



canton de
vaud

INTÉGRATION ARCHITECTURALE DE CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES DANS UN CONTEXTE À HAUTE VALEUR PATRIMONIALE

01. GUIDE OPÉRATIONNEL



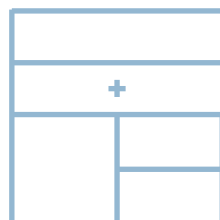
MAI 2022

SUIVI DES MODIFICATIONS DES PIÈCES DE L'ÉTUDE

DÉCEMBRE 2021	VERSION DES MANDATAIRES
MAI 2022	ADAPTATIONS AU TABLEAU 03b PAR LES MAÎTRES D'OUVRAGE



NPPR INGÉNIEURS ET GÉOMÈTRES SA
CHEMIN DU CHÂTEAU-SEC 6 – CP 63
1510 MOUDON
JOACHIM.NICOD@NPPR.CH



FISCHER MONTAVON+ASSOCIES
ARCHITECTES URBANISTES SA
RUELLE VAUTIER 10
1400 YVERDON-LES-BAINS
GMARCOVECCHIO@FM-A.CH



ELECTROSOL SA
SPÉCIALISTE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE
RUE DES ARTISANS 2 – CP 34
1148 L'ISLE VD
KILIAN.THONNEY@ELECTROSOL.CH

COMMUNE DE MOUDON
DIRECTION DE L'ÉNERGIE | DGE DIREN
DIRECTION DE L'ARCHÉOLOGIE ET DU PATRIMOINE | DGIP-MS



canton de
vaud

INTÉGRATION ARCHITECTURALE DE CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES
DANS UN CONTEXTE A HAUTE VALEUR PATRIMONIALE

01. GUIDE OPÉRATIONNEL

TABLE DES MATIÈRES

1.	CONTEXTE, PÉRIMÈTRE ET BUTS DE L'ÉTUDE	11
1.1	PÉRIMÈTRE	12
1.2	BUTS	14
2.	BESOINS ET SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES	15
	INSTALLATIONS SOLAIRES	15
	APPLICATION DU PHOTOVOLTAÏQUE	15
	BESOINS / PROFILS DES CONSOMMATEURS	15
2.1	CONDITIONS DE BASE POUR LA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE	16
3.	APPROCHE GLOBALE ÉNERGIE & PATRIMOINE	17
3.1	STRUCTURE TERRITORIALE ET PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE	17
3.2	PLANIFICATION	19
3.3	DIAGNOSTIC DE VISIBILITÉ	19
	CONTENUS DU PLAN DE BASE	19
	TYPLOGIE DES VISIBILITÉS	20
3.4	INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES	23
	TYPES D'INSTALLATIONS	23
	TYPLOGIE D'IMPLANTATION	23
3.5	DISPOSITIONS FONDAMENTALES	24
	TYPES D'INSTALLATIONS ET TYPLOGIE D'IMPLANTATION	24
	AUTRES DISPOSITIONS	25
	INSTALLATIONS NON ADMISES	25
4.	PLANIFICATION D'UN PROJET PHOTOVOLTAÏQUE	26
4.1	LES BASES	26
4.2	LES REQUIS	26
4.3	CAS TESTS ILLUSTRATIFS	27
5.	CRITÈRES D'ÉVALUATION	28
6.	LISTE DES ANNEXES	29
	02A. CARTE OPÉRATIONNELLE	29
	02B. VISIBILITÉ DES TOITURES PAR DEGRÉ	29
	03A. TYPES D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES	29
	03B. TYPLOGIES D'IMPLANTATION ET TYPES D'INSTALLATIONS	29
	04. CAS TESTS ILLUSTRATIFS	29

PRÉAMBULE

Aujourd'hui, il est primordial d'agir à toutes les échelles pour répondre à l'urgence climatique et limiter l'augmentation de la température moyenne de la planète à 1.5 C° par rapport aux niveaux préindustriels. A notre échelle, nous pouvons agir sur deux axes:

- diminuer la consommation d'énergie fossile pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (CO₂);
- limiter la consommation d'électricité en augmentant l'efficacité énergétique.

Pour assurer ce virage il est nécessaire d'accroître fortement la part des énergies renouvelables dans la consommation totale. De plus, il paraît primordial de diversifier les sources d'approvisionnement énergétique, notamment pour l'électricité en renforçant la production renouvelable. Le besoin énergétique peut être satisfait par différents scénarii de fourniture en renouvelable : la production propre, la souscription à un fournisseur ad hoc, la contribution à une société de production, ou encore un mixte de ces possibilités.

Quel potentiel de production d'énergie renouvelable contiennent les toitures du bâti historique en Suisse ? Comment donner réponse aux propriétaires de biens historiques soucieux de participer au virage énergétique tout en favorisant une culture du bâti de qualité ? Est-il possible de concilier énergie solaire et culture du bâti ?

Le patrimoine a une forte visibilité et une forte connotation émotionnelle, il peut servir de levier pour stimuler la transition énergétique.

Ces questions ont orienté la présente étude dont le but est d'examiner l'opportunité de projets photovoltaïques dans un périmètre à haute substance patrimoniale et de se prononcer sur leur faisabilité. L'intégration architecturale, en accord avec l'état de la technique en matière d'installations photovoltaïques et les bases légales, a été considérée.

Le bâti historique est un gros consommateur d'énergies, à ce jour prioritairement fossiles. Cela est dû au type de matériaux, aux techniques constructives et aux systèmes d'exploitation qu'il utilise. En amont du développement d'un projet de capteurs solaires sur un bâtiment patrimonial, deux réflexions semblent nécessaires :

- avoir une vision globale du territoire communal, permettant à la commune de fixer et de rendre transparents ses plans et ses buts pour la production solaire et les autres énergies renouvelables. Les autorités doivent tenir compte de l'ensemble du site construit, des opportunités ainsi que des valeurs culturelles et patrimoniales. Ces objectifs sont à intégrer à une stratégie énergétique communale et aux outils d'aménagement d'une commune ou de quartiers spécifiques ;
- l'établissement d'un concept global d'un bâtiment patrimonial permettant d'améliorer son bilan énergétique tout en respectant les objectifs de conservation. Pour une amélioration énergétique respectueuse des exigences de la conservation du patrimoine, les possibilités peuvent impacter directement le bien ou non : achat d'énergie verte, location de panneaux solaires situés sur un autre site, remplacement des agents énergétiques fossiles par des agents renouvelables,

raccordement à un réseau de chaleur, éclairage contrôlé, isolation, optimisation des équipements, pose de capteurs solaires, etc.

La commune de Moudon élabore actuellement son Plan communal des énergies, ce qui lui permettra de répondre au premier point évoqué. Pour le deuxième point, consciente que le patrimoine historique et la production d'énergie renouvelable ne sont pas antagonistes, la commune développe la présente étude en partenariat avec la Direction de l'énergie (DGE-DIREN) et la Direction de l'archéologie et du patrimoine (DGIP-MS).

Les pièces qui composent l'étude sont :

- 01. GUIDE OPÉRATIONNEL Il s'agit du présent document structuré en 5 chapitres ;
- 02a. CARTE OPÉRATIONNELLE qui attribue aux toitures du périmètre d'étude un degré de visibilité qui varie de visibilité haute à insignifiante. Cette carte tient compte des potentiels constructibles mis en vigueur avec l'approbation en septembre 2017 du Plan partiel d'affectation « Le Centre », elle intègre également les vues iconiques ainsi que l'identification du réseau piétonnier principal ;
- 02b. VISIBILITÉ DES TOITURES, PAR DEGRÉ Il s'agit de la décomposition de la carte opérationnelle par degré de visibilité ;
- 03a. TYPES D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES. Tableau comparatif des installations et estimation des prix. Etat de la technique en 2021 ;
- 03b. TYPOLOGIES D'IMPLANTATION ET TYPES D'INSTALLATIONS EN FONCTION DU DEGRÉ DE VISIBILITÉ. Ce tableau présente, par degré de visibilité, les recommandations minimales issues de la présente étude concernant : le type d'installations et la typologie d'implantation des panneaux sur la toiture concernée ;
- 04. CAS TEST ILLUSTRATIFS Il s'agit d'un recueil, pour quatre secteurs au sein du périmètre d'étude, d'une série de données dont il faut prendre connaissance lors du démarrage d'un projet de production photovoltaïque en milieu à haute valeur patrimoniale.

La contribution à cette évolution de la part des propriétaires fonciers concernés est nécessaire, de manière individuelle ou groupée. Dans le cas de bâtiments à l'intérieur d'un périmètre historique, un soin particulier devra être accordé à l'intégration architecturale. Il importe notamment de ne pas se limiter à l'examen des adaptations qui touchent directement le bâti (son enveloppe et/ou des possibilités de pose d'installations de production d'énergie), mais d'étudier et d'élaborer en premier lieu un concept énergétique. Dans certain cas il est possible d'atteindre des standards énergétiques intéressants au moyen de travaux ne touchant pas le bâti historique. En termes de consommation de l'énergie issue de la production photovoltaïque il y a certes une optimisation à réaliser, mais aussi et avant tout, des nouveaux comportements qu'il sera nécessaire d'adopter pour favoriser l'autoconsommation (consommation directe de l'énergie produite) et les groupements d'autoconsommateurs. Cette étude concerne en premier lieu les capteurs photovoltaïques, mais plusieurs réflexions développées dans le présent guide peuvent être également applicables à la pose de panneaux thermiques ou hybrides. Quant au volet technique, les réflexions sont basées sur l'état de la technique en décembre 2021 et pour laquelle l'on peut s'attendre à une rapide évolution dans les années à venir, tant en termes de technologie et de réseau que de coûts d'installation. Néanmoins, le cadre géographique et patrimonial du périmètre d'étude est d'avantage figé ne devrait subir d'évolutions.

Les documents listés ci-après sont mentionnés à titre de référence et permettent de compléter les informations sur le contexte stratégique dans lequel s'inscrivent les réflexions de cette étude :

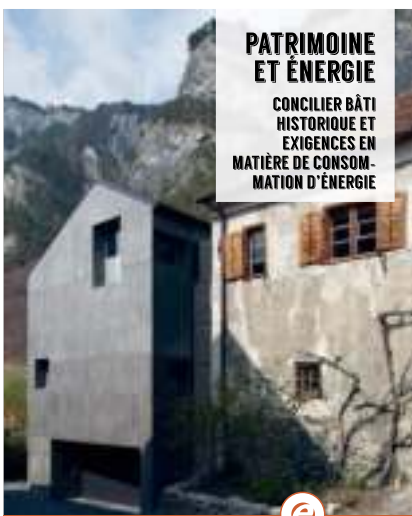
- Stratégie du Conseil d'État vaudois pour la protection du climat, Plan climat vaudois 1^{ère} génération, juin 2020 ;
- Stratégie culture du bâti, Stratégie interdépartementale d'encouragement, OFC, février 2020 ;
- Architecture solaire aujourd'hui et pour demain, publication OFEN, mars 2019 ;
- Guide relatif à la procédure d'annonce et d'autorisation pour les installations solaires, SuisseEnergie, février 2021.
- Patrimoine et Energie. Concilier bâti historique et exigences en matière de consommation d'énergie. OFC, SuisseEnergie.



Stratégie du Conseil d'État vaudois pour la protection du climat



Stratégie Culture du bâti



Patrimoine et énergie : concilier bâti historique et exigences en matière de consommation d'énergie



Guide relatif à la procédure d'annonce et d'autorisation pour les installations solaires



Architecture solaire aujourd'hui et pour demain

1. CONTEXTE, PÉRIMÈTRE ET BUTS DE L'ÉTUDE

Pour exploiter l'énergie solaire, il est important de mettre en priorité l'accent sur les sites dans lesquels on peut construire des installations de grande ampleur qui s'y intègrent bien. Comme indiqué dans le rapport de l'OFC « Concilier énergie solaire et culture du bâti », ce qui a du sens à l'échelle d'une construction individuelle n'est pas forcément judicieux à l'échelle communale. Pour cette raison, la commune élabore un plan directeur des énergies.

Les Autorités communales et cantonales sont bien conscientes de ces points ainsi que du potentiel solaire important que peuvent recenser différents secteurs de Moudon. Au vu de la politique suisse sur la transition énergétique et de la sensibilité architecturale des centres historiques, ils souhaitent, par cette étude pilote ciblée sur un périmètre à haute valeur patrimoniale, relever le potentiel d'activation des toitures pour la production d'énergie photovoltaïque. Le premier enjeu est de poser clairement les contraintes et offrir des possibilités réelles aux requérants afin de trouver l'équilibre entre beauté et efficacité.

Les Autorités sont représentées de la manière suivante au sein du groupe de travail :

COMMUNE DE MOUDON

Jean-Philippe Steck

Conseiller municipal en charge de l'aménagement du territoire, bâtiments et domaines communaux, Commune de Moudon

Alain Mathys

Chef de service du Bureau technique communal de Moudon

DIRECTION DE L'ÉNERGIE DGE-DIREN

Anne-Valérie Nahrath

Architecte EPFL, MAS EDD-BAT

DIRECTION DE L'ARCHÉOLOGIE ET DU PATRIMOINE DGIP - MS

Alberto Corbella

Conservateur, adjoint du Conservateur cantonal

Au début de l'année 2021 un groupement de mandataire et conjointement mandaté, il est composé de :

NPPR INGENIEURS ET GEOMETRES SA

Joachim Nicod

Ingénieur EPFL, brev. Ingénieur géomètre

FISCHER MONTAVON + ASSOCIES Architectes-Urbanistes SA

Gabriela Marcovecchio

Architecte FADU, MAS URB Unil FSU

Dominique Montavon

Architecte EPFL urbaniste FSU, REG A

ELECTRO-SOL SA spécialiste solaire-photovoltaïque

Kilian Thonney

Technicien ES

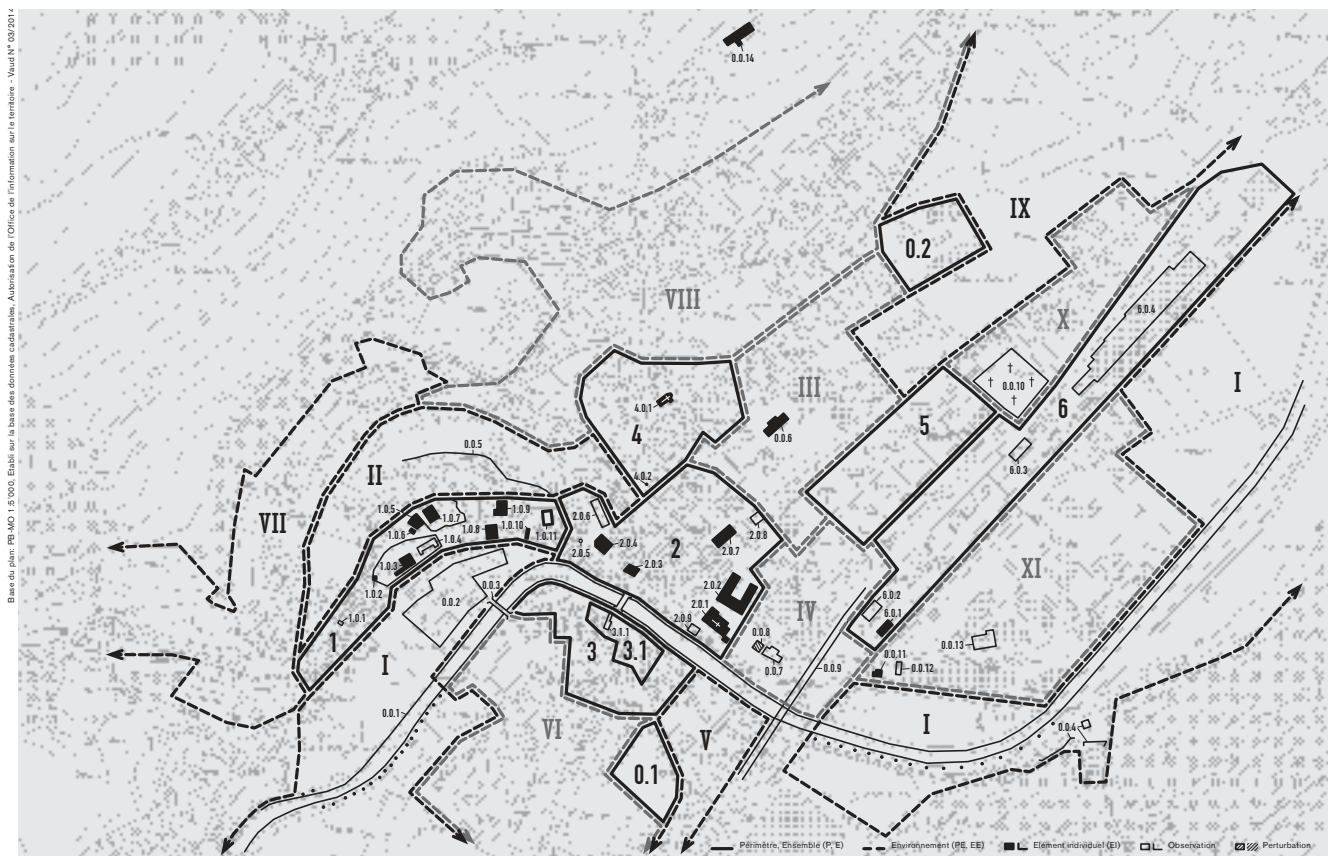
1.1 PÉRIMÈTRE

Le périmètre d'étude correspond aux périmètres (P) 1, 2, 3 ainsi que l'ensemble (E) 3.1 du relevé de l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (OISOS; RS 451.12).

En raison de ses qualités exceptionnelles, Moudon figure parmi les sites que le Conseil fédéral considère comme présentant une importance nationale. Cette importance découle de ses qualités topographiques, territoriales et historico-architecturales : l'ISOS est basé sur l'appréciation d'ensemble d'un site, et non pas sur les caractéristiques de certaines de ses composantes. Il tient compte de la qualité globale du tissu bâti et de son organisation spatiale ainsi que du rapport que le bâti établit avec son environnement proche et plus éloigné.

L'ISOS subdivise les localités en différentes entités – périmètres, ensembles, périmètres environnants et échappées dans l'environnement. Un objectif de sauvegarde est attribué à chaque subdivision – sauvegarde de la substance, de la structure ou du caractère pour le tissu bâti et sauvegarde de l'état existant ou des caractéristiques pour les environnements – permettant de présenter des propositions de conservation ou de valorisation. La mise en œuvre des objectifs de sauvegarde doit permettre de conserver intactes les caractéristiques remarquables de la localité – et donc de son importance nationale. Cette subdivision proposée par le relevé ISOS sur le territoire de Moudon est présentée ci-après.

Entités du relevé ISOS de la commune de Moudon.
Office fédéral de la culture OFC, Section patrimoine
culturel et monuments historiques, février 2012



A l'intérieur de ce découpage proposé par le relevé ISOS de la commune de Moudon, -2ème version, de février 2012- le périmètre d'étude est celui figuré en couleur sur la carte ci-contre, accompagné des chiffres : 1, 2, 3 et 3.1. Ces secteurs concernent :

1. ville haute appelée le bourg, établie sur un promontoire, composée d'une ancienne place forte, de trois maisons de maître et de rangées de maisons d'habitation, dès 12e siècle. Objectif de sauvegarde *A* ;

2. ville basse dite aussi Ville neuve, au pied du promontoire, voirie dense accompagnée de longues séries de maisons contiguës, dès 13e s. Objectif de sauvegarde *A* ;

3. bâti villageois sur la rive SO de la Broye, habitations, ateliers et ferme transformés, implantés en ordre lâche, 18e–20e siècles. Objectif de sauvegarde *B*.

Il inclut également l'ensemble (E) n° 3.1, quartier de Mauborget de caractère citadin, composé de séries de maisons en ordre contigu, dès déb. 13e siècle, état actuel, 19e siècle. Objectif de sauvegarde *A*.

Objectifs de sauvegarde attribués par le relevé ISOS au sein du périmètre d'étude défini:

- A
- B
- a
- b



Objectifs de sauvegarde de l'inventaire ISOS

L'objectif de sauvegarde « A » préconise la sauve garde de la substance. Conservation intégrale de toutes les constructions et composantes du site, de tous les espaces libres ; suppression des interventions parasites.

L'objectif de sauvegarde « B » préconise la sauvegarde de la structure. Conservation de la disposition et de l'aspect des constructions et des espaces libres ; sauvegarde intégrale des éléments et des caractéristiques essentiels pour la conservation de la structure.

1.2 BUTS

Par un travail multidisciplinaire, activant des compétences complémentaires entre autorités et services, maîtres d'œuvre et mandataires, l'étude vise un résultat pragmatique. Elle répond à la demande de la commune de pouvoir anticiper et cadrer le traitement des demandes d'installation photovoltaïque au sein du périmètre historique protégé. Plutôt qu'une maximisation, c'est une optimisation de la production d'énergie en harmonie avec les enjeux patrimoniaux qui est visée.

Il s'agit de doter la commune d'un outil d'aide à la décision en matière d'autorisation d'installations solaires photovoltaïques et de permettre aux porteurs de projet de connaître le potentiel solaire réellement exploitable sur leurs biens.

L'outil se veut évolutif, non figé et à même d'intégrer l'évolution rapide des besoins et des technologies, notamment par une mise à jour périodique du volet technique (pièces n° 03.A et 03.B).

En résumé, les buts de l'étude « Intégration architecturale de capteurs photovoltaïques dans un contexte à haute valeur patrimoniale » sur le périmètre d'étude présenté sont les suivants :

- établir un inventaire sur les possibilités d'intégration du solaire dans un secteur historiquement sensible ;
- concevoir un outil pratique qui permette aux autorités de donner des réponses coordonnées et égalitaires aux demandes légitimes des propriétaires favorisant l'exploitation en autoconsommation de l'énergie produite sur leur propriété.

2. BESOINS ET SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

INSTALLATIONS SOLAIRES

L'énergie solaire peut être distribuée sous deux formes dans les bâtiments :

- photovoltaïque : des cellules à base de silicium transforment le rayonnement solaire en énergie électrique sans rejet d'émissions dans l'atmosphère ;
- thermique : des capteurs à fluide caloporteur absorbent la chaleur du rayonnement du soleil. L'énergie produite est introduite dans le système de production de chaleur du chauffage et/ou de l'eau chaude sanitaire ;
- hybrides : les cellules photovoltaïques sont refroidies par l'eau, celle-ci s'échauffe et est utilisable pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Le refroidissement des cellules solaires entraîne une augmentation de la production électrique par rapport aux installations photovoltaïques conventionnelles.

APPLICATION DU PHOTOVOLTAÏQUE

Ce guide traite de l'intégration d'installations photovoltaïques de taille modeste, destinées aux besoins propres du requérant. Dans un secteur à dominante résidentielle, il s'agit principalement de petits immeubles de 1 à 10 logements au sein du périmètre étudié. Toutefois plusieurs réflexions développées ici sont extrapolables au solaire thermique/hybride. L'assignation de degré de visibilité aux toitures est indépendante du type de technologie utilisé, elle pourrait être utilisée aussi pour le travail sur les percements ou émergences en toiture, par exemple.

BESOINS / PROFILS DES CONSOMMATEURS

Pour l'évaluation quantitative des besoins quatre profils consommateurs ont été définis, ils sont employés dans les cas tests illustratifs (annexe 04 : CAS TESTS ILLUSTRATIFS). Ces profils tiennent compte uniquement d'une consommation domestique excluant les besoins en électricité pour le fonctionnement des pompes à chaleurs, pour chauffer l'eau chaude sanitaire, pour le chauffage électrique et pour la mobilité rechargeable.

Les profils triés en 4 catégories selon le nombre de logement par bâtiment et tenant compte du nombre d'habitants par logement selon les statistiques suisses.

A - Maison individuelle :	1 seul logement :	4 hab/log ;	4000kWh/a par log ;
B - Petit immeuble collectif :	2 à 4 logements :	3 hab./log ;	2500 kWh/a par log
C - Moyen immeuble collectif :	5 à 9 logements :	2.5 hab/log ;	2000 kWh/a par log
D - Grand immeuble collectif :	> 10 logements :	2 hab/log ;	1500 kWh/a par log.

Tableau des besoins par catégorie d'utilisateurs (habitat individuel, collectif, commerces, bureaux).

Pour répondre à ces besoins, une production normalisée à 4'400 kWh/a avec 25m² est considérée. Soit 15 panneaux standards de 320 W.

2.1 CONDITIONS DE BASE POUR LA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE

La quantité d'énergie qu'un panneau photovoltaïque peut produire dépend des facteurs suivants :

- la situation de l'installation : azimut et pente. Le site www.toitsolaire.ch renseigne sur l'aptitude d'une toiture à exploiter l'énergie solaire ;
- le caractère de la construction fixe ou orientable selon la position du soleil ;
- les conditions météorologiques ;
- la réflexion du milieu environnant : par exemple la neige ou les surfaces d'eau ;
- les masques d'ombrage du voisinage, les émergences des toitures ou les superstructures avoisinantes.

Parmi les considérations nécessaires pour la production d'énergie solaire il faut également tenir compte :

- de la surface disponible ;
- de la puissance au m² et du rendement spécifique de l'installation ;
- du raccordement du toit au tableau électrique principal du bâtiment ;
- des coûts de fourniture, pose et entretien de l'installation ;
- de la logistique de chantier (accès à la toiture) et des détails constructifs (panneaux fictifs et ferblanterie nécessaires).

3. APPROCHE GLOBALE ÉNERGIE & PATRIMOINE

Tous les bâtiments d'un périmètre d'étude n'ont pas la même portée et tous les éléments de construction n'ont pas la même valeur patrimoniale. L'objet s'inscrit en outre dans un contexte architectural, socio-économique et administratif donné. Il faut établir l'analyse et l'évaluation des facteurs permettant de déterminer si le projet est faisable.

Les objectifs de l'étude conjointe de la commune de Moudon avec la DGE-DIREN et la DGIP-MS sont les suivants :

- susciter une dynamique pour préserver/valoriser le patrimoine et répondre aux défis de la transition énergétique ;
-
- permettre l'intégration de l'évolution des techniques et des besoins ;
- servir de référence en amont de la planification ;
- offrir une plateforme de consultation et de dialogue constructif ;
- élaborer un plan de la structure du patrimoine, tenant compte de ses sensibilités.

3.1 STRUCTURE TERRITORIALE ET PÉRIMÈTRE D'ETUDE

Moudon - site ISOS n°4528 – relevé de février 2012 - définition

Les sites construits ne représentent pas seulement notre histoire, mais constituent aussi notre espace de vie actuel. Ils permettent aux personnes de s'identifier à l'endroit où elles vivent et de s'y sentir chez elles. En plus des bâtiments, un site construit comprend des rues, des places, des jardins, des parcs et des terres agricoles. La qualité de ces éléments et leurs relations déterminent s'il faut protéger le site. L'entretien et le développement harmonieux des sites construits contribuent à la qualité de notre environnement bâti et donc à notre bien-être.

Au niveau national, c'est l'Office fédéral de la culture (OFC) qui s'occupe de la protection des sites construits. Il établit et gère l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse, ISOS. Cet inventaire évalue les sites construits selon des critères uniformes pour l'ensemble de la Suisse et détermine les agglomérations les plus précieuses du pays. Il représente une base de planification importante pour la Confédération, les cantons et les communes et assure un développement de qualité de l'environnement bâti.









L'ISOS recense 149 sites construits d'importance nationale dans le canton de Vaud, 1274 dans toute la Suisse. Moudon est identifié par l'ISOS, comme un site construit d'importance nationale à protéger.

Comme décrit dans le chapitre 1.1, le périmètre d'étude concerne les périmètres (P) 1, 2 et 3 ainsi que l'ensemble (E) n° 3.1 du dernier relevé ISOS.

Ces secteurs de Moudon s'inscrivent dans le territoire par des caractéristiques propres :

- la topographie : le « promontoire molassique » de la ville haute médiévale – le bourg - et le « plateau » de la ville basse « neuve » et du bâti villageois de Mauborget sur la rive sud-ouest de la Broye ;
- les cours d'eau de la Broye et de la Mérine et les espaces ouverts qui les bordent ;
- les voiries principales en traversée de périmètre d'étude ;
- la morphologie et la typologie du bâti : contiguïté en rangées structurantes ou tissu plus ou moins dense ;
- les monuments et édifices publics ;
- les vues iconiques.

Le schéma « TERRITOIRE, PAYSAGE ET STRUCTURE DU BÂTI » illustre cette lecture qui sert de base à la définition de la carte opérationnelle « VISIBILITÉ DE TOITURES » et par la suite à l'analyse du potentiel d'intégration des capteurs photovoltaïques. Ces deux documents se trouvent à l'annexe 02 : CARTE OPÉRATIONNELLE, les principes utilisés pour leur définition sont énoncés ci-après.

-  Modèle topographique: MNT
-  Cours d'eau: La Broye, La Mérine
-  Réseau principal
-  Vue icônique
-  Contiguïté structurante
-  Bâti en tissu dense
-  Édifices publics
-  Monument iconique

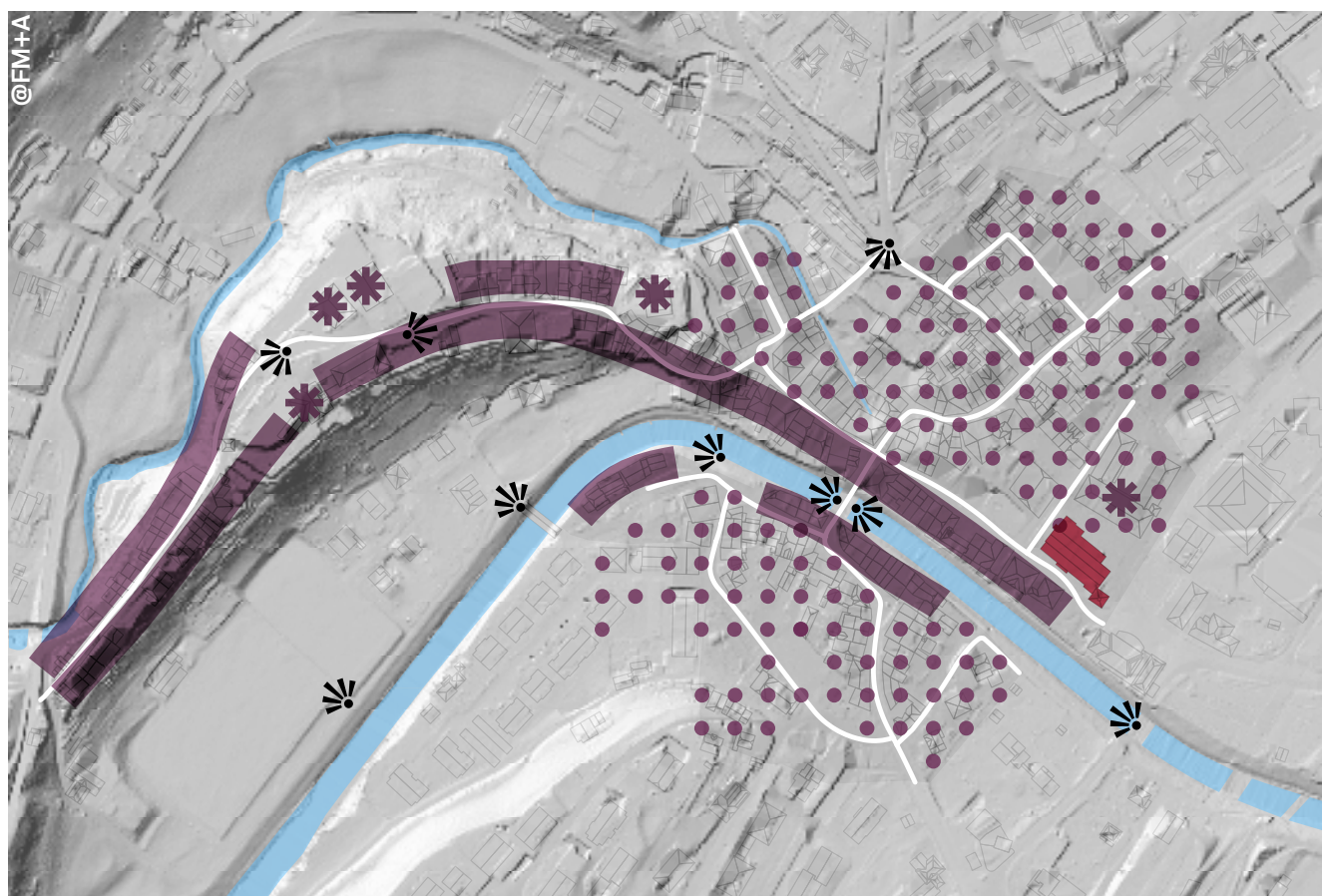


Schéma « TERRITOIRE, PAYSAGE ET STRUCTURE DU BÂTI »

3.2 PLANIFICATION

Tout projet de mise en place d'une installation photovoltaïque doit faire l'objet d'une planification de la part du maître d'œuvre. Le diagnostic de la situation doit être établi pour définir les contraintes et les possibilités du projet à développer.

Il s'agit d'évaluer le potentiel du toit, c'est à dire le type, la capacité structurelle et l'état du toit devant recevoir la future installation.

Au-delà des questions de production d'électricité et de rendement, le projet doit respecter les bases légales et les plans d'aménagement en vigueur. Par ailleurs les exigences en lien avec la police des constructions doivent être satisfaites. Les détails constructifs tels que couleur et type de couverture, finitions en ferblanterie, etc. doivent être particulièrement soignés du fait du caractère et de la sensibilité du site. Une attention supplémentaire est portée aux toitures réalisées avec des tuiles plates.

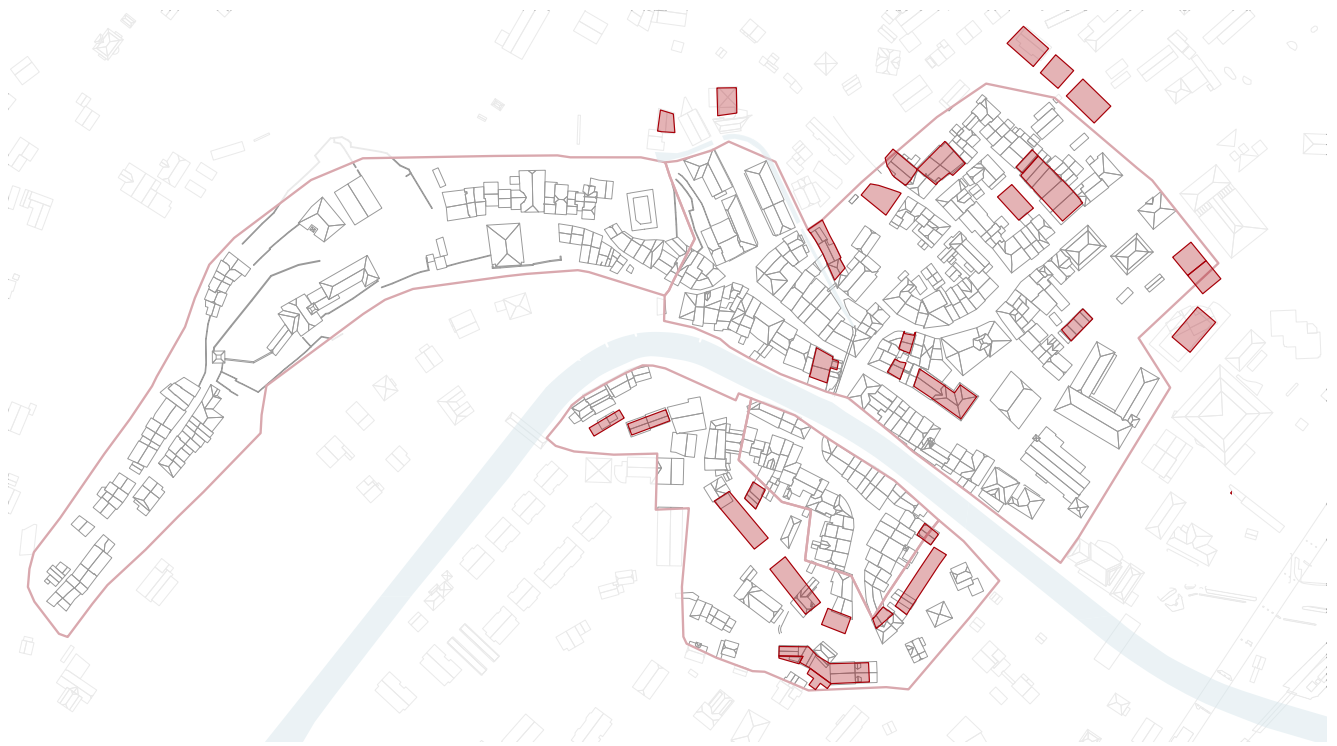
3.3 DIAGNOSTIC DE VISIBILITÉ

CONTENUS DU PLAN DE BASE

Le plan de base contient :

- le périmètre d'étude, composé des périmètres (P) 1, 2 et 3 et de l'ensemble (E) n° 3.1 du relevé ISOS de Moudon de 2012 ;
- la base cadastrale état juin 2021 et la topographie (courbes de niveau tous les mètres) ;
- les emprises de nouvelles constructions en vigueur selon le PPA « Le Centre » de septembre 2017. Elles sont traitées au même titre que le bâti existant : influencent donc l'attribution des degrés de visibilité des constructions voisines et se voient en attribuer un.



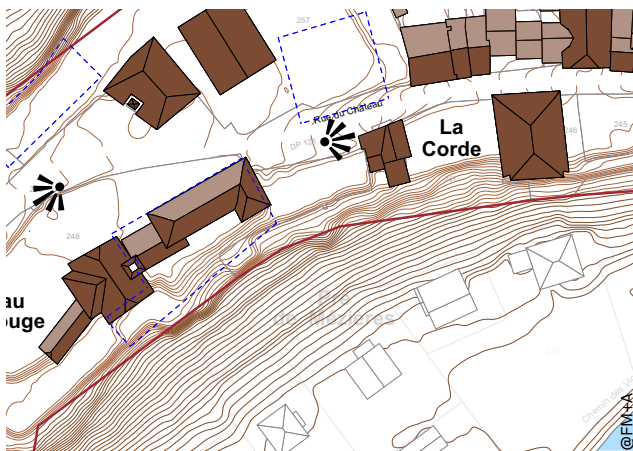


Potentiel constructible au sein du périmètre d'étude

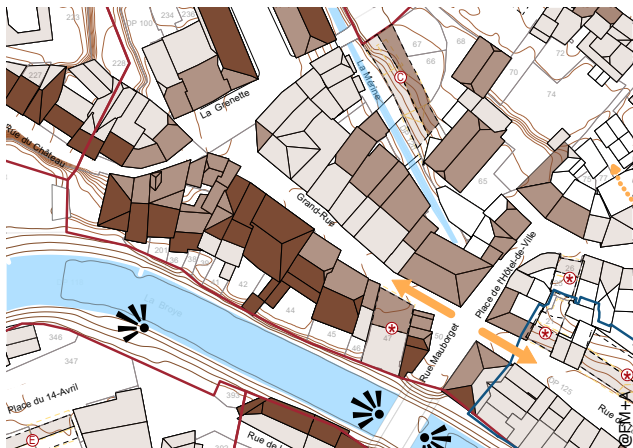
TYPLOGIE DES VISIBILITÉS

La typologie des visibilité est définie en tenant compte de différents niveaux de vues :

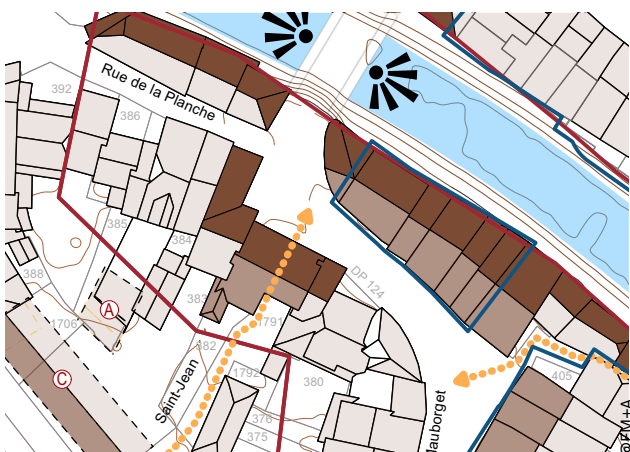
- des vues lointaines ou iconiques ;



- de vues de proximité depuis la rue ;



- des échappées dans le tissu bâti.



Il en résulte les degrés de visibilité suivants :

- Haute ;
- Moyenne ;
- Faible ;
- Insignifiante.

La carte opérationnelle « VISIBILITÉ DES TOITURES » présente, par des nuances de brun, la perceptivité visuelle des toitures à la vue (principalement horizon piéton) et attribue les degrés précités aux toitures existantes ou prévues au sein du périmètre. Les vues sur le périmètre d'étude depuis son extérieur sont également prises en compte.



©FM+A

Degré de visibilité 1 Haute



©FM+A

Degré de visibilité 2 Moyenne



©FM+A

Degré de visibilité 3 Faible

3.4 INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

TYPES D'INSTALLATIONS

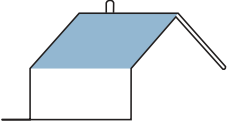
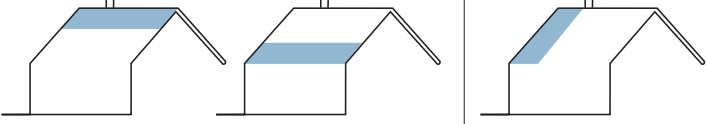
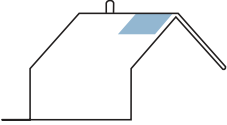
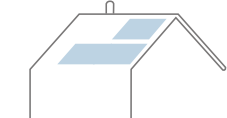
Un inventaire indicatif des types d'installations admises est présenté ci-dessous. Le tableau complet figure à l'annexe 03a. Les différents types d'installations photovoltaïques sont listés en les comparant et en évoquant une estimation de prix avec 2021 comme année de référence. Le tableau présente les caractéristiques des différentes installations avec une image de référence, les indications de la puissance installée, l'estimation de coûts d'installation et raccordement, l'estimation des subventions et divers détails techniques. Il est important de noter que ces données sont issues de l'état 2021 et sont susceptibles de rapidement évoluer.

	1	2	3	4	5	6	7
Type d'installation	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Intégrée
Modules Photovoltaïques	Petites tuiles pointues tachetées terracotta Freesuns ou équ.	Grande tuile terracotta Megasol Tile ou équ.	Grand losange terracotta Sunstyle ou équ.	Plaque Terracotta Activ'Glass Solrif ou équ.	Grand losange noir Sunstyle ou équ.	Grande tuile noire Freesuns ou équ.	Plaque noire Solrif ou équ.
Image							

©ELECTROSOL

TYPLOGIE D'IMPLANTATION

Les scénarios d'implantation sur la toiture sont indiqués, selon l'illustration suivante. L'installation peut représenter l'intégralité d'un pan de toiture, une géométrie en forme de bandeau horizontal ou vertical, un rectangle isolé, en forme libre ou en implantation dispersée.

Typologies d'implantation			
I	toiture intégrale	Installation photovoltaïque montée sur une surface entière et d'un seul tenant	
II	bandeau	Bande horizontale au faite ou à la corniche Bande verticale en bordure de toiture	
III	rectangulaire isolée	Implantation isolée compacte	
IV	dispersé	Forme libre Implantation dispersée	 implantation non admise dans le périmètre d'étude

©FM+A

3.5 DISPOSITIONS FONDAMENTALES

TYPES D'INSTALLATIONS ET TYPOLOGIE D'IMPLANTATION EN FONCTION DU DEGRÉ DE VISIBILITÉ

Plus le degré de visibilité est élevé plus sont accrues les exigences d'intégration architecturale, du type d'installation admise et des composants matériels. La typologie d'implantation admise pour un projet dépend également directement du degré de visibilité prédéfini.

Le tableau suivant évoque la solution minimale à disposition en fonction du degré de visibilité d'une toiture, il se rapporte aux annexes 03a. et 03b. Ce minimum doit être atteint pour tout projet présenté aux autorités. Il n'y a pas de contre-indication à ce qu'un propriétaire soumette une solution allant au-delà de l'exigence minimale.

Pour le degré de visibilité Haute, il est préconisé une installation intégrée de type 1, module petite tuile plate tacheté. La typologie d'implantation sera celle de la toiture intégrale (I).

Degré de visibilité SELON 02a. CARTE OPÉRATIONNELLE	Type d'installation SELON 03a. TYPES D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES 2021
Degré 1: Haute	1
Degré 2: Moyenne	2, 3
Degré 3: Faible	4
Degré 4: Insignifiante	5, 6, 7

©NPPR

Pour le degré de visibilité Moyenne, il est préconisé une installation intégrée de type 2 ou 3, modules de grandes tuiles ou losanges terra cotta. La typologie d'implantation sera en bandeau horizontal ou vertical (II).

Pour les degrés de visibilité Haute et Moyenne une intégration chromatique est requise, cela avec une teinte de terre cuite, ou en harmonie avec le matériau de couverture du bâtiment ou de l'ensemble bâti. Les détails de ferblanterie seront soignés.

Pour le degré de visibilité Faible, il est préconisé une installation intégrée de type 4, module plaques terracotta. La typologie d'implantation sera au minimum de manière isolée compacte (III).

Le degré de visibilité Insignifiant représente une très faible visibilité des toitures, ce qui permet d'exploiter les types d'installations 5, 6 et 7 qui sont économiquement plus avantageux. L'implantation doit se faire à minima de manière isolée compacte. (III).

AUTRES DISPOSITIONS

Pour limiter au maximum l'effet des reflets, les verres des capteurs seront non brillants au mieux de la technique disponible.

L'exploitation du potentiel des lucarnes, chiens-assis et appentis doit expressément être exprimé et pris en compte dans l'élaboration du projet. Des propositions d'harmonisation entre type de capteurs, tuiles et ferblanterie doivent être proposées de sorte à garantir l'harmonie générale et chromatique des toitures.

INSTALLATIONS NON ADMISES

Les installations rapportées (ajout au-dessus des tuiles) et celles faites de tuiles mécaniques ne sont pas préconisées pour le périmètre d'étude. Il en va de même pour les typologies d'implantation dispersée ou en forme libre (IV).

Les simulations par secteur ou par cas particulier illustrent à titre indicatif l'exigence a minima du type d'installation en regard du degré de visibilité.

4. PLANIFICATION D'UN PROJET PHOTOVOLTAÏQUE

Sont présentés ci-après, sous forme d'un aide-mémoire, la série des points dont il faut tenir compte lors du développement d'un projet de production photovoltaïque au sein du périmètre d'étude.

4.1 LES BASES

- Le schéma « structure territoriale » et la carte de visibilité, annexe 02a. CARTE OPÉRATIONNELLE et 02b. VISIBILITÉ DES TOITURES PAR DEGRÉ ;
- l'inventaire indicatif des types d'installations photovoltaïques, leurs caractéristiques techniques (puissance installée, rendement, matériaux, teintes, dimensions et coûts). Ces données sont en l'état 2021 et susceptibles d'évoluer rapidement, annexe 03a. TYPES D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES, COMPARATIF ET ESTIMATION DE PRIX 2021 ;
- les secteurs-test illustratifs, annexe 04. CAS TESTS ILLUSTRATIFS ;
- les données fédérale, cantonale et communale: cadastre solaire (OFEN), inventaire ISOS, recensement architectural, modèle MNT, etc. ;
- base cadastrale (plan de géomètre) ;
- relevé du bâtiment : élévations y compris les immeubles adjacents ou le groupe d'immeubles, et les coupes utiles à la compréhension du volume bâti concerné par le projet ;
- dossier photographique : façades, toitures (orthophotos ou drones), y compris les immeubles adjacents ou le groupe d'immeubles, vues lointaines et/ou de proximité.

4.2 LES REQUIS

- analyse de faisabilité : aptitude à recevoir une installation PV (orientation, pente, ombre portée subie, etc.), occupation existante de la toiture, faisabilité technique (accès logistique, raccordement à l'onduleur et raccordement au tableau de comptage, etc.) ;
- descriptif de l'installation: type de capteurs, emprise, productible, potentiel d'utilisateurs, profil consommateur, autoconsommation et sa gestion, installations de référence, investissement, calcul économique et de rentabilité ;
- plans en élévations et en coupes du relevé avec le projet ;
- image(s) de synthèse ou simulations sur la base des photos de l'état existant, y compris les immeubles adjacents ou les groupes d'immeubles.

4.3 CAS TESTS ILLUSTRATIFS

Quelques bilans préliminaires ont été développés à titre illustratif. Ils sont disponibles à l'annexe 04. CAS TESTS ILLUSTRATIFS. Pour ces tests sont pris en compte les profils des consommateurs prédéfinis au chapitre 2.2. Une production standard de 4'400 kWh/a avec 25 m² est considérée. Soit 15 panneaux de 320 W.

Ils concernent les 4 secteurs identifiés sur la carte de visibilité des toitures « Cas tests illustratifs » qui sont les suivants :

- rue du Bourg ;
- rue du Temple ;
- rue Mauborget ;
- ruelle du Cheval-Blanc.

Ces exemples doivent permettre à tout un chacun de se familiariser avec les notions de base permettant le développement d'un projet.

5. CRITÈRES D'ÉVALUATION

Les critères d'évaluation permettent aux autorités de juger de la qualité d'un projet qui leur serait présenté. L'évaluation de ces critères découle d'une appréciation et d'un bilan de la proposition avec une pesée des intérêts publics et privés.

Concernant la qualité architecturale et patrimoniale, il s'agit de d'évaluer :

- la qualité de la proposition soumise ;
- la valeur patrimoniale de l'immeuble ou de l'ensemble ;
- l'impact visuel de la proposition;
- la qualité et cohérence de l'intégration architecturale, traitement harmonieux des volumes et matériaux.

Cela permettra de procéder à une pesée d'intérêts entre efficacité énergétique et impact dans le site.

6. LISTE DES ANNEXES

02A. CARTE OPÉRATIONNELLE

02B. VISIBILITÉ DES TOITURES PAR DEGRÉ

03A. TYPES D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

03B. TYPOLOGIES D'IMPLANTATION ET TYPES D'INSTALLATIONS

04. CAS TESTS ILLUSTRATIFS