

L'autoconsommation au secours du photovoltaïque

Au sein d'un marché en crise, avec la parité réseau qui s'annonce, l'autoconsommation fait son apparition au travers de programmes pilotes. Explication de ses principes techniques.



(Doc. Fassio Viaud Architectes)

À Pantin (Seine-Saint-Denis), la production des 800 m² de la centrale photovoltaïque de l'immeuble de bureaux « Bonne énergie » est autoconsommée à 80 %.

Les bâtiments en autoconsommation électrique commencent à voir le jour (Sdem en Bretagne, Immeuble « Bonne énergie » à Pantin, Hikari à Lyon...) et les appels à projets régionaux se multiplient. Au sein d'un marché du photovoltaïque sinistré, les fabricants font évoluer leurs offres et proposent des kits prêts à l'emploi pour le marché du résidentiel, avec un automate de gestion de l'énergie et parfois un petit stockage. Dans les appels à projets régionaux, le taux d'autoconsommation minimum demandé « sera de 70 % et le stockage sera autorisé uniquement pour accroître la part d'autoconsommation au-delà de 70 % », peut-on lire.

Jusque-là, en France, la puissance publique encourageait les installations où l'électricité était entièrement revendue sur le réseau. Mais avec la baisse du tarif de rachat par EDF, la parité réseau, c'est-à-dire le moment où il sera plus intéressant de consommer sa propre électricité plutôt que de la revendre, est attendue d'ici à deux ans.

Pour l'utilisateur, la rentabilité de l'installation va venir de sa part d'autoconsommation et pour les gestionnaires de réseau, l'enjeu est d'organiser l'effacement de certains consommateurs lors des pics de consom-

mation, dans le cadre des *smart grids*. Le solaire photovoltaïque rejoindrait dans son mode de consommation le solaire thermique, qui est autoconsommé et stocké dans les ballons d'eau chaude.

L'autoconsommation par défaut

Avant d'aller plus loin, il convient de rappeler que l'autoconsommation est en premier lieu une problématique tarifaire, voire juridique. « D'un point de vue physique, l'autoconsommation ne présente aucune différence avec la revente, souligne Clément Brossard du BE System Off Grid. L'autoconsommation existe uniquement à travers le point de raccordement de cette centrale et son positionnement par rapport aux compteurs : la centrale est raccordée sur le réseau, côté propriétaire, donc en aval du compteur de consommation. En ce sens, cette technique permet de diminuer la consommation en provenance du réseau public et les factures associées. »

• **Double comptage.** Le premier niveau de complexité technique est celui d'une installation PV (ou éolienne) raccordée au tableau électrique avec un double comptage. Dans le cas des appels à projets, l'installation doit ainsi être instrumentée avec un compteur de production, posé en série sur le raccordement existant, tête-bêche

Stockage thermique: une autre option

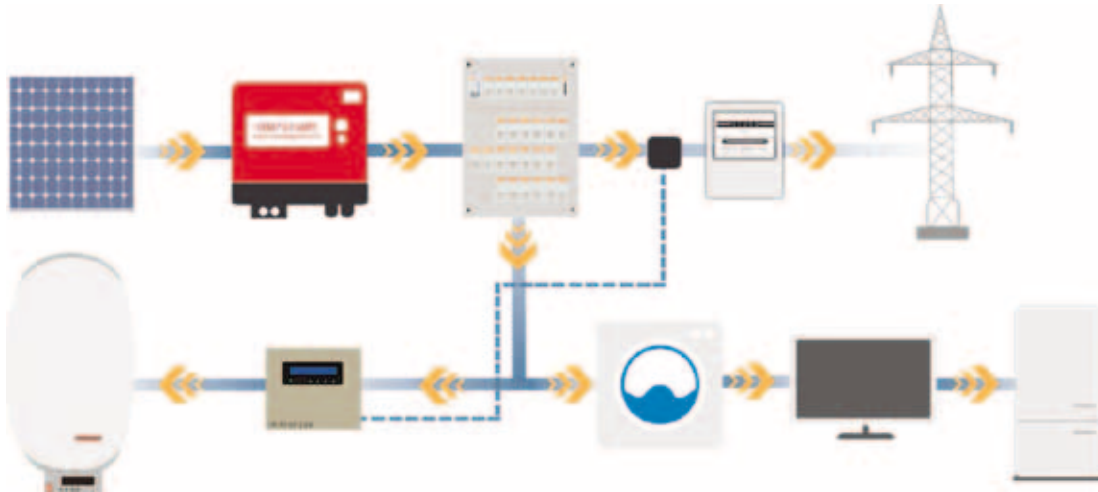


Schéma d'installation du boîtier ImmerSUN reliant le compteur aval aux équipements de la maison. (doc. RTone)

■ Du fait du coût des batteries chimiques et des inconnues sur leur durée de vie, une alternative est de stocker l'électricité non autoconsommée sous forme de calories, dans un ballon d'eau chaude.

Depuis octobre 2013, le Bureau d'études Rtone distribue ImmerSUN, un produit anglais qui automatise le stockage de l'électricité solaire dans le ballon d'ECS, un poste qui consomme parfois plus d'énergie que le chauffage. «S'il y a une production d'électricité solaire non consommée, le ballon est mis en marche par ImmerSUN durant la journée, au lieu de fonctionner pendant la nuit, aux heures creuses, explique Adrien Desportes, directeur technique de Rtone. L'autoconsommation qui est, sans activité, de l'ordre de 30 %, en habitat individuel,

passé à 60, voire à 80 % en décalant simplement la charge de production d'ECS.»

Le boîtier ImmerSUN est relié par une pince au compteur aval lui indiquant la puissance non consommée, et ainsi de piloter ses quatre sorties, dont trois variateurs qui commandent des résistances (ballons électriques, sèche-serviettes, piscines...) et une sortie on/off pour des Pac ou des ballons thermodynamiques. Leurs deux distributeurs principaux, Alliantz et Clipsol, proposent des packs intégrant ImmerSUN. Anthony Néel, P.-d.g. d'Alliantz France est enthousiaste: «Il y a trois ans, nous avons sorti un système avec stockage dans les batteries pour le résidentiel. Dès lors, nous avons un nouveau produit watt20, avec un kit PV de 2 à 4 kW, un onduleur Delta centralisé avec transformateur

et un ballon thermodynamique de 300 litres, éligible au crédit d'impôt. La box envoie la production en surplus vers le ballon d'ECS.» Le pack est destiné au résidentiel, mais convient aussi au petit collectif, aux gymnases, aux restaurants, etc.



par rapport au compteur de consommation. À noter que l'électricité produite localement, qui n'est ni consommée ni stockée, et qui se trouve en surplus, est généralement cédée gratuitement au réseau.

•**Décalage de la consommation et stockage.** À un niveau supérieur de complexité, deux facteurs améliorent le taux d'autoconsommation, le décalage de la consommation et le stockage. «La première action est d'installer un logiciel de pilotage énergétique, qui décale les charges en fonction de la production, ce qui s'avère assez simple sur le plan technique, résume Raymond Alazard, expert chez Socomec. Avec le stockage s'ouvre une autre dimension technologique. C'est le sujet qui mobilise le plus les chercheurs et qui offre de nombreuses possibilités, notamment l'effacement en cas de pic de consommation.»

Des onduleurs pour assurer la qualité

L'architecture à mettre en place nécessite la présence d'un onduleur, crucial pour le rendement et la sécurité. Celui-ci est placé en aval du générateur photovoltaïque ou éolien. Les onduleurs peuvent intégrer un transformateur à séparation galvanique, plus sûr. Les entrées de courant continu (CC) peuvent être reliées

à la terre, mais le rendement ne dépasse pas 96 %. Ils peuvent aussi ne pas intégrer de transformateur. Plus légers et moins coûteux, leur rendement peut alors atteindre 98 %, mais du fait de l'absence de protection galvanique, la réglementation impose un système de coupure automatique en cas d'injection de CC dans le courant alternatif, en sortie d'une valeur supérieure à 1 % du courant nominal.

Les onduleurs assurent des fonctions de sécurité, de coupure, par exemple, en cas d'incendie, et doivent aussi protéger d'une surtension, faisant fonction de parafoudre. D'un point de vue commande, l'onduleur est dépendant du réseau public. Il reçoit en permanence un point de référence de ce réseau qui lui permet de produire un courant compatible. Pour les installations qui souhaitent fonctionner en mode autonome complet, il faut ajouter à l'architecture un onduleur spécifique qui donne la référence, venant soit d'ERDF, soit du bâtiment en cas de *black out* du réseau.

Enfin, certains onduleurs intègrent une fonction de stockage, habituellement l'équivalent d'une heure de consommation, ce qui leur permet de garantir la qualité du courant produit, mais aussi d'assurer un rôle d'effacement pour passer un pic de consommation. (●●●)

Chantiers



(Doc. SDEM 56)

■ Inauguré courant 2013, le nouveau siège du Sdem (Syndicat départemental d'énergies du Morbihan), dessiné par l'Agence d'architecture Arcau, met en œuvre, à l'échelle d'un bâtiment tertiaire, un démonstrateur de *smart grid* nommé « Kergrid » qui fédère une production d'électricité photovoltaïque et du stockage Li-ion Saft, avec l'objectif de pouvoir gérer un effacement du bâtiment, lors des pointes de consommation électrique. Le principal partenaire est Schneider Electric, qui a développé sur mesure un PMS (Power Management System), un automate qui gère les flux d'énergie en arbitrant entre l'autoconsommation, le stockage ou la revente de l'électricité.



(Doc. Fassio Viaud Architectes)

■ Conçu par les architectes Fassio Viaud et situé à Pantin (Seine-Saint-Denis), l'immeuble de bureaux « Bonne énergie » fonctionne en autoconsommation. Inauguré en janvier 2014, il accueille la Cité régionale de l'environnement. Les concepteurs estiment qu'en moyenne annuelle, 80 % de la production de la centrale photovoltaïque de 800 m² seront autoconsommés par les occupants. Les batteries des véhicules électriques disponibles en autopartage, peuvent être mobilisées pour le stockage.



(Doc. Cyril Thomas)

■ Situé à Lyon Confluence (Rhône), le projet Hikari (Bouygues Immobilier), réalisé par l'architecte japonais Kengo Kuma, en association avec l'agence lyonnaise CRB, est un pilote de trois bâtiments Bepos, mixant les usages. Les bâtiments intègrent trois sources de production d'énergie renouvelable avec des panneaux photovoltaïques, un système de géothermie, une centrale à cogénération, qui seront mutualisés et associés à un système de stockage par batteries Li-ion Toshiba. Son inauguration est prévue en 2015.



(Doc. Valode & Pistre)

■ Bouygues Construction et la ville de Grenoble (Isère) ont signé un partenariat de recherche et développement pour la construction d'un îlot d'immeubles de 90 logements collectifs visant l'autonomie totale en réseaux énergie et eau. Ce concept, baptisé « ABC » pour Autonomous Building for Citizens (cf. CTB 331 de mars, p.98) est issu d'un programme R&D mené par le constructeur, avec l'architecte Denis Valode (Valode & Pistre architectes). Parmi les partenaires figure le CEA qui travaille sur la partie énergie, notamment sur le stockage.

Stockage électrique les différentes familles

Des technologies très différentes peuvent répondre au stockage d'électricité dont l'hydrogène, les volants inertiels et les nombreuses familles de batteries, qui sont majoritairement employées à l'échelle d'un bâtiment. Certaines familles de batteries sont réservées au stockage lourd, dont la Redox Flow ou l'accumulateur Sodium-Soufre (NaS), au rendement annoncé de 75% qui demeure difficile à mettre en œuvre du fait d'une température de fonctionnement interne de 300°C... En pratique, le marché du stockage dans le Bâtiment se partage entre les batteries au plomb acide peu coûteuses (rendement de 80 à 85%)

et les batteries lithium-ion, qui ont une durée de vie plus longue, pour un investissement plus important et un rendement de 97%.

Sur le marché en développement du Bâtiment et du *smart grid*, plusieurs constructeurs se positionnent avec le Li-ion dont le français Saft, partenaire de plusieurs *smart grids* (Millener, Nice Grid...), mais aussi Nec ou Toshiba, qui est partenaire du projet « Hikari » de bâtiment intelligent, situé à Lyon Confluence (69).

Unité de stockage de l'énergie lithium-ion ESSU de Saft (doc. Saft)



(... Le BMS (Battery Management System)

Dans le cas de la présence d'une batterie pour le stockage, le gestionnaire de batterie ou « BMS » est une autre brique importante de l'architecture. Les batteries sont coûteuses et leur durée de vie réelle est fondamentale pour juger de la rentabilité d'une installation. « Trois caractéristiques importantes d'une batterie sont : la performance, la sûreté et le vieillissement ; les trois étant affectés par la température, explique Gaetan Damblanc, expert batterie chez CD-Adapco, éditeur de logiciels de simulation. Une partie extrêmement complexe est la chimie du vieillissement, où tout n'est pas connu et qui demande de continuer à développer des modèles de simulation. »

Le fonctionnement de la batterie et sa durée de vie sont optimisés avec la surcouche BMS qui gère au mieux la température et les cycles de charge et décharge. Le français Saft équipe en stockage plusieurs projets pilotes de *smart grid*. Ce spécialiste de la batterie Li-ion fournit des systèmes complets avec les connexions et le contrôle batterie qui gère la température, en fonction des besoins utilisateurs et en s'adaptant à la température et à l'humidité. Saft s'est associé à Schneider Electric pour développer une solution de stockage d'énergie électrique (EES) intégrant les systèmes de conversion électrique et les batteries, et permettant d'optimiser son autoconsommation d'ENR. La première commande de ce système émane du Syndicat départemental d'énergies du Morbihan (Sdem).

Le gestionnaire d'énergie ou « EMS »

Augmenter le taux d'autoconsommation s'obtient en actionnant différents leviers, tels que le décalage de la consommation (reporter le démarrage d'une machine à laver, par exemple) ou le stockage/déstockage. Un simple automate peut décider d'envoyer l'électricité produite vers le tableau électrique ou vers le stockage en fonction des besoins, ou de mobiliser le stockage.

Quand le système devient plus complexe, on peut faire appel à un gestionnaire d'énergie ou EMS (Energy Management System) qui exploite des données telles que les mesures issues du comptage, le profil de consommation, le prévisionnel de production en fonction des données météo, pour piloter les flux d'énergie, dont la batterie, via le BMS, ainsi que les différents équipements connectés via des automates.

Dans le bâtiment du Sdem (Morbihan), le cœur du système est constitué par le PMS (Power Management System) mis en place par Schneider Electric. En lien avec la GTB, le PMS gère les flux d'énergie, la production locale d'ENR, la connexion au réseau électrique, le stockage batterie (dont celles des véhicules électriques) et l'autoconsommation.

Autre exemple avec Bosch présent sur le marché de l'habitat individuel avec un pack d'autoconsommation tout intégré, mais aussi actif sur des projets à plus grande échelle, allant jusqu'à plusieurs MWh de stockage. Outre la surcouche BMS, le fabricant développe sur ses projets « un EMS configuré à façon qui optimise sa stratégie presque en temps réel », précise Jean-Marc Auffret, directeur ventes France de Bosch Solar Energy. L'EMS travaille à partir des données météo, de profils de consommation, afin de répondre aux besoins des utilisateurs, mais aussi de l'opérateur réseau, comme maintenir en fréquence, faire de l'écrêtage ou de l'injection la plus linéaire possible...

Qui pilote l'installation ?

Le stockage et le décalage de consommation sont des leviers qui peuvent servir pour l'autonomie énergétique du particulier ou pour contribuer à l'équilibre du réseau. Les programmes (Millener, Nice Grid...), ou certains projets pilotes, comme celui du Sdem, sont situés dans des presque îles énergétiques (région Paca, Bretagne) ou des îles (Corse, DOM-TOM...). Grâce au stockage et à l'auto-alimentation obtenue avec les énergies renouvelables, leur objectif est de savoir effacer les pointes de consommation en hiver, de lisser les courbes de charge, ou de maintenir la fréquence du réseau. Mais ils se posent de nombreuses questions. Ainsi, selon Raymond Alazard : « Le stockage sur Nice Grid doit contribuer au plan de tension du réseau, afin de parer aux fluctuations et aux défaillances en bout de ligne. Avec un onduleur statique, on sait produire une énergie avec la qualité demandée par le gestionnaire. En revanche ERDF veut, par exemple, que l'on puisse mobiliser 10 à 15 % de ressources en plus en cas de besoin, ce qui pourrait être obtenu en mobilisant le stockage. Mais comment piloter, coordonner et rémunérer cette production décentralisée ? » La question reste en suspens.

François Ploye

Produits

■ SMA a mis au point un onduleur photovoltaïque de série avec batterie intégrée, le Sunny Boy Smart Energy, qui n'est pas encore commercialisé en France. La batterie lithium-ion intégrée d'une durée de vie de dix ans a une capacité utile d'environ 2 kWh permettant d'après le fabricant d'augmenter le taux d'autoconsommation de 50%, en moyenne.

(Doc. SMA)



■ Système AEA (Alimentation électrique autonome) de Sirea, avec onduleur, stockage lithium-ion et gestionnaire d'énergie et de batterie, proposé en deux gammes monophasé pour le résidentiel (stockage de 5 à 20 kWh) et triphasé pour le petit industriel.

(Doc. Sirea)



■ Bosch propose le BPT-S 5 Hybrid, un package d'autoconsommation tout-en-un pour l'habitat individuel et le petit tertiaire, intégrant un onduleur solaire, un stockage lithium-ion Saft (entre 4,4 kWh et 13,2 kWh) et un EMS (Energy Management System). Le dimensionnement u champ photovoltaïque non-compris est limité par la puissance de 5 kW de l'onduleur.

(Doc. Bosch.)

■ Easyli distribue le kit Storelio, un onduleur avec batterie Li-ion intégrée, automate, gestionnaire d'énergie et gestionnaire de batterie. Le champ PV non-compris est limité à 2,4 kWc max, résultat d'un calcul de rentabilité sur la cible du résidentiel. L'ensemble installé avec les panneaux PV coûte environ 6000 euros.

(Doc. Easyli)



Complément normatif

• **Le Guide UTE C15-712-1** détaille les normes de sécurité pour les « Installations photovoltaïques sans stockage et raccordées au RPD (Réseau public de distribution) ». La mise à jour du 1^{er} juillet 2013 ajoute de nouvelles exigences pour les liaisons équipotentielles de protection.

• **Le Guide UTE C15-712-2** traite des « Installations PV autonomes non raccordées au RPD, avec stockage par batterie ».

• **Le Guide UTE C 15-712-3**, en cours de préparation, portera sur les « Installations PV avec dispositif de stockage raccordées à un réseau de distribution ».

• **Norme NF C15-100.** Pour la partie alternative, la conception et la mise en œuvre des installations photovoltaïques sont définies par la norme NF C15-100 (protection contre les contacts indirects). Cette norme a été amendée en août 2008 pour que les installations photovoltaïques fassent

partie des installations électriques rentrant dans son champ d'application.

• **Normes CEI 61727, DIN VDE 0126-1-1 et CEI 61000.** Les onduleurs sont sujets aux principales normes suivantes : CEI 61727 (caractéristiques de l'interface réseau), DIN VDE 0126-1-1 (sur la protection de découplage) et CEI 61000 (compatibilité électromagnétique).