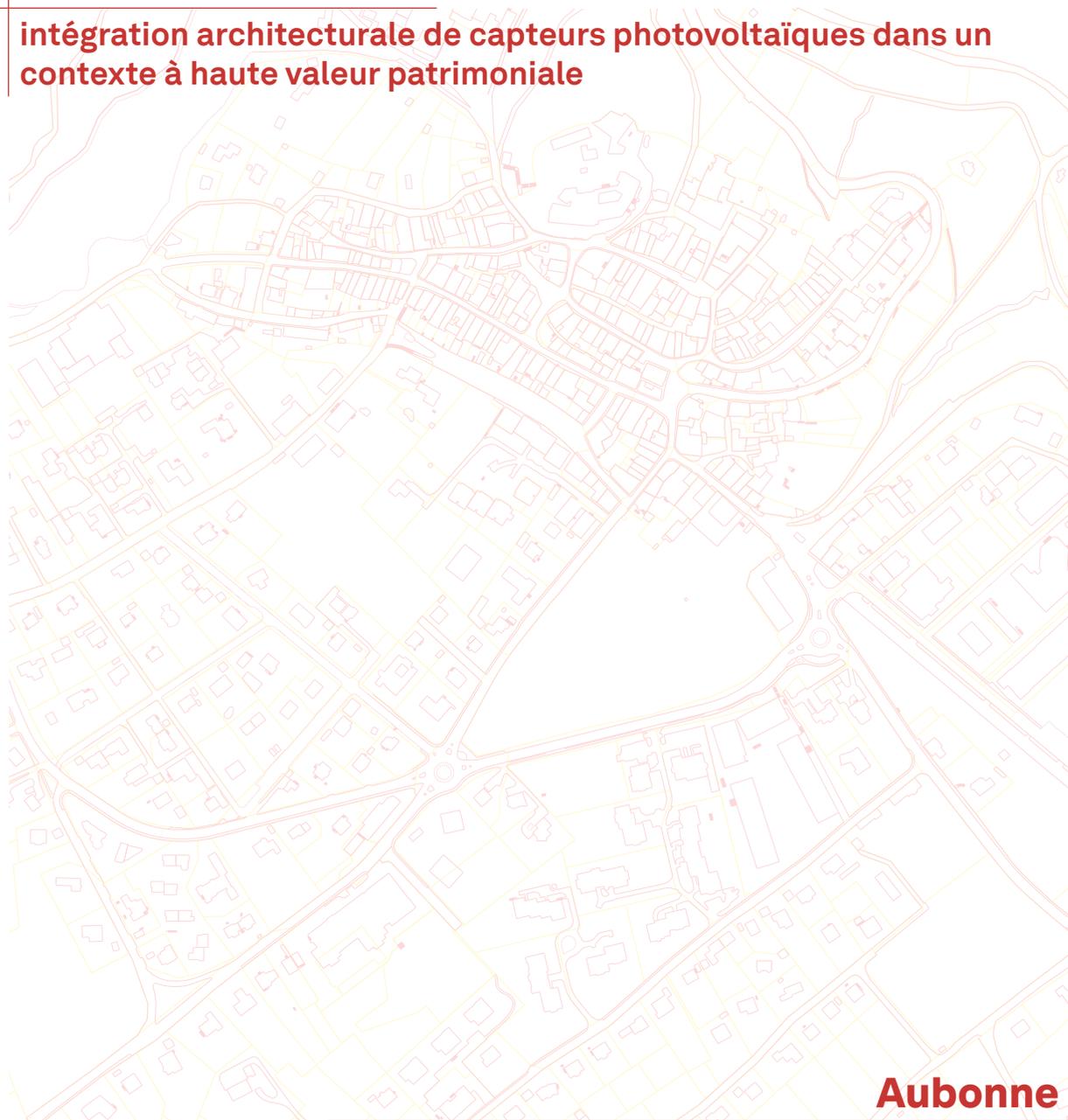


guide opérationnel

intégration architecturale de capteurs photovoltaïques dans un
contexte à haute valeur patrimoniale



Aubonne

Commune d'Aubonne
Direction de l'énergie | DGE-DIREN
Direction de l'archéologie et du patrimoine | DGIP-MS



guide opérationnel

Aubonne

**SUBSTANCES
ARCHITECTES**

Substances architectes sàrl

Rue de la Gare 12
1096 Cully
paulo@substances.ch



Bureau d'études Rossier SA
ingénieurs - géomètre officiel
Chemin du Mont-Blanc 9
1170 Aubonne
info@rossier-geom.ch



Electrosol
Spécialiste solaire photovoltaïque
Rue des artisans 2 - cp 34
1148 L'Isle VD
Kilian.Thonney@electrosol.ch

table des matières

01	contexte, périmètre et buts de l'étude	9
1.1	périmètre	10
1.2	buts	12
02	besoins et solutions technologiques	13
2.1	conditions de base pour la production photovoltaïque	14
03	approche globale énergie & patrimoine	15
3.1	structure territoriale et périmètre d'étude	16
3.2	planification	18
3.3	diagnostic de visibilité	19
	contenu du plan de base	19
	typologie des visibilitées	19
3.4	installations photovoltaïques	25
	types d'installations	25
	typologie d'implantation	25
3.5	dispositions fondamentales	27
	types d'installations et typologie d'implantation	27
	autres dispositions	28
	installations non admises	28
3.6	applications	28
04	planification d'un projet photovoltaïque	29
4.1	les bases	29
4.2	les requis	30
05	critères d'évaluation	31
06	bibliographie	33
07	liste des annexes	35
02	carte opérationnelle	
02.1	visibilité des toitures par degré – degré I	
02.2	visibilité des toitures par degré – degré II	
02.3	visibilité des toitures par degré – degré III	
03	recensement architectural	
04	ensoleillement des toitures	
05	analyse urbanistique	
06	territoire, paysage et structure du bâti	
07	types d'installations photovoltaïques	
08.1	modélisation 5ème façade - toiture intégrale	
08.2	modélisation 5ème façade - faîte	
08.3	modélisation 5ème façade - bandeau horizontal - corniche	
08.4	modélisation 5ème façade - bandeau vertical - virevent	
08.5	modélisation 5ème façade - rectangle isolé - pose sur la tuile	

préambule

Face à l'urgence climatique, il est crucial d'agir à toutes les échelles afin de limiter l'augmentation de la température moyenne de la planète à 1.5 C° par rapport aux niveaux préindustriels. À notre échelle, deux axes d'actions sont possibles :

- > la réduction de la consommation d'énergie fossile permettant de diminuer les émissions de gaz à effet de serre (CO₂)
- > l'augmentation de l'efficacité énergétique afin de limiter la consommation d'électricité.

Pour parvenir à ces objectifs, il est impératif d'accroître la part des énergies renouvelables dans notre consommation totale. Une diversification des sources d'approvisionnement énergétique permet de renforcer la production renouvelable d'électricité, mesure essentielle pour atteindre les améliorations visées. Plusieurs scénarios de fourniture d'énergies renouvelables peuvent être envisagés, tels que la production propre, la souscription à un fournisseur spécialisé, la participation à une société de production ou la combinaison de ces différentes options.

En Suisse, les toitures des bâtiments historiques représentent un potentiel important pour la production d'énergie renouvelable. Comment répondre aux propriétaires de ces biens qui souhaitent participer à la transition énergétique tout en préservant la qualité architecturale de leur patrimoine ? Est-il possible de concilier énergie solaire et culture du bâti ?

Le patrimoine, en raison de sa forte visibilité et de sa connotation émotionnelle, peut être un levier puissant pour encourager et soutenir la transition énergétique. En effet, l'intégration de solutions énergétiques durables dans les bâtiments patrimoniaux permet de mettre en valeur leurs qualités historiques et culturelles tout en contribuant à réduire leur impact environnemental. Ainsi, les bâtiments historiques peuvent jouer un rôle crucial dans la promotion de pratiques durables et respectueuses de l'environnement. De plus, la mise en place de solutions énergétiques durables dans les bâtiments patrimoniaux peut également servir de modèle et d'inspiration pour d'autres bâtiments, contribuant ainsi à la diffusion des pratiques efficaces en matière de transition énergétique et de développement durable. En fin de compte, en utilisant le patrimoine comme levier pour stimuler la transition énergétique, nous pouvons non seulement protéger et valoriser notre patrimoine culturel, mais également contribuer à un avenir plus durable pour tous.

Ces interrogations ont guidé la présente étude, qui vise à investiguer l'opportunité de projets photovoltaïques dans un périmètre à haute substance patrimoniale et à évaluer leur faisabilité. L'intégration architecturale est considérée conformément à l'état de la technique en matière d'installations photovoltaïques et aux bases légales.

Le bâti historique constitue actuellement un consommateur majeur d'énergies fossiles, en raison des matériaux employés, des techniques constructives et des systèmes d'exploitation en place. En amont du développement d'un projet de capteurs solaires sur un bâtiment patrimonial, deux réflexions s'imposent :

- > Il est essentiel pour une commune d'avoir une vision globale de son territoire afin de planifier et d'optimiser l'utilisation des énergies renouvelables, notamment de l'énergie solaire. Pour ce faire, les autorités communales se doivent de fixer et communiquer clairement leurs plans et objectifs en matière de production solaire et d'autres sources d'énergies renouvelables. Il est primordial de considérer l'ensemble du site bâti, y compris les opportunités et les valeurs culturelles et patrimoniales associées. Ces objectifs doivent être intégrés à une stratégie énergétique communale et à des outils d'aménagement adaptés, tant pour l'ensemble de la commune que pour des quartiers spécifiques. En tenant compte de ces aspects, la commune peut assurer une transition énergétique accomplie tout en préservant et en valorisant son patrimoine architectural et culturel.

- > L'établissement d'un concept global d'amélioration du bilan énergétique d'un bâtiment patrimonial en respectant les objectifs de conservation est essentiel. Pour y parvenir, il faut évaluer les possibilités qui sont susceptibles d'avoir un impact direct sur le bien ou non. Ces possibilités incluent notamment l'achat d'énergie verte, la location de panneaux solaires situés sur un autre site, le remplacement des agents énergétiques fossiles par des agents renouvelables, le raccordement à un réseau de chaleur, l'éclairage contrôlé, l'isolation, l'optimisation des équipements et la pose de capteurs solaires. Il est ainsi primordial de trouver des solutions énergétiques respectueuses des exigences de conservation du patrimoine. En effet, ces solutions permettent d'améliorer significativement le bilan énergétique du bâtiment tout en préservant sa valeur patrimoniale.

L'étude menée en partenariat avec la Direction de l'énergie (DGE-DIREN) et la Direction de l'archéologie et du patrimoine (DGIP-MS) permet donc d'examiner l'opportunité de projets photovoltaïques dans un périmètre à haute substance patrimoniale. L'objectif est d'évaluer la faisabilité de tels projets en tenant compte de l'intégration architecturale en accord avec l'état de la technique en matière d'installations photovoltaïques et les bases légales. Ce partenariat assure une approche globale considérant les enjeux énergétiques, environnementaux, culturels et patrimoniaux de la commune. Le but est de garantir une gestion durable de l'énergie et du patrimoine pour les générations futures.

L'étude est composée des éléments suivants :

- > **01. guide opérationnel**
Il s'agit du présent document structuré en 5 chapitres
- > **02a. carte opérationnelle**
Elle attribue aux toitures du périmètre d'étude un degré de visibilité qui varie de visibilité très haute à faible, 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 2024
- > **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. modélisation de la 5^e façade selon le tableau 03**
Il s'agit de code d'intégration chromatique sous forme de modélisation de principe prenant en compte pour chaque type d'implantation de capteurs un visuel d'intégration 3D / axonométrie : capteurs, tuiles, ferblanterie, etc...

Il est crucial que les propriétaires fonciers impliqués contribuent à cette évolution, que ce soit de manière individuelle ou collective. Si les bâtiments se trouvent dans un périmètre historique, il est essentiel d'accorder une attention particulière à l'intégration architecturale. Il ne suffit pas uniquement d'examiner les adaptations directes apportées au bâti, telles que son enveloppe ou les possibilités d'installation de systèmes de production d'énergie, mais il est également nécessaire d'élaborer et de respecter en premier lieu un concept énergétique. Dans certains cas, il est possible d'atteindre des normes énergétiques élevées en effectuant des travaux n'affectant pas le bâtiment historique lui-même. En ce qui concerne la consommation d'énergie issue de la production photovoltaïque, la recherche d'optimisation énergétique s'impose. Il est cependant avantageux de favoriser l'autoconsommation de l'énergie produite ainsi que les groupements d'autoconsommateurs. Cette étude s'axe sur les capteurs photovoltaïques, mais les réponses développées dans ce guide peuvent également s'appliquer à l'installation de panneaux thermiques ou hybrides.

Du point de vue technique, les réflexions sont basées sur l'état actuel de la technologie en mars 2024. Une évolution rapide est cependant attendue dans les années à venir en termes de technologie, de réseau et de coûts d'installation. Le cadre géographique et patrimonial du périmètre d'étude est quant à lui plutôt statique et ne devrait pas subir d'évolutions.

Les documents suivants sont cités à titre de référence et permettent de compléter les informations sur le contexte stratégique dans lequel s'inscrit cette étude :

- > Stratégie du Conseil d'État vaudois pour la protection du climat, Plan climat vaudois 1ère 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

01 | contexte, périmètre et but de l'étude

Afin d'exploiter efficacement l'énergie solaire, il est avantageux de privilégier les sites susceptibles d'accueillir des installations de grande envergure tout en s'intégrant harmonieusement dans leur environnement. Comme le souligne le rapport de l'OFC intitulé «Concilier énergie solaire et culture du bâti», ce qui peut être pertinent pour une construction individuelle ne l'est pas nécessairement à l'échelle communale, ce qui rappelle l'importance du respect d'une stratégie communale globale.

Les Autorités communales et cantonales sont pleinement conscientes de ces enjeux ainsi que du potentiel solaire important dont recèle la région de la Côte dans divers secteurs. Dans le cadre de la politique suisse de transition énergétique et de la sensibilité architecturale des centres historiques, les autorités souhaitent déterminer le potentiel des toitures pour la production d'énergie photovoltaïque à travers cette étude ciblée sur un périmètre à haute valeur patrimoniale. Le premier objectif est d'établir clairement les contraintes et les possibilités réelles pour les demandeurs, afin de trouver le juste équilibre entre intégration et efficacité.

Le groupe de travail est composé des Autorités et des prestataires suivants :

Commune d'Aubonne	Richard Calderini Chef des Services techniques
	Caroline Emmenegger Collaboratrice technique
Etat de Vaud	Anne-Valérie Nahrath Direction de l'énergie DGE-DIREN, Cheffe de section Conformité énergétique des bâtiments
	Alberto Corbella Direction de l'archéologie et du patrimoine DGIP-MS, Conservateur, adjoint du Conservateur cantonal
	<i>En été 2023 un groupement de mandataire est conjointement mandaté, il est composé de:</i>
Substances Architectes sàrl	Paulo Meireles Architecte MA HES/BFH SIA REG A
	Justine Rognon Architecte EPFL
Bureau d'études Rossier	Audrey Ueberschlag Ingénieur géomètre brevetée Administratrice
Electro-Sol SA	Kilian Thonney Technicien ES Spécialiste solaire-photovoltaïque

Le périmètre d'étude d'Aubonne correspond aux périmètres (P)1 du relevé de L'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS ; RS 451.12).

A l'intérieur de ce découpage proposé par le relevé ISOS du village d'Aubonne, – 2ème version, de septembre 2012 – le périmètre d'étude est celui figuré en couleur sur la carte ci-contre. Ces secteurs concernent :

(P) 1 La Vieille Ville, composante implantée sur la frange d'un coteau, installée au pied du château dès avant 1234, tissu dense formé d'un bâti contigu constituant des fronts marqués sur des rues suivant la ligne de pente, essentiellement maisons de deux et trois niveaux, 17e-19e siècles.

L'objectif de sauvegarde « A » préconise la sauvegarde 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

Objectifs de sauvegarde de l'inventaire ISOS au sein du périmètre d'étude défini:



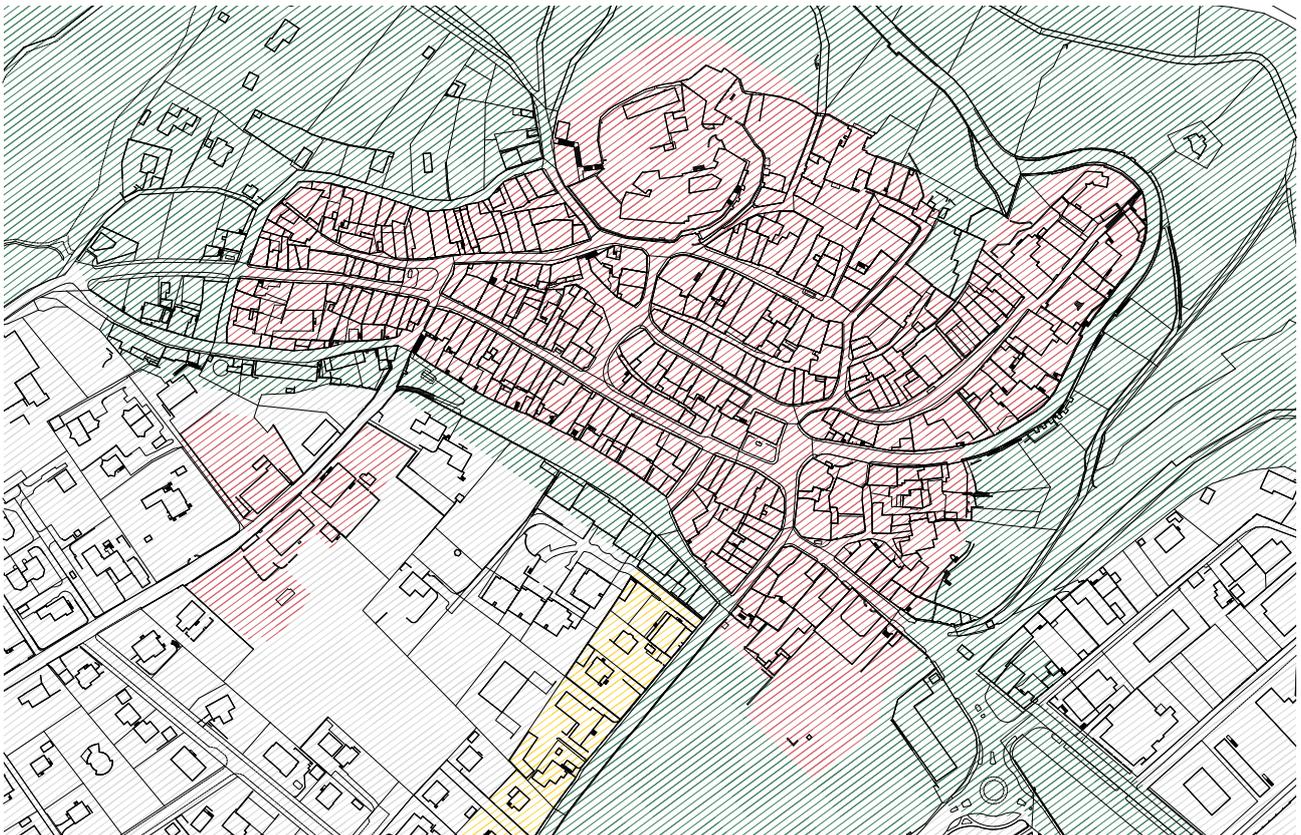
Objectif de sauvegarde A

(P) 0.1 Promontoire dominant le versant droit du vallon de l'Aubonne, sommet formant une large terrasse entourée d'un mur, communs du château, 18e–19e s., dont grand rural transf. en bâtiment scolaire, années 1980, pavillon scolaire, 2e m. 20e s. ; au pied de la colline, côté Vieille Ville, mur d'enceinte et rampe d'accès avec porte fortifiée, vers 1500

Objectif de sauvegarde A

(P) 0.3 Groupement du Chaffard sur une rue horizontale en amont du coteau ; fermes concentrées de deux à trois niveaux, 1795/1819

Objectif de sauvegarde A



1.2 buts

En mobilisant une équipe pluridisciplinaire composée d'autorités, de maîtres d'œuvre et de mandataires, cette étude a pour but de fournir des résultats concrets et pragmatiques. Elle répond à la demande de la commune de pouvoir anticiper et encadrer les demandes d'installation de panneaux photovoltaïques dans le périmètre historique protégé. Plutôt que de tendre vers une maximisation de la production d'énergie solaire, cette étude vise une optimisation en harmonie avec les enjeux patrimoniaux.

Ainsi, cette étude offre de doter la commune d'un outil d'aide à la décision pour autoriser ou non l'installation de panneaux photovoltaïques, tout en permettant aux porteurs de projet de connaître le potentiel solaire réel et exploitable de leurs propriétés.

Cet outil est évolutif et pourra considérer les progrès rapides des technologies et des besoins, grâce à une mise à jour périodique du volet technique (pièces n° 03.A et 03.B).

En résumé, les objectifs de l'étude intitulée «Intégration architecturale de capteurs photovoltaïques dans un contexte à haute valeur patrimoniale» sont les suivants :

- > l'établissement d'un inventaire des possibilités d'intégration de l'énergie solaire dans un secteur historiquement sensible
- > la conception d'un outil pratique permettant aux autorités de répondre de manière coordonnée et équitable aux demandes légitimes des propriétaires souhaitant exploiter l'énergie solaire produite sur leur propriété en autoconsommation

02 besoins et solutions technologiques

installations solaires

Il est possible de tirer profit de l'énergie solaire de différentes manières dans les bâtiments. Les trois formes les plus courantes sont :

- > **le photovoltaïque** : qui consiste à utiliser des cellules en silicium pour transformer la lumière solaire en énergie électrique. Cette méthode est propre et ne produit aucune émission polluante.
- > **le thermique** : qui utilise des capteurs pour absorber la chaleur du rayonnement solaire. L'énergie produite est ensuite utilisée pour alimenter le système de chauffage ou l'eau chaude sanitaire.
- > **les systèmes hybrides** : qui combinent les deux méthodes précédentes. Dans ce cas, les cellules photovoltaïques sont refroidies par de l'eau, ce qui entraîne une production accrue d'électricité en plus de fournir de la chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Ces différentes méthodes peuvent être utilisées en fonction des besoins et des conditions du bâtiment. Il est important de choisir la solution la plus adaptée pour assurer une intégration optimale des équipements solaires et une efficacité maximale de leur utilisation.

2.1 condition de base pour la production photovoltaïque

La production d'énergie d'un panneau photovoltaïque dépend de plusieurs facteurs clés, notamment :

- > la situation géographique de l'installation, tels que l'azimut et la pente du toit. Le site www.toitsolaire.ch fournit des informations sur la capacité d'un toit à exploiter l'énergie solaire
- > le type de construction, qu'il soit fixe ou orientable pour suivre la position du soleil
- > les conditions météorologiques
- > la réflexion de l'environnement proche, comme la neige ou les surfaces d'eau
- > les masques d'ombrage des bâtiments voisins, les structures sur les toits et les superstructures environnantes ainsi que la végétation proche

En plus de ces facteurs, il est important de considérer :

- > la surface disponible, la puissance par mètre carré et le rendement spécifique de l'installation
- > le raccordement du toit au tableau électrique principal du bâtiment
- > les coûts de fourniture, de mise en place et d'entretien de l'installation
- > la logistique du chantier, notamment l'accès au toit ainsi que les détails de construction nécessaires tels que les panneaux fictifs et la ferblanterie

Tous ces facteurs doivent être pris en compte pour maximiser la production d'énergie solaire tout en minimisant les coûts et en garantissant l'efficacité optimale et la durabilité de l'installation.

03 approche globale énergie & patrimoine

La portée et la valeur patrimoniale des bâtiments dans le périmètre d'étude varient considérablement en fonction de leur contexte architectural, socio-économique et administratif. Par conséquent, il est crucial de procéder à une analyse et une évaluation approfondie des facteurs pertinents pour déterminer la faisabilité du projet photovoltaïque dans cette zone.

La commune d'Aubonne, en collaboration avec la DGE-DIREN et la DGIP-MS, a identifié plusieurs objectifs clés pour cette étude conjointe :

- > encourager une dynamique visant à préserver et à valoriser le patrimoine tout en répondant aux défis de la transition énergétique
- > permettre l'intégration des dernières techniques et besoins en matière de production d'énergie renouvelable
- > fournir une référence essentielle en amont de la planification des projets photovoltaïques
- > offrir une plateforme de consultation et de dialogue constructif pour toutes les parties prenantes impliquées
- > élaborer un plan de la structure du patrimoine tenant compte de ses sensibilités, en particulier ses valeurs culturelles et historiques.

3.1 structure territoriale et périmètre d'étude

Aubonne - site ISOS n°4287 – 2e version de septembre 2012

Les sites construits sont les témoins non seulement de notre histoire, mais incarnent également notre présent et notre futur comme espace de vie. Les bâtiments, rues, places, jardins, parcs et terres agricoles font partie intégrante d'un site construit et tiennent une place essentielle dans notre identification à l'endroit où nous vivons. La qualité de ces éléments et leurs relations déterminent si le site doit être protégé. Un entretien et un développement harmonieux des sites construits contribuent à la qualité de notre environnement bâti et, par conséquent, à notre bien-être.

Au niveau national, l'Office fédéral de la culture (OFC) est responsable de la protection des sites construits et gère l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse, ISOS. Cet inventaire permet une évaluation uniforme des sites construits pour l'ensemble de la Suisse et permet d'identifier les agglomérations les plus précieuses du pays. L'ISOS est une base importante pour la planification de la Confédération, des cantons et des communes pour assurer un développement de qualité de l'environnement bâti.

En Suisse, l'ISOS recense 1274 sites construits d'importance nationale, dont 149 dans le canton de Vaud. Parmi ces sites, Aubonne est considéré comme un site construit d'importance nationale par l'ISOS et doit donc être protégé.

Comme décrit dans le chapitre 1.1, le périmètre d'étude concerne les périmètres (P) 1 du dernier relevé ISOS. Il est important de tenir compte de ces informations pour préserver la qualité de l'environnement bâti d'Aubonne et garantir son développement harmonieux pour les générations futures.

Ces secteurs d'Aubonne s'inscrivent dans le territoire par des caractéristiques propres :

- > le château, ensemble fortifié dominant le reste de la vieille ville
- > les voiries principales en traversée de périmètre d'étude
- > la morphologie et la typologie du bâti, qu'il s'agisse d'une contiguïté en rangées structurantes ou d'un tissu plus ou moins dense
- > les monuments et édifices publics sont également pris en compte pour leur importance architecturale et culturelle, reflétant l'histoire et l'identité de la région
- > les vues iconiques, qui offrent des perspectives remarquables sur le paysage et l'environnement bâti, sont également incluses dans cette étude pour leur valeur esthétique et leur potentiel touristique

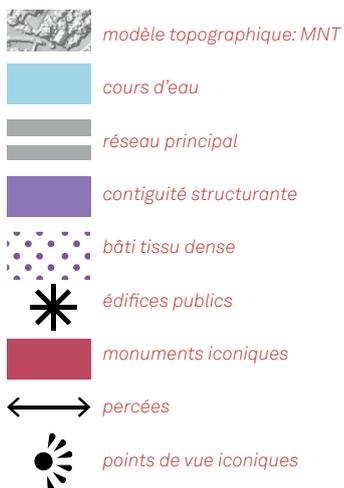


schéma «territoire, paysage et structure du bâti»

Le schéma intitulé « **territoire, paysage et structure du bâti** » est une illustration clé de ces caractéristiques qui sert de fondement à la création de la carte opérationnelle « **visibilité des toitures** ». Cette dernière est ensuite utilisée pour analyser le potentiel d'intégration des capteurs photovoltaïques dans un site construit. Les principes et méthodes utilisés pour la définition de ces deux documents sont détaillés dans l'annexe 02 intitulée « **carte opérationnelle** ». En effet, il est essentiel de comprendre les facteurs paysagers et architecturaux qui influencent la visibilité des toitures afin de déterminer avec précision leur potentiel d'intégration pour l'installation de dispositifs photovoltaïques.



3.2 planification

Pour planifier la mise en place d'une installation photovoltaïque, le maître d'œuvre doit établir un diagnostic de la situation afin de définir les contraintes et les possibilités du projet à développer. Cette évaluation doit rendre compte du potentiel de la toiture et doit contenir les informations sur le type du toit, sa capacité structurelle ainsi que de son état. Ces données sont indispensables pour l'évaluation de la capacité de la toiture à recevoir une future installation.

En plus des considérations relatives à la production d'électricité et au rendement, le projet doit être conforme aux bases légales et aux plans d'aménagement en vigueur. Les exigences de la police des constructions doivent ainsi également être satisfaites. Les détails de construction tels que la couleur et le type de couverture, les finitions en ferblanterie, etc. doivent être particulièrement soignés en raison de la sensibilité du site et de son caractère patrimonial. Une attention supplémentaire doit être portée aux toitures réalisées avec des tuiles plates.

Il est important de considérer les particularités de chaque projet, car tous les toits ne sont pas adaptés à la mise en place d'une installation photovoltaïque. Des analyses techniques doivent être réalisées pour évaluer la faisabilité du projet et garantir la sécurité de l'installation. En outre, la planification du projet doit inclure la gestion des risques, la planification de l'entretien et la surveillance régulière de l'installation pour assurer son bon fonctionnement à long terme.

3.3 diagnostic de visibilité

contenu du plan de base

Le plan de base est un document essentiel pour l'analyse de l'intégration des panneaux photovoltaïques dans le paysage. Il regroupe plusieurs éléments clés qui serviront de référence pour l'étude :

- > le périmètre d'étude est constitué des périmètres (P) 1 du relevé ISOS d'Aubonne de 2012
- > la base cadastrale état d'août 2023 et la topographie avec des courbes de niveau tous les mètres sont incluses dans le plan de base
- > le guide du paysage de 2016 « vers une identité paysagère et architecturale concertée »

Tous ces éléments sont essentiels pour établir une analyse approfondie de l'intégration des panneaux photovoltaïques dans le paysage d'Aubonne et pour élaborer une stratégie de développement durable pour la zone étudiée.

typologie des visibilités

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

- > des vues fixes, depuis des espaces de type place
- > des points de vue mobiles, selon un parcours

Il en résulte les degrés de visibilité suivants:

- > très haute
- > haute
- > moyenne
- > faible

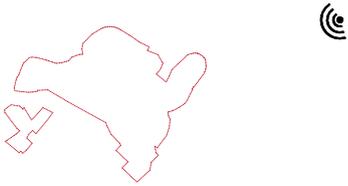
La carte opérationnelle « **visibilité des toitures** » considère la visibilité des toitures depuis le niveau piéton, en attribuant des degrés de visibilité aux toitures existantes ou prévues dans le périmètre étudié et en utilisant des nuances de brun pour indiquer leur niveau de perceptibilité. Les vues sur le périmètre depuis l'extérieur sont également prises en compte dans l'analyse.

- > degré de visibilité – 1, très haute
- > degré de visibilité – 2, haute
- > degré de visibilité – 3, moyenne

vues iconiques

Les points de vue fixes sont positionnés sur des lieux situés en dehors du centre ou des places avec un certain dégagement au centre du tissu bâti. Les endroits fréquentés dans le cadre du tourisme constituent également des vues fixes importantes à considérer par leur aspect contemplatif et par la notion de temps passé à ces endroits.

vues lointaines



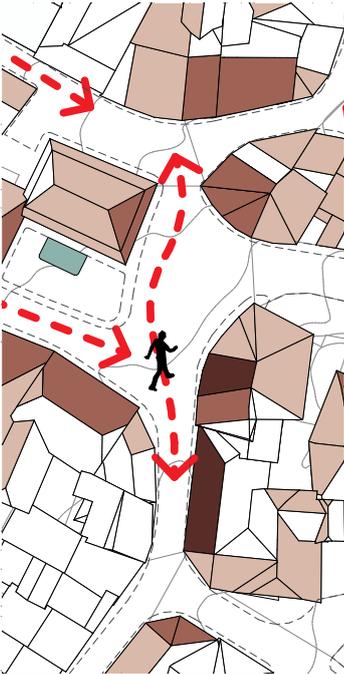
vues iconiques



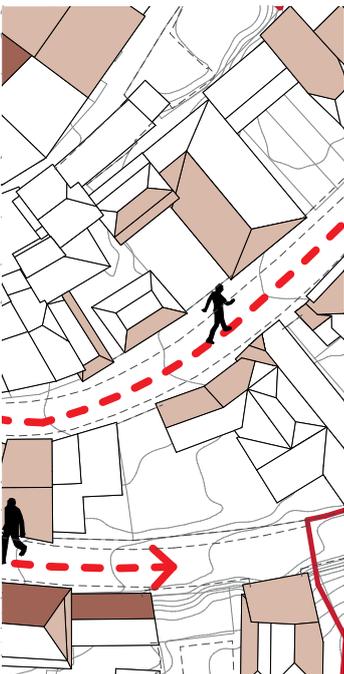
percées

Les points de vue mobiles servent à se mettre dans la peau de piétons qui arpentent les rues. Ces parcours se situent à l'intérieur du tissu bâti et permettent de considérer plusieurs angles de vue sur les toitures le long d'un trajet. La notion de contemplation et de temps est différente d'une vue fixe, ce qui implique une autre approche de visibilité des toitures.

parcours



parcours



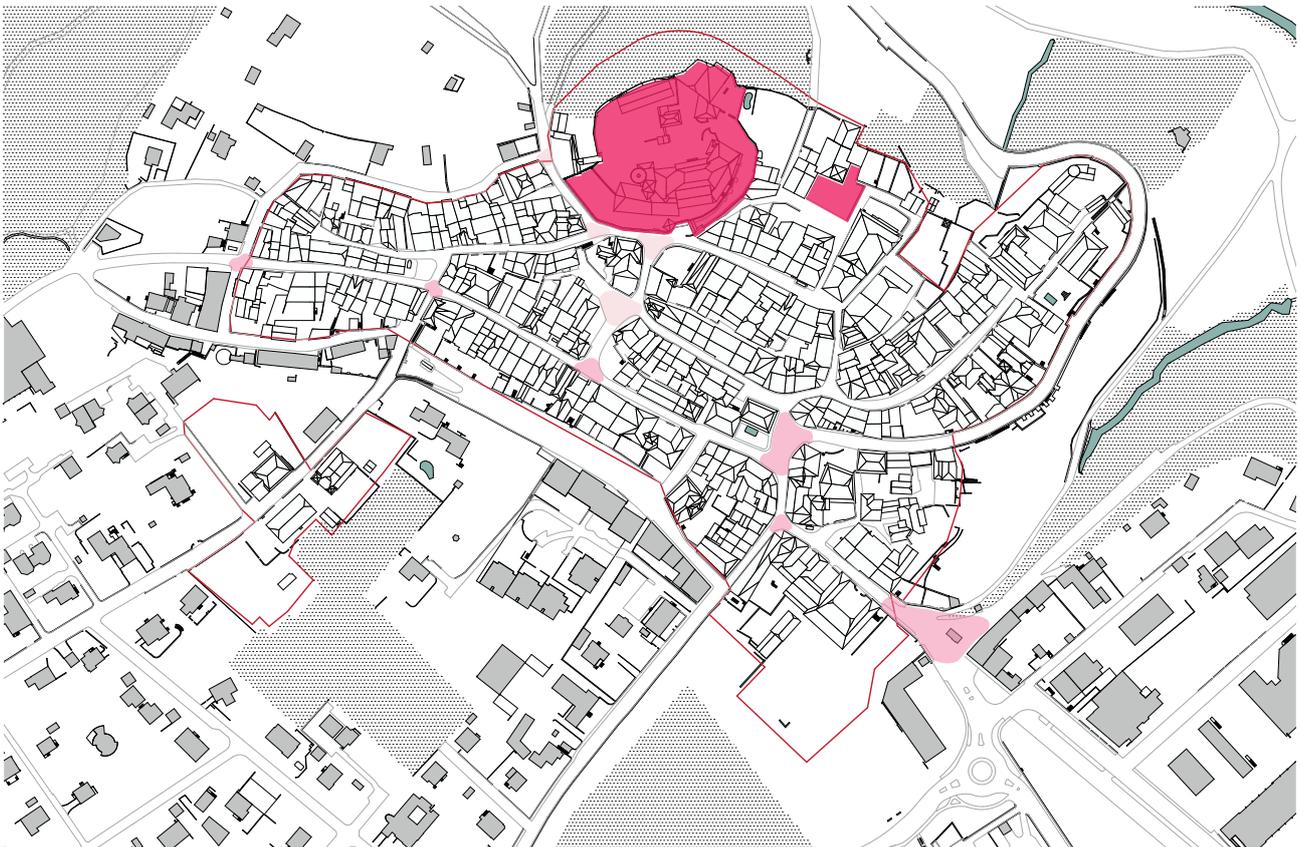
analyse des espaces

Une analyse de fréquentation des espaces type place ou intersection d'axes nous sert d'appui aux réflexions sur le choix des vues fixes. Les zones touristiques tiennent une place importante dans cette analyse, qui se base sur le comportement d'un piéton et surtout sur les lieux qui incitent le visiteur à la contemplation.

Cette contemplation ramène ainsi la notion de temporalité qui a un impact sur l'importance des points de vue fixes qui se situent dans ces zones.



fréquentation des espaces



analyse des circulations

Une analyse de fréquentation des axes de circulation en particulier piétonne est utile pour déterminer la pertinence des points de vue mobiles choisis. Les sentiers pédestres officiels indiqués ainsi que le trajet emprunté lors des visites guidées touristiques sont à considérer avec attention.

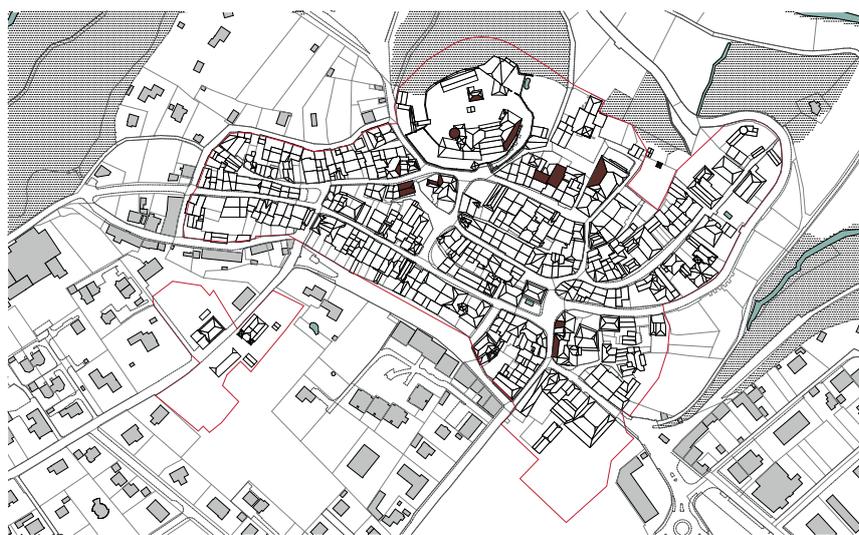
Ces itinéraires piétons traversent des percées du tissu bâti qui offrent parfois des vues sur un front bâti continu et les toitures qui le couronnent. La visite guidée incite elle aussi à la contemplation.

- visite touristique
- très fréquenté
- bien fréquenté
- fréquenté
- chemin pédestre

fréquentation des axes



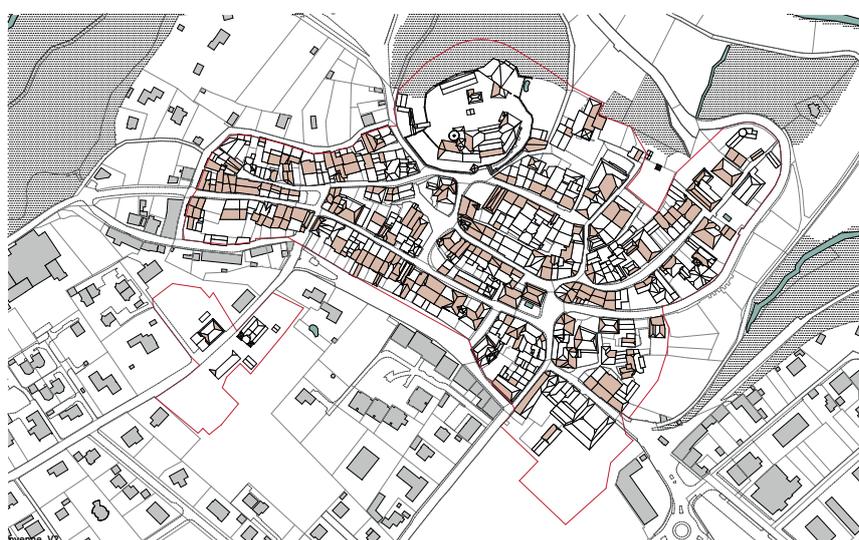
degré de visibilité 1 - très haute



degré de visibilité 2 - haute



degré de visibilité 3 - moyenne



3.4 installations photovoltaïques

types d'installations

Ci-dessous est présenté un inventaire indicatif des types d'installations photovoltaïques admises, avec une estimation des prix pour l'année 2024. Le tableau complet se trouve à l'annexe 07, dans laquelle vous trouvez les caractéristiques détaillées de chaque installation avec une image de référence, la puissance installée, les coûts d'installation et de raccordement, les subventions disponibles et d'autres détails techniques pertinents.

Il convient de souligner que ces données sont basées sur l'état de la technique pour l'année 2024 et qu'elles sont susceptibles d'évoluer rapidement. En examinant ces informations, vous pourrez comparer les différents types d'installations photovoltaïques et déterminer celle qui convient le mieux à vos besoins et attentes.

Il est important de comprendre que les coûts et les subventions peuvent varier en fonction de la région et des politiques gouvernementales en vigueur. Toutefois, les informations présentées dans le tableau devraient vous donner une idée générale des coûts associés à chaque type d'installation.

En outre, avant d'installer une installation photovoltaïque, il est recommandé de consulter un professionnel qualifié pour obtenir des conseils personnalisés et une estimation de coûts précise en fonction de votre situation spécifique.

	1	2	3	4	5	6	7
Type d'Installation	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Intégrée	Ajoutée sur tuile	Intégrée
Modules photovoltaïques	Petites tuiles pointues tachetées terracotta Freesuns ou équ.	Petite tuile terracotta Megasol Tuile ou équ.	Petite tuile terracotta 3S ou équ.	Plaque terracotta Solrif ou équ.	Grande tuile terracotta 3S ou équ.	Terracotta	Grand losange terracotta Sunstyle ou équ.
Image							

typologie d'implantation

Lorsqu'il s'agit d'installer des panneaux solaires sur votre toiture, plusieurs variantes d'implantation sont envisageables, comme indiqué sur l'illustration du chapitre 3.5. Selon vos besoins et les particularités de votre toiture, vous pouvez opter pour une installation qui couvre l'intégralité d'un pan de toiture, une géométrie en forme de bandeau horizontal ou vertical, un rectangle isolé, une forme libre ou une implantation dispersée.

Ces différentes options d'implantation peuvent avoir des avantages et des inconvénients, en fonction de vos besoins en termes de production d'énergie solaire, de l'orientation et de l'inclinaison de votre toiture, de l'ombre portée par les éléments environnants, et d'autres facteurs à prendre en compte.

En général, les installations qui couvrent l'intégralité d'un pan de toiture peuvent offrir une meilleure efficacité énergétique, tandis que les installations en forme de bandeau peuvent être plus esthétiques et discrètes. Les rectangles isolés et les formes libres peuvent être plus adaptés à des toitures complexes, tandis que les implantations dispersées peuvent être plus appropriées pour des toitures de grande superficie.

Il est à noter que ces différentes typologies d'implantation ne peuvent en aucun cas se combiner. Le choix d'une typologie à la fois est à respecter afin de garantir une intégration satisfaisante des installations dans le paysage des toitures.

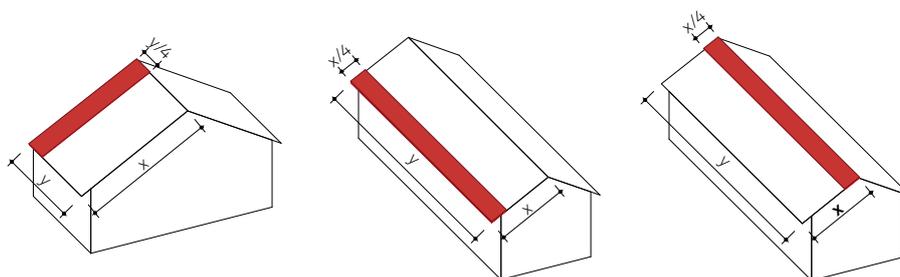
Pour le choix de l'implantation en rectangle isolé, la surface du rectangle ne peut pas excéder plus de 10% de la surface totale du pan de toiture sur lequel il est appliqué. S'il est souhaité de dépasser ce taux, une autre implantation serait plus favorable en terme d'intégration.

Lorsque l'implantation en bandeau est retenue, l'épaisseur de la bande ne peut excéder 25% de la plus petite dimension du pan sur lequel elle se trouve. S'il est souhaité de dépasser ce taux, il est fortement conseillé de recouvrir l'entièreté du pan afin de conserver une unité visuelle. Chaque cas étant unique, des exceptions peuvent s'appliquer selon les spécificités du cas après discussions avec les autorités compétentes.

Dans le cas où les tuiles de la rive latérale du toit sont apparentes, il est souhaitable de conserver plusieurs rangées de tuiles existantes le long de la rive afin de conserver l'aspect de celle-ci. En cas de couloir de rive existant ou si celui-ci fait partie du projet, les panneaux peuvent venir se coller à ce couloir de rive.

implantation en bandeau

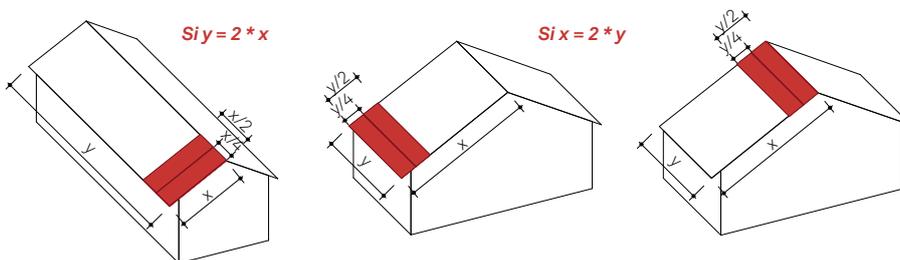
le long de la plus **grande** dimension du pan



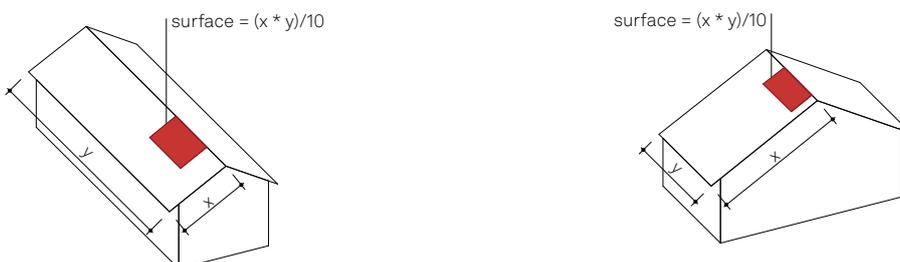
implantation en bandeau

le long de la plus **petite** dimension du pan

Dans le cas où la plus grande dimension est minimum deux fois plus grande que la plus petite



implantation en rectangle isolé

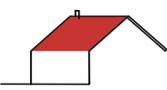
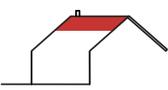
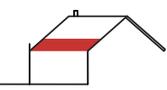


3.5 dispositions fondamentales

types d'installations et typologie d'implantation en fonction du degré de visibilité

Plus le niveau de visibilité d'une toiture est élevé, plus les exigences d'intégration architecturale, de type d'installation et de composants matériels sont accrues. En d'autres termes, les toitures très visibles nécessitent une attention particulière pour leur intégration harmonieuse dans l'environnement bâti. La typologie d'implantation recommandée pour un projet dépend directement du niveau de visibilité prédéfini.

Un tableau présenté dans l'annexe 07 indique la solution minimale à adopter en fonction du niveau de visibilité de la toiture. Cette solution minimale doit être respectée pour tous les projets soumis aux autorités compétentes. Cependant, les propriétaires ont la possibilité de soumettre des solutions qui dépassent les exigences minimales, sans aucune contre-indication.

Degrés de visibilité	I	II	III	IV	II, III, IV
selon annexe 02 carte opérationnelle	Très haut	Haut	Moyen	Faible	
Types d'installations	1	2, 3	4, 5	6	7
Typologie d'implantation	Toiture inté-grale	Bandeau		Rectangle isolé	Toiture inté-grale
implantation minimum par degré de visibilité,	Installation photovoltaïque sur une surface entière et d'un seul tenant	Bande horizontale au faîte ou à la corniche Bande verticale en bordure de toiture		Implantation isolée compacte	Installation photovoltaïque sur une surface entière et d'un seul tenant
les implantations plus restrictives peuvent être appliquées à chaque degré de visibilité					

Pour les toitures les plus visibles, de niveau «très haute», il est recommandé d'installer des modules de petites tuiles plates tachetées, de type 1, de manière intégrée à la toiture existante. La typologie d'implantation conseillée sera celle de la toiture intégrale (I).

Pour les toitures de niveau «haute», il est préconisé d'utiliser des modules de grandes tuiles ou de losanges en terra cotta, de type 2 ou 3, avec une implantation en bandeau horizontal ou vertical (II).

Pour les toitures de visibilité «moyenne», il est recommandé d'installer des modules de plaques terracotta, de type 4 ou 5, de manière intégrée et compacte. La typologie d'implantation recommandée sera au minimum en bandeau horizontal ou vertical (III).

Pour les toitures de visibilité «faible», les types d'installations 6 sont économiquement plus avantageux. L'implantation doit se faire à minima de manière isolée compacte (IV).

Pour l'ensemble des degrés de visibilité, une intégration chromatique est requise. Cela signifie que les modules utilisés doivent être de couleur terre cuite ou en harmonie avec le matériau de couverture du bâtiment ou de l'ensemble bâti. Les détails de ferblanterie doivent également être soignés pour un rendu visuel optimal.

autres dispositions

Il est crucial de réduire au maximum l'impact des reflets du soleil sur les installations. Pour ce faire, les verres des capteurs devront être, dans la mesure du possible non brillants, en utilisant les dernières technologies disponibles.

De plus, il est important de considérer et d'exploiter le potentiel offert par les lucarnes, les chiens-assis et les appentis dans la conception du projet. Ainsi, il est recommandé de présenter des propositions d'harmonisation entre les types de capteurs, les tuiles et les éléments de ferblanterie, afin de garantir une harmonie générale et chromatique des toitures. Cette harmonisation contribue à l'esthétique globale du projet et à la satisfaction des autorités locales compétentes.

installations non admises

Il est fortement déconseillé d'utiliser des installations rapportées (c'est-à-dire des ajouts au-dessus des tuiles) ou des tuiles mécaniques pour le périmètre d'étude. De même, les typologies d'implantation dispersée ou en forme libre (IV) ne sont pas recommandées.

Il est à souligner que les simulations par secteur ou par cas particulier ne sont qu'indicatives et permettent seulement de déterminer l'exigence minimale du type d'installation en fonction du degré de visibilité. Ainsi, il est essentiel de prendre en compte tous les critères d'intégration architecturale, de type d'installation et de composants matériels pour garantir une harmonie générale et chromatique des toitures.

3.6 applications

Il est important de bien comprendre que plusieurs aspects autres que la visibilité de la toiture par le piéton entrent en considération lors de l'étude du projet d'intégration de capteurs photovoltaïques en toiture.

En effet, le degré de visibilité attribué à chaque toiture n'est pas suffisant à lui seul pour le choix du type de panneaux solaire. La note du recensement architectural du bâtiment a une forte influence sur le choix du type et de l'implantation qui convient.

La Commune et le Canton veillent à ce que les bâtiments recensés avec des notes élevées reçoivent l'attention et le soin nécessaire quelque soit le degré de visibilité de la toiture.

En définitive, les valeurs historiques et patrimoniales du bâtiment priment sur les autres critères étudiés. L'annexe 03 du présent guide intitulée « recensement architectural » est à consulter en début de processus.

04 planification d'un projet photovoltaïque

Nous avons élaboré ci-dessous un aide-mémoire qui regroupe l'ensemble des points essentiels à considérer lors du développement d'un projet de production photovoltaïque au sein du périmètre d'étude. Cette liste vous guidera tout au long de la conception de votre projet, en vous permettant de prendre en compte les particularités du site, les exigences réglementaires et patrimoniales, ainsi que les considérations techniques liées à l'installation et à l'exploitation des panneaux solaires.

4.1 les bases

- > la note architecturale de l'objet selon l'annexe **03 «recensement architectural»**
- > le schéma « structure territoriale » et la carte de visibilité, annexe **02 «carte opérationnelle»** et **02.1, 02.2 et 02.3 «visibilité des toitures par degré»**
- > l'inventaire indicatif des types d'installations photovoltaïques et leurs caractéristiques techniques (puissance installée, rendement, matériaux, teintes, dimensions et coûts). Ces données sont en l'état 2024 et susceptibles d'évoluer rapidement, annexe **07 «types d'installations photovoltaïques, comparatif et estimation de prix 2024»**
- > détails de construction
- > les données fédérales, cantonales et communales: 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

Ci-dessous est présentée une liste de points à prendre en compte lors de la planification d'un projet de production photovoltaïque dans le périmètre d'étude :

- > **analyse de faisabilité** : il est important de vérifier que l'emplacement choisi est adapté pour recevoir une installation photovoltaïque. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte, tels que la note du recensement architectural, l'orientation, la pente, les éventuelles ombres portées subies, l'occupation existante de la toiture. La faisabilité technique doit être étudiée en termes d'accès logistique, de raccordement à l'onduleur et de raccordement au tableau de comptage.
- > **descriptif de l'installation** : une fois la faisabilité confirmée, il est essentiel de décrire l'installation en détail. Il convient de préciser le type de capteurs photovoltaïques qui seront utilisés, l'emprise qu'ils auront sur la toiture, le potentiel de production d'énergie, les utilisateurs potentiels, le profil de consommation, la gestion de l'autoconsommation ainsi que les installations de référence existantes. Il est également important de réaliser une étude économique afin de calculer l'investissement nécessaire et la rentabilité du projet.
- > **plans en élévations et en coupes** : il est recommandé de fournir des plans en élévations et en coupes du bâtiment concerné afin de mieux visualiser l'installation photovoltaïque projetée. Ces plans devront être réalisés à partir d'un relevé précis de l'état existant.
- > **images de synthèse ou simulations** : pour aider à la visualisation du projet, des images de synthèse ou des simulations basées sur des photos de l'état existant pourront être présentées. Il convient également de prendre en compte les immeubles adjacents ou les groupes d'immeubles pour mieux comprendre l'impact de l'installation photovoltaïque sur l'environnement urbain.

05 critères d'évaluation

Les critères d'évaluation sont essentiels pour permettre aux autorités de juger de la qualité d'un projet qui leur est soumis. En effet, l'évaluation de ces critères découle d'une appréciation et d'un bilan de la proposition avec une pesée des intérêts publics et privés.

Dans le cadre de la qualité architecturale et patrimoniale, plusieurs éléments sont à évaluer :

- > la qualité de la proposition soumise en termes d'efficacité énergétique et de respect des normes en vigueur
- > la valeur patrimoniale de l'immeuble ou de l'ensemble afin de s'assurer de la préservation du patrimoine historique
- > l'impact visuel de la proposition pour s'assurer de l'harmonie esthétique avec le site existant
- > la qualité et la cohérence de l'intégration architecturale, qui considère les volumes et les matériaux pour une harmonie visuelle parfaite

Tous ces critères permettent de procéder à une pesée d'intérêts entre efficacité énergétique et impact sur le site, afin de garantir un projet de qualité qui satisfait les exigences esthétiques et patrimoniales de la région.

06 bibliographie

Les documents suivants sont cités à titre de référence et permettent de compléter les informations sur le contexte stratégique dans lequel s'inscrit cette étude:

- > Stratégie du Conseil d'État vaudois pour la protection du climat, Plan climat vaudois 1ere 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.
- > IFP 1202 Lavaux, Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale IFP.
- > Le guide du paysage de 2021 «vers une identité paysagère et architecturale concertée».
- > DRUIDE, Directive et règles à usage interne de l'Etat, No 9.4.1 du 18.05.2022.
- > Intégration architecturale de capteurs photovoltaïques dans un contexte à haute valeur patrimoniale, Ville de Moudon 2022.

07 liste des annexes

- > 02. carte opérationnelle
- > 02.1. visibilité des toitures par degré – degré I
- > 02.2. visibilité des toitures par degré – degré II
- > 02.3. visibilité des toitures par degré – degré III
- > 03. recensement architectural
- > 04. ensoleillement des toitures
- > 05. analyse urbanistique
- > 06. territoire, paysage et structure du bâti
- > 07. tableau synoptique – type d’installation photovoltaïque
- > 08.1. modélisation 5ème façade – toiture intégrale
- > 08.2. modélisation 5ème façade – bandeau horizontal - faîte
- > 08.3. modélisation 5ème façade – bandeau horizontal - corniche
- > 08.4. modélisation 5ème façade – bandeau vertical - virevent
- > 08.5. modélisation 5ème façade – rectangle isolé - pose sur tuile

suivi des modifications des pièces de l'étude
avril 2024

