

# **Synergie entre toiture végétalisée et panneaux photovoltaïques**

07.04.2022

Delia Fontaine (OCAN)

Julien Winkelmann (SIG)



A large orange square with a white number '1' inside, connected to a vertical orange line extending from the top of the page.

1

# Contexte général

# Contexte général

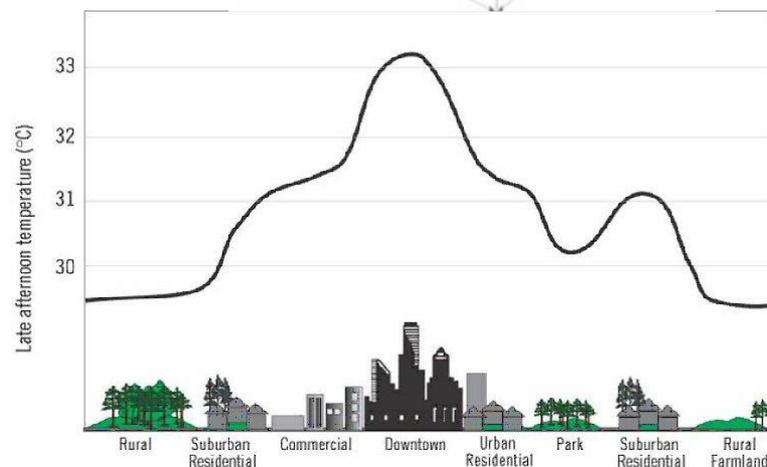
---

- 1. Le Plan directeur de l'énergie 2020-2030 fixe des objectifs ambitieux, mais nécessaires, afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre sur le canton de Genève**
  - ☒ **En accompagnant la diminution de consommation énergétique primaire par habitant**
  - ☒ **En encourageant la production d'énergie renouvelable sur le canton de Genève**
  
- 2. La préservation de la biodiversité constitue un second enjeu majeur pour lequel la confédération et les cantons se sont engagés, notamment au travers de la Stratégie Biodiversité Suisse, la Stratégie Biodiversité du canton de Genève et de leurs plans d'actions respectifs**
  - ☒ **Dans le contexte très urbanisé du canton de Genève, les toitures, par leur végétalisation, sont devenues des espaces favorables à la biodiversité**

# Une approche multifonctionnelle des toitures



- Protection de l'étanchéité du bâtiment
- Amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment
- Réduction de l'effet d'îlot de chaleur
- Amélioration du confort acoustique du bâtiment (-5db)
- Stockage et filtrage des particules fines et du carbone
- Rétention des eaux pluviales et ralentissement de la surcharge du réseau (réduction du ruissellement)
- Création de niches et corridors écologiques pour la biodiversité



# Un système en symbiose

- Création d'un environnement varié pour la flore et la faune grâce à l'ombrage des panneaux photovoltaïques

- Diminution de la température des modules photovoltaïques, gain de rendement d'environ 3%

- Lestage possible des modules grâce au substrat

Devant les panneaux :

- substrat de 8 cm d'épaisseur sur 50 cm de largeur,
- plantes qui ne dépassent pas 20 cm de haut.

Distance entre les panneaux : au moins 80 cm.



Angle de 20°.

Sous les panneaux :

- substrat de 10-14 cm,
- plantes de soleil et mi-ombre qui peuvent atteindre 50 cm.

Base des panneaux à min. 20 cm au-dessus du sol.

*Toitures photovoltaïques – Ambroise Héritier*

## Mais aussi avec certaines contraintes...

---

- 1.** Nécessite une surcharge admissible élevée, ou un renforcement de la dalle selon les systèmes envisagés
- 2.** Densité de panneaux plus faible qu'une centrale solaire (env. 30% en moins)
- 3.** Entretien plus régulier (2-3 / an la première année puis 1-2 / an)

# Normes et Subventions

---

## 1. Normes SIA

- ☒ 261 Actions sur les structures porteuses
- ☒ 271 Étanchéité des bâtiments
- ☒ 312 Végétalisation de toitures
- ☒ 318 Aménagement extérieurs

## 2. Subventions

- ☒ Installation photovoltaïque (rétribution unique + prime SIG)
- ☒ Toiture végétalisée – Programme Nature en Ville de l'État de Genève (jusqu'à 50%)
- ☒ Abattement de la taxe unique de raccordement selon capacité de rétention (composante eau pluviale)

A large orange square with a white number '2' inside, connected to a vertical orange line extending from the top of the page.

2

## Projet et recommandations

# Réflexions d'avant-projet

---

- 1. Objectifs de la végétalisation**
- 2. Besoins en électricité du bâtiment**
- 3. Pente, exposition et hauteur de la toiture**
- 4. Surcharge admissible, dimensions et accessibilité de la toiture**
- 5. Impact visuel sur le bâti**
- 6. Acceptabilité par les usagers**

# Recommandations – Épaisseur substrat

## 1. Épaisseur minimale pour un maintien des communautés végétales sur le canton de Genève

- ☞ 12 cm après tassement

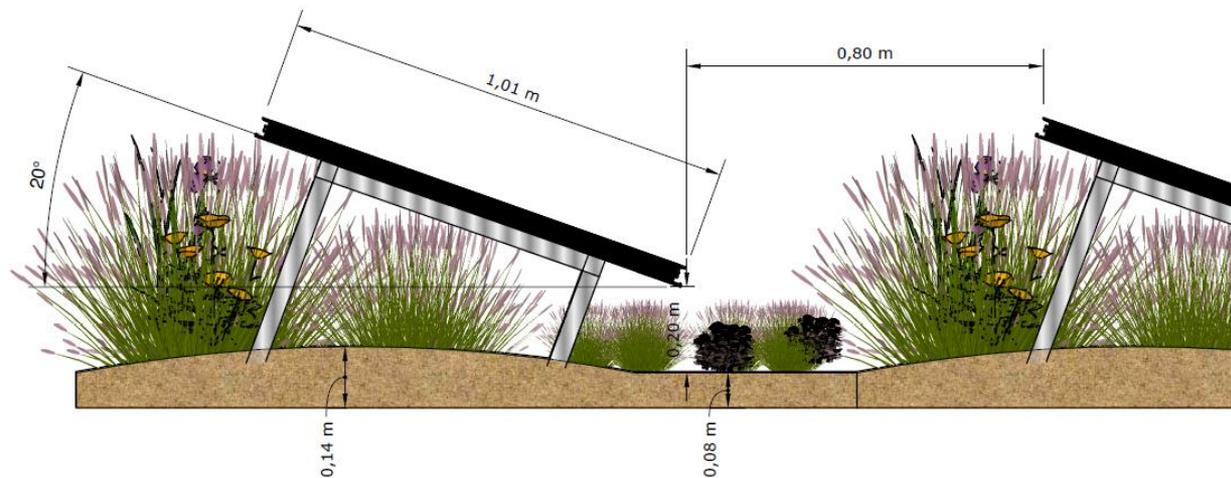
## 2. Toitures biosolaires

- ☞ 8 cm devant les panneaux

☞ Végétation basse ne rentrant pas en concurrence avec les panneaux

- ☞ 12 cm ou plus sous et derrière les panneaux les panneaux

☞ Végétation plus élevée pour bénéficier de l'effet de refroidissement



# Recommandations – Type de substrat

---

- 🌀 **70% de matériaux minéraux rétenteurs d'eau (briques concassées par exemple)**
  - 🌀 **20% de grave de 0.22 et 0.32 de diamètres**
  - 🌀 **5-10% d'éléments riches en matières organiques (compost)**
- Dans la mesure du possible valoriser les matériaux disponibles localement (tout-venant, paille, copeaux, feuilles mortes, terre limoneuse, brique/tuile pilées, etc.)

# Recommandations – Ensemencement

---

- 1. Utilisation de mélanges grainiers locaux (type «mélange-Genève») disponibles chez certains semenciers (OH et UFA)**
  - ☒ **plantes sauvages indigènes adaptées aux toitures, sans graminées**
  - ☒ **provenance du bassin lémanique**
  - ☒ **Ensemencement en automne ou au printemps**
- 2. Possibilité de compléter par des plantations en mottes**
- 3. Utilisation de fleur de foin (prairies fleuries xérophiles fauchées en juin puis épandues sur la toiture)**

# Recommandations – Biodiversité / Entretien

## 1. Des mesures complémentaires pour renforcer la qualité :

- ☒ Mise en place de 2 ou plusieurs types de substrats différent
- ☒ Élément(s) de jonction fonctionnel(s) entre le sol et la toiture (façades végétalisées, plantes grimpantes, murs en pierres)
- ☒ Mare temporaire ou alimentée
- ☒ Abri(s)/hôtel(s) à insectes
- ☒ Bois mort / tas de branches
- ☒ Tas de pierres
- ☒ Lentille(s) de sable
- ☒ Toute autre mesure spécifique validée par l'Etat de Genève
- ☒ nichoir(s) à oiseaux / chauve-souris

## 2. Entretien

- ☒ 2-3 interventions la 1<sup>ère</sup> année, puis 1-2 interventions par année
- ☒ Pas d'arrosage, sauf arrosage exceptionnel lors de la 1<sup>ère</sup> année en cas de période de sécheresse.
- ☒ Insecticides, herbicides et fongicides interdits

A large orange square with a white number '3' inside, connected to a vertical orange line above it.

**3**

# **Solutions techniques**

# Les différents systèmes – Mono-orientation

## 1. Orientation SUD

- ☒ Place pour la végétation
- ☒ Place pour l'entretien
- ☒ Faible GCR
- ☒ Courbe de puissance (-)



ZinCo



Copyright Drone Leman ; Benoit Renevey, Ville de Lausanne

# Les différents systèmes – Mono-orientation

## 2. Vertical

- ☒ **Systèmes bifaciaux**
- ☒ **Exposition au vent élevée**
- ☒ **Entretien très facile**
- ☒ **Peu d'encrassement**



ZinCo



Toitures végétalisées et installations photovoltaïques; reech gmbh

# Les différents systèmes – Double-orientation



## 3. Est – Ouest classique

- ☒ **GCR plus élevé**
- ☒ **Entretien compliqué au centre**
- ☒ **Exposition au vent plus faible**
- ☒ **Courbe de puissance (+)**



*Toitures végétalisées et installations photovoltaïques; Bauder*



*Toitures végétalisées et installations photovoltaïques; ASVE*

# Les différents systèmes – Double-orientation

## 4. Est – Ouest papillon

- ☒ **GCR plus élevé**
- ☒ **Entretien simplifié au centre**
- ☒ **Exposition au vent plus élevée**
- ☒ **Courbe de puissance (+)**
- ☒ **La neige peut rester plus longtemps**



*Toitures végétalisées et installations photovoltaïques; ZinCo*



*Toitures végétalisées et installations photovoltaïques; ASVE*

A large orange square with a white number '4' inside, connected to a vertical orange line extending from the top of the page.

4

## Projet de recherche

# Projet PLANETE



***Une collaboration entre HEPIA,  
SIG, SITEL SA et CFPne Lullier***



Insolight

Monocristallins

Semi-  
transparents

## **Objectif de l'étude**

Déterminer un type d'installation idéal que ce soit pour la production d'électricité et le développement de la végétation sans que l'un et l'autre ne rentrent en concurrence

## **Modalités**

- ☒ **2 épaisseurs de substrat** (8 et 12 cm, substrat Ricoter pour toiture végétalisée)
- ☒ **3 types de panneaux** (monocristallins 335 Wp, semi-transparents 310 Wp, Insolight 106 Wp)
- ☒ **3 orientations** (sud, est, ouest)

## **Deux projets pilotes**

- ☒ Centre horticole de Lullier (27,4 kWc)
- ☒ STEP d'Aïre (95,9 kWc)

# Projet PLANETE



## Paramètres étudiés

- ☒ Microclimat (stations météorologiques)
- ☒ Végétation (inventaires floristiques)
- ☒ Entomofaune (piégeage d'insectes)
- ☒ Production électrique (monitoring)

## Mise en service des centrales

- ☒ Centre horticole de Lullier  
→ octobre 2020
- ☒ STEP d'Aïre  
→ Octobre 2021



## Résultats futurs attendus

- Différence de productivité selon l'épaisseur du substrat (masque de la végétation, refroidissement des capteurs par la végétation)
- Communautés végétales et entomologiques différentes selon l'épaisseur de substrat, la disposition des modules et le type de module
- Effet de la végétation et de l'installation sur le microclimat