



GUIDE POUR LA RÉALISATION DE PROJETS PHOTOVOLTAÏQUES EN AUTOCONSOMMATION

DANS LES SECTEURS TERTIAIRE
INDUSTRIEL ET AGRICOLE



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Coordination technique : Martino LACIRIGNOLA,
Rodolphe MORLOT

Rédacteurs : Jean-Yves QUINETTE : TECSOL

Crédits photo : Plein Soleil, Novelec, Aventis, SMA, Enphase,
Ingeteam, Powersafe, Mastervolt, Tecsol, E.leclerc

Création graphique : France Edition Multimédia

Impression : Imprimé en France - Pure Impression,
certification PEFC, FSC, Iso 9001, Iso 14001, Imprim'vert.

ISBN : 979 1029 708350 - Juillet 2017 - 500 exemplaires

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, juillet 2017

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L. 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (Art L. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L. 122-10 à L. 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Sommaire

Préambule	5
I. Présentation de l'autoconsommation	6
1. L'énergie solaire photovoltaïque	7
2. L'autoconsommation de la production électrique	8
3. Intérêt et enjeux de l'autoconsommation	9
4. Points d'attention avant de démarrer un projet	10
5. Une nécessaire synergie avec la MDE	12
6. Exemples d'applications immédiates	13
7. Iles, zones à réseau non interconnecté (ZNI)	15
II. Initier son projet	18
1. Chronologie d'un projet	18
2. Les différentes configurations possibles	19
3. Particularités des secteurs concernés et configurations applicables	22
4. Quelques ordres de grandeur	24
5. Arbre de décision	26
6. Aides financières possibles	27
7. Iles, zones à réseau non interconnecté (ZNI)	28
III. Un cadre réglementaire précis	30
1. Le rôle des acteurs	31
2. L'organisation du projet	32
3. Les règlements d'urbanisme	35
4. Le choix du porteur du projet	37
5. Quelques mots sur la fiscalité des projets	38
6. La maîtrise foncière	40
7. Le raccordement au réseau	41
8. L'évaluation des matériels photovoltaïques	43
9. Les assurances obligatoires et facultatives	45
10. Les règles particulières en ZNI	46
IV. Le contenu technique du projet	48
1. Actions de MDE préalables	48
2. Phasage général, de la conception à la mise en service	49
3. Etude de faisabilité (ESQ + APS)	50
4. Conception, projet (PRO)	55
5. Réalisation, mise en service et réception	58
6. Exploitation et suivi	59
7. Iles, zones à réseau non interconnecté (ZNI)	61
V. Le financement du projet	62
1. Les données à collecter	62
2. Les outils d'évaluation économique	66
3. Les modes de financement	67
4. Le plan d'affaires	70
5. Les coûts et financements dans les ZNI	74
VI. Annexes	76
A1. Les acronymes et abréviations employés	76
A2. Glossaire	78
A3. Index des références bibliographiques et liens	80
A4. Schémas et concepts complémentaires	82
A5. Synthèse des normes applicables	84
A6. Fiches « Retour d'expérience »	85





Préambule

Ce guide concerne exclusivement les projets d'autoconsommation photovoltaïque dans les secteurs tertiaire, industriel et agricole.

C'est un outil de présentation, d'explications, d'accompagnement et d'aide à la décision pour les maîtrises d'ouvrage (MOa) et les porteurs de projets.

Son premier objectif est de faire apparaître, de manière objective, les points de vigilance et les indicateurs de performance des systèmes solaires électriques pour l'autoconsommation dans les trois secteurs cités, et de mettre en évidence leurs particularités quand elles existent.

Son second objectif est d'apporter un éclairage sur les diverses contraintes propres à ces systèmes, tant techniques que financières ou réglementaires.

Il est conçu comme un vade-mecum accessible à tout un chacun. Il n'a pas pour vocation à expliquer en détail la conception des installations, ni à se substituer au travail des ingénieurs des bureaux d'études techniques (BET).

Il vise au contraire à accompagner les maîtres d'ouvrage, de façon simple et didactique, dans toutes les phases d'une installation solaire photovoltaïque, en soulignant les clés de réussite de son montage, de son organisation et de sa réalisation.

Pour l'autoconsommation, la phase initiale de faisabilité est cruciale, et nous insistons particulièrement sur cette étape, afin de garantir que le maître d'ouvrage puisse prendre sa décision de construire ou non, en parfaite connaissance de cause.

De plus, ce sujet et sa mise en œuvre sont extrêmement récents et le cadre réglementaire correspondant reste en évolution. Une attention particulière sera portée aux avancées les plus probables à court et moyen terme.

En fin de chaque chapitre, un paragraphe dédié apporte précisions et éclairages sur les éventuelles variations ou spécificités importantes existant en Corse et dans les départements d'outre-mer, constituant les zones électriques non interconnectées (ZNI).



Figure 1 : Installation en autoconsommation dans une ferme d'élevage



I. PRÉSENTATION de l'autoconsommation

Principaux acronymes utilisés dans ce chapitre et ensuite

(Glossaire complet en annexes 1 et 2)

AAP	Appel à projets
AO	Appel d'offres
CC et CA	Courant continu et courant alternatif
BET	Bureau d'études techniques
BT	(basse tension) correspond aux tensions de distribution (230V ou 400V) pour les puissances inférieures ou égales à 250 kVA
CRE	Commission de régulation de l'énergie
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
ECS	Eau chaude sanitaire
GES	(gaz à effet de serre) se dit d'un gaz présent ou dégagé dans l'atmosphère et susceptible d'augmenter l'effet de serre, contribuant ainsi au changement climatique
GRD	Gestionnaire de réseau de distribution d'électricité
HTA	(haute tension A) correspond aux tensions de distribution (typiquement 20 000V) pour les puissances supérieures à 250 kVA et inférieures ou égales à 12 MVA
IAB, ISB	Intégration au bâti, intégration simplifiée au bâti
kWc, MWc	Kilowatt crête et mégawatt crête, unités de puissance des modules ou installations photovoltaïques
kWh	Kilowattheure, unité de quantité d'énergie électrique (1 kilowatt pendant 1 heure)
LTECV	Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (n° 2015-992)
MDE	Maîtrise de la demande en énergie ou en électricité
MOa	Maître d'ouvrage
MOe	Maître d'œuvre
OA	Obligation d'achat
PPE	Programmation pluriannuelle de l'énergie
RPD	Réseau public de distribution électrique
TAp	(taux d'autoproduction) part de la consommation assurée par la production solaire locale
TAc	(taux d'autoconsommation) part de la production solaire utilisée sur place
TURPE	Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité
VE	Véhicule électrique
ZNI	Zones non interconnectées

I.1. L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Les modules photovoltaïques sont des panneaux plans, légers et de faible épaisseur qui peuvent être disposés aussi bien sur tout type de toiture que sur des ombrières, des auvents ou des pare-soleil en façade, ou même au sol. Ils ont l'aspect de plaques de verre, de couleur variant du bleu au noir. Ils produisent une électricité en courant continu (CC) qui est ensuite transformée en courant alternatif (CA) par un onduleur. À la sortie de cet appareil électronique de puissance, le signal électrique est identique à celui du réseau, et donc synchronisé avec lui. Sans batterie, il ne peut fonctionner en cas d'indisponibilité du réseau. Une utilisation directe en CC est également possible bien que beaucoup moins répandue, pour des applications particulières telles les moteurs à courant continu (pompage,...), les réseaux de tramways ou certains équipements d'éclairage.

Rappelons les avantages majeurs de cette production d'électricité : c'est une production au fil du soleil, sans aucune nuisance (ni bruit, ni effluent d'aucune sorte), obtenue avec des matériels durables (les modules ont une durée de vie de plus de 25 ans) et actuellement recyclables à plus de 98%.

Les photos ci-dessous illustrent quelques possibilités d'implantation de générateurs utilisables en autoconsommation : ombrières de parking, façades, petites centrales au sol ou implantation en toiture-terrasse.

Bien que la fabrication de ces matériels nécessite évidemment quelque énergie, le temps de retour énergétique de ces installations varie de 3,5 ans au plus (Nord de la France) à 1,5 années (Sud de la France) pour des modules orientés au sud¹. On trouvera dans la suite de ce document les ordres de grandeur des surfaces nécessaires, des puissances et des productions électriques selon les régions et les implantations.

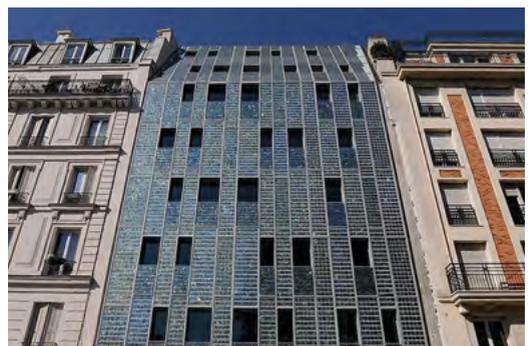


Figure 2 : Exemples d'implantations de modules utilisables en autoconsommation

¹ AIE - Compared assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities - 2008



I.2. L'AUTOCONSOMMATION DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

L'autoconsommation a été définie une première fois par le rapport du groupe national de travail sur l'autoconsommation et l'autoproduction de l'électricité renouvelable. Elle a été précisée dans l'article L315-1 du Code de l'Énergie² :

*Une opération d'**autoconsommation individuelle** est le fait pour un producteur, dit autoproducteur, de consommer lui-même et sur un même site tout ou partie de l'électricité produite par son installation. La part de l'électricité produite qui est consommée l'est soit instantanément, soit après une période de stockage.*

Il faut également et parallèlement, préciser la « vente en surplus », qui peut être aussi définie comme une autoconsommation partielle. Cette définition figure à l'article 2 de l'arrêté du 9 mai 2017³ :

*Une installation photovoltaïque est dite installation de **vente en surplus** lorsque le producteur s'engage à utiliser tout ou partie de l'énergie produite pour satisfaire l'ensemble des consommations sur le site d'implantation et vend uniquement le solde au co-contractant. À ce titre, l'installation de production et les équipements de consommation sont raccordés au réseau public en un unique point de livraison équipé d'un unique dispositif de comptage.*

L'excédent éventuel injecté sur le RPD peut être vendu à un tiers, par exemple à un agrégateur ou bien à un acheteur obligé dans le cadre de l'obligation d'achat (OA) lorsque les dispositifs de soutien le permettent.

Dans tous les cas, il s'agit de consommer sur place tout ou partie de l'énergie produite par un générateur installé sur le toit ou à proximité immédiate du bâtiment concerné (voir exemples en fig.2). Le cadre réglementaire actuel accorde une grande liberté d'implantation des modules dédiés à l'autoconsommation.

Depuis 2017 et la parution de plusieurs textes officiels, une notion complémentaire a été définie et réglementée : l'autoconsommation collective permet le partage des surplus entre plusieurs consommateurs, à échelle locale (voir définition au chap. II-1)

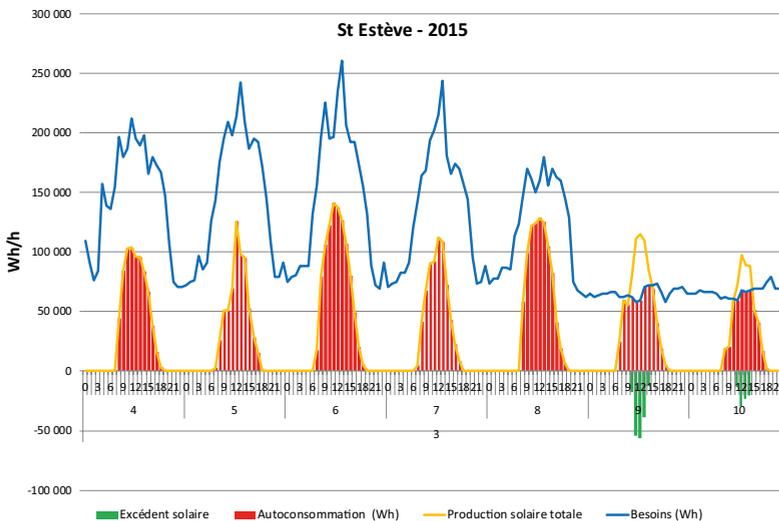


Figure 3 :
Exemple de profils
de consommation
et de production

² DGEC - Rapport sur l'autoconsommation et l'autoproduction de l'électricité renouvelable - 12-2014 - Code de l'Énergie, art. L315-1

³ Arrêté du 9 mai 2017 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée inférieure ou égale à 100 kilowatts telles que visées au 3 o de l'article D. 314-15 du code de l'énergie et situées en métropole continentale.

Une particularité de la production solaire est sa variabilité, à la fois quotidienne (cycle jour-nuit) et saisonnière (cycle été-hiver). La fig.3 ci-contre illustre la comparaison d'un profil de besoins d'un bâtiment tertiaire (bleu) avec un profil de production (jaune), au cours d'une semaine (du lundi au dimanche). La totalité de la production est autoconsommée (rouge), sauf quelques kWh des samedi et dimanche (vert) qui sont injectés sur le réseau.

D'ores et déjà, depuis le rapport sur l'autoconsommation de la DGEC de 2014, qui fait précisément le point sur ces nombreuses questions, et suite à ses recommandations, plusieurs dispositifs ont été mis en place aux échelles nationale et régionales, pour expérimenter une première vague de réalisations, en taille et nombres limités. Un cadre réglementaire, technique et économique pour de telles installations a été défini, selon quatre axes principaux et mis en œuvre à partir de 2016 :

- Petites installations (1-100 kWc) en autoconsommation avec vente des surplus. Le nouvel arrêté tarifaire (9-05-2017) prévoit en métropole, un tarif fixe pour ces kWh injectés et une aide à l'investissement⁴
- Appels à projets régionaux (par exemple 10-100 kWc en Occitanie ou 3-100 kWc en région Grand-Est), avec subventions complémentaires à l'investissement permettant d'atteindre un seuil de rentabilité assurant le financement du projet.
- Appel d'offres (AO) pour l'autoconsommation de la CRE pour des puissances de 100 à 500 kWc, avec une prime pour chaque kWh autoconsommé et une autre, plus faible, pour chaque kWh injecté sur le réseau. Les installations doivent être conçues pour garantir un taux annuel d'autoconsommation supérieur à 50%.
- Autres appels d'offres (AO) de la CRE, pour des installations sur bâtiments jusqu'à 8 MWc, davantage destinées à la vente totale, ou à la vente d'un surplus important, sans prime à l'autoconsommation.

Ce cadre est planifié pour trois années (2017-2019), mais est appelé à évoluer. Par exemple, le Décret n° 2017-676 du 28 avril 2017 relatif à l'autoconsommation d'électricité modifie les articles D. 314-15 et D. 314-23 à D. 314-25 du code de l'énergie.

I.3. INTÉRÊT ET ENJEUX DE L'AUTOCONSUMMATION

Pour un maître d'ouvrage (MOa) du secteur tertiaire, industriel ou agricole, l'intérêt de réaliser une installation photovoltaïque en autoconsommation peut être multiple :

- Il peut avoir besoin de réduire ou sécuriser sa facture énergétique. Au-delà du coût moindre de l'énergie solaire, elle présente aussi l'avantage d'un coût stable sur les 25 à 30 ans de durée de vie de l'installation. Par exemple, dans le cas d'un petit bâtiment tertiaire situé au sud de la France, on produira une électricité 10 à 20 % moins chère que l'électricité du réseau durant la période de remboursement du prêt, puis quasi-gratuite ensuite. Selon les disponibilités de surfaces en toiture et sans stockage, c'est entre 20 et 60 % de l'électricité nécessaire qui pourra être produite. Le MOa peut ainsi stabiliser le coût d'une partie de ses approvisionnements. En effet, toute la production solaire conservera un coût fixe durant la durée de vie des installations, celui correspondant à l'amortissement et à l'entretien du générateur. Il s'affranchit ainsi de l'augmentation inévitable des tarifs de l'électricité provenant du réseau. Cette augmentation prévisionnelle est difficile à chiffrer, mais les valeurs régulièrement avancées varient entre 1,5 et 3 % par an. Dans le cas d'une exploitation agricole, les possibles synergies avec la production animale ou végétale permettent de conforter l'équilibre économique d'un développement ou d'un agrandissement. Dans l'exemple des serres de la fig.4, une part de l'énergie produite est utilisée pour la ventilation et le reste vendu en surplus.

⁴Voir note 3



- Le MOa peut également souhaiter ou avoir l'obligation de réduire son impact environnemental, en particulier ses émissions de GES. En effet, un générateur photovoltaïque n'émet aucun GES durant son fonctionnement. Pour être rigoureux, il faut préciser que la fabrication de ces matériels peut générer quelques émissions qui dépendront entre autres, du pays constructeur et de l'énergie utilisée par l'usine. On évalue cette donnée en kilogrammes de CO₂ équivalents par kWc installé (kg eq CO₂ /kWc) ou en grammes de CO₂ équivalent par kWh produit sur le cycle de vie. Ces valeurs peuvent varier de 100 à 1000 kg eq CO₂/kWc pour les modules seuls (pour prendre les extrêmes actuels) et s'élever autour de 60 g eq.CO₂/kWh pour le système complet.

Le choix de la provenance des modules aura donc un impact important sur les performances environnementales de l'installation. En fonction de l'ensoleillement, ces émissions à la fabrication sont compensées en moins de 2 à 3 ans de production.



Figure 4 : Serres équipées de capteurs photovoltaïques.

- Au-delà des aspects proprement énergétiques et environnementaux, le porteur du projet peut aussi considérer la dimension architecturale de son bâtiment : les surfaces de modules peuvent présenter différentes teintes ou trames qui apportent une dynamique et une identité particulière à la structure bâtie. Pour une entreprise, un tel bâtiment participe fortement de son image et des messages transmis, tant à son personnel qu'à sa clientèle. Son rôle exemplaire ou initiateur dans la cité peut ainsi être clairement affirmé et démontré.



Figure 5 : Exemple d'intégration architecturale sur petit bâtiment tertiaire.

Enfin, hormis l'intérêt individuel du producteur, l'autoconsommation peut présenter un avantage pour le réseau de distribution lui-même : c'est le cas lorsque l'opération d'autoconsommation évite ou réduit des travaux de renforcement des infrastructures du RPD. Par exemple, l'asservissement à la production électrique solaire d'équipements de production de froid éviteront une augmentation de la puissance souscrite, et parfois, des travaux sur l'alimentation du site.

I.4. POINTS D'ATTENTION AVANT DE DÉMARRER UN PROJET

Pour évaluer l'intérêt économique à réaliser une installation photovoltaïque en autoconsommation, il faudra répondre à la question suivante : *est-il possible de produire sur mon bâtiment ou sur le terrain adjacent une certaine quantité d'électricité qui me reviendra moins cher que celle que je peux acheter à travers le réseau, dès aujourd'hui ou à court terme ?*

Mais pour répondre à ces questions, beaucoup de paramètres devront être précisés et quantifiés, par exemple :

- De quelle surface bien exposée, sans obstacles, dispose-t-on ?
- Quels sont les besoins électriques, avec quelle distribution dans le temps, par jour, par mois ?