

INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

La présente fiche technique a pour but de rappeler à la maîtrise d'œuvre les étapes de validation d'un projet photovoltaïque sur un bâtiment ainsi que les points sur lesquels la maîtrise d'ouvrage sera particulièrement vigilante en phase de conception.

Selon la loi [APER](#) : dès 2025 sont concernés par l'obligation de mettre du photovoltaïque les rénovations lourdes et les bâtiments neufs. Dès 2028, sont concernés les parkings de plus de 500m² existants accueillant du public.

La production photovoltaïque en autoconsommation est une solution particulièrement intéressante lorsqu'elle est appliquée aux locaux tertiaires (adéquation courbe de consommation / production) dans la mesure où un certain nombre de critères favorables sont remplis :

- performance du bâti (neuf ou après rénovation thermique globale sur l'enveloppe et la ventilation), notamment sur le confort d'été (le photovoltaïque ne doit pas palier à des insuffisances sur la Tic via du rafraîchissement par climatisation) ;
- puissance d'abonnement maîtrisée, calcul optimisé du foisonnement de charges ;
- maîtrise du talon de consommation.

1. Points de vigilance

- **cohérence de l'installation électrique intérieure avec la production photovoltaïque** (dimensionnement de chaque liaison électrique impactée par l'injection, notamment si Puissance PV inférieure à puissance souscrite) ;
- bonne **gestion des interfaces du lot structure et couverture avec le lot PV**, notamment pour la garantie étanchéité ;
- **maîtrise des protections internes et externes et de la logique fonctionnelle de ces protections** (nécessaire pour les installations > 36kVa) ;
- **réglage des bridages de l'installation** (bridage dynamique et TanPhi) ;
- **remontée des données de supervision vers l'externe** (via passerelle ou canal direct) ;
- **complétude de la réception** : Consuel, Visite initiale électrique, Contrôle ENR ;
- **GPA avec rapports de fonctionnement mensuels.**

2. Organisation des moyens et compétences

L'installation photovoltaïque en autoconsommation fait partie intégrante de l'installation électrique ; A ce titre, la vigilance de cohérence de l'ensemble de l'installation électrique jusqu'à l'injection réseau est essentielle.

Pour ces raisons, les prescriptions de la maîtrise d'ouvrage sont les suivantes :

- ⇒ **En phase de conception**, le Maître d'Œuvre du lot électricité et courants forts est responsable du lot Photovoltaïque (les Bureaux d'Etudes Techniques). La Maîtrise d'Œuvre dédiée à la conception du lot photovoltaïque peut être liée contractuellement sur le principe d'un groupement d'entreprises pour justifier des qualifications **RGE 20.15** ou équivalent.
- ⇒ **En phase d'exécution**, un lot dédié « photovoltaïque » recommandé, en interface avec les autres lots techniques du projet de construction (CFA/CFO, Gros Oeuvre, ...). Idéalement, même entreprise que le lot CFA/CFO, notamment en autoconsommation.
Les travaux seront réalisés par des personnes justifiant d'une formation au photovoltaïque couplée réseau et traitant particulièrement ses spécificités en termes de protection des personnes et des biens, type « **QualiPV-500** » ou équivalent.

L'installation doit être conforme aux préconisations suivantes :

- Guide UTE 15-712-1
- C15.100 pour les installations BT et C13.100 et 200 pour la revente en HTA.

3. Phase APS : éléments d'études à produire

L'étude de dimensionnement photovoltaïque doit permettre de préciser le dimensionnement, l'emplacement et la configuration de l'installation. Elle doit comporter **plusieurs variantes (à minima 3)** pour justifier de l'orientation et de l'inclinaison choisie. **L'objectif est de viser la neutralité carbone sur les usages.**

La qualification **RGE 20.15** garantit la maîtrise des logiciels de dimensionnement photovoltaïque type PV Syst ou équivalent. Au besoin, prendre un AMO spécifique ayant cette qualification.

- ⇒ Les indicateurs de dimensionnement attendus sont :
- la puissance installée (avec variante usages futurs), la surface et la production ;
 - le ratio de performance dans le plan des capteurs et par rapport à une pose à plat ;
 - les taux d'autoconsommation et d'autoproduction, calculés sur une moyenne de pas de temps horaire au maximum, ramené à l'année ;
 - l'énergie non injectée dans le cas d'un bridage en injection.

⇒ **Éléments de dimensionnement :**

Les hypothèses de dimensionnement se baseront sur **des courbes de consommation électriques réelles et projetées** (présence de véhicules électriques, confort d'été, cf ci-dessous) ou sur la base de sites équivalents d'après les BDD de la Région.

L'étude doit intégrer une courbe de consommation avec pilotage de la consommation, notamment pour les cuisines et les bornes de recharge.

Des analyses de sensibilité seront menées autour de l'orientation des panneaux, des taux d'indexation de l'énergie et des déplacements de charge.

- ❖ Viser un ratio de performance de l'installation sur l'ensoleillement global du site supérieur à 15% (rendement des panneaux 20%, rendement chaîne de production 98%). Privilégier autant que possible **l'inclinaison 30°, orientation Sud¹**.

Viser une **installation comprise entre 100kWc et 500kWc avec à minima 60% d'autoconsommation**. Choisir cette configuration sans toutefois dépasser 500kWc.

Dans le cas contraire :

1. si le taux d'autoconsommation est plus bas : vérifier si un bâtiment dont la Région serait propriétaire est présent dans un rayon de 2 km :
 - a. *si oui* : reprendre les calculs avec les consommations de ce bâtiment (possibilité de faire de l'autoconsommation collective patrimoniale)
 - b. *si non* : viser à minima 100% d'autoconsommation et l'objectif de bâtiment à énergie positive (référentiel travaux actuel)
2. si toiture complexe et peu adaptée pour accueillir plus de 100kWc : viser à minima 100% d'autoconsommation et l'objectif de bâtiment à énergie positive (référentiel travaux actuel)

¹ La perte de production entre une inclinaison à 30° et une inclinaison à 15° est de 10%.

❖ **Variante sur le confort d'été :**

L'installation photovoltaïque doit être impérativement dimensionnée en complément de performances thermiques poussées (cf référentiel travaux), notamment de confort d'été.

Le maître d'œuvre évaluera le confort d'été sur le fichier météo standard actuelle mais aussi le confort sur le fichier météo climat futur type scénario caniculaire 2040. Ce scénario confort d'été actif 2040 étudié en variante, présentera :

- les puissances froides appelées nécessaires² (en privilégiant les solutions passives) pour assurer un confort avec un scénario caniculaire 2040,
- l'impact sur le dimensionnement de la production photovoltaïque et les systèmes de refroidissement, afin de conserver l'objectif de bâtiment à énergie positive en privilégiant les solutions passives.

Les résultats de cette variante permettront d'évaluer l'intérêt technico économique d'un dimensionnement photovoltaïque plus ambitieux.

4. Consultation phase APD / PRO

⇒ **Les éléments détaillés attendus de la phase PRO sont :**

- la note de calcul tenue de charge pour le choix des fixations ;
- un synoptique de l'installation décrivant les branchements et les caractéristiques dimensionnelles (onduleurs, capteurs, diamètres des câbles, calibres des disjoncteurs, ...) ;
- les notes de calcul des éléments électriques (baisses de tension, organes de coupures, Mise à la Terre, caractéristiques onduleurs : notamment TanPhi et réglage dynamique de la production) ;
- **une analyse fonctionnelle aux cas limites** ($Un \pm 10\%$ en arrivée compteur, courant de fuite dans le circuit interne de l'installation électrique...) pour permettre de valider le séquençage des disjonctions.
- les éléments de programmation des onduleurs (réglage dynamique, TanPhi utilisée, ...).
- l'emplacement des locaux techniques dédiés aux onduleurs et au tableau PV le cas échéant (si différent du TGBT) ;
- l'emplacement du ou des points de branchement(s) et les réserves associées ;
- l'emplacement et le dimensionnement des protections internes (onduleur et point de livraison) et externes (obligatoire pour les installations de production > 250kVa, à coupler avec le relai de protection général pour minimiser les coûts) ;
- l'emplacement et le dimensionnement des systèmes d'accroche ;
- les passages de câbles (électriques et de communication) et les traversées de structures pour rejoindre le TGBT.

⇒ **Recommandations sur les caractéristiques de l'installation :**

A. Note de calcul de tenue aux charges (lot structure) :

Finalité : la note de calcul de tenue de charge permet de **choisir le système d'accroche** et les travaux exécutés pour le PV Ready.

La tenue aux charges doit répondre aux normes **Neige et Vent**.

Recommandations :

- Toitures terrasses : prendre une élévation au point bas du panneau de 15cm du sol ;

² Rafraîchissement assuré par des groupes froids ou des sondes géothermales

- Neige : prendre en compte les phénomènes de glissement en cas de neige (la moitié de la charge se retrouve sur la moitié basse du panneau) ;
- Dilatation : prendre en compte le phénomène de dilatation différentielle entre couverture et système PV et notamment pour les accroches thermo soudées ;
- Vents : **variante conditions extrêmes** : faire une note pour des vents équivalents zone 4 pour les départements littoraux.

B. Eléments électrique :

Note de conception : (à faire valider par le lot électrique)

Finalité : la note de calcul doit permettre de valider l'intégralité du circuit électrique et les dimensionnements des organes de coupure (temporisation, limites d'ampérages).

Recommandations :

- les chutes de tension ne doivent pas dépasser 1% au sein de l'installation et 1,5% entre le tableau PV et le TGBT (si emplacement différent) ;
- éviter les disjoncteurs liés ;
- protéger les circuits par des bobines de protection MX et non MN (plus réactives et ne nécessitant pas une alimentation continue ;
- calculs avec réserve d'intensité $I_{cc} + 20\%$,
- précision des compteurs et tores de mesure d'intensité classe 0,5.

Points de branchement :

a. dans le neuf :

- arrivée de la production PV sur le TGBT

b. dans l'existant :

- un tableau PV dédié, à proximité du TGBT dans la mesure du possible ;
- dans le cas d'une production largement excédentaire : privilégier une connexion en amont du TGBT.

Panneaux PV :

- Les modules photovoltaïques retenus devront satisfaire aux spécifications des normes NF EN 61215 et NF EN 61730 ;
- Au cours des 10 premières années, toute baisse de puissance supérieure à 10 % impliquera l'échange des modules concernés ;
- On préconisera des panneaux avec un poids carbone $< 43 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$ et $3500 \text{ gCO}_2/\text{kWc}$

Onduleurs :

- garanties de 10 ans minimum ;
- respect des règles DTR, notamment réglage TanPhi ;
- privilégier les onduleurs avec data logger intégré ou en option interrogeable à distance avec protocole de communication ouvert ;
- créer un réseau de communication (type Modbus) entre les onduleurs et le ou les comptages tête de site pour permettre de faire du bridage dynamique avec lecture de la consommation du site ;
- prendre obligatoirement des onduleurs bridables en dynamique avec une réactivité éprouvée ($< 20 \text{ ms}$) ;
- éviter les onduleurs centralisés trop lourds (ex. $> 30 \text{ kg}$, car surcoûts de pose/dépose).

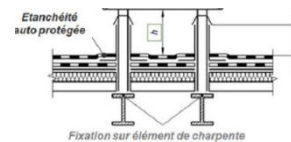
C. Système d'accroche :

La taille des modules étant standardisée, le positionnement des systèmes d'accroche peut être anticipé dans le cas de projets « PV Ready » (cf fiche technique PV Ready).

Choisir des systèmes ayant reçu un ATEC compatible avec tous les types de panneaux cadrés. Le système d'accroche doit être conçu avec une mise à la terre systématique des panneaux.

Privilégier la pose du système d'accroche par le couvreur pour la garantie d'étanchéité ou transférer la garantie à l'entreprise du lot PV.

- a. *toitures terrasses* : le revêtement de toiture sera de classe compatible à la compression avec la pose de modules PV – classe C à minima. La note de tenue de charges indique le type d'accroche :
 - i. accroches non intrusives : la nature du revêtement sera compatible avec une fixation non intrusive ayant reçu un ATEC. Classe de compression > C pour les points de soudure si charge ponctuelle (type plot).
Peut créer des points de charge ponctuels par affaissement et accumulation d'eau : réserver aux toitures béton.
 - ii. accroches intrusives : seules accroches reconnues par le DTU. Etanchéité autoprotégée – création de potelets.



La garantie d'étanchéité doit couvrir le système d'accroche. **Elle est idéalement prise en charge par le lot Couverture qui exécute les travaux de pose (potelets ou soudures).**

- b. *toitures inclinées* : privilégier les matériaux connus (toitures acier, fibre ciment) et accroches sur pannes (acier ou bois). Privilégier le mode paysage (meilleure ventilation du module). Les fixations ayant reçu un ATEC sont à privilégier.
- c. *ombrières* : privilégier les pannes en Sigma ou en C pour les structures métalliques.

D. Les cheminements de câbles :

a. Câbles électriques :

Les câbles chemineront :

- i. à l'extérieur : sous les panneaux PV – avec protection mécanique jusqu'aux locaux techniques
- ii. à l'intérieur : dans des cheminements techniques protégés de degré coupe-feu SF 1/2h (à la charge du lot Cloisons-doublages)

Les traversées de toiture seront réalisées au travers de crosses prévues **par le lot Structure**. Chemins de câbles capotés et mis à la terre, mis sur des plots supports d'étanchéité.

b. Câbles de communication :

Des prises RJ45 reliées au réseau Ethernet du bâtiment au droit du ou des tableaux BT accueillant le ou les onduleurs de l'installation PV.

Pour rappel, un smart grid interne au bâtiment avec pilotage dynamique impose de créer un réseau de communication (type Modbus) entre les onduleurs et le ou les comptages tête du site pour permettre de faire du bridage dynamique avec lecture de la consommation du site ;

5. Suivi et supervision des installations

La supervision de la production permet une exploitation optimisée de la centrale solaire photovoltaïque. Elle est indispensable pour :

- une GPA dans les conditions requises du présent référentiel ;
- détecter les dysfonctionnements / dérives de l'installation

L'outil de supervision est **intégré au lot Photovoltaïque**. Cet outil **pourra être développé par les fabricants d'onduleurs** (i.e. Sunny portal, Fusion Solar, Fronius...°).

Seuls seront acceptés les onduleurs avec **protocole de communication via un data logger** relié à minima à la GTC du site et depuis l'extérieur du bâtiment.
Le data logger pourra être interrogé pour remonter les données de la liste ci-après.
Des moyens de communication filaires sont à privilégier.

Cette supervision doit permettre d'avoir à minima à disposition, **remontées sur la GTC ou sur un site externe** :

- les données d'ensoleillement (via des données satellitaires ou sur sonde d'ensoleillement ou capteur témoin) ;
- une mesure des énergies totales **produites, consommées et autoconsommées** (en Wh ou kWh, selon la taille des installations) par compteur d'énergie et/ou par lecture directe des informations transitant par le port TIC des compteurs communicants du site (type Linky/Pinky) ;
- une mesure d'état de puissance **par groupements d'onduleurs** (alimentant une phase commune, associés à des tables ou pentes communes avec au maximum 5 onduleurs) ;
- le rendement de l'installation (Performance Ratio) ;
- les alertes de dysfonctionnement.

Le cas échéant, un logiciel de supervision connecté à l'onduleur de type hyperviseur pourra être utilisé (marché plus global de suivi de l'ensemble des installations).

6. Mise en Service et Garantie de Parfait Achèvement

Pour rappel (cf document « *Mémoire Etapes Raccordement* »), la **pré visite électrique** et le **contrôle de conformité** sont obligatoires avant le passage du **Consuel**. L'attestation Consuel est à remettre au Gestionnaire de Réseau au moment de la **Demande de Mise en Service**.

- ⇒ **La mise en service** doit inclure entre autres les éléments suivants :
- vérification de la programmation des onduleurs ;
 - vérification de la Mise à la Terre ;
 - valeur de production des onduleurs ;
 - calcul du **Ratio de Performance instantané** en fonction de l'ensoleillement du site ;
 - la mise en service de la **supervision**

La mise en service se fait en présence du Responsable du Site qui reçoit une formation sur le suivi de premier niveau de l'installation : lecture d'information de production et de remontées de données.

- ⇒ **La GPA** doit couvrir l'ensemble des situations électriques suivantes. Au besoin, elle sera étendue à un an supplémentaire :
- forte production / faible consommation ; faible production ; fortes chaleurs ;
 - dysfonctionnement du réseau de distribution, ...

Durant la GPA l'entreprise remonte les données de fonctionnement de l'installation selon des **rapports mensuels** qui indiquent :

- la production théorique versus la production réelle (i.e. : calcul PVSyst modulé de l'ensoleillement réel du site) ;
- le rendement de l'installation ;
- les défaillances enregistrées de l'installation, le seuil de criticité et les moyens correctifs apportés ;

- les taux d’autoconsommation et d’autoproduction enregistrés sur la période, au pas de temps du compteur communiquant (max 15min).

Le Maître d’Ouvrage et le Responsable Technique du site seront destinataires de ces rapports.

En cas de défaillances répétées (i.e. disjonctions) ou de performance non atteinte la GPA sera prolongée.

7. Dossier de subvention pour les installations 100% autoconsommation

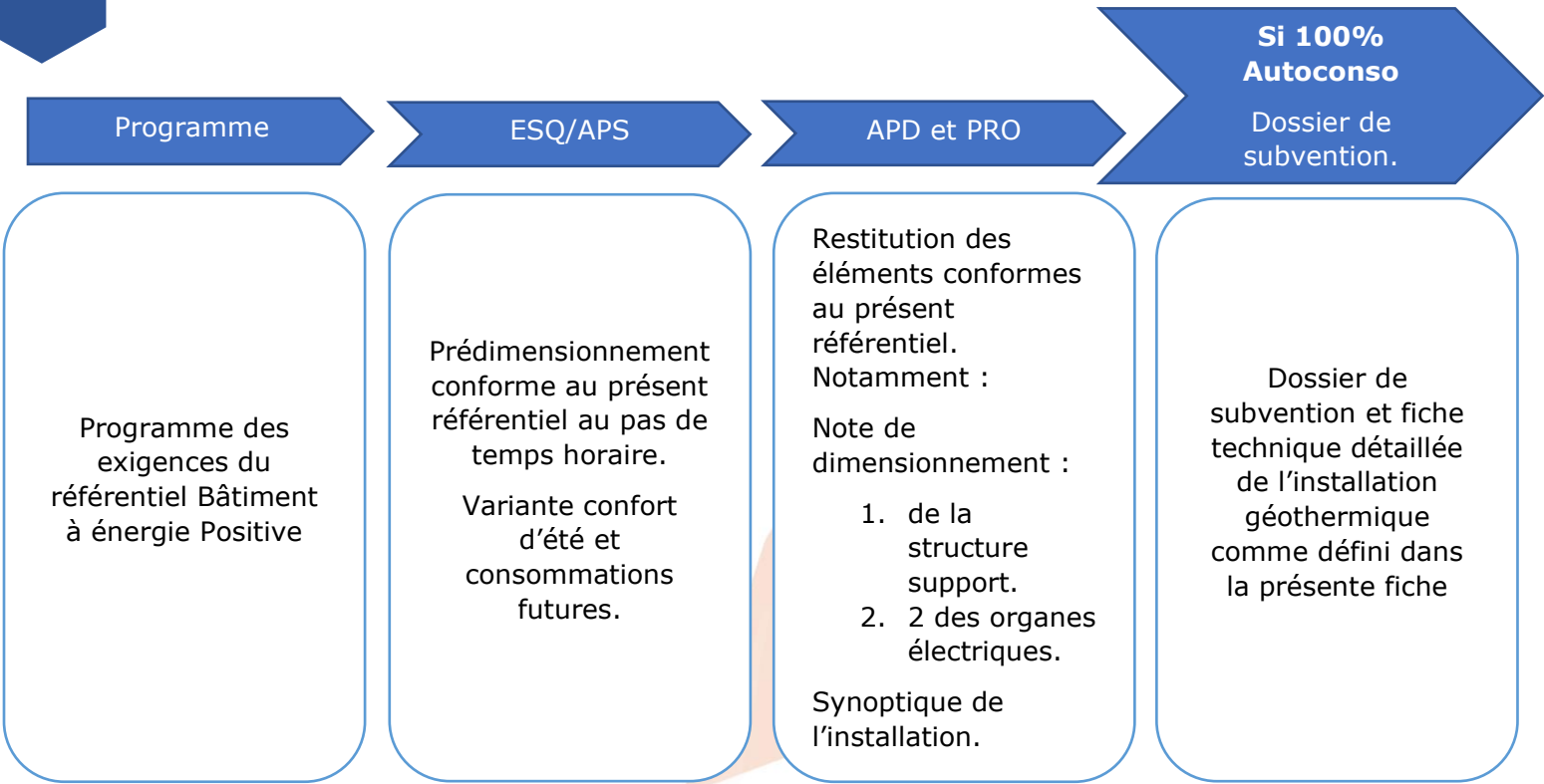
Pour rappel, nous privilégions les installations entre 100 et 500kWc avec un minimum de 50 % d’autoconsommation.

Les installations qui sont en 100% autoconsommation sont éligibles au FEDER. Pour rappel, les installations éligibles doivent répondre aux exigences suivantes :

- absence d’injection au réseau en cas de surplus
- L’installation ne bénéficie pas du tarif d’achat S21
- L’installation ne justifie pas d’une rentabilité court terme : une étude technico-économique présente un scénario avec subvention à 20% de l’investissement et un scénario avec la vente du surplus au tarif d’obligation d’achat
- Le taux potentiel **d’autoconsommation** (avant bridage éventuel de la production) **minimum est de 90%**



8. Planning des attentes du maître d’ouvrage



9. Documents de référence associés

Nom du document	Version
Mémoire étapes de raccordement	V0 – 12.2023
Référentiel Technique PV Ready	V1 – 01.2024

Centre de ressource : <https://www.photovoltaique.info/fr/>