

Conférence - débat

Faire face à l'augmentation du prix de l'électricité.

Pour l'Âme-Ortie,

Alexandre

3 mars 2024

Il semblerait qu'il y ait de l'électricité dans l'air...

- **EDF** : Nous vous devons plus que la lumière !
- **Nous** : Ah oui, quoi donc?
- **EDF** : Des factures toujours plus salées.
- **Nous** : Mais c'est très mauvais pour notre santé, çà!
- **EDF** : Oui, mais mes casseroles (nucléaires) sont usées et puis je dois faire un geste pour les autres fournisseurs à qui je vends à prix coutant.
- **Nous** : Et pourquoi?
- **EDF** : Sinon, ce seraient des espèces en voie de disparition. Il faut préserver l'électro-diversité!
- **Nous** : Que le ciel nous vienne en aide!
- **Soleil** : Bougez pas, j'arrive!
- **Nous** : Dieu soit loué! (location longue durée) Y aurait-il une solution?
- **Soleil** : Ca ne fait pas l'ombre d'un doute, je vais me consacrer à vos cas.
- **Nous** : Super, nous défendons plusieurs recettes plus digestes!

Préambule

L'Homme a longtemps pensé que les ressources naturelles étaient illimitées, tant elles étaient immenses par rapport aux besoins d'une humanité moins nombreuse et moins énergivore que maintenant.

Albert Einstein disait : « Seules deux choses sont infinies, l'univers et la bêtise humaine. Mais pour la première, je ne suis pas sûr ».

L'actualité belliqueuse, homophobe ou raciste, égoïste d'une part de cette humanité lui donne raison, sur le plan humain comme sur le plan scientifique.

Et les ressources de notre belle planète ne sont pas infinies...

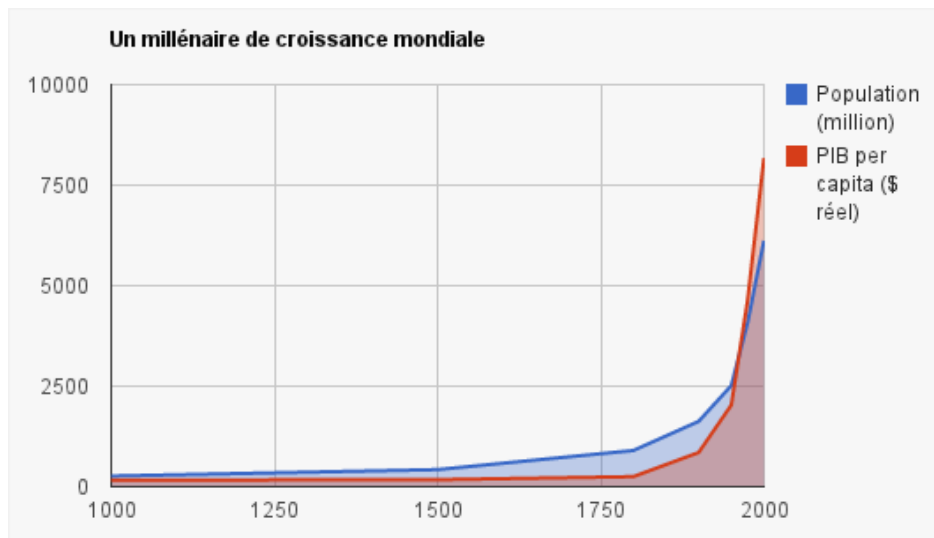


Albert et son épouse Mileva qui a beaucoup participé aux réflexions et aux équations qui ont permis leurs théories.

Je ne connais rien aux religions, mais selon la Bible, Dieu aurait dit : « croissez et multipliez ».

Peut-être dirait-il aujourd'hui : « Oui, mais pas tant que ça! »

Préambule



La société occidentale est la plus consommatrice d'énergie et a la plus grande responsabilité du dérèglement climatique ; les autres, moins riches financièrement consomment moins et polluent donc moins.

Basée sur une notion de croissance, ce type de fonctionnement est voué à l'échec, la décroissance de notre consommation de ressources est la seule solution envisageable, semble-t-il.

Principalement, deux modèles s'affrontent, le capitalisme et le communisme.

Quelqu'un aurait donné la définition de chacun d'entre eux :

« Le capitalisme, c'est l'exploitation de l'Homme par l'Homme. Le communisme, c'est le contraire... »

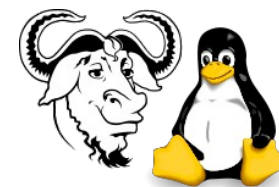
Comment faire face à l'augmentation du prix de l'électricité ?

L'une des lignes directrices de l'Âme-Ortie est le partage du savoir. C'est dans cet esprit que je propose de partager le mien dans le domaine de l'énergie, domaine auquel je me suis intéressé "en amateur".

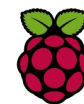
Le livre "le monde sans fin" de J.M. Jancovici explique comment la question de l'énergie est cruciale pour le devenir de la vie sur notre planète.

Issu du monde des télécommunications et systèmes d'information, adepte de Linux et, entre autres, de la distribution "Ubuntu" (mot zulu signifiant "je suis qui je suis grâce à ceux avec qui je suis"), mais en connaissant d'autres (Fedora, Open Suse, ...) mon but est d'apporter une modeste contribution pour que ceux qui s'interrogent sur l'intérêt de "s'équiper en panneaux solaires", afin qu'ils soient mieux informés et évitent les écueils liés aux propositions commerciales de ce domaine.

Alexandre



slackware
linux



Comment faire face à l'augmentation du prix de l'électricité ?

Étant tous adhérents à l'association, vous avez le souci de partager votre savoir. Chacun aide, à la mesure de ses moyens, pour un monde meilleur et inverser la tendance actuelle qui va vers une dégradation dans de trop nombreux domaines.



Le sujet partagé étant très vaste, nous ne pourrons que survoler les aspects cités, mais c'est mieux que rien ! Et vous aurez quelques outils pour savoir quoi faire, et comment faire.

L'augmentation du tarif annoncée par le gouvernement français est de 75% en 2025 par rapport au tarif précédant août 2023.

Le bouclier tarifaire a permis de protéger les particuliers ; ce bouclier disparaissant progressivement, le prix payé en France s'approchera un peu des tarifs pratiqués ailleurs en Europe mais en restant inférieur à la plupart d'entre eux.

De l'énergie pour quoi faire ?

- De la lumière

Une lampe doit éclairer, chauffer le moins possible car ce n'est ce qu'on lui demande.

- Du mouvement

Essentiellement produit par des moteurs, pas besoin de chaleur non plus.

- De la chaleur

Le chauffage du logement ne sert qu'à compenser le transfert de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur du fait du niveau d'isolation thermique qui est forcément imparfait. Il en faut aussi pour l'eau chaude, le café, la cuisine, etc.

- Traiter l'information

Les outils informatiques ou technologiques chauffent aussi, de moins en moins heureusement.

• Consommer moins

Notre premier habitat est notre vêtement. Mettre un pull chez soi par temps froid n'est pas ridicule et permet de baisser la température ambiante.

Chaque degré de moins baisse la facture de chauffage de 7%. La température de confort varie selon l'endroit. Avec 14°C, nous disons qu'il fait froid alors qu'au Québec on dit qu'il fait bon.

Mieux isoler son logement.

C'est la mesure qui permet le plus d'économie d'énergie. Le chauffage sous nos latitudes constitue souvent la plus importante part de nos consommations. Ceci permet aussi de réduire la taille et donc le coût du système de chauffage.

La dernière réglementation impose que l'habitat neuf soit à énergie positive. Le coût du système de chauffage est nul, car il n'y en a pas !

- Le diaporama sur ce sujet est à accessible sur le site web de l'A.O. : isolation des plafonds ou combles, des murs, du plancher ; dans le cas d'une maison, opter pour le « puits provençal » et autres possibilités bioclimatiques.

Éteindre automatiquement les appareil inutilisés par le biais de prises à interrupteur, automatiser par la domotique.

Sources d'énergie

- Les énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon) s'épuisent et polluent l'environnement fragile de la planète à laquelle nous appartenons, persister dans leur usage est suicidaire.



Comme disait ma mère : « crache en l'air et ça te retombera dessus. »

- Les ressources pour la fission nucléaire ne sont pas inépuisables mais assez abondantes, si on inclut le thorium, pour faire la transition vers des solutions non productrices de CO₂.
- Alors, en attendant de trouver à nouveau une énergie presque illimitée grâce à la fusion nucléaire contrôlée, comme le projet ITER par exemple, nous n'avons que deux possibilités :
- Réduire notre consommation.
- Opter pour des énergies renouvelables.

Générer son énergie.

- En pédalant : quelques centaines de watts, selon sa forme... On s'y met? Dur, dur!
- Le soleil : les panneaux solaires hybrides (chaleur et électricité).



Pfff... Ça va durer encore longtemps?

C'est moche, ton truc! Et puis c'est bruyant...

- Par le vent : poser une éolienne dans le jardin : la hauteur du mât doit être inférieure à 12 m. Il faut être en terrain plat, venteux, être en bons termes avec ses voisins... Un peu la quadrature du cercle!

- Le soleil : les panneaux solaires photovoltaïques (PV) : une solution selon l'espace disponible sur un toit ou dans le jardin, éventuellement sur un balcon, une terrasse.
- On ne traitera dans cet exposé que les solutions photovoltaïques possibles, des avantages et inconvénients selon la méthode, les contraintes, l'étude de faisabilité, le retour sur investissement selon l'option choisie.

L'électricité, énergie « noble »

- Obtenir de l'électricité à partir d'une source primaire ne permet d'utiliser qu'une partie de l'énergie primaire. Le rendement varie selon le procédé.
- Dans une centrale électrique, la vapeur d'eau actionnant les turbines est obtenue en brûlant une source primaire, fossile ou fissile.
- Après acheminement jusqu'à votre compteur, il ne reste que 30% de l'énergie primaire consommée. **La plus grande part est gaspillée (70%)** sous forme de chaleur dissipée dans l'environnement.
- Pour cette raison, il faut éviter d'utiliser l'électricité pour chauffer par effet Joule (radiateur électrique, résistance de chauffage pour l'E.C.S.) et utiliser d'autres méthodes pour chauffer son logement.

- La chaleur est un type d'énergie dégradée.
- On distingue la chaleur produite pour chauffer quelque-chose (une casserole, le logement, l'eau de la centrale électrique) de la « chaleur fatale » qui est celle qui est produite par un équipement dont la vocation n'est pas d'en produire.



C'est malin, ça !

- Le Danemark interdit l'utilisation de radiateurs électriques depuis des dizaines d'années.

Choisir des équipements moins énergivores.

Chauffage : le bon sens – et le souci de la bonne santé du porte-monnaie – nous dicte de bannir les radiateurs électriques, mis en place dans le cadre d'un souci d'économie à très court terme.

Privilégier les pompes à chaleur, le coût du kWh thermique est alors beaucoup plus bas que celui du gaz par ex.

« Moins on dépense, plus ça coûte cher ».

Eau chaude : Bannir le « cumulus électrique », préférer le chauffe-eau thermodynamique ou les panneaux solaires thermiques.

Lumière : n'utiliser que des diodes électro-luminescentes – LEDs – car leur rendement dépasse celui de toutes les autres sources de lumière. On a besoin que l'ampoule éclaire, pas qu'elle génère de la « chaleur fatale ».

Minuteries et / ou détecteurs de présence réduisant la durée d'alimentation au strict besoin.

S'équiper en domotique pour automatiser des fonctions permettant des économies (actions sur les volets, l'éclairage, etc.).

La domotique

De nombreuses solutions domotiques existent. Elle se compose d'un système, ou « box », qui recueillera les informations et d'actionneurs qui agiront, fournira un historique de l'évolution des choses.

Actionneurs : lampes, prises, système de chauffage, VMC, volets, etc.

Capteurs : détecteurs de présence, température, humidité, présence, luminosité, consommation électrique des appareils, informations du compteur Linky, etc.

Données externes :

Informations obtenues par internet : météo, alertes, etc.

La météo est très utile pour garder une capacité de charge batterie un jour ou le soleil sera généreux.

Lapalisse dirait qu'on ne peut pas ajouter d'eau dans un récipient déjà plein.

La domotique

l'historique de chaque équipement permet de connaître l'évolution des paramètres au cours du temps et ainsi éventuellement d'améliorer votre habitat en toute connaissance de cause.

Agir à distance sur votre domicile. Par ex. remettre le chauffage en marche avant votre retour de vacances d'hiver ou autres.

La domotique

Les « box »

Certaines solutions logicielles sont proposées à l'achat, d'autres sont « Open-Source » et sont gratuites, hors achat des équipements.

De nombreux protocoles de communication existent, certains sont propriétaires (de moins en moins nombreux), d'autres sont « Open-Source » et standardisés.

La communication entre les « box domotique » et les équipements peut être faite par fils ou par ondes.

Exemple



L'abonnement au distributeur d'électricité.

- **Le tarif simple.**
 - **Le double tarif** (heures pleines et creuses).
 - **Tempo** : 3 tarifs selon la période avec heures pleines et creuses pour chacun.
- Analyser sa consommation selon les heures et choisir l'abonnement adapté. Le prix de l'abonnement varie peu selon l'option retenue.
- Il est possible de différer le fonctionnement d'appareils toujours plus nombreux par leur programme intrinsèque ou par la domotique. LV, LL, aspirateur, ECS (thermodynamique), recharge mobiles.
 - Evaluer les kWh pouvant être utilisés en période creuse pour déterminer quel abonnement sera le plus rentable (surcout de l'abonnement largement compensé par le prix du kWh plus bas).
 - Dans le cadre d'une installation photovoltaïque, éviter l'utilisation simultanée d'appareils gros consommateurs si la consommation totale dépasse la production.
 - En fonctionnement sur batterie, n'alimenter qu'un gros consommateur à la fois.

Tarif : augmentation

Jours / an

300

43

22

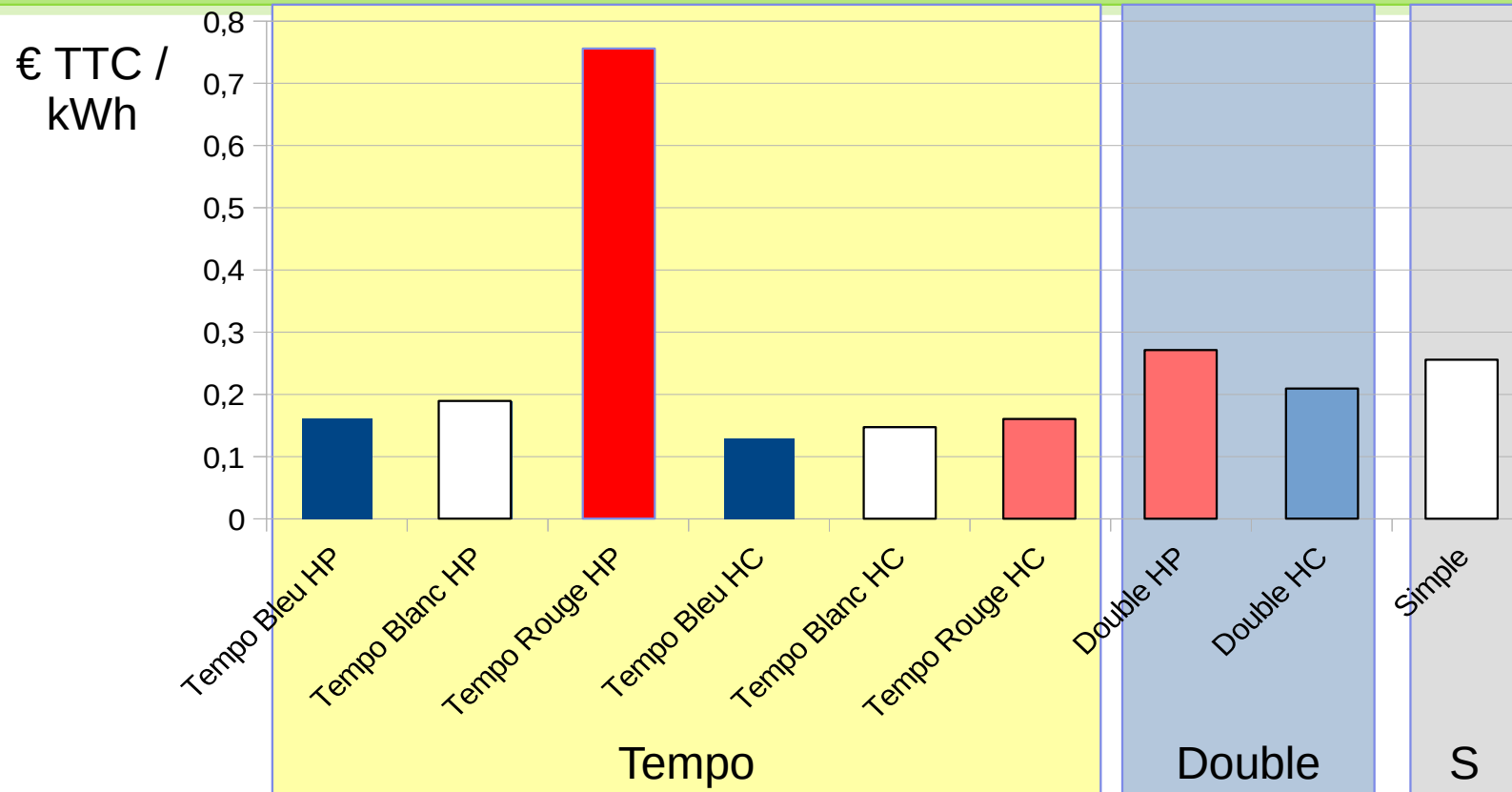
Tarif Tempo EDF Bleu Blanc Rouge en vigueur en février 2024

- ✓ ● Jour Bleu Tempo : **0.1609 €** en Heures Pleines / **0.1296 €** en Heures Creuses
- ✓ ● Jour Blanc Tempo : **0.1894 €** en Heures Pleines / **0.1486 €** en Heures Creuses
- ✓ ● Jour Rouge Tempo : **0.7562 €** en Heures Pleines / **0.1568 €** en Heures Creuses

- ✗ Jours Bleus Heures Creuses : +22,76 %
- ✗ Jours Bleus Heures Pleines : +17,53 %
- ✗ Jours Blancs Heures Creuses : +19,26 %
- ✗ Jours Blancs Heures Pleines : +14,51 %
- ✗ Jours Rouges Heures Creuses : +18,07 %
- ✗ Jours Rouges Heures Pleines : +3,28 %

- La dernière augmentation du tarif bleu (1/2/2024) était de 10% environ pour le tarif de base, plus pour le tarif tempo.
- Prix TTC du kWh au 1/2/2024
- Simple : 0,2516 €
- Double : HP = 0,2700 € HC = 0,2068 €

Tarif (en image) au 1/2/2024



Le compteur Linky



Encore facultatif, il deviendra bientôt la seule possibilité.

- Le consommateur peut accéder à ses infos instantanées et à posteriori par le biais d'un compte accessible via internet ou par la connexion du Linky à sa box domotique (fil de l'eau et historique).
- Il fournit plus d'infos au distributeur mais aussi au consommateur.
- Le but à terme est d'obtenir un « réseau électrique national intelligent » (smart grid) et d'optimiser son fonctionnement en fonction des besoins.



- Il a été conçu pour – entre autres – permettre au fournisseur d'électricité de couper le courant à certains abonnés en cas de surcharge, et éviter ainsi un « blackout ». Mais aussi en cas de surconsommation.
- En pratique, EDF ne coupe pas dans ce cas mais sur-facture!
- Polémique sur la pollution par ondes.
La communication se faisant par « CPL », un rayonnement existe, il est toutefois très inférieur à celui du téléphone portable ou du WiFi. Est-il cohérent de refuser le Linky pour ce motif et continuer à utiliser le téléphone portable et le WiFi ?

L'installaltion photovoltaïque raccordée ou pas au réseau.

- Faire installer ou installer soi-même (« DIY - do it yourself »), ou prendre du « prêt à poser » (plug-&-play).

Composition :

- Panneaux solaires photovoltaïques (PV).
- Un ou plusieurs onduleurs « MPPT » ou hybrides.
- Des batteries (option).

- Production pour soi ou pour la revente... ou les deux ?
- La revente : le tarif change en permanence !
- L'autonomie totale : un pari presque impossible car non rentable.
- Evaluer son besoin pour le dimmensionnement le plus rentable.

Choix d'un système

- Pour faire face à ces différents cas de figure, plusieurs solutions sont techniquement possibles, avec leurs avantages et inconvénients.

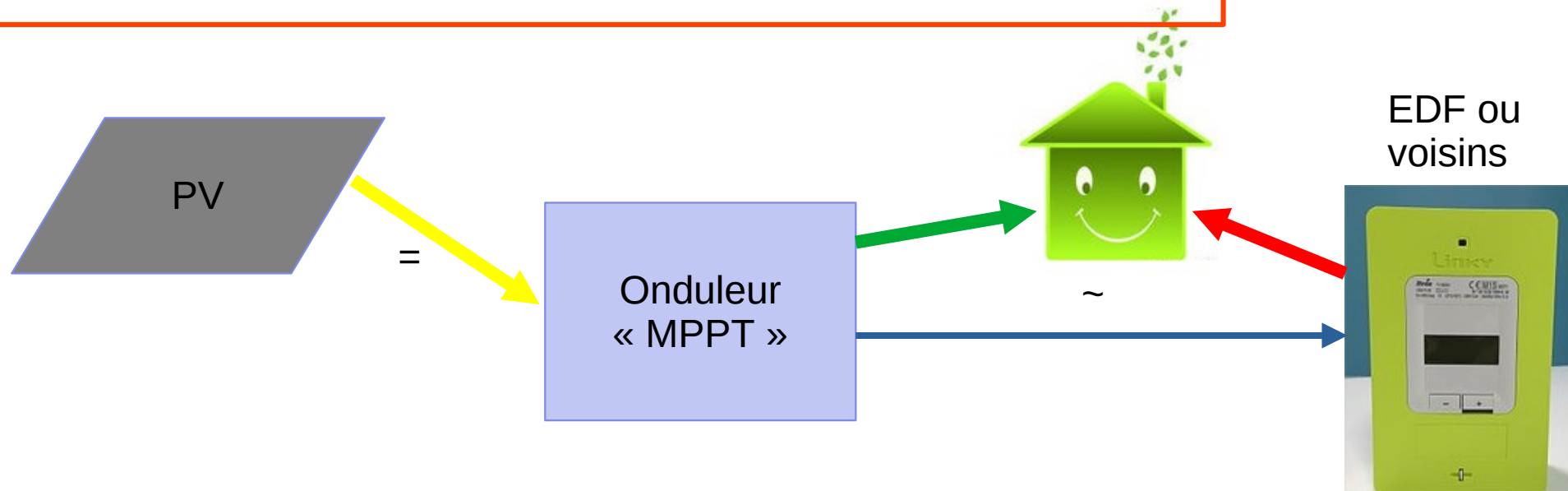
Une ou plusieurs chaînes de PV fournissent leur production à un ou des onduleur(s) « MPPT » connectés au réseau électrique.

Les solutions « Plug&Play » ne permettent ni le stockage ni la revente.

Une ou plusieurs chaînes de PV fournissent leur production à un ou des onduleur(s) hybrides. Ceux-ci ont une entrée « secteur » pour tirer du réseau l'énergie manquante et la fournir sur leur sortie. L'injection dans le réseau du distributeur est impossible, il ne peut y avoir de revente.

Choix d'un système

Une ou plusieurs chaînes de PV fournissent leur production à un ou des onduleur(s) « MPPT » connectés au réseau électrique.



Les prestataires proposent

- Une installation pour laquelle vous n'avancez pas d'argent. Vous continuez à payer votre facture d'électricité comme avant pendant un certain nombre d'années. L'énergie produite et non consommée par les PV est injectée au réseau.

- C'est ainsi que l'installateur récupère sa mise.

- Cette proposition a pour avantage de ne pas nécessiter d'investissement de la part du client.
- L'inconvénient est l'opacité financière : on ne connaît aucun détail, on ne peut pas comparer avec le système « investir / récupérer une production connue ».

Deux types d'installation raccordées au réseau

- En étant raccordé au réseau, pas de batterie, l'énergie est revendue au distributeur ou aux voisins.

Revente des kWh à EDF

- Revente totale à EDF : de 9 à 18 cts
- Revente du surplus : de 6 à 10 cts
- Le contrat est fait pour 20 ans, il est cessible en cas de vente du logement.
- Le tarif évolue chaque année

Revente des kWh aux voisins

- Pas de tarif. Les kWh excédentaires sont consommés par vos voisins qui vous les restituent plus tard.

Le tarif est donc transparent mais il faut payer un abonnement particulier pour le comptage.

L'installation photovoltaïque

Les règles d'urbanisme

- Périmètre classé : on oublie si c'est sur le toit.
- Sur le toit : déclaration de travaux
- Dans le jardin : si hauteur inférieure à ce qui est mentionné dans le PLU : possible sans déclaration.

Les aides : règles très volatiles, nécessité de faire appel à un professionnel.

Éléments à prendre en compte

- Orientation, inclinaison, ombre.
- Prise au vent, fixation.
- Entretien (nettoyage). Risque de détérioration : grêle
- Assurance habitation.
- Vieillessement : baisse du rendement au fil des ans (0,8% / an).
- Température : baisse du rendement avec l'élévation de la température du PV.

Adapter son comportement pour « faire coller » au mieux production et consommation.

L'installation photovoltaïque : l'ensoleillement

- Par beau temps, **ciel sans nuage**, la production électrique est assez prévisible, heure par heure, dans le cas spécifique de votre installation.
- Vous pouvez par conséquent adapter votre consommation en la « faisant coller » au mieux à l'énergie fournie par les PV.
- Par **temps variable**, le soleil joue à cache-cache avec les nuages, la **production fluctue beaucoup** d'heure en heure, voire de minute en minute, rien n'est prévisible.
- Et bien sûr, de jour en jour, l'ensoleillement est difficile à prévoir; avec le changement climatique, la météo est moins fiable qu'avant.
- Le nombre d'heures de soleil sur un an varie selon les régions. 1700 dans l'Oise, plus de 2600 dans le Sud. Odeillo, dans les Pyrénées, compte à peu près 300 jours par an.
- A **Marseille**, ils disent que ce nombre atteint chez eux aussi 300, voire 400 parfois ... :-))

L'installation photovoltaïque autonome : les situations

- Pas d'électricité injectée au réseau, seulement le puisage d'énergie complémentaire.

- Deux cas :

- 1) Production trop forte. Votre installation produit plus que ce dont vous avez besoin. Que faire avec l'énergie excédentaire?
- 2) Production trop faible. Votre production est insuffisante, il faut avoir une source complémentaire.

- En fonction des conditions du moment, les deux situations existent pour une même installation.

L'installaltion photovoltaïque : Cas 1

Cas 1 : production trop forte

Logement ----->>

- Etre en contrat avec EDF pour lui vendre l'énergie excédentaire, avec un tarif généralement plus faible que celui de votre achat l'électricité.
- Revente aux voisins.
- Avoir des équipements prêts à consommer le surplus quand il se présente.
- Stocker l'excédent dans des batteries pour le consommer de manière différée.

L'installaltion photovoltaïque : Cas 2

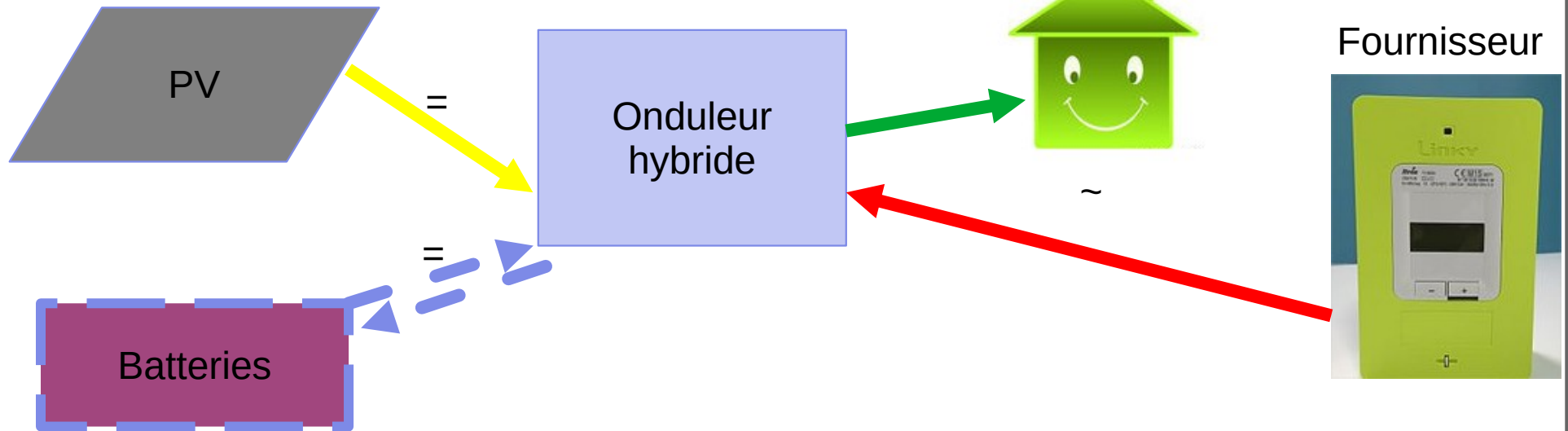
Cas 2 : production trop faible

Logement <<-----

- Votre installation permet de consommer un courant complémentaire acheté à votre fournisseur.
- Délester votre réseau des appareils non indispensables.
- Puiser ce qui manque dans vos batteries.
- Récupération des kWh cédés aux voisins.
- Perdre le surplus.

Installation autonome

Une ou plusieurs chaînes de PV fournissent leur production à un ou des onduleur(s) hybrides. Ceux-ci ont une entrée « secteur » pour tirer du réseau l'énergie manquante et la fournir sur leur sortie. L'injection dans le réseau du distributeur est impossible, il ne peut y avoir de revente.



La sécurité électrique : rappel

- La manipulation de matériel électrique sous tension est dangereuse.
- Or, il n'est pas possible de couper la tension fournie par un PV ou une série de PV : la tension est présente dès qu'il y a de la lumière. A moins d'occulter toute la surface des panneaux, ce qui est fastidieux.

Sans faire un cours sur ce sujet, sachez qu'un courant de 25 mA traversant votre corps peut s'avérer mortel.

- Pour intervenir sur une installation électrique, on coupe généralement d'abord le courant, puis on vérifie à l'aide d'un voltmètre qu'il n'y effectivement pas de courant. Ensuite, il est aussi possible de raccorder les circuits sur lesquels on intervient à la terre au moyen d'une pieuvre qu'on enlèvera ensuite avant de remettre sous tension. C'est ce qui est fait dans l'industrie.
- On ne s'improvise pas électricien, **PRUDENCE !**
- Toutefois, même si vous n'avez pas cette compétence, le « DIY » peut vous être accessible en réalisant vos travaux sous la conduite de quelqu'un qui a cette compétence.

La valeur des équipements

En théorie :

- On trouve des PV de 400 Wc pour moins de 100 €.
- Un onduleur « MPPT » de 3 kWc coute moins de 1 000 €.
- La quincaillerie, le tableau électrique, les câbles tournent autour de 1 000 €.
- 2 poseurs pendant 2 jours : 3 000 €.
- Donc, l'investissement devrait en théorie être accessible aux environs de 6 000.
- Ce type d'offre existe-t-il?

- Dans l'hypothèse d'un ensemble de 3 kWc, la production annuelle est de 3 000 kWh.
- Si on consomme 50% de la production (0,25€) et que le reste est revendu (0,15€), nous aurions une rentabilité annuelle de :
- $375 \text{ €} + 225 \text{ €} = 600 \text{ €}$.
- Donc un retour sur investissement de 10 ans (tarif actuel) hors aide éventuelle.

La rentabilité sera meilleure à cause de l'augmentation du prix de l'énergie.

Notions électriques

- Le courant électrique domestique se présente sous deux formes : le courant continu et le courant alternatif.

- Le courant continu présente une tension dont la polarité ne change pas d'un fil par rapport à l'autre.
- C'est le cas d'une pile ou d'une batterie, avec un pôle qui est toujours négatif (-) et l'autre toujours positif (+).
- La pile est utilisée quand sa tension passe en-dessous de sa valeur minimale, elle est éventuellement rechargeable. La pile rechargeable peut être rechargée un certain nombre de fois (quelques centaines à quelques milliers).



- Une pile (ou cellule) présente une tension qui est fonction de sa nature.
 - Pour la pile saline et la pile alcaline, c'est 1,5V. Pour le plomb, c'est 2,2V, pour le Li-ion c'est autour de 3,7V, pour le sodium, on a 3V.
- Une batterie est l'association de plusieurs cellules en série pour obtenir une tension plus élevée. On dit qu'elle est composée de plusieurs cellules.
 - Par ex. la pile de 9V est en réalité une batterie de 6 cellules de 1,5V mises en série. La batterie de voiture a 6 cellules pour faire 12V (13,8V en réalité).

Notions d'électricité

- Cette information n'a pas pour objet de faire un cours d'électricité. Toutefois, si il reste du temps, après cette présentation nous pourrons parler des volts, des ampères, des kW et des kWh.

Notions électriques : conversions

Un chargeur (de batterie) convertit le courant alternatif pour fournir un courant continu, pour charger la batterie de voiture par ex. ou les batteries solaires.



Un onduleur fabrique du courant alternatif à partir d'un courant continu, c'est le courant 230V que vous utiliserez..



- L'onduleur : plusieurs types, en fonction de l'usage.

- L'onduleur informatique est alimenté par le réseau et fournit un courant alternatif permanent grâce à une batterie interne, même si la tension du réseau disparaît.

- L'onduleur solaire utilise le courant continu fourni par un panneau ou une série de panneaux solaires pour fournir un courant alternatif.
- Il comporte une fonction « MPPT » optimisant le rendement des panneaux.
- Les installations solaires raccordées au réseau pour la revente sont de ce type.

- L'onduleur hybride est employé pour les installations solaires autonomes, il associe plusieurs fonctions : chargeur de batterie, onduleur, MPPT pour les panneaux solaires.
- Il ne peut pas injecter de courant au réseau, seulement en consommer pour un complément d'énergie lors du manque de soleil.

- **MPPT : Maximum power point tracker**

L'onduleur solaire « MPPT »

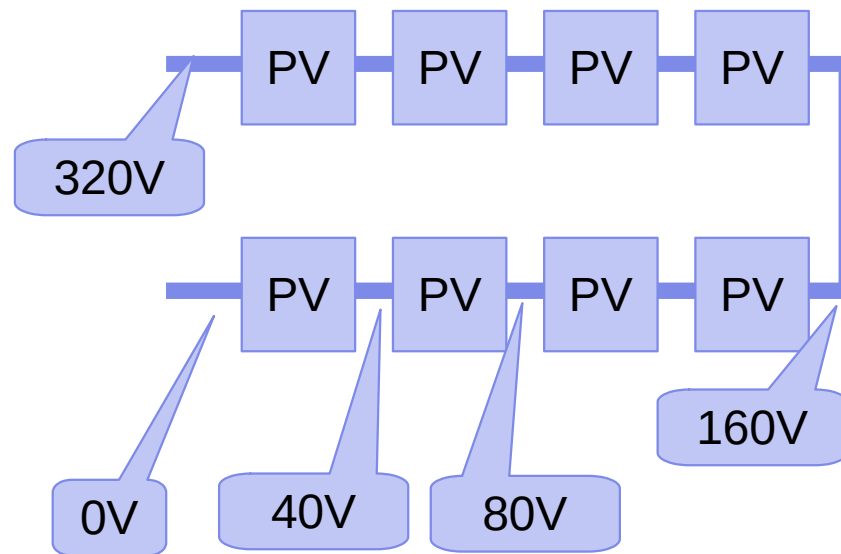
- Un panneau solaire fournit une tension continue, selon son éclairage. Elle est généralement d'une quarantaine de volts mais d'autres tensions sont possibles, pour la voiture par ex. (12V).
- Certains modèles d'onduleur MPPT peuvent être alimentés par un certain nombre de panneaux montés en série.
- La mise en série de 8 PV de 40V fournira une tension de $8 \times 40 = 320V$.
- L'intensité du courant dans chaque PV est la même.
- Attention à ne pas dépasser la tension maximale que peut supporter l'onduleur.

L'onduleur solaire « MPPT »

- Pour augmenter la puissance solaire de l'onduleur, il est possible de mettre en parallèle deux séries de PV.
- Par ex. deux séries de 8 PV, totalisant environ $8 \times 40V$, donc 320V. Si le courant maximal d'une série de PV est de 10A, on aura alors un courant max de 20A.

Ce qui nous fait une puissance de $320V \times 20A = 6\,400W$

- Attention ici aussi à respecter les caractéristiques maximales de l'onduleur.
- Certains modèles « MPPT » sont faits pour être mis derrière chaque PV ou groupe de 2 PV.
- Ainsi, si on a 12 PV, on aura 12 ou 6 onduleurs indépendants.



Intérêt des onduleurs MPPT indépendants

- La mise en série de PV n'est intéressante que si l'éclairement des PV est identique.
 - L'efficacité d'une chaîne de PV ne dépasse pas celle du plus faible multipliée par le nombre de PV.
 - Par Ex., une chaîne de 8 PV donnant chacun 400W en plein soleil donnera au maximum 3 200W. Mais si un des panneaux reçoit moins de lumière (une ombre sur le PV) et ne donne plus que 100W, la chaîne ne donnera que $8 \times 100W$, donc 800W.
- C'est à ce cas de figure que sont destinés les onduleurs MPPT indépendants. On les nomme aussi « micro-onduleurs »
 - La mise en série de PV associée à un onduleur hybride permet l'usage de batteries.
 - L'utilisation de micro-onduleurs rend l'usage de batteries plus complexe.

Que produit une installation photovoltaïque?

- La puissance des panneaux s'exprime en Wc (watts crête). C'est la puissance maximale délivrée par le panneau dans les meilleures conditions.
- L'inclinaison sera comprise idéalement entre 30 et 40°, orientés au mieux vers le sud.
- Dans les meilleures conditions, 1 kWc installé produit ici 1 000 kWh en 1 an.
- Dans les meilleures conditions, 1 m² installé produit ici 230 kWh en 1 an.
- Le cadre de chaque PV doit être relié à la terre. Etant exposé à l'extérieur, parfois en hauteur, il pourrait être frappé par la foudre.
- En plus du raccordement à la terre, un parafoudre est installé dans le tableau électrique.
- En fonction du système choisi, il est possible de ne perdre aucune énergie, mais la valorisation financière est variable.

L'installation photovoltaïque : évaluation PV

- En vous basant sur vos factures d'électricité, déterminez vos consommations mensuelles, heures et heures pleines.
- Une possibilité : $P_c (W_c) = \text{consommation} / \text{an (kWh)} / \text{heures de soleil}$.
- Exemple :
 $3\,400 \text{ kWh} / \text{an} / 1700 = 2 \text{ kWc}$
- En vous basant sur l'historique de vos consommations (si vous avez un compteur Linky), déterminez votre « consommation plancher » (frigo, box, vmc, pompes de chauffage, horloges, serveurs, caméras, portier, ...)
- Ceci vous donnera la puissance crête minimale à installer.
- Prévoyez la pose d'une première série de panneaux et prévoyez la possibilité d'en ajouter, en fonction de ce que vous constaterez.

L'installation photovoltaïque : évaluation batteries

Si vous optez pour des batteries, selon Engie :

$$P_{\text{bat}} \text{ (kWh)} = P_{\text{c}} \text{ (kWc)} * 5$$

- Ceci est donné à titre indicatif hors chauffage électrique.
- Equipez-vous d'un premier lot de batterie et prévoyez une possibilité d'en ajouter. Mais ne dépassez pas une année entre les deux mises en place.
- Il est préférable d'opter au minimum pour une puissance batterie au moins égale à 10 fois la puissance du plus gros consommateur, pour augmenter leur durée de vie, surtout dans le cas des batteries au plomb.

- Le choix du type de batterie aura une incidence sur leur coût, leur durée de vie, leur rendement.
- Plomb ouvert, Plomb gel, Plomb AGM, Li-ion (LiFePo).
- Très récemment Na-ion (sodium).

Panacher plusieurs technologies de batterie n'est pas souhaitable, voire impossible.

Supervision de l'installation photovoltaïque

Il est indispensable de pouvoir surveiller le fonctionnement du système :

- Pour mesurer l'efficacité de l'ensemble.
- Pour consulter l'historique sur une période.
- Pour voir les incidents, les défauts, les pannes.
- Pour évaluer l'utilité de modifier l'installation (ajout de PV, de batteries).
- Pour adapter notre comportement dans le but d'améliorer l'efficacité globale.

Deux possibilités :

- Connecter l'onduleur via le WiFi à internet pour que les données soient transmises à un serveur externe sur lequel vous aurez créé un compte et soient ensuite consultables grâce à un navigateur internet. Potentiellement piratable.
- Vous équiper d'un serveur local non connecté sous Linux raccordé à votre onduleur. C'est le même principe mais les données restent chez vous. C'est plus complexe à mettre en œuvre mais c'est plus sûr. Il est possible dans ce cas d'intégrer cette supervision au système domotique.

Cas du chauffage par P.A.C. ou clim réversible

- Les climatiseurs utilisés en mode chauffage l'hiver permettront de rafraichir le logement l'été, l'énergie solaire alors abondante rendra le service le plus souvent gratuitement.
- Dans le cas d'une installation avec batteries, elles devront être plus fortement dimensionnées.
- L'abonnement « tempo » est intéressant dans ce cas.

Les aides

- Aides si installé par entreprise ; prime versée sur 5 ans
- 380 € kWc pour une installation de moins de 3 kWc ;
- 280 €/kWc pour une installation comprise entre 3 et 9 kWc ;
- 160 €/kWc pour une installation comprise entre 9 et 36 kWc ;
- 80 €/kWc pour une installation comprise entre 36 et 100 kWc*.
- Comme le prix d'achat de votre électricité par l'État, ces montants sont mis à jour chaque trimestre.

Le recyclage

- Les PV actuels : très bon car essentiellement constitués de silicium et d'aluminium.
- Les « terres rares » sont récupérables.
- batterie Na-ion : le sodium est 1 000 fois plus abondant que le lithium, moins adapté pour la mobilité, mais bon en statique (poids), a une durée de vie beaucoup plus élevée, un faible cout de fabrication et est excellent du point de vue du recyclage.
- Les batteries plomb : 90 %
- Les batteries Li-ion : 75%
- Les batteries au sodium : pas de données actuellement, mais probablement le meilleur choix.

Epilogue

- Il se dit que la solution de l'autoconsommation avec revente du surplus est plus rentable que le système avec batteries.
- C'est vrai dans un cas : installation faite par entreprise (obligatoire pour le contrat de revente), au prix actuel des batteries et du kWh des fournisseurs.
- Mais si on tient compte de la baisse continue du prix des batteries Lithium et de l'augmentation fréquente du prix du kWh, dans le cadre d'une installation DIY, ce n'est plus vrai.
- Et lorsque les batteries au sodium seront plus accessibles dans un avenir proche (prix, fiabilité), il sera encore plus intéressant d'opter pour des batteries. On en trouve actuellement au prix de 430 € pour 200 AH sous 12 V, soit 2,4 kWh. Leur durée de vie est 10 à 100 fois supérieure au plomb (selon le choix du fabricant), elles supportent bien mieux les décharges profondes.

Sources documentaires

- EDF
- Wikipedia
- <https://www.nouvelr-energie.com/pv/dimension-panneau-solaire>
- <https://mypower.engie.fr/conseils/panneaux-solaires/caracteristiques-panneaux-solaires/dimensionnement-panneau-solaire.html>
- <https://www.monkitsolaire.fr/blog/comment-bien-faire-son-dimensionnement-de-panneau-solaire--n296>