

Préambule

Ce guide ne doit pas être considéré comme la panacée ou la solution ultime. Je ne suis pas un professionnel du photovoltaïque et je ne connais par conséquent réellement que les matériels et solutions pour lesquelles j'ai opté à titre personnel. Or, il existe de très nombreuses solutions, un très grand nombre de configuration possible, plus ou moins adaptés à tels ou tels besoin. Ne faites donc pas l'erreur de penser que c'est un professionnel qui a tout testé et connaît tout qui vous conseille : Je ne peux vous conseiller que sur base de ma propre expérience et des choix que j'ai fais à l'issue des recherches que j'ai mené et des renseignements que j'ai pris. Néanmoins, j'ai eu l'aide précieuse d'un de mes proches, ancien métreur électricien, qui pu m'expliquer beaucoup d'aspect technique et me prévenir de certains écueils.

Dans ce guide, je m'efforcerai de vous présenter les choses dans l'ordre de mon propre cheminement, considérant que vous vous poserez probablement les mêmes questions que moi lorsque j'ai débuté mes recherches. J'expliquerai ainsi pourquoi j'ai opté pour telle solution plutôt qu'une autre.

Les « pièges » du business

Si vous ne l'avez pas remarqué, le photovoltaïque est à la mode et les offres incitant à mettre des panneaux solaires sur son toit sont de plus en plus nombreuses. Je vous invite à vous méfier, car certaines offres ne sont pas tout à fait ce qu'elles prétendent être.

En tout premier lieu, vous avez peut-être déjà entendu parlé de ces offres consistant à vous installer des panneaux solaires « gratuitement » et économiser sur votre facture d'électricité. A moins que votre seul objectif soit de réduire votre facture d'électricité (et dans ce cas ce petit guide ne vous sera d'aucune utilité), je déconseille fortement d'opter pour ce genre de solution, pour les raisons suivantes :

- L'installation n'a rien de « gratuite », en fait, ils vous font prendre un prêt à la consommation (avec intérêts, donc) qui est censé être remboursé par la revente à EDF l'électricité produite. Ces montages financiers, et surtout la manière dont les commerciaux vous les présentent, sont à la limite de l'escroquerie. (il a fallu que je pose au moins 5 fois la question et que j'insiste lourdement pour enfin m'entendre dire clairement que j'allais devoir souscrire un prêt à la consommation en mon nom)
- Vous n'êtes pas maître de votre installation, vous n'avez pas les clefs, c'est EDF qui les garde jusqu'à ce que vous ayez remboursé le prêt (jusqu'à 20 ans)
- En cas de coupure EDF, vous n'avez plus d'électricité, même si vos panneaux fonctionnent, en effet, le système installé sert principalement à réinjecter de l'électricité dans le réseau pour la revendre, et non pas à la stocker, ni à l'utiliser in-situ.

En dehors de ces offres, les installateurs ou artisans agréés ne vous proposeront généralement pas beaucoup mieux et vous avez intérêt à bien vous renseigner sur ce qu'il compétent à installer. D'une part, il m'a bien semblé que les installateurs n'installent que des solutions toutes prêtées qu'ils connaissent par cœur et qui leur facilite le travail. Ils ne vous feront pas de « sur-mesure », surtout si vous êtes un particulier. D'autre part, leur façon d'aborder le problème n'est pas du tout orienté « autonomie », mais « business » et « économies ». Leur choix s'explique rationnellement, car but étant avant tout d'avoir du travail, et ce n'est pas sur le matériel qu'il gagnent de l'argent, mais sur la main d'œuvre.

A titre d'exemple, j'ai fait appel à un installateur agréé pour un devis. De son propre aveux, il n'installait que des solutions propriétaires toutes prêtées, pré-dimensionnées et totalement automatisé. A ce point automatisée et normée, que la solution en question se coupait en cas de panne de réseau (EDF). Autrement dit, la solution était inutilisable en cas de coupure du réseau et ne pouvait pas servir de source d'énergie de secours. Un autre installateur m'a proposé quelque chose du même type, et lorsque je lui ai demandé une solution pouvant servir de secours, me proposa un système professionnel très cher, beaucoup trop cher, de la taille d'une armoire de brassage.

Vous l'aurez compris, si vous n'êtes ni une entreprise, ni un petit bourgeois qui veut économiser trois sous sur sa facture d'électricité, vous êtes en dehors des clous, vos besoins sont exotiques et il y a de grandes chances que vous deviez vous débrouiller seul. Heureusement, on peut se débrouiller seul et ce n'est pas si compliqué. Il existe maintenant des tonnes d'installation solaire en kit vendu en ligne à des prix abordables. Ce qui manque le plus, ce sont les renseignements pour y voir plus clair, c'est l'objectif de ce guide.

Les limites et les possibilités

La première chose à comprendre est que les panneaux solaires marchent mieux quand il y'a du soleil (ça, vous le saviez) et quand les rayons du soleil tombent à la perpendiculaire des panneaux. Autrement dit, il existe des configurations géographiques plus ou moins optimums. Si votre maison est orienté en plein dans l'axe nord-sud et que votre toiture est inclinée à environ 35°, vous avez gagné le gros lot. En dehors du gros lot, il existe une infinité de nuances jusqu'à la pire situation : Une maison orienté est-ouest et dont la toiture ne prend le soleil que le matin ou le soir, voir jamais en hivers. Si tel est votre cas, il vous reste la solution de placer les panneaux solaires au sol.

Orientation Chart showing yearly output for different orientation and tilt angles (% of maximum).														
Tilt (°) from horizontal	Orientation - Compass bearing (°) measures from North													
	Horizontal		West			S.W.			South			S.E.		East
	270 °	255 °	240 °	225 °	210 °	195 °	180 °	165 °	150 °	135 °	120 °	105 °	90 °	
	0 °	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
	10 °	89	91	92	94	95	95	96	95	95	94	93	91	
	20 °	87	90	93	96	97	98	98	98	97	96	94	91	
	30 °	86	89	93	96	98	99	100	100	98	96	94	90	
	40 °	82	86	90	95	97	99	100	99	98	96	92	88	
	50 °	78	84	88	92	95	96	97	97	96	93	89	85	
	60 °	74	79	84	87	90	91	93	93	92	89	86	81	
Vertical	Near horizontal 0 ° inclinations are not recommended as the self-cleaning cannot be relied on at less than about 10 °													

La toute première étape consiste donc déjà à évaluer votre situation géographique, vos possibilités quand au placement des panneaux solaires et déterminer de combien dans la pratique, votre configuration s'écarte de l'optimum. Plus vous vous écartez de l'optimum, et moins les panneaux solaire seront efficaces, vous pourriez donc avoir besoin d'en rajouter par rapport à votre voisin qui est orienté plein sud. Si vous choisissez de placer vos panneaux solaires au sol, veillez à ce qu'il y-aït pas d'obstacle qui fasse de l'ombre en gardant bien à l'esprit qu'en hivers le soleil est plus bas sur l'horizon.

En théorie, il suffit d'avoir suffisamment de panneaux solaires et de batteries pour subvenir à tous vos besoins, mais dans la pratique, à moins que vous ne soyez vraiment riche, vous serez tout simplement limité par votre budget. Or, il y a de grandes chance pour que votre installation a budget limité soit insuffisante pour suppléer à tous vos besoins en électricité. Le hic, c'est votre chauffe-eau, vos radiateurs électrique, vos plaques de cuisson, votre four, votre sèche-linge, etc... Tous ces appareils (souvent à « effet joule ») consomment énormément, et parfois pendant longtemps. Ces appareils - dont la puissance peut aller au-delà de 3 kW - peuvent littéralement siphonner vos batteries en moins d'une heure, si toutes fois elles sont seulement capable - selon leur capacité - de fournir l'énergie suffisante tout court. En outre, et même si vous choisissez cette option, imposer un tel traitement à vos batterie les use prématurément. C'est entre autres pour ça que les installateurs agréés ne parlent jamais d'autonomie, mais de réduction de facture, ils sont bien conscient que la question est complexe et n'ont certainement pas envie de rentrer dans ce genre de détails.

Si une installation photovoltaïque ne peut entièrement remplacer le réseau, vous êtes peut-être en train de vous dire qu'il est inutile d'aller plus loin. Ce n'est pas tout à fait vrai car il existe des solutions, à condition évidemment d'accepter qu'en cas de coupure du réseau, vous devrez faire une croix sur certaines choses. En effet, dans le pire des cas, il existe des onduleurs qui font le relais automatique entre les panneaux solaires, les batteries et le réseau selon les disponibilités et la demande en énergie. Ces appareils sont « intelligents » et paramétrables, car tout ceci a déjà été pensé par les constructeurs de matériel conscients qu'une installation photovoltaïque ne peut pas raisonnablement fournir la puissance nécessaire pour faire fonctionner un chauffe-eau toute la nuit. Ces appareils permettent notamment de garder le réseau comme source d'énergie principale, et dans ce cas, les



batteries ne sont jamais déchargés sauf en cas de coupure du réseau, les panneaux solaires servant en journée, selon leur capacité, à alimenter vos appareils domestique.

En ce qui me concerne, en plus d'opter pour ce type de matériel, j'ai choisi de carrément diviser mon réseau domestique en deux au niveau du tableau électrique, avec d'un coté une partie raccordé à l'onduleur, et de l'autre les appareils gourmands qui sont exclusivement raccordés au réseau. En cas de coupure du réseau, je suis condamné à prendre des douches froides, mais, quelque soit l'option choisie, ce genre de sacrifice est une quasi-fatalité car si le réseau tombe en panne, vous ne pourrez pas vous permettre de vider vos batteries en une heure pour prendre une douche tiède.

La configuration et le matériel

Une installation photovoltaïque peut être dimensionnée à volonté pour un budget correspondant, la question « combien ça coûte » n'a donc pas le moindre sens. Parallèlement, il est relativement irréaliste de chercher à se passer totalement du réseau à moins d'engager des sommes très conséquentes (10 000€ au bas mot). Si vous êtes comme moi, et un peu comme tout le monde, le budget que vous voudrez ou pourrez allouer sera donc l'horizon indépassable et subsistera donc la question : Que peut-on avoir pour quelle somme ? Pour les gens pressés, mettons carte sur table : Avec un budget d'un peu plus de 2000€, vous avez déjà quelque chose d'utilisable. Pas formidable, mais utilisable. Rendez-vous un peu plus loin pour plus de détails.

Maintenant, sachez qu'il existe un nombre considérable de configurations possibles et de type de matériels, adapté à tous les cas de figure, à tous les goûts, et au fond à tous les budgets. A titre d'exemple, vous trouvez des batteries de type GEL ou AGM à un prix raisonnable par rapport à leur capacité. De l'autre côté, vous avez des batteries lithium qui ont une meilleure durée de vie, supportant les décharges profondes et ayant donc une meilleure autonomie. Seulement voilà, à capacité égale, les batteries lithium sont trois fois plus cher. Il en va de même pour les panneaux solaires, dont la qualité et le rendement varie avec le prix. Quand aux dispositifs électriques et électroniques, onduleurs, et autres régulateurs de charge MPPT, toutes les combinaisons existent, séparément ou non, avec afficheur digital ou non, avec des prix fort variables.

Comme expliqué dans le préambule, je ne suis pas un professionnel du photovoltaïque, je ne connais pas toutes les configurations possibles et je n'ai testé qu'un seul type de matériel: celui que j'ai installé chez moi. Je suis donc obligé de dégrossir la question avec pour base la solution et le type de matériel pour lequel j'ai personnellement opté et que j'estime être une sorte de « juste milieu », le moins pénible à installer, et le mieux adapté à mes besoins. Il vous appartient de faire vos propres recherches si vous désirez investir dans du matériel ou des configurations différentes, éventuellement plus performant, si vous en ressentez le besoin.

L'onduleur

Pour que votre installation photovoltaïque fonctionne, vous avez besoin de différents appareils électroniques distincts, dont principalement, un onduleur, qui va convertir le courant continu des batteries en courant alternatif 230V-50Hz dont vos appareils domestiques ont besoin. Il faut également un régulateur de charge MPPT, destiné à charger vos batteries intelligemment, et veiller à ce qu'elles ne se déchargent pas trop profondément sous peine de les endommager. Entre ces éléments, on peut intercaler différents appareils de régulation ou de redirection de charge, pour redistribuer les différentes sources d'énergie. Enfin, vous pouvez y adjoindre des programmeurs et des afficheurs.



Vous aurez compris que si on souhaite prendre chaque élément séparément cela devient très vite un vrai puzzle. Ce type de solution me semble plutôt réservé aux professionnels ou aux bricoleurs téméraires. Je déconseille donc de s'aventurer dans cette voie au profit d'une solution tout-en-un, c'est à dire, un appareil qui rassemble tous ces éléments dans une même boîte. Ce type d'appareil est le plus souvent connu sous la dénomination de « Onduleur Hybride ». Hybrides, car ils permettent de brancher l'arrivée électrique ou même un groupe électrogène pour basculer sur une source d'énergie fiable au cas où les batteries et/ou les panneaux solaires ne suffisent plus. Ces appareils sont paramétrables pour y définir des priorités et des programmes, conçus pour optimiser les charges et faciliter la vie. Leur prix varie principalement selon leur puissance maximale et les options dont ils disposent.

Certains par exemple embarquent des dispositifs permettant de les régler à distance, voir une interface Wifi.

Les Batteries

Comme évoqué précédemment, il existe différentes technologies de batterie, et même des types de batterie adaptés à des cas particuliers : Pour des bateaux, pour des avions, ou les usages industriels.

Pour ce qui est du photovoltaïque domestique, il existe en gros deux choix possibles ; D'abord Les batterie classiques GEL ou AGM, qui sont en fait assez similaires à votre batterie de voiture. Ensuite les batteries lithium, une technologie plus récente, qui ont une meilleur autonomie et une meilleur durée de vie. Les batteries lithium sont beaucoup plus cher a capacité égale, et le choix plus restreint pour des montages plus complexes. Il reste donc à choisir entre la technologie GEL et AGM. Les Batteries AGM sont un peu moins cher et peuvent faire l'affaire, mais elles sont un peu moins performantes. Pour cette raison, optez plutôt pour des batteries GEL.



Les panneaux solaires

J'aurais peu de choses à dire sur les panneaux solaires, tant au fond, il est difficile de se faire une idée des performances et des caractéristiques de ces derniers. Vous en trouverez de deux types, les «monocristallins» et les «polycristallins», ayant chacun ses petites nuances, l'un fonctionnant mieux quand il fait chaud, l'autre fonctionnant mieux quand il fait gris. Dans la mesure où on France on alterne les périodes de canicule et de grisaille hivernale, vous comprendrez que la question ne nous concerne pas des masses.

La quasi intégralité des kit solaires que vous trouverez dans le commerce vous proposeront des panneaux solaire monocristallins de 300Wc (300 Watts crête), avec des rendements variables selon la qualité générale du produit, qui peut aller de 150€ pièce pour les plus médiocres à 300€ pièce pour les plus chers. Il est à mon avis inutile de chercher à être original sur cette question, les panneaux 24V 300Wc sont un standard.

Le difficile calcul de l'autonomie

Si vous êtes comme moi, votre principale interrogation est probablement l'autonomie correspondant au budget, ou plus précisément, qu'est-ce qu'on peut faire tourner pendant combien de temps. Et là encore, c'est une question très difficile, car l'autonomie dépend de votre consommation. Si vous n'avez qu'un radio-réveil et un chargeur de téléphone portable, un petit parc de batterie peut tenir plusieurs jours sans problème. Mais si vous faites fonctionner un mini-four de 2000 Watts pendant 30 minutes, vous risquez d'être à plat en moins d'une heure. Alors pour tenter d'y voir plus clair, prenons un exemple concret, avec un « kit solaire » actuellement en vente sur une boutique en ligne. Ce kit coûte un peu moins de 2200 €, et il est composés des éléments suivants (outre les divers accessoires) :

- 4 panneaux solaires de 300 Wc
 - 1 onduleur hybride et régulateur MPPT tout-en-un de 3 kVA
 - 2 batteries GEL de 12V - 200Ah

L'acronyme « Wc » signifie « Watt crête » et c'est la puissance maximum que peut fournir le panneau solaire dans des conditions optimum. Autrement dit, par une belle journée d'été et bien orientés, les panneaux solaires de ce kit fourniront 300W chacun pour une puissance totale de 1,2kW ($4 * 300W = 1200W$). Si le ciel est couvert en revanche, vous pouvez diviser ce chiffre au moins par trois.

L'acronyme « kVA » signifie « kilo Volt-Ampère » qui est grossièrement l'équivalent de « kiloWatt » puisqu'un Watt, c'est le nombre d'Ampère, multiplié par le Voltage ($W = A * V$). Dans le cas présent, c'est la puissance maximum que l'onduleur peut délivrer à un instant T. Concrètement, ça veut dire que si par exemple vous allumez un sèche-cheveux de 2kW en même temps qu'un mini-four de 2kW - donc une charge totale de 4kW - l'onduleur disjonctera, vous ne pourrez pas faire fonctionner les deux à la fois.

Enfin, L'acronyme « Ah » signifie « Ampère/Heure » et c'est vulgairement la quantité d'énergie que la batterie peut délivrer en une heure. Pour avoir un équivalent en Watt, il faut multiplier cette valeur par le voltage, ici 12V, ce qui nous donne 2400Wh (Watts/heure), soit 2400 Watts (12V * 200A) pendant une heure. Intéressons nous plus particulièrement à cette partie, puisque c'est la plus mystérieuse. Dans ce kit, nous avons deux batteries de 12V à 200Ah, elles sont en fait destinés à être branchées en série pour une tension nominale de 24V, et donc une capacité totale de 4800Wh (24V * 200Ah). Dans un monde imaginaire et parfait, ça veut dire que ce parc de batterie peut alimenter:

- Un appareil de 4800 Watts pendant 1 heure
- Ou bien, un appareil de 2400 Watts pendant 2 heures
- Ou bien, un appareil de 1200 Watts pendant 4 heures
- Ou bien, un appareil de 600 Watts pendant 8 heures
- Ou bien, un appareil de 200 Watts pendant 24 heures
- Ou bien, un appareil de 30 Watts pendant 160 heures
- etc...

Là vous commencez peut-être à comprendre le problème de l'évaluation de l'autonomie. Ce n'est pas comme un téléphone portable dont la consommation est connue à l'avance, autorisant le constructeur à donner des estimations pour une utilisation normale. Ici, selon que vous faites une lessive ou que vous vous contentez d'utiliser votre ordinateur portable, l'autonomie en heure peut varier de 1 à 10 dépendant la durée d'utilisation des appareils. Pour évaluer l'autonomie, il faut donc d'abord savoir quels appareils électriques on utilise pendant combien de temps, et combien ils consomment. En outre, les précédents calculs d'autonomie sont en réalité à revoir à la baisse, à cause des pertes induites dans les conversions de tensions entre courant continu et alternatif. Je ne détaillerais pas ici les mécanismes en jeu, mais sachez qu'on observe une surconsommation de 10 % à 30 % selon les appareils.

Alors concrètement, et à la louche, ça veut dire quoi ? Et bien, une telle configuration de batterie vous permettrait en gros une autonomie de 24h pour un réfrigérateur, quelques heures d'utilisation d'un ordinateur portable, quelques heures de télévision, quelques heures d'éclairage et le maintient des différents appareils en veille. En revanche, si vous passez l'aspirateur, ou si vous utilisez un mini-four pour faire un rôti en soiré, vous risquez d'être en rade avant le lendemain matin, en plus de soumettre vos batteries à rude épreuve. J'insiste sur le fait que ce sont des estimations à la louche, dans les faits, vous pourriez avoir de bonnes surprises si vos appareil ménager sont globalement économies en énergie.

Si vous êtes correctement situé, et en été, les 4 panneaux solaires pourront fournir leurs 1200W pendant quelques heures dans la journée permettant de recharger les batteries avant la fin de l'après-midi, si toutes fois vous ne consommez pas trop en même temps (auquel cas les batteries seront rechargées plus lentement ou pas du tout, puisque la puissance des panneaux sera redirigée vers ce que vous consommez). Si vous avez besoin de faire une lessive, ou de passer l'aspirateur, toujours dans de bonne conditions météo et bien situé, vous pourrez sans doute le faire en journée avec l'appui des panneaux solaire. En hivers et par temps pluvieux, ça risque en revanche d'être plus difficile, et vous pourriez bien avoir besoin de faire des économies en journée pour pouvoir recharger vos batteries, ou assumer de vous coucher tôt et de vous lever tard.

Pour continuer à se faire idée, prenons l'exemple d'un autre kit solaire. Celui-ci coûte peu moins de 3700€, et propose les éléments suivants :

- 5 panneaux solaires 300Wc
- 1 onduleur hybride et régulateur MPPT tout-en-un de 3 kVA
- 4 batteries GEL de 12V - 200Ah

Avec quatre batteries de 200Ah au lieu de deux, passant de 5kW à 10kW de stockage, l'autonomie est ici doublée par rapport au kit précédent. Avec une telle configuration, si il est toujours proscrit de faire fonctionner un chauffe-eau pendant la nuit, il devient en revanche plus aisément de faire fonctionner des appareils gourmands sans risquer de ruiner les batteries. On peut par exemple envisager sans problème de faire cuire une pizza avec un mini-four électrique, le tout en soirée, en regardant la télévision avec l'ordinateur et les lumières allumées. Il devient possible de passer un coup d'aspirateur et de se faire chauffer une tisane le soir, il en restera pour se faire un café en écoutant la musique le lendemain à l'aube.

En revanche ce kit a une faiblesse : il ne compte que 5 panneaux solaires de 300Wc pour une puissance totale de 1500Wc. Pour le double de batterie, c'est à peine plus que le précédent kit qui proposait 4 panneaux de

300Wc. 1500 Wc de panneaux solaires pour un stockage de 10kW c'est suffisant avec des journées d'été ensoleillée, mais vraiment limite si le ciel est couvert, quand aux courtes journées grises d'hivers, ça me semble compromis. Une telle configuration me semble plutôt destiné aux maisons secondaires du sud de la France où on irait en vacance l'été, et uniquement l'été. Ou alors, en considérant que le parc de batterie sera rechargé via le réseau si les panneaux n'y arrivent pas (je rappelle que cette solution est possible étant donné l'onduleur choisi). Si vous deviez rendre ce kit plus cohérent et résilient pour l'hiver, il faudrait y ajouter des panneaux solaires.

En résumé, l'autonomie dépend beaucoup des appareils électriques que vous faites tourner. En journée d'une part, car si vous pompez toute l'énergie des panneaux solaires en direct, ils ne pourront pas charger les batteries. Le soir d'autre part, car tout ce que vous tirez sur les batterie le soir, sera à recharger le lendemain. Si vous ne laissez jamais vos batterie tranquilles, et si les panneaux solaires ne peuvent pas recharger les batteries en journée, votre autonomie va rapidement tomber tout simplement à zéro.