



COMMUNE BARCELONNETTE

Département des Alpes-de-Haute-Provence

AIRE DE MISE EN VALEUR DE L'ARCHITECTURE ET DU PATRIMOINE

Etude complémentaire pour l'intégration des panneaux solaires photovoltaïques dans le secteur S2

27 octobre 2017



Chargés d'étude

Raphaneau-Fonseca, Etudes patrimoniales

35 Boulevard Gambetta
07200 Aubenas
04 75 35 32 20 - 06 50 68 34 01
sarah.fonseca-archi@orange.fr

Cyril GINS, paysagiste DPLG

La Croix de Parens
30500 COURRY
tél: 04 66 83 56 03 - 06 71 52 88 78
cyril.gins@orange.fr

Philippe Lointier, Architecte DPLG

Le Rédanès
30450 Génolhac
04 66 61 13 62 - 06 87 14 95 08
philippe.lointier@orange.fr

Fèbus éco-habitat, études thermiques

323 chemin Larroque
64300 ORTHEZ
05 59 69 43 81 - 06 08 07 49 72
contact1@ecohab.fr

SOMMAIRE

| | |
|---|-------------|
| 1/ objet de l'étude | p.3 |
| 2/ Les enjeux | p.4 |
| 3/ Rappel des orientations de l'AVAP | p.5 |
| 4/ Données architecturales et techniques | p.8 |
| 5/ Impact paysager | p.13 |
| 6/ Préconisations pour l'AVAP | p.16 |

1/ OBJET DE L'ÉTUDE

La commune de Barcelonnette s'est engagée dans une politique environnementale volontariste ayant pour objectif d'atteindre l'autonomie énergétique de la commune à l'horizon 2030/2040.

L'AVAP, en tant qu'outil de valorisation du patrimoine intégrant les dimensions du développement durable participe de cette démarche.

Pour développer le volet "production d'énergie renouvelable", le Pays SUD et la ville de Barcelonnette accompagnent un projet de création d'une société coopérative locale et citoyenne de production d'énergies renouvelables en Ubaye. Dans ce cadre, l'intégration de panneaux photovoltaïques en toiture sur des bâtiments publics ou privés constitue une première phase de ce projet qui pourra se développer par la suite par des projets d'hydroélectricité (communiqué de presse du 29 septembre 2016 - www.ville-barcelonnette.fr).

Dans sa version finalisée et au regard des orientations, l'AVAP a traduit dans son règlement une hiérarchie des enjeux paysagers correspondant à une forme de gradation des restrictions sur les panneaux solaires : les interdisant dans la bastide (secteur S1), les autorisant de manière limitée dans le secteur des abords de la bastide (secteur S2), les autorisant de manière plus large dans le secteur des villas (secteur S3) et des casernes (secteur S5) et n'apportant pas de restriction sur les écarts (secteur S6).

Rappelons que l'AVAP, dans sa règle n'interdit pas et donc favorise les dispositifs de production d'énergie sous toiture qui tendent à se développer (sous ardoise en particulier) ayant un fort rendement et sans impact sur l'aspect extérieur des édifices.

Lors de la commission locale de l'AVAP (CLAVAP) du 23 octobre 2017, il a été demandé au bureau d'études de réaliser une étude complémentaire pour évaluer l'impact et la possibilité d'autoriser de manière plus large la pose de panneaux solaires photovoltaïques sur le secteur S2, regroupant de nombreux équipements et bâtiments qui possèdent de vastes pans de toitures offrant un fort potentiel de production d'électricité.

2/ LES ENJEUX

Avoir une approche globale des enjeux énergétiques

« L'énergie renouvelable la plus économique est celle que l'on ne consomme pas ».

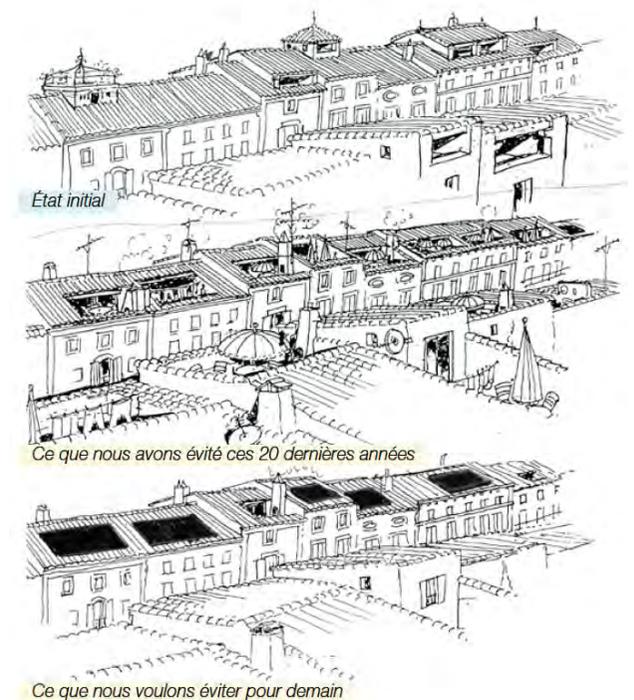
Il est donc contreproductif de prévoir des énergies renouvelables pour des bâtiments qui sont des passoires thermiques. Dans les faits les énergies renouvelables vont s'imposer progressivement en même temps que les bâtiments vont être améliorés thermiquement. Il ne faut donc pas raisonner les futurs systèmes et réseaux à consommation équivalente mais à consommation décroissante. D'ici 2050 le protocole de KYOTO prévoit que les consommations doivent être divisées par 3 ou 4, les puissances par 2 et les émissions de gaz à effet de serre par 5.

Privilégier les dispositifs à plus fort rendement mais prendre en compte les évolutions technologiques

L'état d'avancement technologique des différentes énergies renouvelables fait état de techniques plus ou moins matures et de rendements pouvant aller jusqu'à 95% (biomasse), 80% (solaire thermique) à environ 10% (solaire photovoltaïque). Malgré la faible performance du solaire photovoltaïque, la marge de progression est importante car l'objectif est d'approcher les 50% de rendement solaire. Les prix, les systèmes d'intégration et les technologies vont évoluer rapidement.

Prévoir l'intégration paysagère des dispositifs

Les dispositifs de production d'énergie renouvelable sont issus de technologies modernes intégrant généralement des produits de fabrication industrialisés. Par leur emprise, leurs matériaux ou même leur impact sur l'environnement (barrage par exemple), les conditions de leur réalisation ou d'intégration sont généralement évaluées (études d'impact, évaluations environnementales, etc). Dans le contexte paysager et patrimonial sensible d'un futur Site Patrimonial Remarquable, l'évaluation de l'intégration paysagère des dispositifs s'impose. Par ailleurs, il s'agit de l'un des trois objectifs défini pour le projet de création d'une société coopérative locale et citoyenne de production d'énergies renouvelables en Ubaye : "soigner les aspects paysagers et l'intégration des installations dans des villages avec un caractère patrimonial fort".



Source : Guide capteurs solaires, intégration architecturale dans le bâti - UDAP de l'Aude

3/ RAPPEL DES ORIENTATIONS DE L'AVAP

L'évaluation de l'opportunité ou la capacité du tissu bâti à prendre en compte les travaux ou installations contribuant au développement durable constitue un fondement de l'AVAP, issue de la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (dite Grenelle II).

La question du solaire photovoltaïque dans le rapport de présentation

- Le solaire photovoltaïque : son rendement est actuellement entre 8 et 15%, la technologie n'est pas encore mature. La marge de progression est importante car l'objectif est d'approcher les 50% de rendement solaire. Les prix, les systèmes d'intégration et les technologies vont évoluer rapidement. Dans un premier temps je propose de réserver la technologie actuelle à des surfaces plutôt importantes supérieures à 200 m² avec des techniques peu coûteuses au kWc et facilement modifiables du type couverture d'étanchéité souple photovoltaïque. Le but étant de réserver les financements à des technologies plus matures et à l'isolation des enveloppes des bâtiments.

L'utilisation des énergies renouvelables

L'implantation des équipements de production d'énergie doivent tenir compte de leur impact dans le paysage. Ils ne pourront être visibles que sur des secteurs de moindre sensibilité pour ne pas altérer la qualité paysagère et architecturale constitutive du patrimoine de Barcelonnette.

Au vu de l'analyse des énergies renouvelables possibles sur Barcelonnette on peut en déduire que :

- Le réseau de gaz naturel ou d'électricité peut servir à véhiculer une partie des énergies renouvelables.
- Des réseaux de chaleur privés ou publics sont à envisager dans chaque projet de quartier neuf.
- Les énergies renouvelables à promouvoir au niveau individuel sont le granulé de bois et le solaire thermique.
- Les énergies renouvelables à promouvoir au niveau de plusieurs quartiers sont la biomasse, la méthanisation, l'hydrogène, l'hydraulique, la géothermie profonde et exceptionnellement le photovoltaïque si certains bâtiments modernes sont adaptés. Ces unités thermiques doivent obligatoirement intégrer de la cogénération électrique en période de forte demande électrique ou en période de sous utilisation du réseau de chaleur. Ceci permet de garantir leur approvisionnement électrique dans l'avenir et d'augmenter leur rentabilité immédiate.
- Pour que dans l'avenir ces énergies renouvelables soient utilisables dans la ville ancienne cela suppose que dans chaque projet individuel soit privilégiée l'utilisation de réseau hydraulique pour le chauffage et l'eau chaude afin de pouvoir utiliser toutes sortes d'énergies renouvelables.

Les objectifs associés au secteur S2 dans le rapport de présentation

Le secteur S2 « La ceinture verte de la bastide permettant son identification »

| Objectifs de mise en valeur du patrimoine | Traduction réglementaire |
|--|---|
| Qualifier les espaces publics en conciliant le stationnement automobile avec la qualité d'approche de la bastide | Encadrement des gabarits et du traitement des voiries, des espaces de stationnement et des cheminements piétons. |
| Favoriser la végétalisation de cet espace pour constituer un écran boisé ceinturant la Bastide très minérale | Définition des essences végétales autorisée, d'une obligation de végétaliser les espaces de stationnement. |
| Requalifier le bâti en fonction de ses caractéristiques (grands équipements, maisons de ville, bâtiments d'activité) | Encadrement des travaux de rénovation et de construction neuve (gabarits, implantations, composition, matériaux). |

| Objectifs environnementaux | Traduction réglementaire |
|---|--|
| Favoriser les travaux d'économie d'énergie dans le respect des caractéristiques patrimoniales et des modes constructifs | Encadrement de la nature des isolations par l'extérieur autorisées, des types de menuiserie, de l'impact des équipements techniques. |
| Assurer la qualité de l'air intérieur des espaces habités | Maîtrise de l'impact des accessoires de ventilation. |
| Limiter l'imperméabilisation des sols | Définition de la nature des matériaux de revêtement de sol. |
| Favoriser la végétalisation pour limiter le phénomène "d'îlots de chaleur" et améliorer la rétention des eaux pluviales | Définition des essences végétales autorisée, d'une obligation de végétaliser les espaces de stationnement. |

La règle concernant les équipements techniques dans le secteur S2

Capteur solaire

- Les panneaux de cellules photovoltaïques ou solaires ne sont pas autorisés en couverture en façade ou au sol. Les panneaux solaires thermiques limités à 3m² dans le plan de la toiture non visible depuis l'espace public peuvent être acceptés.

Les solutions préconisées dans le cahier de recommandations

FICHE N° : 10 «ENERGIES RENOUVELABLES : opportunité et faisabilité»

- Les énergies renouvelables à promouvoir au niveau individuel sont le granulé de bois et le solaire thermique intégré à l'architecture sous ardoise (F : 1/10c).

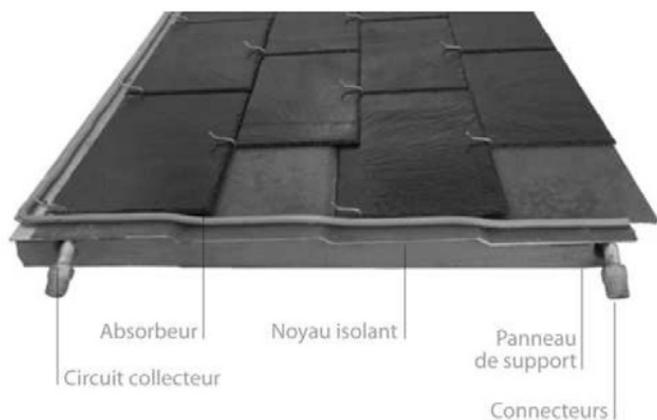


Figure 1/10c - Capteurs thermiques et puits de jour adaptés aux bâtiments du secteur historique.

4/ DONNÉES ARCHITECTURALES ET TECHNIQUES

Les principes du système photovoltaïque

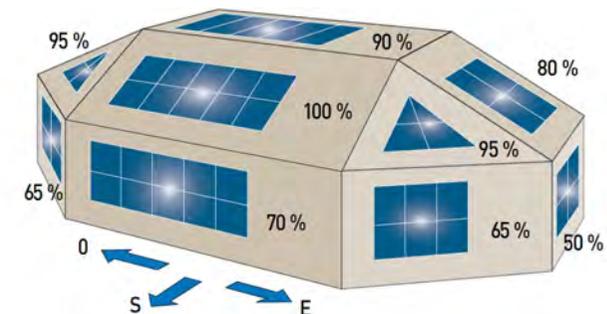
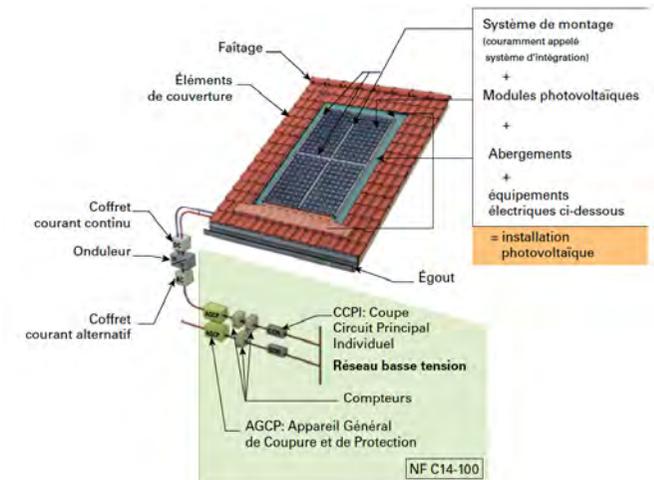
(source : <http://www.photovoltaique.info>)

Un système photovoltaïque est une chaîne de composants qui vont du module photovoltaïque au disjoncteur de raccordement au réseau électrique. Les modules photovoltaïques ont pour rôle de convertir l'énergie solaire incidente en électricité. Quand elles reçoivent une certaine quantité de lumière, les surfaces photovoltaïques (cellules ou films minces) intégrées dans un module (appelé aussi capteur ou panneau) se mettent à produire de l'électricité sous forme de courant continu. Pour ce faire, les technologies usitées sont diverses et en évolution rapide. Depuis quelques années, la percée des applications en intégration aux bâtiments fait en plus assumer aux modules photovoltaïques des fonctions architecturales en tant que couverture, brise-soleil, allège, bardage ou verrière...

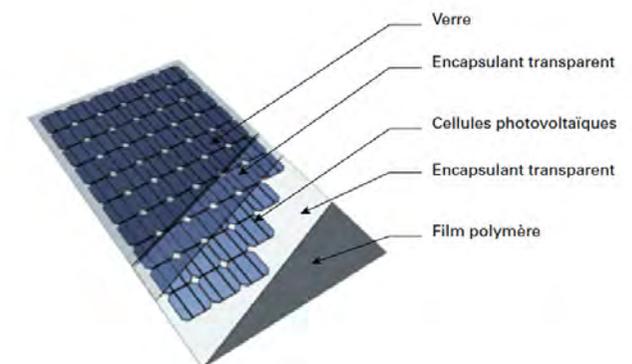
En France métropolitaine, les conditions optimales d'implantation d'une installation photovoltaïque sont une orientation plein sud et une inclinaison d'environ 35 degrés par rapport à l'horizontale (AQC, 2013). Pour rappel, le règlement dans le secteur S2 précise que : "Sauf disposition d'origine contraire, la pente de toit sera comprise entre 55% et 100%" (soit environ 30 à 45 degrés).

Très fragiles à l'état brut, les matériaux photovoltaïques doivent être protégés des intempéries, ce qui est en général réalisé par un verre transparent et solide qui constitue la partie supérieure d'un sandwich étudié pour résister aux agressions de l'environnement pendant plusieurs décennies. La face arrière du sandwich peut être constituée d'un polymère durci spécialement conçu ou d'une deuxième couche de verre autorisant alors une semi-transparence de l'ensemble.

Les modules les plus courants aujourd'hui sont des panneaux rectangulaires rigides d'une surface comprise entre 0,5 et 3 m², de quelques centimètres d'épaisseur et pesant une petite dizaine de kilogrammes. Ils peuvent s'installer sur des supports fixes ou sur des systèmes mobiles de poursuite du soleil appelés trackers. Les installations fixes se font au sol (centrale solaire) ou sur les bâtiments, les panneaux existent alors sous de multiples formes : surimposition de panneaux en toiture (modules photovoltaïques insérés dans un cadre aluminium), panneaux intégrés dans des tuiles, ardoises ou bac acier, ou « panneaux-fenêtres » sous forme de modules en verre, qui permet leur pose sur des façades.



▲ Figure 9 – Production électrique comparée aux conditions d'expositions optimales
Source : AQC



Schémas extraits du Guide "Systèmes Photovoltaïques par modules rigides en toitures inclinées", éditions AQC

Les différentes stratégies d'intégration des panneaux dans le bâti

- Intégration ou surimposition des panneaux en toiture

Afin de limiter l'impact visuel des supports de fixation (cadres métalliques) et de l'effet de surépaisseur du dispositif, les préconisations visent généralement à intégrer les panneaux en toiture, en remplacement (partiel le plus souvent) de la couverture d'origine. Les industriels ont ainsi développés des systèmes intégrés, combinant l'étanchéité de la toiture, la production d'énergie et les équipements électriques. NB : cette technique fait actuellement l'objet d'un moratoire de la part de l'AQC suite à de nombreux sinistres (défaut d'étanchéité, dysfonctionnement électrique provoquant l'incendie) - voir article en annexe.



*La surimposition des panneaux, une solution moins coûteuse mais qui n'est pas préconisée dans les bâtiments ou sites patrimoniaux.
Source : www.lepanneausolaire.net*



*L'intégration en toiture plus généralement mise en œuvre sur du bâti patrimonial. Ici l'exemple de l'installation de panneaux photovoltaïques sur l'école d'Eyglers porté par la SCIC Ener'Guil.
Source : www.aresolar.fr*



- Utilisation de modules imitant les matériaux de couverture

Pour faciliter leur intégration en toiture, la préconisation vise à atténuer autant que possible la brillance du dispositif en utilisant des "panneaux « monocristallins », entièrement noirs, sans lignes de séparation blanches" (UDAP 37). Certains produits vont plus loin en cherchant à reproduire les caractéristiques des matériaux de couverture traditionnelle (teinte, dimensions). Ainsi, les tuiles ou ardoises photovoltaïques sont des petits modules assemblés qui couvrent tout ou partie de la toiture. Pour améliorer l'intégration, certains fabricants appliquent un film semi-transparent au-dessus des cellules solaires, afin de laisser passer la lumière et d'offrir un aspect plus travaillé, voire texturé.



*Tuiles photovoltaïque sur l'église de Manspach
Photo : PQR/L'Alsace*

*Les cellules solaires sont recouvertes par un film coloré qui les camoufle. On a peu de recul sur cette technologie qui "reste cependant encore un peu mystérieuse". (www.batiactu.com)
Crédit photo : Solar Roof tiles © Tesla*

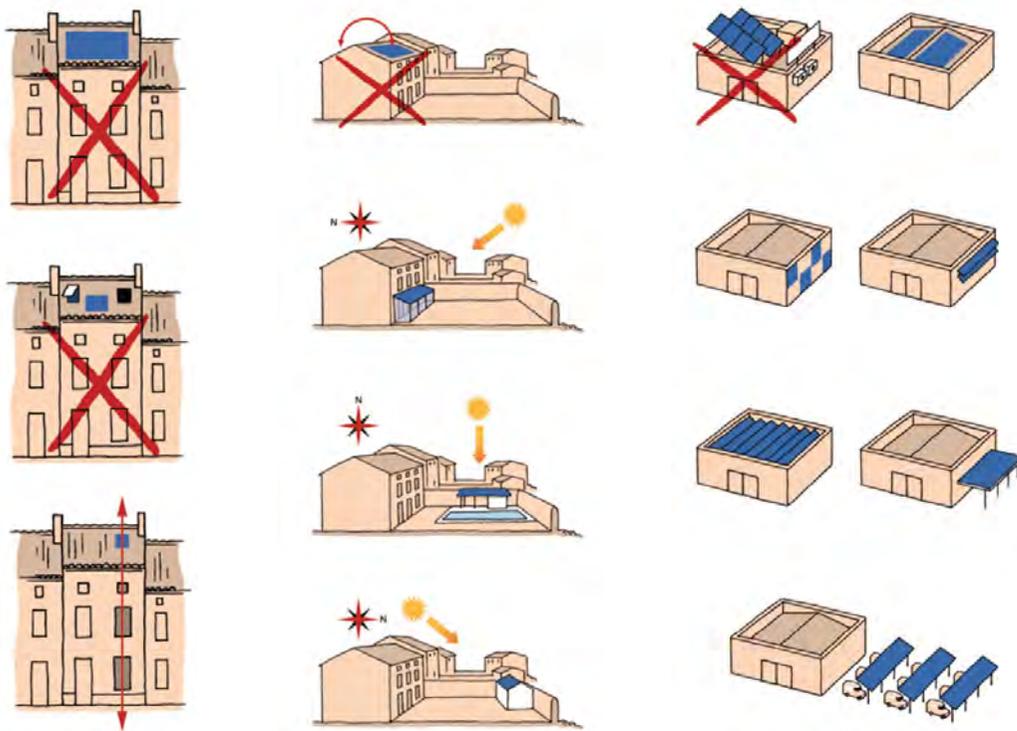


- Implantation selon la composition de la façade ou sur des volumes annexes

Au-delà du recours à la technologie, la plupart des recommandations issues d'organismes de conseil architectural (CAUE, PNR, UDAP, collectivités) privilégient une réflexion sur l'implantation des panneaux dans une composition d'ensemble.

Extraits des conseils pratiques de l'UDAP 37 :

“ Les panneaux peuvent être considérés comme un matériau d'architecture, utilisé pour la toiture d'une habitation, d'une véranda, d'un abri ou d'une dépendance. Pour limiter leur impact visuel, il est recommandé de les installer sur l'intégralité de la couverture, ou sur un bandeau au bas ou au haut de la toiture. L'implantation des panneaux doit être organisée en fonction de l'architecture, pour participer à la composition de la toiture ou de la façade. Les panneaux peuvent par exemple être considérés comme des verrières axées sur les travées de la maçonnerie, ou être apposés en façade, et constituer de véritables fenêtres. Enfin, des nouveaux éléments peuvent être construits spécialement pour accueillir des panneaux, qui donnent un usage supplémentaire : marquises, vérandas, pergolas, auvents, etc.”



Principe d'intégration en centre ancien

Principe d'intégration en secteur de faubourg

Principe d'intégration dans une zone d'activités

Source : Guide capteurs solaires, intégration architecturale dans le bâti - UDAP de l'Aude

La gestion des abergements

L'un des points sensibles du point de vue technique (étanchéité) et visuel réside dans le traitement des abergements. Les normes sont relativement strictes et les solutions peu discrètes dès lors que l'on est sur des couvertures partielles. Les principes sont notamment référencés dans le guide "systèmes Photovoltaïques par modules rigides en toitures inclinées" de l'AQC :

- L'étanchéité basse dans le cas d'une toiture partielle

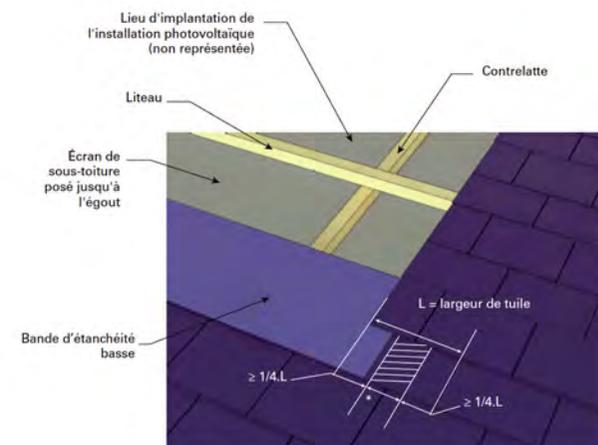
«En l'absence de liaison de l'installation photovoltaïque à l'égout, ce point singulier nécessite la réalisation de la jonction à l'aide d'une bavette d'étanchéité, telle qu'une bande de zinc,... ou des éléments manufacturés.»

> Remarque : cette bavette d'étanchéité est de taille limitée (10cm) et peu avoir un impact visuel limité, une pose à l'égout reste malgré plus discrète.

- Abergements latéraux dans le cas d'une toiture partielle

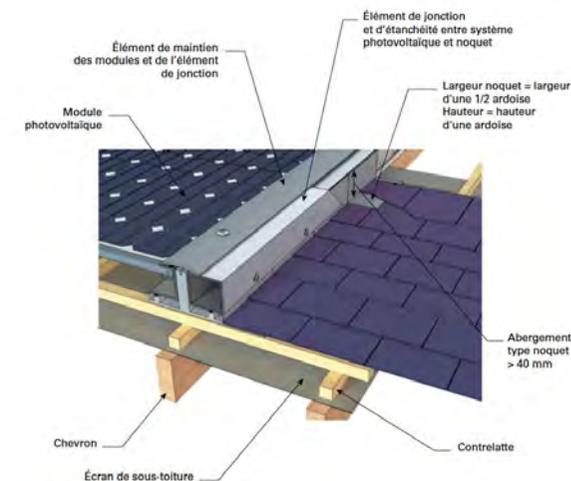
«La réalisation des jonctions entre l'installation photovoltaïque et les éléments de couvertures environnants latéraux requiert l'utilisation d'éléments de géométrie adaptée, généralement fournis par le fabricant.» «(Dans le cas de couverture en ardoise) les jonctions latérales sont préférentiellement à réaliser à l'aide d'abergements de géométrie inspirée des noquets...»

> Remarque : ces éléments en relief sont standardisés et peu discret.



*L'extrémité droite de la bande d'étanchéité basse doit être positionnée dans la zone hachurée

▲ Figure 21 – Mise en place des extrémités de la bavette d'étanchéité basse



▲ Figure 26 – Mise en œuvre de noquets

- Abergements latéraux dans le cas d'une liaison aux rives du bâtiment

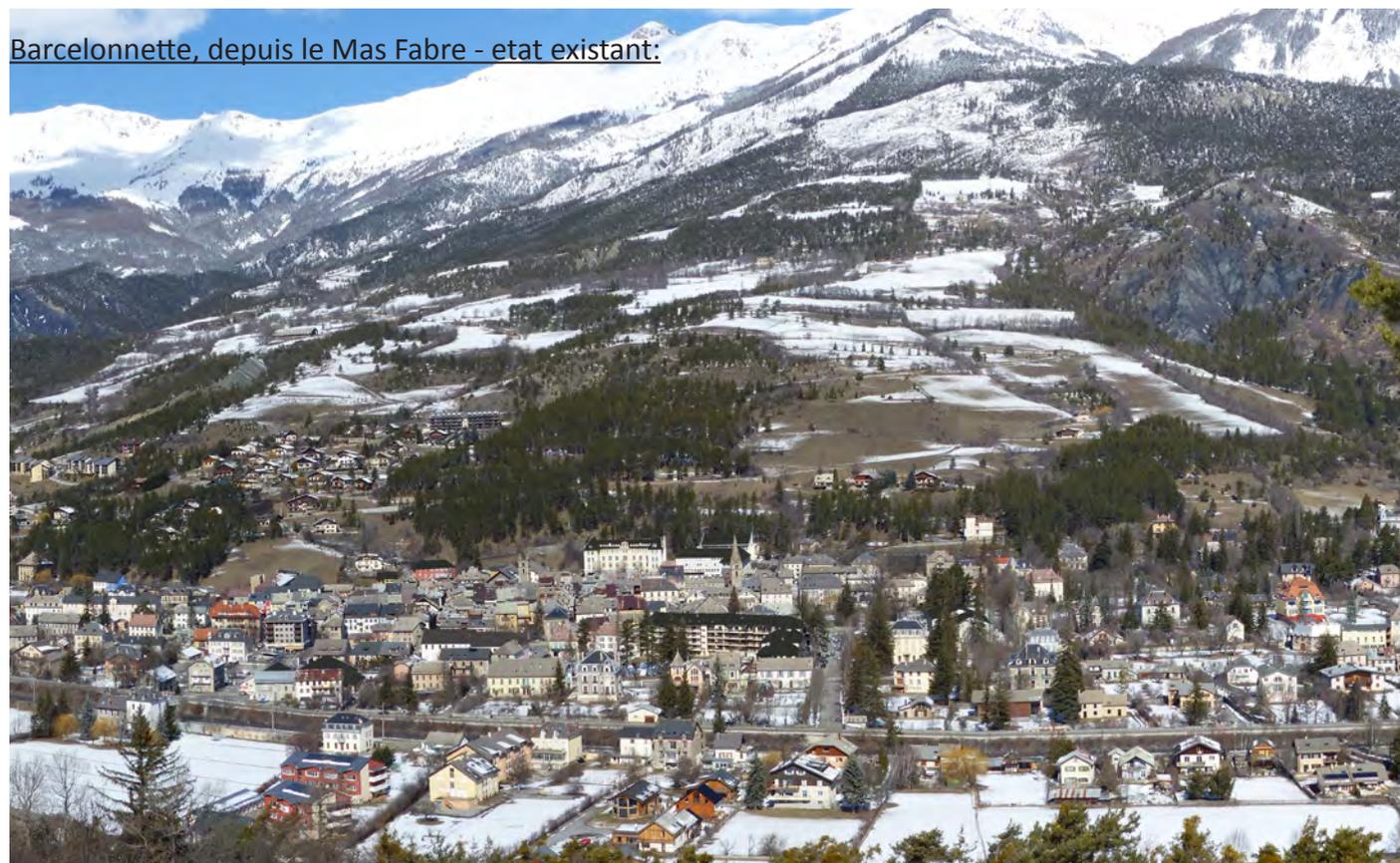
Toitures revêtues de petits éléments de couverture (tuiles ou ardoises): «Ce cas de figure est rarement rencontré, les conceptions des systèmes photovoltaïques prévoyant quasi systématiquement de conserver 2 rangs d'éléments de couverture en rives de toiture.»

> Remarque : la conservation de 2 rangs d'éléments de couverture introduit un contraste de matériaux peu satisfaisant.

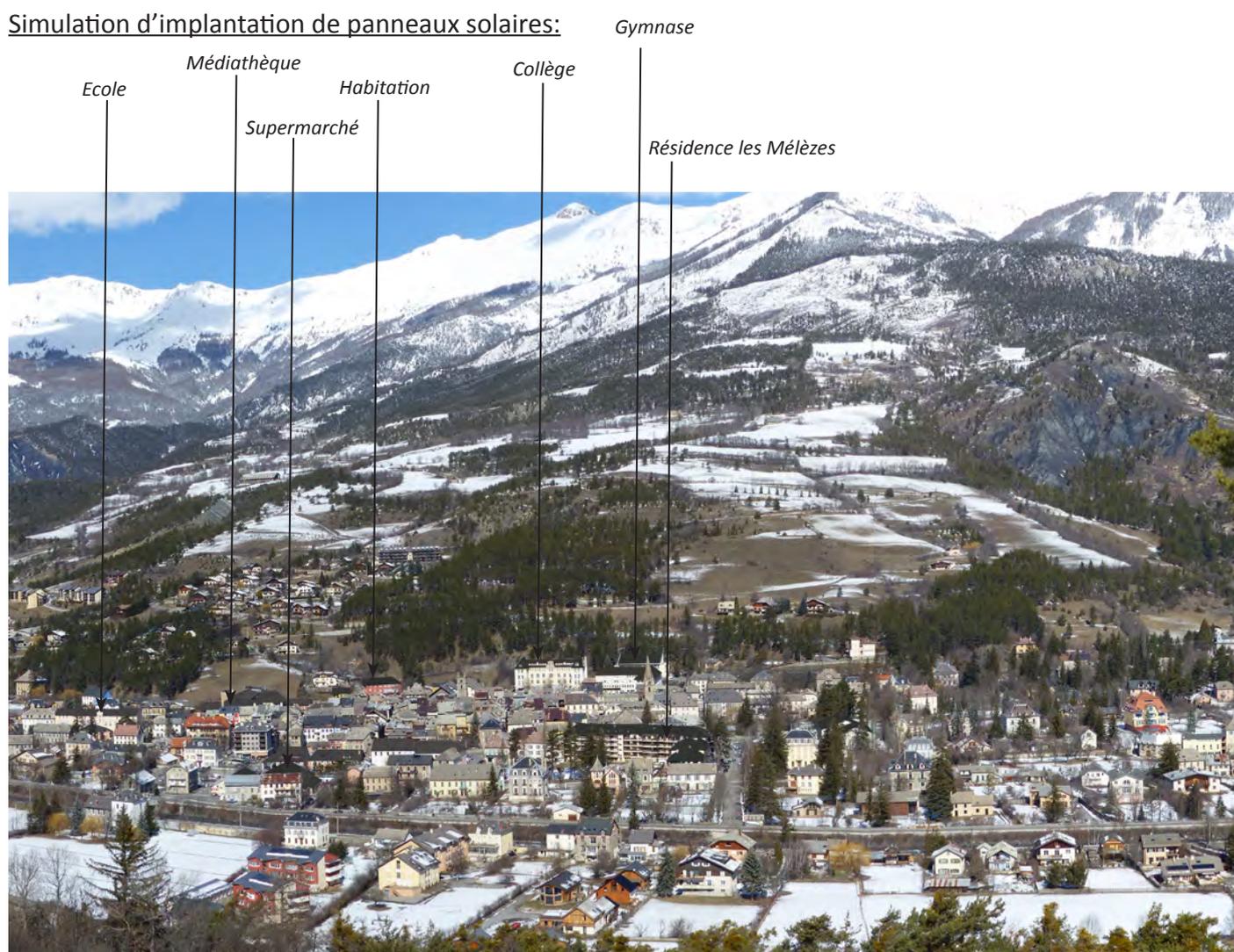
Toitures revêtues de grands éléments de couverture: « Dans le cas des systèmes photovoltaïques avec bacs en sous-face du plan des modules, il est fortement recommandé de réaliser la jonction aux rives du bâtiment selon les prescriptions des DTU correspondant, c'est-à-dire via la mise en œuvre de bandes de rives recouvrant la nervure extrême du dernier bac de partie courante.

> Remarque : la règle commune AVAP pour le traitement des rives s'applique.

5/ IMPACT PAYSAGER



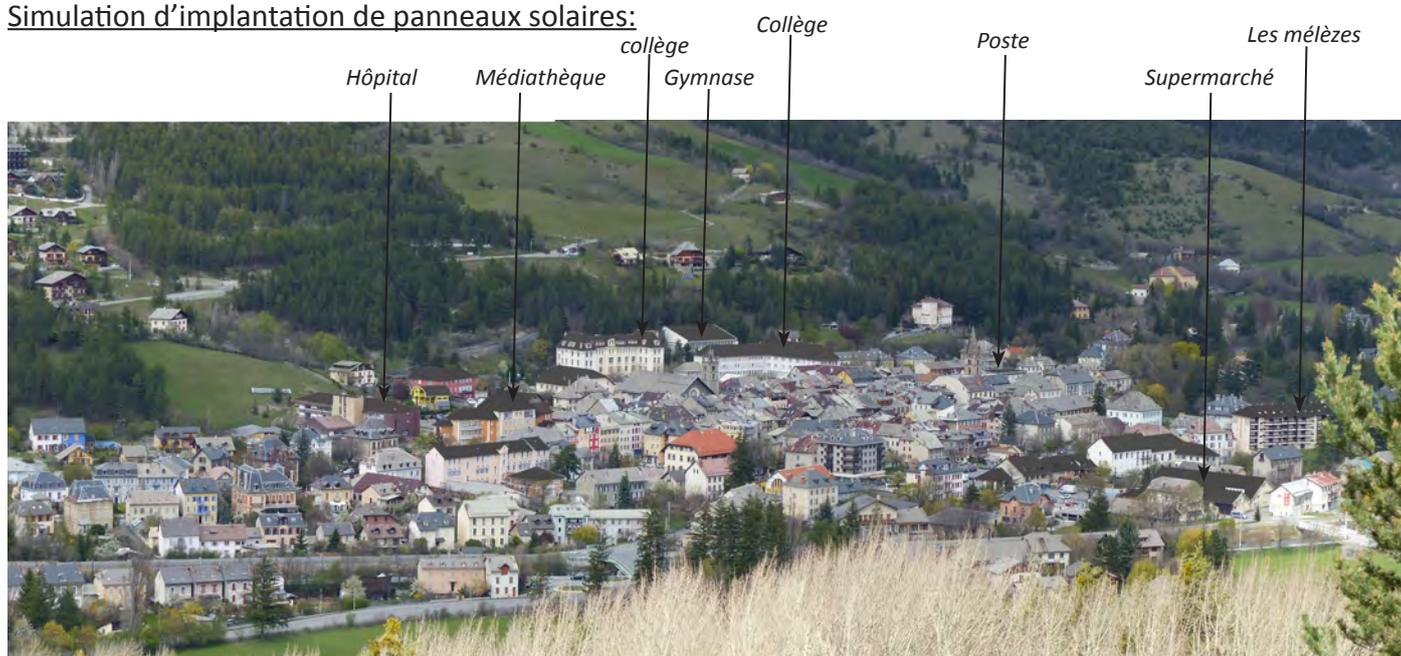
Simulation d'implantation de panneaux solaires:



Barcelonnette, depuis la route communale reliant le Mas Fabre au Pra Soubeyran - Etat existant:



Simulation d'implantation de panneaux solaires:



Palette de couleurs des toitures:

Les toitures du secteur S2 exposées au sud ne sont visibles que depuis le versant situé à l'Ubac principalement depuis la route communale rejoignant le Cochette à l'Est au Mas Soubeyran à l'ouest. De manière ponctuelle, au détour d'un virage ou d'une ouverture dans les massifs forestiers, la silhouette de Barcelonnette émerge assez nettement. La visibilité des toitures est ici importante et leur modification aura un impact visuel important.

Néanmoins, en terme de colorimétrie, l'ensemble des toitures du secteur S2 présente des teintes qui vont du gris clair au gris foncé. Seules l'hôpital et la résidence des mélèzes offrent des toitures légèrement plus bordeaux. En conséquence, la mise en place de panneaux solaires moyennant une pose sur les pans entiers de toiture en respectant rigoureusement leurs formes ne constituerait pas un préjudice paysager majeur.

| | |
|---|-----------------------------------|
|  | Médiathèque/ Ecole |
|  | Le supermarché (toiture ouest) |
|  | Gymnase |
|  | Résidence les Mélèzes |
|  | Caserne |
|  | Collège |



Visibilité des toitures du collège depuis l'espace public



Visibilité des toitures de la médiathèque



Visibilité des toitures de la résidence touristique



La toiture terrasse de la poste. Il convient d'adapter les panneaux à l'horizontalité du toit sans chercher à poser les panneaux selon un angle qui présenterait un gros impact paysager.

Depuis les espaces publics du secteur S2, les toitures de certains bâtiments sont relativement visibles. Cette visibilité est rendue possible par l'élargissement des reculs, de vastes espaces de stationnement (poste, place du Gravier) qui autorisent les reculs nécessaires pour l'appréhension des toitures.

Néanmoins, la colorimétrie grise des toitures existantes autorise la pose de panneaux solaires photovoltaïques sans nuisance majeure pour la lecture des paysages urbains de Barcelonnette.

Néanmoins, il convient de couvrir impérativement l'ensemble des pans de toiture, de traiter les rives et les égouts de toiture et de respecter les pentes des toitures existantes sans chercher à corriger l'angle d'incidence des panneaux ce qui les mettrait inutilement en valeur et perturberait l'écriture architecturale des constructions.

6/ PRÉCONISATIONS POUR L'AVAP

L'intégration de panneaux solaires est conditionnée par son mode de pose et à leur aspect. Avec une pente des toits optimale, les bâtiments de Barcelonnette possèdent un atout indéniable pour le potentiel de production photovoltaïque à moyen terme (en attente d'une amélioration du rendement). Le secteur S2 accueille quant à lui de nombreuses toitures de grande surface facilitant la mise en œuvre et la rentabilité des installations. Par ailleurs, l'impact visuel est amoindri par des matériaux de couverture sombres (ardoise, bac-acier) s'approchant de la teinte de certains panneaux et par l'absence de vue proche depuis le versant ubac.

Pour l'AVAP, il apparaît envisageable d'autoriser les panneaux photovoltaïques sous condition :

- de les intégrer en toiture, pour masquer les cadres de support et éviter l'effet de surépaisseur
- de limiter l'impact visuel des châssis avec une teinte sombre et mat identique à celle des panneaux
- de couvrir la totalité de la couverture pour limiter l'impact des abergements et ne pas multiplier les matériaux sur un même pan de toiture. Pour ce faire, il convient d'adjoindre aux découpes géométriques des panneaux solaires des portions non forcément productives permettant d'épouser les contours des toitures.
- de protéger les bâtiments d'intérêt patrimonial pour ne pas permettre l'installation de panneaux sur des toitures singulières (hôtel de ville par exemple) et généralement très exposées. Quid du projet sur l'école.
- de tenir compte de la nature de la couverture d'origine (ardoise ou bac-acier) et favoriser la diffusion des toitures qui s'apparentent à l'ardoise (ardoise photovoltaïque)

La règle peut ainsi intégrer les dispositions suivantes :

- La pose de panneaux solaires photovoltaïques n'est pas autorisée sur un bâtiment d'intérêt patrimonial.
- Pour les autres bâtiments, la pose de panneaux solaires photovoltaïque pourra être tolérée à condition de couvrir l'intégralité du pan de toiture.
- Les panneaux solaires (thermiques et photovoltaïques) et leurs éléments annexes (abergements, cadres de support) seront intégrés en toiture, sans surépaisseur.
- Les panneaux solaires photovoltaïque seront de teinte uniforme (« monocristallins ») et gris ardoise (RAL 7015, 7016 ou 7022), sans aucun reflet. Les cadres de support seront de teinte identique aux panneaux.
- Pour les bâtiments avec une toiture en croupe ou couverts à l'origine en ardoise, les panneaux devront être de type "ardoise solaire" avec un module de dimension équivalente à l'ardoise. Les autres versants de toitures du bâtiment seront couverts d'ardoise.

NB : par ailleurs, le rapport de présentation devra ajouter dans les objectifs du secteur S2, la production d'énergie renouvelable.