



Energie photovoltaïque en France

L'autoconsommation domestique individuelle : jusqu'à 20% d'économies sur les factures d'électricité et un retour sur investissement supérieur à 100%

siappartners

Novembre 2017



Sommaire



Résumé exécutif



Contexte et mécanismes de l'autoconsommation



Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France



Conditions pour un modèle d'affaire rentable



Synthèse : les leviers soutenant la filière de l'autoconsommation domestique en France

Résumé exécutif

La rentabilité de l'autoconsommation va encourager le déploiement des installations PV domestiques en France

Les **installations photovoltaïques (PV) à destination des particuliers** représentaient, jusqu'au début des années 2010, la majorité des capacités solaires nouvellement installées en France. Cette dynamique était principalement encouragée par des tarifs d'achat incitatifs qui conduisaient les particuliers à revendre l'intégralité de leur production d'électricité générée domestiquement à EDF Obligation d'Achat (EDF OA).

Alors que le nombre de raccordements pour les nouvelles installations domestiques (0 – 9 kWc) décline depuis 2011, **la Loi de transition énergétique pour la croissance verte de 2015 a ouvert la voie au développement de l'autoconsommation pour les particuliers**. Ces derniers peuvent consommer l'énergie qu'ils produisent avec leurs propres panneaux solaires et réinjecter l'électricité non consommée dans le réseau de distribution. Cette pratique nécessite des études en amont afin d'étudier la rentabilité des projets au cas par cas.

Cette analyse présente le **contexte dans lequel s'intègre l'autoconsommation domestique sur le marché français, les perspectives de développement de la filière et des projections de rentabilité pour un foyer faisant le choix de se doter d'un tel dispositif**. L'étude a permis de dégager les facteurs encourageant l'autoconsommation domestique, du point de vue des particuliers :



Selon les projections réalisées, l'autoconsommation domestique pourrait permettre de réaliser des économies dès la 13^{ème} année après installation du dispositif. En moyenne, ces installations permettraient une réduction de 19,1% de la facture d'électricité du foyer*.



La production d'électricité photovoltaïque bénéficie d'avancées technologiques constantes permettant d'accroître la rentabilité des installations tout en maîtrisant les coûts de production.



L'autoconsommation domestique profite désormais d'un cadre réglementaire spécifique garantissant l'engagement de l'Etat pour le déploiement de ces installations.

Afin de répondre à une demande croissante, l'ensemble de la **filière photovoltaïque française doit étendre son offre de prestations**. Ce positionnement concerne un grand nombre **d'énergéticiens**, de **gestionnaires de réseau** mais également d'**entreprises spécialisées** pouvant adapter leur domaine d'expertise aux besoins exprimés par les **particuliers autoconsommateurs** :



La diffusion de l'autoconsommation domestique à l'échelle du territoire passera par la consolidation de la filière française et la mise en place de prestations de services spécifiques (chaîne de valeur actuelle davantage tournée vers les grandes centrales) et des offres à construire.



A grande échelle l'autoconsommation domestique implique la prise en compte d'un nouveau mode de production / consommation d'électricité avec l'émergence des Prosumers ou « Consommateurs ».

Représentant actuellement 40% des demandes de raccordement pour les foyers s'équipant de panneaux photovoltaïques, **l'autoconsommation est amenée à jouer un rôle central dans le développement de l'énergie solaire en France**. A horizon 2023, les pouvoirs publics ont fixé l'objectif à 19 GW de puissance photovoltaïque installée contre 6,2 GW fin 2017. 30% à 60% des capacités photovoltaïques cumulées en 2023 devraient concerner des raccordements en autoconsommation.

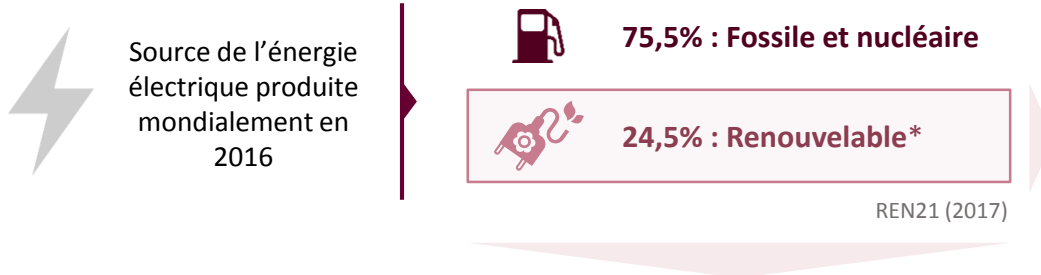


Contexte et mécanismes de l'autoconsommation

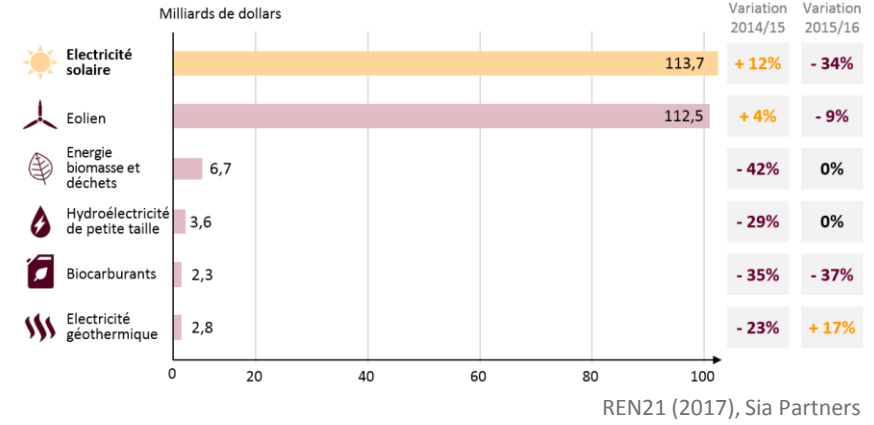
1. Contexte et mécanismes de l'autoconsommation

Des investissements en croissance dans le monde pour les énergies renouvelables, le photovoltaïque en tête

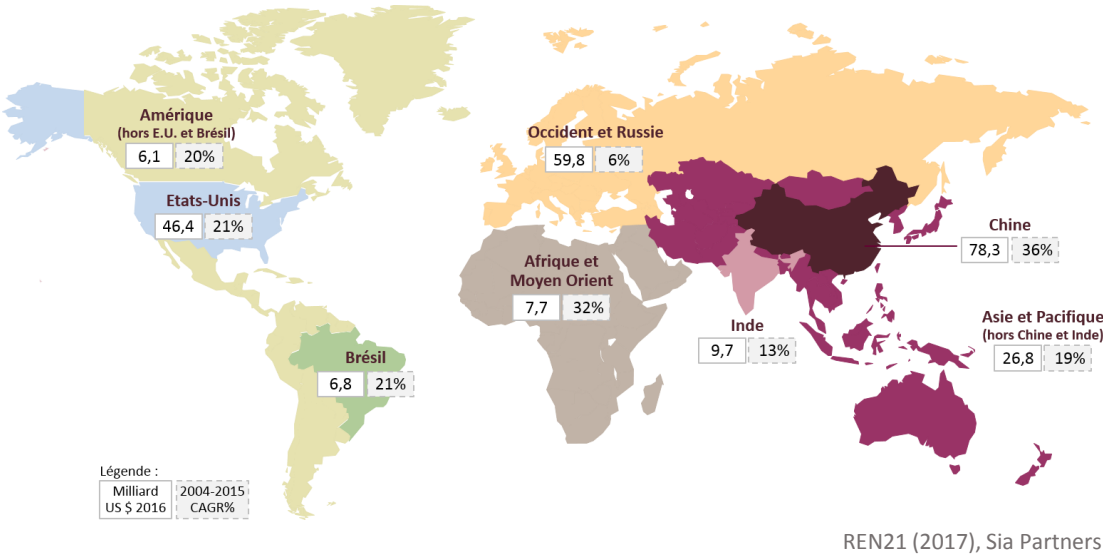
Les énergies renouvelables (ENR) représentent 24,5% de l'énergie électrique mondiale produite en 2016. Au global, **1,5% de la production énergétique est d'origine photovoltaïque**. Les investissements dans les ENR ont augmenté en 2016 pour atteindre finalement **250 milliards de dollars**.



Détail des investissements mondiaux en 2016 pour les ENR

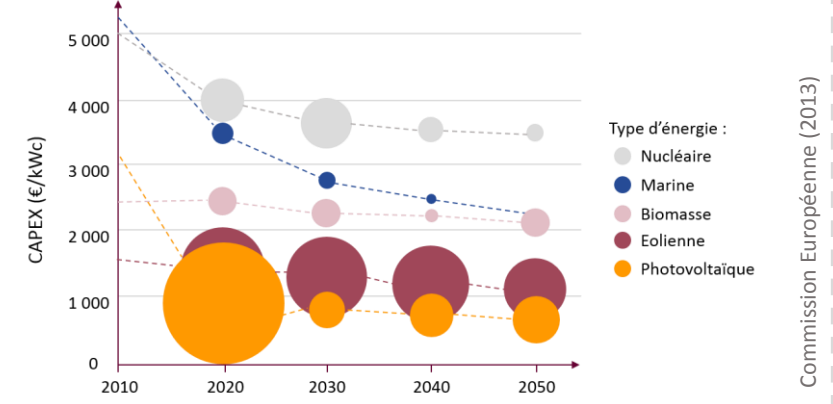


Les nouveaux investissements pour les énergies renouvelables dans le monde en 2016



Portés par la chute des coûts, les investissements dans la filière photovoltaïque sont amenés à **s'intensifier jusqu'en 2020** avant d'entrer dans une phase de maturité, attendue à horizon 2030.

Réduction des coûts d'investissement des installations à 2050



Le photovoltaïque produit l'énergie renouvelable qui a le plus fort potentiel de développement dans le monde. Les investissements ont ralenti en 2016 par rapport à 2015 mais le photovoltaïque reste le premier poste d'investissement des énergies renouvelables.

1. Contexte et mécanismes de l'autoconsommation

Retour à un équilibre de la filière photovoltaïque suite à une crise de surproduction dans les années 2010

Une production d'énergie en forte augmentation dans le monde

Le taux d'utilisation des capacités installées est stable à environ 60% depuis les années 2010.



Cette forte production de panneaux photovoltaïques a entraîné une **réduction importante de leurs coûts**.

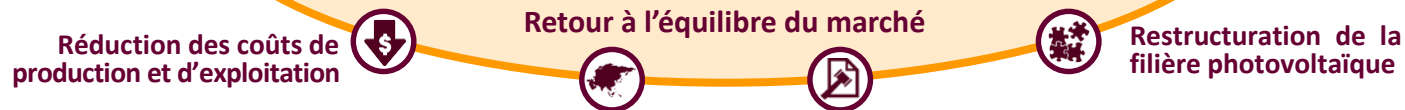
Crise de surproduction impactant directement les fabricants de modules

Le début des années 2010 a été marqué par une **crise de surcapacité** ce qui a entraîné la disparition des entreprises les moins compétitives sur le marché, soit 60%.



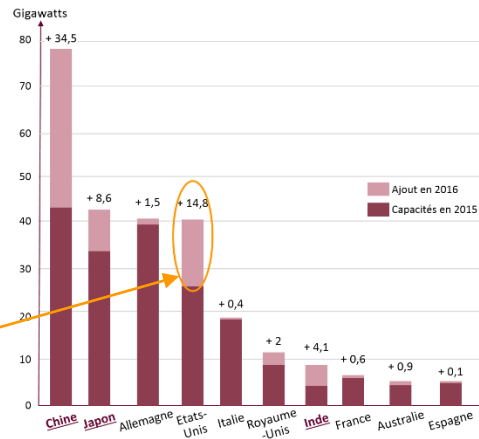
La consolidation des acteurs encore présents après 2013 a réduit le recours aux sous-traitants

Sia Partners



Une capacité de production photovoltaïque dominée par l'Asie

En 2016, l'Asie reste le premier producteur de composants photovoltaïques et en particulier la Chine. De plus, sept des dix premiers producteurs mondiaux de panneaux sont chinois et possèdent 44% des parts de marché en 2015.



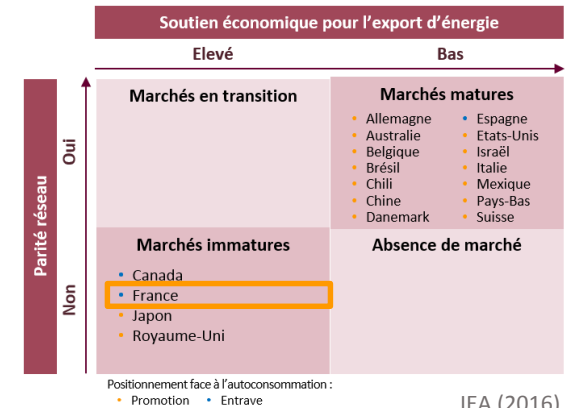
La reprise industrielle récente a été renforcée avec l'émergence de nouveaux marchés.

REN21 (2017), Statista

Mesures incitatives

La situation du marché français, une marge de progression

A l'heure actuelle, les projets photovoltaïques français restent dépendants des soutiens financiers de l'Etat en attendant l'atteinte de la parité réseau sur le territoire.



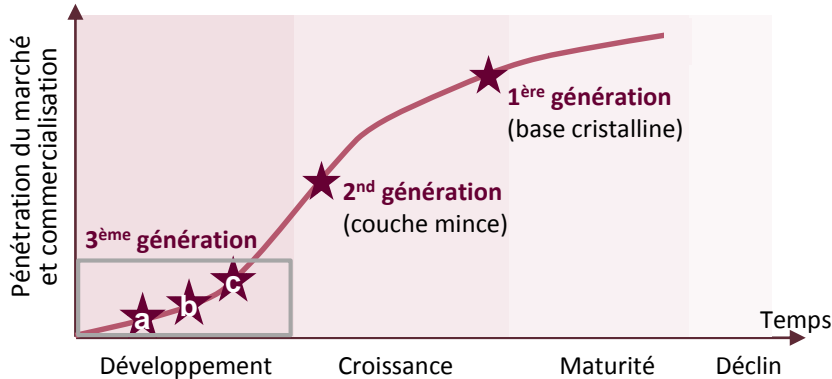
L'afflux de producteurs de supports photovoltaïques a entraîné une saturation du marché en 2010 forçant les acteurs les plus fragiles à se retirer. La domination asiatique pour la production et l'installation de modules oblige les autres producteurs mondiaux à se positionner sur des technologies à forte valeur ajoutée.



1. Contexte et mécanismes de l'autoconsommation

Les innovations technologiques diminuent les dépenses des projets photovoltaïques

Le marché est dominé par les cellules de première génération pour lesquelles la demande est stable grâce à leur prix plus bas et leur grande efficacité. Le prix ramené au watt des cellules de seconde génération est moins élevé mais leur efficacité n'est pas satisfaisante. Quant aux cellules de troisième génération, leur coût prévoit d'être un des plus bas grâce aux matériaux utilisés, abondants, et les procédés de fabrication simples. Leurs résultats sont intéressants en termes de flexibilité, de légèreté et de semi-transparence mais la limite demeure la performance.



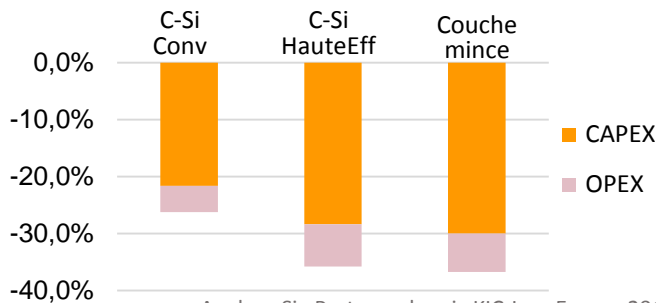
- a : Cellule à pigment photosensible (DSSC)
- b : Cellule organique (OPV)
- c : Photovoltaïque à concentration (CPV)

Frost & Sullivan (2013)

		1 ^{ère} génération	2 nd génération	3 ^{ème} génération	
Technologies	Unités	Mono et poly silicium cristallin	Couche mince (α-Si, CIS/CIGS, CdTe)	CPV*	Autre
Rendement en laboratoire	%	14-24	6-12	36-41	8,3-8,8
Rendement terrain	%	13-19	5-11	25-30	1-5
Part du marché en 2013	%	89	11	R&D	
Surface pour produire 1kW	m ²	7,5	10-15	R&D	

IRENA (2012) et Commission Européenne (2014)

Impact des innovations technologiques des cellules photovoltaïques et modules de 1^{ère} et 2nd génération sur les dépenses des projets d'ici à 2030 :



Analyse Sia Partners depuis KIC-InnoEnergy 2015

Innovations dans le sens des réductions de coûts :

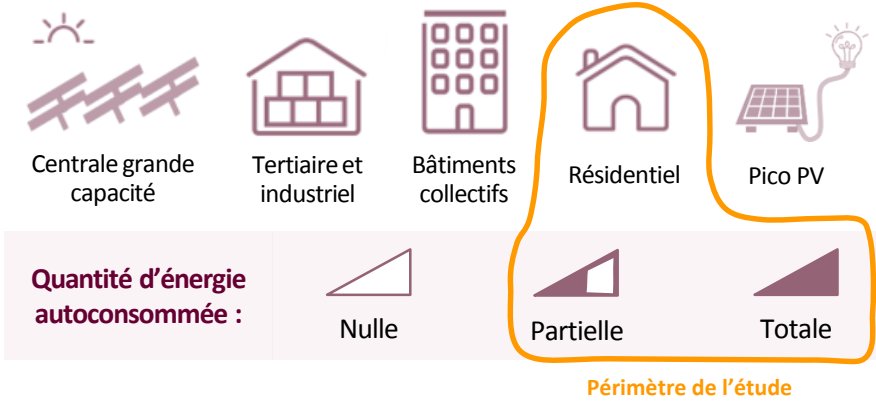
- Techniques de purification et de cristallisation du silicium
- Augmentation de l'efficacité au niveau de la cellule
- Réduction de la perte de matière à la découpe des cellules
- Réduction du nombre de défaut de fabrication des modules
- Simulation et modélisation des rendements énergétiques
- Vitrage innovant plus fin, optimisant l'exposition solaire
- Vitrage de la couche arrière des cellules (non plus opaque)

Aucune des technologies concernant les cellules n'a atteint la maturité sur le marché à l'heure actuelle. De nombreux travaux de R&D sont en cours pour améliorer leur efficacité et réduire les coûts. Le caractère récent et dynamique de ces innovations offre de nouvelles opportunités de marché.

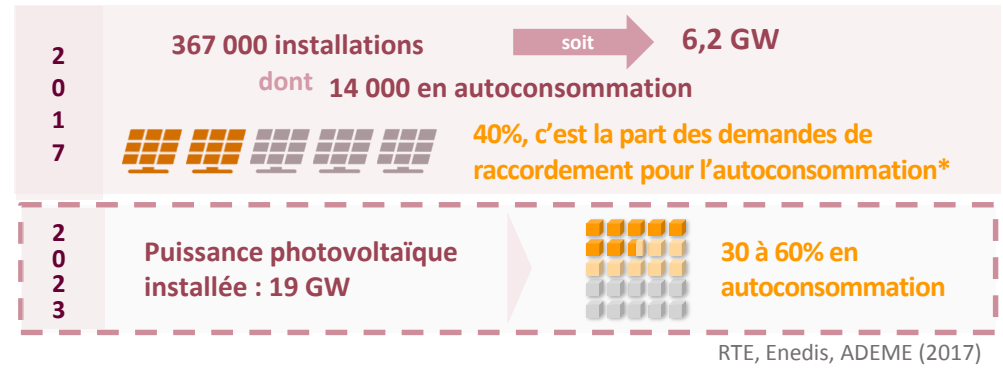
1. Contexte et mécanismes de l'autoconsommation

Les applications et mécanismes de l'autoconsommation en France

Les applications du photovoltaïque



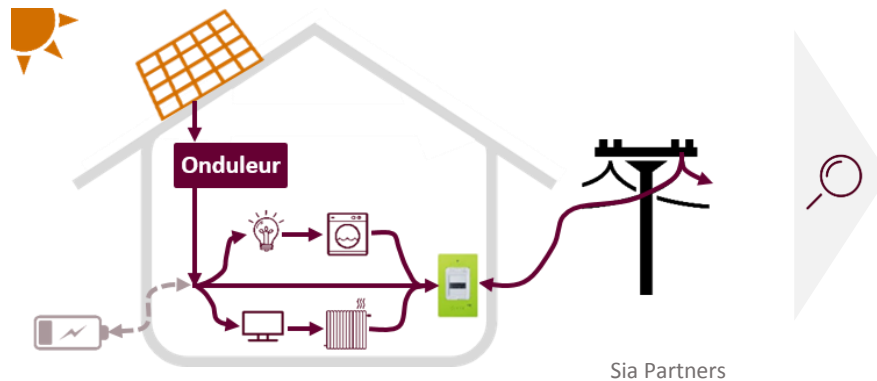
La filière photovoltaïque française, productrice d'une énergie renouvelable à fort potentiel de développement



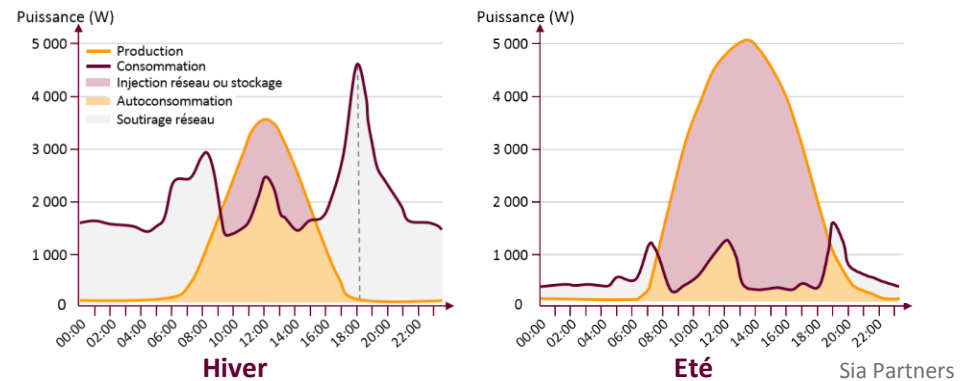
Le mécanisme de l'autoconsommation, des échanges de flux intermittents et importance du dimensionnement des systèmes

En France, la production photovoltaïque en l'absence de stockage ne permet pas toujours de réduire la pointe de soutirage chez les particuliers (soirs d'hiver). A l'inverse, en été, la production dépasse souvent la demande impliquant une possible injection de puissance dans le réseau. Ces effets sont fortement liés aux équipements du foyer (chauffage, piscine) et au dimensionnement de l'installation. Le taux d'autoconsommation « naturelle » varie de **10 à 80 % selon les cas**.

Flux physiques échangés dans le logement et avec le réseau



Profil de consommation saisonnier d'un particulier avec chauffage électrique



La filière française dispose d'un fort potentiel de développement même si autoconsommation est rarement synonyme d'autosuffisance. Le dimensionnement des installations est primordial afin d'optimiser les échanges de flux d'énergie dans le réseau.



Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

2. Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

Enjeux à surmonter pour le maintien d'une filière compétitive et attractive dans le temps

Des enjeux clés à adresser pour soutenir la dynamique de la filière photovoltaïque française

La dynamique du marché français pour l'autoconsommation se confirme et représenterait **30 à 60% de la puissance totale installée en 2023** (19 GW). Pour y répondre, Sia Partners a mis en lumière les enjeux suivants :

- Les commercialisateurs (panneaux, onduleurs, batteries...) qui doivent assurer une qualité de production élevée.
- Les collaborateurs français du projet *Smart Grid* doivent poursuivre leurs efforts sur les logiciels et plateformes de gestion intelligente du réseau.

Appui à l'innovation face à la concurrence

Intégration de l'énergie produite et pilotage du réseau

- Enjeux fort autour des flux échangés en temps réel (rôle majeur du compteur communicant Linky) et du maintien de l'équilibre offre/demande.
- Poursuite des recherches sur des algorithmes d'optimisation des systèmes (prévisions, pilotage de l'offre, de la demande et du stockage) face aux défis d'intégration du photovoltaïque dans le mix énergétique.

- Connaissance fine du parc existant (recensement des types d'installations et puissances).
- Garantie de la qualité de l'onde transportée (stabilité en termes de tension et de fréquence).

Sécurisation de l'approvisionnement

Attractivité des systèmes pour les particuliers

- Garantie d'une rentabilité des projets dans un délais de maximum 20 ans (fin des tarifs d'obligation d'achat et chute de l'efficacité des panneaux).
- Adaptation du TURPE dans ce cas particulier où le consommateur est aussi producteur : application du TURPE 5 à partir du 1^{er} août 2017 pour la période 2017 à 2021.

Les facteurs structurant le développement de l'autoconsommation

Parité réseau

Coût de production de l'énergie photovoltaïque



1



Prix de l'électricité sur le marché



2

&

Incitations et garanties

3

Evolutions réglementaires et dispositifs de soutien de la filière



&

Offres commerciales dédiées

4

Positionnement des acteurs pour la consolidation d'une filière française



Les prévisions annoncent un fort développement de l'autoconsommation en France dans les années à venir. Pour cela, des enjeux devront être adressés concernant notamment le développement de l'innovation et la rentabilité des systèmes pour les particuliers afin de garantir une filière compétitive et durable.

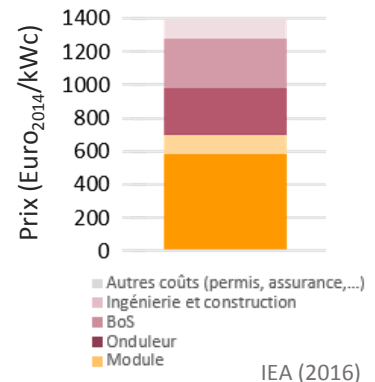
2. Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

Les facteurs structurant l'atteinte de la parité réseau pour un système photovoltaïque

Coût de production de l'énergie photovoltaïque en baisse

L'investissement initial varie selon la technologie choisie et la taille de l'installation. En moyenne **50% de ces dépenses sont liées à l'achat de matériel.**

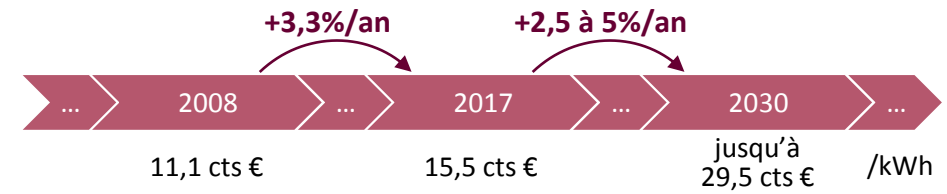
Décomposition du prix d'un système photovoltaïque résidentiel



- 25% à -30% C'est la baisse des coûts envisageable **d'ici à 2030** pour un système PV

- Grâce à deux paramètres :
- La baisse des coûts des composants
 - La professionnalisation de la filière

Prix de l'électricité en augmentation sur le marché



22,5 €/MWh Prix maximum de la CSPE atteint en 2017

1/3 de cette augmentation est lié à l'évolution de la Contribution au Service Public de l'Électricité (CSPE)

71% du montant de la CSPE est due au soutien aux énergies renouvelables dont **35% des charges pour la filière photovoltaïque** (calcul de la CSPE 2017).

L'atteinte de la parité réseau, un élément déterminant pour la rentabilité des systèmes photovoltaïques

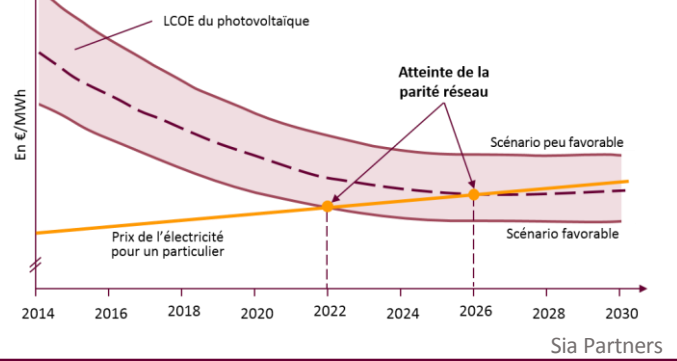
C'est le moment où le coût de production de l'énergie photovoltaïque est inférieur ou égal au prix de l'électricité sur le marché. Ce coût de production est appelé LCOE (*Levelized Cost of Energy*).

$$LCOE = \frac{\text{Investissement actualisé} + \text{Coûts opérationnels et maintenance}}{\text{Production électrique (kWh)} \text{ sur la durée du projet}}$$

- Autres caractéristiques des installations impactant indirectement le LCOE :
- Taille de l'installation
 - Localisation géographique (ensoleillement)
 - Efficacité de production du panneau
 - Durée d'utilisation de l'installation

Voir le détail Partie 3 étude de rentabilité Sia Partners

Représentation de l'atteinte de la parité réseau selon deux cas



Selon les prévisions, le sud de la France pourrait atteindre la parité réseau d'ici 2020, en grande partie grâce à la diminution du coût de production de l'énergie photovoltaïque et de l'ensoleillement dont bénéficie la région. Mais cela serait également possible grâce à un prix de marché de l'électricité croissant.

2. Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

Un cadre réglementaire récent qui fixe le périmètre de l'autoconsommation en France

En complément de signaux économiques, la filière de l'autoconsommation nécessite un cadre réglementaire garantissant la pérennité du marché à l'échelle nationale. Après une définition progressive du périmètre de l'autoconsommation domestique en France, les déclinaisons de la Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) ont dressé les modalités d'application des différents dispositifs :

- 2015— **17 Août - Loi TECV** : autorise le gouvernement à prendre par ordonnance des mesures nécessaires au développement des installations d'autoproduction et d'autoconsommation
- 2016— **27 Juillet – Ordonnance** : oblige les GRD* à faciliter l'autoconsommation, demande à la CRE la mise en place d'une tarification adaptée, simplifie les procédures pour les petites installations
- 2017— **10 Mai – Arrêté tarifaire** : définit les conditions d'achat de l'électricité produite par les centrales dont la puissance ne dépasse pas 100 kWc et introduit un tarif d'achat pour les surplus d'électricité produit domestiquement

Arrêté tarifaire de mai 2017 – du 01.10.2017 au 31.12.2017 :

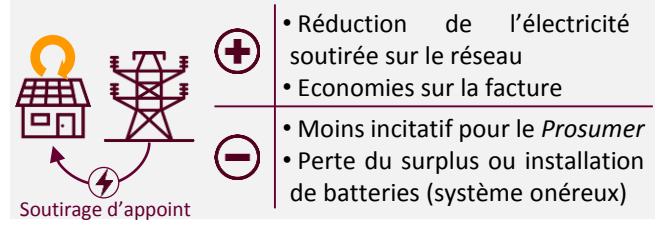
		≤ 3 kWc	≤ 9 kWc
Vente Totale	Tarif d'achat vente totale	18,48 c€/kWh	15,71 c€/kWh
	Prime IAB**	3,00 c€/kWh	3,00 c€/kWh
Autoconso.	Prime autoconsommation	390 €/kWc	290 €/kWc
	Tarif d'achat vente de surplus	10 c€/kWh	10 c€/kWh

□ Dimensionnement majoritaire pour applications domestiques
 **Intégration au bâti – Prime valable jusqu'au 30.09.2018

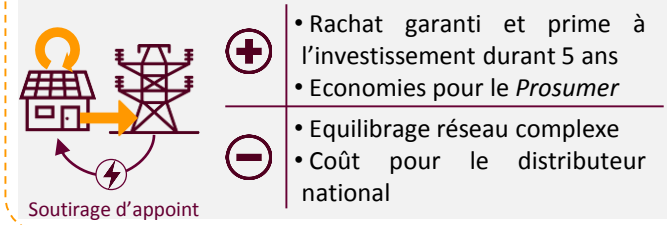
Sia Partners

En plus du soutirage sur le réseau de distribution, trois modèles d'autoconsommation se définissent par le schéma de raccordement de leur installation PV

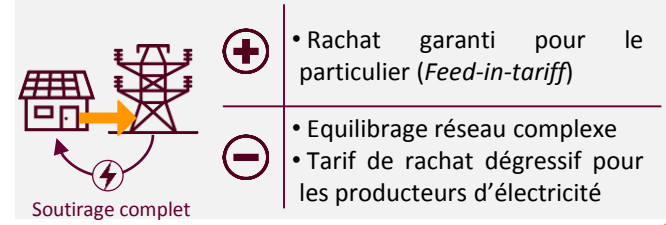
Autoconsommation totale - Sans injection :



Autoconsommation avec injection du surplus :



Vente à 100% de la production PV :



Valorisation financière de l'électricité produite

Sia Partners

Bien que la législation française ait tardé à définir précisément le statut de l'autoconsommation, le tournant pris en 2016 et 2017 témoigne d'une nouvelle dynamique politique. Cet engagement est un paramètre indispensable à la structuration et à la croissance de la filière, ce qui est également constaté dans d'autres pays européens.



2. Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

L'influence déterminante des cadres réglementaires pour la structuration de l'autoconsommation

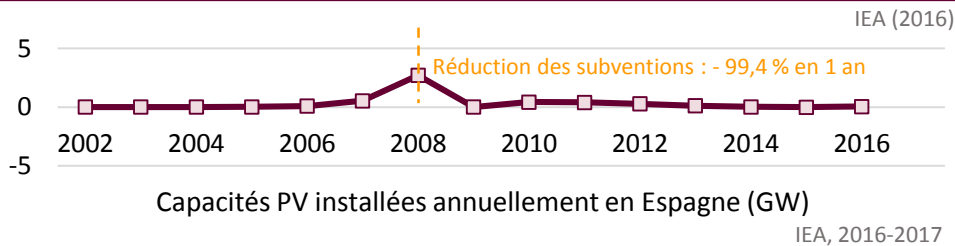
Si la France vient de donner un cadre au marché photovoltaïque destiné à l'autoconsommation, certains pays ont défini une législation spécifique il y a plusieurs années. Suivant les mesures mises en place, ces dispositifs visent à soutenir (Allemagne) ou limiter (Espagne) le développement de l'autoconsommation. Quel que soit le modèle adopté, le **développement d'installations photovoltaïques est étroitement corrélé aux évolutions du dispositif réglementaire** en place.



Espagne - Un marché mature mais volontairement ralenti

L'autoconsommation en Espagne est entravée par un cadre réglementaire visant à maintenir les revenus de l'Etat. Ceci se manifeste en particulier par une taxation permettant le financement du réseau électrique et l'absence de mécanisme de rachat de l'électricité générée par les installations domestiques.

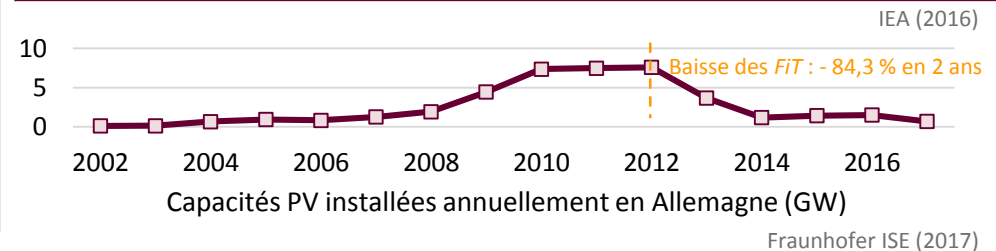
Cadre réglementaire	Espagne (<100 kW)
Autoconsommation autorisée	Oui
Revenus issus de l'autoconsommation	Economies sur la facture d'électricité
Charge(s) pour financer le réseau T&D*	Oui – « Taxe solaire »
Revenus des surplus de production	Aucun
Autres incitations à l'autoconsommation	Aucune
Dimensionnement du système PV	≤ Contrat établi (max 100 kW)
Mesure(s) complémentaire(s)	Taxe sur les batteries



Allemagne - Illustration de la dépendance aux dispositifs de soutien

Soutenu notamment par des *Feed-in-tarifs* très avantageux jusqu'en 2013, les installations PV domestiques avaient connu une croissance soutenue. Les restrictions appliquées sur ces mesures incitatives ont eu un impact immédiat : le nombre de nouvelles installations PV a diminué de 80% entre 2013 et 2016.

Cadre réglementaire	Allemagne
Autoconsommation autorisée	Oui
Revenus issus de l'autoconsommation	Economies sur la facture d'électricité
Charge(s) pour financer le réseau T&D*	Non
Revenus des surplus de production	<i>Feed-in-Tarif</i> ou <i>Feed-in-Premium</i>
Autres incitations à l'autoconsommation	Incitations sur les batteries
Dimensionnement du système PV	10% d'autoconsommation au minimum
Mesure(s) complémentaire(s)	Taxe réglementaire automatique (EEG)



Le niveau de maturité et le soutien apporté au développement de l'autoconsommation en Europe varie sensiblement selon le modèle d'affaire choisi et le cadre législatif adopté. Néanmoins, quel que soit le modèle, les différents marchés européens répondent très sensiblement aux mesures incitatives en vigueur.

2. Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

L'autoconsommation comme relais de croissance pour les activités situées en aval de la chaîne de valeur PV

Malgré un positionnement porté sur les grandes installations photovoltaïques, les ambitions liées à l'autoconsommation domestique constituent un **potentiel relais de croissance important pour les acteurs français**. La mise en place d'activités répondant à ces besoins spécifiques nécessite une adaptation plus ou moins importante en fonction du positionnement des différentes entités sur la chaîne de valeur photovoltaïque :

Chaîne de valeur du photovoltaïque en France	Principaux segments	Equipementiers	Modules, cellules	BOS*	Commercialisation de solutions PV	Installation et maintenance	Services, outils de pilotage...
	Exemple d'acteurs de la filière	Schneider Electric	Soitec, Photowatt (EDF EN)	Schneider Electric	EDF, Engie	Tuco Energie, Suntec	Monabee, MyLightSystems, Comwatt
	Poids du PV dans l'activité	Moyen (~ 12% du CA)	Fort (100% du CA**)	Faible (< 10% du CA)	Variable	Moyen (< 20 % du CA)	Variable
	Application de l'activité avec l'autoconso.	Indifférenciée	Indifférenciée	Indifférenciée	Indifférenciée	Spécifique	Spécifique

Analyse Sia Partners d'après données ADEME (2015)

Un maillon qui prend de l'ampleur

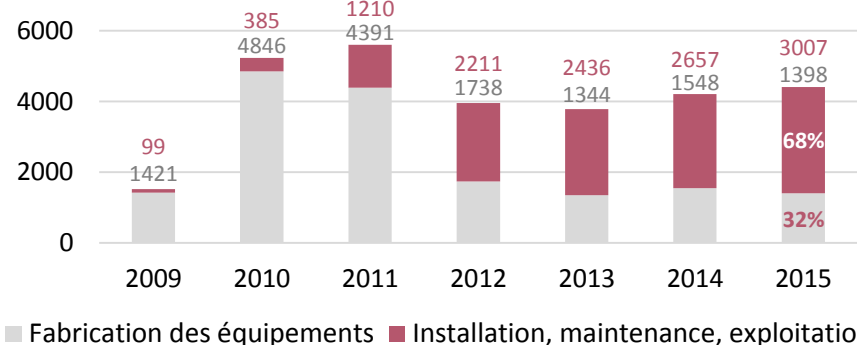
Les services liés au suivi, au pilotage et à l'optimisation de la consommation prennent de l'ampleur avec l'autoconsommation. En effet, l'amélioration du taux d'autoconsommation est un enjeu majeur, là où auparavant seul l'entretien de l'installation suffisait.

Une recherche soutenue

Chaque segment de la chaîne de valeur investit dans les travaux R&D, essentiellement dans une optique de réduction des coûts pour l'amont de la chaîne de valeur.

Les **activités spécifiques à l'autoconsommation** se différencient du PV traditionnel sur **l'aval de la chaîne de valeur**. Ce segment s'est fortement structuré depuis 2010 et génère désormais plus des $\frac{2}{3}$ du chiffre d'affaire de la filière en France.

Chiffre d'affaire du secteur photovoltaïque (millions d'euros)



ADEME (2016)

Le développement de l'autoconsommation impacte relativement peu l'amont de la chaîne de valeur dont l'activité est peu spécifique à ce type d'installation. A l'inverse, les acteurs positionnés plus en aval y trouvent des relais de croissance potentiels à travers leurs prestations de services, de pilotage et de maintenance.

2. Dynamiques favorisant l'autoconsommation en France

Une tendance qui implique l'ensemble des acteurs énergétiques français dans la conception d'offres dédiées

Les récents signaux favorisant le déploiement de l'autoconsommation ont conduit les fournisseurs d'électricité à adapter leurs offres à destination des particuliers. L'essor de l'autoconsommation encourage également le positionnement **d'entreprises plus spécialisées qui souhaitent s'appuyer sur cette dynamique** pour développer de nouveaux relais de croissance.



Fournisseurs – Des offres tournées vers la prestation de services

	Fournisseurs historiques		Fournisseurs « militants »	
Fournisseur d'électricité	EDF EN	ENGIE	ENERCOOP	ILEK
Fourniture des panneaux	Oui (modules Photowatt®)	Oui (fabricants partenaires)	Oui	Oui
Capacité installée et stockage	2,5 – 5 kWc Batteries en option	2,6 kWc Stockage par ECS*	0,5 – 3 kWc Stockage par ECS*	3 kWc
Maintenance	Surveillance / dépannage	Forfaits de révision et maintenance	Bilan un an après la mise en service	Non précisé
Pilotage de conso	Application «Soleilonline®»	Depuis un espace client personnalisé	Non précisé	Oui (format non précisé)
Coût	~ 10 000 € (batteries pour 6 000 €)	~ 7 000 €	2 500 € – 8 000 €	~ 9 000 €

Sia Partners



Start-up et sociétés spécialisées – Les apports du digital

En plus des fournisseurs d'électricité, des PME et start-up développent des offres de services favorisant l'intégration du PV chez les particuliers :



In Sun We Trust : Cette start-up a développé une application permettant d'évaluer le potentiel de production PV d'une toiture. L'entreprise propose désormais des kits PV pour l'autoconsommation.



Comwatt : Entreprise propose un outil de « gestion active » de la consommation électrique des particuliers et suggère de coupler ce système à une installation PV pour optimiser l'autoconsommation.



Le stockage – Un facteur décisif face à l'obstacle économique

Face à l'intermittence de la production photovoltaïque, le **stockage d'électricité domestique** est un enjeu central. Le prix des systèmes existants (245€/kWh pour une batterie lithium-ion en 2016) encourage le stockage sous forme d'ECS et le développement de systèmes innovants :



Sylfen : Le « *Smart Energy Hub* » permet d'optimiser la consommation d'énergie locale et renouvelable des bâtiments en autoconsommation. Se basant sur la conversion d'électricité en hydrogène (*Power-to-gas*), cette technologie permet de stocker un volume important d'énergie.

Afin de répondre à la dynamique accélérant le déploiement de l'autoconsommation, les fournisseurs enrichissent leurs offres de services. Ces nouvelles prestations pourraient également s'appuyer sur des partenariats avec d'autres acteurs offrant une expertise spécifique applicable à l'autoconsommation.

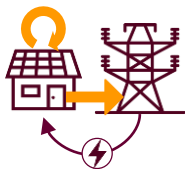


Conditions pour un modèle d'affaire rentable

3. Conditions pour un modèle d'affaire rentable

Les dispositifs permettant l'autoconsommation : distinctions de raccordement et de valorisation des excédents

En France, deux types d'installations permettent aux particuliers de **consommer l'électricité qu'ils produisent localement**. Ces installations diffèrent par leur mode de **raccordement au réseau public** ainsi que par la **valorisation financière des excédents de production**.



Autoconsommation avec injection du surplus :

19,1% d'économies sur les factures d'électricité en moyenne*

Récemment définie dans la législation française, l'autoconsommation avec injection du surplus permet au producteur de **consommer l'électricité qu'il génère via sa propre installation et de revendre les excédents non consommés**.

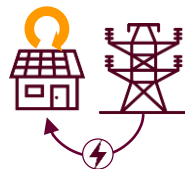
Les tarifs d'achat de la vente en surplus sont définis par les arrêtés tarifaires trimestriels publiés par la CRE.



L'installation d'un dispositif photovoltaïque ne permet pas de s'affranchir du réseau public. Les potentiels gains seront fortement **influencés par les évolutions du prix de l'électricité**. [Page 20](#)



Le montant de l'investissement initial est lié à la taille de l'installation. Il est nécessaire d'anticiper les performances du dispositif afin qu'il **corresponde au profil de consommation domestique**. [Page 21](#)



Autoconsommation totale sans injection du surplus :

15,7% d'économies sur les factures d'électricité en moyenne*

On parle d'autoconsommation totale lorsque le dispositif est raccordé sur une installation de consommation, elle-même raccordée au réseau, et que **le producteur s'engage à ne rien injecter sur le réseau public**.

Les excédents de production seront stockés (batterie, eau chaude...) ou bien perdus.



Ne bénéficiant d'aucune valorisation financière pour l'électricité produite en surplus, le producteur / consommateur doit **réduire sa facture d'électricité** de sorte à couvrir son investissement. [Page 22](#)

25 ans

Les panneaux photovoltaïques disposent généralement d'une **garantie de fonctionnement pour une durée de 25 années**. C'est la période qui est retenue pour effectuer les calculs de rentabilité des installations.

La valorisation financière de l'électricité générée en surplus constitue une forte incitation pour le déploiement de l'autoconsommation chez les particuliers. Le profil de consommation du foyer ainsi que l'investissement initial comptent parmi les principaux points de vigilance pour garantir la rentabilité des projets.

3. Conditions pour un modèle d'affaire rentable

Méthodologie adoptée et hypothèses retenues

Pour étudier la rentabilité d'un dispositif d'autoconsommation domestique, des **projections sont réalisées sur un modèle calculant le temps de retour sur investissement**. Il s'agit de mesurer si l'installation de modules photovoltaïques permet à un foyer de **réaliser des économies sur toute la durée d'exploitation de l'installation** en comparaison avec un foyer non équipé.

Les conditions retenues sont favorables (rachat d'électricité, sud de la France, hausse du prix de l'électricité) et permettent de statuer sur la **pertinence de l'autoconsommation domestique** dans les régions françaises qui bénéficieront de la parité réseau à un horizon proche. Cette situation étant amenée à se généraliser à l'échelle nationale, à moyen terme.

Profil du foyer étudié (voir annexe 2 pour le détail des équipements) :

					
Foyer étudié :	Consommation annuelle :	Investissement :	Puissance installée :	Orientation :	Perte d'efficacité PV :
3 personnes – 70m ²	10 423,30 kWh	4 760 €* 4 760 €	1,7 kWc	0° (Sud)	-1 % / an



Réglementation

Prix de l'électricité 2017 : 0,1466 €/kWh

Grilles tarifaires du tarif réglementé Bleu d'EDF – Novembre 2017 – 6 kVA.

Tarif d'achat du surplus : 0,10 €/kWh sur 20 ans

Arrêté tarifaire 2017 pour la vente des surplus électriques pour installation domestique <3 kWc

Prime à l'investissement : 390 €/kWc

Arrêté tarifaire 2017 pour la vente des surplus électriques pour installation domestique <3 kWc

Méthodologie et projections

Les évaluations de production d'électricité, d'autoconsommation et d'autoproduction ont été **réalisées grâce à un simulateur**.



Production annuelle : 2 295,00 kWh

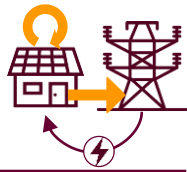
Dans les conditions retenues, les installations peuvent fonctionner à leur **puissance nominale durant 1 350 heures par an**. Leur taille réduite et les systèmes d'optimisation permettent un **taux d'autoconsommation de 80%**.

Lecture des résultats

Les projections présentées illustrent les **coûts cumulés liés à la consommation d'électricité** pour un foyer.

Les courbes des différents graphiques représentent un coût cumulé sur toute la durée de vie des panneaux solaires : **plus la courbe est élevée, plus les dépenses pour le pôle « électricité » du ménage sont importantes**.

L'objectif des projections est de déterminer si, au terme de l'exploitation des installations PV (25 ans), les factures relatives à l'électricité en autoconsommation sont inférieures à celles d'un domicile non équipé. Les hypothèses retenues en scénario de référence sont favorables à la production d'énergie photovoltaïque.

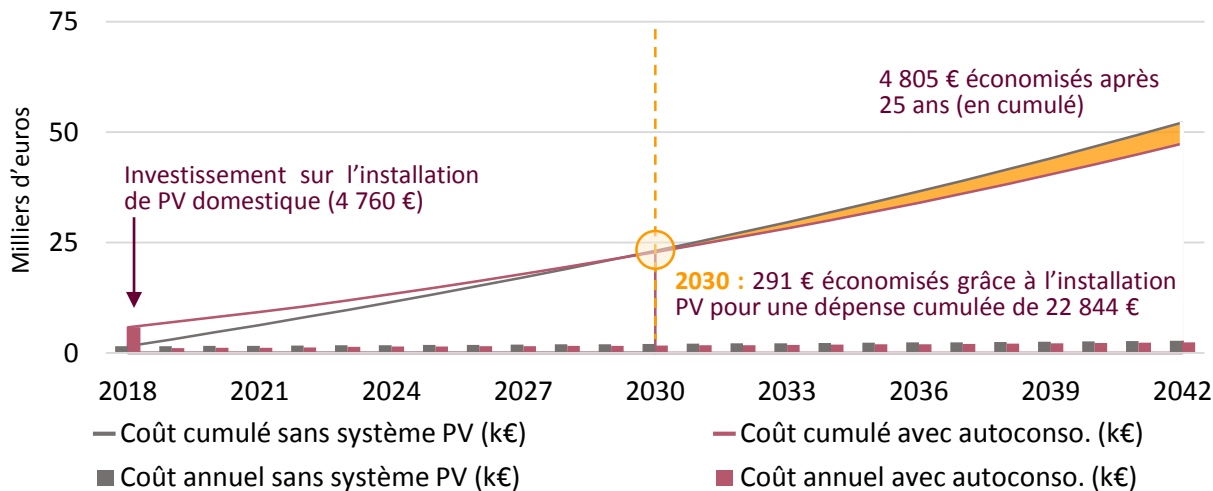


3. Conditions pour un modèle d'affaire rentable

Des économies dès la 13^{ème} année et un gain substantiel en fin d'exploitation des panneaux

Afin de réaliser des projections pour un foyer choisissant de souscrire une offre d'autoconsommation (avec vente du surplus), nous avons étudié les **flux financiers relatifs à la consommation d'électricité** : facture d'électricité, prix d'une installation, économies réalisées...

Comparaison des flux financiers annuels pour des foyers équipés ou non de dispositifs d'autoconsommation avec injection du surplus



Profil du foyer considéré :

- Géolocalisation :** Pau (Fr.)
- Puissance installée :** 1,7 kWc
- Consommation annuelle :** 10 423,30 kWh
- Production annuelle :** 2 295,00 kWh
- Taux d'autoconsommation :** 80 %
- Prix de l'électricité :** + 2,5 % / an

Variable :

Aucune (scénario de référence)

383
€/an*

Analyse :

Dans le scénario présenté (*détails en annexe*), l'installation d'un système photovoltaïque avec revente du surplus d'électricité permet à un foyer de **réaliser des économies 13 ans après son installation**. Durant les 12 premières années, les gains réalisés sur la facture d'électricité permettront de recouvrer les coûts de l'investissement initial (achat et installation du système photovoltaïque). Même lorsque l'électricité générée en surplus de la consommation du ménage ne bénéficie plus du contrat d'achat (fin 2037 dans ce scénario), le coût annuel de l'électricité est sensiblement diminué par l'installation de production domestique.

Après 25 ans, l'installation aura permis au foyer d'**économiser 4 805 €** soit **une réduction de 19,1% de la facture annuelle d'électricité*** (hors investissement).

Bénéficiaire d'une prime à l'investissement et d'un tarif de rachat pour l'électricité non consommée, le système d'autoconsommation avec vente du surplus offre de fortes garanties aux Prosumers. Le montant de l'investissement initial a un poids déterminant dans le délais de recouvrement et la rentabilité du modèle.

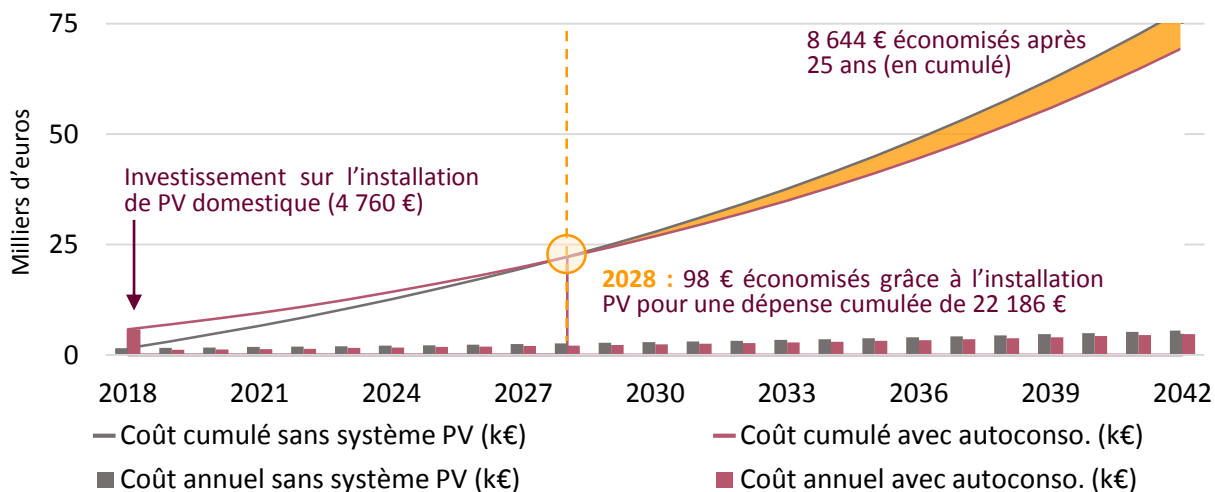


3. Conditions pour un modèle d'affaire rentable

Le prix de l'électricité, facteur déterminant de la rentabilité des dispositifs d'autoconsommation

Le modèle de référence se base sur une hausse modérée des prix de l'électricité (+ 2,5% par an). Lorsqu'on considère une **hausse plus importante des tarifs de l'électricité** pour les particuliers (+5,5%), la rentabilité d'une installation domestique (avec vente du surplus d'électricité durant 20 ans) est elle-même accrue.

Comparaison des flux financiers annuels pour des foyers équipés ou non de dispositifs d'autoconsommation (prix de l'électricité +5,5% par an)



Profil du foyer considéré :

- Géolocalisation :** Pau (Fr.)
- Puissance installée :** 1,7 kWc
- Consommation annuelle :** 10 423,30 kWh
- Production annuelle :** 2 295,00 kWh
- Taux d'autoconsommation :** 80 %

Variable :

- Prix de l'électricité :** + 5,5 % / an

536
€/an*

Analyse :

La hausse des prix de l'électricité influence la durée de recouvrement de l'investissement initial. En effet, des économies seront réalisées à partir de la **11^{ème} année, soit deux ans plus tôt que dans le scénario de référence**. Sur le long terme, les économies réalisées grâce à un dispositif solaire sont substantielles. En fin de vie des panneaux, ce sont **8 644 € qui auront été économisés** soit une **baisse de la facture annuelle d'électricité de 18,62%***.

L'évolution du prix de l'électricité pour les particuliers est un élément déterminant dans la rentabilité d'un dispositif photovoltaïque : plus elle est importante, plus la consommation d'électricité auto-produite sera bénéfique pour un foyer.

Les perspectives d'évolution du prix de l'électricité pour les particuliers constituent l'un des principaux facteurs guidant la mise en place d'un dispositif d'autoconsommation. Bien que le coût final pour les particuliers soit élevé, la mise en place d'un tel système permettrait des économies importantes.

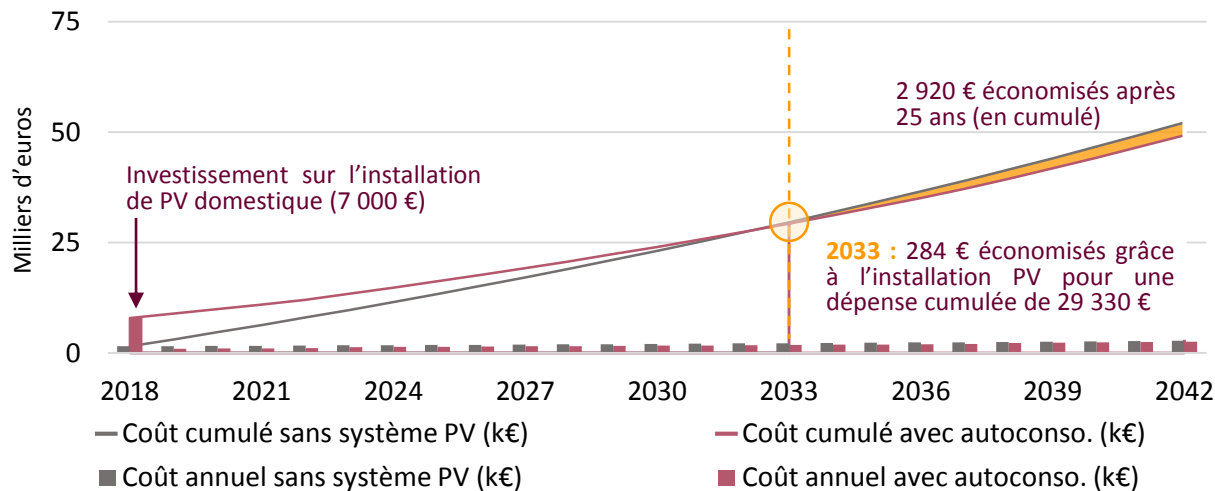


3. Conditions pour un modèle d'affaire rentable

Le dimensionnement des installations pour optimiser les économies réalisées par le foyer

Le déploiement des offres destinées aux particuliers peut se traduire par la standardisation des installations commercialisées. Il demeure essentiel que les dispositifs photovoltaïques **répondent aux profils de consommation considérés** car la rentabilité d'un projet peut être affectée par un dimensionnement non optimisé.

Comparaison des flux financiers annuels pour des foyers équipés ou non de dispositifs d'autoconsommation (dispositif de 2,55 kWc)



Profil du foyer considéré :

Consommation annuelle : 10 423,30 kWh

Prix de l'électricité : + 2,5 % / an

Variables :

Géolocalisation : Nice (Fr.)

Puissance installée : 2,55 kWc

Investissement initial : 7 000 €

Production annuelle : 3 442,50 kWh

Taux d'autoconsommation : 30 %

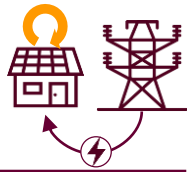
397
€/an*

Analyse :

Plus la taille des installations est conséquente, plus la rentabilité est sensible au profil de consommation du foyer et, de fait, au taux d'autoconsommation. Dans le cas d'une installation de 2,55 kWc, un **taux d'autoconsommation de 30% permet de couvrir les coûts de l'investissement initial (7 000 €) lors de la 16^{ème} année** pour un gain cumulé de 2 920 € après 25 ans. Une variation de +/- 10% du taux d'autoconsommation ferait perdre / gagner une année sur la durée de recouvrement.

De même, la **prime à l'investissement (390 €/kWc) a un impact sensible sur la rentabilité de l'installation** : son annulation ne permettrait au foyer de réaliser des économies qu'à compter de 2035, soit 2 ans plus tard que dans le cadre incitatif actuellement en place.

A volume équivalent, les gains réalisés par l'autoconsommation sont plus importants que ceux issus de l'injection du surplus dans le réseau. Il est ainsi pertinent de dimensionner son dispositif en adéquation avec le profil de consommation électrique du foyer pour maximiser le taux d'autoproduction domestique.

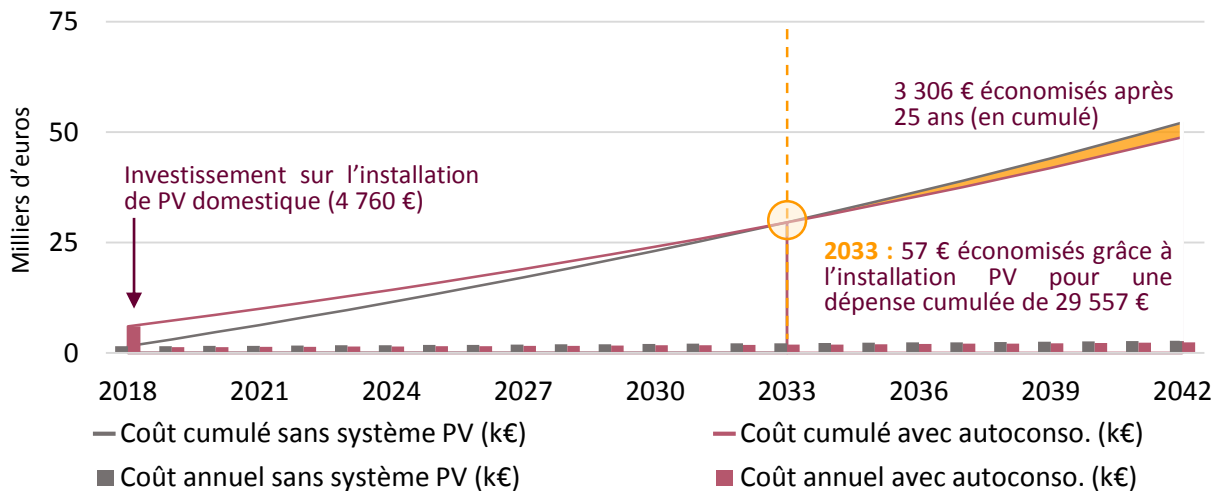


3. Conditions pour un modèle d'affaire rentable

Comparaison de rentabilité avec les dispositifs sans injection du surplus

Avant la mise en place d'un cadre réglementaire définissant l'autoconsommation avec injection du surplus, les installations particulières permettaient soit de revendre l'intégralité de la production domestique soit **d'autoconsommer localement tout ou partie de la production PV (autoconsommation sans injection)**.

Comparaison des flux financiers annuels pour des foyers équipés ou non de dispositifs d'autoconsommation sans injection



Profil du foyer considéré :

- Géolocalisation :** Pau (Fr.)
- Puissance installée :** 1,7 kWc
- Consommation annuelle :** 10 423,30 kWh
- Production annuelle :** 2 295,00 kWh
- Prix de l'électricité :** + 2,5 % / an

Variable :

- Raccordement :** 100% autoconsommé (le surplus d'électricité est perdu)

323
€/an*

Analyse :

Dans les conditions étudiées, les **modèles d'autoconsommation permettent des économies** en comparaison avec un foyer sans PV. Néanmoins, le système **d'autoconsommation totale**, avec appel au réseau pour combler les besoins lorsque la production domestique est insuffisante, est moins profitable car n'offre pas de valorisation financière pour l'énergie générée au-delà du besoin instantané. En l'absence de dispositif de stockage, cette énergie non consommée est perdue.

Dans le cadre de référence retenu, ce système permet tout de même de **réaliser des économies à compter de la 16^{ème} année** suivant l'installation, avec **une réduction des dépenses domestiques d'électricité d'environ 15,7%***.

Avec un investissement initial contrôlé, les différents systèmes d'autoconsommation domestique permettent de réaliser des économies pour les particuliers. Les évolutions techniques et réglementaires à venir, ainsi que les offres commerciales, permettront de figer la rentabilité de ces modèles d'affaire.



Synthèse : les leviers soutenant la filière de l'autoconsommation domestique en France

4. Les leviers soutenant la filière de l'autoconsommation domestique en France

Des efforts à maintenir pour soutenir la dynamique de l'autoconsommation de manière pérenne

Les points d'attention







 **L'autoconsommation n'implique pas « autonomie » ou « indépendance » vis-à-vis du réseau électrique :**

- Pour maximiser le taux d'autoconsommation, les systèmes sont dimensionnés pour éviter la surproduction. Ceci limite la puissance maximale installée.
- Sans système de stockage, les installations solaires ne peuvent répondre qu'aux besoins instantanés du foyer, le raccordement au réseau est indispensable.

 **Les modèles d'affaires permettant d'estimer des gains financiers sont indicatifs, ils nécessitent la prise en considération d'une marge d'erreur :**

- Les gains offerts par l'autoconsommation sont variables selon la position géographique, la saisonnalité et le matériel déployé (cellules PV, onduleur...) : à titre indicatif, les économies réalisées par une installation basée à Nice seraient 2 fois supérieures à celles réalisées avec un dispositif similaire à Paris.
- Des études préalables sont proposées aux particuliers pour estimer les économies réalisables. Ces études sont nécessaires bien que perfectibles.

Recommandations Sia Partners : les dynamiques à soutenir

-  • Maintien du soutien de 2,5 M€* aux projets de recherche et d'expérimentations sur le sujet des technologies, notamment de stockage, grâce à la coopération des énergéticiens et des organismes publics (projet *Nice Grid* notamment).
-  • Regroupement de professionnels sur l'ensemble de la chaîne de valeur pour proposer des offres de services adaptées aux clients particuliers.
-  • Maintien des 390 €/kWc de prime à l'investissement pour l'autoconsommation, identifiée comme incitative pour les particuliers (≤ 3 kWc).
-  • Mise en place d'une subvention pour encourager les propriétaires à investir dans des batteries de stockage, leur permettant une optimisation de l'utilisation sur place de l'énergie produite et simplifiant la gestion des flux pour le gestionnaire du réseau.
-  • Pour encourager l'autoconsommation, poursuivre la réduction progressive des tarifs d'achat pour les dispositifs en injection totale.
-  • Connaissance du profil de consommation indispensable pour le dimensionnement de l'installation garantissant la réussite du projet : l'investissement recouvrable dès la 13^{ème} année et un retour sur investissement de 101% en 25 ans.



Annexes

Annexe 1 : Fiche technologie exemple d'innovation

Les onduleurs, innovation et réduction des coûts

Les MLPE (*module-integrated power electronics*) sont des composants électroniques intégrés au module ou annexes, qui **améliorent les fonctionnalités basiques d'un module standard et permettent une gestion individualisée des panneaux solaires**. Si leur efficacité a pu être prouvée en 2012, ils nécessitent un investissement plus important que les *string onduleurs*, premiers sur le marché et plus compétitifs encore aujourd'hui.

	MLPE	
	String onduleur (standard)	Micro-onduleurs / Optimiseurs de puissance
Coût	+	++ / +++
Efficience	> 99%	> 95% / > 98,8%
Intérêt	Compétitif (si ombrage absent)	- Effets négatif de l'ombrage supprimé - Gestion individuelle de la performance Efficacité optimisée (couplage string onduleur)

Analyse Sia Partner depuis GTM (2015)

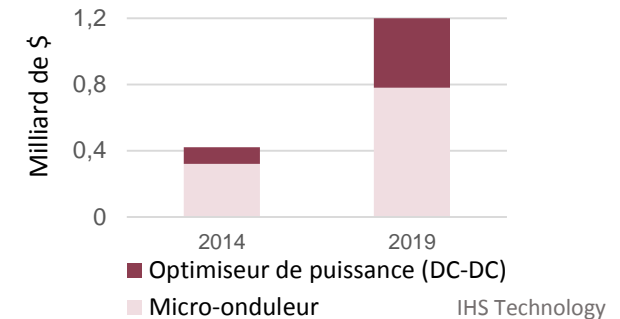
Un rapide développement des MLPE sur le marché est prévu :

En 2014 :

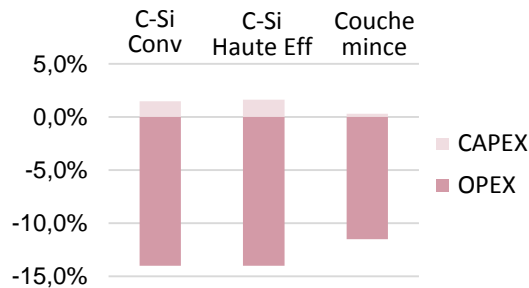
-16%
prix onduleurs

+30%
revenus
fournisseurs

Répartition du chiffre d'affaire des MLPE



Réduction des OPEX à 2030 grâce aux innovations technologiques des onduleurs



Analyse Sia Partners depuis KIC-InnoEnergy2015

Smart et AC Module :

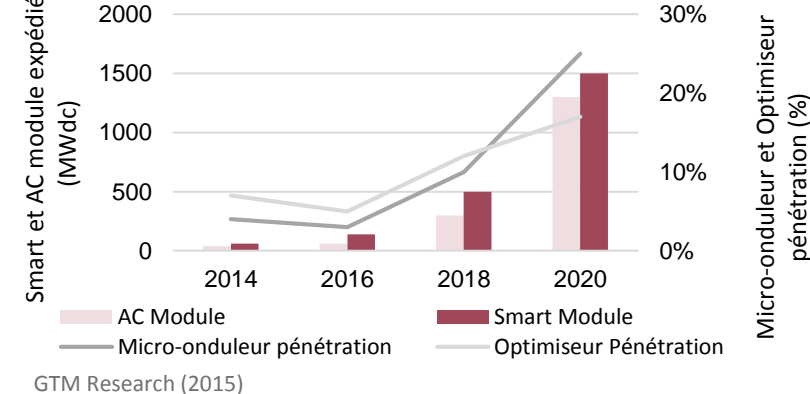
Bénéfices :

- Une seule garantie pour le client incluant module et éléments électroniques
- -30 à -50% de temps d'installation (gain entre 0.02 et 0,05\$/W)

Limites :

- Coût de la technologie : +3 à 5% par les fabricants
- Marché encore jeune (2011), bénéfices attendus sur la simplification des inventaires

Scénario optimiste de prévision pour les Smart et AC modules



Les MLPE dont les Smart et AC modules sont des technologies récentes, promises à un développement important. Le défi actuel se situe au niveau des modèles d'affaire entre fabricants et vendeurs de modules pour qu'ils créent des partenariats proposant un prix adapté au client tout en répondant à son besoin.

Annexe 2 : Profil du foyer étudié dans le scénario de base

Profil du foyer de référence utilisé pour calculer la rentabilité des scénarios d'autoconsommation

Equipements attribués au foyer servant de référence pour les projections de rentabilité des dispositifs d'autoconsommation domestique (via le simulateur de production photovoltaïque).

Consommation annuelle :
10 423,30 kWh

*** Jours de fonctionnement :**

- 1 – Lundi
- 2 – Mardi
- 3 – Mercredi
- 4 – Jeudi
- 5 – Vendredi
- 6 – Samedi
- 7 – Dimanche

**** Mois de l'année :**

- 1 – Janvier
- 2 – Février
- 3 – Mars
- 4 – Avril
- 5 – Mai
- 6 – Juin
- 7 – Juillet
- 8 – Août
- 9 – Septembre
- 10 – Octobre
- 11 – Novembre
- 12 – Décembre

Equipements	Puissance (W)	Horaires de fonctionnement	Jours de fonctionnement*	Mois de l'année**
 Lave-linge	1 200	12 – 13	1 ; 6 ; 7	1 – 12
 Aspirateur	1 200	14 – 15	1 ; 3 ; 5	1 – 12
 Fer à repasser	1 000	19 – 20	1 ; 3 ; 6	1 – 12
 Four électrique	2 000	19 – 20	1 – 7	1 – 12
 Plaques électriques	2 000	19 – 20	1 – 7	1 – 12
 Réfrigérateur	110	0 - 24	1 – 7	1 – 12
 Lave vaisselle	500	9 – 10	1 – 7	1 – 12
 Chauffe eau	2 000	0 – 3	1 – 7	1 – 12
 Pompe à chaleur	2 000	0 – 24	1 – 7	1 – 3 ; 10 – 12
 Eclairage été	120	7 – 8 ; 19 – 22	1 – 7	4 – 9
 Eclairage hiver	120	7 – 8 ; 17 – 22	1 – 7	1 – 3 ; 10 – 12
 Télévision	300	19 – 23	1 – 7	1 – 12
 Ordinateur	300	18 – 23	1 – 7	1 – 12
 Veille	50	0 – 24	1 – 7	1 – 12
 Autre	150	0 - 24	1 – 7	1 – 12

Annexe 3 : Glossaire

Eau chaude sanitaire (ECS)	Eau réchauffée utilisée à des fins domestiques. Associé à une installation photovoltaïque ou thermique, un chauffe-eau solaire permet de récupérer et de stocker la chaleur issue des installations
Equilibre des systèmes (BoS)	<i>Balance of system</i> en anglais, concerne les coûts liés aux composants électriques, onduleurs, raccordement au réseau, main d'œuvre d'installation, travail administratif etc...
Injection	Production injectée sur le réseau public de distribution, au point de connexion. En autoconsommation, l'injection = production totale - production consommée sur place
MLPE	<i>Module-Level Power Electronics</i> en anglais, est un terme rassemblant les optimiseurs de puissance à courant continu (DC) et les micro-onduleurs
Module	Cellules photovoltaïques assemblées et protégées par un verre
Onduleur	Appareil convertissant le courant direct produit par le panneau en courant alternatif
PPE	Programmation Pluriannuelle de l'Energie
Prosumer	Terme dérivé de l'anglais pour désigner un consommateur producteur (<i>Producer + Consumer</i>)
Soutirage	Consommation soutirée du réseau public de distribution, au point de connexion. En autoconsommation, soutirage = consommation totale – consommation produite sur place
Taux d'autoconsommation	Taux correspondant à la part de production d'électricité photovoltaïque qui est consommée sur place. Il permet de représenter la part non-injectée sur le réseau public. $\text{Autoconsommation (\%)} = \text{Production consommée sur place} / \text{Production totale}$
Taux d'autoproduction	Taux correspondant à la part de consommation d'électricité qui est produite sur place par l'installation photovoltaïque. Il permet d'évaluer la réduction de la quantité d'énergie soutirée grâce à l'approvisionnement sur site. $\text{Autoproduction (\%)} = \text{Consommation produite sur place} / \text{Consommation totale}$

Vos contacts



Charlotte de LORGERIL

Associate Partner

Tel: +33 6 24 73 18 34

Mail: charlotte.delorgeril@sia-partners.com

 @cdelorgeril



Xavier ROBERT-BABY

Consultant

Mail: xavier.robert-baby@sia-partners.com

 @x_robertbaby



Olga LANDESMAN

Consultante

Mail: olga.landesman@sia-partners.com

 @olga_landesman

Martine LAUSSEURE

ENERPLAN

Relations presse et institutionnelles

Tel: +33 6 15 02 82 60 / +33 6 80 86 84 24

Mail: martine@lausseure.com



Charlyne RIBEYROLLES

Consultante

Mail: charlyne.ribeyrolles@sia-partners.com

 @CharlyneRib



Le magazine Energies et Environnement de Sia Partners

<http://energie.sia-partners.com/>

 @SiaEnergie

**Abu Dhabi**

PO Box 54605
West Tower #605
Abu Dhabi Mall - UAE

Amsterdam

Barbara Strozilaan 101
1083 HN Amsterdam -
Netherlands

Bruxelles

Av Henri Jasparlaan, 128
1060 Brussels - Belgium

Casablanca

14, avenue Mers Sultan
20500 Casablanca - Morocco

Charlotte

401 N. Tryon Street, 10th Floor
Charlotte, NC 28202 - USA

Doha

PO Box 27774 Doha
Tornado Tower #2238
West Bay - Qatar

Dubai

PO Box 502665
Shatha Tower office #2115
Dubai Media City
Dubai - UAE

Hong Kong

23/F, The Southland Building
48 Connaught Road Central
Central - Hong Kong

Houston

800 Town and Country Blvd
Suite 300
Houston TX 77024

Londres

2nd Floor, 4 Eastcheap
London EC3M 1AE –
United Kingdom

Luxembourg

7 rue Robert Stumper
L-2557 Luxembourg

Lyon

3 rue du Président Carnot
69002 Lyon - France

Milan

Via Gioberti 8
20123 Milano - Italy

Montréal

2000 McGill College
Suite 600
Montreal QC H3A 3H3 -
Canada

New York

40 Rector Street, Suite 1111
New York, NY 10006 – USA

Paris

12 rue Magellan
75008 Paris - France

Riyad

PO Box 91229
Office 8200 - 12, Izdihar city
Riyadh 11633 - KSA

Rome

Via Quattro Fontane 116
00184 Roma - Italy

Singapour

137 Market Street #10-02
Grace Global Raffles
048943 Singapore

Tokyo

Level 20
Marunouchi Trust Tower-Main
1-8-3 Marunouchi, Chiyoda-ku
Tokyo 100-0005 Japan



Pour plus d'informations: www.sia-partners.com

Suivez-nous sur [LinkedIn](#) et [Twitter @SiaPartnersFR](#)

siapartners

Driving Excellence