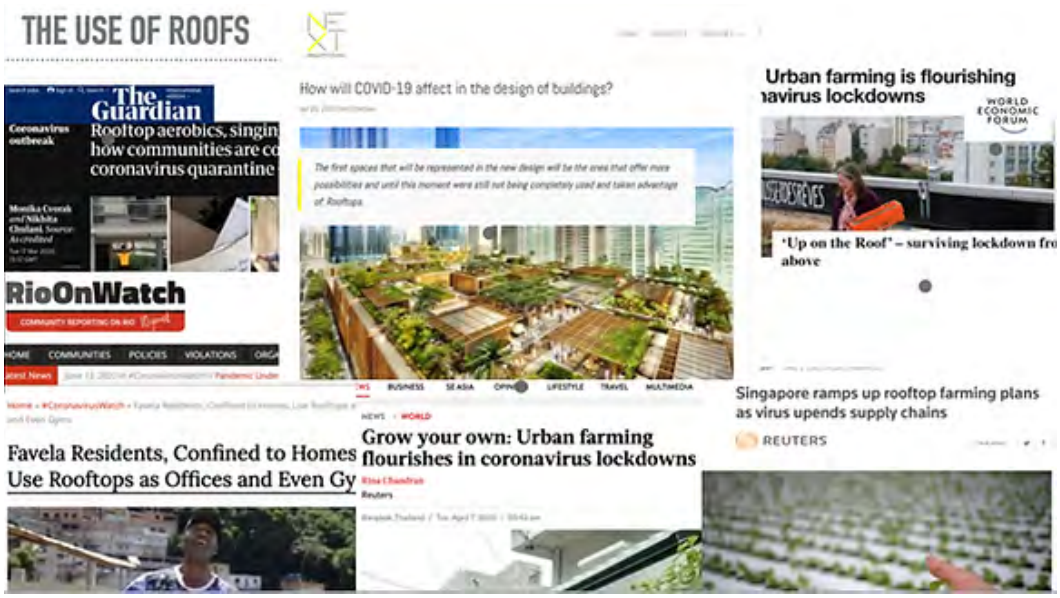
Ce chapitre est une introduction aux aspects sociaux générés par un projet de serre sur toiture (RTG). Ces aspects influencent votre projet différemment selon sa phase de développement, c'est pourquoi ce chapitre a été divisé en plusieurs parties et intégré dans les phases de développement respectives. https ://www.urbanfarming-greenhouse.eu/

La méthodologie pour analyser votre RTG d'un point de vue social soulignera les éléments à prendre en considération pour une analyse sociale et fournit une méthodologie pour différents types d'implémentations de RTG.

CADRE GENERAL

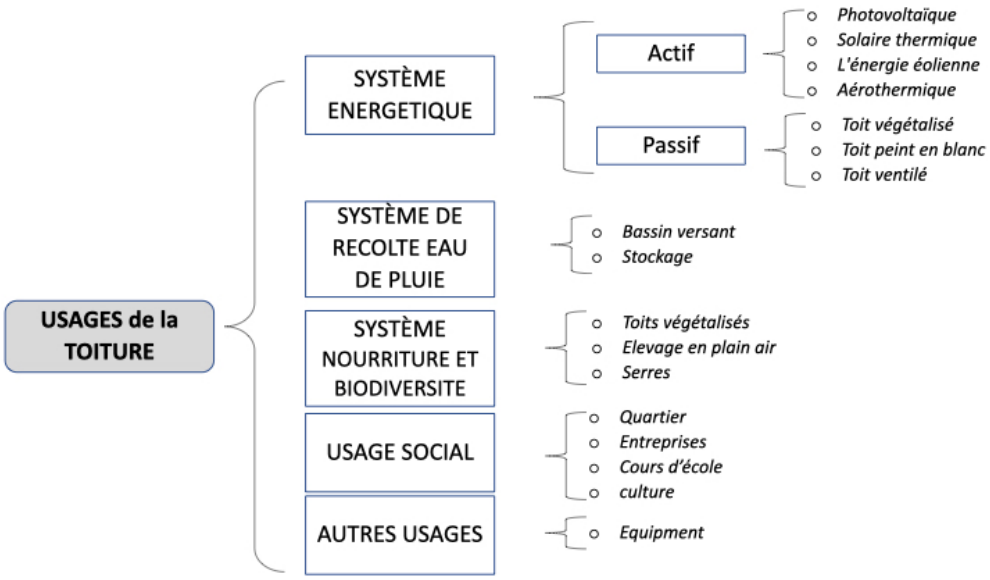
L'agriculture urbaine est normalement associée aux cultures au niveau du sol et est appréciée pour ses avantages pour la communauté. En effet, il est principalement perçu comme une activité socialement orientée, y compris des projets récréatifs et de loisirs qui sont très appréciés par les citoyens. Toutefois, les initiatives d'agriculture urbaine à but lucratif sont moins acceptées, puisque la sécurité alimentaire n'est actuellement pas perçue comme un problème dans la plupart des villes européennes (ce point évolue plus rapidement en raison du COVID19 (voir figure ci-dessous), et elle repose sur un objectif récréatif qui est actuellement priorisé par rapport à la vision commerciale. Parmi les consommateurs, on s'attend à ce que les produits de l'agriculture urbaine soient plus frais et de meilleure qualité parce que la récolte est effectuée juste avant la consommation. Les consommateurs préfèrent les produits agricoles urbains aux produits ruraux conventionnels si les premiers répondent à des critères spécifiques : haute qualité, régionalité, production biologique ou inclusion d'avantages sociaux supplémentaires.

Figure : nouvelles sur l'utilisation des toits lors du confinement pour cause de Covid-19.



Il y a différentes considérations à examiner lorsqu'un nouveau projet est mis en œuvre. Les RTG sont tout à fait un nouveau système dans les villes (voir différents systèmes à déployer sur les toits sur le schéma ci-dessous), et la partie sociale devrait également être envisagée. Différentes études ont analysé l'acceptation sociale de ces projets parmi les parties prenantes en utilisant différentes méthodes quantitatives et qualitatives (Sanyé-Mengual et coll., 2016 ; Specht et coll., 2016 ; Specht et Sanyé-Mengual, 2017). D'autres études ont examiné les obstacles et les possibilités de leur mise en œuvre sur les toits urbains (Zambrano et coll., 2020) (Cerón-Palma et coll., 2012), concluant qu'il existe encore des obstacles liés à la conclusion d'un accord entre voisins et à des questions organisationnelles à surmonter.

Figure : liste des applications possibles en toitures



C'est pourquoi nous proposons une réflexion dans deux directions au début du projet. Le premier est le mode de consommation de la zone urbaine des résidents où la serre en toiture (RTG) est proposée. Le mode de consommation peut varier considérablement selon le statut d'emploi, le groupe d'âge ou le type de structure familiale (Toboso-Chavero et coll., 2020). Une enquête sur les habitudes de consommation est une option à prendre en considération avant l'élaboration du projet (voir les résultats d'une enquête menée par l'AUB et d'une étude réalisée pour le projet FertileCity). La deuxième est d'examiner les opinions des résidents pour la mise en œuvre réussie du RTG. De nombreuses études préconisent différentes formes de participation du grand public et des parties prenantes à la prise de décision qui affecte leur vie quotidienne (Bidwell, 2016 ; Walker et Devine-Wright, 2008). Différentes opinions sont importantes, et recueillir cette diversité peut aider à surmonter les problèmes possibles. Cela peut se faire à l'aide de processus participatifs ou de questionnaires.

OBJECTIF GENERAL

L'objectif général est de recommander une méthodologie pour effectuer une analyse sociale dans ce type de projet. Dans le but de leur acceptation sociale et le succès à long terme de ces nouveaux projets.

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

Conseil de communication

Par Caroline Bini (Groupe One, BE), Mathilde Gougeau (Groupe One, BE)

À ce stade du développement de votre projet, il est essentiel de vous concentrer sur votre stratégie de communication en développant votre concept et votre idée afin d'engager vos futurs consommateurs et parties prenantes. Le chef de projet se concentrera particulièrement sur la définition de son message principal, le pourquoi de son projet et anticipera déjà le comportement de son public cible ainsi que de ses parties prenantes comme expliqué ci-dessus. Plus de détail dans le chapitre communication.

Par exemple, l'objectif de votre RTG est de montrer qu'il s'agit d'alternatives pour réduire les émissions de CO_2. Pour atteindre cet objectif, vous prévoyez d'organiser des campagnes de sensibilisation, des ateliers et des visites avec les étudiants en construction et les futurs agriculteurs urbains, mais aussi de travailler activement au lobParing auprès des municipalités locales. Votre public cible principal sera les étudiants et les travailleurs du secteur de la construction et de l'agriculture ainsi que la politique.

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

APERÇU ET STRATEGIQUE D'UN PROJET

Par Nicolas BRULARD (Fermes de Gally, FR) , Nicolas Ancion (ULg, BE)

Vous êtes :

- Propriétaire de toiture
- Architecte, bureau d'études
- Financeurs publics et privés
- Fermier urbain – producteur

Comment mettre en place une serre en toiture, avec qui, pourquoi, comment la financer, l'exploiter et la pérenniser… autant de questions que vous pouvez (et devriez) légitimement vous poser.

De par notre expérience, nous vous proposons 4 schémas agrégeant les démarches inhérentes à la bonne conduite de votre projet, en fonction de votre rôle dans le projet et de votre profil de compétences.

Comment aller plus loin ? Parcourir les guidelines vous permettra d'approfondir les différents points étant abordés dans ces schémas.

Construire un projet de serre en toiture est un engagement à long terme. Contrairement aux projets de serres agricoles au sol, les serres en toiture combinent les défis du monde de la construction, de l'énergie et de l'horticulture. Si vous souhaitez profiter des synergies entre la serre et le bâtiment (économies d'énergie, récupération d'eau, cohérence des usages, accès et logistique bien pensés), il vous faudra coordonner votre projet avec les acteurs du bâtiment et coordonner vos agendas plus que jamais pour les projets portant sur plusieurs années.

Pour vous aider à réaliser votre projet de serre en toiture, nous avons développé une fiche pour chaque type d'acteur. Ces fiches sont une table des matières dynamique pour vous aider à lire les Directives GROOF, en fonction de l'avancement de votre projet. Ces étapes du projet sont basées sur les expériences des quatre serres pilotes GROOF ainsi que sur les retours d'expérience des projets soutenus par les partenaires du projet GROOF. Dans la version numérique des guidelines, vous pourrez cliquer sur chaque étape pour accéder à la feuille correspondante dans les guidelines.

COMMENT CONDUIRE SON PROJET DE SERRE EN TOITURE ?

Étapes de projet et plan général des ressources GROOF

Les projets de serres urbaines en toiture sont souvent complexes, car ils font intervenir de nombreux acteurs de l'agriculture, du bâtiment, de l'énergie, de la ville. Chacun a son vocabulaire, son timing de projet, ses objectifs et ses contraintes. Ces projets s'étendent généralement sur 2 à 5 ans, selon le contexte, il faut garder le cap et la motivation dans la durée !

Dans le cadre du projet **Interreg NWE GROOF (Greenhouses for CO_2 Reduction on Roofs)**, nous proposons une trame de conduite de projet pour chaque acteur avec 2 objectifs :

- Vous donner une trame de gestion de votre projet, de l'idée à l'exploitation,
- Vous faciliter l'accès aux différentes fiches ressources de GROOF sur la production, le business plan, la gestion climatique et les liens au bâtiment.

Propriétaires de toitures

Mes enjeux

Je veux valoriser mon toit et améliorer l'efficacité énergétique de mon bâtiment, avec de l'agriculture, mais je ne sais pas comment faire.

Je veux développer de nouveaux usages sur la toiture et autour du bâtiment, dans la thématique agriculture urbaine et bâtiment durable.

Je veux aussi diminuer l'empreinte carbone de mon bâtiment

Cas d'un bâtiment neuf / d'un bâtiment ancien avec ou sans programme de réhabilitation

Motivation, premier intérêt

Pourquoi intégrer l'agriculture urbaine dans le projet ?

- Motivation, pourquoi une serre ?
- Les synergies Energie et CO2 serre-bâtiment

Infos générales sur les projets de serre

- Ordre de grandeur investissement, délais
- Check-list facteurs clés de succès ou d'échec

Le bâtiment est-il adapté ?

- Spécificités minimales pour le projet
- Check-list des infos clés (avec/sans récup CO2)

Pourquoi ce projet pour le propriétaire ? Quel intérêt pour lui ?
Pourquoi de l'agriculture urbaine plutôt que du PV ?
Pourquoi une serre plutôt que de l'AU sans Serre ? Ou un mélange ?
Pourquoi pas au sol ?
Pourquoi mixer énergie et bâtiment plutôt qu'approche séparée dans ce contexte ? Dans quel timing considérer ces deux sujets ?

GO - NO GO

Faisabilité tech-éco

QUELLE EQUIPE POUR LE PROJET ?
Comment rassembler une équipe ? Qui ?

Quels acteurs, quelles structures de proximité associer ?

Des ordres de grandeur de budget

Quels acteurs clés, notamment exploitant ?
Quelles alternatives d'exploitation ?
Quel « marché » de la location de serres ?

Ressources valorisables, chaleur, CO2, comment ?

Quels financeurs consulter ? Quand ?

Règlementation, normes en vigueur

Structure du toit, charges, accès, OK ou à adapter ?

Quel modèle éco privilégier dans mon cas ?

Exemple de modèles tech-éco chiffrés

GO - NO GO

Lancement projet

Constituer le groupement de maîtrise d'œuvre du projet

- **Conseils/experts bâtiment**
- **Conseils/experts énergie**
- **Conseils/experts production et business plan**

Architectes, bureaux d'études

Mes enjeux

Mon client veut de l'agriculture en toiture. J'ai besoin de faire la différence entre une serre et une véranda, dans le design, dans les flux et dans la gestion du climat.

Je réponds à un concours, un cahier des charges avec Serre Urbaine ou Agriculture Urbaine, comment faire pour créer un projet viable et pertinent sur les plans techniques, économiques, thermiques : Gestion du climat, besoins spécifiques d'une serre (chaleur, irrigation, valorisation des eaux de pluie)

Comment concevoir la vie du projet : entretien de la structure serre, avoir un plan B dans le cas où la serre ne serait plus exploitée par l'exploitant initial, etc . ?

Motivation, premier intérêt

Pourquoi intégrer l'agriculture urbaine dans le projet ?

- Motivation, pourquoi une serre ?
- Les synergies Energie et CO2 serre-bâtiment

Infos générales sur les projets de serre

- Ordre de grandeur investissement, délais
- Check-list facteurs clés de succès ou d'échec

Le bâtiment est-il adapté ?

- Spécificités minimales pour le projet
- Check-list des infos clés (avec/sans récup CO2)

Pourquoi ce projet pour le propriétaire ? Quel intérêt pour lui ? Pourquoi une serre plutôt que de l'AU sans Serre ? Ou un mix ? Pourquoi mixer énergie et bâtiment plutôt qu'approche séparée dans ce contexte ? Dans quel timing considérer ces deux sujets ?

- Évaluation du prix : tableur de calcul GROOF
- Évaluer renforcements de structure

ATTENTION UNE SERRE N'EST PAS UNE VERRIERRE ≠ Gestion climatique

GO - NO GO

Faisabilité tech-éco

- Structure du toit, charges, accès, OK ou à adapter ?
- Des ordres de grandeur de budget
- Quels acteurs, quelles structures de proximité associer ?
- Ressources valorisables, chaleur, CO2, comment ?
- Exemple de modèles tech-éco chiffrés
- **Quels matériaux ? Design adaptés aux surfaces demandées ?**
- Règlementation, normes en vigueur
- Quel modèle éco privilégier dans mon cas ?
- Facilitation d'équipe Animation de l'équipe projet

GO - NO GO

Lancement projet

Phases travaux classiques

↓

Maintenance éventuelle

Constituer le groupement de maîtrise d'œuvre du projet

- **Conseils bâtiment**
- **Conseils énergie**
- **Conseils production et business plan**

Financeurs publics et privés

Mes enjeux

On me demande des sous pour financer une serre en toiture dans mon territoire, sous pretexte que c'est durable et innovant. Dois-je le financer ?

Comment faire évoluer la réglementation locale pour favoriser ou permettre les serres en toitures et l'agriculture urbaine?

Prendre en compte toutes les ressources d'une serre : plus value sociale, production, réduction CO2, gain en énergie…

Motivation, premier intérêt

Pourquoi intégrer l'agriculture urbaine dans le projet ?

- Motivation, pourquoi une serre ?
- Les synergies Energie et CO2 serre-bâtiment

Infos générales sur les projets de serre

- Ordre de grandeur investissement, délais
- Check-list facteurs clés de succès ou d'échec

Le bâtiment est-il adapté ?

- Spécificités minimales pour le projet
- Check-list des infos clés (avec/sans récup CO2)

Compréhension globale du concept
Compréhension du projet : destinée, impact réel vs impact socio/eco/enviro
Évaluation des services écosystèmes
Comment juger la viabilité du projet et du porteur ? (AMI, AAP, étude marché)

GO - NO GO

Faisabilité tech-éco

Pourquoi accompagner / aider un projet de serre en toiture ?
Quel intérêt ? Quelle valorisation ?

Comment l'aider, accompagner :

- **Compétences**
- **Subventions**
- **Prêt bonifié**
- **Espace, lieu**
- **Portage politique**

Quels acteurs clés, notamment exploitant ? Quelles alternatives d'exploitation ?
Quel « marché » de la location de serres ?

Quels acteurs, quelles structures de proximité associer ?

Exemple de modèles tech-éco chiffrés

GO - NO GO

Lancement projet

Inauguration et jolies images

Suivi des engagements du projet

Fermier urbain - producteur

Mes enjeux

Je suis agriculteur installé et je me développe en ville avec un projet d'Agriculture Urbaine ou de serre en toiture. Comment monter un projet économique et écologique (quelle méthodologie) ?

Je suis un nouvel agriculteur urbain, dont le premier projet est une serre urbaine. Possible ? Comment ?

Comment évaluer les bénéfices de mon projet apporte localement au-delà de la vente de produits : lien social, services écosystémiques, etc.

Motivation, premier intérêt

Pourquoi intégrer l'agriculture urbaine dans le projet ?

- Motivation, pourquoi une serre ?
- Les synergies Energie et CO2 serre-bâtiment

Infos générales sur les projets de serre

- Ordre de grandeur investissement, délais
- Check-list facteurs clés de succès ou d'échec

Le bâtiment est-il adapté ?

- Spécificités minimales pour le projet
- Check-list des infos clés (avec/sans récup CO2)

Business Model Canvas / Pourquoi ce projet ? : Projet économique, équipe, marché cible

Attention à l'innovation ! Être innovant ne veut pas dire être viable

Attention à la réalité d'exploitation
Projet de vie, astreintes, vacances, …
Boussole de viabilité BXL

Projet technique

Calendrier type et budget type

GO - NO GO

Faisabilité tech-éco

QUELLE EQUIPE POUR LE PROJET ? Qui pour m'accompagner ?

Quels acteurs clés ?
Lien avec les structures agricoles traditionnelles : développer un réseau, mutualisation, références techniques

Garder le cap malgré les exigences du bâtiment ! (lien avec le WHY), savoir partir du projet ou repositionner

Garder un plan B : si projet trop long, trop cher, non faisable.

Contractualiser tôt avec le propriétaire.

Règlementation, normes en vigueur

Structure du toit, charges, accès, chaleur disponible ?

Financement : qui finance l'investissement ? Qui finance le fonctionnement ?

GO - NO GO

Lancement projet

Phases travaux classiques

↓

Exploitation

Constituer le groupement de maîtrise d'œuvre du projet

- ↔ **Conseils bâtiment**
- ↔ **Conseils énergie**
- ↔ **Conseils production et business plan**

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

FAISABILITÉ TECHNIQUE

Par Marcel DERAVET (IFSB, LU), Ismaël BARAUD (CSTB, Fr)

La faisabilité technique d'un projet de construction de serre en toiture doit prendre en compte d'une part toutes les procédures habituelles liées au secteur construction et d'autre part y intégrer les critères liés au caractère innovant de cette utilisation de la toiture.

Comme ont pu l'analyser les membres du projet GROOF lors de la phase d'étude du secteur, et selon l'état de l'art européen, les textes de références actuels (codes, normes, réglementations,) n'intègrent pas cette destination de toitures, il faut donc élaborer un dossier technique de conception expliquant les solutions techniques retenues et les justifications fournies pour démontrer

- La solidité et la durabilité de l'ouvrage
- La faisabilité des opérations de construction et de maintenance
- La sécurité des usagers et des intervenants en phase chantier et en phase exploitation

Ce dossier technique de conception devra impliquer les différents acteurs de l'acte de construire afin de leur permettre de détailler leur prestation en tenant compte des spécificités liées à la construction d'une serre sur toitures.

Ce chapitre a pour but de présenter les points à traiter pour concevoir un projet et valider sa faisabilité.

CAS DES BATIMENTS NEUFS

L'accent est mis sur l'évaluation du projet de conception en rapport avec les règles de construction en vigueur dans le pays où se situe le bâtiment.

Le concepteur doit fournir aux différents intervenants les hypothèses à prendre en compte pour établir le dossier technique.

La serre sur toiture selon sa surface et son implantation totale ou partielle impliquera une destination de toiture différentes :

- Toiture multi usage lorsque la serre côtoie des zones techniques, zones accessibles aux piétons, zones inaccessibles
- Toiture serre lorsque la serre occupe la totalité de la surface du toit

Bien souvent, il a été constaté que les serres en toiture côtoient des zones également innovantes telles que les toitures potagères, les toitures avec installations photovoltaïques... il est alors nécessaire de démontrer la faisabilité globale de la toiture.

Les concepteurs, assistés par le bureau d'études techniques et les ingénieurs structure doivent justifier des calculs de structure porteuse tenant compte des charges permanentes et d'exploitation de la serre et de la résistance aux actions climatiques (vent, neige) afin de démontrer la solidité et la durabilité de l'ouvrage.

Les intervenants concernés sont le maître d'œuvre du bâtiment et le maître d'œuvre de la serre. Leurs hypothèses de calculs doivent être concertées.

Les concepteurs doivent justifier le choix des matériaux (isolation, étanchéité, revêtement) en termes de propriétés et de performances techniques afin de démontrer la durabilité de l'ouvrage. On peut citer la nécessité de justifier le choix d'un isolant thermique particulier (par exemple lorsqu'il déroge aux règles de construction courantes ou aux exigences thermiques en vigueur).

Les concepteurs doivent justifier le choix des implantations des équipements techniques et leurs connexions avec la serre (plomberie, électricité, ventilation...).

On peut citer la nécessité de justifier l'implantation particulière des traversées de réseaux, des sorties de ventilation, des centrales aérauliques...

CAS DES BATIMENTS EXISTANTS

Dans ce cas, l'accent est mis sur le diagnostic de la toiture et de la structure du bâtiment afin de déterminer la faisabilité de construire une serre sur le toit et de mettre en œuvre l'équipement dans le bâtiment.

Le concepteur de la serre et le maître d'œuvre rénovation doivent établir un dossier technique dans lequel les hypothèses de calculs auront été collectées lorsqu'elles existent ; où faire établir une nouvelle étude structure du bâtiment. Ce dossier de conception/rénovation (Structural evaluation/ structural report/building manual (UK)) doit démontrer la conservation du bâti, la solidité des ouvrages existants, la compatibilité des ouvrages de seconde œuvre avec la construction d'une serre, et la sécurité des usagers et des intervenants. Le cas échéant, le dossier technique doit détailler les

travaux préparatoires de renforcement de la structure ou de modifications des ouvrages.

Aspect général du bâtiment

- structure, fondations
- nombre d'étages
- accessibilité
- situation par rapport aux bâtiments voisins

Analyse détaillée du bâtiment

- la composition de la toiture
- la disposition du toit (forme du sol, équipement technique, sortie d'eau de pluie, etc.)
- les escaliers et l'ascenseur
- le sous-sol ou le vide sanitaire

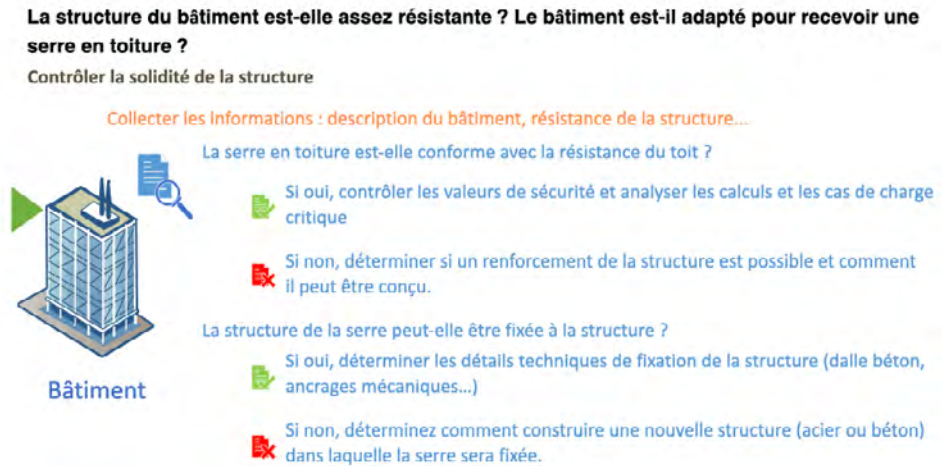
Analyse de l'aspect général du bâtiment

Structure : Le principal critère pour déterminer si une serre peut être construite sur le toit est la capacité de portance du bâtiment. La meilleure information viendra de la note de calcul de l'ingénieur qui a conçu la structure, mais on peut également faire référence à l'Eurocode 1. La première analyse porte sur la structure et les éléments de preuve justifiant les possibilités de surcharge.

Description de la structure

- le propriétaire doit fournir aux équipes de conception du bâtiment les plans, les hypothèses de calcul et les critères pris en compte lors de la construction du bâtiment original
- les contractants (constructeurs de structures) doivent fournir les archives des travaux d'exécution, les plans des poutres, les dalles, les renforts, les réservations, etc.
- l'architecte doit fournir les dossiers « as built » d'architecture

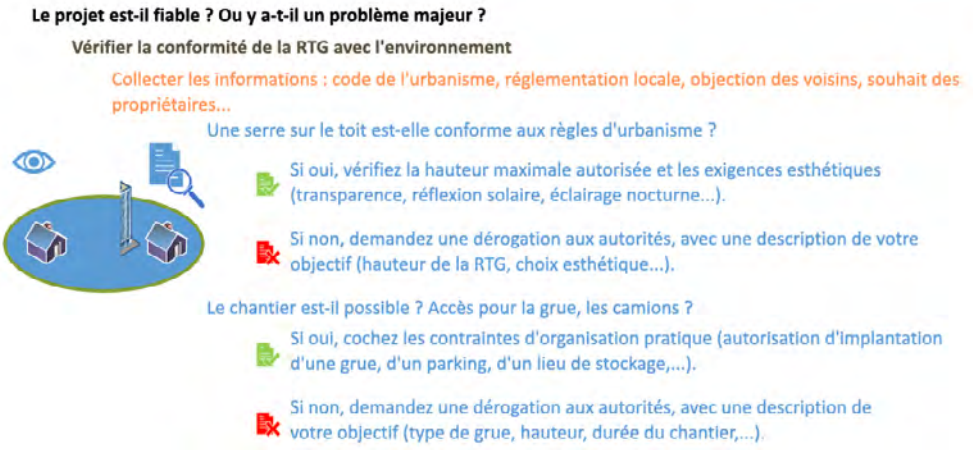
Si ces informations ne peuvent pas être fournies, un diagnostic de structure doit être réalisé par un bureau de conception de structure conformément aux réglementations locales. Un levé avec un plan des dimensions de l'existant est également nécessaire.



Nombre et hauteur des planchers

Le nombre d'étages est important pertinent pour étudier le lien entre la serre et le bâtiment. L'étage sous la toiture devrait être bien décrit afin de déterminer les possibilités d'y installer l'équipement de gestion des serres le plus près possible pour réduire la longueur du réseau (tuyau, câbles, etc.).

Le plancher du sous-sol devrait être bien décrit également afin d'identifier les possibilités d'installer des éléments techniques : un réservoir d'eau, le stockage de matériaux pour la serre, la pompe à chaleur primaire...



Accessibilité

L'accessibilité au toit est vraiment pertinente parce que si l'accès est inexistant ou difficile, des travaux majeurs devront être réalisés pour créer l'accès tout en prenant en compte les questions de sécurité.

L'accessibilité dépend du nombre d'étages. Si le bâtiment n'a qu'un étage, l'accessibilité peut être limitée à un simple escalier (intérieur ou extérieur). L'escalier doit être assez large pour livrer le matériel à la serre et assurer la sécurité des utilisateurs.

Si le bâtiment a plusieurs étages, l'accessibilité doit être possible par des escaliers et par ascenseur, pour respecter les règlements de sécurité incendie, pour faciliter la circulation des travailleurs, des visiteurs, le transport des marchandises... De plus, un accès dédié à la serre peut être nécessaire pour respecter d'autres activités dans le bâtiment (vie des habitants dans un immeuble résidentiel, travail des personnes dans un immeuble de bureaux...)

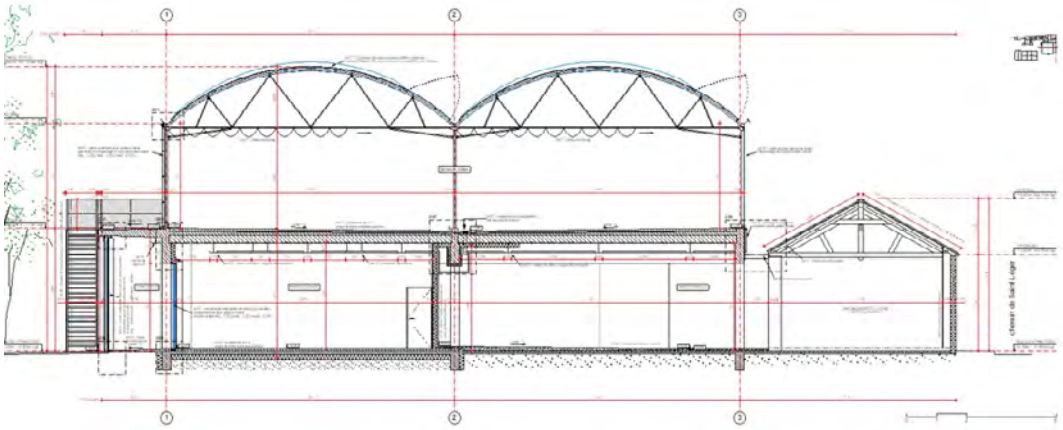
Situation concernant les bâtiments voisins

La façon de concevoir et d'organiser le projet de serre sur toit sera très différente selon qu'il y a une interaction avec les bâtiments voisins ou non. Si la serre est en contact avec d'autres bâtiments, cette interaction doit être évaluée et gérée en termes de lumière, d'ombrage, de bruit, servitudes, etc.

La hauteur du Bâtiment doit être étudiée selon les règles d'urbanisme locale, des modélisations peuvent permettre de présenter l'impact de la serre en toiture vis-à-vis des bâtiments voisins.

Analyse détaillée du bâtiment

La composition du toit



Cette composition du toit est directement liée au choix énergétique du projet de serre. Elle peut conduire à des choix de matériaux ou d'équipements différents.

Elle devrait être bien identifiée (par exemple, dalle de béton, structure en acier, bois...). L'entrepreneur en étanchéité/couverture doit fournir le contrat d'entretien, la composition du toit et le dossier des travaux d'exécution. Le type de technique d'isolation et d'étanchéité devront être identifiés afin d'étudier avec précision la capacité de charge du complexe d'étanchéité et s'assurer de la faisabilité des travaux.

Des travaux supplémentaires devraient être nécessaires pour protéger le toit. Par exemple, ajouter une protection lourde ou une nouvelle couche d'étanchéité à haute résistance mécanique, adapté à l'usage « toiture accessible aux piétons ».

D'autres travaux peuvent être à prévoir ou à éviter.

Par exemple, s'agissant de l'isolation thermique de la toiture :

- Si l'isolant existant n'est pas assez résistant mécaniquement, il faut le remplacer. Dans ce cas, le concepteur, assisté du bureau d'étude thermique, doit démontrer le choix d'un nouvel isolant selon le critère exclusif de résistance mécanique, ce qui conduit souvent à des performances thermiques moindre. Il doit donc argumenter l'épaisseur d'un isolant n'atteignant pas les performances thermiques en vigueur.
- De même, si l'isolant thermique existant est assez résistant mécaniquement mais que sa performance thermique est faible, le concepteur, assisté du bureau d'étude thermique doivent démontrer que la conservation de l'isolant est source d'économies (pas de remplacement de l'isolant et de l'étanchéité) et que la serre énergétique participera à l'atténuation de la déperdition thermique de la toiture existante).
- Pour plus d'informations sur l'isolation, voir le chapitre Gestion climatique des serres en toiture.

Plan de toiture (relief, pente, équipements techniques, évacuation des eaux pluviales, etc.)

Le propriétaire ou l'entrepreneur étanchéité /couverture doit fournir la liste complète des installations sur le toit et chaque contrat d'entretien (CVCA, paratonnerre d'antenne, etc.).

L'entrepreneur étanchéité / couverture doit fournir la disposition des sorties d'eaux pluviales. Il sera intéressant de déterminer combien de sorties d'eau de pluie peuvent être fermées et combien doivent être conservées pour recueillir l'eau de pluie ruisselant de la couverture de la serre.

Dans le cas où une récupération des eaux pluviales est prévue, les travaux de transformation des naissances d'eaux pluviales ou des descentes d'eaux pluviales et leur raccordement aux cuves de récupération d'eaux de pluie doivent être décrites.

Au regard de l'expérience la structure de la serre doit être solidaire de la structure de gros-œuvre du bâtiment, par conséquent des travaux de création de potelets en béton armé ou métalliques doivent être réalisés pour ancrer la serre dans la structure. Des études spécifiques doivent être menées pour déterminer la résistance au vent et l'ouvrage de serre et sa stabilité.

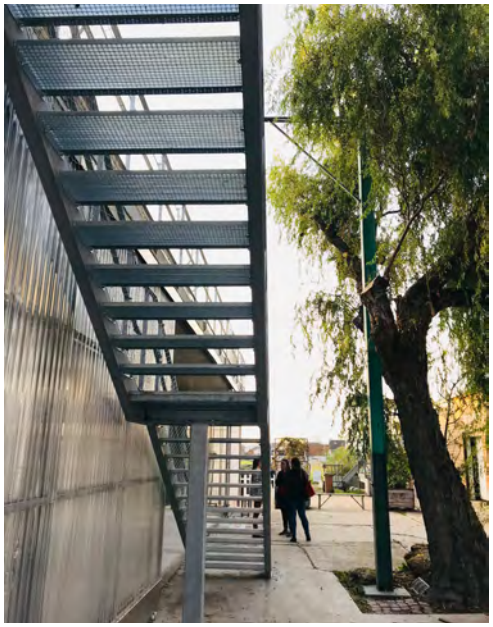
Dans le cas où des équipements techniques doivent être modifiés ou déplacés, les travaux de transformation doivent être décrits (rehausse, déplacement, raccordements…).

Dans le cas où la pente de la toiture doit être corrigée, les travaux doivent être décrits et les solutions techniques retenues doivent être détaillées et justifiées.

On peut indiquer que la tendance du marché en construction s'oriente clairement sur la conception de bâtiments avec toitures-terrasses fonctionnelles et accessibles. Par conséquent, les toitures-terrasses et le plancher de dernier niveau sont de plus en plus conçus pour être compatible avec une destination de toiture accessible aux piétons. Cette tendance est favorable à la réversibilité d'un projet en cours pour proposer l'implantation d'une serre. Les adaptations à effectuer seront moindre que dans le cas d'une conception de toitures inaccessibles. Les architectes sont sensibles à la question de la multifonctionnalité des toitures et aiment combiner les usages (serres, aire de divertissement, zone technique…).

Lorsque des équipements techniques existants sont conservées et qu'ils se retrouvent à l'intérieur de la future serre, il faut déterminer comment ils resteront accessibles pour leur entretien et comment ils seront sécurisés (capotage, barriérage…) pour éviter que les intervenants dans la serre interfèrent sur ces équipements.

Escaliers et ascenseurs



Les escaliers et les ascenseurs doivent être analysés et vérifiés quant à leur capacité à accepter les contraintes d'une serre. Par exemple, un ascenseur doit avoir une capacité de charge suffisante pour les personnes et les matériaux requis quotidiennement pour les activités de la serre. Le dimensionnement de l'ascenseur doit également être en adéquation avec la quantité de produits récoltés dans la serre. Les escaliers doivent être situés près de la serre pour éviter un passage dans l'espace privé sous le toit.

Dans le cas contraire, la conception de nouveaux accès spécifiques (escaliers extérieurs, nouvelle gaine ascenseurs, passerelles) et les chemins de circulation pour accéder à la serre doivent être décrits techniquement..

Sous-sol

Le sous-sol du bâtiment doit être décrit avec précision afin de déterminer les possibilités de transformation de leur utilisation pour installer l'équipement nécessaire aux activités de la serre (la surface de cette pièce dépendra de la taille de la serre et du type de culture qui y sera cultivée).

Références pour aller plus loin dans la conception de la toiture :

- Code de la construction
- Normes et Eurocode
- Normes NF DTU série 43, 20-12 pour les constructions en France
- Règles de construction nationale
- Agrément technique nationaux, Avis Technique des procédés de construction,
- Maquette numérique BIM

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

FAISABILITé FINANCIèRE

Par Boris SOLEKI (Neobuild, LU), Patrice CLEMENT (CEC, BE)

INTRODUCTION

Le but de l'étude de la faisabilité financière de votre projet est de déterminer si – et quand – les revenus du projet couvriront les coûts et généreront un profit. Puisque vous allez partir de zéro, cette étude de faisabilité est principalement basée sur des hypothèses concernant les coûts, les investissements et les volumes de ventes.

Cela vous aidera à déterminer si vous pouvez vous attendre à ce que votre projet génère des profits et de l'argent ou s'il aura besoin de fonds supplémentaires ou de plans d'action de recettes supplémentaires pour trouver un équilibre financier. Dans cette partie, nous allons vous guider sur comment faire, vérifier vos hypothèses et comment intégrer les prévisions de revenus et de trésorerie de votre projet.

Vous devriez éventuellement être en mesure d'anticiper les problèmes le cas échéant et de prendre des contre-mesures afin de les éviter. Tout cela est de la responsabilité de l'entrepreneur.

Ici, nous vous donnons quelques méthodes de bases, des conseils et un outil de calcul de base pour estimer à chaque instant le revenu (P&P : Perte & Profit, P&L en anglais) et la situation de trésorerie du projet.

HYPOTHESES COMMERCIALES

Lorsque vous décrivez votre projet, il y a des données que vous connaissez et d'autres que vous devez estimer. La première chose importante à faire est d'essayer de faire vos estimations aussi précises et certaines que possible. Pour la partie investissements, veillez à ce que tout soit inclus dans votre calcul et faites un double contrôle en faisant appel à plusieurs fournisseurs potentiels. Vous connaîtrez surtout les coûts des investissements les plus importants (construction, sol, appareils et équipements les plus importants...). Quant aux prévisions de revenus, faites-en sorte que votre étude de marché soit aussi précise que possible et pas trop optimiste quant aux prix de vente, aux concurrents, au comportement des clients, etc. Une bonne façon de faire des estimations fiables est, pour chaque ligne de votre fichier de calcul de prévision, de vérifier deux fois si le chiffre que vous mettez dans la prévision est réaliste. Si vous pouvez trouver des exemples de référence ou des expériences d'affaires pour fonder vos estimations, n'hésitez pas à les utiliser. En plus de prévoir l'entreprise avec des hypothèses que vous trouvez réalistes, une façon de sécuriser l'entreprise est de faire une prévision du « pire cas ». Cela signifie que les prévisions P&L et de trésorerie sont basées sur les hypothèses les plus pessimistes. L'idée est que si l'entreprise maintient son P&L et son solde de trésorerie avec des hypothèses pessimistes, il devrait être très sûr en réalité.

INVESTISSEMENTS ET COUTS

Trésorerie= montant sur le compte bancaire ou en caisse.	
Coûts fixes	dépenses qui sont toujours pésentes, que l'on produise ou pas
	Energies (eau, gaz, électricité) Coûts de développement du projet (architecte, permis, etc) Employés permanents (staff) Frais légaux (cadastre etc) Assurances Taxes communales Participation aux frais de construction Nettoyage des bureaux
Coûts variables	Leasings (bureau, voitures,machines)
	Matières premières produit 1 Matières premières produit 2 (etc) Outillage Consomables (huile, gants, papiers, etc) Emballages Personnel de production Personne 1 Personne 2 Taxes Transport
Cash provenant des ventes	Ventes Produit 1 Ventes Produit 2
Emprunts	pour chaque investissement, le montant à rembourser à vos créanciers
	Emprunt 1 Emprunt 2
Subsides	Un subside est inclus lorsqu'il est payé par le subsidiant. Il peut être libéré en une fois ou en plusieurs fois.
Total Cash	résultat opérationnel - Dotations aux amortissements + résultat financier

Dans l'exemple 'Construction Cost Calculation' ci-dessous vous pourrez trouver un modèle de calcul pour une construction de serre en toiture (RTG) standard.

La feuille de travail tente d'être aussi complète que possible dans le cas d'une construction d'une RTG sur le toit d'un bâtiment existant. L'adaptation du bâtiment existant, l'adaptation du toit, la construction et l'équipement de la SST ont été simulés sur base d'une expérience réelle. Selon les spécificités de votre projet, cette structure peut éventuellement avoir à être étendue ou complétée. Le principe essentiel est que les investissements concerneront tous les achats qui n'ont à être effectués qu'une seule fois avant que vous puissiez commencer à exécuter votre projet de RTG. Ces achats dureront plusieurs années avant d'être remplacés. Dans la comptabilité de la RTG, ils suivront une dépréciation correspondant à leur durée de vie.

En ce qui concerne les coûts, nous vous proposons une autre feuille de calcul « estimation de budget » où vous pouvez intégrer les coûts fixes et les coûts variables pour chaque période de travail (principalement un an). Les coûts fixes sont ceux qui doivent être payés indépendamment de votre production ou non, et les coûts variables sont les coûts qui sont directement liés à votre production. Par exemple, l'assurance incendie devra être payée même si la production est arrêtée (coût fixe), si les semences n'auront qu'à être achetées pour la production (coût variable). Plusieurs logiciels sont disponibles (comme Agritechno) ou mieux encore, travaillez avec un consultant.

REVENUS OPERATIONNELS

Revenus supplémentaires (économie d'eau, recyclage ou production d'énergie par machine) ; Il est important d'ajouter un point sur les sources de revenus en espèces qui doivent couvrir les besoins en espèces à chaque instant : les revenus opérationnels sont ceux des ventes de produits de la serre + investissements en espèces propres + subventions + crédits bancaires + potentiellement des liquidités provenant du financement participatif ou des investisseurs coopératifs. La situation de trésorerie dans votre tableau devrait également contenir 1 ligne par source de revenus de trésorerie afin de voir si le total des liquidités disponibles couvre les besoins de trésorerie à chaque instant.

SITUATION PERTES & PROFITS VS TRESORERIE

Lors de l'élaboration d'un plan d'affaires (business plan en anglais), la prévision de « profit et perte » doit être indépendante de la prévision de « trésorerie ». À tout moment le résultat P&P est généré par la différence entre tous les coûts et les revenus qui sont enregistrés dans les comptes. Mais la situation financière est la différence entre les recettes et les dépenses. Le solde de trésorerie est le montant d'argent disponible dans le projet à chaque instant. Chaque jour, c'est l'argent que vous devez dépenser par rapport à l'argent que vous recevez de vos clients et d'autres sources de trésorerie. Par exemple si vous achetez un produit pour 10 € et le vendez pour 12 €, vous allez inscrire un coût de 10 € et un chiffre d'affaires de 12 €, donc le résultat P&P est un bénéfice de 2 €. Mais si vous avez déjà payé la facture

de 10 € à votre fournisseur et que votre client ne vous a pas payé la facture de 12 € à vous (par ex. parce que vous lui avez permis de payer après 1 mois), votre situation de trésorerie à ce même moment est de – 10 €. C'est pourquoi une modalité ET une trésorerie prévisionnelle doivent être faites. La faillite ne se produit jamais à cause du P&L, mais à cause de la situation de trésorerie négative.

ASPECTS JURIDIQUES

D'un pays à l'autre, il existe de grandes différences dans les systèmes fiscaux et dans la façon dont une entreprise est autorisée à gérer ses coûts, ses dépenses et ses revenus. Les bons exemples sont la manière dont la dépréciation d'un investissement peut être prise en compte ou les niveaux de taxation du coût de la main-d'œuvre, qui peuvent être très différents à l'intérieur de l'Europe. Vérifiez donc toujours les règles comptables et le régime fiscal qui sont appliqués dans le pays où l'investissement est effectué, surtout si votre plan d'investissement est à l'étranger.

PÉRIODES DE PRÉVISION

Une prévision peut être faite par mois, par trimestre, par semestre, par année ou elle pourrait même être faite jour par jour. Notre conseil est de prévoir les modalités et les liquidités en utilisant comme principe « plus le risque financier est élevé, plus la période de prévision est courte ». Donc, dans la plupart des cas, le risque de faillite est élevé au début parce que les dépenses élevées doivent être faites bien que les revenus soient proches de 0. Cela signifie qu'il est sécurisant d'avoir un contrôle très fréquent sur la situation de trésorerie pour éviter le défaut de paiement qui peut bloquer l'entreprise. Après les premiers mois/années d'expérience, vous pouvez réviser vos prévisions en fonction du calcul des résultats réels de l'entreprise. Plus les périodes futures seront une « copie » de la période vécue, plus le risque diminuera et plus les prévisions que vous faites seront fiables et exactes. Ensuite, vous pouvez faire de nouvelles prévisions pour des périodes plus longues.

INDICATEURS DE RENDEMENT CLES (KPIS EN ANGLAIS)

Afin de garder le contrôle sur la santé, des indicateurs de performance clés (IPC ou KPI en anglais) de l'entreprise peuvent être définis et mesurés régulièrement et comparés aux prévisions afin de voir si l'entreprise fonctionne au-dessus, sous ou égal aux attentes. Comme en conduisant une voiture, chaque KPI vous dit si la voiture conduit comme il se doit. Comme la vitesse, l'essence pour une voiture, chaque donnée cruciale de l'entreprise est mesurée pour vous dire si l'entreprise est saine ou si quelque chose doit être adapté. Les indicateurs clés de performance constituent le tableau de bord de l'entreprise. Cela permet au gestionnaire de prendre des décisions pertinentes. Donc, si vous constatez que la plupart des KPI sont au-dessus des attentes, vous pouvez décider d'accélérer la croissance de l'entreprise en

demandant plus d'argent à la banque, en recrutant un employé de plus, en lançant une nouvelle activité (produit) plus tôt que prévu, etc. Au contraire, si les KPI ne se portent pas bien, vous pouvez décider de cesser de produire un produit non productif ou de retarder un investissement.

La plupart des partenaires financiers aiment que le rendement de leur investissement soit mesuré. Ils considèrent cela comme un facteur de réduction des risques.

Remarque : les KPI peuvent être financiers, mais aussi commerciaux ou opérationnels (p. ex., mesurer le volume réel des stocks par rapport au volume idéal des stocks, le volume des ventes, le volume des déchets, etc.). Il est bon de mesurer les PKI pour tous les aspects car ils sont souvent liés. Dans ce cas particulier, les KPI peuvent aussi être environnementaux.

Dans la partie EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET ÉCONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE, PHASE EXPLOITATION, il y a plus de détails sur les KPI et la façon de surveiller la serre du point de vue économique. Quelques suggestions sont données quant aux KPI à suivre selon le type de résultats qui sont cruciaux pour votre RTG.

Préparation

COMMUNICATION

ASPECTS SOCIAUX

CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET

FAISABILITÉ TECHNIQUE

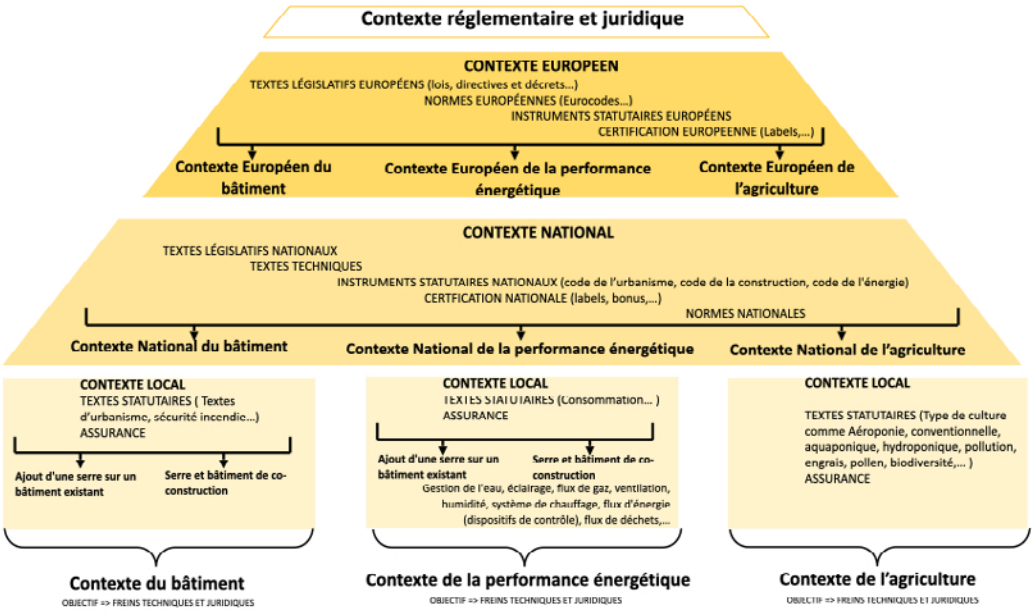
FAISABILITÉ FINANCIÈRE

FAISABILITÉ LÉGALE

ASPECTS SOCIAUX

FAISABILITÉ LÉGALE

Par Maeva SABRE (CSTB, Fr)



L'état de l'art sur les aspects règlementaires et légaux est basé sur le modèle de la pyramide de Kelsen. L'approche s'effectue au niveau des directives européennes, puis nationales pour finir à l'échelle locale, en balayant les 4 secteurs : le bâtiment, l'énergie, l'agriculture et la socio-économie.

En ce qui concerne le contexte légal et réglementaire, l'état de l'art aux échelles nationales et européennes présente davantage de leviers à la mise en œuvre de serres en toiture. Le point ici est que la réglementation de la construction varie en fonction du projet, de l'échelle et de l'emplacement. Les conseils d'un spécialiste doivent être suivis. Les grandes directives orientent le développement durable de manière à permettre des champs d'action variés. Elles favorisent les innovations, la mixité fonctionnelle et sociale et la conservation du patrimoine naturel végétal.

Les freins se cristallisent à l'échelle locale où l'on note de nombreuses réglementations du fait de la diversité des sites, de la configuration urbaine et de la typologie des bâtiments. Plus encore à l'échelle même de la construction : les freins sont techniques, de mise en œuvre, d'usage et de la santé et la sécurité des personnes.

A l'échelle même de la construction, la morphologie du projet présente deux configurations qui génèrent des freins subordonnés : l'une pour les bâtiments existants (pour la rénovation), l'autre pour les bâtiments neufs.

Ensuite, la typologie de la serre en toiture se développe vers des fonctionnements distincts révélant des freins différents : une serre de production, une serre communautaire et une serre technique, tant du point de vue constructif et énergétique qu'agricole. La fonction de la RTG déterminera les réglementations à respecter.

Sur un bâtiment existant, deux freins principaux s'amorcent : l'un constructif et le second sur l'usage même de la serre : le bâtiment support par sa structure, limite la morphologie de la serre et le système de culture (conventionnelle, hydroponique etc..) ; l'usage définit les enjeux liés au fonctionnement énergétique et à la santé et sécurité des personnes ; mais aussi se pose la question de l'insertion dans l'environnement agro-alimentaire et économique.

Sur un bâtiment neuf, les freins sont moins sur les aspects constructifs et réglementaires puisque conçus en amont, et davantage liés au modèle économique de l'activité agricole et de l'investissement social.

Bien que la réglementation soit différente selon le pays voire entre différentes régions d'un même pays, certains freins communs existent. On peut citer par exemple :

- Le permis de construire
- Le contrôle du bâtiment
- La réglementation liée aux appels d'offre publique
- La hauteur limite constructible suivant le gabarit du bâtiment,
- Les contraintes liées à l'installation d'une grue dans une rue passante
- Enveloppe autorisée de bâtiment
- Les contraintes concernant l'accueil du public
- La compensation environnementale (ou écologique)
- Les limites imposées par les plans d'aménagement
- L'autorisation d'exploitation
- Le droit d'éclairage
- L'autorisation de commerce
- Les réglementations sanitaires
- Les risques sanitaires
- Réglementation en matière de sécurité alimentaire
- Les labels, aussi bien pour la construction que pour la production horticole...

Pour chacun de ces points il est important aussi de bien identifier l'interlocuteur qui aidera à faire avancer le dossier. Par exemple :

- Villes, communes, collectivités territoriales
- Aménageurs urbains
- Maitrise d'œuvre urbaine
- Promoteur/maitre d'ouvrage/gestionnaire de parc immobilier
- Entreprises/exploitants
- Bureaux d'études
- Industriels

Préparation

COMMUNICATION
ASPECTS SOCIAUX
CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de préparation

APERÇU ET STRATÉGIE D'UN PROJET
FAISABILITÉ TECHNIQUE
FAISABILITÉ FINANCIÈRE
FAISABILITÉ LÉGALE
ASPECTS SOCIAUX

ASPECTS SOCIAUX

Par Susana Toboso (UAB, Es), Xavier Gabarrell (UAB, Es), Gara Villalba (UAB, Es), Cristina Madrid (UAB, Es), Ramiro Gonzalez (UAB, Es), Caroline BINI (Groupe One, BE)

ÉTAPES OPERATIONNELLES DE L'ANALYSE SOCIALES

Un large éventail de méthodologies sont utilisées dans l'analyse sociale, partagée entre quantitative et qualitative. Dans ce cas, nous vous conseillons d'effectuer différentes méthodologies à différentes étapes du cycle de vie du projet. Voir la figure ci-dessous pour une meilleure compréhension.

COMMENT ?

Cartographie des parties prenantes

Atelier collectif

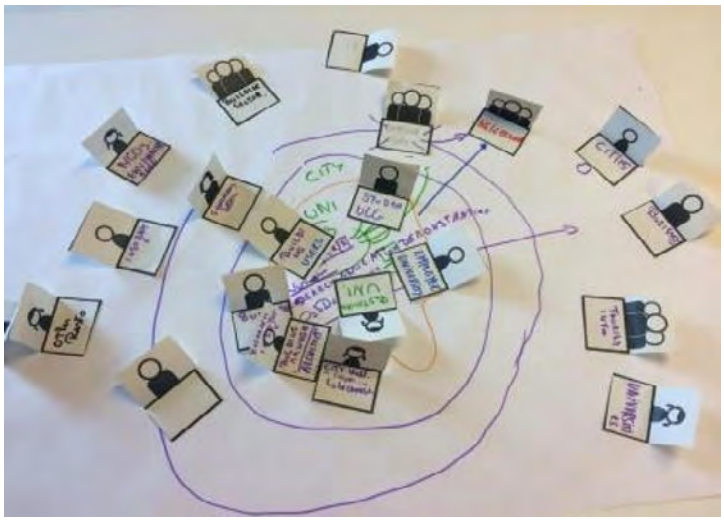
Le chef de projet organise un atelier pour développer, avec son équipe, une matrice des principales parties prenantes qui sont importantes dans le processus pilote : utilisateurs potentiels des RTG, utilisateurs actuels et propriétaires de l'immeuble, collectivités locales, quartier...

Comment faire l'atelier de cartographie :

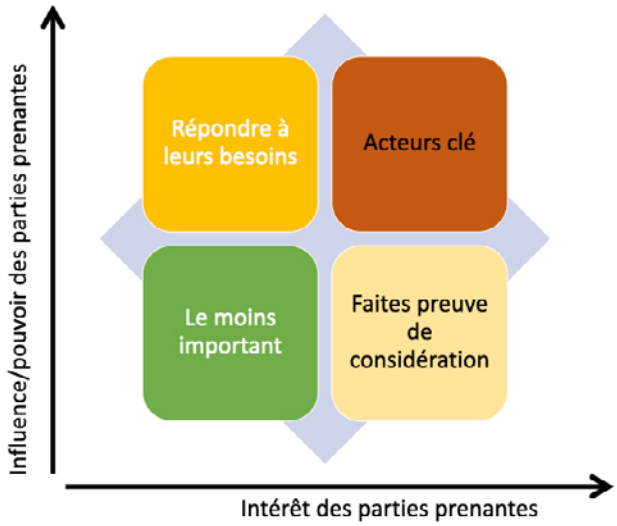
1. Au centre, écrivez la vision du pilote. Pourquoi ce projet pilote est-il créé ? Le Pourquoi qu'Andreas Gaber a parlé.

voir la vidéo de Simon Sinek

2. Identifiez toutes les parties prenantes de votre projet.
3. Identifiez tous les flux existants entre votre projet et les parties prenantes. Identifier tous les flux existants entre les parties prenantes. S'ils sont monétaires, l'information (un flux de sens) ou la collaboration (double sens) flux ?
4. Soyez créatif et pensez à tous les nouveaux flux que vous pourriez créer entre toutes ces entités.



CONSTRUIRE UNE MATRICE



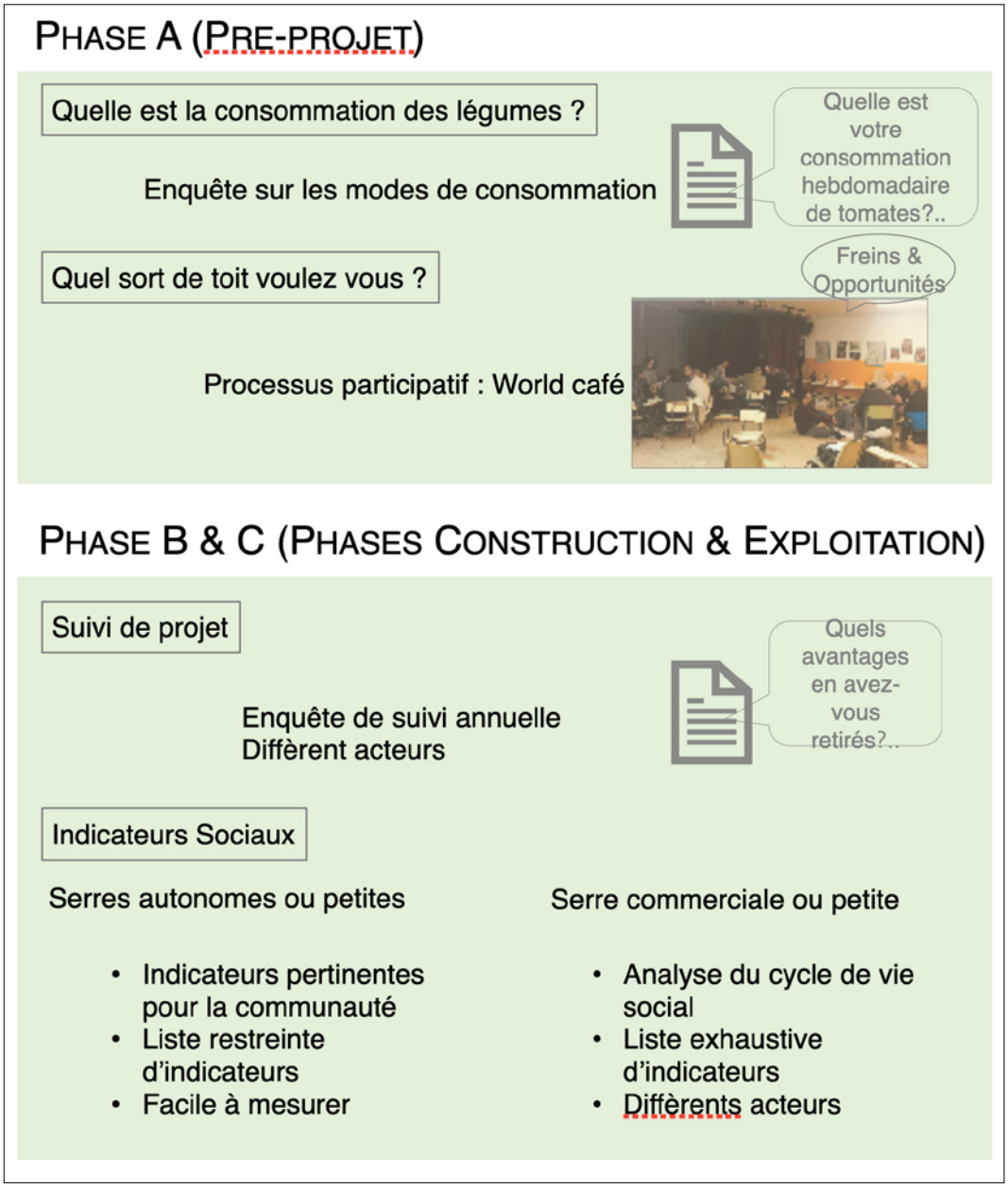
Dressez la liste de toutes les parties prenantes dans un tableau. Ensuite, identifiez leurs besoins et leur pouvoir (voir la figure ci-dessous) et sélectionnez qui sont les principaux acteurs ; ces acteurs clés seront les cibles les plus importantes de votre communication/ actions, afin de maximiser le succès de la mise en œuvre de RTG. Ils devraient être invités au processus participatif (voir ci-contre).

STRATÉGIE D'ENGAGEMENT DES PARTIES PRENANTES

Rédiger un plan d'action basé sur l'exercice de cartographie, pour une participation efficace des parties prenantes, par exemple des consultations bilatérales, des événements publics, des invitations au processus participatif, etc.

Préparez un questionnaire sur les habitudes de consommation qui permettra de caractériser le modèle métabolique des résidents. Il aidera à connaître les besoins alimentaires réels des résidents et à planifier les cultures en conséquence dans la serre.

(Voir un exemple ici : https://doi.org/10.5565/ddd.uab.cat/226152)



Processus participatif

Le processus participatif analyse la pertinence de mettre en œuvre un RTG. Nous proposons la méthode world cafe pour aider les parties prenantes à s'entendre sur ce qu'elles veulent. Le world cafe est basé sur une conversation constructive liée aux questions critiques et à l'apprentissage collaboratif. Il suppose que les connaissances que nous recherchons sont déjà présentes (Fouché et Lumière, 2011). Cette méthode est particulièrement utile lorsque vous voulez vous assurer que vous explorez un sujet sous différents angles, pour s'assurer que tout le monde dans la salle contribue à la conversation. Il s'agit d'une méthode constituée de plusieurs cycles de conversation en petits groupes (4-5 personnes) pour connaître des opinions et des perspectives différentes dans un environnement détendu. Il peut être utilisé pour saisir les préférences des résidents sur la mise en œuvre de la nourriture, l'énergie, ou / et l'eau et les systèmes de serre sur les toits. L'essence de la méthodologie réside dans le fait de transmettre que les idées sont partagées, sans concurrence, simplement en explorant les possibilités (Brown, 2005).

Il existe différentes étapes principales pour mener à bien cette méthodologie :

- Invitez les participants à participer à une séance en personne.
- Organisez une équipe de travail pour préparer la session (4/5 personnes) en fonction du nombre de participants. Cette équipe préparera les questions à discuter lors de chaque conversation en petits groupes, le soutien technique de la session, et les hôtes seront chargés de coordonner les groupes et de prendre des notes de tous les commentaires.
- Préparez les tables de discussion et l'endroit où elle aura lieu afin que tous les participants se sentent à l'aise. Avec 4/5 personnes pour chaque table et un projecteur pour afficher les questions. Tous les participants se déplaceront pour toutes les tables, répondant à toutes les questions proposées et se mélangeant avec tous les participants pour avoir plus de richesse et de critique dans les réponses. Il y aura un hôte dans chaque table pour recueillir toutes les opinions générées, et le temps de discussion ne sera pas plus de 15 minutes. Les hôtes sont chargés de recueillir toutes les informations, plus tard ces informations seront codées et analysées.

(http://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/116237/1/Cobertes_Mosaic.pdf)

Des méthodologies plus complexes en urbanisme peuvent être appliquées, par exemple la méthodologie Roof Mosaic (Toboso-Chavero et coll., 2019).

Cette méthodologie combine l'évaluation du cycle de vie avec deux guides pour les toitures. Elle a été appliquée à un quartier. L'objectif est d'analyser la faisabilité technique et les implications environnementales de la production d'aliments et d'énergie et de la récolte de l'eau de pluie sur les toits par différentes combinaisons à différentes échelles. Voir un exemple de cette méthodologie dans l'article publié dans le Journal of Industrial Ecology, https://doi.org/10.1111/jiec.12829.

En outre, il peut également appliquer une combinaison de la mosaïque du toit avec l'étude du modèle métabolique, en utilisant l'analyse intégrée à plusieurs échelles du métabolisme sociétal et écosystémique (MuSIASEM) de la zone à l'étude et différents processus participatifs, comme le montre la figure de la partie ASPECTS SOCIAUX du chapitre EXPLOITATION. Cette méthodologie a été appliquée à une municipalité de lotissements (Toboso-Chavero et coll., 2020).

D'autres analyses multicritères peuvent également être effectuées, par exemple, une analyse de la durabilité à l'aide du Modèle intégré de valeur pour l'évaluation de la durabilité (MIVES). MIVES est une méthodologie de prise de décision multicritères (MCDM) basée sur la théorie des services publics multi attributs (MAUT) avec un concept de fonction de valeur, afin d'effectuer des évaluations quantitatives et objectives. Voir un exemple de cette méthodologie dans l'article publié sur la Science of Total Environment.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.191.

Réalisation

CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de REALISATION

CONSTRUCTION DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

Conseil de communication

Par Caroline Bini (Groupe One, BE), Mathilde Gougeau (Groupe One, BE)

Comme vous commencez à vous concentrer davantage sur le développement de votre offre de produits et/ou de services, il est important de revenir à votre stratégie de communication initiale pour la reprendre en fonction de vos nouveaux objectifs en termes de communication et d'actions promotionnelles ainsi que de planification d'événements. Il se peut que votre public cible ait changé en fonction du développement de votre projet, alors vous devrez peut-être repenser votre stratégie promotionnelle sur les canaux de communication en conséquence. Voir le chapitre Communication.

Par exemple, si vous remarquez que votre audience la plus active est celle des jeunes qui utilisent principalement Instagram comme canal de communication, vous devrez peut-être développer votre stratégie de médias sociaux principalement sur ce canal.

Ou un autre exemple, vous avez décidé pour des raisons financières et après une analyse approfondie du marché et du quartier, que vous commencerez à vendre des paniers de légumes à la communauté locale, de sorte que vous devrez promouvoir localement votre produit en développant des événements locaux, en diffusant l'information à travers des affiches et des dépliants dans le quartier et être plus actif sur les médias sociaux en développant une campagne promotionnelle sur ce nouveau produit. Votre message pourrait également changer parce que votre nouvel objectif serait d'attirer les gens en mettant l'accent sur les aspects locaux de votre production de légumes et vous devrez vous concentrer davantage sur les aspects communautaires de votre projet.

Réalisation

CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de Realisation

CONSTRUCTION DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

CONSTRUCTION DES SERRES EN TOITURE

Par Nicolas BRULARD (Fermes de Gally, Fr), Ismael BARAUD (CSTB, Fr)

INTRODUCTION

Ce chapitre se concentre sur les travaux d'exécution du bâtiment et de la serre. Il doit guider dans la réalisation d'un projet. Il fournit une explication sur le chapitre supplémentaire requis dans le CCTP (Cahier des charges technique particulier). Il suggère un glossaire et les termes utilisés pour spécifier la description de la serre. Il s'adresse à l'équipe de maîtrise d'œuvre (architecte, urbaniste, entrepreneurs de construction...).

Conformément aux règlements et aux codes de chaque pays, la méthode et les documents rédigés par chaque intervenant devraient être adaptés pour se conformer à la méthodologie et règles locales habituelles.

Serre en cours de construction à la Chapelle International, Paris (France)

En France, par exemple, la première étape d'un projet consiste à rédiger un Avant-projet sommaire (APS). Ce document décrit l'objectif général du projet en intégrant de premières notions techniques et budgétaires.

Ensuite, un Avant-projet définitif (APD) décrit les solutions techniques et détaille le budget du projet.

Puis, un CCTP décrit les opérations d'approvisionnement et d'exécution pour chaque partie du bâtiment et de la serre, avec les spécifications des produits, la méthode d'exécution, la performance et le but spécifique.

Par ailleurs, le CCTP est un document à caractère contractuel entre le maitre d'œuvre et le maitre d'ouvrage propre à chaque opération. Sa rédaction pleine et entière est de la responsabilité du maitre d'œuvre tant sur la forme que sur le contenu.

Ce document n'a pas pour objet de fournir un descriptif « type » de l'ouvrage de serre en toiture

En ce sens, la serre en toiture fait l'objet d'un chapitre particulier dans ce document.

Il existe une base commune quant à la façon d'écrire chaque lot de spécifications pour la construction d'un bâtiment. La construction d'une RTG doit par conséquent respecter cette forme de rédaction harmonisée.

Ce document propose de distinguer en 5 lots d'exécution principaux pour la construction de serres en toiture :

- le lot «Gros-œuvre», relatif à la maçonnerie, la préparation des supports et des ancrages structuraux, des accès (ascenseurs, escaliers)
- le lot «Etanchéité», relatif à l'ouvrage de toiture-terrasse, assurant le clos et couvert du bâtiment sous-jacent,
- le lot «Structure de serre», relatif à la structure porteuse de la serre et à son enveloppe, compris la régulation climatique (ombrage, ouvrants, parois...),
- le lot «Plomberie", relatif aux équipements et réseaux de fluides (entrants et sortants) et leur raccordement aux réseaux du bâtiment,
- le lot «Electricité», relatif aux équipements de pilotage et réseaux d'alimentation électriques et de communication, et leur raccordement aux réseaux du bâtiment.

Généralités

Dans la suite de ce chapitre, nous donnerons des lignes directrices sur les étapes suivantes de la construction :

- Conception
- Diagnostic de la toiture-terrasse,
- Travaux préparatoires
- Réception des travaux avant l'élévation de la structure des serres
- Travaux de structure de la serre
- Travaux d'enveloppe de la serre
- Aménagement intérieur de la serre (hors équipements de culture, irrigation...)
- Réception des travaux après élévation de la structure de la serre
- Focus sur le dossier as-built

Pour chaque étape, vous trouverez une description générale des articles qui doivent être inclus dans le "CCTP" du projet afin que les sous-traitants puissent répondre correctement à l'appel d'offres du maitre d'ouvrage pour le projet intégrant la serre en toiture.

Conception

Le CCTP doit inclure toutes les informations supplémentaires nécessaires lorsque nous voulons construire une serre en toiture-terrasse par rapport au toit traditionnel. Un modèle BIM (Building Information Model) doit être conçu pour faciliter la gestion des travaux.

Dans le CCTP, plusieurs suggestions sont faites pour permettre à la maitrise d'œuvre de s'adapter aux exigences particulières du projet, de sélectionner des produits et des procédés...

Plusieurs valeurs ajoutées / moins-values sont également suggérées.

Ici, nous inclurons des spécifications pour chaque partie de l'exécution (structure, enveloppe, plomberie, électricité...).

Documents

- Dossier d'exécution des ouvrages, descriptifs,
- Plans, détails,
- Plan qualité chantier,
- Documents techniques des procédés utilisés

Travaux préparatoires

En cas de toiture-terrasse existante, le CCTP doit décrire les travaux de préparation, de diagnostic technique de la toiture-terrasse et des travaux de préparation supplémentaires spécifiques à la situation du bâtiment.

Liste des intervenants « chantier »

- Porteur du projet « serre »
- Maitre d'ouvrage
- Architecte
- Maitrise d'œuvre (Lot gros œuvre, lot étanchéité, lot serres, lot plomberie, lot électricité...)
- Bureau de contrôle

DIAGNOSTIC DE LA TOITURE TERRASSE

Le diagnostic de la toiture-terrasse donne des informations sur la structure existante et sur la composition des ouvrages assurant le clos et couvert, et doit donner une description de tous les travaux de préparation (fondations, renforts, rénovation, ombres, charge, exposition au vent...). Le CCTP doit :

- décrire comment réaliser ce diagnostic (analyse documentaire, échantillonnage, test, calculs).
- décrire par quel document la faisabilité est approuvée (rapport, déclaration, approbation technique délivrée par les autorités...).
- indiquer l'hypothèse de la surcharge et de descente des charges sur la structure du bâtiment et quelles mesures doivent être vérifiées.
- Calculer la capacité excédentaire des fondations
- Calculer le risque de charge de vent de levage et les contraintes appliquées à la structure RTG

TRAVAUX PREPARATOIRES ADDITIONNELS

La CCTP doit indiquer tous les travaux préparatoires supplémentaires liés à la construction de serres, couvrant tous les aspects de sécurité (échafaudage, sécurité) et chaîne d'approvisionnement, lieu de stockage, installation de grues, gestion des déchets, approvisionnement en énergie pour les travaux, installations...

Les travaux de préparation comprennent également les modifications sur le toit, par exemple, le renforcement de l'étanchéité, la pose/dépose la protection existante (dalles sur plots, gravillons...), la création d'un nouvel accès au toit, le déplacement des équipements techniques sur le toit (par exemple : sortie de ventilation, naissance d'eau pluviale...), le forage pour le passage de tuyaux ou de câbles, la création de piliers ou de dalles en béton, les modalités d'ancrage mécanique de la serre au toit, etc.

RECEPTION DES TRAVAUX PREPARATOIRES AVANT L'ELEVATION DE LA SERRE

Le CCTP précisera toutes les étapes des travaux qui doivent être réceptionnés avant la construction de la structure de la serre.

En cas de réserves, des actions correctives doivent être prises avant de commencer la construction de la structure de la serre.

- Protection de la garantie
- Signature par le fabricant de la RTG

TRAVAUX DE STRUCTURE ET D'ENVELOPPE DE LA SERRE

Le CCTP doit tenir compte de travaux spécifiques lorsque la serre est construite sur un toit par rapport à une serre traditionnelle construite à même le sol.

L'ancrage de structure d'une serre sur un toit existant est spécifique

DESIGN INTERIEUR DE LA SERRE ET DE LA PRODUCTION

Le CCTP doit distinguer des éléments spécifiques liés à la construction de la serre en toiture. Le CCTP indique clairement les contraintes techniques et la zone non-accessible. Voici quelques-uns de ces éléments précis :

- plancher technique
- connexion énergétique avec le bâtiment
- capotage de sécurité
- protection des poteaux
- signalétique, circulation des usagers, gestion d'accès
- formation
- repérage des points d'ancrage et des points de suspension
- choix prestataires
- repérage et implantation des arrivées et des réseaux d'irrigation et de chauffage, d'air

Du design intérieur dépendront les implantations des différentes sources d'énergies.

Ex : serre de culture de tomates sur pains de culture, chauffage basse température au sol et gouttières suspendues

Photo prise par l'équipe GROOF lors de la visite des fermes BIGH à Anderlecht, en Belgique

Aménagements de maintenance

Le CCTP décrit les opérations de maintenance nécessaires. En France, lorsque les ouvrages sont innovants, il est recommandé que le maitre d'œuvre fournisse un dossier d'entretien des ouvrages.

Gestion des locaux annexes

L'activité de culture en toiture implique l'usage des locaux annexes en dehors de la serre. Le CCTP doit prévoir les flux et les interactions, choix des matériaux et des équipements.

Gestion des aspects réglementaires (feu, sécurité, acoustique, confort)

Le CCTP doit décrire les mesures prises pour respecter les réglementations en matière d'incendie, de bruit, de sécurité et de confort, ainsi que les études d'impact et les procédures de suivi spécifiques.

Réception des travaux d'élévation et d'aménagements

Le CCTP précise les éléments spécifiques liés à la construction d'une serre en toiture, contrairement à une construction au sol.

- Focus sur le dossier as-built
- Maintenance ultérieure (préventive, curative)
- Programme de maintenance, nettoyage
- Entretien annuel, vérification des installations
- Rénovation globale lourde

Réalisation

CONSEIL DE COMMUNICATION

La phase de RÉALISATION

CONSTRUCTION DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

Aspects sociaux

Par Susana Toboso (UAB, Es), Xavier Gabarrell (UAB, Es), Gara Villalba (UAB, Es), Cristina Madrid (UAB, Es), Ramiro Gonzalez (UAB, Es), Caroline BINI (Groupe One, BE)

Cette partie peut comprendre des indicateurs (voir méthodologie dans la phase suivante c) pour analyser les aspects sociaux au sein des deux groupes d'installations :

- les petites RTG pour l'autosuffisance
- les grandes RTG commerciales sur les toits.

Il peut être utilisé des indicateurs liés à la santé et à la sécurité tels que les niveaux de bruit, les niveaux de poussière ou tout indicateur visant à mesurer les inconvénients possibles de la construction de l'infrastructure. Voir la méthodologie complète dans la phase d'exploitation.

Cette phase de construction est également une phase importante pour réfléchir à la communication avec vos principaux intervenants, par exemple les voisins, afin de leur permettre de comprendre votre projet et de les aider à l'accepter.

EXPLOITATION

CONSEIL DE COMMUNICATION

LA PHASE D'EXPLOITATION

GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

Conseil de communication

Par Caroline Bini (Groupe One, BE), Mathilde Gougeau (Groupe One, BE)

Au fur et à mesure que votre production augmente, votre projet peut également évoluer et modifier votre stratégie de communication. Vous devrez peut-être investir plus de temps et d'argent dans la promotion de vos services et produits qui auraient besoin potentiellement d'embaucher un agent de communication ou un planificateur d'événements qui gérera vos médias sociaux quotidiens, campagne de presse, site Web, productions vidéo, organisation d'événements et ainsi de suite. A ce stade, il est essentiel de planifier vos différentes actions de communication afin d'organiser au mieux la charge de travail et les personnes nécessaires pour la développer afin d'atteindre vos objectifs économiques et de vendre vos produits ou services.

Voir en particulier les points 4 et 5 dans le chapitre communication.

EXPLOITATION

CONSEIL DE COMMUNICATION

LA PHASE D'EXPLOITATION

GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

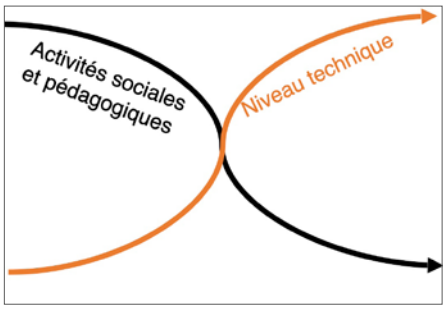
GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

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

IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX SOUHAITS ET OBJECTIFS D'UN PROJET DE RTG

Avant de choisir la bonne typologie de serre ou les plantes les plus pertinentes, une parfaite compréhension des objectifs du projet, des consommateurs ciblés et des souhaits des parties prenantes sont nécessaires (voir partie ASPECTS SOCIAUX du Chapitre PREPARATION) En fait, plus la complexité technique augmente, plus l'appropriation publique devient difficile pour les activités sociales ou éducatives.

Si l'objectif prioritaire est la production alimentaire, des choix techniques spécifiques sont nécessaires. Des ressources limitées réduisent les résultats possibles. Un but clair pour les objectifs du projet augmente un projet enrichissant. Le diagramme ci-contre résume cette idée.



ANALYSE DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES (BATIMENT, CLIMAT, OMBRAGE, HAUTEUR...)

Une analyse complète du projet lui-même, fondée sur la compréhension de l'environnement, est une clé du succès pour les cultures et la gestion du climat. Les ombres des bâtiments ou des arbres ou même de la structure et de l'équipement de la serre (sous forme de colonnes, de renforts ou de tuyaux) entourant la serre auront un effet restrictif important sur le rendement si les plantes ne sont pas choisies avec soin. Les conditions météorologiques telles que le vent dominant, la quantité de pluie ou les températures hivernales et estivales auront un impact sur les choix techniques (serres, équipements et sélection des plantes). Le bâtiment lui-même doit être pris en considération (ascenseur pour l'accès des personnes, monte-charge pour les marchandises, sécurité, heures d'ouverture, etc.) (voir la partie FAISABILITE TECHNIQUE du Chapitre PREPARATION).

TYPE DE SERRE

Choisir un style de serre dépend fortement de la production envisagée, de l'espace disponible et de l'accessibilité du bâtiment.

Tunnel

Une serre tunnel est généralement le style de serre le moins cher, seulement composé d'un cadre en acier voûté léger et généralement recouvert de film PE (polyéthylène). Cela conduit à un profil de serre légère qui rend le tunnel applicable aussi pour les projets en toiture (attention cependant à la prise au vent). La serre-tunnel n'offre, d'autre part, qu'une place restreinte pour y disposer des techniques au sol. Cependant, en raison du style de construction simpliste, l'installation d'équipement technique, l'application de l'isolation et de la ventilation sont limitées.

Chapelle

La serre en chapelle (ou multi chapelle) est généralement réalisée avec une structure résistante en acier s'étendant sur plusieurs mètres avec un toit a pignon. En raison de cette forme, la serre peut être ancrée à la structure du bâtiment principal. En raison de son toit plus grand, les propriétés de ventilation d'une serre en chapelle sont réduites, à moins d'être compensées par une ventilation via les parois latérales ou une ventilation forcée.

Venlo

Le style de serre Venlo est comparable au style chapelle avec plusieurs plus petites «chapelles» donnant au toit de la serre un profil en « scie-dentée » , ajoutant plus de possibilités de ventilation. Puisque la serre de style Venlo est la norme de l'industrie, elle est en comparaison bon marché et tout l'équipement disponible sur le marché est parfaitement adapté. Il faut noter que le fait de placer une serre sur un toit conduira à des projets de plus petite échelle qu'une serre au sol, ce qui diminue l'intérêt financier pour une entreprise de construction de serres sauf si le mur est déjà construit.

Lean-to

La serre 'Lean-to' est basé sur un design classique qui peut être trouvé depuis l'âge victorien en Angleterre et est fortement utilisé à ce jour en Chine, avec des murs latéraux fortement isolés et une ouverture voûtée transparente. Le style Lean-to a beaucoup d'avantages en ce qui concerne la demande d'énergie et elle permet une bonne prolongation de la période de culture. Cependant, elle doit être orientée parfaitement vers le sud, réduisant les possibilités d'intégration sur un toit quelconque. En outre, malgré qu'elle implique des coûts d'exploitation réduits, la serre de style Lean-to demande un investissement initial plus élevé et apporte une charge pondérale plus importante sur le toit sauf si le mur est déjà construit.

ORIENTATION

Placer une serre sur un toit implique quelques restrictions en termes de placement et d'accessibilité, qui sont importants à examiner avant de commencer la construction.

La serre aura besoin d'une exposition constante à la lumière et au soleil pour générer les conditions de croissance nécessaires. Dans un contexte urbain, des bâtiments ou des arbres plus élevés peuvent générer une ombre réduisant la lumière dans la serre. En outre, l'orientation de la serre pourrait ne pas être idéale et conduire à des pertes de revenus, qui doivent être prises en compte (cf. Rapport Banqueroute Urban Farmer). Une orientation pour optimiser la production et minimiser les effets d'ombrage est Nord-Sud.

TAILLE ET ECHELLE

En outre, la taille de la serre est un facteur supplémentaire qui doit être observé. L'identification des bâtiments conçus et réalisés selon cette orientation constitue un vivier pertinent des bâtiments sur lesquels une serre en toiture peut être implantée avec un rendement efficace. L'un des plus grands avantages de l'agriculture urbaine est que la nourriture produite localement peut-être directement distribuée dans la zone environnante. Ainsi, l'opération en toiture doit servir le marché local ou la demande pour les besoins des habitants de ladite zone. Une serre trop grande pour son placement pourrait conduire à une surproduction et à l'impossibilité de vendre toutes les marchandises, ou devoir les exporter plus loin du site de production. En outre, dans un contexte urbain, il est difficile de s'étendre. Chaque RTG doit être viable seule ou jusqu'à ce qu'elle fasse partie du réseau de RTGs.

ACCESSIBILITÉ

Ceci est également important en ce qui concerne l'accessibilité du toit (voir partie CONSTRUCTION D'UNE SERRE EN TOITURE du chapitre EXECUTION). Les serres ont un flux constant de matériaux entrants et sortants, qui doivent être transportés quotidiennement du toit au sol et inversement.

Placer une grande serre sur un grand toit sans accessibilité adéquate risquerait alors de conduire à un phénomène de goulot d'étranglement.

MATERIAUX DE COUVERTURE (VERRE, PLASTIQUE RIGIDE, FILMS...)

Dans l'industrie de la serre, certains matériaux de couverture connus sont disponibles. Le matériau de couverture lui-même est un aspect-clé pour maintenir des conditions climatiques stables à l'intérieur.

Verre

Le matériau traditionnellement utilisé dans une serre et aussi en façade de bâtiment est le verre. C'est un matériau connu et utilisé tant dans le secteur de la construction que dans le secteur agricole. Le verre est en comparaison cher, mais peut atteindre la meilleure isolation (6 à 8mm) pour un matériau de revêtement transparent, d'autant plus s'il est en double ou triple vitrage. Il a une longue durée de vie et des propriétés de transmission moyenne qui réduisent le nombre de couches nécessaires. Cependant, s'il se brise, les cultures se trouvant en dessous ne peuvent pas être utilisées pour la vente. En outre, le verre est aussi le matériau de couverture de serre le plus lourd. Dans le cas des serres occupant l'intégralité de la toiture, en cas de casse, il y a un risque de chute de bris de verre autour du bâtiment, ce qui constitue un risque pour les usagers. Il est préférable de laisser une zone libre de circulation tout autour de la serre en toiture pour supprimer ce risque et permettre le remplacement des vitrages le plus simplement possible.

Film polyéthylène ou PE

L'accessibilité du toit est également importante (voir partie CONSTRUCTION D'UNE SERRE EN TOITURE du chapitre EXECUTION). Les serres sont soumises à des entrées et sorties constantes de matériaux qui doivent être transportés quotidiennement du toit au sol et inversement.

La construction d'une grande serre sur un grand toit sans accessibilité conduira à un fonctionnement en goulot d'étranglement.

Polycarbonate

Ce matériau est disponible en feuilles rigides et utilisé régulièrement pour le revêtement de serres et aussi en façade de bâtiment. C'est un matériau connu et utilisé tant dans le secteur de la construction que dans le secteur agricole. Les feuilles peuvent être constituées de plusieurs couches et peuvent atteindre de bonnes normes d'isolation tout en générant une bonne transmission. Elles ont une durée de vie moyenne, mais seront facilement remplacées.

ETFE

ETFE est un matériau moderne qui est maintenant de plus en plus utilisé dans le commerce des serres. Le film est très transparent et durable. En raison de ses propriétés de transmission UV, il a une durée de vie élevée de plus de 20 ans. En une seule couche, il n'a pratiquement aucune capacité isolante, mais il peut être installé en une double couche ou en coussin pour atteindre des propriétés d'isolation moyennes. Le plus grand inconvénient de l'ETFE est son prix élevé (jusqu'à 15 €/m²) qui peut évoluer dans le temps.

EXPLOITATION

CONSEIL DE COMMUNICATION

LA PHASE D'EXPLOITATION

GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

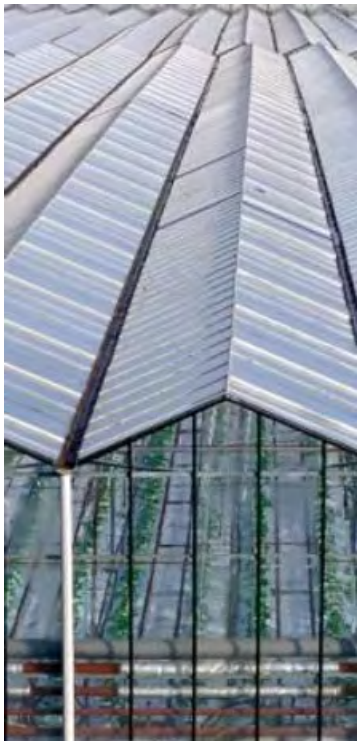
GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

Par Bernard de Gouvello (CSTB, Fr)



Dans le cadre des opérations de serres en toiture, les besoins en eau sont souvent importants entraînant des coûts de gestion conséquents. C'est pourquoi il peut être pertinent de recourir à l'utilisation de l'eau de pluie issue des serres elles-mêmes, voire des toitures environnantes situées au sein de la même parcelle [1].

Pour utiliser l'eau de pluie des toitures des serres et autres toitures du site, deux configurations sont possibles :

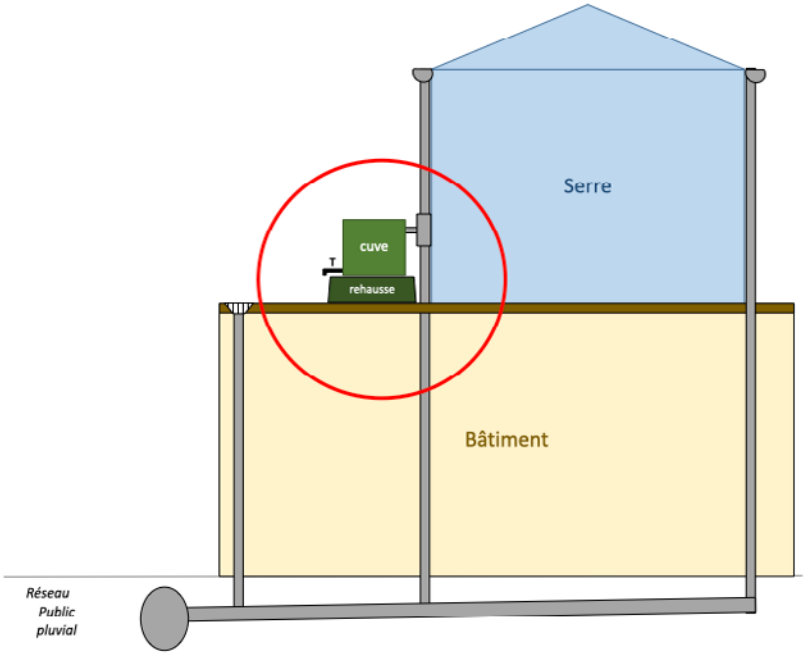
- stockage en terrasse
- stockage en bas de bâtiment (au sol, en sous-sol ou enterré).

1 *En cas de besoins très importants au regard des surfaces de toitures adaptables à la collecte il est également possible de récupérer les eaux de toitures environnantes, i.e. en dehors de la parcelle du projet, mais cela implique – tout au moins en France - un acte juridique spécifique (une convention permettant de déroger à l'article 640 du code civil).*

CONFIGURATION 1 : STOKAGE EN TERRASSE

Domaine d'application et principe

La (ou les) cuve(s) de stockage est (sont) directement posée(s) sur la terrasse en proximité d'une descente dont elle(s) collecte(nt) les eaux de la portion de toiture correspondante au travers d'un système de dérivation installé sur la descente qui comprend un filtre de maillage de 1 mm (arrêté du 21 août 2008).



L'arrivée d'eau dans la cuve sert également de trop plein, l'eau en surplus rejoignant la descente puis le réseau public d'eaux pluviales.

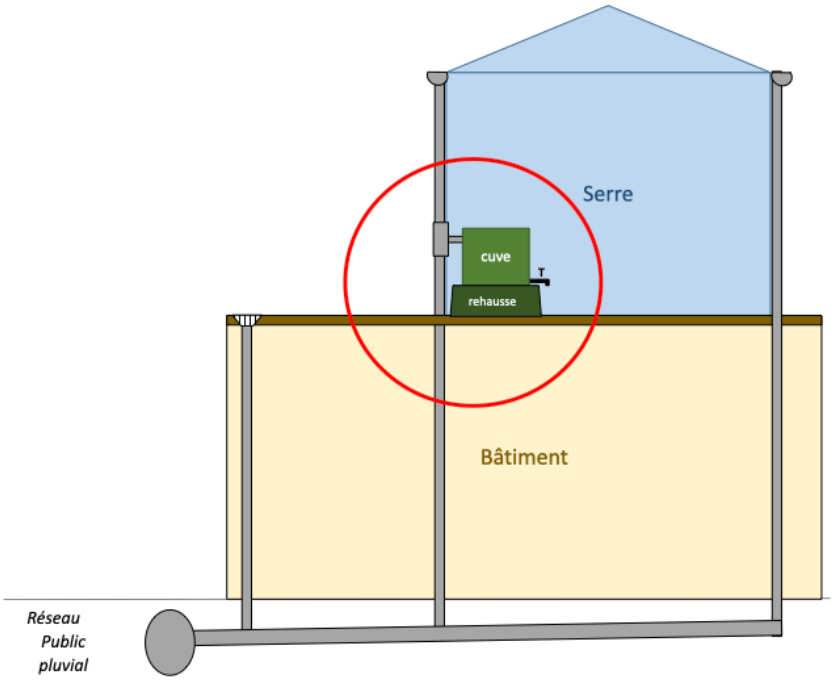
La cuve est placée sur une rehausse de sorte que le robinet placé en bas de cuve puisse alimenter un arrosoir : ce robinet sert également à vider totalement la cuve pendant la période hivernale au cours de laquelle le système de dérivation est bypassé.

En proximité du robinet un panonceau indiquant « eau non potable » accompagné d'un pictogramme explicite (conforme à la norme NF X 08-003-1) doit être apposé.

Dans cette configuration, l'utilisation de l'eau de pluie constitue un appoint assez marginal du point de vue quantitatif. Elle correspond plus à une vocation pédagogique et de sensibilisation à l'utilisation de ressources alternatives à l'eau potable pour des usages d'arrosage.

Variantes possibles

Une variante consiste à situer la cuve de stockage à l'intérieur de la serre.



A noter que ce cas de figure peut notamment se présenter lorsque les descentes sont situées à l'intérieur de la serre. Il peut également se révéler opportun si le sol de la serre est d'une facture plus robuste que celui de la terrasse et, par conséquent, accepte une charge supérieure.

Intérêt

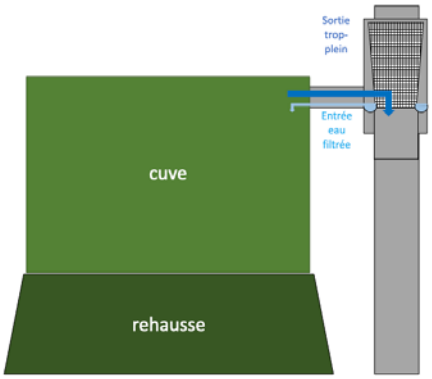
- Faible coût
- Facilité d'installation : il n'y a pas nécessité de faire appel à un professionnel
- Manipulation très simple (ne nécessite aucun apport d'électricité)
- Possibilité d'installer plusieurs cuves (une par descente)

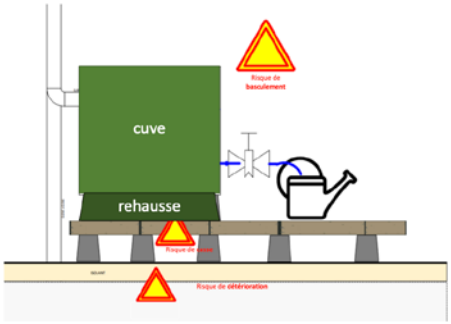
Contraintes et points de vigilance

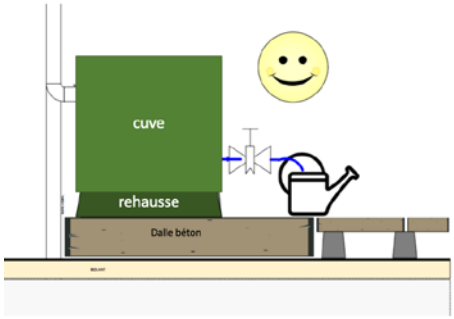
Les principales contraintes associées à cette solution sont les suivantes :

- Elle n'est envisageable que si les caractéristiques mécaniques de la terrasse le permettent et nécessite des précautions de mise en œuvre (cf. points de vigilance) ;
- La (les) cuve(s) extérieure(s) doi(ven)t être vidée(s) en hiver (pour éviter dégradation par gel).

Points de vigilance :

- Vérifier la bonne étanchéité du couvercle pour éviter le développement de moustiques. Ce point est particulièrement à contrôler dans le cas où la cuve est située à l'intérieur de la serre (risque accrue de prolifération de moustiques)
- Mieux vaut utiliser une couleur sombre ou noire pour les réservoirs pour éviter la croissance des algues
- Veiller à la bonne lisibilité des panonceaux « eau non potable » et, le cas échéant, procéder à leur remplacement
- 

Veiller à bien réaliser le raccordement à la gouttière, dérivation et trop-plein
- 

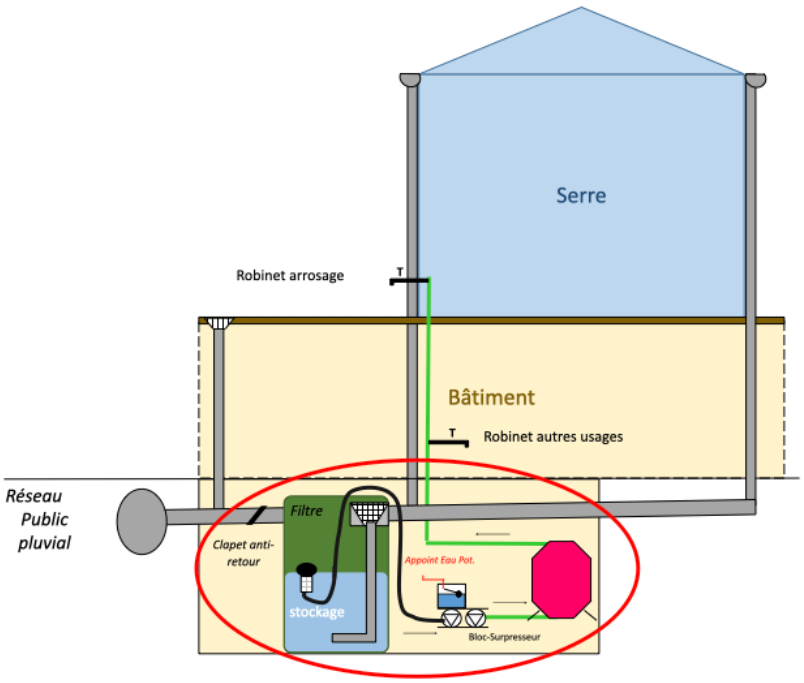
La cuve ne doit pas reposer sur des dalles, car elle entraîne plusieurs risques : basculement de la cuve, casse des dalles, détérioration des plots, voire de l'isolant.
- 

Il est préférable de la faire reposer sur une dalle béton qui permet une meilleure répartition du poids sur le sol.

CONFIGURATION 2 : STOKAGE EN BAS DU BATIMENT

PRINCIPE ET DOMAINE D'APPLICATION

L'eau provenant des différentes descentes de la serre (et, le cas échéant, des autres toitures inaccessibles[2]) est acheminée dans une cuve située en bas du bâtiment[3]. Le réseau enterré des canalisations permet d'alimenter la cuve. Une crépine aspirante attachée à une mini bouée et reliée par un tuyau souple à un bloc surpresseur permet de soutirer l'eau en proximité de la nappe supérieure, ce qui garantit une meilleure qualité (plus faible teneur de matières en suspension). Le bloc-surpresseur permet de renvoyer l'eau au niveau de la terrasse de la serre pour son usage via une canalisation et un robinet.



En proximité immédiate du point d'usage, un panonceau avec la mention « eau non potable » et un pictogramme explicite doivent figurer. La canalisation de renvoi doit comporter des étiquettes avec la même mention, notamment avant et après la traversée de toute cloison ou de tout plancher. Afin d'assurer la disponibilité d'eau au robinet de service situé en terrasse qui est alimenté par l'eau de pluie, un réservoir d'appoint alimenté en eau potable et disposant d'une déconnexion AA ou AB conforme à la norme EN 17117 peut être placée dans le local technique. La bascule entre eau de pluie et eau provenant du réservoir

2 Dans le cas français, le domaine d'application de l'arrêté du 21 août 2008 se limite aux toitures inaccessibles.

3 Trois emplacements distincts sont possibles : (1) enterrée (ce qui nécessite une parcelle disponible, une opération de terrassement et l'emploi d'une cuve aux caractéristiques mécaniques compatibles avec les contraintes du sol ; (2) sur le sol lui-même (ce qui limite la possibilité de récupération de l'eau de plusieurs descentes, sauf à accepter d'avoir un réseau horizontal de canalisation, ce qui est peu esthétique) ; (3) dans le sous-sol (ce qui nécessite d'avoir un espace effectivement disponible mais constitue l'option la plus intéressante et qui est celle représentée sur le schéma).

d'appoint est assurée par une vanne trois voies[4]. Enfin, un filtre est placé en entrée de cuve et le trop-plein de celle est protégé par un siphon ou un clapet anti-retour (solution choisie sur le schéma).

Dans cette configuration, plus exigeante techniquement, l'utilisation de l'eau de pluie constitue un appoint significatif du point de vue quantitatif au regard des besoins en eau pour des usages ne nécessitant pas la qualité « eau potable » pour l'ensemble du bâtiment. L'utilisation de l'eau de pluie dans la serre ne constitue qu'un usage parmi d'autres. Notamment, l'eau collectée peut alimenter des toilettes, un robinet technique destiné au nettoyage…

Variantes possibles

Il existe de nombreuses variantes possibles en ce qui concerne la localisation du stockage et l'organisation du dispositif de déconnexion. Ces différentes configurations ne sont pas spécifiques au fait d'avoir une serre. Elles sont largement décrites dans des guides ou notice, notamment le guide ASTEE (L'association française des professionnels de l'eau et des déchets) et le livret édité par les ministères français en charge de l'Ecologie et de la Santé (cf. références 2 et 4). Ces documents sont essentiellement techniques et donc disponibles dans d'autres pays.

Intérêt

- Permet de collecter plus d'eau en rassemblant toutes les descentes provenant des toits des serres et autres toitures inaccessibles
- Permet une utilisation de l'eau de pluie tout au long de l'année, donc de plus grands taux de substitution.

CONTRAINTES ET POINTS DE VIGILANCE

Les principales contraintes associées à cette solution sont les suivantes :

- Coût d'installations sensiblement plus élevé
- Nécessité de faire intervenir un plombier professionnel et rompu à ce type d'installation
- Une procédure de maintenance – éventuellement assurée par un tiers – est à mettre en place

Points de vigilance :

- Veiller à ne pas connecter sur la cuve des eaux provenant de la terrasse elle-même (toiture accessible), ce qui peut se révéler en pratique compliqué dans certains cas

4 Il est possible d'éviter cet ajout, compliquant et renchérissant le projet, si un robinet d'eau potable peut être branché directement sur la terrasse. Dans ce cas, lorsque l'eau vient à manquer dans la cuve, les usagers de la serre utilisent ce second robinet.

- Dédier un espace clair à l'installation technique dans lequel figurent le schéma de principe et le carnet sanitaire de l'installation : ces documents doivent être protégés de la détérioration par l'humidité[5].
- Les réservoirs doivent être nettoyés chaque année afin d'éviter les volumes morts à l'intérieur et l'accumulation des dépôts.

Remarque : la mise en place de compteurs pour connaître le volume d'eau économisé peut être pertinent pour des installations de taille importante. Il faut toutefois noter que, en cas d'installation comprenant un appoint en eau potable, 2 compteurs doivent être installés : l'un en sortie du surpresseur, l'autre au niveau de l'alimentation du réservoir d'appoint (pour en déduire le volume d'eau de pluie substitué à l'eau potable).

RÉFÉRENCES POUR ALLER PLUS LOIN SUR L'UTILISATION DE L'EAU DE PLUIE

Remarque : hormis la norme (qui est de portée européenne), les références indiquées concernent la France. Toutefois, il doit exister des éléments comparables dans les autres pays partenaires du projet.

1. AFNOR, 2018, NF EN 16941-1, Réseaux d'eau non potable sur site - Partie 1 : systèmes pour l'utilisation de l'eau de pluie. Cette norme européenne a remplacé les différentes normes existantes auparavant dans plusieurs pays européens (Allemagne, Grande-Bretagne, France notamment).
2. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), 2015, Guide Technique Récupération et Utilisation de l'eau de pluie. Informations et recommandations relatives à la réalisation de dispositifs utilisant les eaux issues de toitures et stockées in situ (coordination : B. de Gouvello). Paris : ASTEE, 65 p. (téléchargeable à l'adresse : https://www.astee.org/publications/guide-sur-la-recuperation-et-utilisation-de-leau-de-pluie/
Ce guide, destiné aux particuliers, aux acteurs de la construction et de l'urbanisme (maîtres d'ouvrage publics ou privés, maîtres d'œuvre, bureaux d'étude), ainsi qu'aux responsables et gestionnaires des services d'eau et d'assainissement, poursuit une double finalité : (i) fournir une synthèse des connaissances actuelles sur le sujet ; (ii) présenter de manière organisée et cohérente un ensemble d'informations et de recommandations pour la réalisation d'un projet.
3. de Gouvello B., Noeuveglise M., 2007, Récupération et Utilisation de l'eau de pluie dans les opérations de construction. Retour d'expériences et recommandations, Paris : ARENE IDF, 64 pages. (téléchargeable à l'adresse : https://www.lamaisonecologique.com/wp-content/uploads/2016/12/recuperation-OARENE-CSTB.pdf)
Rédigé avant l'arrêté de 2008, ce guide présente de manière détaillée 8 exemples de projets et une méthodologie pour la réalisation des projets de leur conception jusqu'à leur exploitation.

5 Pour le plan, il est préconisé de procéder à sa plastification.

4. Ministères en charge de l'Ecologie et de la Santé, Systèmes d'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment Règles et bonnes pratiques à l'attention des installateurs, 20 p.
Ce petit livret réalisé par un groupe d'experts expose le cadre de la réglementation française avec de nombreux schémas explicatifs.
5. Arrêté du 21 août 2008 « relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments » Disponible sur legifrance.fr, ce texte constitue le cœur de la réglementation française actuelle sur l'utilisation d'eau de pluie.
6. de Gouvello B., 2010, La gestion durable de l'eau : Gérer durablement l'eau dans le bâtiment et sa parcelle (illustrations Jean-Marc Lauby), Paris : CSTB Editions, 129 p.
Voir plus particulièrement le chapitre 2, qui est spécifiquement consacré à l'utilisation de l'eau de pluie.
7. Alberto Campisano, David Butler, Sarah Ward, Matthew J. Burns, Eran Friedler, Kathy DeBusk, Lloyd N. Fisher-Jeffes, Enedir Ghisi, Ataur Rahman, Hiroaki Furumai, Mooyoung Han, Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives, Water Research, Volume 115, 15 May 2017, Pages 195-209.

EXPLOITATION

CONSEIL DE COMMUNICATION

LA PHASE D'EXPLOITATION

GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

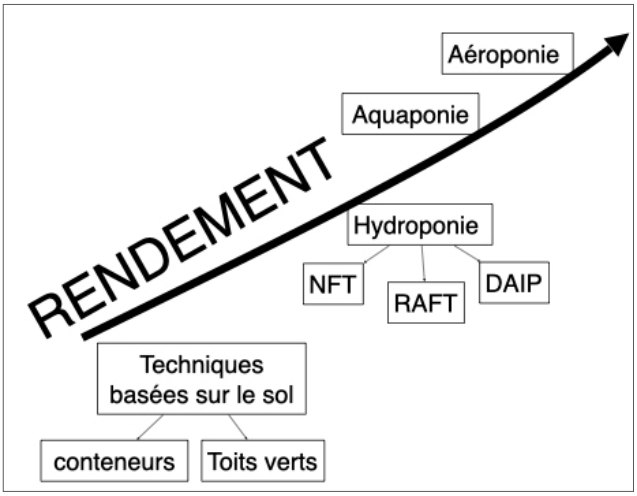
EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

Par Guillaume Morel-Chevillet (ASTRED-HOR, Fr), Veronica Arcas (UAB, ES)

La culture de plantes sur un toit rend nécessaire, dans la plupart des cas, d'utiliser des techniques de culture sans sol, depuis des solutions à base de substrats jusqu'à des cultures en systèmes hydroponiques ou encore aéroponiques ou aquaponiques.



Comme l'explique le dessin ci-contre, les choix sont principalement guidés par les objectifs du projet, les attentes de rendement et les compétences techniques de l'équipe.

PRODUCTION A BASE DE SUBSTRAT

L'utilisation d'une production à base de substrat est le moyen le plus facile de cultiver des plantes. Selon le substrat utilisé, ce système peut différer plus ou moins d'un système hydroponique, nécessitant une fertilisation supplémentaire par irrigation ou, d'autre part, en utilisant la structure et les nutriments naturels du sol. Avec l'utilisation du sol, un plus grand réservoir de nutriments organiques peut être obtenu sans effort, tandis que la plupart des substrats serviront également de bon stockage de l'eau nécessitant des conditions d'irrigation moins stables.

Néanmoins, il faut une qualité spécifique de matériaux afin d'obtenir un bon milieu de culture agronomique (nutriments, structure, rétention d'eau, etc.) et un mélange de matières premières similaire à ceux utilisés comme milieu de culture dans les toitures végétalisées. Des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte et une fertilisation à libération lente sont nécessaires si l'on souhaite de bons rendements. De plus un bon débit d'eau pour réduire l'accumulation possible de nutriments et une plus grande salinité si les nutriments sont administrés par irrigation. Le poids total du substrat, lorsqu'il est saturé en eau, est un point de données critique et doit être connu avant le démarrage du projet parce que générant des charges comprises entre 200 et 400 kg/m². De plus, après une ou deux saisons de croissance, une partie du substrat doit être renouvelée (tassement, perte de nutriments, etc.). Le rendement attendu est inférieur à 5 kg/m²/an pour des cultures légumières classiques.

Néanmoins, l'utilisation d'une production à base de substrat nécessiterait moins de surveillance donc moins de force de travail. Cela peut être une bonne solution pour créer son propre mélange de matériaux à partir de déchets urbains par exemple. Les prix sont relativement bas, entre 10 et 20€ le m², selon les équipements (irrigation et fertilisation).

Les substrats possibles peuvent être divisés en deux catégories : organiques et inorganiques. La première catégorie comprend tous les substrats générés à partir de matières organiques comme le compost, la fibre de coco, l'écorce de pin, la sciure de bois et la tourbe. La deuxième catégorie peut à nouveau être divisée en milieux inorganiques provenant de sources naturelles, comme le sable, le gravier, le tuf volcanique, la fibre de laine de roche, l'argile expansée et la perlite. Ou peut-être généré de manière synthétique comme de la mousse ou du plastique.

Les solutions basées sur le substrat sur le récipient peuvent fournir des rendements sûrs et réussis sur les laitues, par exemple des systèmes JB hydroponiques testés dans la station ASTREDHOR Grand Est. Crédits : Solène Batard

PRODUCTION HYDROPONIQUE/AEROPONIE

Les systèmes de culture sans sol en culture hydroponique (comme pour l'aéroponie) utilisent, par recirculation, des solutions nutritives constituées à partir d'intrants synthétiques et minéraux (les engrais organiques demeurent une exception rare mais existante). Il est primordial de bien connaitre les besoins en minéraux des végétaux cultivés afin d'ajuster les paramètres de culture, notamment en cas de recirculation de l'eau et des fertilisants. Ceci est encore plus pertinent en cas de recirculation de l'eau et des nutriments. Il existe différentes formes de systèmes hydroponiques :

- Le système d'inondation et de drainage où les plantes sont cultivées dans des contenants remplis d'agrégats placés dans des lits d'arrosage.
- Le système d'irrigation au goutte-à-goutte est couramment utilisé pour cultiver des plants à tiges comme les tomates, les concombres ou les poivrons. Les plantes se trouvent dans des contenants de croissance à-demi remplis et une solution nutritive s'égoutte sur le bulbe racinaire de la plante.
- La culture en radeau ou la culture en eau profonde qui implique l'immersion des racines végétales dans une solution nutritive.
- La technique du film nutritif (NFT), l'une des techniques les plus productives et fréquemment utilisées pour les légumes-feuilles. Les racines des plantes sont suspendues dans un long sillon étroit à travers lequel la solution nutritive ruisselle.

Les techniques hydroponiques offrent un bon rendement et sont très légères, elles sont également adaptées à de nombreuses espèces végétales, par exemple ici avec des systèmes GHE sur laitue, bette à carde et poivrons. Crédits : Solène Batard.

Tandis que dans les systèmes hydroponiques, la croissance des plantes est basée sur l'eau liquide fertilisée, en aéroponie, l'eau et les éléments nutritifs sont apportés par brumisation. Les deux systèmes sont légers (moins de 50 kg/m^2) et offrent des rendements élevés, entre 30 et 70 kg/m^2/an selon les espèces végétales. La consommation d'eau est également très faible par rapport aux solutions basées sur le substrat. Le coût d'investissement est d'environ 50 à 200 € (en fonction de la qualité de l'équipement et de la procédure d'installation). La maintenance nécessite de bonnes compétences agronomiques et en cas de problème technique (comme une coupure de courant) la production peut être rapidement endommagée en raison de la moindre résilience de ce système. Cette moindre résilience est due au manque de substrat ou de matière capable de retenir l'eau et les nutriments en cas de manque d'irrigation.

PRODUCTION AQUAPONIE

Les systèmes aquaponiques combinent les avantages des systèmes hydroponiques hautement contrôlés avec les avantages offerts par les systèmes de culture naturels et organiques. Un système de nutriments en boucle fermée remplace l'utilisation d'engrais minéraux et synthétiques, avec l'autofécondation basée sur des déchets de poisson décomposés par des bactéries. Ce système a besoin de compétences spécifiques et complémentaires entre la culture de plantes et la production de poissons en raison des interactions systémiques complexes. Le stockage du poisson nécessite au moins 800 kg/m^2, tandis que le la charge liée aux plantes et les rendements (30 à 70 kg/m^2/an) sont similaires au système hydroponique. Si l'on ajoute le rendement des cultures, le business-plan peut également tenir compte de la production de poissons. Les coûts de production des plantes sont comme ceux de la culture hydroponique, mais la production de poisson a nécessité un investissement spécifique (entre 800 et 1 200 € / m^2) et une bonne maîtrise de la production de poisson.

La production aquaponie comprend la culture du poisson et des plantes, pour les agriculteurs urbains ayant des compétences techniques élevées, elle peut fournir des revenus multiples. Ici : APIVA pilote à Astredhor - Aura station. Crédits : Guillaume Morel-Chevillet.

SELECTION DES SEMENCES

Le choix des plantes doit être fait avec soin en ce qui concerne le marché local, les attentes des consommateurs, les conditions agronomiques, les systèmes de culture et les compétences techniques. Les plantes cultivées pour l'agriculture urbaine dans des serres en toiture (RTG) peuvent se répertorier comme ceci :

Micro pousses, légumes à feuilles et aromatiques

Cette gamme de plantes se concentre sur la production de feuilles (pas de fleurs ni de fruits).

- La récolte des premières feuilles, appelée « production de micro pousses », est un marché de niche. Un large spectre d'espèces peut être cultivé comme le tournesol, les haricots, le wasabi ou la moutarde et le cycle de production est court (de 10 à 20 jours).
- Les légumes-feuilles sont également souvent cultivés par les agriculteurs urbains en raison de la courte date de péremption et des besoins de fraîcheur du marché. La laitue, le chou frisé, les épinards ou la roquette sont les plus connus. Le calendrier de production est également court (moins d'un mois) et les mêmes plantes peuvent être récoltées plusieurs fois.
- Les plantes aromatiques couvrent une large sélection. Des plus courantes comme le basilic, la menthe ou le persil aux plus originales comme l'Artemisia ou l'Agastache. Elles peuvent être vendues frais (boutures de feuilles) ou en petits pots.

Ces produits sont cultivés dans de nombreuses exploitations urbaines en raison de leur qualité ultra-fraîche et de leurs prix de grande valeur (entre 10 € et 70 €/kg pour les micro-pousses par exemple). Sous certaines conditions, les plantes aromatiques peuvent être certifiées BIO. Cette labellisation peut leur donner une meilleure valorisation économique.

Légumes fruits (tomates, concombres, poivrons, cultures de vigne...)

Les légumes-fruits sont plus complexes à cultiver. Ils ont besoin de plus de temps et plus d'entretien, notamment en ce qui concerne la fertilisation, mais le produit final (leurs fruits) est facilement vendable et attendu par les clients. L'un des principaux défis actuels est de trouver des espèces combinant un bon rendement avec des couleurs et une saveur originale. Des variétés anciennes ou de nouveaux hybrides sont cultivés à cette fin, mais la plupart d'entre eux ne sont pas encore testés pour les systèmes sans sol.

Autres plantes : pharmaceutiques, nutraceutiques, paysagères...

Les plantes médicinales peuvent également constituer une niche de marché urbaine intéressante (calendula, consoude...), ainsi que les plantes à usage industriel telles que les plantes tinctoriales (camomille, fenugrec...). Des plantes rares sur le marché sont cultivées par certains agriculteurs urbains : vanille, safran, etc. Enfin, les plantes ornementales et paysagères peuvent être une bonne solution pour cibler le marché du jardinier urbain (sur balcon, terrasse ou petit jardin). Les fleurs comestibles sont également des produits originaux à prendre en compte.

SPECIFICATION DES EQUIPEMENTS DE REGULATION DE L'ENVIRONNEMENT

La raison pour laquelle nous utilisons une serre est de générer des conditions de croissance optimales pour les plantes. À l'intérieur de la serre, celles-ci sont protégées contre les influences naturelles négatives. Pour arriver à des conditions climatiques encore plus stables plusieurs possibilités techniques ont été introduites dans l'industrie des serres, qui aident à atténuer les problèmes existants ou à trouver des solutions permettant de cultiver des plantes dans des environnements extérieurs austères (au début du printemps par exemple afin de produire des légumes ou fruits dits « primeurs », etc.).

La tâche difficile de concevoir une serre est de trouver l'équipement et les réglages optimaux tout en restant dans les limites du budget du projet. En général, il peut être conseillé de toujours se concentrer sur les techniques préventives plutôt que curatives. En outre, les systèmes passifs, qui utilisent déjà les flux d'énergie existants, sont préférables.

Il faut souligner que, dans beaucoup de cas de projets de construction en serre, l'aspect énergétique est négligé. Mais l'exploitation d'une serre chaude pourrait devenir vraiment énergivore et donc coûteux. Ainsi des économies sur les coûts d'équipements peuvent générer des surcoûts énergétiques en termes d'exploitation de même que les défaillances techniques.

ISOLATION

Les plantes poussent dans des plages de températures limitées et il est important que la RTG offre des conditions contrôlées.

Un aspect important est l'installation d'une isolation permanente ou amovible. L'isolation se compose de matériaux, qui ont une conductivité à la chaleur. Par conséquent, la perte de chaleur progresse plus lentement que sans isolation. En général, on peut dire que plus le matériau est épais, plus ses propriétés isolantes sont importantes.

L'utilisation de l'isolant est une possibilité souvent négligée pour réduire la perte de chaleur et donc pour atténuer la demande de chauffage dans une serre, car les matériaux d'isolation sont généralement opaques et réduisent la transmission de lumière

depuis l'extérieur vers l'intérieur. Mais l'isolation est importante pour conserver la chaleur à l'intérieur de la serre. Il est nécessaire de trouver un bon équilibre entre l'afflux de lumière et l'isolation des murs. Les parois latérales peuvent généralement être équipées partiellement d'isolation, les murs orientés vers le nord peuvent être fermés complètement sans perdre de lumière.

Il existe plusieurs possibilités pour isoler, depuis les matériaux synthétiques (panneaux sandwich avec PU, EPS, laine minérale) aux matières naturelles (laine de bois, chanvre, paille ou cellulose). Le choix de matériaux isolants naturels entraîne un impact carbone réduit (faible énergie grise), mais elle s'accompagne d'une installation plus compliquée et souvent d'un coût plus élevé. Il existe des matériaux isolants transparents, mais généralement, soit les propriétés isolantes ne sont pas assez bonnes pour être une bonne alternative, soit la transparence est assez faible, ou encore le prix est trop élevé pour rendre le projet économiquement réalisable.

Pour les ouvertures transparentes, des films à double couche ou des feuilles multicouches sont disponibles dans des matériaux traditionnels ou de revêtements à double vitrage si du verre est utilisé.

En outre, des parois chauffantes sont une solution possible. Dans ce cas, une paroi est montée à l'intérieur, réduisant les pertes de chaleur par transmission. De tels systèmes peuvent également être installés pour les murs latéraux.

VENTILATION

L'un des plus grands obstacles à l'exploitation d'une serre est la surchauffe en été. La solution technique la plus simple consiste à ouvrir la serre avec des volets de ventilation. Ces volets sont normalement montés au point le plus élevé de la serre. L'air chauffé s'élèvera et peut s'échapper par les ouvertures de ventilation. Pour faire usage des mouvements d'air naturels, il peut également s'avérer utile de créer des volets sur le côté inférieur de la serre pour générer un flux continu d'air chaud s'échappant au sommet tandis que l'air plus froid est aspiré au fond. Selon la situation sur le toit et le style de la serre, cette technique très simple seule peut être suffisante pour atteindre des conditions de croissance adaptées.

À côté de la ventilation naturelle ou gratuite, il est possible d'équiper la serre de systèmes de ventilation forcée, par exemple en utilisant des ventilateurs pour pousser ou aspirer l'air. Bien qu'il soit beaucoup plus facile de contrôler la ventilation forcée, celle-ci demandera plus d'énergie, et l'équipement est coûteux.

Il est important de mentionner que l'utilisation de la ventilation réduit également l'humidité dans l'air, qui se produit à partir des plantes. Cela entraînera une perte d'eau d'irrigation dans l'environnement.

SYSTEMES D'OMBRAGE

Les rideaux chauffants et les écrans sont une méthode éprouvée pour réduire le gain de chaleur dans un RTG.

Paradoxalement, si les plantes ont besoin de chaleur pour croître, un rayonnement trop fort entraînera un stress végétal et une diminution des capacités de croissance.

Une solution simple est l'utilisation d'un écran d'ombrage, qui est installé de la même manière qu'une paroi chauffante ou rideaux chauffants. Si un seuil de rayonnement critique est dépassé, le système de contrôle de la serre ferme automatiquement l'écran. Ainsi, la lumière directe du soleil diminue, favorisant les conditions de croissance pour les plantes et diminuant également la nécessité de refroidir la serre.

Les écrans d'ombrage sont normalement faits d'un matériau partiellement réfléchissant et transmissif puisqu'il n'est pas recherché de couper complètement la lumière du soleil. Certaines méthodes de culture de certaines plantes ont besoin d'un accès à la lumière davantage contrôlé.

Dans ce cas, un système de privation de lumière peut être installé. Celui-ci offre l'obscurité complète mais ne doit pas être confondu avec un système d'ombrage. Dans les climats à fort ensoleillement le midi, il est possible d'utiliser un système de privation de lumière pour aider les plantes à prévenir les dommages de surchauffe.

SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT

Si la ventilation ou l'ombrage n'était pas suffisant pour réduire la chaleur dans la serre, il est possible d'utiliser des systèmes de refroidissement.

Tout d'abord, la méthode la plus simple et pas très énergivore est d'utiliser le refroidissement adiabatique. Cette technique utilise l'énergie stockée dans les changements physiques de l'eau à l'état liquide vers l'état de vapeur. C'est ce même effet qui refroidit la peau après avoir quitté une piscine. Le refroidissement adiabatique peut être obtenu avec des coussinets d'évaporation ou des dispositifs de brumisation. Les coussinets d'évaporation sont fabriqués à partir de carton et sont installés dans les murs latéraux ou arrières d'une serre. Le carton est trempé avec de l'eau et l'air est aspiré à travers le tissu. L'eau s'évapore et l'air plus frais mais plus humide pénètre dans la serre. Les dispositifs de brumisation, quant à eux, dispersent l'eau en très fines gouttelettes à l'intérieur de la serre, qui ensuite s'évaporent rapidement en réalisant le même effet. Les dispositifs de refroidissement adiabatique ont l'inconvénient qu'ils utilisent beaucoup d'eau qui se perd avec la ventilation. De plus, ils ne fonctionnent que dans des conditions climatiques sèches. Cependant, en comparaison aux refroidisseurs ou aux unités de refroidissement, le refroidissement adiabatique demande moins d'énergie.

Les refroidisseurs utilisent l'énergie électrique pour transférer la chaleur vers un réservoir thermique. Dans le cas d'une serre, cela signifie que la chaleur de l'intérieur de la serre est transférée vers l'air extérieur par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur. Ce processus est énergivore et les unités de refroidissement elles-mêmes sont coûteuses, c'est pourquoi géné-

ralement elles ne sont pas utilisées en horticulture.

Les refroidisseurs peuvent également être utilisés pour la déshumidification. Des condensats d'eau provenant de la serre peuvent être recueillis sur les surfaces froides de l'échangeur de chaleur. La condensation de l'eau réchauffe l'échangeur avec l'effet inverse de celui décrit précédemment. Cela conduit donc à une plus grande consommation d'énergie pour rendre le refroidissement efficace. Dans les climats chauds et fortement ensoleillés, l'utilisation du refroidisseur peut être effectuée en combinaison avec une production photovoltaïque afin de récupérer l'eau évaporée tout en maintenant une opération optimisée énergétiquement.

ECLAIRAGE SUPPLEMENTAIRE

Outre la chaleur, les plantes ont besoin de suffisamment de lumière pour pousser. En hiver ou en période de transition tôt le matin ou en fin de soirée, il n'y a pas assez de lumière pour déclencher la croissance des plantes.

La réalisation de meilleures conditions de croissance peut se faire en utilisant des lampes à accumulation. Ici, des possibilités comme les techniques LED modernes ou les lampes plasmatiques sont possibles. Dans le secteur des serres, on utilise parfois des lampes au sodium à haute pression.

En général, la demande d'énergie des lampes à accumulation est élevée, ce qui rend leur utilisation non rentable si le rendement des cultures ou les revenus ne sont pas assez élevés.

En outre, il faut mentionner que les serres en toiture, en particulier dans les zones résidentielles sont tenues de maintenir un profil de faible luminosité le soir ou la nuit. Sans ombrage ou système d'occultation, l'utilisation de lampes à accumulation peut être trop intrusive pour les zones environnantes.

CONNEXION ENERGETIQUE AU BATIMENT

L'un des aspects-clés des serres en toiture est la connexion entre la serre et le toit. Dans le bâtiment supportant la serre, le chauffage, la ventilation et le refroidissement sont très probablement déjà disponibles et il peut être possible d'utiliser les systèmes de CVC (Chauffage, Ventilation, Climatisation) déjà existants.

L'intégration de la serre dans les flux d'énergie déjà existants pourrait contribuer à accroître l'efficacité énergétique des systèmes déjà installés :

- La réduction de la température de retour du système de chauffage augmente l'efficacité de la Chaudière
- La serre peut préchauffer l'air d'entrée pour la ventilation du bâtiment (via l'échangeur de chaleur)
- La chaleur résiduelle du bâtiment (réfrigérant, boulangerie, restaurants, etc.) peut être utilisée toute l'année pour le chauffage de la serre

- L'utilisation de la chaleur générée à l'intérieur de la serre pour chauffer le bâtiment peut aider à la fois la serre et le bâtiment de soutien (serre comme collecteur solaire)

Pour réduire les émissions de CO_2 et augmenter son efficacité énergétique grâce aux serres en toiture, il est crucial de trouver des synergies. A cette fin, la construction simultanée du bâtiment de soutien et de la serre peut générer une meilleure efficacité et une meilleure utilisation des énergies disponibles, que dans chaque bâtiment pris séparément.

CAPTATION DU CO_2 PROVENANT DU BATIMENT

En outre, en particulier dans les immeubles de bureaux, l'air s'enrichit de CO_2 au cours de la journée. Le raccordement à la serre de l'air sortant du bâtiment crée la possibilité de fertiliser les plantes avec de l'air enrichi en CO_2, ce qui sera bénéfique à leur croissance.

GESTION DES RAVAGEURS ET DES MALAIDES (PROTECTION BIOLOGIQUE INTEGREE)

Avant le début du processus de culture, les attaques de ravageurs et de maladies doivent être évaluées et anticipées par un agronome. Elles dépendront de la sélection des cultures, des conditions climatiques, prophylaxie et autres facteurs. De nombreuses techniques existent déjà pour lutter contre les ravageurs et les maladies, comme leur capture (phéromones, lumière, etc.), les plantes hôtes, des insectes auxiliaires (attraction, alimentation...), l'association des plantes, etc. A ce stade, une bonne expertise agronomique est nécessaire.

photo de la protection biologique intégrée des cultures à l'aide d'un piège à colle. Crédits : ASTREDHOR

PROCESSUS HORTICOLES

La compétence de l'équipe dépendra de l'intensité technique du projet ainsi que des objectifs sociaux et pédagogiques. Les activités horticoles prennent du temps, surtout pendant les saisons du printemps et de l'été et il faut prévoir la planification du travail d'équipe (travail pendant le week-end, etc.). Après cela, le processus de récolte et d'emballage doit être parfaitement prévu. Une zone

spécifique doit être conçue pour les activités de stockage, de tri et de conditionnement.

Les pratiques horticoles qui pourraient être envisagées dans cette zone agricole sont :

- Préparation et semis des graines
- Préparation et/ou remplacement des supports de culture
- Préparation de la solution nutritive
- Mise en place des végétaux et suivi de la croissance
- Taille et extraction de la biomasse excédentaire
- Récolte, tri et conditionnement
- etc.

EXPLOITATION

CONSEIL DE COMMUNICATION

LA PHASE D'EXPLOITATION

GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

Par Karsten WILHELM (IfaS, DE), Ulrike KIRSCHNICK (IfaS, DE), Zaira Ambu (HS Trier/IfaS, DE), Nicolas ANCION (ULg, BE), Nicoleta SCHIOPU (CSTB, Fr)

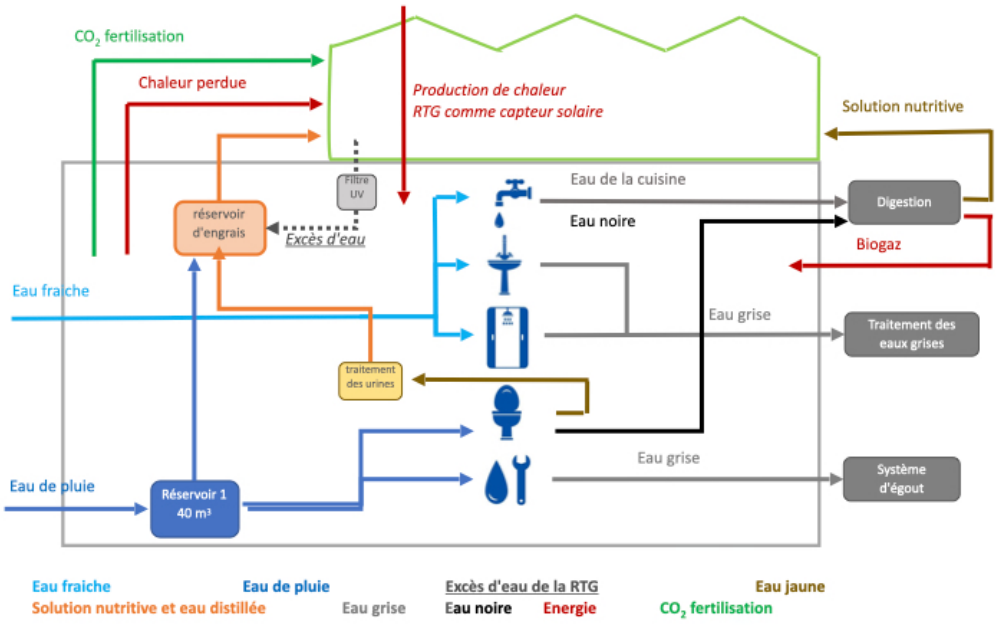
INTRODUCTION

Les futures villes ont besoin de solutions pour améliorer la qualité de vie, réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et s'adapter au changement climatique. Une symbiose entre l'environnement urbain et la production agricole peut aider à lutter contre le changement climatique et à améliorer les conditions générales de vie dans les villes. Le projet GROOF vise à réduire les émissions de GES en créant une synergie entre les serres en toiture (RTG) et les bâtiments. Il réduit les émissions dues au transport en créant une production alimentaire locale. Cette évaluation de RTG fournit des informations sur la symbiose entre les serres et les bâtiments et sur les aspects économiques de la production alimentaire urbaine.

EVALUATION TECHNIQUE DE LA RTG DANS LE PROJET GROOF

Les synergies entre la RTG et le bâtiment initial offrent un large éventail de potentiels correspondant à des avantages environnementaux quantifiables en termes de réduction des émissions. Dans la figure ci-dessous, ces synergies et flux relatifs ont été illustrés dans le but de fournir une interrelation lisible entre les diagrammes de systèmes.

Schéma relationnel symbolique entre la serre et le bâtiment, dans lequel les flux de déchets sont reliés entre eux et des échanges réciproques sont optimisés



Le projet GROOF offre un aperçu des synergies suivantes d'atténuation des CO_2eq

- Énergie (utilisation de la chaleur résiduelle du bâtiment ou de la serre)
- Utilisation d'un système de PV intégré dans une serre
- Eau (utilisant l'eau de pluie)
- Récupération de CO_2 du bâtiment (dérivée des activités humaines)

Ceci sera analysé et contrôlé dans quatre RTG pilotes, établis en France, en Belgique, en Allemagne et au Luxembourg.

EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Afin d'évaluer et de démontrer les scénarios potentiels de réduction des émissions de CO_2 des scénarios du projet GROOF sur les serres en toiture en NWE, l'analyse du cycle de vie (ACV) a été choisie comme étant la méthodologie la plus appropriée. L'ACV est un outil pour quantifier les impacts environnementaux de différents types de systèmes (produits, bâtiments, etc.) selon les normes internationales ISO 14 040 et 14 044. Les spécifications méthodologiques de l'ACV pour le secteur de la construction sont données dans les normes européennes EN 15 804 et 15 978. Le but et le périmètre de l'ACV sont en accord avec l'objectif donné par le programme de financement Interreg NWE : faciliter la mise en œuvre de l'approche bas carbone et des stratégies sur les consommations d'énergie et du climat afin de réduire les émissions de GES. Les scénarios GROOF sont comparés aux scénarios business-as-usual, en considérant les principaux contributeurs :

1. Produits nécessaires à la construction / rénovation du bâtiment et de la serre
2. Consommations énergétiques du bâtiment et de la serre
3. Engrais pour la production végétale dans serre
4. Consommations d'eau du bâtiment et de la serre
5. Changement d'utilisation des terres comme indicateur pour tenir compte des avantages de l'efficacité spatiale dans les serres en toiture
6. Transport des légumes de la serre au bâtiment (scénario business-as-usual : 150 km).

EVALUATION ECONOMIQUE DE LA RTG

Nous développerons ici un suivi d'évaluation économique de la serre en toiture sur base de la méthode de l'ACV (Analyse en Cycle de Vie).

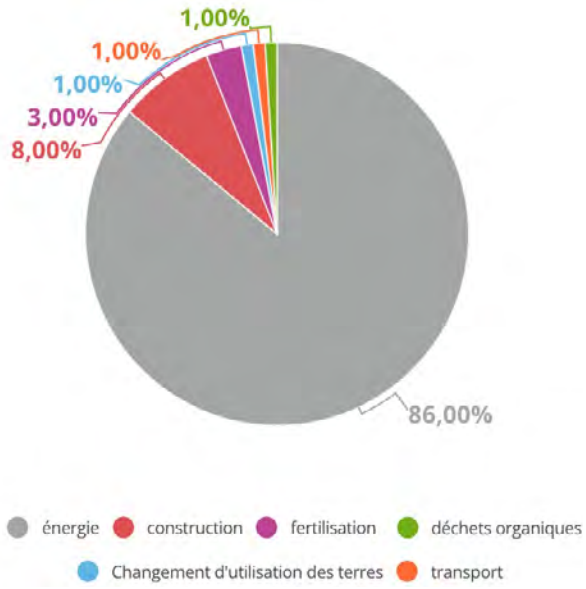
Ref. Hunkeler et al. (2008), Swarr et al. (2011) and ISO (2008) Ref. Hunkeler et al. (2008), Swarr et al. (2011) and ISO (2008)

Peña, A. and Rovira-Val, M. R. (2020) 'A longitudinal literature review of life cycle costing applied to urban agriculture', International Journal of Life Cycle Assessment. doi: 10.1007/s11367-020-01768-y.

CONCLUSION

La production en serre peut être une production à forte intensité énergétique. Cela dépend de la conception de la serre et des espèces cultivées. Nous avons comparé la production synergique sur les toits aux systèmes de production conventionnels pour calculer les économies d'émissions de GES. Pour cette raison, nous avons analysé les flux d'énergie et de matière provenant de différents modèles de serres commerciales (de très efficace à en serre efficace) et de systèmes de production végétale (laitue à tomate).

Cette analyse a montré que les économies d'émissions de CO_2 les plus élevées peuvent être réalisées en combinant des mesures d'efficacité énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables. La figure suivante montre les émissions de CO_2 d'un système de production de tomates conventionnel.



Emissions de GES provenant des flux d'énergies et de matières dans une production de tomates.

Sur la base de ces résultats, la réduction des GES est strictement liée au type de serre, à la symbiose entre le bâtiment et le RTG et à l'utilisation de matériaux et d'énergies renouvelables. Les composants possibles d'un tel système sont :

- La récupération de la chaleur résiduelle du bâtiment et de la serre ou l'utilisation de sources d'énergie thermique renouvelables,
- Matériaux de construction durables : matières premières recyclées ou renouvelables,
- Intégrer un système PV pour utiliser les énergies renouvelables.

D'autres potentiels incluent la production d'engrais local, car dans les bâtiments urbains avec de nombreux utilisateurs, une récupération efficace des nutriments est possible. Par exemple, la collecte séparée de l'urine peut récupérer les nutriments pour la fertilisation et réduire la demande d'engrais pour le système de production.

Globalement, en fonction de chaque scénario pilote, il sera possible d'économiser entre 10 à 20 t CO_2eq par m² * an dans le cadre du projet GROOF par rapport aux systèmes de production conventionnels.

Des résultats plus détaillés seront disponibles à la fin du projet, à partir des modélisations fines et du monitoring pendant 18 mois.

EXPLOITATION

CONSEIL DE COMMUNICATION

LA PHASE D'EXPLOITATION

GESTION CLIMATIQUE DES SERRES EN TOITURE

GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE

GESTION ET SYSTEMES DE CROISSANCE POUR LES SERRES EN TOITURE

EVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE DES SERRES EN TOITURE

ASPECTS SOCIAUX

Aspects sociaux

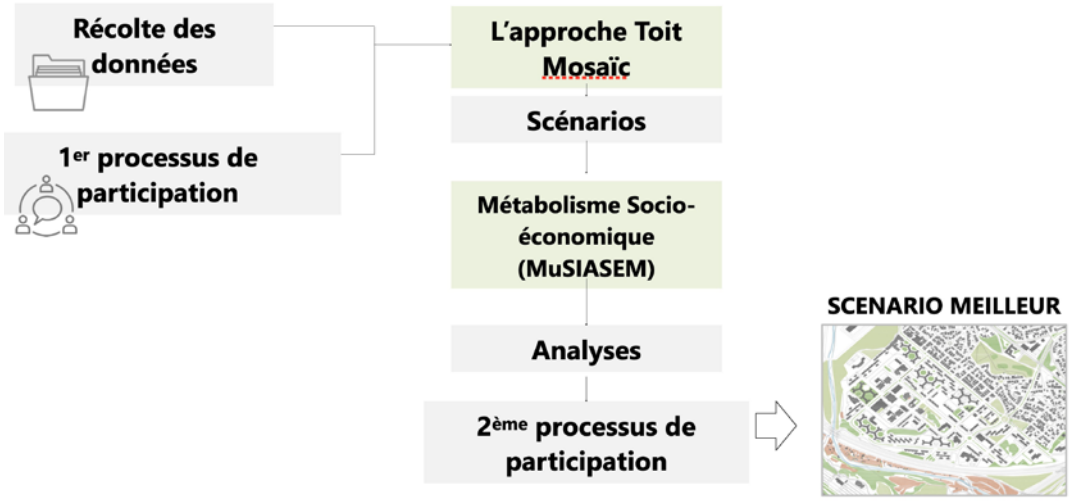
Par Susana Toboso (UAB, Es), Xavier Gabarrell (UAB, Es), Gara Villalba (UAB, Es), Cristina Madrid (UAB, Es), Ramiro Gonzalez (UAB, Es), Caroline BINI (Groupe One, BE)

PERCEPTION DU PRODUIT ET DE L'INSTALLATION (VOISINS ET RÉSIDENTS DES BÂTIMENTS AVOISINANTS)

1. Sondage de suivi auprès de différents intervenants, utilisateurs et résidents à proximité de la serre. Les cultures hydroponiques ou sans sol sont couramment utilisées dans ce cas parce qu'elles s'adaptent facilement aux contraintes sur les toits (p. ex. limite de poids dans les planchers). Toutefois, l'acceptation des produits dérivés de ce système est controversée en raison de la législation européenne qui ne les considère pas comme agriculture écologique. Par conséquent, l'acceptation par les consommateurs de ce type d'aliments locaux devrait être envisagée. Voir un exemple sur l'évaluation du goût par les consommateurs potentiels et leur perception dans l'article suivant, Analyse de la perception du consommateur des produits alimentaires urbains à partir d'un système sans sol dans les serres sur les toits : une étude de cas de la région méditerranéenne de Barcelone (Espagne), publié dans Agriculture et valeurs humaines, https://doi.org/10.1007/s10460-019-09920-7. Ce document cherche à répondre, entre autres, à deux questions principales :

- comment la qualité des produits cultivés dans l'agriculture sur les toits sans sol est-elle perçue par les consommateurs ?
- comment les consommateurs apprécient-ils les systèmes de production sans sol pour l'agriculture sur les toits ?

Le sondage complet comprenait 27 questions ouvertes et fermées et a été structuré en quatre sections.



Méthodologie pour décider des systèmes à déployer sur les toits urbains.

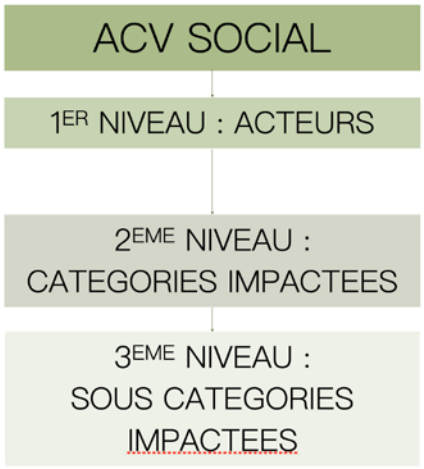
2. Informations générales : Cette section comprenait des questions fermées (c.-à-d. choix multiples) concernant le profil socio-économique des participants, à savoir l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, la profession et le revenu. Ces données ont été recueillies à des fins d'analyse statistique.

3. Perception de la qualité du produit : Cette section comptait des questions fermées qui évaluaient différents aspects de la qualité du produit, c'est-à-dire l'apparence, la texture, la taille et la saveur, et la maturité. La méthode d'échelle Likert peut être utilisée pour évaluer chaque aspect. Cette échelle est une échelle de réponse psychométrique principalement utilisée dans les questionnaires pour évaluer la perception du sujet et détient habituellement une échelle de 5 points (données ordinales), attribuant une valeur numérique à chaque niveau. Par exemple, la question « Comment évaluez-vous l'état de la tomate consommée ? » avait 5 options : « très bon », « bon », « acceptable », « mauvais » et « très mauvais ».

4. Vente du produit : Cette section comprenait des questions fermées et ouvertes concernant les motivations et les préférences pour l'achat de produits alimentaires à partir d'un système de culture sans sol dans les serres sur les toits, y compris la volonté de payer, la préférence pour le type d'emballage, le canal de vente préféré, la régularité de l'achat et l'information environnementale sur le produit. Cette troisième section n'a été réalisée que dans le cadre de la deuxième campagne dans le but de prendre quelques conseils sur la façon dont les modèles d'affaires devraient être ciblés.

5. Observations finales : L'enquête s'est terminée par une question ouverte sur les méthodes de production et d'approvisionnement alimentaires, c'est-à-dire y a-t-il des commentaires ou des opinions que vous voulez ajouter aux réponses ?

INDICATEURS SOCIAUX



Il existe différentes méthodologies pour calculer les indicateurs sociaux, certains plus complexes que d'autres. Par conséquent, il est recommandé de faire la distinction entre deux groupes d'installations :

1. Petites RTG pour l'autosuffisance : indicateurs de courte liste, faciles à mesurer
2. Grandes RTG commerciales : Évaluation du cycle de vie social (SLCA)

Niveaux d'un SLCA

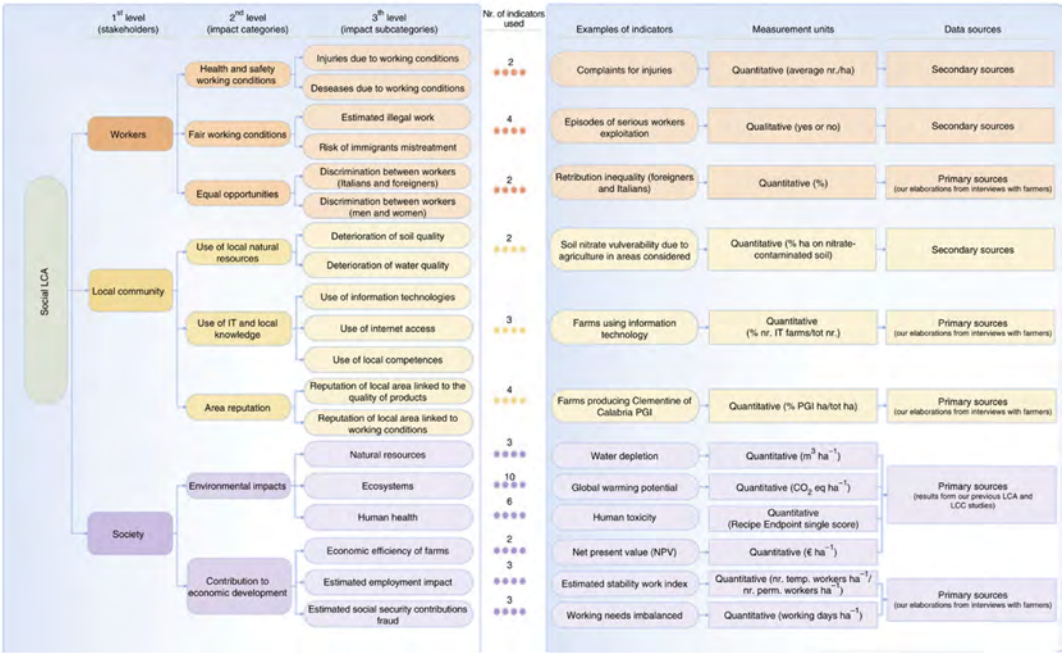
Pour les petits RTG pour l'autosuffisance, une liste pertinente d'indicateurs sociaux sera conseillée. Ces indicateurs sociaux doivent être faciles à mesurer et peuvent être quantitatifs ou qualitatifs. Par conséquent, il n'est pas recommandé d'effectuer un SLCA, parce que de nombreuses données seront nécessaires, et ils seront difficiles à obtenir. En outre, il est conseillé de décider dans le processus participatif préalable au projet avec les résidents, les indicateurs sociaux que nous mesurerons en fonction des intérêts des résidents.

Voici quelques-uns des indicateurs sociaux proposés :

- Couverture des besoins nutritionnels des résidents (en % et/ou valeurs absolues)
- Investissement d'entretien (heures/ménage/année) (Toboso-Chavero et coll., 2020)
- Engagement communautaire - Soutien organisationnel aux initiatives communautaires : à l'aide de questionnaires/entrevues) (Benoît-Norris et coll., 2013)
- Emploi local (en % et/ou en valeurs absolues) (PNUE/SETAC, 2013)
- Augmentation du bien-être : à l'aide de questionnaires/dans interviews (Ambrose et coll., 2020)

Pour les grandes RTG commerciales est plus approprié d'effectuer un SLCA. Cette méthodologie vise à évaluer les aspects sociaux et socio-économiques des produits tout au long de leur cycle de vie. Le cadre des lignes directrices de la SLCA distingue cinq groupes d'intervenants : les travailleurs, la communauté locale, la société, les consommateurs, les acteurs de la chaîne de valeur. Par la suite, on trouve un deuxième niveau de six catégories d'impact : droits de l'homme, conditions de travail, santé et sécurité, patrimoine culturel, gouvernance et aspects socio-économiques, et un tiers des sous-catégories d'impact et des indicateurs sociaux (voir la figure II.10. 4.), et l'Annexe pour un exemple d'indicateurs sociaux). Les études SLCA sont généralement destinées à une échelle sectorielle ou d'entreprise, ou à des produits produit dans les pays en développement, avec des conflits sociaux ou un certain intérêt particulier.

Figure : Exemple d'indicateurs sociaux (Zamagni et al., 2015) (cliquez pour télécharger)



Retours d'expérience

Etudes de cas, basées sur des visites

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

Le projet FERTILECITY à Barcelone, opéré par UAB, Espagne

Par Maeva Sabre (CSTB, Fr)

CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

Il s'agit d'un bâtiment neuf et la serre (245 m²) a été construite en 2012-2013 et la production a commencé en 2014. UAB est l'architecte et le fondateur. Le but principal de la serre au dernier étage est la recherche.

Les principales activités : production de plantes, visites, formation, recherche avec la culture de légumes (tomates, herbes).

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

L'activité principale de la serre (et du bâtiment aussi) est la recherche. Pour cette raison, il n'y a pas de modèle d'affaires spécifique comme un modèle conventionnel orienté production (rentable).

CONSTRUCTION

Le bâtiment est une construction de 16 mètres de haut composée de deux sous-sols, 3 étages et une serre en toiture. La hauteur du bâtiment, y compris la serre, est de 20 mètres. La structure est faite de béton armé sur des piliers et des dalles post-tendues. La surface totale du toit est en moyenne de 1180 m², dont 245 m² dédiés à la serre et 935 m² dédiés à d'autres usages.

La conception a été faite selon la norme nationale, c.-à-d. le code de construction espagnol « Codigo técnico de la Edification » et d'autres règlements du code public et du code éducatif. Le toit a été initialement conçu pour recevoir une serre.

- **Charge permanente** : 2.5 kN/m²
- **Surcharge d'exploitation**: £4.5 kN/m²
- **Surcharge de neige** : 0.4 kN/m²
- **Charge de vent** : 0.5 kN/m²

La couverture est composée d'une couche d'asphalte adhérant à la dalle de béton et d'une couche d'isolation inversée, ainsi que d'une solide protection faite d'une chaussée en béton hydrofuge de 10 cm d'épaisseur.

Le système d'évacuation est basé sur la gravité et l'eau de pluie est recueillie sur l'ensemble du toit. D'autres toits voisins sont reliés au système de collecte des eaux de pluie. Au total, il y a une superficie d'environ 1.900 m² utilisée pour la collecte des eaux de pluie.

La capacité du réservoir est de 100m³ avec supplément et 35m³ pour l'eau ultrafiltrée. Ce système réduit la consommation d'eau de 18%.

La serre mesure 4 mètres de haut. Le cadre est en acier. Les façades sont faites de feuilles de polycarbonate ondulées qui peuvent être surveillées pour leur ouverture et fermeture pour sa ventilation.

La connexion à la serre et à l'extérieur peut être réglée par des rideaux en polyéthylène qui peuvent être enroulés de haut en bas grâce à un système automatisé.

GESTION DE L'ÉNERGIE

Ce bâtiment est un exemple de serre entièrement intégrée sur le toit. Il produit de la chaleur intercalaire, du CO_2 et de l'eau de pluie, obtenant les conditions idéales pour la croissance des plantes. Les températures moyennes sont de 16,5 °C pour la période hivernale et de 25,79 °C pour la période estivale (données de 2015).

En raison de l'inertie thermique et de la chaleur perdue, un système de chauffage supplémentaire n'est pas nécessaire. Ainsi, la serre intégrée recycle 341,93 kWh/m² an du bâtiment principal. Cette énergie recyclée se traduit par une économie de CO_2 et de coûts (113,8 CO_2 (eq)/m² an et 19,63 €/m² an par rapport à une serre autoportante chauffée au pétrole) (A. Nadal et al., 2017).

Les évents sont gérés par un système de commande automatique. L'air résiduaire (riche en CO_2) provenant des zones de travail des bâtiments est recyclé dans la serre pour être utilisé comme fertilisation en carbone.

Les conditions des serres ainsi que les conditions extérieures sont surveillées. Avec ces données, la demande de chauffage de la serre peut être calculée. La chaleur elle-même est fournie par un système géothermique qui atteint environ 100 m dans le sol. Pendant les saisons froides, la serre est maintenue à une température supérieure à 14 °C en raison de la connexion avec le bâtiment. Cela conduit à des économies d'énergie de 390 kWh/m²*a.

Enfin, des écrans thermiques sont également utilisés comme mesure pour économiser de l'énergie.

PRODUCTION

La serre a une surface totale de 245 m². Cependant toute la surface n'est pas dédiée aux cultures. Il y a une superficie de 75 m² pour les tomates et 75 m² pour les autres cultures avec un cycle de croissance plus court (laitue, épinards, bettes, etc.).

La serre utilise un système hydroponique avec la perlite comme substrat. Les cultures sont irriguées avec l'eau de pluie recueillie. L'eau est recueillie dans le bâtiment de l'ICTA (env. 1600 m²) et sur le toit du bâtiment voisin d'EUREKA (env. 500 m²) et s'accumule dans deux réservoirs, un réservoir de 100 m³ pour l'eau d'irrigation et un autre de 35 m³ pour l'eau ultrafiltrée.

L'activité principale de la serre (et du bâtiment aussi) est la recherche. Les légumes récoltés sont partagés entre les utilisateurs du bâtiment ou sont utilisés dans la salle à manger commune.

La production d'herbes se déroule toute l'année. Les tomates ne sont pas cultivées pendant la période hivernale la plus froide. La zone de tomates produit 1660 kg par an.

Ces activités génèrent également des déchets :

- **300 kg** de résidus végétaux de biomasse générés pendant et à la fin de la saison de production
- **30 kg** de substrat perdus pendant la culture
- **30 kg** de déchets plastiques.

Retours d'expérience

Etudes de cas, basées sur des visites

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

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

Par Maeva Sabre (CSTB, Fr)

CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

Il s'agit d'un bâtiment industriel existant de grande hauteur, la serre a été construite en 2015 directement sur le toit et la production a commencé en 2016. Le bâtiment est situé dans une zone industrielle à proximité du centre de **Den Haag** (La Haye).

Le bâtiment était dédié à la manufacture Philips. Il a été abandonné et Urban Farmer a proposé aux autorités de la ville de La Haye d'étudier le projet de rénovation et de mise en œuvre d'une serre en toiture et d'une unité de production de poisson à l'intérieur de l'étage le plus élevé.

Les travaux de rénovation ont porté sur le renforcement de la structure du 5ème étage, les travaux d'extension de la surface du toit au-dessus de la terrasse du 6ème étage, la construction de la structure de la serre en toiture.

La serre « UF 002 De Schilde » a été installée au sommet d'un immeuble de bureaux vide des années 1950 qui appartenait autrefois à la centrale de télécommunications néerlandaise Philips, au-dessus d'un bureau d'accueil abandonné et de six étages de bureaux vacants. La serre est située au plus haut niveau sur le toit, mais l'activité Urban Farmer est également au 6ème niveau avec un bureau d'accueil, une boutique, une terrasse et des unités de production de poisson.

Le bâtiment est en brique et verre flanqué de sept étages, et a été construit comme une usine de télévision et de téléphone pour Philips dans les années 1950 par l'architecte moderniste Dirk Roosenburg. Il a environ 12.400 m² de surface de plancher totale, en grande partie abandonné, mais trop solide et coûteux à abattre.

Chiffres clés

- Toit de 1200 m²
- Serre de 700 m²
- Aquaponie = 300 m²

L'architecte est l'Espace et la Matière ; fondateur = Andreas Graber

Principales activités : production de plantes et de poissons, événements, visites, commerces… avec 45 tonnes de légumes (salade, tomates, aubergine, basilic) et 19 tonnes de poissons (Tilapia).

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

Les coûts énergétiques sont variables selon la saison de l'année. Pour les mois d'été, ces coûts sont de 3.000 €/mois, alors que pour le mois froid ils montent à 15.000 €/mois.

Note : Pour cette partie, certains renseignements manquaient pendant et après la visite. Par exemple, le modèle d'affaires n'a pas été fourni, il reste généralement confidentiel.

CONSTRUCTION

L'accès à la serre se fait par l'ascenseur et les escaliers. Le périmètre du toit est fermé par un cadre de bois de 2 mètres de haut. Et dans la serre, la partie inférieure de la façade est faite de panneaux sandwich rigides. Au 6ème étage, la terrasse existante n'a pas été modifiée (barrière de sécurité semble être pratique pour l'utilisation).

La toiture existante a été conservée et fabriquée avec du béton dur recouvert d'une imperméabilisation bitumineuse. Une partie de la serre a été construite directement sur le toit.

Au-dessus de la terrasse existante au 6ème étage, une extension du toit existant a été construite. La structure supplémentaire a été réalisée en béton. L'épaisseur de la nouvelle dalle de béton est en moyenne de 30 cm. 6 nouveaux piliers le long de la terrasse existante du 6ème étage avaient été ajoutés.

L'accès à la serre est possible à la fois par l'ascenseur principal jusqu'au 6ème étage et par un escalier pour aller sur le toit et les deux par un nouvel escalier en acier. La charge totale de la serre est répartie sur les murs porteurs et les poutres existants. Du verre trempé simple avait été utilisé pour la façade. Les pénétrations de la dalle de béton du toit de la serre ne sont pas nombreuses. Une seule zone où passer le conduit d'eau et de chauffage.

La serre est divisée en deux zones.

- La première est directement appliquée sur la membrane d'imperméabilisation existante. L'équipement de la culture est l'acier léger de cadre, roulant sur le rail libre sur le plancher. La structure de la serre est fixée le long du mur structurel en béton. Il s'agit d'une structure en acier.
- La deuxième est construite sur une dalle de béton supplémentaire. L'équipement de culture est suspendu à la charpente en acier du toit. Les rails pour chariot sont ancrés sur la dalle de béton. Le système de rail est complété par des tuyaux pour le chauffage.

Il y a un écart de 30 cm entre les deux zones de la serre. Une défaillance apparaît sur le côté du plancher de béton. La défaillance est probablement due à la différence de dilatation thermique.

Les façades sont construites avec des panneaux sandwich, et simple verre trempé. Et le toit est fait de verre trempé simple.

Les tubes du système de chauffage sont fixés par des crochets le long du cadre vertical en acier le long du périmètre de la serre.

Il n'y a pas de sortie d'eau dans la serre. Toutes les sorties d'eau de pluie sont situées à l'extérieur et l'eau provenant des surfaces, du toit et de la façade est récoltée. La canalisation vers la serre

est située dans la salle d'irrigation, dans laquelle le logiciel de contrôle PRIVA est installé. Ce logiciel gère les paramètres de qualité de l'eau : pH 6 à 6,5 et conductivité. La zone d'entrée contient un réservoir de calcium, d'acide sulfurique...

Une autre pièce qui contient la nourriture pour poissons est conditionnée en termes de température et d'humidité.

Une couche de béton a été posée sur le sol existant. Un système de siphon avait été installé pour gérer la collecte de l'eau. Il n'y a pas de revêtement de sol sur le béton, pas de tuiles, pas de résines. La pente du béton a été étudiée, mais il semble qu'après le premier remplissage du réservoir, la structure tout en supportant cette énorme charge a été stabilisée à une nouvelle pente après le chargement. Nous ne voyons aucune trace d'eau stagnante. Aussi, la collecte de l'eau coule correctement.

Les réservoirs sont en matière plastique. 20 réservoirs de 4,5m^3 et 10 réservoirs de 3m^3 pour un total de 120 m^3. Les pieds sont en acier inoxydable, taille du pied 30x30mm. Ils sont directement installés sur le sol en béton. Les canalisations courent sur le sol. Les pompes sont situées près du réservoir de traitement de l'eau.

Note : pour cette partie, quelques informations manquaient pendant et après la visite. Par exemple, en raison de la hauteur du bâtiment au sujet de l'action climatique (vent, neige, pluie...) : comment la structure de la serre résiste et quelles sont les propriétés spécifiques requises des matériaux (verre, acier...) ou tous les paramètres sont contrôlés par le logiciel PRIVA. Il devrait être très utile pour le projet de pouvoir expliquer ou comparer l'hypothèse de conception (vitesse du vent, soleil, température...) avec les données réelles recueillies par les instruments (capteur, anémomètre, thermomètre...).

GESTION DE L'ÉNERGIE

Il est intéressant de noter que les conditions climatiques extérieures (températures moyennes mensuelles élevées et basses) à Den Haag sont suivies pour connaître les besoins énergétiques potentiels.

Le type de serre est une serre Venlo standard. Ajustée à la haute altitude (>30 m), la coque en verre est en double vitrage et la structure de la serre elle-même a été renforcée. Cependant, les divisions entre les différentes serres (serre de visite, serre de fruits et serre de salade) sont faites avec du verre simple vitrage.

En travaillant sur le concept, aucun conseil énergétique n'a eu lieu et, outre les raisons économiques, la nécessité de réduire l'énergie n'a pas été un objectif. Par la suite, il n'y a pas d'utilisation des flux d'énergie existants ni de connexion entre la serre et la structure ci-dessous. Comme le bâtiment n'est pas encore entièrement occupé, il n'est pas possible d'obtenir des effets de synergie efficacement.

La serre utilise une chaudière à gaz et une distribution de chauffage à eau. Il n'a pas de systèmes de refroidissement à part la ventilation naturelle et l'ombrage. Cependant, il a un écran d'ombrage mobile, qui, bien qu'étant poreux et perméable à l'air, peut aider à réduire les pertes de chaleur.

La ventilation de la serre se fait à l'aide de ventilateurs traditionnels de type Venlo (ventilateurs de toit, sans ventilateurs latéraux). Compte tenu du fait que le RTG est situé au-dessus du 5ème étage du bâtiment, le régime

de vent est plus fort qu'au niveau du sol, et donc, les évents devraient être suffisants pour garantir de bonnes conditions de croissance, même dans les jours les plus chauds. Néanmoins, il a été déclaré par UF que les évents ne peuvent pas être ouverts complètement pour éviter les parasites.

Autre consommation d'énergie est les lumières artificielles de croissance. Il s'agit de lampes à vapeur de sodium qui ont chacune 400 W pour la serre à salade et 600 W pour la serre à fruits.

Il n'y a pas de système d'enrichissement en CO_2 dans la serre. Le CO_2 de la salle des poissons (qui a une concentration de CO_2 de 1400 ppm) ne peut pas être utilisé parce qu'il est trop humide, en particulier en hiver.

AMÉLIORATIONS POSSIBLES

- L'utilisation d'un film F-Clean au lieu de fenêtres à double vitrage pour réduire le poids de la serre pourrait également entraîner une structure de soutien différente et moins coûteuse.
- Les écrans thermiques sur les murs latéraux, les murs avant et au-dessus de la culture est une technique bien connue qui n'a pas été utilisée dans les installations de l'UF De Schilde. Une fois terminé, il est plus difficile et coûteux d'installer de tels écrans. Les écrans thermiques contribueraient certainement à réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO_2 associées.
- Le verre diffus atteint une meilleure efficacité d'utilisation de la lumière que le verre transparent (une augmentation de 8 % de la productivité aux Pays-Bas a été rapportée). Le verre transparent est plus attrayant visuellement, donc peut-être que la combinaison de verre transparent sur les murs avant et latéraux, et de verre diffus sur le toit aurait été souhaitable. En outre, des traitements antireflets et un traitement à faible émissivité sur les faces vitrées sont généralement recommandés. Une fois construit, il n'est pas justifié de remplacer les matériaux de revêtement, mais c'est quelque chose à considérer pour les conceptions futures. Le meilleur matériau de couverture peut atteindre plus de productivité avec les mêmes apports énergétiques ou moins, ce qui permet de réduire les émissions de CO_2 par unité de production.
- L'enrichissement artificiel en CO_2 est fortement recommandé. Ce n'est pas une technique coûteuse, elle peut être modernisée dans les serres existantes et elle augmente la productivité.
- L'intégration avec le bâtiment n'est pas complète en termes d'échange d'énergie et d'échange de CO_2. Seule l'eau des aquariums, riche en nutriments, est échangée du bâtiment vers la serre. Pour réduire les émissions de CO_2 de la serre, elle peut peut-être bénéficier de la chaleur résiduelle du bâtiment. Une fois la serre construite, il n'est pas facile d'utiliser les sources potentielles de chaleur résiduelle produites dans le bâtiment, mais ce point devrait être pris en considération pour les futures conceptions de serres sur les toits.

Note : pour cette partie, quelques informations manquaient pendant et après la visite. Par exemple, quelle est la consommation moyenne de chauffage (kWh/an), la consommation moyenne d'électricité (kWh/an). Le verre double est-il antireflet ? Est-il doté d'un traitement à faible émissivité sur l'une des faces internes du verre ? Les experts de GROOF ont observé que la serre utilise plus d'énergie que l'énergie conventionnelle dans les serres du sol, probablement en raison du régime de vent différent. Le vent est plus fort quand la hauteur augmente, et ainsi, les pertes d'énergie par convection sont plus élevées. En outre, la serre en toiture n'a pas d'écrans lumineux, qui sont obligatoires aux Pays-Bas pour éviter la pollution lumineuse.

PRODUCTION

La serre en toiture est divisée en trois grands espaces :

- la serre à salade (300 m²) est dédiée aux micros pousses et légumes feuillus,
- la serre fruitière (750 m²) pour la production de tomates, poivrons, concombres et aubergines,
- un espace commun de services, salle pour les visiteurs, etc. Au total, la surface vitrée est de 1200 m²

Un vivier abrite les jeunes poissons pendant plusieurs semaines jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment matures. Ensuite, ils sont transférés dans les plus grands bassins pour y rester jusqu'à la récolte. Le mode de fonctionnement pour tuer le poisson est basé sur une décharge électrique dans le réservoir spécifique. Les poissons sont préparés dans une salle directement à The New Farm et livrés à une entreprise de transformation qui coupe les filets et les renvoie à The New Farm pour qu'ils soient emballés.

Les aquariums étaient initialement remplis d'eau du robinet locale. L'eau de la production de poisson est ensuite utilisée pour fertiliser les plantes de la serre. Un réservoir de traitement, à base de bio-chips, abaisse le niveau de nitrate et oxygène l'eau. Un traitement par lampe UV est effectué pour neutraliser les micro-organismes. Un dispositif en forme de tour capte l'émission de CO_2. L'eau purifiée est envoyée à la serre une fois toutes les deux semaines. Certains additifs peuvent être ajoutés à l'eau (comme le calcium, l'acide sulfurique...). En cas de capacité d'eau insuffisante, l'eau du robinet est ajoutée au réservoir à poisson. Aucune eau du robinet n'est utilisée directement pour irriguer la serre.

La culture est faite manuellement; les légumes sont ramassés dans des boîtes en plastique et directement déplacés à la boutique au 6e étage. Les déchets organiques sont régulièrement collectés et déplacés directement au rez-de-chaussée. Les légumes poussent dans un substrat trapézoïdal de laine de roche. Les branches de tomate sont très longues et fortes, en moyenne de 5 à 10 mètres chacune.

Note : Depuis juillet 2018, l'une des plus grandes serres sur les toits d'Europe est en faillite. Même si ce projet a été créé par des agriculteurs urbains expérimentés, pourquoi a-t-il fermé si rapidement? Quelles sont les principales raisons de cette faillite inattendue ?

Un rapport dédié a été rédigé par les partenaires du GROOF sur les raisons.

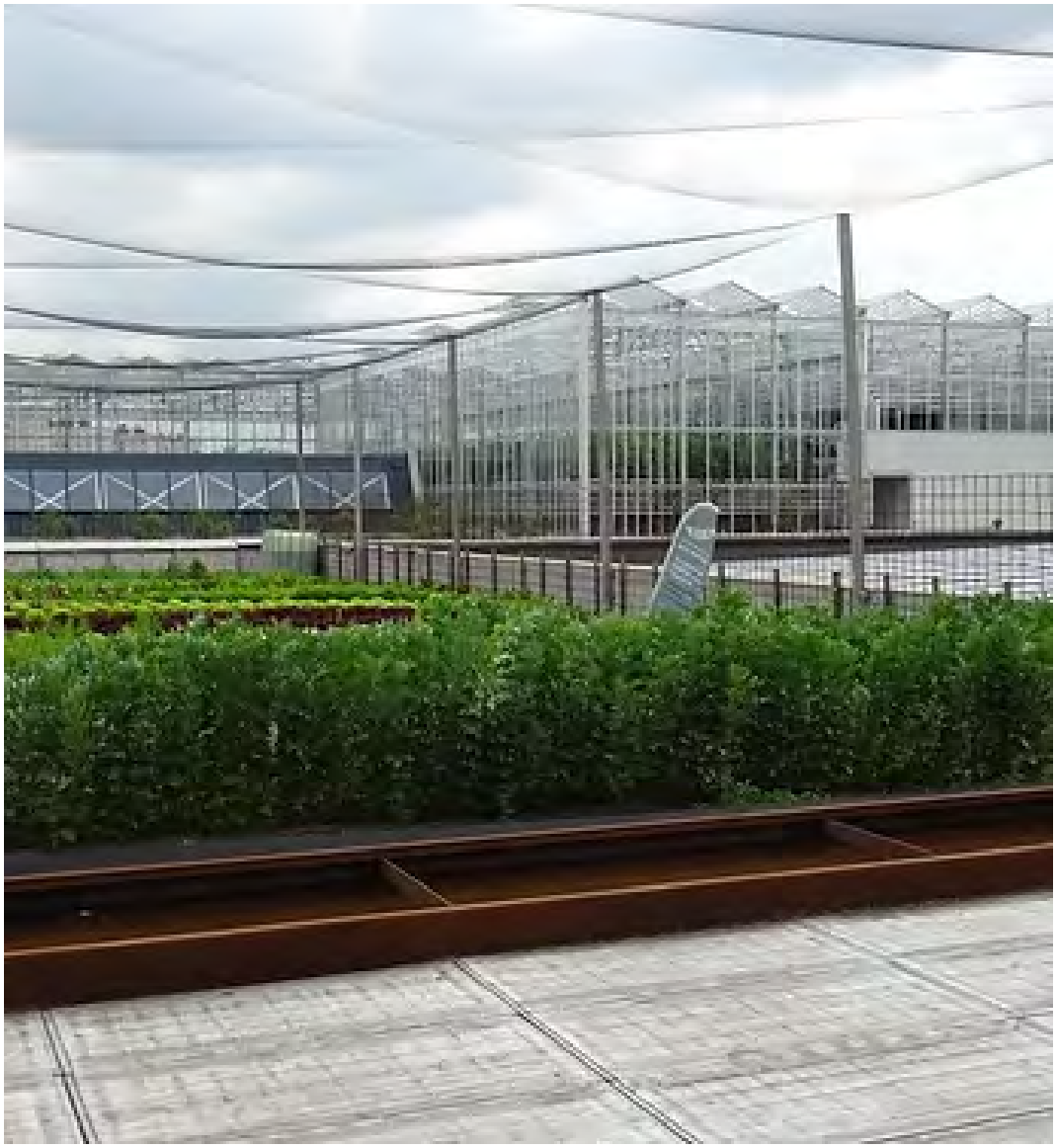
Retours d'expérience

Etudes de cas, basées sur des visites

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



LA FERME ABATTOIR À ANDERLECHT, OPÉRÉ PAR BIGH, BELGIQUE

Par Maeva Sabre (CSTB, Fr)

CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

Le bâtiment industriel existant et la serre ont été construits en 2016-2017 et la production a commencé en 2018.

BIGH a été fondé en 2015, inspiré par Steven Beckers, architecte accrédité Cradle-to-Cradle et cofondateur du cabinet conseil Lateral Thinking Factory accompagnant depuis la mise en place de l'économie circulaire dans le secteur immobilier.

Après avoir mené différentes études en 2015 pour la Région de Bruxelles-Capitale sur les potentiels d'agriculture urbaine, Lateral Thinking Factory consultancy a reçu de nombreuses demandes pour trouver des opérateurs. N'en trouvant pas, il a développé son propre support technique auprès d'ECF Farm systems, un modèle commercial basé sur l'aquaponie intégré aux bâtiments où les bâtiments soutiennent l'agriculture et vice versa.

En 2016, des partenaires financiers enthousiastes et des collaborateurs techniques et commerciaux se sont réunis pour développer le modèle BIGH pour construire la première ferme du réseau des fermes BIGH : la Ferme Abattoir.

En janvier 2018, après 4 mois de conception et de permis soutenus par les architectes d'ORG, 7 mois de travaux de construction, la Ferme Abattoir était prête pour les opérations par étapes.

Fin avril 2018, la ferme ouvre officiellement et deviendra accessible au public à la demande, tandis que les premiers produits seront commercialisés à partir de mai 2018 dans la région de Bruxelles-Capitale.

Chiffres clés

- 12 000 m² sur le toit
- Serre = 1400 m²
- Aquaponie = 500 m²
- Jardin extérieur = 2000 m²

L'architecte est Steven Beckers ; Fondateur : BIGH ; Le propriétaire du bâtiment est FOODMET.

BIGH est le principal entrepreneur de la serre et loue le toit de FOODMET.

Principales activités : production de plantes et de poissons, visites, formation avec des cultures de légumes (tomates, herbes) et de poissons (bar).

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

Il est estimé que la demande d'électricité est d'environ 260.000 kWhel/a (50.000 kWhel/a LED, 210.000 kWhel/a pour les appareils restants).

Le multi-objectif de la Ferme Abattoir est de :

- relocaliser la production en ville, réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO_2,
- réduire les coûts de production.

Les acteurs impliqués dans le projet étaient les autorités locales (i.e. la ville de Bruxelles), le fondateur de BIGH (Steven Beckers), le PDG (Franck Goes).

La mise de fond était d'environ 2,7 millions d'euros mais le coût fixe mensuel et le coût variable mensuel n'ont pas été communiqués.

CONSTRUCTION

Le site de l'Abattoir d'Anderlecht est un exemple significatif de l'architecture industrielle du 19ème siècle. Le bâtiment sur lequel la serre en toiture avait été érigée est le plus récent du site.

Ce bâtiment est dédié au « Foodmet », marché professionnel de vente à emporter des aliments... Le toit a été conçu pour recevoir un jardin traditionnel (c.-à-d. avec un sol naturel) et a également été en mesure de recevoir une telle surcharge. Alors, pourquoi pas une serre ?! Le projet d'agriculture urbaine a été réalisé depuis 2015 avec une première étude d'ingénierie. Pour répondre à l'idée initiale, un jardin extérieur de toit a été conçu pour produire des légumes, des fruits...

La disposition du toit est également divisée en trois parties :

- 2000 m² pour la serre divisée en deux étages ;
- 2000 m² pour l'aquaponie ;
- 2000 m² pour le jardin extérieur ;
- le reste du toit pour l'accès piétonnier ou zone technique, et bureau
- la construction a duré deux ans 2016 et 2017.

Le bâtiment de soutien est un abattoir construit dans un type de construction lourd qui est dominé par des éléments en béton. Il a été construit en 2012. Le toit est partiellement occupé par des puits de lumière et quelques annexes.

La partie nord du toit est maintenant occupée par des panneaux photovoltaïques qui sont exploités par le propriétaire du bâtiment de soutien. Il y a une demande permanente de refroidissement pour la conservation de la viande. Il y a donc une source de chaleur résiduelle adéquate.

Le toit ne pouvait pas supporter les charges de la ferme sans renforcement et mesure statiques. Il n'y a pas d'isolant dans la construction de la toiture, mais les couches suivantes :

- Béton armé de 60 cm ;
- Béton léger de 5 à 20 cm ;
- Étanchéité des couvertures et imperméabilisation <1 cm.

La construction lourde offre une masse thermique et des propriétés d'isolation adéquates. La structure a été renforcée pour supporter les charges de différentes zones (600, 800 ou 1200 kg/m²). Les mesures de renforcement transfèrent également la charge de serre à la substructure. Une nouvelle dalle de béton a été réalisée pour corriger la pente du toit existant et pour protéger la membrane d'imperméabilisation.

Tout le périmètre de la serre a été réalisé avec une membrane Derbigum Derbipure caractérisée par une composition écologique et un aspect blanc. Le système de couverture végétale a été installé directement sur la membrane existante

- avec une couche de drainage
- une couche de filtre et une couche de sol.

Il n'y a pas d'isolant sur le toit existant et aucune nouvelle couche d'isolant n'a été ajoutée. Les sorties d'eau sont un système de siphon. Aucune modification n'a été apportée. Les surfaces transparentes sont réalisées avec une seule couche de vitrage. Du verre trempé a été installé sur la partie inférieure de la façade et sur le toit de la serre. Un verre non trempé sur le reste de la façade. Le système de ventilation se trouve sur le toit de la serre et fonctionne avec un système d'ouverture mécanique. Le bâtiment est classé dans la catégorie Industrielle et doit être conforme aux réglementations incendie locales et nationales.

La superficie de la serre est d'environ 1.300 m² et n'a été utilisé que pour les tomates et les herbes.

En décembre, la serre est nettoyée et nettoyée. Il y a donc une période de croissance de 11 mois. Les aquariums sont situés dans des pièces séparées sous la zone de culture des herbes de la serre. Au total, il y a 117 m³ d'eau pour l'aquaculture.

Les salles pour les installations techniques et les bureaux se trouvent dans un bâtiment à côté de la serre et de l'aquaculture. Ils sont construits avec des contenants usagés recyclés. Le jardin de toit se trouve sur la partie est du toit. Il peut être irrigué par l'eau des aquariums.

La serre de type Venlo mesure 7,6 m de haut (plancher – Roof Ridge), la gouttière mesure environ 6,9 m. Elle est revêtue d'un simple vitrage de verre trempé. Des évents sont situés sur le toit. Il y a des écrans d'énergie installés à la hauteur des gouttières, mais pas de dispositifs d'ombrage. L'axe principal est orienté du nord-est au sud-ouest.

Les systèmes de culture sont fixés au toit, de sorte que la plupart des charges sont réparties sur les éléments extérieurs de la serre. D'autres piliers en acier à l'intérieur fixent la répartition de la charge au périmètre qui repose sur les structures de renforcement du toit du bâtiment de soutien.

Le système de culture est basé sur des paniers en suspension sur une ligne. Ce faisant, toute la charge de substrat et de légumes sont montés sur la structure de la serre. Seul le système de chauffage est fixé au sol. Le système aquaponie est placé directement sur le sol.

Les salles techniques sont réalisées le long d'un couloir séparant serre et production de poisson. Mur en béton ; Mur de cloison en bois. Les conteneurs de bureau se trouvent également directement sur les poutres portantes de la structure du bâtiment de soutien.

Trois types d'eau sont utilisés pour compenser les pertes : l'eau de pluie, l'eau du robinet et l'eau de puits. Les aquariums sont alimentés en eau de puits. Il y a 3 réservoirs de 35 mètres cubes, soit un total de 105 mètres cubes (température de 24 °C) Ainsi, l'eau doit être chauffée de 10 à 12 °C à 24 °C. On estime que les pertes représentent environ 5 % du volume total par jour (6 à 8 m³/j). Réseau d'eau : conduit en PE ou en PVC selon la forme et l'installation.

GESTION DE L'ÉNERGIE

La construction de la serre est de type Venlo avec des structures plus élevées que les structures communes (7,6 m). Il a été construit avec des fenêtres à simple vitrage, la rangée la plus proche du sol étant en verre trempé. Pour information, FOODMET avait installé une centrale photovoltaïque sur un autre toit du bâtiment.

Tous les moyens de réduire l'énergie sont réalisés à partir de normes récentes ou de meilleures pratiques, et aucun conseil énergétique spécial n'a eu lieu dans la phase de planification.

La serre est chauffée, mais non refroidie, et il y a peu de ventilation mécanique.

Le bâtiment de soutien à une demande constante de refroidissement créant de la chaleur résiduelle qui est utilisée pour le chauffage de la serre par une pompe à chaleur d'une capacité de 140 kW. Ce débit constant de 15 °C sur le côté primaire de la pompe à chaleur conduit à un COP d'environ 5-6. La thermopompe fonctionne jusqu'à une température d'eau de chauffage de 60 °C.

Pour les charges de pointe, l'effet de serre est fourni par deux chaudières à gaz d'une capacité de 100 kW chacune. Pour la redondance, la boucle de chauffage du bâtiment de soutien peut être tapée. Il est prévu d'interrompre la phase de croissance chaque décembre pour nettoyer l'intérieur et ajuster les systèmes de culture. La charge de chauffage totale a été estimée à environ 380 kW (To = -5 °C, Ti = 20 °C ; 15 °C, ΔTeau = 12 K).

On estime que la demande annuelle de chauffage est d'environ 600.000 à 700.000 kWh/a (tomates 250.000 kWh/a, herbes 150.000 kWh/a, poissons 270.000 kWh/a). L'estimation est basée sur une demande de chauffage spécifique de 300 kWh/(m²a) pour la zone tomate et de 260 kWh/(m²a) pour la zone herbacée.

Il y a trois réfrigérateurs qui sont refroidis à 7-11 °C (plantes) et à 0-3 °C (poissons) qui ne sont pas utilisés pour la récupération de la chaleur résiduelle.

En termes d'électricité, la ferme a besoin d'une puissance de raccordement de 290 kW (dont 60 kW pour les LED) au total. Les consommateurs sont : Pompe à chaleur, ventilateurs, pompes, refroidisseur, éclairage, lumière croissante (LED).

La serre elle-même est équipée de peu d'écrans énergétiques en haut et il y a une certaine utilisation de la source de CO_2 de déchets, cependant, l'effet n'est pas mesuré.

Exemples de mesures pouvant être modernisées : Le concept de culture pourrait être ajusté pour fonctionner avec des températures plus basses en hiver et pendant les périodes de transition. Ainsi, les légumes feuilles pourraient être une option. Ceci doit être harmonisé dans le système d'aquaponie ; Installation d'un système d'ombrage, pour réduire l'afflux solaire en été. Exemples de mesures qui n'ont pas pu être modernisées : L'utilisation d'un film F-Clean au lieu d'un vitrage pour réduire le poids de la serre pourrait également conduire à une structure de support différente et moins coûteuse. En outre, les constructions à double couche ETFE ont de bien meilleures propriétés d'isolation ; Utilisation de double vitrage au lieu de simple vitrage. Dans cette zone climatique, les pertes de gains de chaleur solaire devraient être plus que compensées par la réduction de la transmission de chaleur.

PRODUCTION

Les serres d'aquaponie sont situées sur des toits commerciaux inexploités ou sur des terres en milieu urbain ou suburbain. Les fermes sont étroitement liées aux flux d'exploitation du bâtiment.

La production high-tech est intégrée et entièrement transparente. Une politique d'économie circulaire et zéro déchet de légumes, fruits et poissons naturels frais bénéficient de l'énergie fatale et du CO_2 des systèmes du bâtiment.

La production de poisson et de légumes se poursuit toute l'année. Deux mois sont nécessaires pour maintenir la zone de production de tomates (novembre à décembre).

Après les travaux de construction, il faut un délai avant la production pour entraîner les systèmes aquaponiques : réguler la qualité de l'eau, la composition du substrat... pour s'adapter au type de poisson et de tomates que BIGH souhaite produire.

La production a commencé en mars 2018. Les cultures sont les tomates, les aromates (basilique, coriandre, persil...). Le cycle de vie prévu des serres est de 10 à 15 ans.

5 personnes sont employées quotidiennement pour gérer les activités de la Ferme Abattoir (visite, cultures, emballage...).

Les personnes impliquées viennent de toute l'Europe (dont France et Belgique). Ils acquièrent des compétences en biologie, aquaculture, agronomie, horticulture, marketing, architecture...

La Ferme Abattoir est également un endroit très attrayant pour les stagiaires.

BIGH holding SCA (Building Integrated Green Houses Holding SCA), le développeur et exploitant de fermes aquaponie urbaines, recueille des fonds pour clôturer un cycle de financement visant à développer son réseau de fermes aquaponie urbaines en serre en Belgique et à l'étranger.

Projets pilotes

Pilotes développés dans le cadre du projet GROOF

SERR'URE, EXPLOITÉ PAR L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE (GEMBLOUX, BELGIQUE)

FRESH, EXPLOITÉ PAR IFSB (BETTEMBOURG, LUXEMBOURG)

GALLY, EXPLOITÉ PAR LES FERMES DE GALLY (SAINT-DENIS, FRANCE)

BÜRSTADT, EXPLOITÉ PAR EBF (BÜRSTADT, ALLEMAGNE)

SERR'URE, EXPLOITÉ PAR L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE (GEMBLOUX, BELGIQUE)

Par Jimmy Bin (ULiège, BE), Nicolas Ancion (ULiège, BE), Florent Scattareggia (ULiège, BE) et Haïssam Jijakli (ULiège, BE)

CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

Le Centre de Recherche en Agriculture Urbaine de l'Université de Liège développe une serre sur le toit de 198 m^2 (5,5 m et 36 m) dans le centre de Gembloux, en Belgique. La serre est insérée sur le toit d'un bâtiment moderne de la faculté d'agriculture de l'Université de Liège, la faculté Gembloux Agro-Bio Tech.

Le Centre de Recherche en Agriculture Urbaine (C-RAU) est dédié au développement et à l'analyse de systèmes de production et d'outils agricoles adaptés aux milieux urbains et périurbains. Cela comprend à la fois des approches de faible technologie et de haute technologie, telles que le SPIN (en anglais small plot intensive farming), agroforesterie, la permaculture, la bioponie, l'aquaponie, la culture sur le toit et la culture intérieure. Par conséquent, la serre sur le toit intégrera/complètera un écosystème d'infrastructures de recherche, y compris des champs expérimentaux, des systèmes d'aquaponie et des conteneurs.

La serre sur le toit sera dédiée à la recherche associée aux systèmes de production adaptés à l'agriculture sur les toits sur les plans technique, scientifique et économique. En outre, la serre accueillera également quelques activités éducatives et les démonstrations de systèmes de production de plantes innovants.

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

L'objectif de la serre est de renforcer les infrastructures de recherche du C-RAU de l'Université de Liège.

Le modèle économique d'un centre de recherche est principalement basé sur le financement public qui supporte les projets. Les bailleurs de fonds publics évaluent généralement la demande du projet en fonction de l'expérience du centre de recherche et de sa capacité à effectuer des recherches. Les serres de recherche permettront au C-RAU d'accumuler plus d'expérience et d'accueillir de futurs nouveaux projets. En fin de compte, cela facilitera l'accès à de nouveaux types de financement pour le centre de recherche.

Le Centre de Recherche en Agriculture Urbaine (C-RAU) vendra son expertise à des entreprises privées. La serre aidera à réaliser des expérimentations pour des entreprises externes, telles que l'évaluation des systèmes de production, des engrais ou d'autres types de produits.

CONSTRUCTION

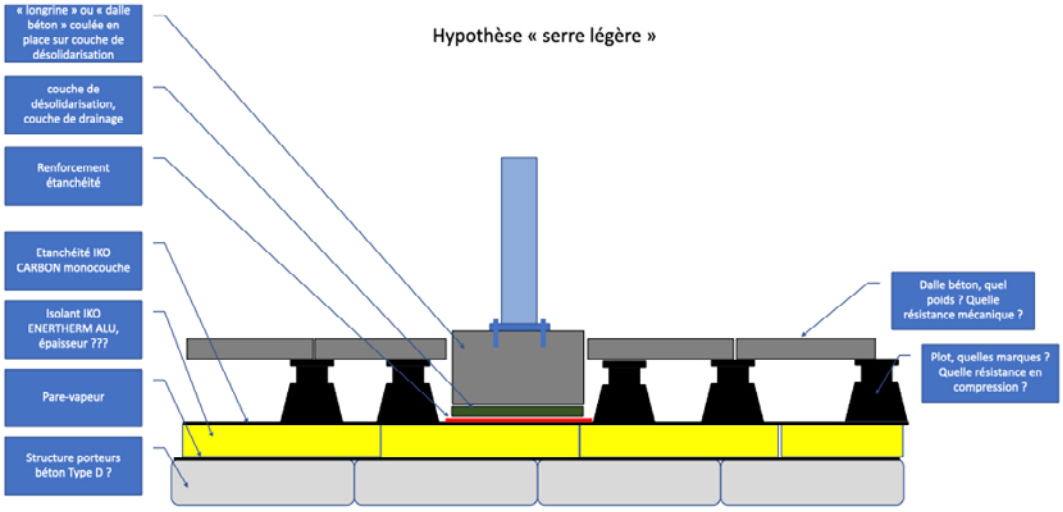
Le bâtiment TERRA a été conçu pour accueillir des activités agricoles urbaines. Le toit a une grande capacité portante (4,5 KN/m^2). Néanmoins, si le bâtiment peut accepter des charges élevées, il ne peut pas gérer les forces de levage, telles que les forces exercées par le vent sur la serre. Par conséquent, la structure de la serre doit être assez lourde afin d'éviter tout risque d'arrachement. Cela implique que même avec le matériau de serre le plus lourd présent sur le marché (verre de sécurité), la serre doit être lestée.

Le toit est recouvert d'une couche d'isolation de 20cm en mousse

polyisocyanurate et d'une couche imperméable à l'eau faite de bitume plastomer (APP). Ces matériaux peuvent supporter une pression relativement élevée. Ainsi, une pression stable de 60 KN/m^2 peut entraîner une déformation de 1 mm de la couche d'isolation. La résistance à l'isolation et à l'imperméabilisation ne sont pas des facteurs limitants dans la construction de la serre. Par ailleurs, l'ancrage de la serre dans le bâtiment nécessiterait de percer l'isolation et la couche d'étanchéité. C'est assez coûteux et soulève des questions d'assurance. Par conséquent, la serre ne sera pas arrimée au bâtiment mais simplement posée sur le toit.

La structure de serre sera basée sur des piliers en aluminium profilé, placés tous les 6 m, ce qui correspond à l'espacement standard dans la construction de serres. Ces piliers seront insérés dans une structure en béton qui sera posée sur le toit. Les forces maximales exercées par les piliers de la structure en béton vont de -6 à 24 KN.

La construction elle-même est un défi majeur du projet. La machine nécessaire pour construire la serre et soulever la structure et le matériau de couverture est trop lourde pour le toit. Par conséquent, le constructeur de serre devra travailler sans machines de levage et monter la serre avec échafaudage et manuellement. Cela augmentera le coût de construction. Dans ce contexte, le revêtement léger peut avoir un avantage pour faciliter le montage de la serre.

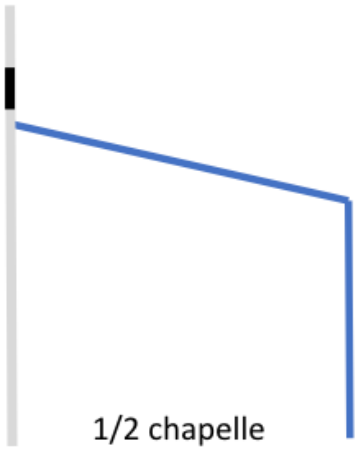


GESTION DE L'ÉNERGIE

Le bâtiment TERRA est un bâtiment récent avec une gestion moderne de l'énergie. Cela comprend des systèmes efficaces d'isolation, de chauffage, de ventilation et de refroidissement. En outre, le bâtiment dispose d'une salle technique dédiée à la recherche sur les systèmes industriels de transformation des aliments tels que les boulangeries, les raffineries. Tout cet équipement produit de la chaleur de sorte que cette salle doit être activement refroidie et ventilée toute l'année.

En raison de la bonne isolation du bâtiment, la serre ne fournira pas d'isolation supplémentaire au bâtiment. Par conséquent, la serre ne récupérera pas la chaleur du bâtiment à travers la toiture. La façon la plus évidente de récupérer la chaleur du bâtiment aurait été d'utiliser l'air évacué par le système de ventilation. Néanmoins, la sortie d'air du bâtiment est trop éloignée de la serre. Transporter cet air depuis la sortie jusqu'à la serre n'aurait pas de sens d'un point de vue énergétique. La question de la proximité aurait été facilement corrigée si elle avait été mise en évidence avant la conception du bâtiment.

Ce projet augmentera l'efficacité énergétique du bâtiment et de la serre en utilisant la chaleur du système de refroidissement du bâtiment pour préchauffer l'eau injectée dans le système de chauffage du bâtiment.



La forme de la serre a également été adaptée au bâtiment afin d'accroître son efficacité énergétique. La conception la plus populaire de serre chaude est la serre en chapelle (schéma). Cette conception est très efficace pour les grandes serres. Néanmoins, dans le cas d'une serre se dressant contre un mur entièrement exposé au sud, une conception en demi-chapelle augmente la captation énergétique de la serre. Dans le cas de la serre TERRA, une serre en demi-chapelle permettra d'économiser 13 % de l'énergie de chauffage par rapport à une serre en chapelle.

PRODUCTION

Le compartiment principal de la serre sera de 24 m de long et 5,5 m de large. Il sera consacré à la recherche sur les systèmes de production adaptés à l'agriculture sur les toits dans la région du Nord-Ouest de l'Europe. La serre est conçue pour réaliser des expériences sur les légumes traditionnellement cultivés dans cette zone. Cela comprend les légumes à feuilles (laitues, bette à carde, poireaux...), aromatiques (basilic, coriandre, menthe...) ou les légumes fruits (tomates, poivrons, aubergines, ...) et les plantes médicinales.

L'objectif de la serre influence sa conception de deux manières. Tout d'abord, la serre doit produire un cli-

mat adapté à toutes ces espèces toute l'année (frais en été pour cultiver des légumes à feuilles, chaud et lumineux en hiver pour cultiver des légumes fruits). Deuxièmement, pour bien se prêter à la recherche, le climat (température, lumière) doit être le même dans toutes les parties de la serre.

Les besoins de modularité, de précision et de régularité du contrôle climatique dans cette serre de recherche se traduiront par un équipement qui n'est généralement pas nécessaire dans une serre de production. La serre chaude sera recouverte d'un double verre pour une isolation efficace, équipée d'écrans d'énergie, de systèmes de chauffage, de systèmes de refroidissement (brumisation) et de lumière artificielle.

La recherche effectuée dans la serre sera associée à l'utilisation d'engrais biosédiques. L'équipement permettra de tester différents engrais simultanément. Par conséquent, la serre sera équipée d'un ensemble de 10 tables NFT. Chaque table NFT sera composée de cinq gouttières utilisant la même fertilisation.

La serre comprendra également un compartiment de démonstration de 5,5 m de large et de 6 m de long. Ce compartiment accueillera des systèmes de production novateurs tels que les tours hydroponiques afin de redonner une visibilité aux fabricants, de former des étudiants universitaires et de présenter ces systèmes au public.

Projets pilotes

Pilotes développés dans le cadre du projet GROOF

SERR'URE, EXPLOITÉ PAR L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE (GEMBLOUX, BELGIQUE)

FRESH, EXPLOITÉ PAR IFSB (BETTEMBOURG, LUXEMBOURG)

GALLY, EXPLOITÉ PAR LES FERMES DE GALLY (SAINT-DENIS, FRANCE)

BÜRSTADT, EXPLOITÉ PAR EBF (BÜRSTADT, ALLEMAGNE)

FRESH, EXPLOITÉ PAR IFSB (BETTEMBOURG, LUXEMBOURG)

Par Marcel Deravet (IFSB, LU)

CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

FRESH est le projet pilote luxembourgeois qui a été 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, et 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 est de 380 m². Située près du site de formation, on y fait pousser des plantes qui, en partie, sont 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 privilégiées.

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.

Enfin, la connexion au bâtiment pour récupérer le CO_2 et la chaleur est logique pour le secteur du bâtiment. La récupération du CO_2 sera un défi pour ce secteur au Luxembourg.

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

L'objectif de l'IFSB avec FRESH 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 CO_2 devient un facteur de coût pour le secteur du bâtiment. Le gouvernement luxembourgeois envisage actuellement de taxer les émissions de CO_2 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 CO_2 des bâtiments en intégrant les secteurs de la construction et de l'agri-cultures. 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 CO_2, 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 (CO_2, 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/m^2 (5KN/m^2). Le matériau de la dalle sur laquelle la serre est construite est en béton. Plus précisément, c'est une structure mixte : de béton et 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) ont donc été 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 ont été privilégiés puisque la serre sera chauffée. L'acier permet une structure fine qui projette des ombres minimales. Le verre est résistant, 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 W/m^{2}K). Avec les nouveaux matériaux disponibles, le double vitrage permet néanmoins une transmission de la lumière de +/- 89%.

La serre est 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 ont été 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 ont été 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 W/m²K) 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 est chauffée par des conduites d'eau chaude réparties 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 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.

Projets pilotes

Pilotes développés dans le cadre du projet GROOF

SERR'URE, EXPLOITÉ PAR L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE (GEMBLOUX, BELGIQUE)

FRESH, EXPLOITÉ PAR IFSB (BETTEMBOURG, LUXEMBOURG)

GALLY, EXPLOITÉ PAR LES FERMES DE GALLY (SAINT-DENIS, FRANCE)

BÜRSTADT, EXPLOITÉ PAR EBF (BÜRSTADT, ALLEMAGNE)

GALLY, EXPLOITÉ PAR LES FERMES DE GALLY (SAINT-DENIS, FRANCE)

Par Caroline Robin (Fermes de Gally, Fr) et Amandine Galli (Fermes de Gally, Fr)

CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

L'une des quatre serres pilotes du GROOF est située sur le site de la « ferme urbaine de Saint-Denis », près de Paris, en France. La « ferme urbaine de Saint-Denis » est une ferme productive et éducative de 2,5 hectares. Elle produit actuellement des légumes sur une surface de 1,7 ha et dans une serre de 250 m². Elle accueille également les citoyens, les familles et les entreprises désireux de découvrir les bases de l'agriculture, de la nourriture saine et de la nature et comment la ferme fonctionne.

La ferme est gérée par Les Fermes de Gally, un groupe familial français d'entreprises spécialisées dans l'aménagement paysager et dédié à apporter la nature et l'agriculture dans et autour des villes.

La serre en toiture de 360m² est dédiée à la production de légumes et permet à la ferme d'augmenter la production de tomates et de plantes aromatiques. L'objectif est de promouvoir l'ambition du projet GROOF avec une serre dédiée à la production uniquement. Les visiteurs pourront se promener sur une plate-forme située sur les côtés Est et Sud de la serre. À l'intérieur de la serre, les légumes seront produits sur des systèmes hydroponiques. Cela créé un outil de production flexible, qui permettra de changer les productions si nécessaires, afin de suivre le marché. Ils veulent aussi une serre facile à gérer, durable dans le temps et dans la façon de produire des légumes.

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

Il y a un petit magasin à la ferme pour vendre des produits frais aux habitants. Mais en raison de son succès, ce marché s'épuise rapidement en stock, de sorte que l'ambition est d'augmenter la production pour répondre à la demande. Il n'y a malheureusement aucune possibilité d'agrandir la propriété, en raison des contraintes urbaines, donc un RTG est une solution logique. Produire sur les toits est une merveilleuse occasion d'augmenter la surface de production. Une serre a été installée sur le seul toit plat disponible pour permettre aux agriculteurs de travailler dans des conditions contrôlées, permettant d'augmenter les rendements sans avoir à faire face à la pollution des sols.

En fait, les sols de la ferme, tout comme la plupart des sols urbains, sont pollués par des métaux lourds, de sorte que nous ne pouvons pas produire des légumes-feuilles. Les légumes-feuilles sont produits dans des systèmes sans saleté dans les serres présentes dans la ferme. En raison du succès de cette production, la ferme continue à les y produire, nécessitant donc plus de surface de serre pour cultiver des cultures avec des hautes exigences climatiques comme les tomates ou les poivrons, mais la construction d'une nouvelle serre au sol n'était pas possible : toute la surface est actuellement utilisée pour des activités de production et d'enseignement mécanisés et les règles locales interdisent l'extension des surfaces couvertes. Une serre en toiture résoudrait les problèmes d'espace et d'urbanisme.

Les principales forces du projet sont que la serre n'est pas la seule ressource économique. La RTG appartient à un projet mondial qui sera bientôt économiquement viable. Le futur bâtiment soutiendra le développement du projet. La philosophie

du projet GROOF est déjà pleinement représentée sur le site de la « Ferme ouverte de Saint-Denis » : agriculture, sensibilisation, proximité et durabilité sur de nombreux aspects. Cette serre en toiture sera pleinement appréciée par les clients réels.

La serre urbaine à la ferme fait partie d'un écosystème d'entreprise. Les objectifs, l'organisation de la production et le modèle économique sont liés au fait que la serre est incluse dans l'exploitation d'une exploitation de 2,5 hectares, elle-même incluse dans l'exploitation de toutes les entreprises agricoles et paysagères des Fermes de Gally.

L'installation d'une serre sur un bâtiment à rénover donne une grande liberté pour définir un outil de production entièrement fonctionnel, en adaptant le bâtiment aux contraintes agricoles. Cela aura un impact important sur les rendements à l'intérieur de la serre, car tout aura été conçu pour accueillir la production.

Cependant, le projet comporte aussi certaines faiblesses. Il est pour l'instant difficile de justifier un tel investissement pour une production de tomates. Nous avons choisi de concevoir une serre productive, avec un accès au public limité pour réduire les investissements. Combiner plusieurs activités à la ferme et développer des produits à la fois abordables et de grande valeur est un projet clé. Encore une fois, nous misons sur la flexibilité de l'infrastructure et sur notre capacité à réagir à l'évolution du marché.

CONSTRUCTION

Le bâtiment de soutien (un ancien hangar à charpente d'acier) s'est avéré trop faible pour soutenir la serre et l'activité agricole. Le bâtiment sera donc partiellement détruit pour être reconstruit avec une structure plus résistante (dalle creuse résistante à 500kg) et adaptée à la culture sur le toit ou à une serre légère. La partie préservée du bâtiment sera isolée afin d'améliorer son efficacité énergétique. Le stockage et les échanges de chaleur sont au cœur du projet, et la structure du bâtiment est en béton avec de grandes façades vitrées pour recueillir la chaleur.

En ce qui concerne le matériau de couverture, nous avons choisi une serre gonflable à double couche, avec une serre polycarbonate multi-pan. Les polycarbonates ont l'avantage d'offrir un bon équilibre entre le coût, l'efficacité énergétique et le poids.

En choisissant une serre dédiée à la production et non à l'accueil du public, nous pouvons mettre en place une serre proche des serres professionnelles dans le maraîchage périurbain. Dans le cadre de ce projet, nous voulons démontrer que nous pouvons construire des toitures-serres efficaces et économiquement viables. Un autre avantage important des polycarbonates est son faible poids, ce qui facilite la gestion de la charge de la serre. Néanmoins, une telle serre nécessite un bon ancrage puisque le faible poids ne compense pas les forces du vent.

Les Fermes de Gally ont souhaité travailler avec un système de production allégé. Dans ce contexte, le système de radeau a été rejeté. Des gouttières hydroponiques avec un système de goutte à goutte sur des pains de culture sont utilisées pour cultiver des tomates et autres fruits-légumes, comme une technique légère et productive. Nous étudions le système d'irrigation pour permettre une culture en boucle.

GESTION DE L'ÉNERGIE

La dalle de béton a été épaissie afin d'augmenter l'inertie de l'ensemble du bâtiment. Lorsque la température extérieure sera inférieure à celle de la serre, la dalle commencera à restituer les calories qu'elle a captées. Épaissir la dalle augmente sa capacité de stockage de chaleur. Ainsi, la serre restera chaude pendant la nuit.

Le polycarbonate de la façade nord sera complété par un mur en béton afin d'améliorer l'isolation de la serre et de diminuer la perte de calories du côté le plus froid du bâtiment. Ce mur permettra d'économiser 20 % d'énergie. De plus, ce mur emmagasinera la chaleur en captant les calories du soleil et de la serre, et atténuera ainsi la baisse de température pendant la nuit.

L'une des principales limites de cette approche était l'empressement des grands constructeurs de serres à réaliser la serre que nous avons conçue. Même si la forme est assez traditionnelle, nos premiers choix de matériaux et de spécifications ne correspondaient pas aux priorités des constructeurs et nous avons dû réduire nos ambitions pour obtenir la construction de la serre (par exemple, aucun constructeur ne voulait installer de l'ETFE pour moins de 2 hectares...).

PRODUCTION

Les objectifs de cette serre sont d'augmenter la production de l'ensemble de la ferme, et de rendre la ferme plus autosuffisante, en produisant toutes les plantes nécessaires pour répondre à la demande locale.

Le bâtiment est neuf, la serre a donc été conçue dans le cadre du projet global et a été conçue pour être une serre performante, tout en restant simple, peu technique et la moins chère possible.

Par conséquent, aucune lumière ne sera installée pour faire pousser des légumes, et le système de chauffage ne sera utilisé qu'en cas d'urgence au début de la production, en mars. La production se poursuivra ensuite jusqu'à fin octobre. Grâce à la simulation des besoins énergétiques en fonction de l'étendue du cycle de production, cette fenêtre de production permet d'allonger le cycle de production économe en énergie.

Pour la première année de production, le système de culture pourrait être divisé en deux catégories : 210 m² de pains de culture allongés sur

des gouttières et environ 100 m² de parcelles de jardin surélevées, toutes deux irriguées par un système de goutte à goutte hydroponique.

Nous formons actuellement notre équipe agricole pour être efficace dans les systèmes hydroponiques.

Projets pilotes

Pilotes développés dans le cadre du projet GROOF

SERR'URE, EXPLOITÉ PAR L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE (GEMBLOUX, BELGIQUE)

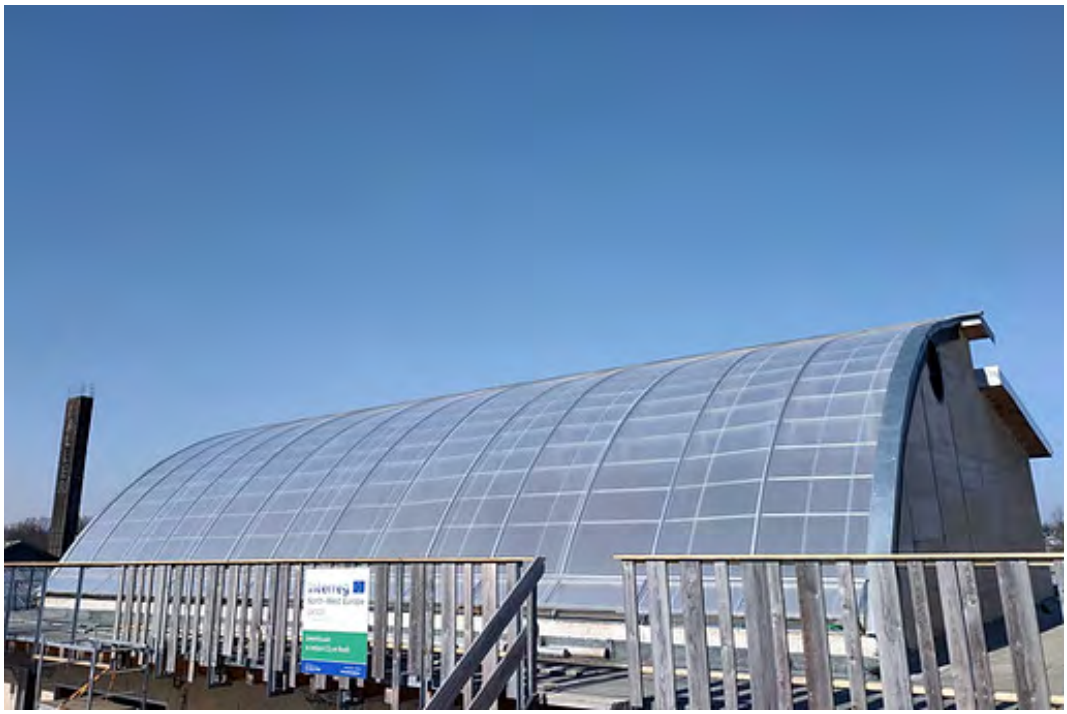
FRESH, EXPLOITÉ PAR IFSB (BETTEMBOURG, LUXEMBOURG)

GALLY, EXPLOITÉ PAR LES FERMES DE GALLY (SAINT-DENIS, FRANCE)

BÜRSTADT, EXPLOITÉ PAR EBF (BÜRSTADT, ALLEMAGNE)

BÜRSTADT, EXPLOITÉ PAR EBF (BÜRSTADT, ALLEMAGNE)

Par David Volk (EBF, DE), Pierre Raulier (ULg, BE)



CARTE D'IDENTITÉ DU PILOTE

La serre sur le toit est à Bürstadt, dans le centre de l'Allemagne, située entre Francfort et Heidelberg, sur le toit de la salle d'emballage de la ferme appartenant à EBF. La salle d'emballage est un bâtiment de la fin des années 50 et en ce moment chauffé par des combustibles fossiles. En plusieurs itérations l'approvisionnement en chaleur sur l'ensemble du site va être remplacé par du chauffage renouvelable dans les prochaines années.

La serre solaire a une superficie de culture de 160 m^2 et est conçue pour avoir une faible demande de chauffage, produire de l'énergie électrique et servir de capteur solaire pour le bâtiment de support. Au total, il atteint un bilan énergétique net positif au cours d'une année de fonctionnement.

EBF est une société spécialisée dans la gestion industrielle et horticole de l'énergie depuis plus de 25 ans. Maintenant, EBF a commencé à mettre en œuvre de nouvelles technologies et des solutions systémiques dans le secteur de l'horticulture pour aider à transformer le secteur de la production alimentaire en le rendant plus durable et vraiment adapté pour le futur.

La serre sur le toit est mise en œuvre dans l'exploitation habituelle de l'ensemble du site. Elle sert de point de vente unique pour la ferme et montre comment les serres sur les toits peuvent augmenter la capacité agricole tout en n'augmentant pas la superficie de sol utilisé.

ENTREPRISE - CRÉATION DE VALEUR

Le projet de serre sur le toit, ainsi que l'ensemble de la ferme, serviront de vitrine de l'approche EBF en tant qu'entreprise d'horticulture économiquement concurrentielle. En raison de la faible demande énergétique de la serre Sunlight et de la possibilité d'une exploitation flexible de saison en saison, la ferme fournira des marchés, des restaurants et des clients directement à la ferme toute l'année avec des légumes frais. Contrairement aux serres normales, la serre Sunlight n'a pas besoin de changement dans la rotation des cultures en fonction de la saison.

L'espace de culture en serre ainsi que le reste de la ferme sont loués à un spécialiste du piment qui utilise le site pour les produits issus de l'agriculture biologique et les expédie directement à partir de là.

Cela donne à EBF la possibilité d'examiner les flux d'énergie et le fonctionnement d'une serre solaire entièrement opérationnelle gérée de manière responsable par un expert en horticulture.

CONSTRUCTION

La salle d'emballage est construite de manière traditionnelle avec des murs lourds et des fondations solides, étant structurellement stable, même après plus de 50 ans d'existence. Le toit lui-même est composé de poutres en bois qui sont assez résistantes pour le revêtement de l'ancienne toiture, mais ne pouvait supporter plus que le toit ondulé Eternit®, qui lui-même était partiellement endommagé et n'était plus totalement étanche.

L'ancien toit et toute la structure des poutres ont été retirés pour installer la nouvelle plate-forme sur le toit. Une fois le toit enlevé, une poutre annulaire en béton a été placée au-dessus des murs. Ensuite, des poutres de toiture en bois ont été ajoutées, et la structure de support fut achevée avec une plate-forme faite à partir de panneaux OSB. Étant donné que des changements importants dans la structure du toit ont dû être apportés, il a été possible d'obtenir une capacité portante de 2,5 kN/m^2 pour la plate-forme, selon l'emplacement. À l›arrière de la serre, en raison de la portée des poutres, la charge potentielle est sensiblement plus élevée.

La serre est composée d'une structure en acier léger qui est reliée directement aux poutres de toiture en bois. La plate-forme et la connexion à la structure en acier léger sont recouvertes d'un complexe spécial d'étanchéité protégeant la structure de soutien de tout dommage lié à l'eau.

La coque extérieure de la serre est un mur en béton de chanvre fortement isolé des deux côtés et à l'arrière. Certaines parties de son toit sont également isolées avec de la paille de chanvre légère. Le côté sud de forme cintrée est recouvert d'un revêtement ETFE à double couche très transparent. Pour les nuits froides, une couverture thermique est déroulée vers le bas à partir du dessus de serre pour réduire les pertes thermiques par radiation. La forme spéciale de la serre est l'un des facteurs clés de la réduction de la demande d'énergie.

Une passerelle autour de la serre a été aménagée pour donner l'occasion non seulement d'avoir accès à la serre de tous les côtés, mais aussi de recueillir l'eau de pluie.

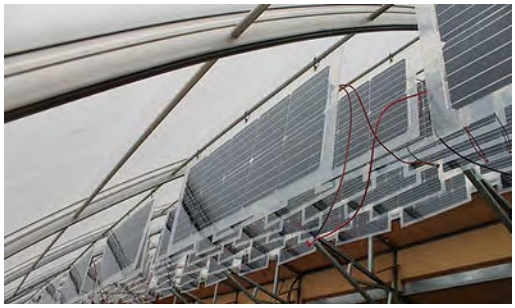
GESTION DE L'ÉNERGIE

L'objectif principal de la serre solaire est de réduire la demande d'énergie de la production alimentaire tout en étant en mesure de soutenir une activité opérationnelle toute l'année. Cet objectif est d'abord atteint en créant une coquille externe qui est fortement isolée, réduisant toutes les pertes de chaleur.

Un problème important pour les serres en été est la surchauffe. La serre solaire utilise des systèmes photovoltaïques montés à l'intérieur directement sous le film pour générer de l'ombrage tout en générant de l'électricité. S'il n'y a pas besoin d'ombre, le système PV peut pivoter et le côté inférieur réfléchissant des panneaux aide à fournir de la lumière aux plantes. En outre, des volets de ventilation sont installés sur le côté sud inférieur et le point le plus élevé dans la serre. Ces ouvertures stratégiquement installées génèrent un flux naturel à travers la serre qui la refroidit avec de l'air frais, sans avoir besoin de ventilation forcée et donc sans demande d'énergie. Ceci est possible grâce à la grande transparence du film

ETFE. Étant donné que les panneaux photovoltaïques ne sont pas exposés aux influences atmosphériques, ils peuvent être légers et minces.

En raison des parois latérales isolées et opaques, la lumière du soleil entrante totale est réduite par rapport à d'autres types de serres. Par conséquent, le stockage internes de la chaleur devient plus important. Ceci est géré en partie par l'isolation, réduisant les pertes de chaleur radiative et une couverture thermique qui sera utilisée pour économiser de l'énergie et empêcher la lumière directe du soleil dans la chaleur intense de l'été.



PRODUCTION

Tout d'abord, une variété sélectionnée de piments est cultivée. Étant donné que la serre sur le toit fait partie d'une opération plus vaste, il sera utilisé de manière flexible, dans les limites d'un fonctionnement normal. La récolte et le conditionnement seront donc directement effectués par les ouvriers agricoles sans aucune restriction.

La production est réalisée avec la culture hydroponique à base de substrat. Par conséquent, des seaux hollandais avec un volume relativement important sont utilisés. Le support de culture sera composé d'un terreau de plantation classique enrichi en Tera Preta. Il sera réutilisé plusieurs fois sur quelques périodes de culture avec un enrichissement supplémentaire dans la serre, puis comme sol de remplacement pour la culture en extérieur afin de réduire la charge de travail d'entretien.

L'un des domaines d'application les plus importants est l'utilisation de cette serre sur le toit pour la culture de semis. La faible demande énergétique permet de commencer plus tôt dans l'année et donc d'avoir la possibilité d'entrer tôt sur le marché avec des produits frais. Étant donné que la culture des semis ne nécessite pas beaucoup d'espace, les semis de l'ensemble du site peuvent être produits dans la serre sur le toit.

FOIRE AUX QUESTIONS (FAQs)

Par Nicolas Ancion (ULg, BE), David Volk (EBF, DE), Ismaël Baraud (CSTB, Fr), Laurent Reynier (CSTB, Fr), Bernard de Gouvello (CSTB, Fr), Marcel Deravet (IFSB, LU), Nicolas Brulard (Fermes de Gally, Fr)

QUESTIONS SUR L'ENERGIE
QUESTIONS SUR LA CONSTRUCTION
QUESTIONS SUR LA PRODUCTION DES PLANTES
QUESTIONS ECONOMIQUES

QUESTIONS SUR L'ENERGIE

Comment trouver un bon système pour chauffer la serre en hiver ? (Éviter le gel hivernal) ?

Un bon système pour chauffer la serre en hiver repose sur deux aspects importants :

- Injecter suffisamment d'énergie dans la serre
- Éviter la perte d'énergie

Le premier aspect est conforme à l'objectif principal de la serre, la production végétale. La source d'énergie primaire est la lumière solaire, qui est principalement influencée par :

- La conception et l'orientation de la serre
- Le matériau de recouvrement
- Obstacles dans les environs

Comme l'intensité du soleil est faible en hiver, d'autres sources d'énergie venant des commodités doivent être incluses comme:

- Captage de la chaleur résiduelle du chauffage résidentiel et de bureau
- Sources de chaleur industrielle résiduaire
- Énergie solaire thermique supplémentaire avec stockage d'eau chaude
- Chaleur résiduelle provenant des installations domestiques comme les refroidisseurs et la ventilation

Tous les aspects mentionnés ci-dessus pourraient suffire à éviter le gel hivernal, mais sont souvent accompagnés d'un coût d'installation et/ou de fonctionnement élevé. Par conséquent, éviter les pertes d'énergie pourrait être une occasion d'examiner :

- Isolation des parois latérales adjacentes, particulièrement importante pour les murs orientés vers le nord, où aucune lumière du soleil ne peut être captée
- Isolants transparents amovibles ; tout en ayant des propriétés de transmission faible, ils peuvent être utilisés pour garder la chaleur à l'intérieur, surtout s'il n'y a pas de production hivernale et que toute la lumière n'est pas nécessaire
- Équipement d'économie de chaleur (stores thermiques) dans la serre sont des techniques standard, mais qui peuvent aussi coûter cher

Une mesure supplémentaire peut également être de réduire l'espace chauffé dans la serre, adapté à la production, deux possibilités importantes peuvent être examinées :

- Seulement chauffer l'eau en culture hydroponique, donc garder les plantes au chaud mais ne pas chauffer la serre (dépendant de la culture)
- Utilisation de tissus isolant ou de tunnels en plastique au-dessus des cultures pour réduire davantage l'espace chauffé

Toutes les techniques mentionnées ci-dessus peuvent être combinées de manière optimale pour augmenter l'efficacité tout en maintenant le coût bas.

Comment enrichir l'atmosphère des serres en CO_2 et comment y parvenir ?

L'enrichissement du CO_2 peut être une bonne occasion d'accroître l'efficacité dans un environnement de serre. Les plantes utilisent le CO_2 en combinaison avec la lumière du soleil pour croître tout en émettant de l'oxygène. Avec plus de CO_2 dans l'air, les cultures peuvent améliorer leur croissance. Mais en même temps, elles ont également besoin de plus de lumière du soleil pour utiliser le CO_2 supplémentaire.

Voici quelques techniques d'enrichissement possibles :

- L'utilisation de techniques d'enrichissement au CO_2 passif, comme la ventilation des gaz d'échappement d'un immeuble de bureaux ou d'autres sources
- Utilisation des cheminées de l'équipement de production de chaleur déjà installé dans le bâtiment ou nécessaire pour la serre ainsi que d'autres sources possibles autour de la serre
- Systèmes actifs qui dépendent principalement de la combustion de combustibles fossiles

Dans la plupart des cas, les gaz d'échappement peuvent être directement utilisés dans une serre sans traitement supplémentaire. En général, il est préférable d'utiliser des systèmes passifs, car ils n'utilisent pas de ressources précieuses et ne produisent pas d'autres émissions.

Un aspect clé de l'obtention de CO_2 peut se faire en même temps que le chauffage de la serre, créant une synergie entre le chauffage de la serre et l'enrichissement de l'intérieur en CO_2.

Une dernière remarque est que l'enrichissement en CO_2 est souvent en conflit avec les besoins de ventilation. En été, lorsque les avantages de l'intensité solaire élevée et de l'enrichissement en CO_2 peuvent avoir les synergies les plus élevées, la serre est également susceptible de surchauffer, ce qui pourrait à son tour endommager les cultures. Si aucun système de refroidissement actif n'est utilisé, la ventilation est essentielle, ce qui réduirait aussi l'enrichissement. Par conséquent, dans une serre, il doit y avoir un compromis entre les deux aspects, surtout si l'enrichissement est actif et les ressources sont utilisées.

Comment associer des panneaux PV ou des panneaux solaires à la RTG ?

Trouver un moyen de mettre en œuvre des panneaux PV dans la serre en toiture peut être utile pour maximiser la consommation d'énergie de la lumière solaire entrante. Ici, plusieurs techniques sont possibles, mais il est important de s'assurer que les plantes dans la serre sont le principal facteur d'exposition au soleil, sinon la croissance des plantes est sacrifiée pour la production d'énergie. D'autre part, pendant la plupart des jours d'été la quantité maximale de lumière du soleil dépasse de loin les besoins des plantes et de créer un climat chaud dans la serre qui nécessite l'ombre. L'utilisation de panneaux PV pour l'ombrage contribue non seulement au refroidissement de la serre, mais génère généralement suffisamment d'électricité pour maintenir un fonctionnement autonome des systèmes de serre. Par conséquent, un système adaptable est nécessaire qui n'entrave pas la croissance des plantes.

De nouveaux panneaux photovoltaïques sont à l'étude, ce qui permettrait de faire passer les ondes lumineuses nécessaires à la croissance des plantes tout en produisant de l'électricité.

Comment gérer l'eau de condensat dans la serre ?

En raison de la croissance des plantes et de l'intensité élevée du soleil, l'air dans la serre accumule plus d'humidité que lors de la condensation la nuit lorsque l'air se refroidit. Cela conduit à des gouttes d'eau froide sur les plantes les rendant vulnérables aux parasites et aux infections fongiques. De plus, cela peut entraîner une contamination supplémentaire lorsque l'air extérieur se mélange à l'air intérieur et que les polluants sont transférés dans l'humidité.

Pour éviter la condensation, certaines mesures peuvent être prises :

- Ventilation pour réduire l'humidité de l'air et ajouter de l'air frais et plus sec à l'extérieur. Ici, l'inconvénient est, qu'une grande partie de l'eau dans l'air provient de l'arrosage des plantes, qui est alors perdu augmentant la demande de ressources de la serre
- Utiliser des dispositifs de refroidissement dans lesquels l'eau se condense et peut être réutilisée directement. Cela est lié à une forte demande d'énergie. Il pourrait également être possible de faire circuler l'air dans plusieurs zones plus froides du bâtiment de soutien avec des réservoirs de condensations désignés (voir partie GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE du Chapitre EXPLOITATION).

Comme la condensation ne peut être évitée, certains constructeurs de serres utilisent des ponts thermiques spécialement conçus pour produire du condensat à certains endroits où il peut être géré plus facilement et réutilisé.

La condensation est particulièrement problématique tôt le matin et une forte ventilation à ce moment résout habituellement le problème. Même s'il peut être utile, il est également lié à beaucoup de perte d'énergie.

Comment optimiser la couverture de la serre pour une production optimale en été ?

Pour l'opération estivale dans une serre, à côté du système PV déjà mentionné, un bouclier thermique peut être installé. Un écran thermique est un écran mobile constitué d'un matériau qui bloque partiellement ou totalement la lumière solaire, ce qui réduit la demande de refroidissement. Cela entraîne également une réduction de la lumière disponible pour les plantes, ce qui pourrait entraîner une réduction de la croissance des plantes. Il convient de noter que les plantes reçoivent plus qu'assez de lumière du soleil pour croître pendant l'été dans la plupart des cas et des endroits. D'autre part, une lumière excessive crée du stress dans les plantes et réduit leur capacité de croissance.

Y a-t-il un avantage à installer une serre en toiture d'un parking ?

L'utilisation d'un parking qui n'est plus en service peut avoir certains avantages. D'abord et avant tout, trouver une nouvelle façon d'exploiter un espace désaffecté apporte beaucoup des bénéfices pour la ville elle-même. En outre, les parkings sont conçus pour supporter des charges élevées, généralement capables de supporter une serre sans aucun renforcement du toit. L'accessibilité au toit est de plus normalement meilleure que pour d'autres projets comparables. Les problèmes logistiques habituels des serres sur les toits sont atténués D'autre part, il manque certains avantages qui apparaissent normalement sur un toit.

- Un parking n'est généralement pas chauffé, ce qui entraîne une perte de potentiel de chaleur résiduelle
- Souvent, les différents niveaux ne sont pas fermés de sorte que la serre sera ventilée en dessous, ce qui augmente les pertes transmissives

En outre, il pourrait être possible que l'ancien parking apporte une contamination impossible à empêcher dans la serre.

Un réservoir d'eau pourrait-il être utilisé dans la serre pour favoriser l'inertie thermique ? Et comment ?

En principe, cela est possible, mais est lié à certaines restrictions principalement en ce qui concerne le poids et la taille de la citerne. Ici, il est important de vérifier les capacités du bâtiment à supporter la charge de l'eau. En outre, les serres sur le toit peuvent être de taille limitée de sorte qu'un réservoir d'eau plus grand peut prendre la place de l'espace de culture qui, lui, est plus important.

D'une manière plus générale, en cas de récolte d'eau de pluie, il est plus approprié de placer le réservoir sur le sol ou sous terre, même si cela conduit à une demande d'énergie pour les pompes.

Comment améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment hôte ou à la RTG grâce à la conception à la RTG ?

Il s'agit d'une question fortement influencée par le projet et qui nécessite un examen approfondi pour chaque cas, mais il existe des principes fondamentaux qui peuvent être appliqué si c'est possible. Voici quelques grandes lignes qui complètent les réponses déjà mentionnées :

1. Si certaines surfaces de la serre font face à une direction où il n'y a pas de lumière du soleil (le Nord), dans ce cas ces surfaces peuvent être fortement isolées. La chaleur du bâtiment, même isolé, limitera les pertes.

2. Si les murs du bâtiment existant sont disponibles, leur utilisation diminuera la surface de la serre, réduisant ainsi les pertes de chaleur transmissives

3. S'il y a perte d'énergie sur le site, il peut être utile de les utiliser pour accroître l'efficacité énergétique.

4. Essayer de couvrir la plus grande partie du toit avec la serre en toiture permettra également de réduire les pertes de chaleur transmissives de l'immeuble

Par exemple, à Gembloux, ils améliorent l'efficacité énergétique de 13% en adoptant un design lean-to. Néanmoins, chaque projet est différent et doit être calculé.

FOIRE AUX QUESTIONS (FAQs)

Par Nicolas Ancion (ULg, BE), David Volk (EBF, DE), Ismaël Baraud (CSTB, Fr), Laurent Reynier (CSTB, Fr), Bernard de Gouvello (CSTB, Fr), Marcel Deravet (IFSB, LU), Nicolas Brulard (Fermes de Gally, Fr)

QUESTIONS SUR L'ENERGIE
QUESTIONS SUR LA CONSTRUCTION
QUESTIONS SUR LA PRODUCTION DES PLANTES
QUESTIONS ECONOMIQUES

QUESTIONS SUR LA CONSTRUCTION

Est-il permis de construire une serre en toiture ?

Toute construction de ce type nécessite un permis de construire délivré par l'administration communale. Chaque commune a ses règles et c'est donc la première démarche à entreprendre: prendre un rendez-vous avec le service technique de la commune dans laquelle vous voulez construire.

Construire une serre en toiture est quelque chose de nouveau, et c'est une solution novatrice. C'est comme ajouter un nouvel étage en haut d'un bâtiment. En ce qui concerne les différents travaux sur un toit, il est possible de modifier ou d'ajouter une nouvelle construction, surtout sur un toit plat, si la structure est capable de supporter la charge de la serre et des activités.

Un permis de construire est toujours nécessaire !

La serre pourrait-elle servir d'espace public ?

Elle dépend de la classification du toit plat et de l'objectif de la serre (production, social, éducation...). Si le toit plat est classé comme « accessible », cela signifie que les gens peuvent y circuler. La sous-classification est privée ou publique. En fonction de cela, plusieurs critères doivent être respectés concernant l'accès du public (sécurité incendie, accès de sécurité, nombre de personnes...). La serre sera également construite en fonction de ce choix. En effet, les normes de calcul et de sécurité sont différentes pour une serre accessible au public.

L'aspect de sécurité sanitaire de la production doit également être pris en compte. En serre de production, le public n'est généralement pas le bienvenu dans la serre.

Comment déterminer la capacité portante de la couverture ?

Le calcul de la capacité portante est effectué par un ingénieur en structure et le bureau d'études selon la méthode standard européenne (Eurocodes). L'hypothèse de calcul doit tenir compte du facteur de sécurité, de la charge d'exploitation, de la charge accidentelle.

NB : pour les citernes à poisson ou pour une charge spécifiquement lourde, un calcul spécifique doit être effectué pour la zone de toit concernée par cette surcharge. Il pourrait être plus intéressant d'installer ce matériel sur le sol en dessous qui doivent également être validés pour ces charges.

Quelle devrait être la capacité de charge minimale ?

Pour tout type de toit accessible, la capacité de charge minimale est de 400kg/m^2 ou 500kg/m^2. Si le toit a été conçu pour un usage de type jardin, des charges plus importantes ont pu être prises en compte dans les calculs. Et si le toit est également utilisé pour le véhicule ou le stationnement, la capacité de charge minimale est le niveau standard pour ce toit traditionnel. Dans le cas de la réception publique, on utilise de l'ordre de 400 à 500 kg/m^2.

Pour les serres qui ne sont pas ouvertes au public, une charge de travail de 150 kg/m^2 est suffisante, à celle-ci il faut ajouter le poids des éléments de culture et le poids de la serre elle-même.

Si la capacité portante correspond, combien coûte l'installation d'une « technostructure »? Et comment cela fonctionne-t-il ?

Une nouvelle technostructure sur le toit plat pour construire la serre est en général faite avec cadre en acier ancré dans la sous-structure en béton et surélevée avec ou sans un nouveau plancher. Ces types de technostructure sont presque les mêmes que pour tout type d'équipement technique ou d'élévation sur un toit plat. Le coût dépend de la configuration du toit, de la taille de la serre et des contraintes locales pour la construire.

Quel type d'accès faut-il prévoir ?

L'activité de production en serre nécessite une occupation quotidienne et un flux quotidien de matériel, de livraison et d'entreposage. Dans cet état, l'accès doit être confortable, sûr et durable. Il peut être possible de prévoir plusieurs types d'accès, c.-à-d. ascenseur pour les personnes et le matériel, combiné avec des escaliers pour les personnes visitant le site, sentier autour de la serre pour la circulation. L'accès est le même que pour tout type de toit plat accessible.

Comment rendre étanche un toit après avoir aménagé une serre ?

L'imperméabilisation du toit plat est vraiment importante pour protéger la structure et le bâtiment en dessous parce que la serre n'est pas considérée comme le toit du bâtiment. La serre n'est pas étanche et l'activité de production utilise de l'eau. Une attention particulière est nécessaire pour éviter les conflits ou les problèmes dans le bâtiment ci-dessous. Comme pour tout type de toit plat, la conception et l'installation d'étanchéité doivent être effectuées correctement avec un produit de haute performance. En cas de problème, l'enquête pour rechercher la cause d'une fuite ou d'une infiltration peut s'avérer très coûteuse.

Qu'est-ce que la structure du bâtiment « doit avoir » pour rénover ou intégrer une serre en toiture ?

La structure du bâtiment doit être résistante à tous les niveaux car la surcharge de la serre doit être supportée par toute la structure, et pas seulement par le toit. La structure doit avoir une capacité aux fondations et à tous les autres niveaux.

Avantages et inconvénients d'une structure métallique sur le toit ? Et quel pourrait être le coût ?

La structure métallique est la première solution technique identifiée pour construire une serre parce que les serres conventionnelles sont faites avec celle-ci. La conception est bien connue, les méthodes de calcul sont bien connues, l'installation du cadre en acier est bien connue.

Coût moyen : 175€/m². Néanmoins, un coût moyen est difficile à revendiquer, car il est lié à d'autres paramètres comme la structure existante.

Avantages : la nouvelle structure n'a pas besoin de couvrir toute la toiture et il est possible de construire cette structure en plusieurs phases (pour limiter l'investissement) ; Si le bâtiment n'est pas trop haut, le nouvel accès ne devrait pas être coûteux

Inconvénients : Encore coûteux ; Un nouvel accès est nécessaire ; L'imperméabilisation et l'isolation doivent encore être revus.

Comment installer et gérer le stockage d'eau ?

Chaque équipement de stockage d'eau nécessite d'analyser le volume local d'eau de pluie par an, par mois et de déterminer le ratio de son utilisation en serre. Les réservoirs d'eau sont considérés comme une surcharge lourde, et leur disposition dépend également du calcul de la structure. Si possible, le réservoir d'eau sera situé sur le sol ou sous terre, l'eau récoltée étant pompée jusqu'au toit pour être utilisée. Si le réservoir de stockage est situé dans la serre elle-même, certaines précautions spécifiques doivent être prises (voir partie GESTION DES EAUX PLUVIALES POUR ALIMENTER LES SERRES EN TOITURE du Chapitre EXPLOITATION)

La norme européenne EN 16941-1 détaille toutes les exigences d'un système de collecte des eaux de pluie.

Quelles sont les différentes possibilités pour l'enveloppe de la serre ? Durée de vie (facile à changer ?) + prix

Les possibilités d'enveloppe de serre en toiture sont les mêmes que pour toutes les serres traditionnelles. Compte tenu de la situation sur un toit, le verre de sécurité ou le polycarbonate pourrait être plus adapté pour la RTG.

La durée de vie et la durabilité/résistance du matériau est un critère très important car chaque remplacement de l'enveloppe est coûteux en raison de l'arrêt de l'activité de production.

Les remplacements sont également coûteux parce que le travail doit être effectué à +/- grande hauteur. Les dispositifs de levage sont donc nécessaires.

FOIRE AUX QUESTIONS (FAQs)

Par Nicolas Ancion (ULg, BE), David Volk (EBF, DE), Ismaël Baraud (CSTB, Fr), Laurent Reynier (CSTB, Fr), Bernard de Gouvello (CSTB, Fr), Marcel Deravet (IFSB, LU), Nicolas Brulard (Fermes de Gally, Fr)

QUESTIONS SUR L'ENERGIE
QUESTIONS SUR LA CONSTRUCTION
QUESTIONS SUR LA PRODUCTION DES PLANTES
QUESTIONS ECONOMIQUES

QUESTIONS SUR LA PRODUCTION DES PLANTES

Que peut-on produire dans une RTG ?

Selon votre projet, presque tous les types de plantes peuvent être produits dans une Serre en toiture. Les fruits et légumes, aromatiques et les plantes ornementales peuvent être cultivées.

Le choix des plantes est d'abord déterminé par le marché, à travers une étude de marché. Que souhaitez-vous vendre, à qui ? Sous quelle forme, quel prix sont prêts à payer les clients ? Quelle concurrence ?

Ensuite, les caractéristiques du site et de la serre en toiture aideront à définir les modes de production (systèmes de culture notamment) qui sont possibles techniquement et économiquement pertinents.

Vous pouvez cultiver plusieurs espèces végétales si elles ont les mêmes besoins climatiques ou vous spécialiser sur une production clé.

Le contexte urbain étant unique, nous recommandons de se concentrer sur le besoin spécifique du marché en prenant comme atout la fraîcheur et la proximité du rendement.

La production intensive de légumes racines comparables à ceux d'une exploitation de plein champ n'a pas vraiment d'intérêt en serre en toiture.

Quelles techniques de production de plantes conseillez-vous ?

Il n'est pas possible de recommander une seule technique de production. Elle doit être adaptée à l'espèce(s) choisie(s), les contraintes environnementales, et est très dépendant des attentes de productivité. Par exemple, une production de tomates mono spécifique peut être réalisée dans un potager, dans un pot ou dans un substrat de culture sans sol, mais la surface, L'équipement et la technique de culture (arrosage, fertilisation…) devront être adaptés.

Comment planifier la production ?

Encore une fois, cette question doit être considérée en fonction des rendements et des attentes inhérentes à la culture et aux variétés sélectionnées. La planification doit d'abord être cohérente avec les attentes du marché et vos disponibilités de main d'œuvre. Il est évident que certaines cultures ont une saisonnalité de consommation, il est donc facile de planifier la production à partir de semis ou de jeunes plantes. Par exemple, le basilic est principalement consommé en été et on sait que sa culture a besoin en moyenne de 6 à 8 semaines pour atteindre un stade commercialisable à partir de semis. Il est également possible d'avoir des récoltes échelonnées pour produire à long terme mais le principe est le même : il faut connaître la conduite de culture de la plante et adapter si nécessaire les conditions (lumières, températures, fertilisation…) afin d'avoir une production précoce ou tardive par rapport à la période normale.

Est-il obligatoire d'avoir un éclairage ?

L'ajout de lumière artificielle n'est pas obligatoire ni nécessaire. Elle peut être bénéfique pour certaines cultures ou pour le « forçage », mais ça représente un coût (dépense), une consommation électrique non négligeable. Il faut aussi prendre en compte l'intégration urbaine (est-ce que l'éclairage artificiel est compatible avec les règlements urbains, les attentes des voisins et l'image globale du projet. Il convient également de noter que de nombreux horticulteurs produisant dans des systèmes de serres classiques n'en ont pas.

Est-il obligatoire d'avoir du chauffage ?

Il n'est pas indispensable d'avoir un système de chauffage mais il permet d'élargir très largement le champ des possibilités en termes de cultures et aussi de pouvoir cultiver toute l'année, car selon les régions et les températures hivernales, malgré un bon paillage, il pourrait atténuer les dommages causés par le froid. Beaucoup de serres traditionnelles en plein champ ne sont pas chauffées.

Cependant, il existe des conceptions bioclimatiques qui permettre de limiter très fortement les besoins de chauffage et de maintenir des températures minimales.

Enfin, il recommandé quand c'est possible de coupler le chauffage de la serre et celui du bâtiment pour optimiser les flux d'énergie.

Quelles cultures pouvons-nous produire en hiver dans une serre froide ?

Dans une serre froide non chauffée, il est possible de produire principalement des espèces horticoles à floraison hivernale telles que les pansées ou les primevères, des légumes d'hiver tels que les choux, les betteraves, les navets et les bettes à carde par exemple, mais il est également possible d'envisager la multiplication des plantes de pépinière, ce qui pourrait être très intéressant pour les municipalités, par exemple.

En milieu urbain, l'effet ilot de chaleur et les microclimats locaux peuvent créer des conditions spécifiques en toiture, favorables aux cultures (par exemple, ~30% de l'énergie du bâtiment perdue par le toit, qui peuvent maintenir des bonnes températures dans la serre).

Est-il obligatoire d'avoir un système d'aération ?

C'est indispensable et essentiel ! Cela permet de réguler la température dans la serre en l'abaissant lorsqu'elle dépasse les températures fixées ou désirées. Cela est également nécessaire pour la bonne santé de la serre et la bonne santé des plantes pour évacuer l'humidité excédentaire et renouveler l'air ambiant.

Quels types de substrats peuvent être utilisés ?

Il existe de nombreux substrats horticoles adaptés aux différents types de cultures (plantes aromatiques, semis, végétaux ou horticoles...) qui diffèrent les uns des autres par leur composition, leur structure, leur légèreté, leur fertilisation, etc.

Ils contribuent grandement au succès des cultures. Dans le cas d'une culture sans sol, plusieurs possibilités sont également possibles, dont la paille, la sphaigne sphagnum, la tourbe, le sable, etc. Ce choix doit être considéré en fonction du type de culture choisi, de l'espèce(s) et il faut prendre soin d'adapter la fertilisation.

La formulation de substrat demande une grande expertise pour un substrat pérenne et adapté au contexte (poids du substrat, CEC, rétention d'eau et drainage, acidité). Rapprochez-vous des fournisseurs de substrat.

Comment nourrir mes plantes ?

La plupart des terreaux commerciaux sont enrichis d'engrais, mais la quantité incorporée est souvent insuffisante pour toute la culture. Il est donc nécessaire d'ajouter des engrais minéraux ou organiques sous forme solide à la base des plantes ou sous forme liquide dans l'eau d'irrigation, appelée ferti-irrigation. Cette dernière est essentielle dans le cas d'une culture sans sol et doit être gérée en fonction du stade de la culture, de sa nature et de ce qu'on attend d'elle.

FOIRE AUX QUESTIONS (FAQs)

Par Nicolas Ancion (ULg, BE), David Volk (EBF, DE), Ismaël Baraud (CSTB, Fr), Laurent Reynier (CSTB, Fr), Bernard de Gouvello (CSTB, Fr), Marcel Deravet (IFSB, LU), Nicolas Brulard (Fermes de Gally, Fr)

QUESTIONS SUR L'ENERGIE
QUESTIONS SUR LA CONSTRUCTION
QUESTIONS SUR LA PRODUCTION DES PLANTES
QUESTIONS ECONOMIQUES

QUESTIONS ECONOMIQUES

Comment trouver un producteur ?

Peut-être devriez-vous commencer par rencontrer les agriculteurs avant de construire la serre pour être sûr que le type de serre est vraiment intéressant pour eux ! Puis les faire participer à certaines étapes de la conception du la RTG.

Comment impliquer un acteur agricole dans le projet ?

La prise en compte de tous les points de vue est une tâche complexe et très importante. Impliquer le futur utilisateur de la serre est un facteur clé de succès pour votre projet. Le plus tôt il sera dans la boucle le mieux ce sera.

L'utilisation de ce toit doit être envisagée afin de gagner du temps et de l'argent dans la conception et la réalisation de l'œuvre. Les coûts de gestion et de maintenance doivent être pris en compte, ainsi que les contraintes d'exploitation.

La serre sera-t-elle acceptée par les habitants/résidents/copropriétaires/... ? Comment les impliquer ?

Il pourrait non seulement avoir besoin d'être accepté, mais accueilli et attendu. Plusieurs techniques peuvent être utilisées. Vous pouvez organiser des réunions personnelles puis des réunions de groupe.

Mais pour cela, vous devez clarifier les attentes et les craintes des différents usagers et personnes impactées par le projet. Il existe des projets de serres urbaines bloqués et annulés à la suite de plaintes des riverains.

Des outils en ligne peuvent être utilisés à chaque étape, si le face-à-face n'est pas possible. Les premières étapes doivent être faites avant ou au début de la conception de la serre.

Attention : Une fois l'utilisation choisie collectivement, la gestion de la serre ainsi qu'une régulation interne pourraient être nécessaires (et cocréées auparavant).

Ce point est souvent oublié mais il est également crucial dans un tel projet. Ces personnes peuvent être réticentes au début et devenir de véritables ambassadeurs de votre projet si vous prenez le temps avec eux.

Combien coûte la construction d'une serre ?

Comme indiqué dans les questions de construction : une serre en acier coûte environ 175 à 220€/m². Ce coût peut être multiplié de 3 à 15 selon l'adaptation des constructions qui doit être faite ou encore le matériel de production nécessaire.

Comment construire mon business model autour de mon projet ?

Voir la partie APERCU ET STRATEGIE D'UN PROJET du Chapitre PREPARATION.

Comment trouver un toit ?

Quelques clés : votre réseau, la municipalité, le réseau GROOF, Google earth...

Voulez-vous vraiment un toit ? Avez-vous besoin d'une ferme urbaine ? Une serre urbaine ou une RTG ? les toits propices aux serres sont rares, alors trouvez-les, mais préparez aussi un plan B! et promenez-vous dans la ville.

Comment convaincre les investisseurs et les pouvoirs publics de financer et de faire partie du projet ?

Vos arguments doivent être adaptés à chaque prospect : connaître ses besoins et ses craintes pour les rassurer et les convaincre. Montrez-leur ce que votre projet peut leur offrir (ex : image verte et innovante pour les pouvoirs publics...) Montrez en quoi votre projet est différent des autres.

Rappelez-vous : vous n'êtes pas seul. Un projet européen GROOF a déjà développé de solides connaissances sur le sujet !

Comment puis-je trouver un partenaire ?

Avant de trouver un partenaire, il est très important d'être très clair sur la raison pour laquelle vous faites ce projet.

Alors soyez clair avec ce que sont vos compétences, désirs de tâches dans ce projet.

Demandez-vous ensuite quelles sont les compétences complémentaires nécessaires à votre projet.

Si vous êtes très clair avec ces éléments, alors prenez le temps de parler de votre projet à chaque occasion. Des événements professionnels (conférence, master class...) comme des événements privés sont des occasions de partager votre projet et d'entendre parler de quelqu'un qui pourrait être le partenaire idéal. Vous pouvez également créer ces situations en rencontrant les autorités publiques locales, les entreprises, les acteurs de l'agriculture urbaine...

IFSB

SMART CITY INSTITUTE HEC Liège

sostenipra
Sostenibilitat i Prevenció Ambiental

ASTREDHOR
Institut technique de l'horticulture

ebf
energy biosphere food

IfaS Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Groupe One
Nous créons des entreprises durables

LES FERMES DE GALLY

LIÈGE université

cdec
Conseil pour le Développement Economique de la Construction

icta

Centre de Recherches en Agriculture Urbaine

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

CLUSTER ECO CONSTRUCTION

CSTB
le futur en construction