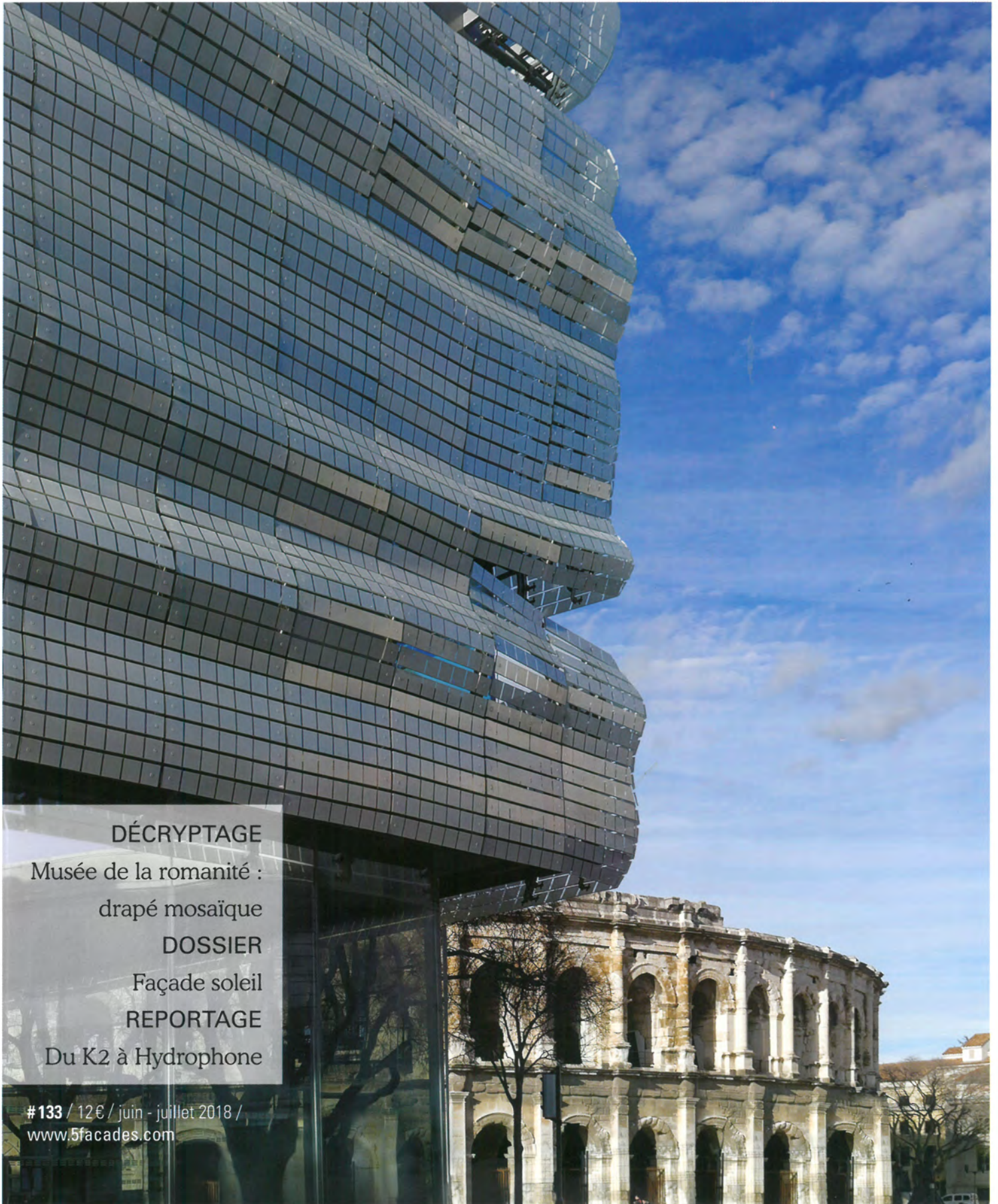


5façades

5 façade / couverture / étanchéité



DÉCRYPTAGE

Musée de la romanité :
drapé mosaïque

DOSSIER

Façade soleil

REPORTAGE

Du K2 à Hydrophone

#133 / 12€ / juin - juillet 2018 /
www.5facades.com

sommaire /

3 Édito

6 Actualités

11 Actualité

Road-trip façade sur l'île de Nantes

14 Reportage

Du K2 à Hydrophone

18 Décryptage

Drapé mosaïque pour le musée de la Romanité

Entre le très récent musée de la Romanité et les arènes de Nîmes, vingt et un siècles d'histoire! Pourtant, aucune dissonance ici. Entre le bâtiment contemporain et le vénérable amphithéâtre, c'est la complémentarité qui s'impose. Chronique d'un ouvrage conçu telle «une porte d'entrée» à la ville ancienne et une clé pour en saisir toute l'empreinte romaine.

26 Système façades

Jouer avec la lumière

grâce aux matériaux translucides

32 Dossier Enveloppe active

Qualité architecturale photovoltaïque

Concilier production d'électricité photovoltaïque par l'enveloppe du bâtiment et qualité architecturale est la condition du développement des constructions à énergie positive (Bepos) et décarbonées. D'ores et déjà, les technologies existent et apportent de véritables solutions esthétiques, très éloignées des panneaux photovoltaïques classiques et beaucoup plus qualitatives. Car, dans ce domaine, il y a un principe auquel on ne peut déroger : la technologie ne doit pas prendre le pas sur la qualité architecturale, elle est à son service, pas l'inverse.

45 Technique

Matière à enduire

50 Couverture

Cinquième façade à vivre

54 Reportage

Unités de camping :

les couleurs retrouvées de Le Corbusier

58 Enquête produits

Bardage bois et composite, démultiplication de l'offre

62 Solutions Produits

65 Prochain numéro



MYRIEM GUEDOUAR, ingénieure et cheffe de projet VS-A

« Les architectes ne doivent pas subir le projet. »



5façades : À quoi tient la réussite d'un projet d'intégration photovoltaïque pour la création d'une façade ou d'une couverture active ?

Myriem Guedouar : Le plus important, c'est que l'architecte ne subisse pas le projet, qu'il soit partie prenante en s'appuyant sur le bureau d'études, ce qui représente une sécurité pour lui. Même chose pour le maître d'ouvrage. En fait, avec le retour d'expérience, je dirais qu'il est évidemment impératif de s'entourer d'une équipe compétente, mais, surtout, qui travaille très en amont du projet. Cela évite les pertes d'informations, les retours en arrière. C'est ainsi que nous avons procédé avec l'agence Michel Ferranet et Sibat pour le bâtiment du siège social de Valophis Habitat OPH 94 (à retrouver pp. 39 à 41) à Créteil. Si la décision d'installer une façade photovoltaïque est prise en cours de projet, ce sera plus compliqué, mais pas impossible.

Aujourd'hui, architectes et ingénieurs, êtes-vous satisfaits de l'offre produits ?

Il y a de plus en plus de produits qui fonctionnent bien et qui sont qualitatifs d'un point de vue esthétique. Même si les architectes sont parfois réticents vis-à-vis de l'aspect encore « brutal » de certains produits. Le budget aussi est à prendre en compte. À Créteil, l'intégration est une réussite : les panneaux font partie du concept architectural, leur aspect témoigne clairement de leur fonction et des enjeux du projet.

Et pour l'ingénieur ?

Les panneaux photovoltaïques n'ont pas d'intérêt s'ils ne produisent pas, ou pas autant qu'escompté. Or certains produits, qui sont, pour les architectes, qualitatifs esthétiquement parlant, manquent de productivité. C'est un paramètre qu'il faut prendre en compte. Il est aussi essentiel que l'installation d'une centrale photovoltaïque soit justifiée par rapport à d'autres ressources renouvelables, comme la géothermie. Si la seule ressource est le soleil, alors, c'est vraiment très intéressant. Dans tous les cas, le produit choisi doit être adapté à son contexte : localisation, possibilité de fonctionner en diffus, intégration au projet architectural, gestion de l'échauffement (ventilation), facilité de mise en œuvre... Là encore, il est indispensable de se faire accompagner et de ne pas hésiter à échanger abondamment avec le fabricant.

« Pour qu'un dessin devienne plus qu'un dessin, qu'un projet se transforme en réalité, qu'une volonté architecturale devienne, demain, une référence architecturale. » En exergue du site internet, cette citation de Gontran Dufour, codirigeant avec Rober-Jan van Santen du bureau d'études façade VS-A, résume à elle seule la marque de fabrique de ce BET lillois qui rayonne à l'international.

Photovoltaïque intégré

Les systèmes photovoltaïques deviennent parties intégrantes de l'enveloppe du bâtiment en s'y adaptant. Avec les systèmes de dernière génération, la dimension esthétique est désormais prise en compte. Ce qui ouvre de nouvelles potentialités pour une intégration créative de cette technologie quasiment incontournable dans un bâtiment

Bepos.

Et si l'enveloppe active du bâtiment était la prochaine révolution du photovoltaïque ?

C'est, en tous cas, ce que disait Richard Loyen, délégué général d'Énerplan en novembre 2015, à nos confrères de Batiactu. Effectivement, bon an, mal an, l'offre de solutions photovoltaïques pour l'enveloppe du bâtiment s'est considérablement structurée. De nombreux systèmes sont aujourd'hui disponibles. Lesquels ne se limitent plus aux simples panneaux photovoltaïques posés en toiture. À disposition : produits verriers, films photovoltaïques, membranes, sans parler des bardages de couleur avec des cellules photovoltaïques transparentes de dernière génération. Ainsi, la façade du centre de Congrès de l'École polytechnique fédérale de Lausanne dotée de cellules photovoltaïques translucides (Grätzel) de grande taille ; la tour Paradis, signée Jaspers-Eyers Architects à Liège, habillée d'une façade photovoltaïque avec



▲ La voile photovoltaïque de La Seine Musicale, île Seguin à Boulogne, agit comme un démonstrateur : ici, le photovoltaïque se montre. Shigeru Ban Architects Europe et Jean de Gastines Architectes



▲ Métropole Rouen-Normandie, Jacques Ferrier
Architecture : l'enveloppe photovoltaïque n'est, là, pas démonstratrice. Il n'est pas possible de distinguer l'écaïlle de verre photovoltaïque de celle qui ne l'est pas.



▲ Avec les vitrages électrochromes, il n'est pas question de produire de l'énergie, mais de gérer les apports solaires passifs et le confort des occupants en obscurcissant plus ou moins les vitrages. Un grand principe de la façade active. Halia, d'AGC Glass Europe

FAÇADE ACTIVE, PHOTOVOLTAÏQUE, MAIS PAS SEULEMENT

Le solaire photovoltaïque n'est qu'une facette de la façade dite « active ». Ce concept plus large répond à plusieurs besoins pour le confort des occupants et/ou pour produire, emmagasiner de l'énergie ou assurer la ventilation du bâtiment. En première ligne, le captage de l'énergie solaire sous trois formes : solaire passif – chauffage des locaux par les apports solaires via les vitrages et apport de lumière naturelle –, solaire photovoltaïque – production d'électricité –, solaire thermique – chauffage et eau chaude sanitaire. Et ce, toujours avec le souci de l'esthétique. Autre type de façade active, celle qui utilise le réchauffement de l'air entre deux peaux. Ces dernières se composent, par exemple, d'un vitrage simple intérieur, d'un vitrage isolant extérieur et d'un store au milieu. Une ventilation importante (30m³/h) assure une aspiration de l'air ambiant à travers le mur-rideau. Air qui est réutilisé pour chauffer, climatiser d'autres locaux ou pour produire de l'eau chaude sanitaire. Il s'agit aussi d'abaisser le facteur solaire de la façade, tout en récupérant l'énergie produite.

des modules biverre d'une épaisseur de 10mm (Issol) ; les panneaux photovoltaïques pivotants du Palais de justice de Renzo Piano Building Workshop, à Clichy-Batignolles ; ou encore le film photovoltaïque organique (Heliatek) qui recouvre les bâtiments du Laborelec d'Engie à Linkebeek. L'offre produit est bien là, mais la révolution annoncée n'est pas encore arrivée.

Un projet architectural classique

L'une des explications tient à la méconnaissance des technologies. Les concepteurs ne savent pas toujours à qui s'adresser – fabricants ou façadiers ? – pour leurs projets, et les solutions photovoltaïques à forte valeur ajoutée architecturale ne sont pas mises en avant. Résultat : beaucoup pensent encore que photovoltaïque est synonyme de panneau de couleur noir ou bleu, forcément inesthétique. Autre frein possible : la complexité, qui est parfois davantage administrative que technique. Souvent, les entreprises sont obligées de passer par la procédure de l'Atex qui s'avère longue et coûteuse et qui peut refroidir plus d'un maître d'ouvrage. Il faudra nécessairement une prise de conscience de ce côté si l'on veut généraliser les bâtiments Bepos et décarbonés en limitant les contraintes. Se pose ensuite la question de savoir comment bien intégrer cette enveloppe photovoltaïque. La réponse est simple : en la travaillant comme un projet architectural classique. Pour que les projets puissent se multiplier, l'architecte ne doit pas faire de compromis sur la spécificité du bâtiment, que ce soit au niveau esthétique ou thermique. Il décidera que cela se voit ou pas ; ensuite seulement, se posera la question de comment convertir les surfaces du bâtiment en surfaces actives.

Intégrer les contraintes propres au site

Il faudra aussi prendre en compte les contraintes propres à chaque site qui sont parfois très spécifiques et choisir une technologie adaptée à celles-ci. Par exemple, pour la couverture photovoltaïque du K2 à Lorient (reportage à retrouver page 14), ce sont les oiseaux qui ont décidé du type de panneaux à installer : « Nous avons intégré une technologie particulière (SolarEdge) de façon à contrer un problème lié à la fiente de goéland. Lorsque celle-ci obstrue une partie du panneau, c'est normalement tout le string (NDLR : branchement en série de plusieurs modules) qui s'arrête. Pour répondre à cette contrainte, chaque panneau est indépendant et lorsque l'un d'eux cessera de fonctionner à cause de la fiente de goéland, le reste de la rangée continuera de produire de l'électricité », explique Bruno Le Jossec, directeur de XSEA, société en charge de l'installation. Sachant qu'en plus chaque panneau sera « monitoré », il sera donc possible de détecter là où il y a baisse de production. L'analyse du projet est, dans ce cas, essentielle.



Photo : Luc Bocgly

▲ À l'angle de deux voies de circulation importantes, le bâtiment a un statut de repère et une grande visibilité, qui marque l'espace urbain de la ville de Crétail. La façade photovoltaïque y participe pleinement.

À Crétail, dans le Val-de-Marne, le bailleur social Valophis Habitat OPH 94 a regroupé l'ensemble de ses services, jusqu'alors dispersés sur cinq sites, dans un seul et même bâtiment. Une opération mixte puisque, outre 8500 m² de bureaux et aménagements paysagers, le bâtiment abrite une résidence jeunes actifs de 135 logements (2650 m² SHAB) et un logement de fonction T4. Le programme est, ici, à énergie positive, la performance environnementale étant au cœur et l'ensemble se singularisant, entre autre, par une façade unique en partie photovoltaïque. Cette façade n'est pas là par hasard, mais est le fruit d'une réflexion globale de conception pour cet ensemble Bepos.

Ainsi, en raison de sa mixité, le programme compact comprend un socle unique et deux volumes dissemblables – typologies et fonctionnement, hauteur – qui s'articulent autour d'une cours en U. Une configuration qui n'a pas empêché, au contraire, une mise en commun des équipements techniques et un transfert d'énergie. Pour exemple, l'équipement thermofrigopompe, situé en toiture de l'immeuble de bureaux, récupère la chaleur

des serveurs informatiques et celle des batteries froides des CTA de renouvellement d'air, puis utilise cette chaleur pour préchauffer l'eau chaude sanitaire de la résidence. Le complément est fourni par le raccordement au chauffage urbain.

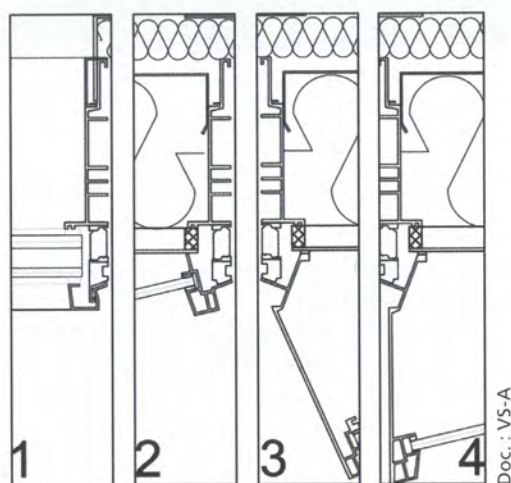
Mutualisation, densification

Les architectes, Agence Michel Ferranet Architectes, expliquent que leur stratégie architecturale mise en place va à l'essentiel : « Nous avons exclu le superflu et recherché l'intégration de chaque élément – contextuel, programmatique ou technique – à un ensemble unitaire, cohérent, simple et clair. Chaque élément structurant du projet répond à plusieurs fonctions ou problématiques techniques. » Cela se concrétise, par exemple, par des choix conceptuels liés à la présence de la nappe phréatique proche du terrain naturel (- 3 m environ) qui a rendu nécessaire la réalisation de deux sous-sols en paroi moulée + radier et pieux, compensant la sous-pression de la nappe : « L'optimisation de l'infrastructure a été un impératif

Les équipements photovoltaïques sont intégrés à la façade, sous forme de caissons dont la face active est tournée vers l'orientation la plus favorable. Le tout a fait l'objet d'une Atex en phase chantier menée par Rinaldi.



Photo : Luc Boegly



- 1 Serreur des parties vision et shadow box
- 2 Serreur des panneaux photovoltaïques : capot incliné dans le plan de la façade
- 3 Serreur des panneaux photovoltaïques : capot déporté incliné
- 4 Serreur des panneaux photovoltaïques : capot déporté droit

▲ La face arrière non visible assure la tenue structurelle de la façade qui vient recevoir les supports de maintien des remplissages avec développement de profils d'extrusion sur mesure capables d'intégrer chaque typologie de remplissage.

qui justifie la mutualisation et la densification de la construction pour en rentabiliser le coût. »

L'efficacité se retrouve aussi dans la structure des deux volumes – refends porteurs pour la résidence et structure béton des plateaux de bureaux entre façade porteuse et noyau central pour les bureaux – et dans l'efficacité de leur enveloppe passive. Dans cet ensemble, les façades sont elles-mêmes très spécifiques et différenciées, même si « un matériau unique, l'aluminium anodisé, couvre la totalité du bâtiment et assure son unité. Sa mise en œuvre diffère en fonction de chaque programme ».

Questionnement et études

Bâtiment à énergie positive oblige, les toitures sont recouvertes de panneaux photovoltaïques, mais, explique Myriem Guedouar, ingénieure cheffe de projet chez VS-A, « le bâtiment étant compact, l'espace disponible en toiture n'était pas suffisant. D'où la nécessité de prévoir une façade photovoltaïque pour répondre au besoin ». S'engage alors une phase de réflexion, de questionnement et d'études. Première étape : sélectionner les façades qui seront équipées de panneaux en fonction de leur exposition : « Nous avons éliminé celle exposée au nord-est, la production étant trop faible par rapport à l'investissement financier. » Deuxième étape, le choix des panneaux : « L'entreprise a privilégié des panneaux

La résidence est revêtue d'un bardage en cassettes d'aluminium continu.



Photo : Luc Boegly

(Issol) qui produisent y compris lorsque la lumière est diffuse », précise Myriem Guedouar. Mais cela ne suffit pas ; il faut aussi optimiser le nombre de cellules par panneau en jouant sur leur intégration aux caissons supports, et, bien sûr, au projet architectural. Pour répondre à l'ensemble des problématiques, le bureau d'études a conçu des caissons spécifiques auxquels sont intégrés les modules photovoltaïques. Placés devant les voiles béton isolés par l'extérieur, ces caissons sont inclus de la même manière que les vitrages isolants des parties vitrées dans le système de façade-cadre. Des tôles perforées garantissent le bon refroidissement des panneaux : « Cela permet de ventiler leur face arrière, dont la productivité peut diminuer avec la montée en température. » Reste la question de l'intégration : « Toute la particularité du projet réside dans cette installation sur un bâtiment de bureaux présentant des trames de 1350 mm, une alternance de parties vitrées et opaques dont la répartition varie, des panneaux hauteur d'étage aux orientations et inclinaisons différentes en fonction des façades. » La solution ? « Nous avons conçu des capots serreurs spécifiques extrudés sur mesure pour chaque remplissage : vitres, panneaux photovoltaïques, shadow box en façade nord-est. Capots serreurs, qui ont des verticalités différentes selon la taille. » ●

BBIO ET CEP

Bien que le maître d'ouvrage n'ait pas demandé de certification, la performance du projet du siège social atteint le niveau Bepos Effinergie 2013 avec amélioration de 40 %, autant sur le Bbio que sur la consommation Cep. Cette dernière de 73,20 kWh ep/m²SRT/an ne prend pas en compte la production d'électricité photovoltaïque. Les deux champs photovoltaïques disposés en toiture (12240 cellules, 52 kWc) et en façade (26 828 cellules, 116 kWc) assurent une production de 34,6 kWh ep/m²SRT/an, soit 47 % de la consommation conventionnelle d'énergie (Cep). En déduisant cette production, le Cep passe à 38,6 kWh ep/m²SRT/an. L'électricité produite est autoconsommée par les bureaux à hauteur de 70 %, tandis que le surplus est vendu au réseau Enedis.

Maître d'ouvrage : Valophis Habitat OPH 94

Maître d'œuvre : Agence Michel Ferranet
Architectes (mandataire)

BET façades : VS-A

Entreprise : Rinaldi