



Nudging consumers
towards energy efficiency
through behavioural science

L'ÉLECTRICITÉ À DOMICILE

Autrices: Kim Kiekens et Ellen Vandewalle, Spring Stof.

Traduction: Ramnjit Lalia et Marine Faber Perrio, IEECP.

Date de publication : 2023

www.spring-stof.be



NUDGE est financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne sous la convention de subvention n° 957012. Les informations sur les projets peuvent inclure des avis ou des recommandations de tiers qui ne reflètent pas nécessairement l'opinion de la Commission et ne constituent pas un engagement ni un encouragement de cette dernière à l'égard d'une ligne de conduite particulière.

Contenu

INTRODUCTION.....	3
1. LA PUISSANCE	6
2. KILOWATTHEURE.....	9
3. CALCULER LA CONSOMMATION D'UN APPAREIL.....	10
4. ÉTIQUETTES ÉNERGÉTIQUES	12
CONSOMMATION TOTALE D'ÉLECTRICITÉ À DOMICILE	14
1. CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ PAR JOUR ET PAR MOIS	14
2. CONSOMMATION MOYENNE DES MÉNAGES ET COÛT	18
COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ.....	18
PRODUIRE SA PROPRE ÉLECTRICITÉ À DOMICILE	20
1. PANNEAUX SOLAIRES	20
2. COMBINAISON DE PANNEAUX SOLAIRES ET D'UNE BATTERIE DOMESTIQUE	25
ÉCONOMISER L'ÉLECTRICITÉ.....	35
1. CALCULER LES ÉCONOMIES D'ÉLECTRICITÉS	35
2. ASTUCES D'ÉCONOMIES	36
FONCTIONNEMENT À DOMICILE.....	37
REFERENCES	38

INTRODUCTION

Il existe de nombreuses formes ou sources d'énergie telles que l'électricité, le charbon, le bois, le gaz, la chaleur, l'hydrogène, le nucléaire, le vent, le soleil, l'énergie hydraulique, la nourriture, l'énergie provenant des activités humaines, l'énergie des batteries, l'énergie terrestre et l'énergie solaire.

Il est souvent utile de convertir l'énergie d'une forme à une autre, comme par exemple

- convertir l'électricité en mouvement de moteur d'une pompe
- convertir l'électricité en chaleur avec un sèche-cheveux
- convertir l'énergie éolienne en énergie électrique dans un moulin à vent
- convertir l'énergie solaire en énergie électrique dans des panneaux dotés de cellules solaires sur le toit.

L'énergie est convertie d'une forme à une autre, mais l'énergie ne peut jamais être créée. Une telle conversion ne peut donc jamais créer plus d'énergie qu'elle n'en apporte, car ce serait de la magie. En pratique, toute conversion implique une certaine perte d'énergie, généralement sous forme de chaleur qui est rejetée dans l'environnement et ne peut être utilisée à d'autres fins utiles. Une conversion avec peu de pertes est dite efficace. Le rendement de la conversion est le rapport entre la quantité d'énergie utilement convertie et la quantité d'énergie provenant de la source.

Par exemple, un poêle à bois est généralement utilisé pour la chaleur, mais il y a également une conversion de la source d'énergie (le bois) en lumière. Cette lumière n'est généralement pas une énergie utile (dans la maison).

Différentes classifications sont possibles selon les types d'énergie.

Une première classification consiste à distinguer les énergies de grande valeur, comme l'électricité, des énergies de faible valeur, comme la chaleur. L'électricité est un type d'énergie de haute qualité parce qu'elle peut être convertie en de nombreuses autres formes d'énergie sans grande perte. Par exemple, l'énergie électrique peut être presque entièrement convertie en chaleur dans un sèche-cheveux. Vous pouvez également utiliser cette même électricité pour charger votre ordinateur portable.

Nous pouvons utiliser le charbon ou le gaz comme source d'énergie : par exemple, il peut être converti en chaleur (lorsqu'il est brûlé). Toutefois, si nous voulons utiliser le gaz pour charger notre ordinateur portable, nous devons d'abord convertir ce gaz en électricité. Cette opération est possible, mais elle est très inefficace. Seuls 30 à 40 % de l'énergie peuvent être convertis en énergie électrique. Il y a donc beaucoup de pertes dans cette conversion, il suffit de penser aux pertes de chaleur qui sortent des tours de refroidissement des centrales électriques sous forme de vapeur.

Une deuxième façon de classer les types d'énergie consiste à distinguer les sources d'énergie renouvelables des sources d'énergie non renouvelables. 'L'énergie durable, l'énergie verte ou l'énergie renouvelable est une énergie disponible pour l'humanité pendant une période indéfinie et dont l'utilisation ne porte pas atteinte à l'environnement et aux possibilités des générations futures.' [1]

Cela signifie que cette énergie ne s'épuise pas (elle est durable) et qu'elle ne nuit pas à l'environnement (elle est "verte"). Par ailleurs, il existe des sources d'énergie non renouvelables telles que les combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) : ces sources d'énergie s'épuisent dans de plus en plus d'endroits sur terre (elles ne sont pas durables) et nuisent à l'environnement, par exemple par les émissions de CO₂ (elles ne sont pas "vertes").

L'énergie est un vaste concept qu'il n'est pas facile d'appréhender. Pourtant, elle est très importante pour notre vie en tant qu'êtres humains sur Terre. L'énergie ne se voit pas et ne se déplace pas comme la matière ou les objets. Nous achetons tous de l'énergie et il faut donc pouvoir la mesurer.

Pour mesurer la quantité d'énergie électrique que vous consommez à votre domicile et que vous devez donc payer, la compagnie de distribution d'électricité installe un compteur chez vous. Ce compteur mesure la quantité d'énergie électrique que vous avez consommée sur le réseau.

Vous devez payer la quantité d'énergie électrique importée utilisée dans votre maison, exprimée en kilowattheures (kWh). Veuillez à trouver votre compteur d'électricité dans la maison (souvent dans le hall d'entrée ou le garage).

Si vous avez encore un "vieux" compteur (analogique), vous pouvez le voir tourner et compter (comme dans l'exemple de la figure 1).

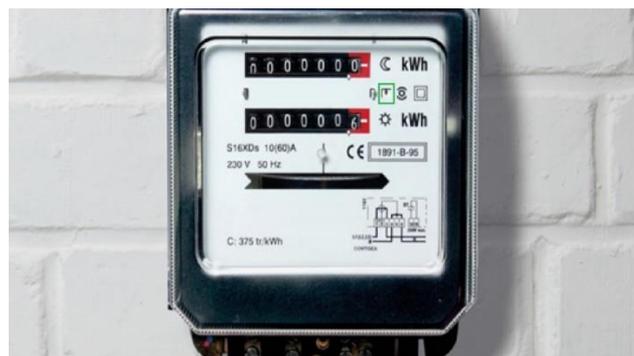


Figure 1: Compteur d'électricité analogique

Beaucoup ont un compteur de jour et un compteur de nuit, comme vous pouvez le voir dans la figure 1 (indiqué par une lune et un soleil). La flèche (indiquée sur la figure par le cadre vert entre le soleil et la lune) indique quel compteur est actif. Le compteur de jour mesure la consommation pendant la journée (jusqu'à 21h00-14h00 selon la région) et le compteur de nuit mesure la consommation durant la nuit (jusqu'à 6h00-7h00) et durant les week-ends.

Il existe désormais des compteurs numériques qui mesurent en continu l'énergie que vous tirez du réseau dans votre maison et l'énergie que vous mettez sur le réseau avec votre maison (si vous avez des panneaux solaires, par exemple).

Qu'est-ce que l'électricité ?

L'électricité est également appelée "puissance ". Pourquoi ?

L'électricité est une forme d'énergie. L'énergie se mesure en joules (J), tout comme la distance en mètres. Nous appelons "joule" l'unité d'énergie.

Regardez le film suivant sur la découverte de l'électricité à travers l'histoire :

L'histoire de l'électricité - <https://www.youtube.com/watch?v=arvwTlemoh8>

Dans cette brochure, nous allons étudier notre consommation d'électricité à la maison. Nous verrons quels sont les appareils qui consomment beaucoup d'électricité, quelle est notre consommation annuelle d'électricité, quel est le prix de l'électricité, comment nous pouvons produire et stocker notre propre électricité à la maison et, bien sûr, comment économiser l'électricité.

LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ D'UN APPAREIL

Quels sont les appareils qui consomment de l'électricité dans votre maison ? Faites une liste et placez l'appareil qui vous semble le plus consommateur en numéro 1.

- | | |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____ |
| 2. _____ | 7. _____ |
| 3. _____ | 8. _____ |
| 4. _____ | 9. _____ |
| 5. _____ | 10. _____ |

Nous allons maintenant voir rapidement comment déterminer quels sont les appareils qui consomment le plus d'énergie dans la maison.

1. La puissance

Lors de l'achat d'un appareil, sa puissance est indiquée. La puissance est la quantité d'énergie consommée par un appareil par unité de temps, par exemple une lampe, un feu électrique, un fer à repasser, une ampoule à économie d'énergie, etc. Elle est exprimée en watts (= W = joules/s).

Lorsque vous achetez un appareil, il est donc important d'examiner attentivement sa puissance nominale. Elle est indiquée sur l'appareil. Examinez les exemples de la figure 2 et indiquez la puissance de chacun d'entre eux.



Figure 2: Exemple d'information bouilloire, machine à café et sèche-linge

Exemple: Un magasin de produits électriques vend 3 sèche-cheveux différents avec les puissances suivantes :

Sèche-cheveux 1: 1400 W (16,95 €)

Sèche-cheveux 2: 2000 W (24,95 €)

Sèche-cheveux 3: 2400 W (59,95 €)

Quel sèche-cheveux donne le plus de chaleur ?

Cela a-t-il une incidence sur la consommation d'électricité et donc sur les factures d'électricité ? Pourquoi ou pourquoi pas ?

La puissance indiquée sur un appareil est la puissance maximale. La plupart des appareils ne fonctionnent pas en permanence à la puissance maximale. Pour connaître la puissance réelle, vous pouvez la mesurer vous-même à l'aide d'un wattmètre mobile. Vous le placez entre la prise murale et l'appareil (voir le dispositif de test à la figure 3).

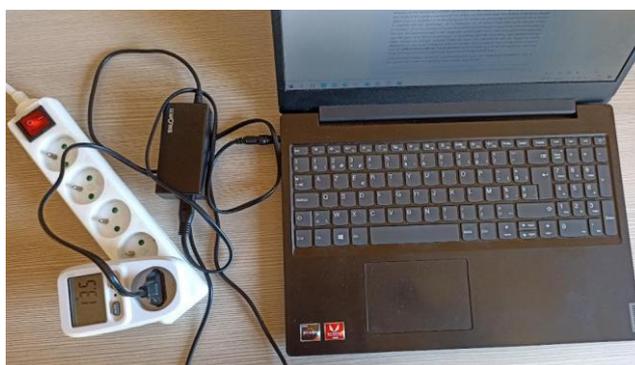


Figure 3: Exemple de configuration de test pour mesurer la puissance d'un ordinateur portable à l'aide d'un wattmètre

Le tableau 1 présente les mesures de la puissance d'un réfrigérateur, d'un congélateur et d'un lave-linge toutes les 20 secondes..

Tableau 1 : 10 mesures de puissance des appareils domestiques

Mesure	Réfrigérateur	Congélateur	Lave-linge
1	43,1 W	58,6 W	180,5 W
2	43,4 W	58,3 W	197,8 W
3	43,7 W	58,9 W	217,9 W
4	44,1 W	58,2 W	248,7 W
5	44,5 W	58,5 W	289,5 W
6	44,7 W	57,8 W	192,2 W
7	45,0 W	57,7 W	147,9 W
8	44,8 W	2,0 W	71,1 W
9	44,0 W	2,0 W	266,1 W

10	1,3 W	2,0 W	94,6 W
Moyenne			

Calculer la moyenne des 10 mesures et l'inscrire à la dernière ligne du tableau 1..

Examinez les valeurs de ces mesures. Qu'est-ce qui ressort ? Que pouvez-vous en conclure ? Vous attendiez-vous à cela ?

Maintenant, commencez par vous-même ! Choisissez six appareils. Regardez la puissance mentionnée sur la plaque signalétique de l'appareil et notez-la :

1. _____ 4. _____
 2. _____ 5. _____
 3. _____ 6. _____

Mesurez la puissance effective de ces appareils à l'aide d'un wattmètre mobile. Cette valeur peut fluctuer. Effectuez donc 10 mesures toutes les 20 secondes. Comparez vos mesures avec celles d'un autre élève et interprétez les différences. Calculez la moyenne. Inscrivez les données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Mesures de la puissance des appareils ménagers personnels

Mesure
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Moyenne						

2. Kilowattheure

La consommation d'électricité est exprimée en kilowattheures (kWh), comme la consommation de gaz. Cette unité kWh est utilisée pour la quantité d'énergie électrique que nous consommons, que les panneaux solaires produisent par exemple, ou qui est stockée dans une batterie. 1 kWh = 1000 Wh = 3 600 000 joules

Calculez le nombre de kilowattheures que vous consommez pour faire fonctionner une ampoule LED de 5 watts pendant 10 heures.

Si vous achetez 1 kWh d'énergie, que pouvez-vous en faire ? Est-ce beaucoup ou peu ?

Lisez la figure 4 pour savoir ce que vous pouvez faire avec 1 kilowattheure..

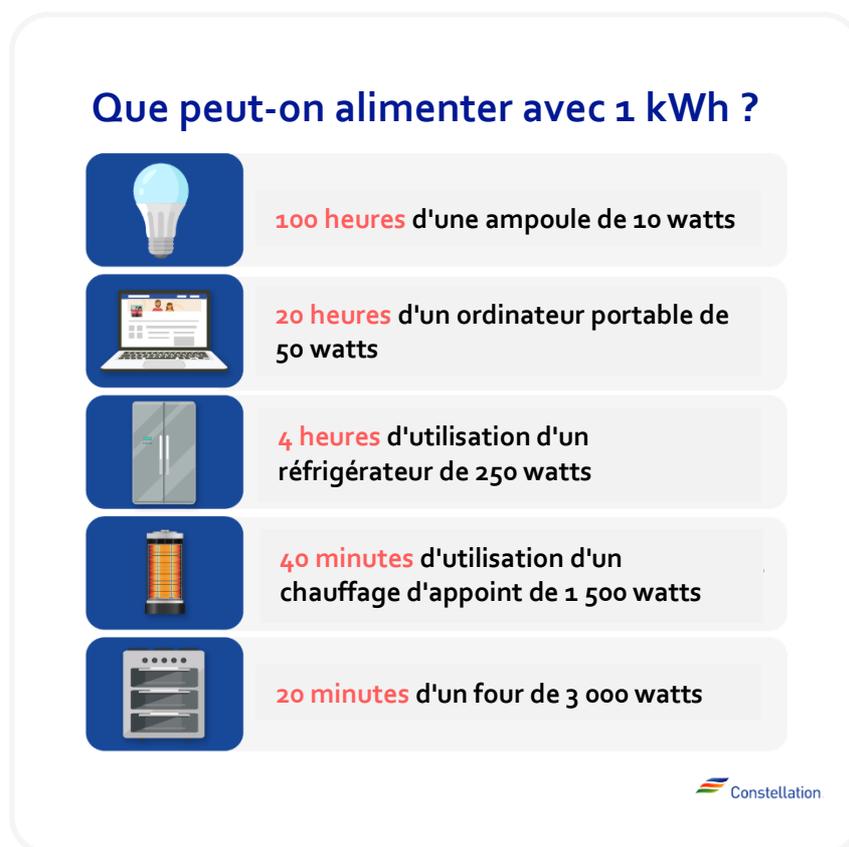


Figure 4 : Que peut-on faire avec 1 kWh ? [2]

3. Calculer la consommation d'un appareil

La consommation d'un appareil en kilowattheures (kWh) est calculée sur la base de :

de la puissance (exprimée en kilowatts)

X

la durée d'utilisation : le nombre d'heures par jour et de jours par an (durée + fréquence)

[3].

Calculez la consommation des appareils que vous utilisez souvent à la maison et complétez le tableau 3 ci-dessous.

- Commencez par déterminer **la puissance de l'appareil** en la lisant sur l'appareil, en la mesurant à l'aide d'un wattmètre mobile ou en consultant la puissance du même type d'appareil sur Internet. Exprimez cette puissance en kilowatts. Inscrivez-la dans la **deuxième colonne** du tableau 3.

Par exemple, la puissance de votre aspirateur est de 900 watts = 0,900 kW

- Dans la troisième colonne, indiquez combien d'heures par an, vous utilisez cet appareil. Faites une estimation!

Par exemple, vous utilisez votre aspirateur pendant 2 heures par semaine, soit 2 X 52 heures = 104 heures = 104 h par an.

- En fonction de la puissance et de la durée d'utilisation par an, calculez la consommation de chaque appareil par an en kilowattheures (kWh) et notez-la dans la quatrième colonne. Par exemple, l'aspirateur de 900 W que vous utilisez 104 h par an consomme 0,900 kW X 104 h = 93,6 kWh par an..
- Dans la dernière colonne, inscrivez le prix de revient par an. Le prix de revient dépend du type de contrat et du fournisseur. Dans ces calculs, vous pouvez calculer 0,57 euros par kilowattheure (le prix de l'énergie élevé de décembre 2022 pour les ménages ayant une consommation moyenne). [4]

Par exemple, l'utilisation de l'aspirateur par an coûte 93,6 kWh X 0,57 €/kWh = 53,4€.

Dans la maison, allez chercher trois appareils supplémentaires qui consomment de l'électricité. Inscrivez-les dans les colonnes vides du tableau 3. Pour ces appareils également, déterminez leur puissance et calculez le prix que vous payez pour eux par an.

Tableau 3: Puissance, consommation et coût des appareils ménagers par an

Appareil	Puissance (kW)	Utilisation par jour (u) x nombre de jours par an	Consommation par an (kWh)	Prix / an (€)

Aspirateur	0,900 kW	2 h x 52 jours	93,6 kWh	53,4 €
Cuisinière				
Four				
Micro-onde				
Frigo				
Congélateur				
Lave-linge				
Sèche-linge				
Lave-vaisselle				
Bouilloire				
Café				
Ordinateur portable				
GSM				
Télévision				
Lampadaire halogène				
Lampe économique				
Lampe de bureau LED				
Total				

Dans la dernière ligne du tableau 3, calculez la consommation totale et le coût total de l'électricité par an dans votre foyer. Nous supposons ici que tous les appareils électriques de votre maison sont répertoriés dans ce tableau (vous pouvez approfondir cette question chez vous).

Calculez ensuite le pourcentage de consommation annuelle des cinq appareils qui consomment le plus d'électricité : mettez-les dans un tableau et faites-en un diagramme à barres sur une page séparée.

Accrochez ce diagramme à un endroit visible chez vous afin de faire savoir à vos colocataires quels sont les appareils qui consomment beaucoup d'électricité.

Regardez maintenant la figure 5 pour comparer vos données sur la consommation d'électricité des différents appareils de votre maison pendant un an avec les moyennes de la brochure de Sibelga..

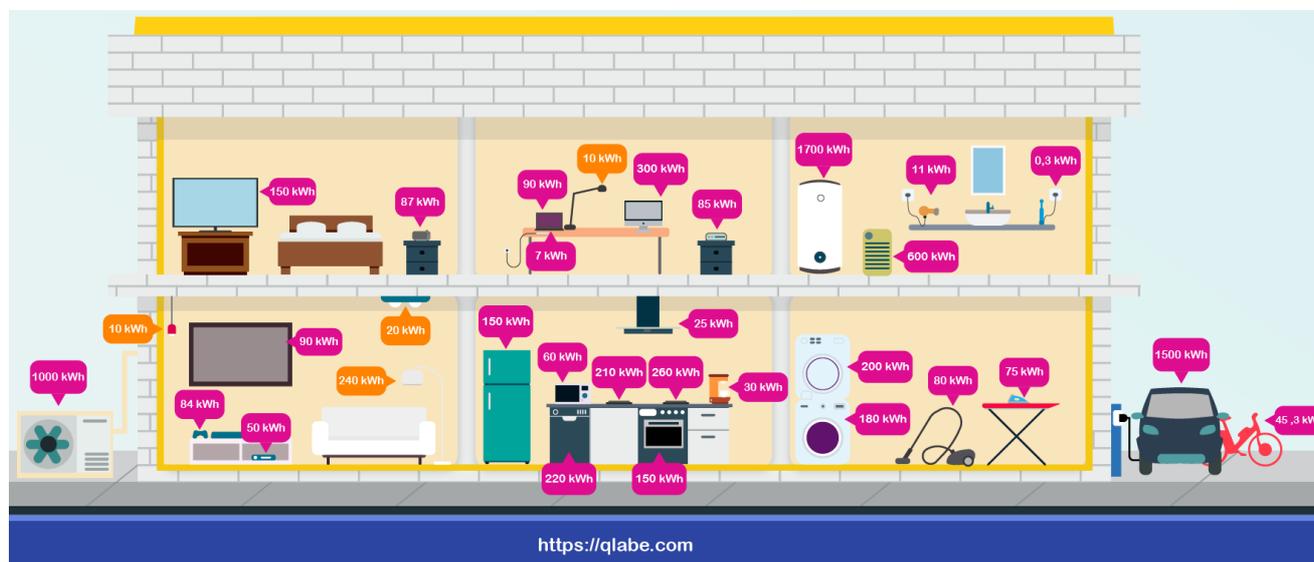


Figure 5: Consommation d'électricité par an des appareils ménagers [3].

4. Étiquettes énergétiques

L'efficacité énergétique varie fortement d'un appareil à l'autre. C'est pourquoi chaque appareil se voit attribuer une étiquette-énergie. Ces étiquettes énergétiques aident à choisir un appareil ménager adapté : elles fournissent des informations sur la consommation d'énergie. Elles classent les appareils ménagers en fonction de leur consommation d'énergie sur une échelle allant de A à G, A (ou étiquette verte) représentant les appareils les plus économes en énergie et G (ou étiquette rouge) ceux qui consomment le plus d'énergie. Cela permet aux acheteurs d'économiser de l'argent en choisissant des produits qui consomment moins d'énergie. Il encourage également les entreprises à concevoir des produits qui consomment moins d'énergie. [5,6]

Les progrès technologiques rendent les appareils de plus en plus efficaces sur le plan énergétique. Par conséquent, de plus en plus d'appareils appartiennent à des classes énergétiques supérieures à A (de A+ à A+++). Afin de distinguer plus clairement les appareils les plus efficaces des moins efficaces, les échelles ont été adaptées à un système plus simple allant de A à G. Un appareil portant l'ancienne étiquette A+++ peut donc porter la nouvelle étiquette B ou C. La nouvelle classe A n'inclut pas encore les appareils.

Les nouvelles étiquettes sont obligatoires pour un certain nombre d'appareils (machines à laver, téléviseurs et ordinateurs, réfrigérateurs, lave-vaisselle). Si vous entrez dans un magasin

d'électroménager qui vend ces appareils, vous reconnaîtrez immédiatement les étiquettes. Pour certains appareils, on utilise encore les anciennes étiquettes énergétiques (de A+++ à G). La figure 6 montre les différences entre les anciennes et les nouvelles étiquettes énergétiques.[7]

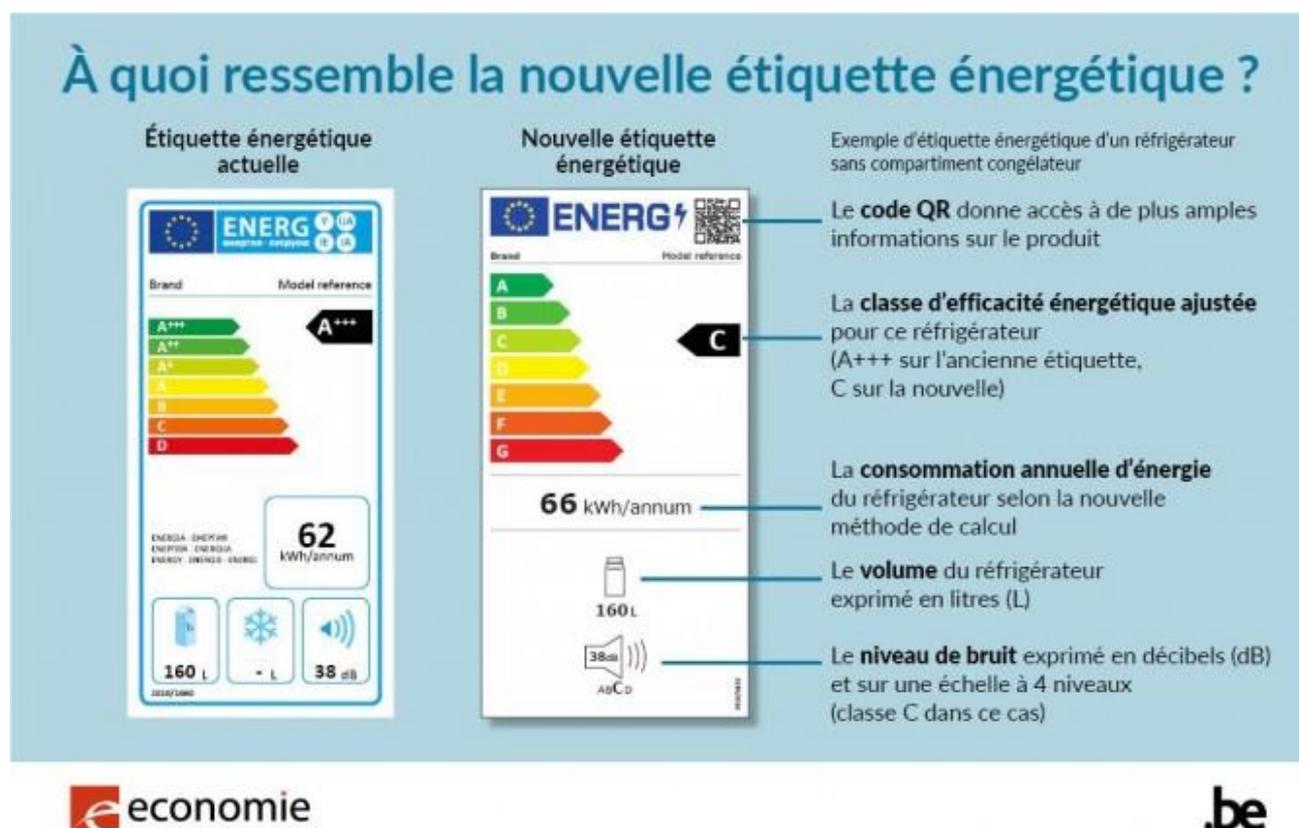


Figure 6: Nouveau label énergétique avec explication [7]

Le lave-vaisselle portant l'ancienne étiquette énergétique A+++ de la figure 6 reçoit maintenant une nouvelle étiquette B. Cela signifie-t-il que ce lave-vaisselle est devenu moins efficace sur le plan énergétique ?

Testaankoop a mentionné dans un article du 22 septembre 2017 que l'Europe a imposé une nouvelle directive limitant la consommation d'énergie des aspirateurs. Depuis septembre 2017, la puissance maximale est limitée à 900 watts. [8]

Pourquoi interdit-on les aspirateurs de grande puissance ?

À la maison, recherchez vous-même les appareils munis d'une étiquette énergétique et voyez à quelle classe ils appartiennent.

CONSOMMATION TOTALE D'ÉLECTRICITÉ À DOMICILE

1. Consommation d'électricité par jour et par mois

Vous pouvez consulter les graphiques de votre consommation d'électricité dans votre dossier EnergielD. Si vous disposez d'un compteur jour et nuit, cette consommation est présentée dans deux graphiques distincts. Si vous avez également des panneaux solaires, vous verrez également des graphiques de la production de vos panneaux solaires (jour et nuit) et de l'injection d'électricité dans le réseau (avec éventuellement des mesures séparées pour le jour et la nuit).

Vous pouvez consulter votre consommation d'électricité par jour et par mois.

Les figures 7 et 8 montrent la consommation d'électricité d'une famille pendant une journée, respectivement mesurée par le compteur de jour et le compteur de nuit.

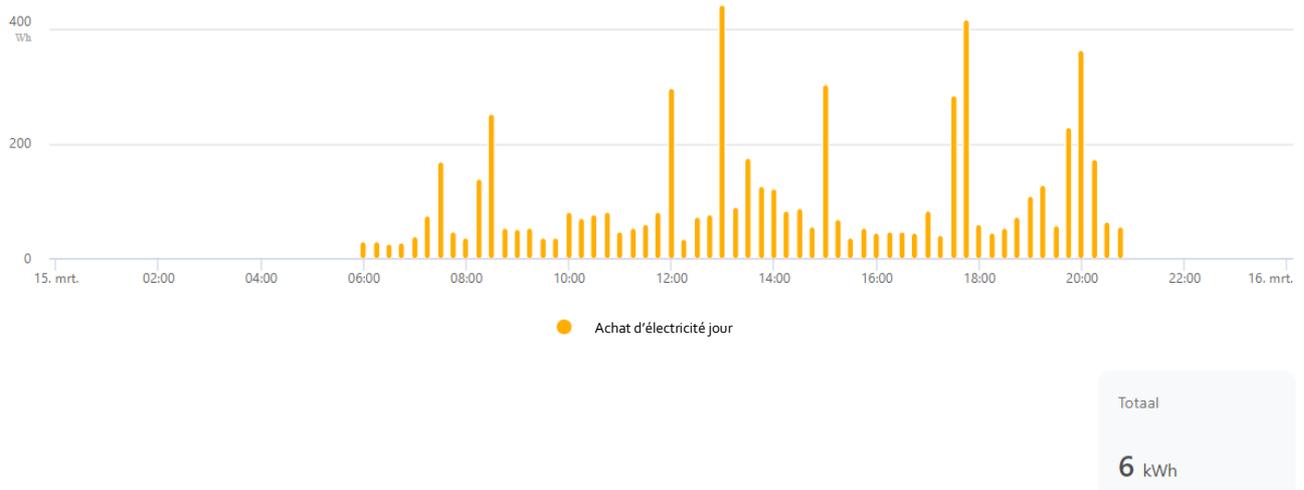


Figure 7: Consommation d'électricité d'un ménage par quart d'heure mesurée par le compteur journalier le 15 mars 2023 [9]

Examinez les figures 7 et 8. À quelles heures cette famille consomme-t-elle le plus d'électricité ? Quelle en est la cause ?



Figure 8: Consommation d'électricité d'un ménage par quart d'heure mesurée par le compteur de nuit le 15 mars 2023 [9]

Les figures 9, 10 et 11 montrent la consommation d'électricité du compteur de jour, du compteur de nuit et des deux compteurs ensemble d'une famille par mois, respectivement..

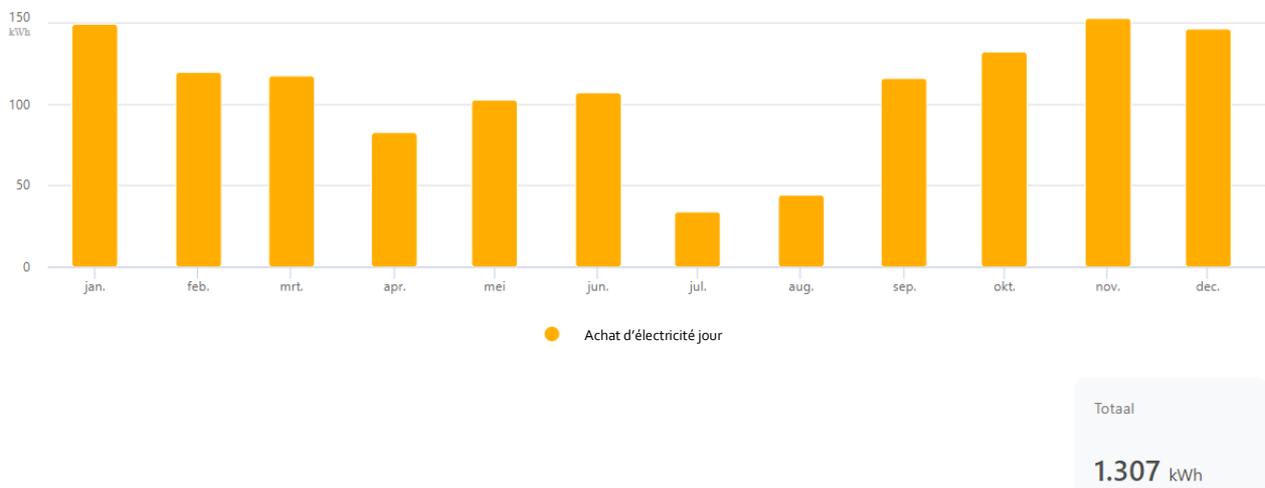


Figure 9: Consommation d'électricité d'un ménage par mois en 2022, mesurée par le compteur journalier [9]

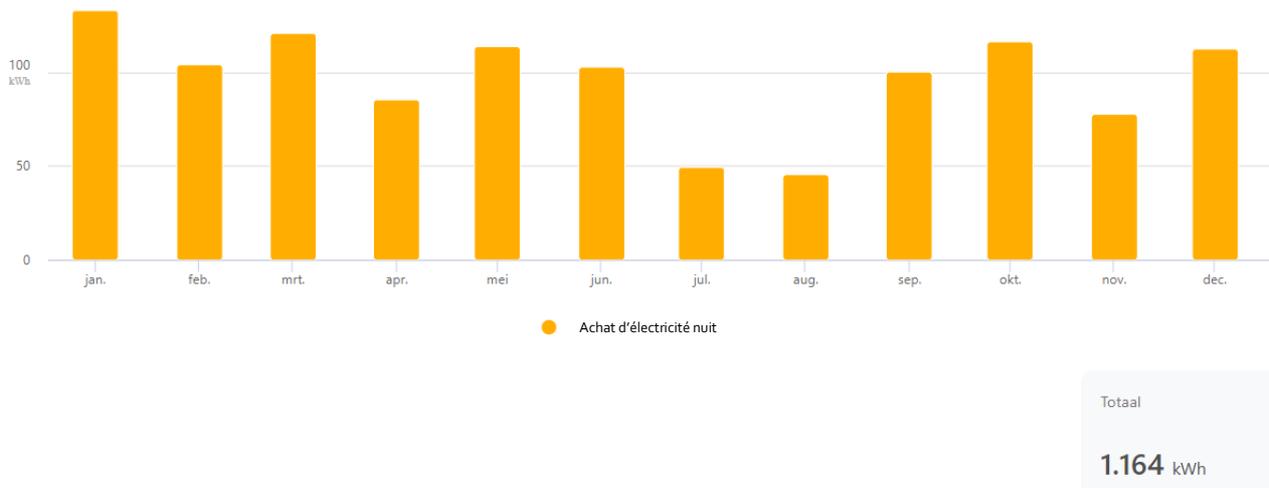


Figure 10: Consommation d'électricité d'un ménage par mois en 2022, mesurée par un compteur de nuit [9]



Figure 11: Consommation totale d'électricité des ménages par mois en 2022 (jour + nuit) et consommation prévue [9]

Quelle est la consommation d'électricité de cette famille par mois ? Comparez la consommation au cours des différents mois. Comment pouvez-vous expliquer ces différences ?

Vérifiez votre consommation d'électricité à la maison en moyenne par jour et par mois (voir l'aperçu dans EnergielD). Voyez-vous des pics et des creux ? Pouvez-vous les expliquer ?

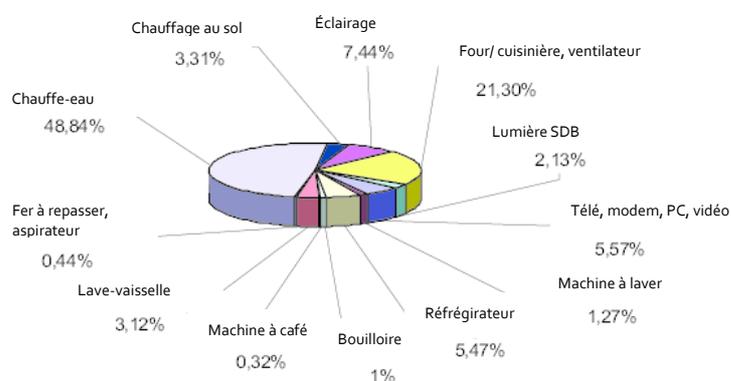
Nous comparons la consommation d'électricité par jour et par mois au sein du groupe.
Constatons-nous des différences et comment pouvons-nous les expliquer ?

2. Consommation moyenne des ménages et coût

En 2020, la consommation moyenne d'électricité d'une famille flamande était de 2944 kWh par an[4]. Le tableau 4 montre la consommation moyenne par appareil en Europe..

Table 4: Consommation d'électricité par catégorie de consommation (valeurs de référence européennes) [10]

Load name(s)	ON-time per day	ON-time/day, %
Réfrigérateur	15 h 36 min	65
Télé, modem, PC, vidéo	12 h 42 min	53
Éclairage	7 h 58 min	33
Chauffe-eau	5 h 46 min	24
Chauffage au sol	4 h 5 min	17
Lumière SDB	2 h 57 min	12
Four/cuisinière, ventilateur	2 h 12 min	9
Fer à repasser, aspirateur	2 h 2 min	8
Lave-vaisselle	1 h 7 min	5
Machine à laver	32 min	2
Machine à café	10 min	0,7
Bouilloire électrique	7 min	0,55



Comparez votre consommation annuelle moyenne à domicile avec la moyenne européenne et avec la catégorie de consommation qui correspond le mieux à votre situation. Quelle est la différence ? Comment pouvez-vous l'expliquer ?

COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ

Nous devons payer pour l'énergie, mais nous ne payons pas seulement pour l'électricité que nous consommons chaque année. Ce n'est qu'une partie de la facture annuelle d'électricité. Nous payons également une sorte d'abonnement annuel. Nous payons également la livraison de l'électricité à notre domicile (ce sont les tarifs nets). En outre, le gouvernement fédéral et le gouvernement flamand prélèvent un certain nombre de taxes sur l'énergie. On peut comparer cela au coût d'une voiture : vous achetez ou louez une voiture, mais vous payez également des frais d'entretien, du carburant, des taxes, etc.

Les composantes du prix de l'énergie sont résumées ci-dessous:

- Coût de l'énergie : varie d'un fournisseur à l'autre
 - o Cotisation annuelle
 - o Composante énergétique : consommation d'électricité
 - Fixe : montant fixe pour chaque kWh consommé

- Variable : le montant dépend de l'évolution du paramètre d'indexation dans le contrat
- Dynamique (uniquement possible avec un compteur d'électricité numérique) : la consommation d'électricité est facturée par heure ; le montant dépend de l'évolution des prix sur le marché de l'énergie + profil de prélèvement
 - Tarifs de réseau : distribution et transmission
 - Les prélèvements [11,12]

Le régulateur flamand du marché de l'électricité et du gaz (VREG) a créé un test en ligne non commercial (le V-test) pour aider les gens à trouver le contrat d'énergie qui leur convient le mieux. Ce test compare différents contrats d'énergie et fournisseurs et estime le prix annuel que vous paieriez pour chacun des contrats proposés. Vous pouvez effectuer ce V-test via le site web suivant : <https://vtest.vreg.be/> [13]

Les prix de l'électricité ont fortement augmenté au cours de l'année écoulée. L'évolution du prix par kilowattheure et par an est présentée, respectivement, dans les figures 12 et 13.

Dans la figure 12, examinez la structure du prix de l'électricité par kilowattheure. Quelle(s) partie(s) du prix de l'énergie a (ont) changé de manière significative au cours de l'année écoulée ?

Estimer quel pourcentage du coût de mars 2023 la consommation d'électricité représente-t-elle.

Combien avez-vous payé par kilowattheure en septembre 2022 et en mars 2023 ?

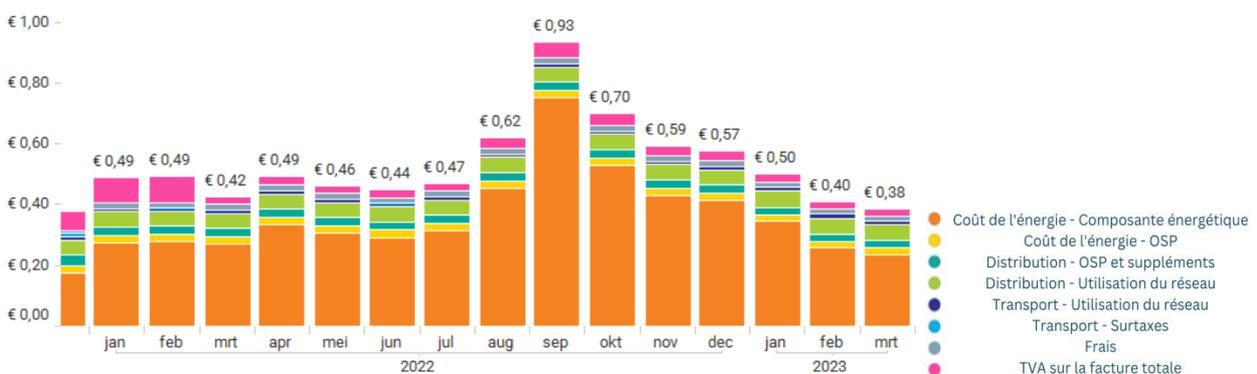


Figure 12: Coût d'un kWh d'électricité (évolution par mois, pour les foyers ayant une consommation moyenne) [4]

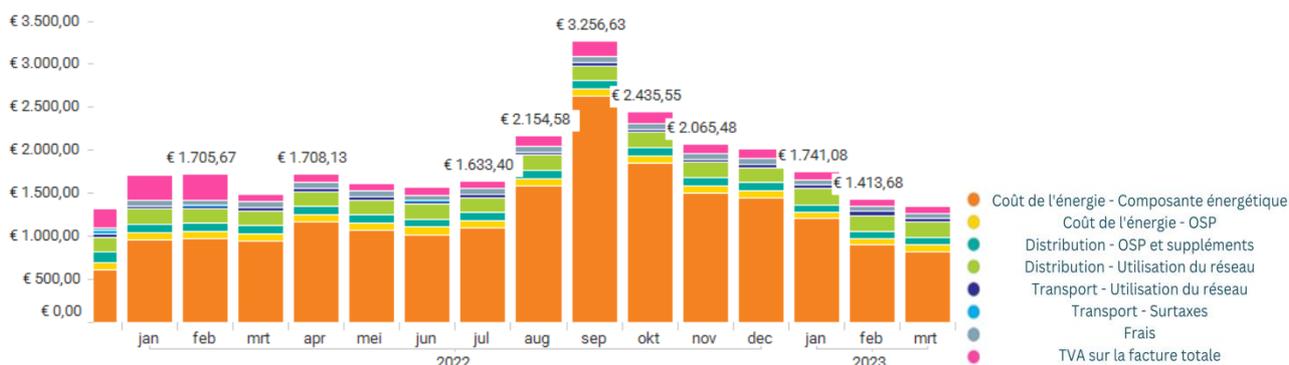


Figure 13: Coût de l'électricité par an (évolution par mois, pour les foyers ayant une consommation moyenne) [4]

Décrivez l'évolution du prix de l'électricité de janvier 2022 à janvier 2023?

PRODUIRE SA PROPRE ÉLECTRICITÉ À DOMICILE

1. Panneaux solaires

Les panneaux solaires photovoltaïques sont de plus en plus souvent installés sur les toits des maisons pour produire leur propre électricité (convertir l'énergie du soleil en énergie électrique).

Quelle est la quantité d'électricité produite par les panneaux solaires ?

Au cours de la journée et en fonction des nuages, une quantité variable de lumière solaire atteint les panneaux solaires. Chaque panneau solaire, à l'achat, a une puissance maximale qu'il peut fournir selon les spécifications du fabricant. En général, cette puissance est de 300 W par panneau. S'il y a donc 20 panneaux sur le toit, vous pouvez produire un maximum de 6000 W = 6 kW d'énergie électrique. 6 kW est une puissance de pointe, qui n'est atteinte que dans des conditions idéales. Pour une journée d'hiver ensoleillée typique, 6 heures d'une puissance d'environ 4000 W peuvent produire un rendement de $6 \times 4000 \text{ W} = 24000 \text{ Wh} = 24 \text{ kWh}$.

Estimez la quantité d'électricité que les panneaux solaires peuvent produire lors d'une journée ensoleillée en été.

Que devient l'énergie électrique produite ?

Il existe deux façons d'utiliser à bon escient l'énergie électrique produite par les panneaux solaires.

1. Tout d'abord, vous pouvez utiliser cette énergie pour les appareils électriques de votre maison, tels qu'une cuisinière électrique, un système de musique, un ordinateur, un réfrigérateur, des lampes, etc. C'est aussi l'utilisation la plus intéressante.
2. L'énergie restante qui ne peut être utilisée ou stockée par vous-même est mise sur le **réseau de distribution d'électricité en dehors de votre domicile** (exportée). Cette énergie peut alors être utilisée par un autre client de votre fournisseur d'électricité. Votre compteur numérique de la société de distribution enregistre la quantité d'énergie que vous mettez ainsi sur le réseau, qui vous est ensuite remboursée lorsque vous êtes facturé pour votre consommation d'électricité. Toutefois, vous serez toujours moins remboursé pour un kWh que vous mettez sur le réseau ou que vous exportez que vous ne devez payer pour un kWh que vous enlevez ou que vous importez et que vous consommez à partir du réseau, car vous devez payer des frais de transport pour chaque transfert d'énergie vers le réseau ou à partir du réseau. Il est donc évident qu'il vaut mieux utiliser soi-même la plus grande partie possible de l'énergie produite dans des appareils électriques.

Pour minimiser les coûts énergétiques, vous pouvez essayer de faire coïncider autant que possible vos habitudes avec la production d'énergie solaire.

Comment faire ?

Les personnes qui possèdent leurs propres panneaux solaires peuvent vérifier la production des panneaux solaires sur le tableau de bord d'EnergieID. Dans la figure 14, vous pouvez voir la production d'électricité des panneaux solaires d'une famille par mois.



Figure 14: Production d'électricité par les panneaux solaires d'une famille par mois (2022) [10]

La quantité d'électricité produite par les panneaux solaires qui ne peut être consommée est renvoyée au réseau. Il s'agit de l'injection d'électricité. Les figures 15 et 16 montrent l'injection d'électricité de cette même famille.

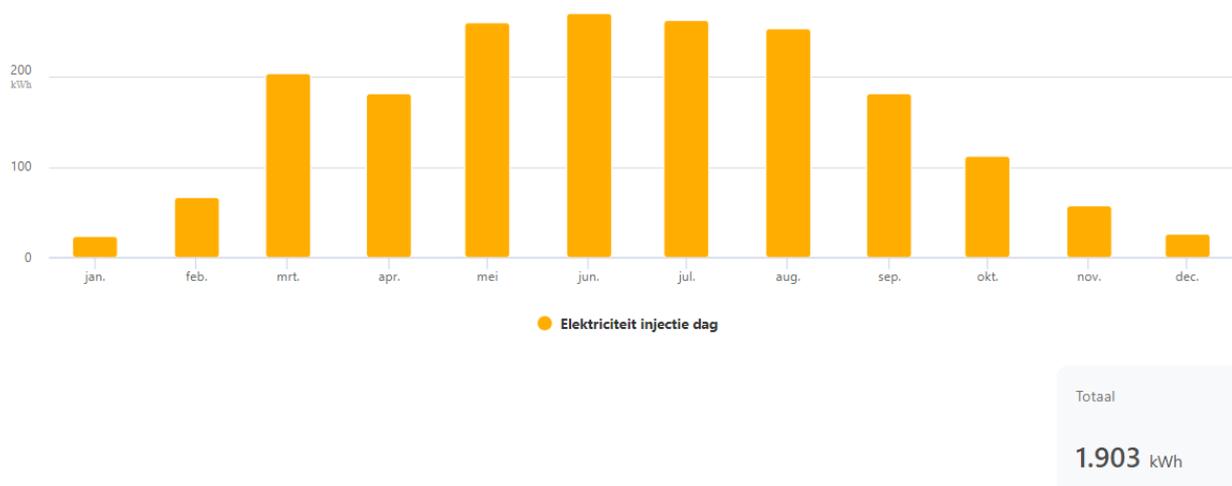


Figure 15: Injection d'électricité d'un ménage mesurée par le compteur journalier (2022) [10]

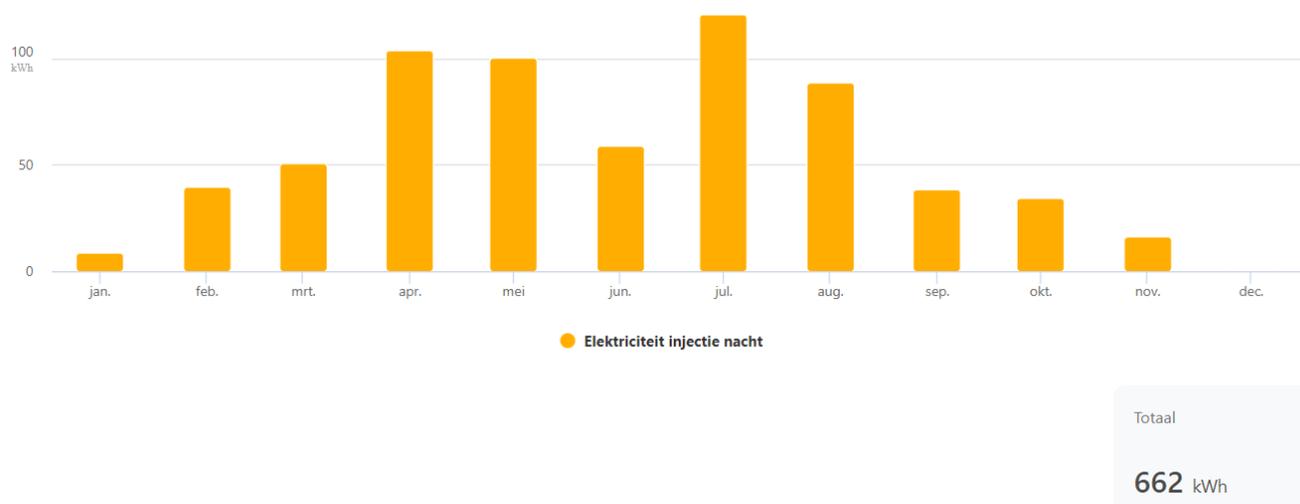


Figure 16: Injection d'électricité d'un ménage mesurée par le compteur de nuit (week-ends inclus) [10]

Notez que l'échelle de l'axe Y n'est pas la même dans les différentes figures !

Calculez le nombre de kilowattheures et le pourcentage d'électricité autoproduite consommés par la famille elle-même chaque mois. Inscrivez les valeurs arrondies dans le tableau 5.

Tableau 5 : Calcul de la quantité (en kWh) et du pourcentage d'énergie autoproduite par mois

	Jan	Fev	Ma	Avr	Mai	Juin	Jul	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
kWh												
%												

Quelles sont les périodes où l'on peut utiliser le plus d'électricité à partir des panneaux de sa propre zone ?

Vous attendiez-vous à cela ?

Les figures 17 et 18 montrent la quantité d'électricité encore prélevée sur le réseau par ce ménage.

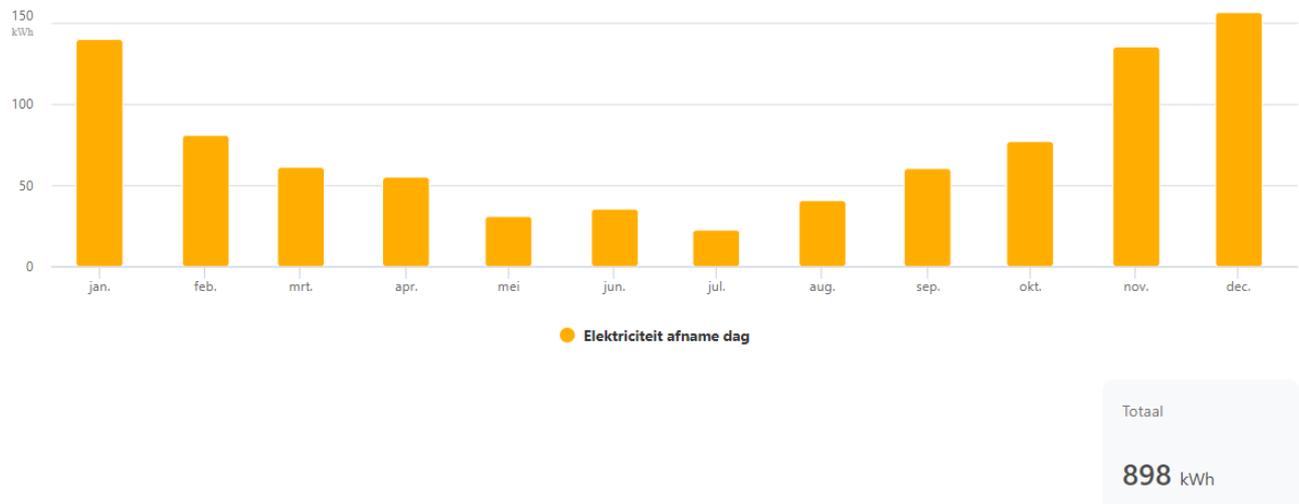


Figure 17 : Consommation d'électricité d'un ménage mesurée par le compteur journalier [10]

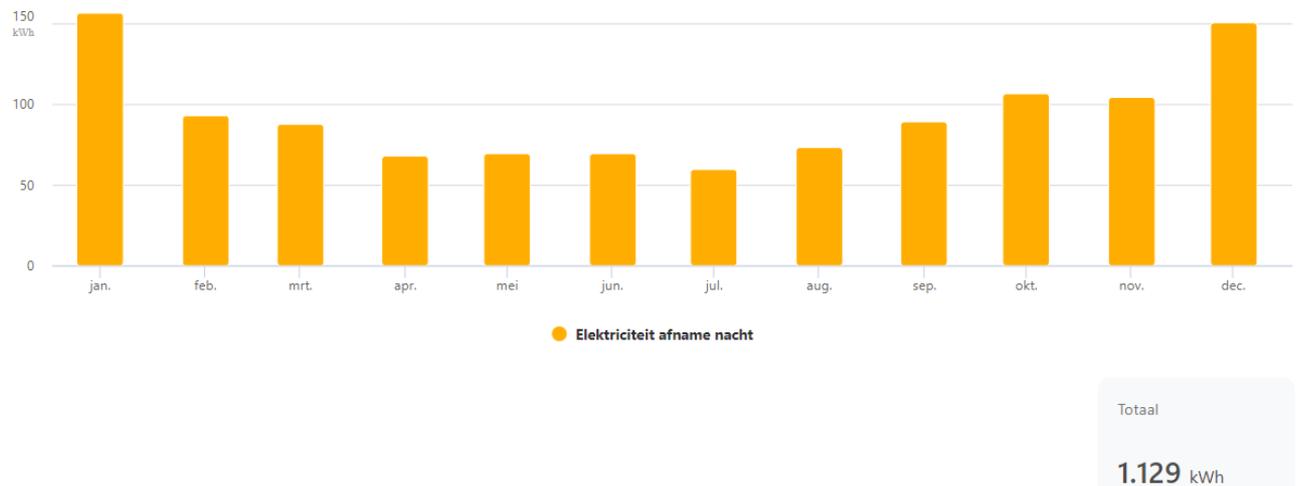


Figure 18 : Consommation d'électricité d'un ménage mesurée par le compteur de nuit [10]

Comment se fait-il que, même pendant les mois d'été, de l'électricité soit encore prélevée sur le réseau alors que de l'électricité est également rejetée sur le réseau ?

2. Combinaison de panneaux solaires et d'une batterie domestique

Les propriétaires de panneaux solaires utilisent en moyenne 30 % de l'énergie qu'ils produisent eux-mêmes. Pour utiliser encore davantage l'énergie solaire autoproduite, de plus en plus de ménages installent une batterie domestique. En moyenne, une batterie domestique a une capacité de stockage de 2 à 10 kWh. Si vous disposez d'une batterie domestique, l'énergie produite par les panneaux solaires qui ne peut pas être utilisée immédiatement peut être stockée dans cette batterie domestique. L'énergie stockée dans la batterie domestique peut être utilisée ultérieurement (lorsque le soleil ne brille pas, par exemple le soir ou la nuit).

Lorsque la batterie domestique est entièrement chargée, il n'est plus possible d'y ajouter quoi que ce soit (comme un bateau entièrement rempli). Le reste de l'énergie produite par les panneaux solaires sera alors injecté dans le réseau afin de continuer à en tirer profit.

Si vous disposez d'une commande intelligente pour votre batterie solaire et domestique, elle fonctionnera selon cette préférence : la consommation propre de vos appareils en premier, puis la batterie domestique et le surplus sur le réseau (exportation).

Pour comprendre la coopération entre les panneaux solaires et une batterie domestique, prenons deux exemples..

La figure 19 montre un exemple de 20 panneaux solaires qui ont produit un total de 9,71 kWh d'énergie électrique un jour d'hiver (le 22 décembre 2021). Ils n'ont jamais produit plus de 4 kW de puissance. Comme il s'agit d'une des journées les plus courtes, ils n'ont produit de l'énergie que de 9 heures à 16 h 15. Vous pouvez donc constater que la puissance maximale de 6 kW n'est pas fournie tous les jours ou pendant toute la durée de la journée.



Figure 19: Puissance produite par les panneaux solaires le 22 décembre 2021 pendant 1 jour [14,15]

La Figure 20 montre la puissance consommée par les panneaux solaires eux-mêmes (en bleu). En vert, la puissance produite par les panneaux solaires est affichée : cette ligne est difficile à distinguer car elle correspond presque toute la journée à la ligne verte. Seulement vers midi, la ligne verte est très brièvement légèrement supérieure à la ligne bleue, comme vous pouvez le voir sur l'agrandissement. La quantité d'énergie électrique produite par les panneaux solaires est presque entièrement consommée à domicile ou stockée dans la batterie. Presque rien n'est fourni au réseau. Vous pouvez voir dans la Figure 20 que l'exportation totale de 0,02 kWh ce jour-là est vraiment très faible.

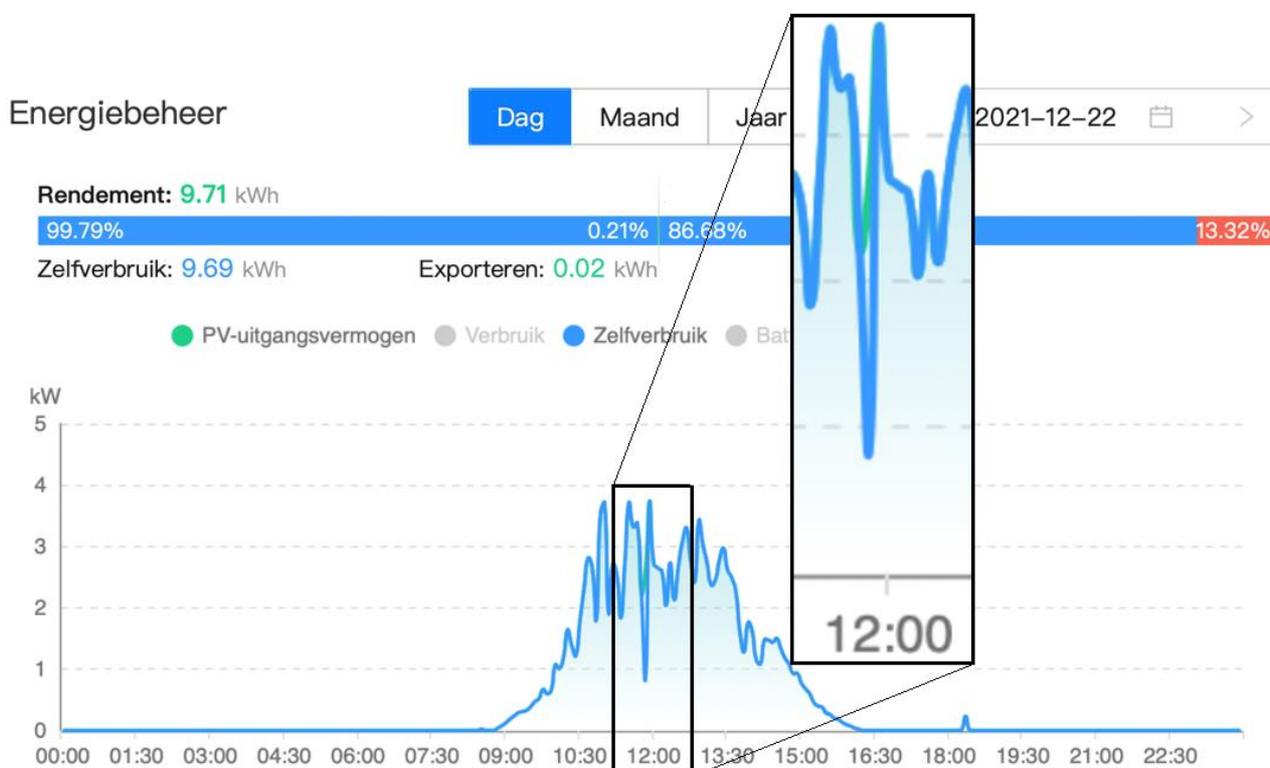


Figure 20:

Puissance auto-consommée dans le logement le 22 décembre 2021 pendant une journée avec une quantité totale d'énergie de 9,69 kWh. [14,15]

Qu'est-ce qui ressort de la consommation électrique de cette famille ? En quoi cela diffère-t-il de la consommation électrique de votre famille ?

Les panneaux solaires ne fournissent pas suffisamment d'électricité : l'énergie électrique supplémentaire nécessaire est prélevée sur le réseau. Bien sûr, nous consommons également de l'énergie électrique en dehors des heures ensoleillées. Quels appareils dans votre maison consomment de l'électricité en dehors des heures ensoleillées?

Dans un deuxième exemple, nous examinons maintenant un graphique complet montrant l'évolution de cinq puissances énergétiques mesurées (5 courbes) à une date différente, soit le 21 décembre 2021 (voir Figure 21). À partir de cela, nous en apprenons davantage sur l'événement énergétique de toute la maison.



Figure 21: Circulation of 5 powers of energy in the house in 1 day (21 December 2021) [14,15]

Dans la figure 21, nous constatons ce qui suit:

- La quantité totale d'énergie produite par les panneaux solaires (efficacité) le 21 décembre était de 12,72 kWh.
- L'évolution de la puissance fournie par les panneaux solaires est représentée par la courbe verte (Puissance de sortie des panneaux solaires).
- La ligne rouge montre la 'consommation' par les appareils ménagers de la maison. Vous pouvez voir que la puissance électrique est consommée tout au long de la journée, mais surtout à midi pour la cuisinière dans la cuisine.
- La ligne bleu foncé montre la puissance chargée sur la batterie. Cela correspond assez bien à la courbe verte de la production, jusqu'à ce que la puissance devienne totalement nulle à 13h45 et reste nulle à partir de ce moment car la batterie est alors complètement chargée.
- La courbe violette montre l'évolution de la décharge de la batterie domestique. Vous pouvez voir qu'elle correspond généralement assez bien à la courbe rouge de consommation à partir de 15h45, lorsque le soleil ne brillait plus sur les panneaux (la courbe violette est au-dessus de la courbe rouge).
- Sur la production totale des panneaux solaires de 12,72 kWh, 10,56 kWh sont soit consommés par les appareils, soit chargés dans la batterie, et l'excédent de 2,16 kWh est fourni au réseau externe pour d'autres utilisateurs (exportation).
- En examinant la consommation totale d'énergie électrique ce jour-là (12,48 kWh), on constate qu'une partie a été importée (3,57 kWh) depuis le réseau et qu'une autre partie a été auto-fournie (autoconsommation), soit 8,91 kWh. Comme la batterie était vide au début de la journée, de minuit jusqu'à ce que les panneaux solaires commencent à fournir de l'énergie, la consommation domestique devait être fournie par le réseau électrique externe. Vous pouvez voir que la courbe rouge de minuit à environ 9h est donc plus élevée : cela signifie un total de 3,57 kWh importés depuis le réseau. Le reste de l'énergie (auto-suffisance) de 8,91 kWh consommée à domicile provient directement de l'énergie solaire générée ou de la batterie.

Calculer la quantité d'énergie restante dans la batterie pour le lendemain.

Si nous examinons maintenant les flux d'énergie sur la Figure 21, nous pouvons distinguer quatre intervalles de temps différents avec des modes de fonctionnement différents de l'ensemble du système.

Période 1, de minuit à environ 9h30 : c'est ici que la courbe rouge est plus élevée et les autres courbes sont presque complètement à zéro. C'est donc une période où de l'énergie a été consommée et où les panneaux solaires et la batterie domestique n'ont presque rien fourni pour cette consommation. C'est là que nous utilisons de l'énergie provenant du réseau (importation). C'est une période d'importation depuis le réseau. Il y a une importation de 3,57 kWh d'énergie depuis le réseau ce jour-là.

Période 2, d'environ 9h30 à 13h45 : là, la courbe verte de la production d'énergie des panneaux solaires coïncide presque entièrement avec la courbe bleu foncé du stockage (chargement de la batterie), sauf vers midi lorsque la cuisson électrique a lieu, créant ainsi des pics rouges. C'est la période de fonctionnement autonome du système à domicile, loin du réseau. La plupart de l'énergie est stockée sur la batterie domestique et bien utilisée également dans la cuisine autour de midi.

Période 3, d'environ 13h45 à environ 15h45 : ensuite, la courbe verte de production d'énergie des panneaux solaires se poursuit alors que la courbe bleu foncé du stockage est tombée à zéro parce que la batterie est entièrement chargée. La consommation propre dans la maison est très limitée (courbe bleue), et donc l'énergie est alors injectée sur le réseau (exportation). C'est la période de production des panneaux solaires où 2,16 kWh sont 'exportés' vers le réseau.

Période 4, d'environ 15h45 à minuit : ici, la courbe verte est à zéro car il n'y a pas de production des panneaux solaires, et là, la courbe violette de décharge de la batterie domestique coïncide presque entièrement avec la courbe rouge de consommation dans la maison. En d'autres termes, les appareils dans la maison n'utilisent que l'énergie de la batterie domestique. C'est à nouveau une période de fonctionnement autonome indépendant du réseau. Ici, vous pouvez voir l'utilité d'une batterie domestique.

Ensemble, ces deux périodes de fonctionnement autonome du système d'énergie électrique fournissent une utilisation pratique de 10,56 kWh d'énergie solaire pour la maison ce jour-là. En estimant combien la courbe rouge de consommation est en dessous de la courbe verte pendant la période ensoleillée de cette journée, on peut voir que l'autoconsommation serait bien moindre s'il n'y avait pas de batterie domestique.

Ainsi, ce n'est pas si facile à gérer, mais nous pouvons en tirer beaucoup d'enseignements. Malgré le fait que ce jour-là, les 12,72 kWh d'énergie générés par les panneaux solaires correspondaient approximativement aux 12,48 kWh d'énergie consommés dans la maison, il a encore fallu prélever 3,57 kWh d'énergie sur le réseau le matin parce que la batterie était vide au début de la journée. Pendant la journée, lorsque la batterie était pleinement chargée, 2,16 kWh d'énergie ont été injectés dans le réseau. Ainsi, la production et la consommation d'énergie de la maison n'ont pas fonctionné en autonomie tout le temps.

Si l'on observe cela sur plusieurs jours, on peut constater qu'il y a des jours où aucune énergie n'est échangée avec le réseau. D'autres jours avec beaucoup de soleil, rien n'est prélevé sur le réseau, mais seule l'énergie non consommée ou stockée est injectée sur le réseau. Il y a également des jours avec peu de soleil où seule l'énergie est consommée depuis le réseau et rien n'est injecté sur le réseau.

Regardez maintenant quelques autres jours tels que présentés dans les diagrammes quotidiens de la Figure 22. Associez les activités quotidiennes suivantes aux diagrammes appropriés A, B, C et D.

1. Une production importante des panneaux solaires et une charge rapide complète de la batterie domestique, puis, une fois qu'elle est pleinement chargée, une autre grande quantité d'énergie est exportée vers le réseau..

= diagramme _____

2. Alternance de soleil et de nuages avec une production plutôt modérée des panneaux solaires, une utilisation intensive dans la maison et une charge de la batterie domestique, peu de surplus et donc une faible exportation vers le réseau. Le réseau domestique fonctionne bien de manière indépendante du réseau public.

= diagramme _____

3. Très peu de production des panneaux solaires et charge/décharge de la batterie domestique, une consommation assez élevée d'électricité provenant du réseau public. Néanmoins, une certaine utilité des panneaux solaires et de la batterie domestique

= diagramme _____

4. Presque aucune production des panneaux solaires et presque exclusivement une consommation d'électricité provenant du réseau public. Les panneaux solaires et la batterie domestique ne sont pas utiles.

= diagramme _____

Diagramme A

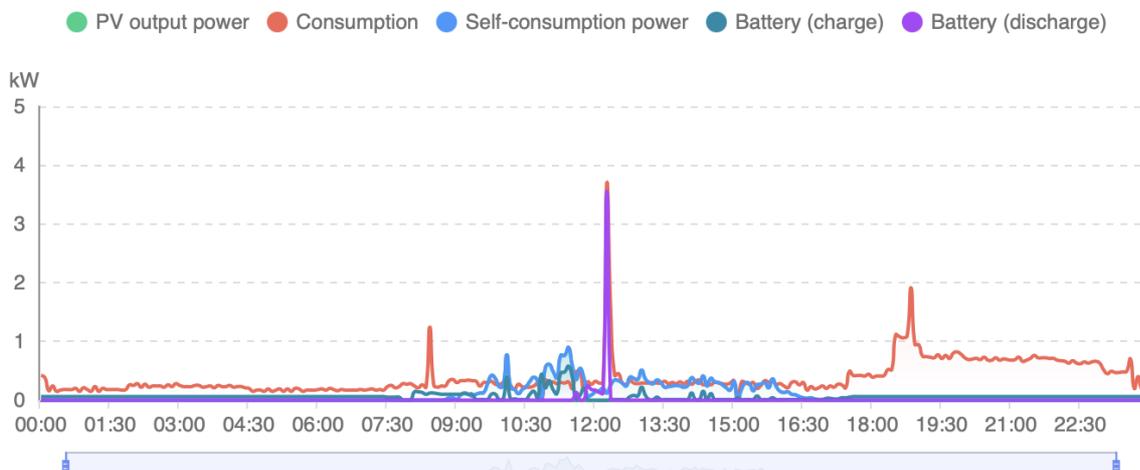


Diagramme B:

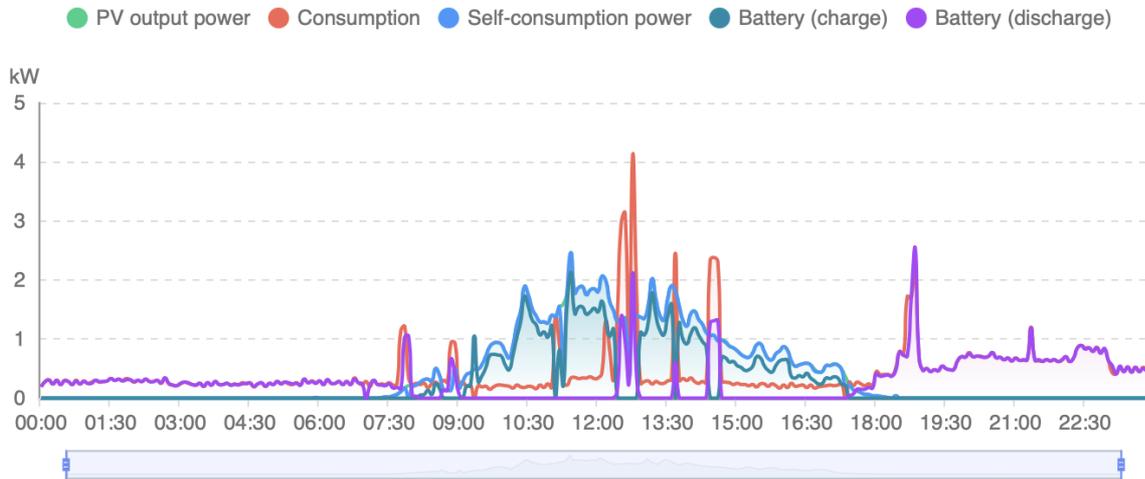


Diagramme C:

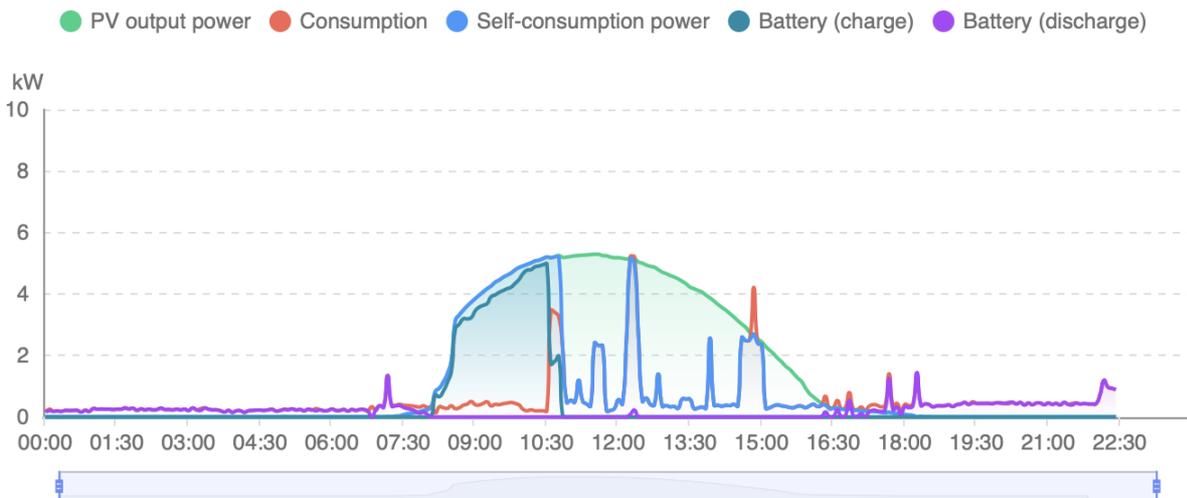


Diagramme D:

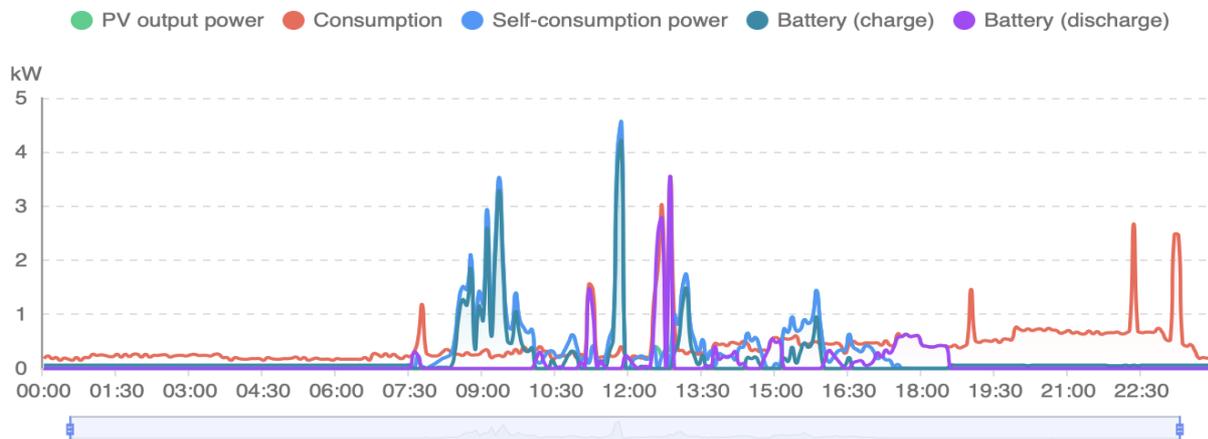


Figure 22: Diagrammes de différents jours avec 5 puissances énergétiques mesurées

Quel serait l'effet si vous ajoutiez plus de panneaux solaires ?

Si la batterie domestique est entièrement chargée et que vous n'utilisez que cette énergie, pendant combien de temps pouvez-vous l'utiliser pour alimenter votre maison ?

Quel serait l'effet de l'installation d'une batterie domestique plus grande ?

Ce n'est pas seulement la quantité de panneaux solaires et la taille de la batterie domestique qui influent sur les coûts énergétiques globaux, notre comportement a également un impact significatif.

Quelles actions pouvez-vous entreprendre pour importer moins d'énergie du réseau?

Lisez les articles de journaux suivants :

- <https://www.revolution-energetique.com/guides/installer-une-batterie-domestique-chez-soi-est-ce-rentable/>
- <https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/est-il-interessant-dinvestir-dans-une-batterie-domestique/2137/> [16]

Énumérez toutes les astuces d'économies.

En moyenne, quel pourcentage de l'énergie générée par les panneaux solaires une famille peut-elle consommer elle-même ?

Jusqu'à quel pourcentage de l'énergie générée par les panneaux solaires pouvez-vous consommer avec une batterie domestique ?

Quels conseils donnent-ils dans cet article pour augmenter votre autoconsommation ? Avez-vous des conseils personnels à partager ?

Pourquoi devriez-vous éviter la consommation aux heures de pointe ?

ÉCONOMISER L'ÉLECTRICITÉ

1. Calculer les économies d'électricités

Vous remplacez 6 spots halogènes de 35 watts par des spots LED de 3 watts (ce qui donne à peu près la même quantité de lumière, de 300 à 500 lumens, car les spots LED convertissent l'énergie en lumière de manière plus efficace). Sur la base des estimations, calculez combien d'électricité et d'argent vous économiserez en un an.

De quelle manière consommez-vous plus d'énergie pour chauffer un litre d'eau : sur une plaque de cuisson électrique (par exemple, 2000 W), avec une bouilloire (par exemple, 2200 W) ou avec le micro-ondes (par exemple, 1000 W) ? Faites une estimation.

Vous remplacez votre ancien congélateur de 54 watts par un nouveau congélateur de 19 watts. Combien d'argent économiserez-vous annuellement en faisant cela ? Quelle est la période de récupération de cet investissement ?

Vous décidez de ne pas utiliser votre sèche-linge pendant les mois chauds de juin à septembre, mais de faire sécher le linge à l'extérieur. Combien d'électricité et d'argent économiserez-vous en faisant cela ? Faites les estimations nécessaires.

FONCTIONNEMENT À DOMICILE

Au moins une fois par semaine, consultez votre consommation d'électricité sur le tableau de bord EnergyID.

Notez à quelles heures de la journée ou quels jours de la semaine vous consommez le plus. Ces heures sont-elles les mêmes chaque jour/semaine ? Si vous avez des panneaux solaires et éventuellement une batterie domestique, vérifiez à quelles heures de la journée vous utilisez de l'électricité provenant du réseau.

Semaine 1: _____

Semaine 2: _____

Semaine 3: _____

Semaine 4: _____

Quels appareils consomment de l'électricité aux heures de pointe ? Discutez avec les membres de votre famille pour voir si vous pouvez affiner davantage votre consommation pour répondre à vos besoins.

Notez une question de quiz sur la consommation d'électricité avec quatre options de réponse et remettez-la à la prochaine leçon.

REFERENCES

- [1] https://nl.wikipedia.org/wiki/Duurzame_energie
- [2] Constellation
- [3] <https://www.adtsolar.com/sustainable-living/energy-consumption-habits/>
- [4] https://dashboard.vreg.be/report/DMR_Prijzen_elektriciteit.html
- [5] <https://www.energids.be/nl/vraag-antwoord/energielabels-wat-verandert-er-in-2021/2130/>
- [6] https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/energy-labels/index_nl.htm
- [7] <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebeleid/europese-context/energiebeleid-van-de-eu/energie-efficientie/energielabels/waarom-een-nieuw-energielabel>
- [8] <https://www.test-aankoop.be/huishoudelektro/stofzuigers/dossier/nieuw-energielabel-voor-stofzuigers>
- [9] <https://www.energieid.be>
- [10] <https://www.vreg.be/nl/energieverbruik>
- [11] <https://www.vreg.be/nl/energieprijs>
- [12] <https://www.vreg.be/nl/energiekost>
- [13] <https://www.vlaanderen.be/energieleveranciers-en-energiecontracten/de-v-testr-vergelijkt-de-verschillende-energiecontracten-en-leveranciers>
- [14] <https://solar.huawei.com/eu/Products/FusionSolarResidential>
- [15] <https://solar.huawei.com/nl/FusionSolarResidential>
- [16] <https://www.theguardian.com/money/2023/mar/04/solar-panels-home-batteries-save-cut-bill-costs>

Merci à Joos Vandewalle pour les informations sur les panneaux solaires et la batterie domestique.