

Description

Titre de l'invention : TOITURES ET FACADES VEGETALISEES PHOTOVOLTAÏQUES

Domaine de l'invention

- [0001] La présente invention concerne le domaine des toitures et des façades à valeur ajoutée et plus particulièrement des toitures et façades végétalisées équipées de panneaux photovoltaïques orientables.
- [0002] Un exemple est illustré par le projet PROOF (Photovoltaic and green ROOF) mené par le l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), associant toiture végétalisée extensive (TVE) et panneau photovoltaïque, pour répondre à différents bénéfices :
- L'énergie solaire incidente en période estivale dissipée par une toiture végétalisée sous forme de flux de chaleur latente principalement, crée une diminution de la température d'air localisée et fournit les conditions favorables à l'augmentation du rendement électrique d'un panneau photovoltaïque ;
 - Une toiture végétalisée extensive avec une structure pouvant stocker les eaux pluviales, favorise les flux d'évapotranspiration et peut, dès lors encore améliorer le rendement du panneau ;
 - A l'échelle du bâtiment, le bilan énergétique global (production/consommation énergétique à l'usage + énergie grise) est plus avantageux pour un système combiné que pour une toiture terrasse nue ou végétalisée standard ;
 - Par rapport à une configuration classique de toiture, un système combiné rend des services écosystémiques supplémentaires, évaluables et valorisables à l'échelle du quartier.
- [0003] La combinaison d'une toiture végétalisée et de panneaux solaires améliore les performances énergétiques : Le végétal capture les poussières et particules, qui finissent donc moins sur les panneaux solaires. En prime, par l'évapotranspiration des plantes, l'air est plus frais, ce qui permet de refroidir les panneaux solaires. Ils absorbent ainsi moins de chaleur, pour un meilleur rendement. La combinaison entre le végétal à proximité d'un équipement solaire augmente de ce fait la production d'énergie tout en améliorant l'isolation du bâtiment.
- [0004] À Sidney par exemple, une différence de près de 20 degrés Celsius entre une surface solaire et une surface hybride végétalisation/panneaux solaire a été constatée.
- [0005] La combinaison d'une toiture végétalisée et de panneaux solaires orientables permet également de protéger la végétation du rayonnement solaire direct par l'ombre portée des panneaux situé entre la toiture végétale et le soleil. Cette protection ombragée

permet une limitation des flux d'évapotranspiration et contribue à une économie de la consommation en eau liée à l'irrigation.

Etat de la technique

- [0006] Le brevet SE414804 décrit des toits extérieurs pour bâtiments destinés à être envahis par la végétation et comprenant une couche sous-jacente imperméable à l'eau et une couche de matériau au-dessus de laquelle des plantes, en particulier de l'herbe et similaires, peuvent pousser, caractérisés en ce que le sous-jacente, imperméable à l'eau, la couche est constituée de feuilles ondulées agencées avec leurs rainures s'étendant dans la direction inclinée de la surface du toit, et ladite couche cultivable consiste en une pluralité de feuilles séparées d'un matériau dans lequel les plantes peuvent se développer, lesquelles feuilles sont placées les unes à côté des autres et à une certaine distance les unes des autres au moins dans la direction inclinée de la surface du toit sur les feuilles ondulées sous-jacentes et sont maintenues sur celles-ci au moyen des mêmes moyens de maintien.
- [0007] Le brevet KR101572859B1 décrit un support d'installation photovoltaïque, et plus particulièrement, pour installer une installation photovoltaïque capable de produire une énergie solaire représentative parmi les énergies renouvelables en tout lieu et de minimiser l'installation de la structure qui y est utilisée.
- [0008] Le brevet KR101572859 décrit un système de verdissement hybride pour le toit hors toit qui est installé sur le dessus du toit hors toit pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment sur lequel le toit hors toit est installé et pour réduire le débit d'eau de pluie par temps de pluie. Une unité de végétation ayant une paroi de séparation et ayant une surface supérieure formée dans celle-ci et installée dans la plaque de toit.
- [0009] Le brevet KR20130142977 décrit un système de module de cellule solaire permettant à une cellule solaire d'être installée de manière stable dans un toit.
- [0010] Le modelé d'utilité CN204392150 décrit un module photovoltaïque avec une toiture sans support de rail de guidage photovoltaïque, il est caractérisé en ce que, comprenant : un connecteur de module photovoltaïque, est connecté au module photovoltaïque ; l'élément de serrage, est connecté à la toiture, avec une rotation entre le connecteur de module photovoltaïque et l'élément de serrage.
- [0011] Inconvénients de l'art antérieur
- [0012] Les solutions de l'art antérieur présentent plusieurs inconvénients. En premier lieu, elles ajoutent une charge importante sur le toit et la structure du bâtiment, ce qui rend la solution inapplicable pour beaucoup de constructions dont la résistance n'est pas suffisante.
- [0013] Les solutions de l'art antérieur se dégrade par ailleurs rapidement car les panneaux solaires créent un ombrage peut favorable à la croissance végétale.

- [0014] Enfin, la prise au vent de ces solutions de l'art antérieur est importante, et dans des zones connaissant des conditions atmosphériques sévères (vents forts, tempêtes, cyclones), ces solutions ne sont pas appropriées.
- [0015] Les solutions de l'art antérieur limitent le temps d'exposition optimal au rayonnement solaire car les panneaux photovoltaïques sont disposés de manière fixe et immobile.
- [0016] Solution apportée par l'invention
- [0017] Afin de remédier aux inconvénients de l'art antérieur, la présente invention concerne selon son acception la plus générale un système de toiture végétalisée caractérisé en ce qu'il comprend :
- a. un support formé par un assemblage de tôles pliées
 - b. des modules végétalisés comprenant chacun une membrane d'étanchéité et un complexe de culture multicouche comprenant successivement au moins un premier matériau synthétique fibreux et un grillage souple
 - c. une pluralité de panneaux photovoltaïques orientables.
- Description détaillée d'un exemple non limitatif de réalisation
- [0018] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, concernant un exemple non limitatif de réalisation illustré par les dessins annexés où :
- [0019] [Fig.1] la [Fig.1] représente une vue en perspective de trois-quarts dessus d'un système selon l'invention
- [0020] [Fig.2] la [Fig.2] représente une vue en coupe d'un système selon l'invention.
- [0021] Principe général de l'invention
- [0022] L'invention est basée sur un système modulaire d'aménagement d'une toiture, notamment d'une toiture plane sans limite d'inclinaison ou d'un toit terrasse consistant à déposer un support formé par des plaques de tôles métalliques pliées (10) ou tout autre matériaux (béton, zinc, ardoise, bois, etc), par exemple des tôles de couverture ou de bardage présentant des nervures parallèles. De telles tôles sont, de manière courante, utilisées en revêtement d'un bâtiment, que ce soit en toiture ou en façade. Il existe, de manière connue, des tôles équipées de nervures identiques et mitoyennes. Une telle unicité permet d'empiler plusieurs tôles, ce qui facilite le stockage et le transport. En revanche, cela implique que l'on transporte et/ou on stocke des tôles d'un type donné, donc pour réaliser un revêtement de bâtiment uniforme, au moins en ce qui concerne la configuration des nervures des tôles.
- [0023] Le terme « nervurée » doit être compris ici comme désignant un relief, positif ou négatif, donc en creux ou en bosse ménagé sur la tôle. Ce relief est à une altitude différente de celle du plan moyen de la tôle. La forme, le nombre et/ou la répartition des nervures sur la tôle sont variables. Les nervures sont parallèles entre elles. Les nervures sont identiques sur une même tôle ou forment un motif se répétant sur chaque tôle.

- [0024] Le système comporte aussi des panneaux photovoltaïques (21, 22, 23) positionnés au moins partiellement au-dessus des zones végétalisées de façon à bénéficier à la fois du rafraîchissement par les végétaux, améliorant les performances de photoconversion, mais également à faire de l'ombre aux végétaux pour les protéger du rayonnement solaire direct.
- [0025] Ces panneaux photovoltaïques (21, 22, 23) sont avantageusement articulés par rapport à des axes transversaux (31 à 33) formant des charnières par rapport au support (10), pour permettre d'ajuster l'orientation des panneaux photovoltaïques (21 à 23).
- [0026] La liaison entre les axes (31 à 33) et le support (10) est assuré par des cornières venant se fixer sur des nervures du support par exemple.
- [0027] Les panneaux photovoltaïques (21 à 23) peuvent être rabattus à plat, parallèlement plan (10) du support, ou érigé pour être dirigés en direction du soleil, les panneaux étant déplacés angulairement pour conserver un parallélisme entre eux. L'actionnement des panneaux (21 à 23) est commandé par un système d'entraînement constitué soit de charnières ou roulements motorisés sur lesquelles reposent les panneaux photovoltaïques soit des courroies ou des chaînes (20) entraînées par des moteurs (24 à 27) et fixés sur le bord supérieur des panneaux photovoltaïques (21 à 23) soit par un mécanisme similaire à celui d'une pergola bioclimatique où les panneaux photovoltaïques remplaceraient les lames de la pergola de manière à ce que leur positionnement en fonction de la position du soleil permette de refléter partiellement le soleil sur la face arrière du panneau PV bifacial adjacent et ainsi de suite sur chaque panneaux .
- [0028] Lorsque les panneaux sont rabattus, ils réduisent la prise au vent et protègent les végétaux, notamment pendant des tempêtes tropicales.
- [0029] Le système comporte enfin des modules végétalisés, par exemple du type décrit dans le brevet EP3755140. Ce module comprend un fond (41) venant se poser sur le support (10). Ce fond (41) rigide et étanche est complété par un complexe de culture multicouche comprenant successivement au moins un premier matériau synthétique fibreux (42) et un grillage souple (43) et optionnellement un deuxième matériau synthétique fibreux (3).
- [0030] Ces modules végétalisés (40) sont intercalés entre les charnières (31 à 33) des panneaux photovoltaïques (21 à 23).
- [0031] En période de production d'électricité, les moteurs (24 à 27) commandent le basculement des panneaux photovoltaïques (21 à 23) en position active, orientées en direction du soleil, avec une orientation qui peut évoluer pour suivre la course du soleil.
- [0032] En dehors de ces périodes, les panneaux photovoltaïques (21 à 23) peuvent soit être rabattus à l'horizontal pour réduire la prise au vent et protéger les modules végétalisés

(40), ou au contraire placés dans une position laissant le soleil éclairer les modules végétalisés (40).

- [0033] Les modules végétalisés (40) peuvent comporter en outre un système d'irrigation commandée par une pompe alimentée par une batterie rechargée par les panneaux photovoltaïques (21 à 23).
- [0034] La description qui précède concerne des panneaux photovoltaïques (21 à 23) qui peuvent être fixes, inclinés selon un angle adapté pour exposer la plus grande surface perpendiculairement à la direction du soleil, ce qui permet de les faire bénéficier d'un rafraîchissement par les plantes et former un écran incliné limitant la prise au vent. Ils peuvent être préférentiellement rabattables par un pivotement autour d'un axe prévu dans la partie inférieure des panneaux photovoltaïques (21 à 23) de telle sorte qu'en cas d'intempéries ou de tornades, ils peuvent être placés à l'horizontale pour réduire la prise au vent et former une protection des végétaux. Les panneaux photovoltaïques (21 à 23) peuvent aussi être articulés par rapport à un axe médian ou supérieure pour assurer un maintien en position inclinée.
- [0035] Variante : panneaux bifaciaux
- [0036] Selon une variante de réalisation, les panneaux sont de type bifacial, c'est-à-dire présentent des cellules photovoltaïques recto et verso, afin d'exploiter les rayonnements indirects (réflexion du rayonnement solaire sur un panneau voisin, albedo,...).

Revendications

- [Revendication 1] – Système de toiture végétalisée caractérisé en ce qu'il comprend :
- a. un support (10)
 - a. des modules végétalisés (40) comprenant chacun une membrane d'étanchéité et un complexe de culture multicouche comprenant successivement au moins un premier matériau synthétique fibreux et un grillage souple
 - b. une pluralité de panneaux photovoltaïques bifaciaux orientables (21 à 23) disposés au-dessus desdits modules végétalisés.
- [Revendication 2] – Système de toiture végétalisée selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacun desdits panneaux photovoltaïques orientables est articulé pour basculer entre une position parallèle audit support, et une position orientée en direction du soleil.
- [Revendication 3] – Système de toiture végétalisée selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacun desdits panneaux photovoltaïques est articulé par rapport à un axe pour basculer par rapport à son bord inférieur.
- [Revendication 4] – Système de toiture végétalisée selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacun desdits panneaux photovoltaïques orientables est entraîné en rotation entre une position parallèle audit support, et une position orientée en direction du soleil par des courroies ou des chaînes (20) entraînées par des moteurs (24 à 27) et fixés sur le bord supérieur des panneaux photovoltaïques (21 à 23).
- [Revendication 5] – Système de toiture végétalisée selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacun desdits panneaux photovoltaïques orientables est entraîné en rotation entre une position parallèle audit support, et une position orientée en direction du soleil commandé par un système d'entraînement constitué par des charnières ou roulements motorisés sur lesquelles reposent les panneaux photovoltaïques.
- [Revendication 6] – Système de toiture végétalisée selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte en outre des profilés disposés transversalement sur ledit support, lesdits profilés comportant une charnière pour l'articulation d'un desdits panneaux photovoltaïques, lesdits profilés séparant deux modules végétalisés consécutifs.

[Revendication 7] - Système de toiture végétalisée selon la revendication 1 caractérisé en ce que lesdits panneaux photovoltaïques sont de type bifaciaux.