

→ Architectes et professionnels du secteur de la construction

### Fiche 4.2 : La compatibilité entre les panneaux solaires et la conception des toitures vertes



Plus d'infos :

<http://www.bruxellesenvironnement.be/batimentsexemplaires>

→ Architectes et professionnels du secteur de la construction



# LA COMPATIBILITE ENTRE LES PANNEAUX SOLAIRES ET LA CONCEPTION DES TOITURES VERTES

## SOMMAIRE

<b>ENJEUX</b> .....	<b>3</b>
<b>DEMARCHE</b> .....	<b>4</b>
1. COMPATIBILITE ENTRE LES PANNEAUX SOLAIRES ET LES TOITURES VERTES.....	4
1.1. <i>Le surdimensionnement de la structure portante de la toiture</i> .....	4
1.2. <i>La surchauffe</i> .....	7
1.3. <i>La pérennité des installations solaires et du complexe de toiture</i> .....	8
1.4. <i>L'ombrage occasionné par les panneaux solaires</i> .....	8
1.5. <i>La récupération d'eau de pluie</i> .....	10
2. MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE COMBINEE A UNE TOITURE VERTE.....	11
2.1. <i>La structure d'accroche des panneaux</i> .....	11
2.2. <i>La gestion des eaux de ruissellement</i> .....	12
2.3. <i>L'entretien</i> .....	13
<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>14</b>

## PUBLIC-CIBLE

Architectes et professionnels du secteur de la construction



## ENJEUX

Autant les panneaux solaires (thermiques ou photovoltaïques) que les toitures vertes (extensives ou intensives) présentent des **aspects intéressants en termes de développement durable** :

- D'un côté, on traite des aspects énergétiques : on valorise une source d'énergie renouvelable et on limite ainsi les consommations énergétiques fossiles et l'émission de gaz à effet de serre.
- D'un autre côté, on traite des aspects liés à la biodiversité, à la gestion de l'eau de pluie et à l'**amélioration du micro-climat urbain** (surchauffes, qualité de l'air, acoustique...).

Il est donc difficile d'évaluer la priorité à donner à l'une ou l'autre de ces mesures qui permettent toutes deux de réduire l'impact environnemental des bâtiments.

**Tout dépend de la priorité environnementale que l'on fixe pour le projet : priorité à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou priorité à la biodiversité, la gestion de l'eau de pluie et du microclimat en site urbain.**

Dans le cadre de cette fiche, nous tenterons donc de dresser les impacts des deux mesures l'une sur l'autre et les avantages qu'éventuellement elles peuvent tirer l'une de l'autre.

### Cadre législatif en Région Bruxelles Capitale

- L'article 13 du chapitre 4, titre I : « Abords » du Règlement Régional d'Urbanisme (RRU) prévoit que « les toitures plates non accessibles de plus de 100 m<sup>2</sup> doivent être aménagées en toitures verdurisées ». Ainsi toutes les toitures :
  - accessibles uniquement pour des raisons techniques ;
  - qui ne sont pas aménagées « à des fins de séjour » ;
  - et qui ont plus de 100 m<sup>2</sup>.sont soumises à l'imposition de verdurisation prescrite à l'article 13 du RRU.
- Selon le RRU, l'accessibilité partielle d'une toiture plate ne dispense pas de l'aménagement d'une toiture verte sur la partie non accessible de celle-ci.
- Par ailleurs, dans le cadre de l'appel à projets exemplaires de Bruxelles Environnement - IBGE, des primes Énergie et des primes communales, la Région de Bruxelles-Capitale a mis en place une série de recommandations énergétiques et environnementales :
  - Autant Bruxelles Environnement – IBGE que les communes soutiennent le recours aux panneaux solaires photovoltaïques (production d'électricité renouvelable) et thermiques (part minimale de la consommation d'énergie primaire pour l'eau chaude sanitaire de nature renouvelable).
  - Bruxelles Environnement – IBGE et certaines communes (Anderlecht, Etterbeek, Evere, Saint-Josse et Uccle) favorisent, par le biais de primes à l'investissement, les toitures vertes pour les toitures qui n'entrent pas de le cadre du RRU : entre 10 et 100m<sup>2</sup>.



# DEMARCHE

## 1. COMPATIBILITE ENTRE LES PANNEAUX SOLAIRES ET LES TOITURES VERTES

### Les éléments contraignant :

- Le surdimensionnement de la structure portante de la toiture
- La surchauffe et l'implication sur le rendement des panneaux solaires
- L'ombrage occasionné sur les végétaux et le choix de végétaux approprié
- La pérennité des installations solaires et du complexe de toiture
- La compatibilité avec la récupération d'eau de pluie

### 1.1. Le surdimensionnement de la structure portante de la toiture

Toutes les toitures disposent de surcharges d'exploitation liées à leur accessibilité (entretien, réparations...). Les toitures accessibles (terrasses existantes) disposent, elles, d'une surcharge d'exploitation plus importante dépendant de la fonction du bâtiment.

SURCHARGES	Toiture inaccessible	Toiture accessible		
		Habitation	Bureaux	Autres
Exploitation	• +/-80kg/m <sup>2</sup>	• +/-200kg/m <sup>2</sup>	• +/-300kg/m <sup>2</sup>	• +/-250 à 750kg/m <sup>2</sup>
Charges ponctuelles	• +/-150kg	• +/-200kg	• +/-300kg	• +/-400 à 2.000kg
Neige (<100m altitude) ou lame d'eau (5cm : orage)	• +/-50kg/m <sup>2</sup>	• +/-50kg/m <sup>2</sup>		
<b>SURCHARGES DES TOITURES</b>	• 130kg/m <sup>2</sup> (et ponctuellement 150kg)	• De 250 à 800kg/m <sup>2</sup> (et ponctuellement de 200 à 2.000kg)		

- Les panneaux solaires exercent différents efforts sur la structure de la toiture. On doit prendre en compte :
  - Le poids propre des panneaux qui est généralement peu significatif ;
  - Le lestage des panneaux : en cas de toiture plate ;
  - La pression du vent qui peut représenter, quant à elle, une certaine charge supplémentaire : fonction de la hauteur du bâtiment et des caractéristiques du terrain.

SURCHARGES	Panneaux photovoltaïques	Capteurs thermiques
Panneaux	• +/-15kg/m <sup>2</sup>	• +/-25kg/m <sup>2</sup>
Lestage	• +/-100kg/m <sup>2</sup>	• +/-100kg/m <sup>2</sup>
Vent	• Dépend de la hauteur du bâtiment, de la surface de toiture, de la surface de panneaux et de la vitesse du vent	• Dépend de la hauteur du bâtiment, de la surface de toiture, de la surface de panneaux et de la vitesse du vent
<b>SURCHARGE SUPPLEMENTAIRE MINIMALE</b>	• +/-115 kg/m <sup>2</sup>	• +/-125kg/m <sup>2</sup>

Le poids des panneaux, y compris le lestage, sera généralement proche d'une toiture verte extensive.



- La surcharge induite par la toiture verte sera essentiellement dépendante :
  - Du type de substrat et, évidemment, de l'épaisseur de substrat mis en œuvre ;
  - Les contraintes climatiques, comme la neige, induiront des surcharges importantes étant donné le rôle de rétention des toitures vertes. Les toitures vertes retiennent l'eau et la neige en plus grande quantité et plus longtemps ;
  - Selon la NBN B51 002, il faut prendre en compte 2,5 fois la charge maximale d'enneigement prévue pour la région dans le calcul de dimensionnement structurel de la toiture.

TYPES DE TOITURES VERTES	Surcharges par temps pluvieux	Surcharges en cas de neige
<b>Toitures vertes extensives :</b> 2-4cm de substrat pour des plantations de type mousses / sedums	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si substrat allégé (roches volcaniques, billes de terre cuite...) : <b>+/-60kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• Si l'on met en œuvre de la terre arable, une surcharge de +/-50% doit être considérée soit <b>90 à 100kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• (poids à saturation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-125kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Soit une surcharge de <b>75kg/m<sup>2</sup></b> par rapport à une toiture 'nue'</li> </ul>
SURCHARGE SUPPLEMENTAIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-135 à 175kg/m<sup>2</sup></li> </ul>	
<b>Toitures vertes extensives :</b> 4-6cm de substrat pour des plantations de type sedums / mousses (complexe < 10cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si substrat allégé (roches volcaniques, billes de terre cuite...) : <b>+/-90kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• Si l'on met en œuvre de la terre arable, une surcharge de +/-50% doit être considérée soit <b>135kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• (poids à saturation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-125kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Soit une surcharge de <b>75kg/m<sup>2</sup></b> par rapport à une toiture 'nue'</li> </ul>
SURCHARGE SUPPLEMENTAIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-165 à 210kg/m<sup>2</sup></li> </ul>	
<b>Toitures vertes extensives :</b> 6-10cm de substrat pour des plantations de type sedums / épices (complexe < 15cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si substrat allégé (roches volcaniques, billes de terre cuite...) : <b>+/-120kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• Si l'on met en œuvre de la terre arable, une surcharge de +/-50% doit être considérée soit <b>180kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• (poids à saturation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-125kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Soit une surcharge de <b>75kg/m<sup>2</sup></b> par rapport à une toiture 'nue'</li> </ul>
SURCHARGE SUPPLEMENTAIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>+/-195 à 355kg/m<sup>2</sup></b></li> </ul>	
<b>Toitures vertes semi-intensives :</b> Au-delà de 10cm de substrat pour des plantations de type graminées (complexe > 15cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si substrat allégé (roches volcaniques, billes de terre cuite...) : <b>&gt;200kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• Si l'on met en œuvre de la terre arable, une surcharge de +/-50% doit être considérée soit <b>&gt;300kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• (poids à saturation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-125kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Soit une surcharge de <b>75kg/m<sup>2</sup></b> par rapport à une toiture 'nue'</li> </ul>



SURCHARGE SUPPLEMENTAIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>+/-195 à 375kg/m<sup>2</sup></b></li> </ul>	
<b>Toitures vertes intensives :</b> Au-delà de 20cm de substrat pour des plantations de type graminées → arbustes (complexe > 25cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si substrat allégé (roches volcaniques, billes de terre cuite...) : <b>&gt;300kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• Si l'on met en œuvre de la terre arable, une surcharge de +/-50% doit être considérée soit <b>&gt;450kg/m<sup>2</sup></b></li> <li>• (poids à saturation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/-125kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Soit une surcharge de <b>75kg/m<sup>2</sup></b> par rapport à une toiture 'nue</li> </ul>
SURCHARGE SUPPLEMENTAIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>+/-375 à 525kg/m<sup>2</sup></b></li> </ul>	

En toiture plate, l'intégration des panneaux solaires sur une toiture verte permet de limiter le lestage supplémentaire des panneaux puisque celui-ci peut être réalisé par le complexe de toiture verte (pour une toiture verte extensive suffisamment 'lourde' : entre 10 et 15cm). La surcharge par rapport à la toiture verte seule ne proviendrait que du poids propre du panneau (15 à 25kg), du cadre d'accroche et de la pression des vents.

## En rénovation

**Les surcharges sont-elles acceptables en rénovation ? Privilégiera-t-on plutôt les panneaux solaires que les toitures vertes ?**

- En général, vu le faible poids de certaines toitures vertes extensives, celles-ci pourront être implantées sur la majorité des toitures à partir du moment où l'on choisi un substrat allégé sur une faible épaisseur.
  - La combinaison d'une toiture extensive et de panneaux solaires est tout à fait compatible avec la rénovation d'une toiture existante accessible.
  - Sur les toitures plates inaccessibles, un arbitrage devra souvent être réalisé entre la pose de toitures vertes extensives et la pose de panneaux solaires.
    - La marge, en termes de stabilité pour l'implantation de panneaux solaires, est donc restreinte : poids du lestage.
    - La surcharge en cas de neige pose aussi un problème dans le cadre de toitures vertes.
  - Sur les toitures inclinées, l'implantation de panneaux solaires et/ou d'une toiture verte extensive ne posera pas de problèmes. La couverture de toiture sera soit une toiture verte extensive (possible jusqu'à 35° grâce à des caissons) soit des panneaux solaires ou la combinaison des deux (prendre en compte la gestion des eaux de ruissellement si la toiture verte se trouve en amont des panneaux solaires).
- Le recours à des toitures vertes intensives devra être défini au cas par cas.
- Si les surcharges maximales admissibles de la toiture existante sont limitées :
  - On peut toujours envisager la réalisation de toitures vertes légères avec 2 à 4cm de substrat uniquement (max. 60kg/m<sup>2</sup>). Le substrat ne sert que de relais au développement des plantations ;
  - Au droit des structures portantes, qui permettent la reprise de surcharges plus importantes, on pourra envisager la création de bacs ou de retenues de terre permettant des épaisseurs de substrat plus importantes. On peut ainsi créer ponctuellement des zones de plantations plus fournies. De la même manière, les panneaux solaires pourraient être implantés localement au droit des structures portantes.





Sources : CSTC, NIT 229 – Immeuble IVG Ariane, Luxembourg (Arch-paysagiste: Bernard Capelle 2005) – bâtiment du Comité Économique et Social Européen et du Comité des Régions, Bruxelles (Paysagiste : Créer&Entreprendre/photo : Laurent Dinaer 2004)

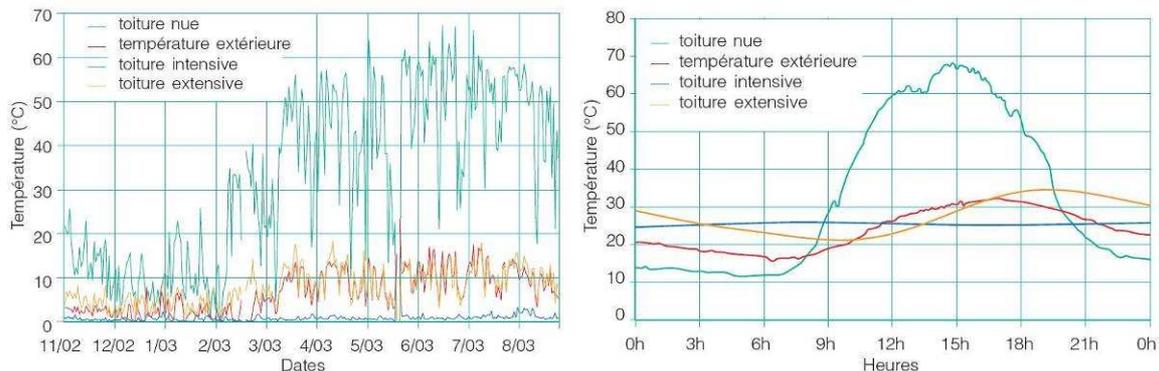
*L'intégration des panneaux solaires et d'une toiture verte est possible pour autant que les surcharges admissibles de la toiture soient suffisantes (prendre en compte la problématique de la neige sur les toitures vertes).*

*On veillera néanmoins à demander conseil auprès d'un bureau d'études en stabilité avant l'installation de ces techniques sur une toiture existante.*

## 1.2. La surchauffe

### **Les toitures vertes influent-elles sur le rendement d'une installation solaire photovoltaïque ?**

En fonction du type de revêtement, les températures en surface de la toiture peuvent atteindre des niveaux assez importants : jusqu'à 70 à 80°C par une journée chaude d'été sur une toiture laissée sans couverture (étanchéité bitumée apparente).



Fluctuation quotidienne de la température de surface d'une toiture en fonction du revêtement au cours d'une année et au cours d'un jour d'été chaud (Source : CSTC « [NIT 229 - Les toitures vertes](#) »).

Or en été, les panneaux photovoltaïques sont soumis à une surchauffe importante et ont tendance à perdre de l'efficacité (en fonction de la température des cellules). Ainsi, le rendement sera amélioré lorsque la face arrière des panneaux est bien ventilée, ce qui est généralement le cas sur les toitures plates.

- Pour des panneaux à cellules mono – ou poly-cristallines, chaque degré au-dessus de 25°C entraîne une perte de rendement de 0,5%. À 80 degrés (étanchéité bitumée apparente), le rendement d'un panneau solaire photovoltaïque peut baisser de 1/4. Mais cette condition ne se rencontre que si le panneau est placé à même la toiture, ce qui est rarement le cas. Généralement la variation de rendement se situe entre 1 et 12% en fonction de la ventilation effective du panneau.
- La mise en place des panneaux parallèlement à la pente de la toiture (toiture inclinée) induit généralement une baisse de rendement de 2 à 5% (lame d'air présente entre le panneau et la couverture de toiture).
- Avec une toiture verte, la surchauffe en surface de la couverture de toiture peut être limitée à la température extérieure permettant de réduire la surchauffe de l'ambiance et globalement la perte de rendement. Mais ce gain est limité à quelques pourcents.

*Les toitures vertes, le substrat, les plantations et leur évapo(transpi)ration permettent d'améliorer le rendement des installations photovoltaïques. Elles auront un rôle sur le rafraîchissement des panneaux photovoltaïques en*



*été, et notamment sur la face arrière du panneau, pour autant que les plantes soient adaptées à un ombrage quasi permanent. Dans tous les cas, on privilégiera un cadre blanc comme support aux cellules photovoltaïques pour limiter la surchauffe directe du panneau).*

## **Surchauffe et capteurs solaires thermiques**

### **Les toitures vertes influent-elles sur le rendement d'une installation solaire thermique ?**

- La surchauffe estivale a moins d'effet sur le rendement de l'installation thermique mais peut provoquer des dégâts sur les composants de l'installation : vieillissement prématuré du liquide caloporteur (glycol), dégradation du circuit de distribution et des ballons solaires.
  - On estime qu'à partir de 170°C dans les capteurs et dans le circuit solaire, le fluide caloporteur se dégrade rapidement.

*Le même effet d'amortisseur thermique peut être intéressant dans le cadre d'une installation de capteurs solaires thermiques (limiter la surchauffe dans l'installation). Néanmoins, ce rôle est minimisé par une bonne isolation des conduits de l'installation solaire (généralement recommandée).*

## **Surchauffe et confort d'été**

### **Les toitures vertes participent-elles au confort estival des bâtiments ?**

- Le complexe de toiture verte permet grâce au substrat, et aux éléments de stockage temporaire d'eau, de limiter l'échauffement en surface de la toiture par rapport à une membrane d'étanchéité laissée 'nue'. Mais son rôle sur le confort thermique estival des locaux situés en dessous est limité et dépend essentiellement de l'isolation thermique de la toiture.

*Plus on isole la toiture (cas des Bâtiments Exemplaires), moins les toitures vertes ont un intérêt dans la diminution des besoins de rafraîchissement dans les locaux situés en dessous.*

## **1.3. La pérennité des installations solaires et du complexe de toiture**

### **Quels impacts peuvent avoir les toitures vertes sur la durée de vie des installations solaires et des toitures ?**

- La toiture verte aura un effet bénéfique sur le vieillissement du complexe d'étanchéité :
  - Elle protège les membranes du rayonnement solaire (UV et infrarouge), de la grêle, des changements brusques de température (exemple d'un orage estival après une journée chaude), des plantations parasites (la toiture verte est munie d'une membrane anti-racine), des détériorations dues aux animaux (oiseaux, souris...)...
  - La pose de plots en béton directement sur l'étanchéité (pour le lestage des panneaux solaires) peut être une source de déchirement des membranes d'étanchéité. Si le lestage est réalisé par la toiture verte (substrat) le risque de dégradation des membranes d'étanchéité est limité.
- La toiture verte peut améliorer partiellement la protection physique des gainages réalisés autour des conduits des installations solaires. Elle limitera les fluctuations de température pour les gaines placées sous le substrat.

*La toiture verte peut améliorer la protection physique des membranes d'étanchéité et des circuits solaires (thermiques et photovoltaïques). Notons néanmoins, qu'étant donné l'humidité plus importante induite par la toiture verte par évapo(transpi)ration des plantes, on veillera à ce que les conduites et les raccords (autant enterrés qu'aériens) soient suffisamment protégés : isolation thermique des gaines et des raccords résistante à l'humidité, capotage étanche,...*

## **1.4. L'ombrage occasionné par les panneaux solaires**

### **Quel impact peut avoir l'ombre portée des panneaux sur les plantations ?**

- L'implantation de panneaux solaires, idéalement orientés au sud, crée donc une zone d'ombrage quasi permanent (quelques heures d'ensoleillement le matin et le soir).
  - Néanmoins, cet ombrage est bénéfique, d'une certaine manière, en période estivale sachant que les toitures vertes extensives (faibles épaisseurs de substrat) constituent un environnement difficile pour les



plantations : risque de sécheresse importante, température 'élevée' dans le substrat en comparaison d'une plantation de pleine terre,...

La palette de plantes peut même en être élargie : les conditions de stress de la toiture verte étant réduites. Une étude réalisée sur les toitures vertes à Berlin (Köhler – 2007) montre que l'on peut arriver à une plus grande diversité de plantations au pied des panneaux solaires par rapport aux traditionnels sédums qui sont choisis notamment pour leur très grande résistance aux conditions extrêmes des toitures vertes extensives.



Faible développement des sédums sous les panneaux (Source : [www.architectenweb.nl](http://www.architectenweb.nl)) >< diversité de graminées à l'ombre des panneaux (source : DUNNETT et KINGSBURY « [Toits et murs végétaux](#) »)

- Mais, tous les types de plantes n'apprécieront pas ces conditions d'ombrage en permanence. Les sédums que l'on retrouve souvent en toiture verte sont bien adaptés à la sécheresse des toitures vertes mais préfèrent une exposition au soleil. Ils pousseront donc moins bien sous les panneaux solaires : à déconseiller.
- On veillera donc à choisir parmi la palette de plantes adaptées aux toitures vertes des plantes d'ombre ou de mi-ombre.

Certaines plantes vivaces acceptent bien la disposition à mi-ombre :

- Avec des substrats de 4 à 6cm :



Mazus reptans (jusqu'à 5cm de hauteur) – Raoulia glabra (jusqu'à 5cm de hauteur) – Sagina subutula (jusqu'à 1cm de hauteur) – (Source : Getty Image)

- Avec des substrats de 6 à 12cm :



Asplenium ceterach (15cm) – Cymbalaria muralis (5cm) - Primula vulgaris (10-20cm) – (Source : Getty Image)

- Avec des substrats de 10 à 15cm :



Ajuga pyramidalis (15cm) – Arabis caucasica (15cm) – Asarum caudatum – Bergenia cordifolia (30cm) – Epimedium rubrum (30cm) – (Source : Getty Image)

- Certaines fougères résistent assez bien aux conditions de sécheresses et d'ombres (combinaison avec des panneaux solaires) ;



Davallia (10 à 20cm !) – (Source : Getty Image)

- Certaines graminées acceptent bien la disposition à mi-ombre, pour un substrat de 15 à 20cm :



Luzula nivea (jusqu'à 30cm !) – (Source : Getty Image)

- Nous renvoyons le lecteur vers le « Guide pratique pour la construction et la rénovation durables<sup>1</sup> », recommandation pratique TER 06 « Réaliser des toitures vertes », aborde en détail le sujet de la mise en œuvre de toitures vertes ainsi que les sources d'informations plus détaillées.
- Un autre paramètre concerne la hauteur que peuvent atteindre les plantations. Il est évident que lorsque l'on combine des panneaux solaires avec des plantations, ces dernières ne doivent pas créer d'ombrage sur les panneaux. Ce paramètre est primordial pour les panneaux photovoltaïques. On choisira donc des plantes qui ne montent pas trop haut (moins que le point bas des panneaux) : < +/-20 à 30cm. Un entretien sera nécessaire pour limiter la propagation de la végétation sur les panneaux solaires.
- Le choix des plantations devra intégrer aussi les turbulences dues au vent induites par la présence des panneaux solaires et le risque plus important d'arrachement.

Lors de la conception de la toiture verte, une implantation différenciée des plantations devra se faire en fonction de leur exposition (sous les panneaux ou en rive de toiture). On limitera leur hauteur et leur propagation au niveau des installations solaires : conception de zones de gravier, choix de plantes basses...

## 1.5. La récupération d'eau de pluie

*Les toitures vertes et/ou les panneaux solaires ont-ils un impact sur une installation de récupération d'eau de pluie ?*

**2 points doivent être abordés :**

- La toiture verte est-elle compatible avec la récupération d'eau de pluie ?

<sup>1</sup> <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=2470&langtype=2060>

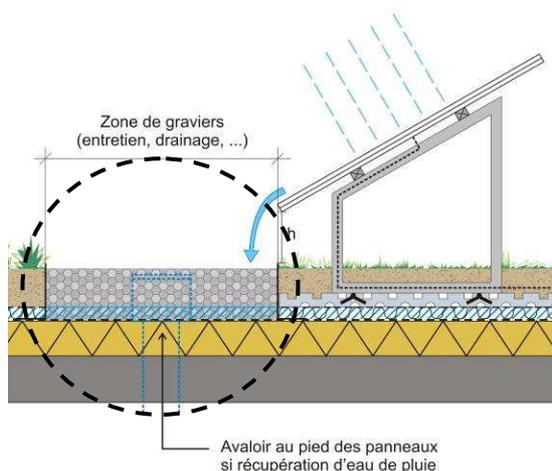
Pour répondre à cette question, nous renvoyons le lecteur vers les ouvrages déjà publiés :

- Le « Guide pratique pour la construction et la rénovation durable », recommandation pratique EAU03 « Récupérer l'eau de pluie », aborde en détail le sujet de la récupération d'eau de pluie et notamment de l'eau de pluie collectée depuis les toitures vertes.
- L'outil réalisé pour la gestion de l'eau de pluie sur la parcelle permet la comparaison de mesures alternatives pour la gestion des eaux de pluie à l'échelle de la parcelle<sup>2</sup>. Cet outil comprend un logiciel de dimensionnement qui permet d'affiner les stratégies de gestion de l'eau de pluie (récupération, infiltration, rétention,...) à l'échelle de la parcelle.

La compatibilité entre toiture verte et récupération d'eau de pluie devra être évaluée au cas par cas en fonction de la surface de toiture disponible, du type de besoins que l'on peut remplacer par de l'eau de pluie (paramètre de qualité), de la densité d'occupation des bâtiments (paramètre de quantité), etc.

L'installation de panneaux solaires combinés à une toiture verte a-t-elle une incidence sur la récupération d'eau de pluie ?

- On peut considérer que les panneaux solaires n'auront aucun impact négatif autant sur la quantité que sur la qualité de l'eau de pluie récoltée. Au contraire, les panneaux solaires seront même favorables à la récupération d'eau de pluie grâce à un ruissellement plus important sur leur surface qui sera concentré au pied des panneaux. La qualité de l'eau de pluie récoltée pourra être conservée (pas d'incidence du ruissellement sur les panneaux : matériau inerte), notamment si certains détails sont étudiés pour faciliter cette collecte :



Exemple de détail en pied de panneaux permettant de faciliter la récolte de l'eau de pluie tout en limitant l'impact du ruissellement sur la toiture verte (érosion localisée du substrat)  
(Source : Matriciel)

## 2. MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE COMBINÉE A UNE TOITURE VERTE

### 2.1. La structure d'accroche des panneaux

Des produits commencent à être développés pour permettre l'intégration de panneaux solaires dans le complexe de toiture verte (en toiture plate). Les solutions techniques sont assez simples à mettre en œuvre et permettent de combiner la fonction de lestage du panneau, de drainage/rétention de l'eau et de protection du complexe d'étanchéités.

<sup>2</sup> <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/Informer.aspx?id=3758&langtype=2060>





Base en aluminium



Base en bois local résistant bien à l'humidité : robinier pseudoacacia



(Source : [www.zinco.de](http://www.zinco.de))

Ces photos sont données à titre illustratif. Cette référence a été choisie car, actuellement, il n'y a pas d'autres systèmes de tel type en Belgique.

*Un bureau d'études en stabilité devra confirmer le niveau de lestage des panneaux par rapport aux contraintes du projet : prise au vent, neige,...*

## Espoir

Dans le projet de logements ESPOIR, la pose de panneaux solaires thermiques et d'une toiture verte a été mise en œuvre. Cette toiture verte est « extensive ». Le lestage de panneaux est constitué par des éléments en béton de type linteau simplement posés sur le substrat.



Figure 1: toiture verte + chauffe eau solaire (Source : Architecte D. Carnoy)

Pour plus d'informations sur le projet Espoir, voir la fiche du **PROJET BATIMENTS EXEMPLAIRES n°60 (2008)**.

## 2.2. La gestion des eaux de ruissellement



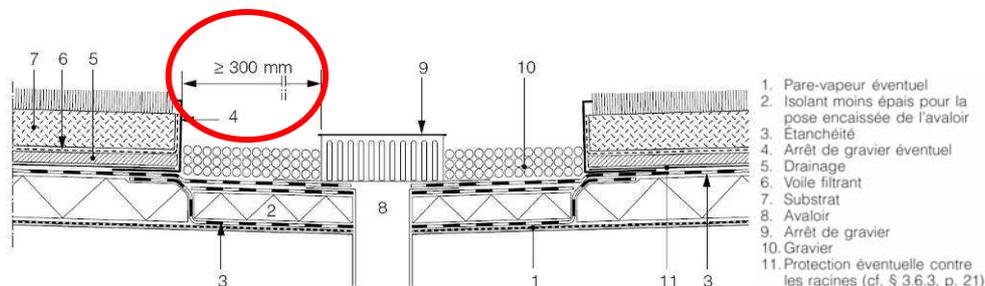
- Les surfaces de panneaux solaires représentent une surface de ruissellement préférentiel et ont tendance à accélérer le ruissellement et son évacuation vers l'exutoire. L'effet des toitures vertes sur l'écroulement des débits de pointe (pour les pluies incidentes annuelles) sera quelque peu limité par la présence de panneaux solaires.
- Un autre effet des panneaux solaires sur les toitures vertes est l'accroissement du ruissellement localisé au pied des panneaux solaires. Des altérations du complexe de toiture verte peuvent apparaître : saturation plus importante en eau (pourrissement des racines si l'évacuation n'est pas optimale), effet de battance du ruissellement entraînant une érosion localisée du substrat...
  - On veillera donc à aménager des zones de récolte en gravier au pied des panneaux solaires pour drainer l'eau et limiter l'érosion du substrat.

Les toitures vertes sont intéressantes pour la collecte des pluies courantes, le stockage et l'évapo(transpi)ration de l'eau de pluie et son évacuation différée. Les panneaux solaires implantés seuls sur une toiture sont défavorables à la gestion de l'eau de ruissellement : ils accentuent le ruissellement sur la toiture et vers la toiture verte.

On peut considérer que la combinaison entre les toitures vertes et les panneaux solaires est intéressante pour la gestion des pluies courantes. Mais il faut pour cela veiller à soigner la conception des raccords entre les deux techniques.

### 2.3. L'entretien

- Des aménagements permettront la circulation des personnes pour effectuer l'entretien des installations solaires sans endommager les plantations et le complexe de toiture verte : zones en gravier, dalles béton sur plots, caillebotis bois sur plots...
  - Les zones de graviers représentent aussi des zones qui limitent la propagation des plantes vers les installations solaires. Elles permettent d'avoir accès aux avaloirs et d'éviter leur colmatage par la végétation ou le substrat.



(Source : CSTC « NIT 229 - Les toitures vertes »)

- En prenant en compte la surface de panneaux solaires, les zones de gravier disposées en pourtour de toiture, au niveau des avaloirs et pour permettre l'accès aux installations solaires, la zone dédiée à la toiture verte peut être fortement réduite.

En fonction de la surface de toiture disponible, la pertinence de l'implantation d'une toiture verte devra être évaluée. Il ne faut pas que la toiture verte se réduise à quelques mètres carrés disséminés autour des panneaux (continuité et pérennité des plantations).

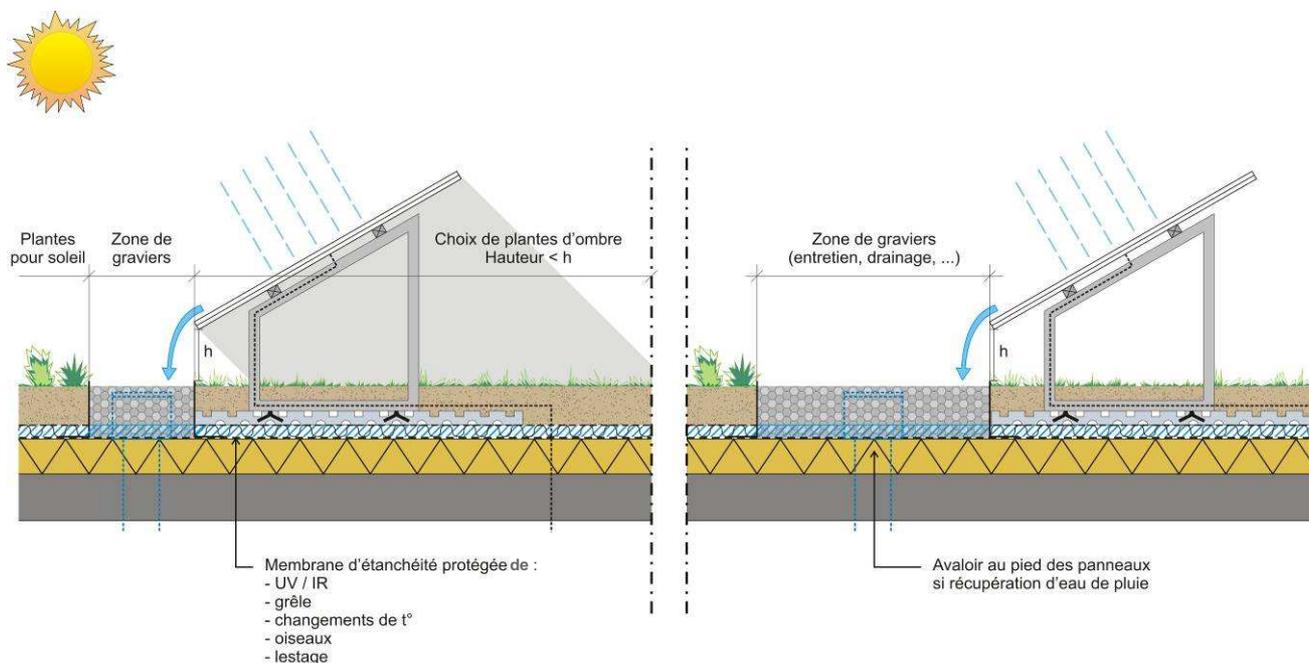
## CONCLUSIONS

L'installation de panneaux solaires (photovoltaïques ou thermiques) sur une toiture verte n'est pas incompatible. Certains avantages peuvent même être retirés de cette combinaison :

- intégration du lestage des panneaux solaires avec le complexe de toiture verte ;
- amélioration du rendement des panneaux solaires (photovoltaïques) ;
- protection physique des membranes d'étanchéité et des circuits solaires ;

Mais afin d'assurer la pérennité des installations, il y a lieu de s'assurer de l'intégration au moment de la conception de certains principes :

- réaliser une implantation différenciée des plantes en fonction de la variation d'exposition (plantes adaptées à un ombrage quasi permanent sous les panneaux) et en fonction de la proximité des panneaux solaires (éviter que les plantes ne créent un ombrage sur les panneaux) ;
- Assurer une bonne évacuation des eaux pluviales, notamment à proximité des panneaux solaires : protection des avaloirs, gestion du ruissellement, garantir la facilité d'entretien des panneaux solaires, s'assurer du choix des matériaux (risques de corrosion, protection des conduits,...), etc.



(Source : MATRIciel)

**En rénovation**, l'intégration des panneaux solaires et d'une toiture verte est possible pour autant que les surcharges admissibles de la toiture soient suffisantes :

- Des solutions architecturales existent qui permettent de localiser les surcharges au niveau des structures portantes principales.
- On veillera néanmoins à demander conseil auprès d'un bureau d'études en stabilité avant l'installation de ces techniques sur une toiture existante.

*En fonction de la surface de toiture disponible, des besoins de récupération d'eau de pluie, du site d'implantation du bâtiment, la pertinence de la combinaison d'une toiture verte et d'une installation solaire (thermique ou photovoltaïque) devra être évaluée. Lors de la combinaison des deux techniques, la conception devra être soignée pour limiter les risques identifiés.*



INFOS



02 775 75 75  
[www.bruxellesenvironnement.be](http://www.bruxellesenvironnement.be)

Rédaction : MATRIciel

Comité de lecture : Bruxelles Environnement - IBGE

Editeurs responsables : J.-P. Hannequart & E. schamp – Gulledelle 100 – 1200 Bruxelles

