



## Sentier Énergie

### Dossier pédagogique pour les enseignants

*L'énergie est un thème vaste et pluridisciplinaire dont les enjeux sont complexes, tant au niveau mondial que local. Dans un contexte où la transition et la sobriété énergétique sont de plus en plus souvent évoqués, il apparaît indispensable d'informer les jeunes et de les inviter à se questionner sur le sujet.*

#### Description de l'outil :

Le parcours didactique de 4,8 km inauguré en 2023 se situe sur le site des éoliennes « les Géantes du Samson » (Windvision), à proximité d'une centrale de biométhanisation (Biospace), d'une plateforme biomasse (Clé bois) et d'une petite éolienne à axe vertical.

Il comprend **plusieurs modules** et **une trentaine de panneaux** s'articulant autour d'un **jeu de questions/réponses**, le tout offrant une **vision globale et transversale des thématiques liées à l'énergie** (cf. aperçu des sujets traités, page 2).

#### Publics cibles :

- idéal pour les élèves du **secondaire inférieur** ;
- exploitable par les professeurs de **5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> primaire** (moyennant la sélection et la vulgarisation de certaines notions) ;
- introduction adéquate pour les élèves du **secondaire supérieur**.



#### Matières concernées :

La visite du sentier constitue une porte d'entrée à des séquences de cours plus approfondies dans diverses matières : **sciences, éducation par la technologie, mathématique, géographie, citoyenneté, étude du milieu, philosophie, français...**



#### Localisation :

La balade démarre au module « Ampoule » situé **rue Borsu à Gesves** (parking et sentier à proximité de Biospace).



Cette action s'inscrit dans le cadre de LEADER. Financée par la Wallonie et l'Union européenne.  
Fonds européen agricole pour le développement rural : l'Europe investit dans les zones rurales.  
Avec le soutien des communes d'Assesse, Gesves et Ohey.



### Aperçu des sujets traités :

- *Qu'est-ce que l'énergie ? Quelles sont ses différentes formes et unités de mesure ?*
- *En termes de production et de consommation d'énergie, comment cela se traduit-il au niveau mondial, national, territorial et dans les ménages ?*
- *Pour produire l'énergie consommée au quotidien par un citoyen, combien faudrait-il de cyclistes pédalant 10h00 par jour ?*
- *Quel est l'impact de l'exploitation des énergies fossiles sur le climat ? Quelles sont les conséquences environnementales et sanitaires ?*
- *Existe-t-il des énergies totalement « propres » ?*
- *Qu'est-ce que la biométhanisation ?*
- *Que produit-on au sein de la plateforme biomasse ?*

Sur le parcours, vous aurez également l'occasion de découvrir les panneaux dédiés aux éoliennes réalisés en 2019 par les enfants des écoles primaires de Gesves, Assesse et Ohey.

### Contenu du dossier pédagogique :

Le dossier pédagogique suit le code couleur, la numérotation et le titrage des panneaux présents sur le parcours. **Il vous fournit les éléments suivants :**

- ⇒ **le contenu brut des panneaux** : textes, graphiques et crayonnés des scénographes (Focus id). Il vous sera ainsi possible de préparer votre visite en sélectionnant le contenu que vous souhaitez aborder (selon votre public et les thématiques) ;
- ⇒ **des ressources et des outils complémentaires** pour approfondir les sujets traités ou les aborder de manière ludique avec les plus jeunes.
- ⇒ **le correctif des réponses aux questions posées sur le parcours**<sup>1</sup> (en fin de document).
- ⇒ **des calculs détaillés** se rapportant à certaines données chiffrées du parcours.

**Bonne lecture.**

---

<sup>1</sup> À chaque panneau, une question est posée (tantôt à choix multiple, tantôt ouverte). La réponse se trouve sur le panneau suivant.

# Table des matières

1) Quelques consignes .....	5
2) Lecture du sentier .....	5
• Thématiques, code couleur et symboles.....	5
• Panneau n°1 : Plan du parcours.....	6
3) Introduction à l'énergie.....	7
• Ressources et outils complémentaires .....	7
• Panneau n°2 : L'énergie, moteur du monde.....	8
• Panneau n°3 : Les énergies primaires.....	9
• Panneau n°4 : Les énergies finales.....	10
• Panneau n°5 : Les unités énergétiques.....	11
4) Consommation globale d'énergie .....	12
• Ressources et outils complémentaires .....	12
• Panneau n°6 : La consommation mondiale d'énergie .....	13
• Panneau n°7 : La consommation d'énergie en Belgique .....	14
• Panneau n°8 : Les consommations énergétiques des ménages belges.....	15
5) Consommation de chauffage .....	16
• Ressources et outils complémentaires .....	16
• Panneau n°9 : Les facteurs influençant la consommation de chauffage.....	17
• Panneau n°10 : Isoler, isoler !.....	18
6) De l'énergie rien qu'avec les muscles ?.....	19
• Ressources et outils complémentaires .....	19
• Panneau n°11 : Et s'il fallait produire l'énergie en pédalant ? .....	20
7) Production et stockage de l'électricité .....	21
• Ressources et outils complémentaires .....	21
• Panneau n°12 : La production d'énergie électrique.....	22
• Panneau n°13 : Le stockage de l'électricité .....	23
• Panneau n°14 : Et l'hydrogène ?.....	24
8) Consommation électrique .....	25
• Ressources et outils complémentaires .....	25
• Panneau n°15 : La consommation électrique des ménages .....	26
• Panneau n°16 : Attention aux consommation de pointe !.....	27

<b>9) État des lieux des communes de Gesves, Assesse et Ohey</b> .....	28
• Ressources et outils complémentaires .....	28
• Panneau n°17 : Les consommations locales.....	29
• Panneau n°18 : Les productions énergétiques locales.....	30
<b>10) Que représente 1 kilowattheure ?</b> .....	31
• Ressources et outils complémentaires .....	31
• Panneau n°19 : Produire 1 kWh .....	32
• Panneau n°20 : Consommer 1 kWh dans la vie courante.....	33
<b>11) Consommations indirectes d'énergie</b> .....	34
• Ressources et outils complémentaires .....	34
• Panneau n°21 : Consommations d'énergie cachées.....	35
<b>12) L'énergie coûte-t-elle cher ?</b> .....	36
• Ressources et outils complémentaires .....	36
• Panneau n°22 : Le prix de l'énergie .....	37
<b>13) Impacts globaux liés aux énergies fossiles</b> .....	38
• Ressources et outils complémentaires .....	38
• Panneau n°23 : L'effet de serre.....	39
• Panneau n°24 : Amplification de l'effet de serre par les activités humaines .....	40
• Panneau n°25 : Augmentation de la température globale.....	41
• Panneau n°26 : Les conséquences des changements climatiques.....	42
• Panneau n°27 : Des boucles de rétroaction climatique.....	43
<b>14) Des énergies vertes ?</b> .....	44
• Ressources et outils complémentaires .....	44
• Panneau n°28 : Des énergies totalement « propres » ?.....	45
• Panneau n°29 : L'emprise spatiale des énergies renouvelables .....	46
• Panneau n°30 : La biométhanisation ( <i>Biospace</i> ).....	47
• Panneau n°31 : La plateforme biomasse ( <i>Clé bois</i> ).....	48
<b>15) Pistes d'actions à l'échelle du citoyen</b> .....	49
• Ressources et outils complémentaires .....	49
• Panneau n°32 : À toi de jouer !.....	50
<b>16) Correctif des questions posées sur le parcours</b> .....	51

## 1) Quelques consignes

Merci d'insister sur les consignes suivantes avec vos élèves :

- Respect du matériel installé ;
- Ne rien jeter et mieux encore, ramasser les éventuels déchets ;
- Rester sur les chemins et sentes ;
- Ne pas circuler sur les tournières (bandes enherbées) et les champs.

Attention, ce sentier n'est pas praticable pour les poussettes et les chaises roulantes. Il n'est pas autorisé aux vélos et motos.

## 2) Lecture du sentier

- Thématiques, code couleur et symboles

4 grandes thématiques sont traitées sur le sentier didactique. Chaque panneau arbore une couleur et un symbole correspondant à la thématique qu'il aborde.



Généralités sur l'énergie



La consommation d'énergie



Les enjeux globaux



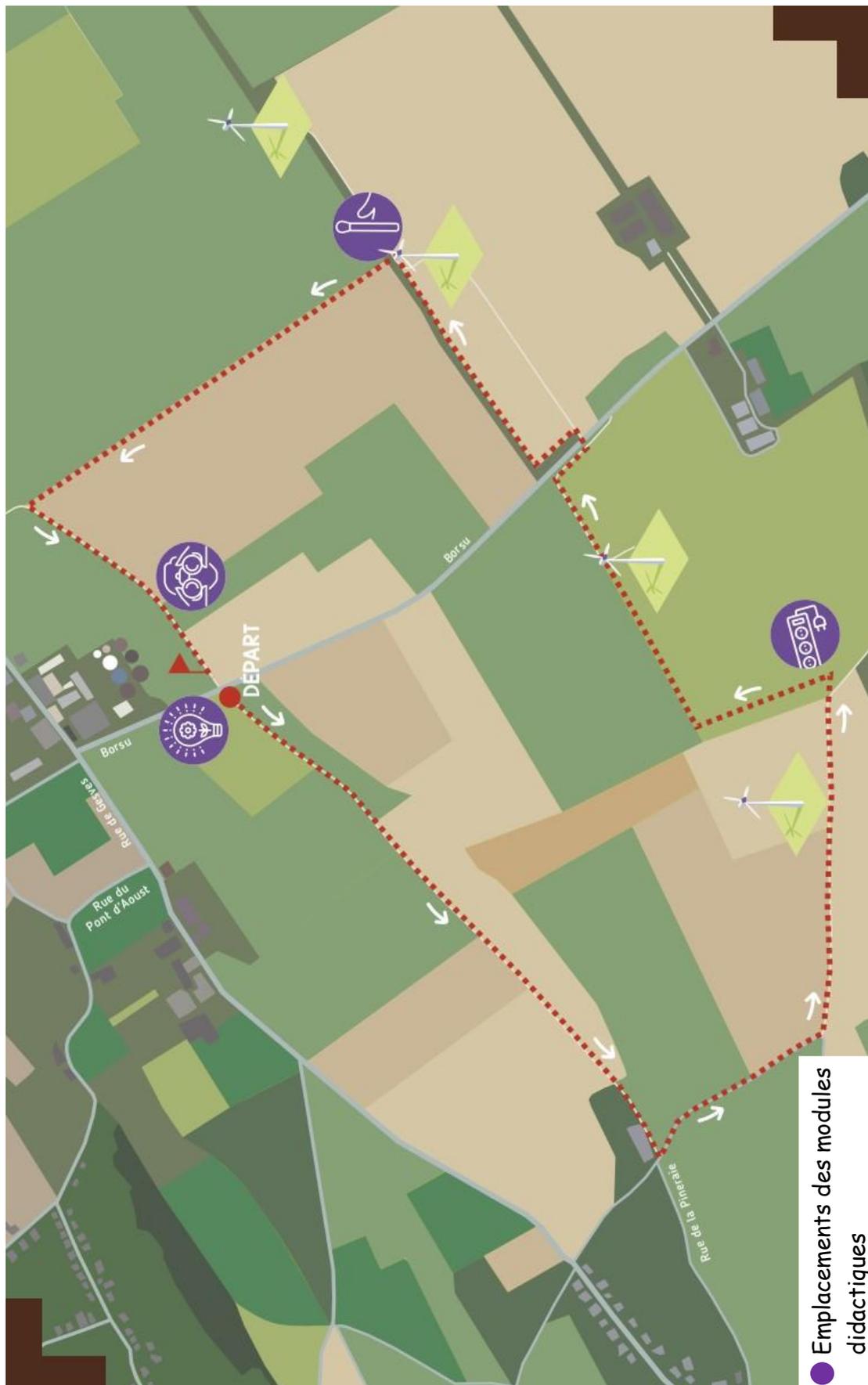
La production d'énergie



En bas de chaque panneau, un encart identifié par un point d'interrogation pose une question relative au contenu du panneau suivant (tantôt ouverte, tantôt à choix multiple).

Invitez vos élèves à émettre des hypothèses avant qu'ils ne trouvent la bonne réponse un peu plus loin sur le parcours.

- Panneau n°1 : Plan du parcours



### 3) Introduction à l'énergie

Inclut les panneaux n°2 à 5.

➤ Sujets traités :

*Qu'est-ce que l'énergie ? Quelles sont ses différentes formes et unités de mesure ?*

- Ressources et outils complémentaires

**Primaire :**

- Le Module 1 du dossier pédagogique « *Génération Soleil : mon école, mon projet, mon énergie* » (GAL pays de l'Ourthe). À la fin de ce module, les élèves pourront répondre à la question « *c'est quoi l'énergie ?* ».  
Lien : <https://www.educationenergie.be/generation-soleil/>
- Une activité sur les sources et formes d'énergie (informations complémentaires auprès du Réseau Idée).  
Lien : [https://www.educationenergie.be/wp-content/uploads/2019/08/sources\\_formes\\_energie.pdf](https://www.educationenergie.be/wp-content/uploads/2019/08/sources_formes_energie.pdf)

**Secondaire :**

- Les bases sur l'énergie, ses différentes formes, ses sources renouvelables et non renouvelables, ses unités et plus encore (CEA) :  
Lien : <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/essentiel-sur-energies.aspx>
- Un dossier sur l'énergie (CEA) :  
Lien : <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/energie.aspx>

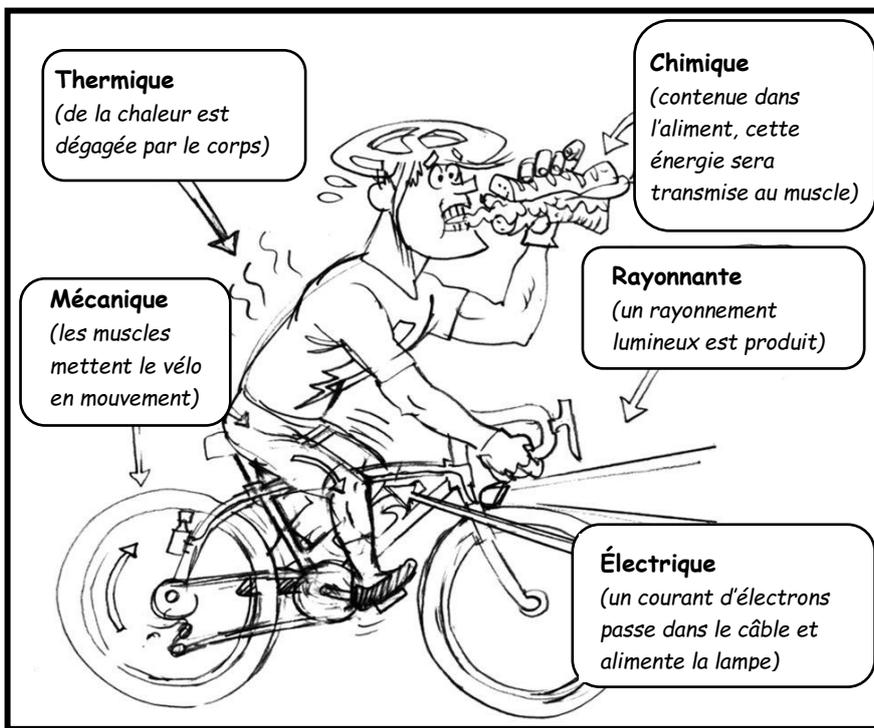
**Tous niveaux :**

- Le cahier de l'énergie : partie « L'homme et l'énergie ».  
Lien : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/cahier-du-professeur.pdf?ID=45855>



## • Panneau n°2 : L'énergie, moteur du monde

L'énergie se manifeste sous diverses formes. En voici quelques exemples :



1

Le rayonnement solaire est converti chimiquement par les plantes grâce à la photosynthèse.

2

Les plantes alimentent en énergie les autres êtres vivants via la chaîne alimentaire.



3

La décomposition des organismes vivants peut, sur des millions d'années, former du charbon ou du pétrole.

4

Nous utilisons le pétrole et le charbon pour nous fournir en énergie (transport, chauffage, production électrique...).



*Au quotidien, nous utilisons beaucoup d'énergie et nous oublions parfois quelle en est l'origine. Dans la nature, sous quelles formes se présente l'énergie que nous pouvons exploiter ?*

*Cites-en au moins 5.*



• **Panneau n°3 : Les énergies primaires**

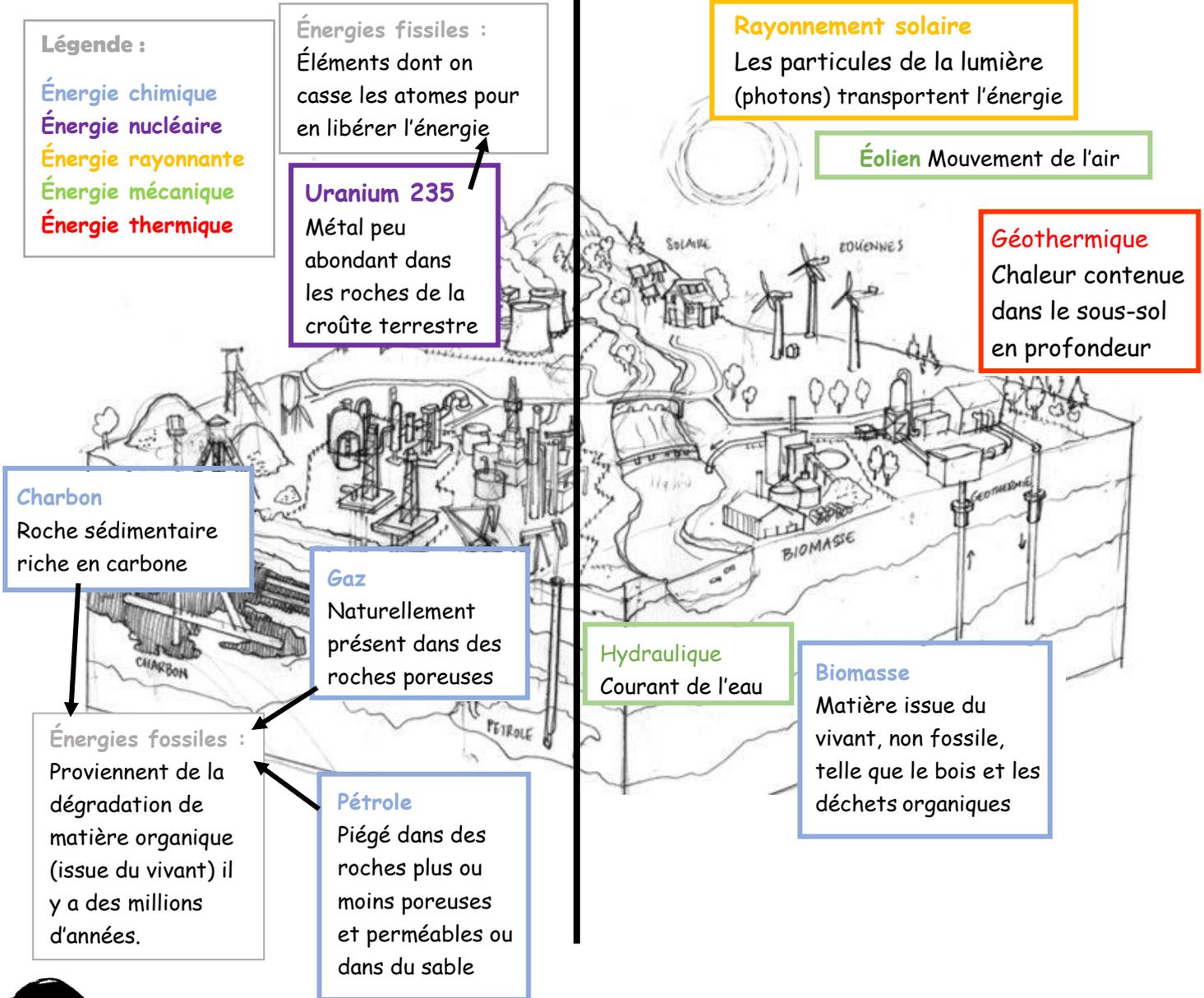
Les énergies « primaires » sont celles que l'on trouve dans la nature et que l'Homme peut exploiter pour ses activités. On les classe en deux catégories :

**Les énergies non renouvelables :**

Leur stock est détruit lors de l'utilisation ou ne se renouvelle qu'au terme de plusieurs millions d'années.

**Les énergies renouvelables :**

Leur stock est illimité ou a la capacité de se renouveler à l'échelle de la vie humaine s'il est géré durablement.



*Le pétrole, le soleil, le vent... sont des énergies primaires existant telles quelles dans la nature... Par contre, tu ne les utilises pas telles quelles à la maison !*

*Sous quelles formes achète-t-on l'énergie « finale » directement utilisable par le citoyen et issue de la transformation des énergies primaires ? Cites-en au moins 5.*

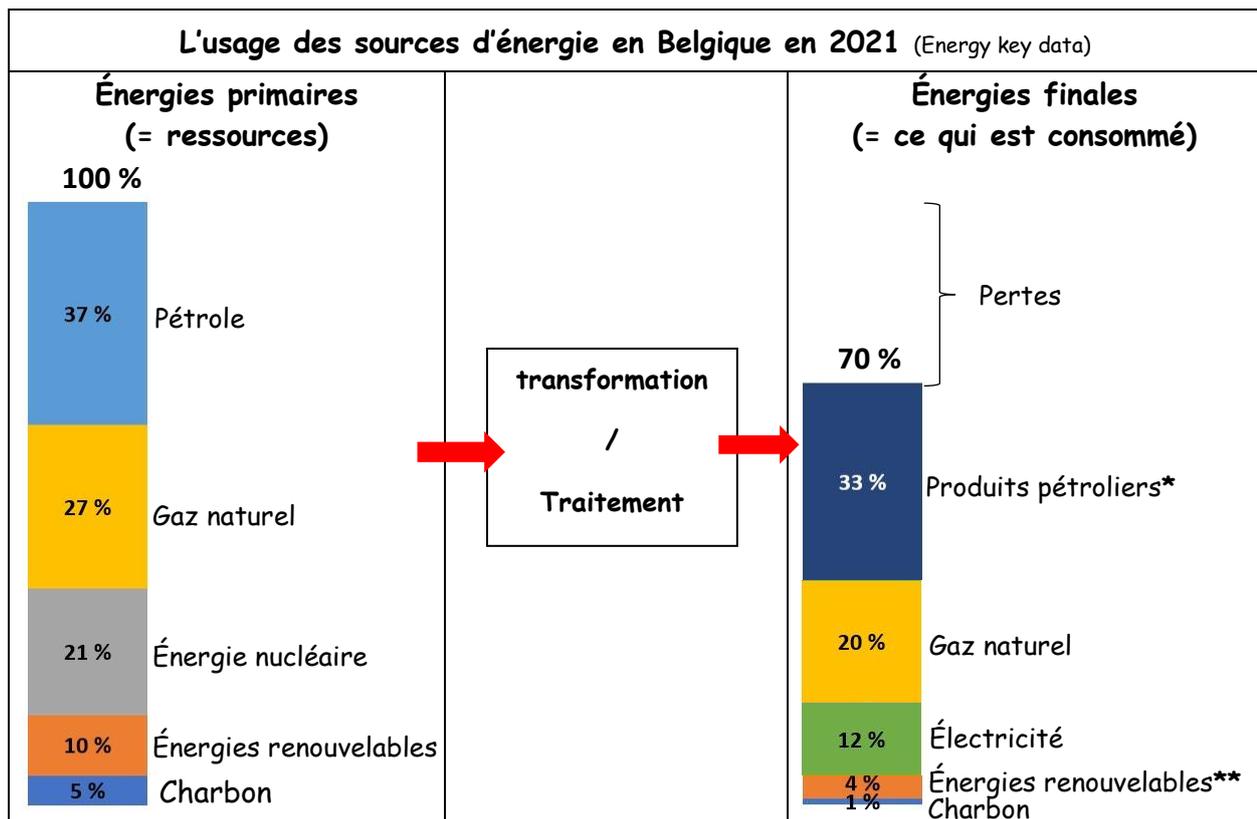


- **Panneau n°4 : Les énergies finales**

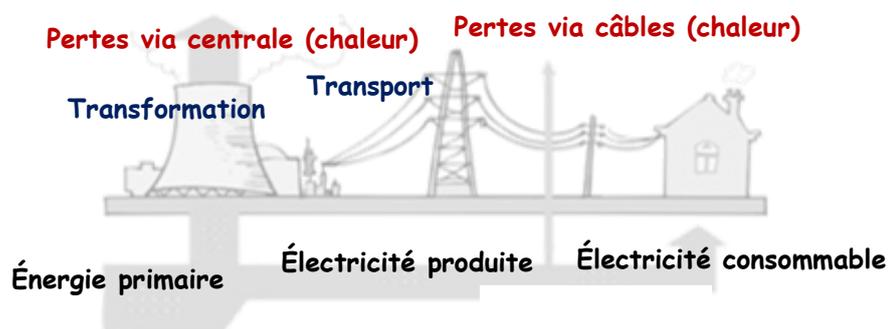
Les **énergies finales** sont celles utilisées au quotidien pour faire fonctionner nos appareils électriques, nous chauffer, nous déplacer...

Elles sont **issues des processus de transformations des énergies primaires**.

*Des pertes d'énergie surviennent à chaque étape de transformation et de transport. La quantité d'énergie primaire est donc toujours supérieure à la quantité d'énergie finale disponible, en particulier lors de la production d'électricité.*



**Pertes liées à la production et au transport de l'électricité :**



\* carburants : essence, diesel, GPL - combustibles : mazout, propane, butane.

\*\* hors électricité : biocarburant, chauffage au bois, solaire thermique...



Comment faire pour que tout le monde se comprenne sur les quantités d'énergie en jeu ? En utilisant un système d'unités commun pardi ! Voici ton 3<sup>ème</sup> défi :

**Cite 3 unités différentes permettant d'exprimer l'énergie.**

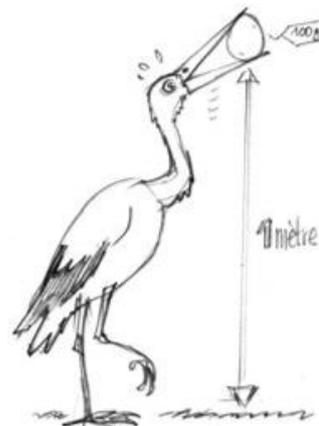


## • Panneau n°5 : Les unités énergétiques

Le joule (J). 1 J est l'énergie qu'il faut pour élever 100 grammes (environ un œuf) de 1 mètre. C'est l'unité de référence de l'énergie.

La calorie (cal). 1 cal est l'énergie nécessaire pour élever la température d'un gramme d'eau de 1°C. Cette unité est utilisée en nutrition.

1 cal = 4,18 J.



Le watt-heure (Wh). 1 Wh correspond à l'énergie consommée ou délivrée par un appareil d'une puissance de 1 Watt fonctionnant pendant une heure. Cette unité est principalement utilisée en électricité. Mais pas uniquement ! Il est courant d'exprimer des quantités d'énergie en kilowattheures.

**Attention de ne pas confondre W (Watt) et Wh (Watt-heure).**  
Le Watt est l'unité de puissance, c'est à dire la vitesse à laquelle l'énergie est délivrée. C'est donc une quantité d'énergie (produite ou consommée) par unité de temps. 1W = 1J/s.

Pour obtenir l'énergie produite ou consommée par un appareil, il faut multiplier sa puissance par le nombre d'heures de fonctionnement (il y a 3600 secondes dans une heure).

1kWh = 1000 Wh = 3 600 000 J = 3,6 MJ.

La tonne-équivalent pétrole (tep). 1 tep correspond à la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole.

1 tep = 4,2.10<sup>10</sup> J = 11 600 kWh.

### Ordres de grandeurs :

- k pour kilo = mille (10<sup>3</sup>)
- M pour mega = 1 million (10<sup>6</sup>)
- G pour giga = 1 milliard (10<sup>9</sup>)
- T pour tera = mille milliards (10<sup>12</sup>)



1 baril = 159 L de pétrole

Unités	1 Wh	1 kWh	1 MWh	1 tep	1 GWh	1 TWh
Équivalents en quantité de pétrole	≈ 1 goutte	≈ 10 cl	≈ 100 L	1000 kg	≈ 600 barils	≈ 600 000 barils



Dans la suite du parcours, nous parlerons principalement en kWh et en tep !

Parmi ces propositions, tente d'identifier les 3 principales sources d'énergie utilisées dans le monde :

Biomasse - Charbon - Gaz - Hydraulique - Nucléaire - Pétrole

## 4) Consommation globale d'énergie

Inclut les panneaux n°6 à 8.

➤ Sujets traités :

*Quels types, quelles parts et quelles quantités d'énergie consomme-t-on en moyenne...*

- dans le monde
- en Belgique ?
- au sein des ménages ?

• Ressources et outils complémentaires

Tous niveaux :

- Le cahier de l'énergie, partie « L'énergie au quotidien ».  
Lien : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/cahier-du-professeur.pdf?ID=45855>
- La valisette d'audit disponible dans différentes associations d'éducation relative à l'environnement.  
Lien : <https://www.educationenergie.be/la-valisette-daudit/>



## • Panneau n°6 : La consommation mondiale d'énergie

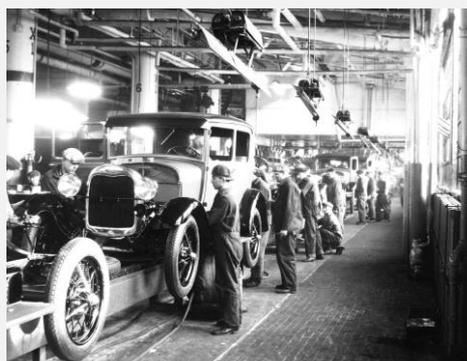
Le **pétrole**, le **charbon** et le **gaz** représentent 80% de l'énergie primaire consommée dans le monde.

Avec les découvertes de nouveaux gisements et de nouvelles techniques d'extraction, ces énergies fossiles ont permis un véritable boom industriel.

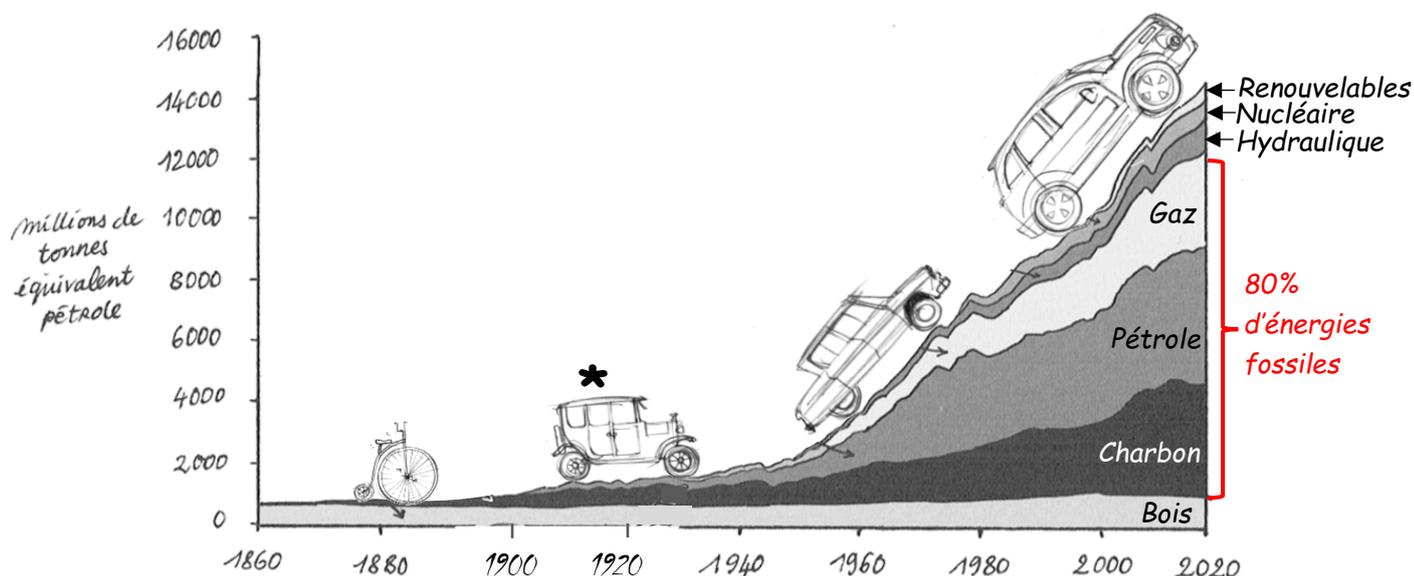
Notre consommation d'énergie a explosé en l'espace de quelques décennies. **La moyenne de la consommation énergétique par habitant et par an dans le monde est de 2 tonnes équivalent pétrole (tep) en 2023** (16 milliards tep divisé par 8 milliards d'habitants).

Cette moyenne par habitant semble plafonner mais la population mondiale augmente, et donc la consommation mondiale d'énergie aussi...

✳ Vers 1910, Henry Ford, lança une méthode industrielle de production en série basée sur le principe de ligne d'assemblage. Cela a révolutionné l'industrie et favorisé la consommation de masse.



**Evolution de la consommation mondiale d'énergie** en millions de tonnes-équivalent-pétrole (tep) par an (Jancovici 2020) :



En moyenne dans le monde, un habitant consomme annuellement l'équivalent de l'énergie contenue dans 2 tonnes de pétrole ! C'est 65 kWh par personne et par jour ! Mais qu'en est-il chez nous, en Belgique ?

Estime à combien s'élevait la consommation d'énergie du Belge moyen en 2021 :

a. 3,7 tep/an ; b. 4,9 tep/an ; c. 2,3 tep/an

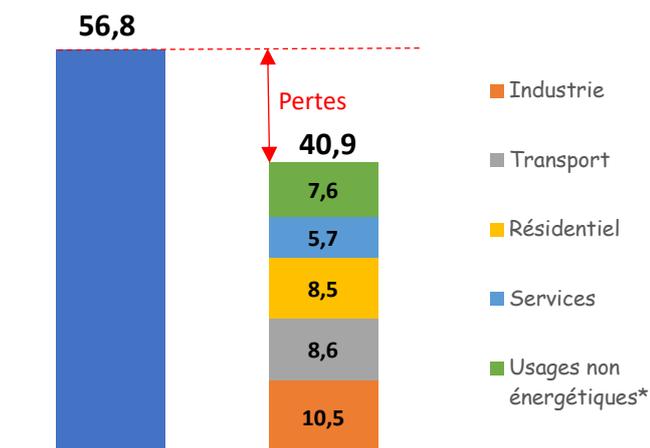


• **Panneau n°7 : La consommation d'énergie en Belgique**

En Belgique, le secteur qui consomme le plus d'énergie est l'**industrie** (pour produire nos matériaux, notre alimentation, nos médicaments...). Viennent ensuite les secteurs du **transport** et le **résidentiel**.

**Consommation d'énergie totale et par secteur**

en 2021 en Mtep (Energy key data)



Pour rappel, **des pertes** sont engendrées lors des transformations et du transport de l'énergie avant son utilisation.

Voici un **exemple pour le secteur résidentiel** (SPW) :

Pour 1kWh consommé dans un logement, il faut 2,5 kWh d'énergie dans une centrale électrique. Les pertes de transformation sont donc importantes, elles s'élèvent à 1,5 kWh.

**EXEMPLE D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE**

Consommation finale en chauffage	+	10 000 kWh
Pertes de transformation	-	15 000 kWh
<b>Consommation en énergie primaire</b>		<b>25 000 kWh</b>

Total des énergies primaires  
Total des énergies finales (parts des différents secteurs d'usage)

\* Usages non énergétique : concerne les produits pétroliers et le gaz qui ont des usages autres que la production d'énergie (pétrochimie, fabrication d'engrais...).

En 2021 et pour 11,6 Mhab, la consommation d'énergie primaire en Belgique était de 4,9 tep/hab/an ! Soit plus du double de la moyenne mondiale de 2 tep/hab/an !

Quelle est la situation dans d'autres pays ?

Nombres de tep/hab (données de 2018 - AIE) :



Ces consommations moyennes d'énergie primaire par habitant témoignent peu des consommations effectives dans les habitations. Remets-toi en route pour en savoir plus tout en réfléchissant à l'exercice suivant.

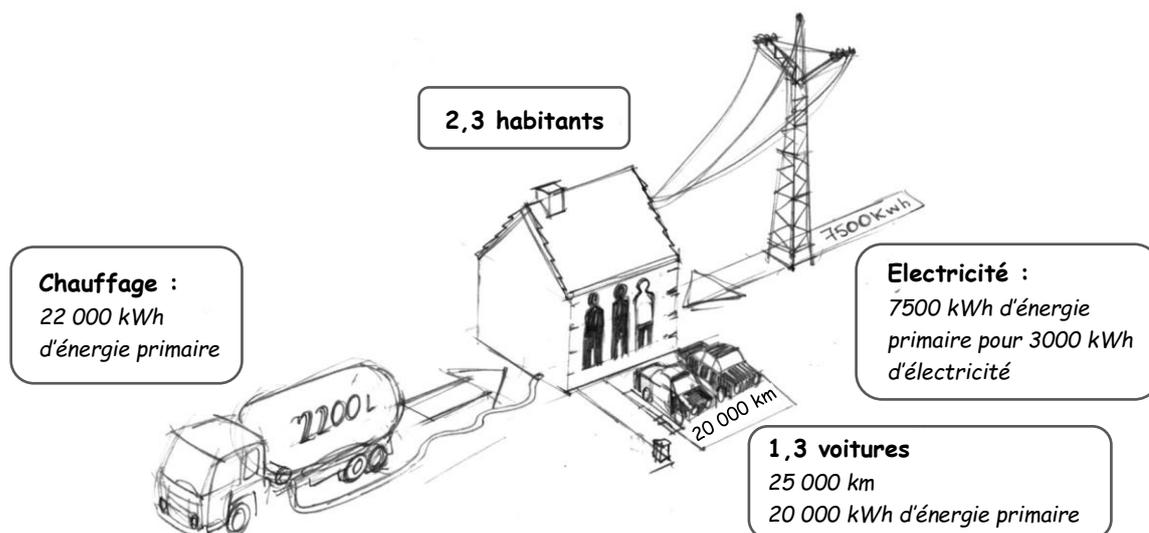
**Classe ces usages domestiques du plus énergivore au moins énergivore :**

**Cuisson - Chauffage de l'eau - Éclairage et appareils électriques - Chauffage des locaux**



• Panneau n°8 : Les consommations énergétiques des ménages belges

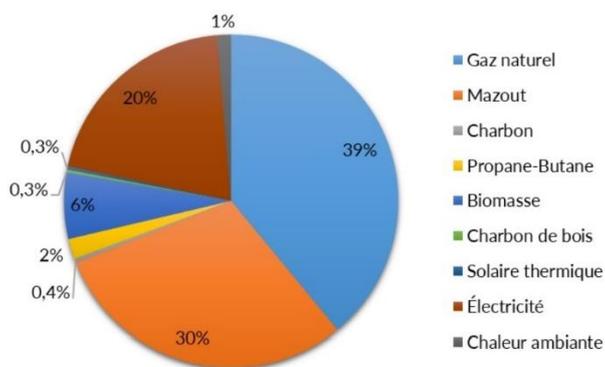
Un ménage belge moyen en 2021 (GAL) :



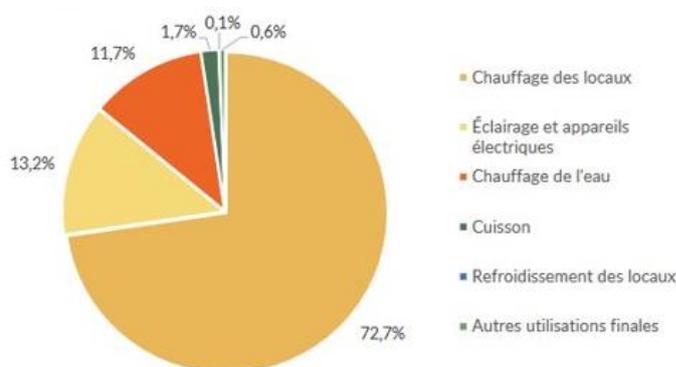
Utilisations des énergies finales par les ménages belges en 2020, hors transport

(SPF économie) :

Types d'énergies finales :



Usages :



En moyenne, au sein d'un ménage belge, l'énergie consommée sert majoritairement au chauffage. À cet effet, le belge utilise surtout des énergies fossiles : du gaz naturel (en ville) et du mazout.

Afin de réduire cette consommation, il est important d'identifier les facteurs qui influencent les besoins en chauffage d'un logement !

Pourrais-tu en trouver au moins 3 ?

## 5) Consommation de chauffage

Inclut les panneaux n°9 et 10.

➤ Sujets traités :

*n°9 : Quels sont les facteurs qui influencent la consommation de chauffage ?*

*n°10 : Quelles solutions envisager et à quelles aides a-t-on accès en tant que propriétaire/locataire ?*

Remarque : ce panneau vise à informer les citoyens et pourrait s'éloigner de vos objectifs pédagogiques. Libre à vous de l'inclure ou non à votre visite.

• Ressources et outils complémentaires

**Primaire (et début secondaire) :**

- Un dossier sur l'isolation thermique par Hypothèse ASBL (adaptable pour le 1<sup>er</sup> degré du secondaire).

Lien : <https://www.educationenergie.be/activites-apprentissage-primaire/>

**Secondaire (et fin primaire)**

- Une malle et un dossier pédagogique sur les principes physiques liés à l'isolation et aux transferts de chaleur par Sciences à Emporter.

Lien : <https://sciencesaemporter.be/produit/lisolation/>



- Panneau n°9 : Les facteurs influençant la consommation de chauffage

Le chauffage est de loin la première consommation énergétique d'un ménage.

Toutefois, il est possible de limiter cette consommation en agissant à différents niveaux :



Lors de la conception des nouveaux bâtiments :

**L'orientation :** avec des ouvertures et une toiture (pour des panneaux solaires) orientées au sud.

**La mitoyenneté :** mitoyen plutôt que 4 façades.

**Le volume :** compact en privilégiant un étage plutôt que le plain-pied (pour un volume égal).

Lors de la construction et de la rénovation :

**L'isolation :** celle du toit constitue la priorité (la chaleur monte). Viennent ensuite les murs, des châssis performants, le sol...

**L'étanchéité à l'air :** une bonne ventilation oui, des courants d'air non !

**Le système de chauffage :** récent et performant.

À l'utilisation :

Le comportement humain influence beaucoup : chauffer plus ou moins, mettre un pull...

**À l'usage de chaque pièce, une température idéale !**



Intéressé par les économies de chauffage ? Le panneau n°10 présente des outils à disposition pour faire les bons choix. Et puis, rendez-vous au panneau 11 avec la question suivante :

**Connais-tu la quantité d'énergie que tu consommes sur une journée ? Selon toi, combien de temps devrais-tu pédaler pour répondre à ce besoin (si tu produis 1 kWh par jour) ?**



- Panneau n°10 : Isoler, isoler !

Pour les candidats à l'acquisition ou à la location d'un logement ainsi que pour les propriétaires de bâtiments ou de terrains à bâtir, quelques informations utiles :

Pour les nouvelles constructions :

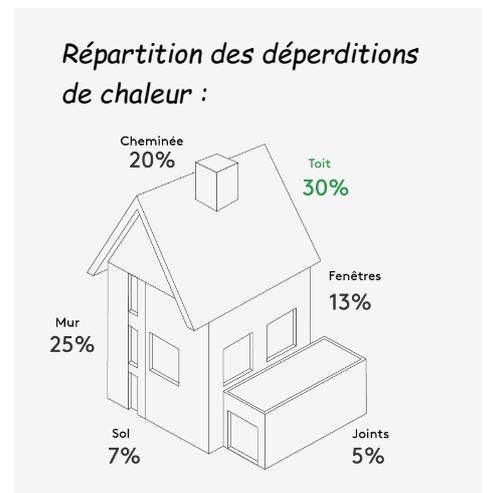
Depuis 2021, la réglementation en Région Wallonne impose le **standard Q-ZEN<sup>2</sup>** (quasi zéro énergie) à toute nouvelle habitation, presque du « Passif » ! Dans une habitation de conception dite passive, les besoins nets en chauffage sont de maximum 15 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Voilà qui doit rester l'objectif : réduire les besoins en chauffage (d'abord la sobriété)... puis penser aux énergies renouvelables.

Pour les maisons existantes :

Le **certificat énergétique<sup>3</sup>** (PEB) est la « carte d'identité énergétique » d'un bâtiment. Il attribue un label énergétique à tous les logements afin de les comparer entre eux... et de ne pas acheter un « chat dans un sac ». Déjà obligatoire lors de chaque vente et location, il le sera pour tous les bâtiments à moyen terme.

En tant que propriétaire, il est intéressant de réaliser un **quickscan<sup>4</sup>** de votre habitation (outil en ligne gratuit). Il vous donne un premier aperçu de la qualité énergétique de votre logement.



Le top : faites appel à un auditeur pour réaliser un **audit énergétique**. L'audit permet d'objectiver les pertes, de prioriser et de chiffrer les travaux, ainsi que d'accéder à certaines **primes** de la Région wallonne. Quelles parties de la maison isoler ? Comment ? Avec quel système de chauffage ? À quel coût ?

Répondre à ces questions permet d'agir pour **améliorer le confort et la santé des habitants** ainsi que pour **diminuer les consommations d'énergie**. Pour vous guider, vous pouvez vous rendre à un guichet énergie<sup>5</sup> proche de chez vous.



<sup>2</sup> <https://energie.wallonie.be/fr/q-zen.html?IDC=8729>

<sup>3</sup> <https://energie.wallonie.be/fr/acheter-vendre-louer-le-certificat-peb.html?IDC=8789>

<sup>4</sup> [www.monquickscan.be](http://www.monquickscan.be)

<sup>5</sup> <https://energie.wallonie.be/fr/guichets-energie-wallonie.html?IDC=6946>

## 6) De l'énergie rien qu'avec les muscles ?

Inclut le panneau n°11.

➤ Sujet traité :

*Pour produire l'énergie consommée au quotidien par un citoyen, combien faudrait-il de cyclistes pédalant 10h00 par jour ?*

- Ressources et outils complémentaires

**Primaire et secondaire :**

- La vidéo YouTube « *Cycliste Olympique Vs. Grille-pain* » par The Toaster Challenge.  
Lien : <https://www.youtube.com/watch?v=S4O5voOCqAQ>



- Panneau n°11 : Et s'il fallait produire l'énergie en pédalant ?

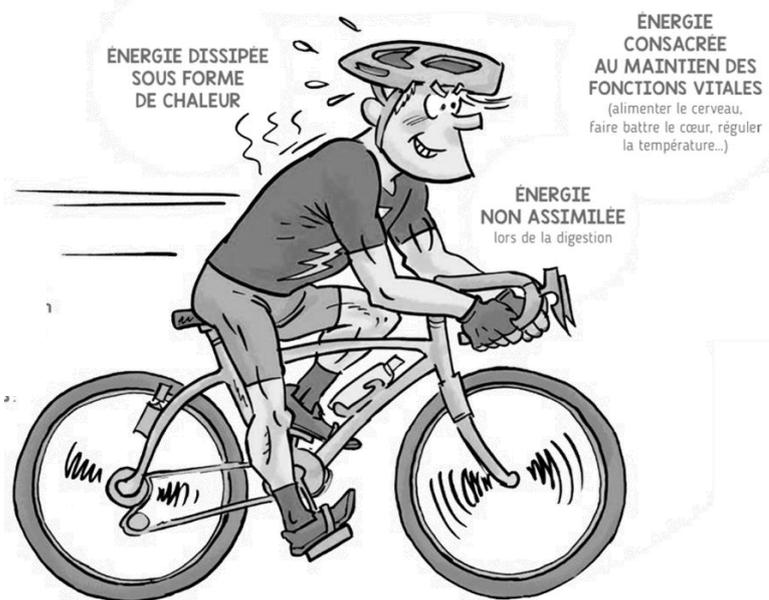
Réfléchissons ensemble. Combien de cyclistes survoltés devraient pédaler pour répondre à l'entièreté des besoins énergétiques d'un citoyen belge (transport, chauffage, industrie, électricité...) sachant que celui-ci consomme quelque 100 kWh d'énergie par jour ? (Energy key data)

Un cycliste survolté peut fournir un travail de 1 kWh sur une journée, ce qui revient à pédaler 10 heures par jour en déployant une puissance de 100 W.

### Pourquoi seulement 1 kWh par cycliste ?

Pour un travail physique aussi important, le cycliste doit consommer 4000 kcal sur la journée, soit quelque 5kWh/jour.

Des 5 kWh contenus dans son alimentation, il n'en restitue que très peu sous forme de travail musculaire. Ce faible rendement énergétique est dû à diverses pertes :



C'est donc comme si nous disposions chacun d'environ 100 cyclistes survoltés chaque jour pour répondre à notre consommation d'énergie !

Pour un montant de quelques euros, 10 litres de pétrole (l'équivalent de 100 kWh) apportent autant de travail que 100 hommes/jour ! L'abondance des énergies fossiles bon marché explique l'essentiel de notre croissance économique depuis le 19<sup>e</sup> siècle ! Elles servent au transport, au chauffage, au bon fonctionnement des usines, à la production d'électricité... Le problème est que les énergies fossiles se raréfient !



Et maintenant, branchons-nous à l'électricité !

Quelles sont les différentes ressources utilisées par les producteurs d'électricité ?

## 7) Production et stockage de l'électricité

Inclut les panneaux n°12 à 14.

### ➤ Sujets traités :

*Comment produit-on l'électricité ? Peut-on la stocker ?*

*Dans les médias, on parle de plus en plus de « l'hydrogène vert » ... de quoi s'agit-il ?*

### • Ressources et outils complémentaires

#### Primaire :

- Une séquence de cours sur l'électricité (circuits électriques, panneaux photovoltaïques, jeu électro...) par Hypothèse ASBL.  
Lien : <https://www.hypothese.be/wp-content/uploads/2019/01/electricite.pdf>
- Le dossier pédagogique « Génération Soleil : mon école, mon projet, mon énergie » (GAL pays de l'Ourthe), module 2 (transport de l'électricité et circuits électriques), module 4 (installation de panneaux solaires sur une maquette de l'école) et module 5 (tester des sources d'énergie renouvelable et établir une chaîne de transformation de la source à l'usage).  
Lien : <https://www.educationenergie.be/generation-soleil/>
- Une activité sur la production d'énergie (informations complémentaires auprès du Réseau Idée)  
Lien : [https://www.educationenergie.be/wp-content/uploads/2019/08/produis\\_ton\\_energie.pdf](https://www.educationenergie.be/wp-content/uploads/2019/08/produis_ton_energie.pdf)

#### Secondaire :

- Le jeu de cartes « Transformations d'énergie » par Hypothèse ASBL.  
Lien : <https://www.hypothese.be/wp-content/uploads/2019/01/jeu-cartes-transform-energies-secondaire.pdf>
- L'atelier « Black-out » par Sciences à Emporter, sous forme d'escape box sur l'énergie électrique, ses sources et ses transformations.  
Lien : <https://sciencesaemporter.be/produit/black-out/>
- L'essentiel sur l'hydrogène (par le CEA) avec vidéo explicative (l'Esprit Sorcier).  
Liens : <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx> et plus d'informations sur les différentes méthodes de stockage : <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-stockage-stationnaire-energie.aspx>

#### Tous niveaux :

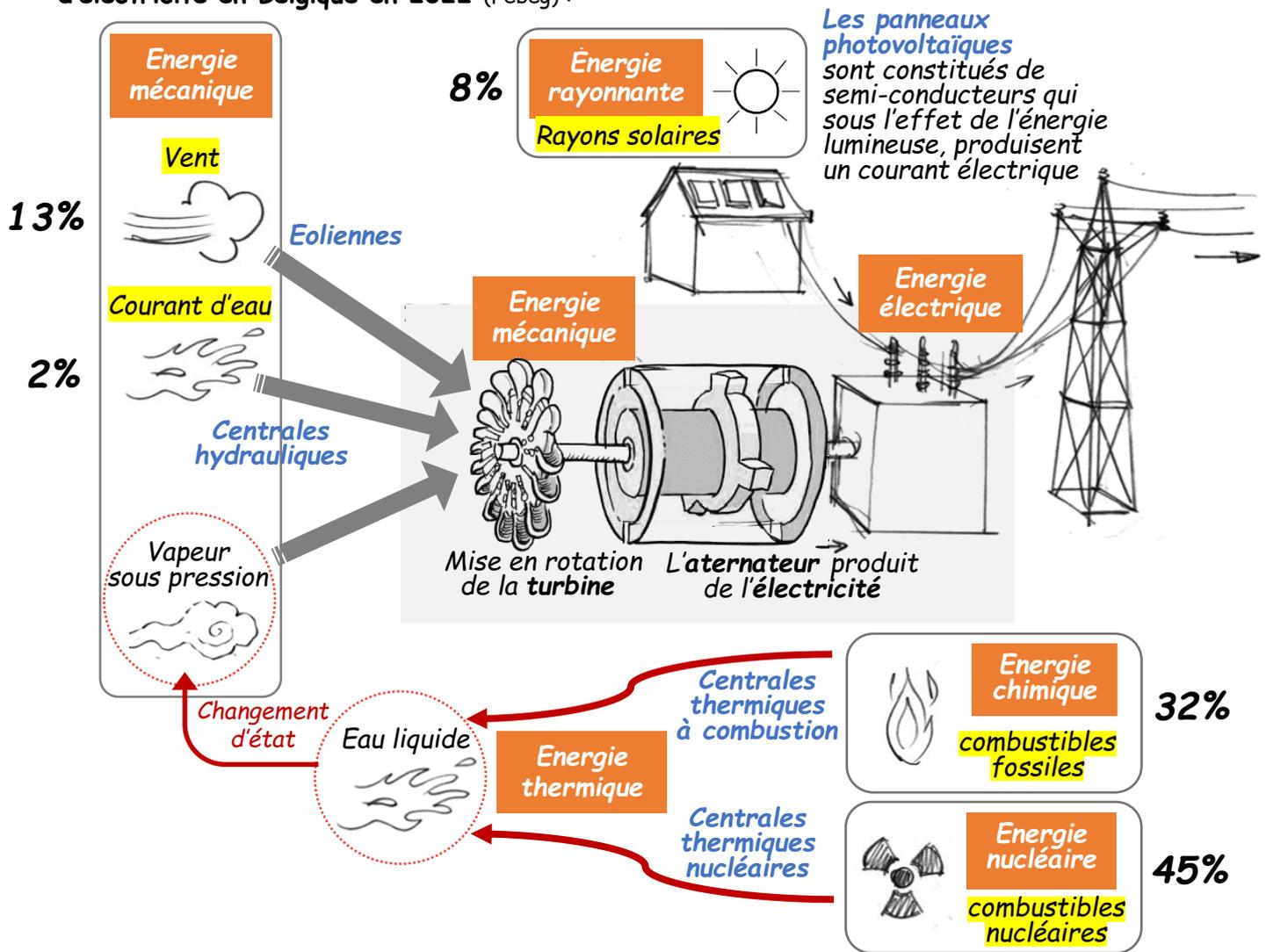
- Le kit « Comment produire l'électricité ? » par Sciences à Emporter.  
Lien : <https://sciencesaemporter.be/produit/comment-produire-lelectricite/>



• Panneau n°12 : La production d'énergie électrique

L'électricité c'est magique ! Il suffit de toucher un interrupteur et elle surgit pour se transformer en lumière, en mouvement, en chaleur, en son... ! Sans bruit, sans odeur... Mais l'électricité n'est pas une source primaire d'énergie exploitable dans la nature. L'Homme la produit à partir d'autres formes d'énergie. C'est ce qu'on appelle un vecteur énergétique !

Voici les différentes sources d'énergie avec leur part (en %) pour la production d'électricité en Belgique en 2022 (Febeg) :



Un courant électrique correspond au mouvement des particules appelées électrons dans un matériau conducteur (par exemple, le cuivre des câbles électriques).



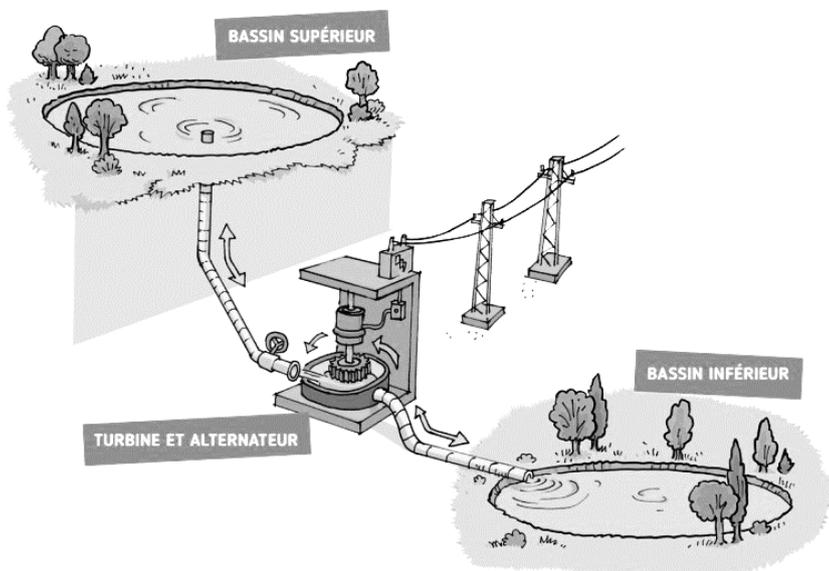
Tu es curieux de découvrir le fonctionnement de l'éolienne ? Pour cela, retrouve les 6 panneaux réalisés par les enfants des écoles primaires du territoire. À propos, Combien d'éléphants pèse une éolienne ?  
Plus sérieusement, trouve 2 systèmes capables de stocker l'électricité.



- Panneau n°13 : Le stockage de l'électricité

Il existe deux manières courantes de **stocker de l'énergie convertible en électricité**, mais avec des pertes de rendements :

1. Sous forme d'énergie potentielle : un réservoir d'eau en hauteur

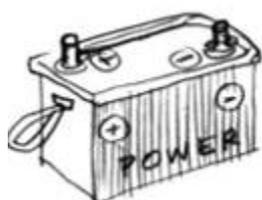


### Principe de la centrale hydroélectrique de Coo :

- ⇒ Lorsque la demande électrique est faible, l'eau est pompée vers les bassins supérieurs (réserve d'énergie potentielle).
- ⇒ Lorsque cette eau chute vers le bassin inférieur, l'énergie potentielle devient de l'énergie mécanique, la turbine est actionnée et l'alternateur produit l'énergie électrique.

Ici, c'est donc le réservoir d'eau supérieur qui sert de réserve d'énergie. Celle-ci sera reconvertie en électricité.

2. Sous forme d'énergie chimique : dans les batteries



L'électricité est également stockée dans des **batteries**, en particulier Lithium-ion, les plus performantes et les plus stables actuellement. Mais leur efficacité se réduit au fil du temps, elles utilisent des matières premières non renouvelables et sont difficilement recyclables...



Un autre moyen encore peu répandu de stocker l'électricité est l'hydrogène. Pour l'utiliser en tant que vecteur énergétique, il faut d'abord extraire cet hydrogène à partir de molécules chimiques.

Parmi ces propositions, quels sont les composés chimiques dont on peut extraire de l'hydrogène ?

a) Le dioxyde de carbone



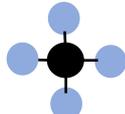
b) L'eau



c) Le dioxygène



d) Le méthane



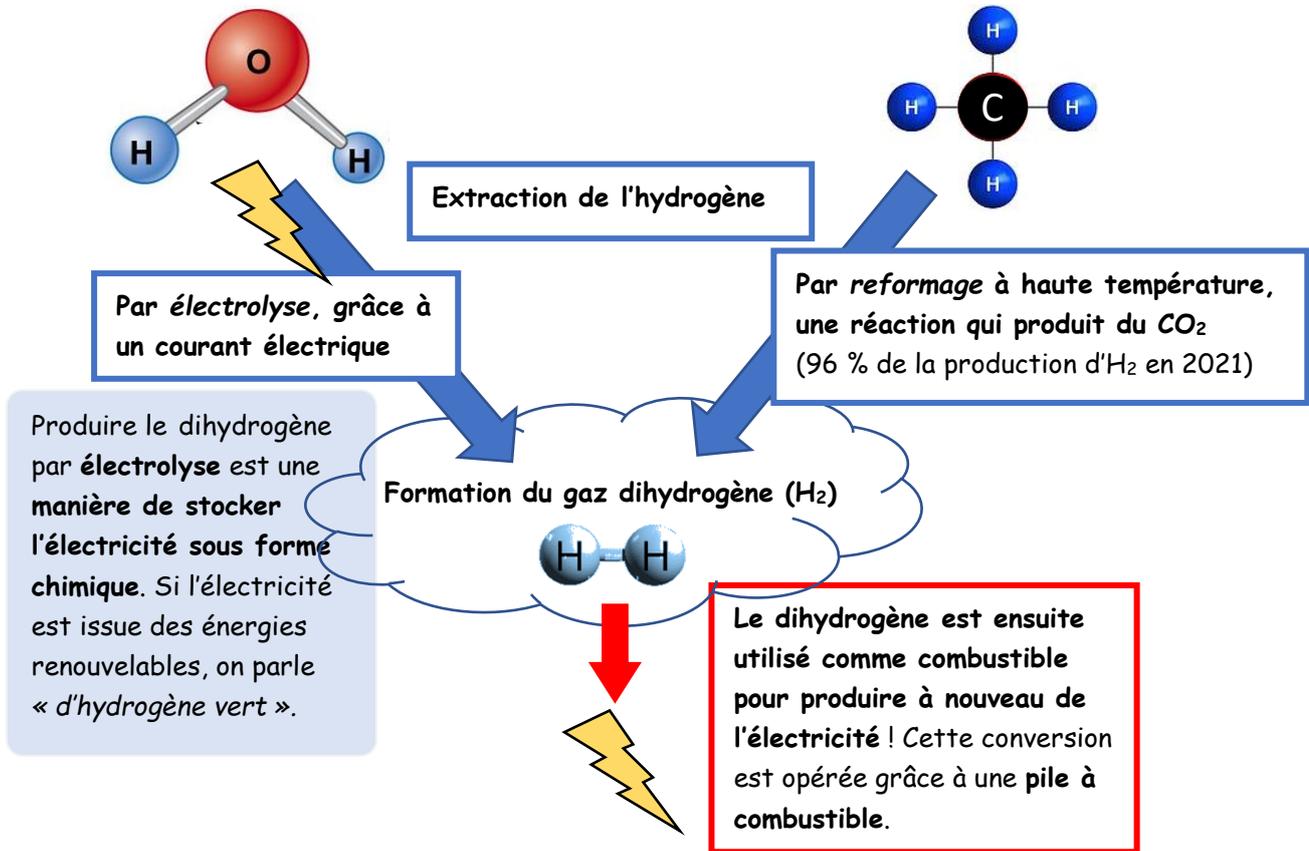


• Panneau n°14 : Et l'hydrogène ?

L'hydrogène (H) est un élément chimique que l'on trouve notamment :

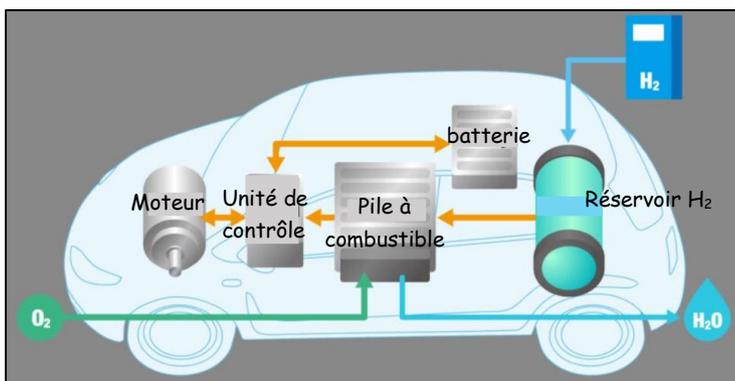
Dans la molécule d'eau (H<sub>2</sub>O) :

Dans les hydrocarbures (par exemple le méthane, CH<sub>4</sub>) :



Un exemple d'application, les véhicules à hydrogène :

Ils possèdent un réservoir de dihydrogène et une pile à combustible qui convertit ce dernier en électricité. L'électricité alimente alors la batterie et le moteur électrique.



Ces véhicules consomment de l'hydrogène et de l'oxygène. Ils rejettent de la vapeur d'eau.

Plutôt propre... à condition d'utiliser de l'hydrogène vert !



L'hydrogène vert est au centre de nombreuses expérimentations dans le cadre de la transition énergétique. Il ne représente actuellement (2023) qu'une très faible part de l'hydrogène produit. En attendant, revenons à nos ménages !

Parmi ces propositions, laquelle correspond à la consommation électrique moyenne annuelle d'un ménage wallon ?

a) 1 000 kWh ; b) 3 000 kWh ; c) 5 000 kWh.

## 8) Consommation électrique

Inclut les panneaux n°15 et 16.

➤ Sujets traités :

*Quelle quantité d'électricité est utilisée par les ménages belges et pour quels usages ?  
Consomme-t-on plus à certains moments de la journée et de l'année ?*

• Ressources et outils complémentaires

**Quantifier la consommation électrique à l'école :**

- Le module 3 du dossier pédagogique « *Génération Soleil : mon école, mon projet, mon énergie* » (GAL pays de l'Ourthe) : quantifier la consommation électrique de l'école et estimer le nombre de panneaux solaires nécessaires pour couvrir ces besoins.  
Lien : <https://www.educationenergie.be/generation-soleil/>
- Quelques méthodes pour organiser le suivi des consommations à l'école :  
Lien : <https://www.educationenergie.be/suivi-des-consommations/>



- Panneau n°15 : La consommation électrique des ménages

Un ménage belge (en moyenne 2,3 personnes) consomme environ **3000 kWh** d'électricité par an. La moyenne de **3500 kWh** tient compte des quelques pourcents des ménages qui se chauffent à l'électricité.

**Consommations électriques annuelles des ménages pour quelques usages (kWh)**

(GAL)

- Rouler en voiture
- Chauffer l'habitation
- Chauffer l'eau
- Sécher le linge
- Cuisiner
- Usages spécifiques



Consommations électriques annuelles

La part de la **consommation résidentielle**, c'est-à-dire celle des ménages, équivaut à **23% de la consommation totale d'électricité en Belgique en 2021**.

**Usages non spécifiques** : ils pourraient être réalisés avec une autre source d'énergie (sécher le linge, rouler en voiture, chauffer l'eau...).

**Usages spécifiques** : ils ne peuvent être réalisés qu'avec de l'électricité (éclairage, multimédias, frigo, congélateur, four, micro-ondes, machine à laver, lave-vaisselle, ...).



*Pour rappel, un cycliste peut fournir 1 kWh d'énergie sur une journée en pédalant 10h00. Or, un ménage moyen consomme pratiquement 10 kWh d'électricité par jour... Il faudrait donc 10 de nos cyclistes survoltés au service du ménage pour remplacer la fée électricité !*

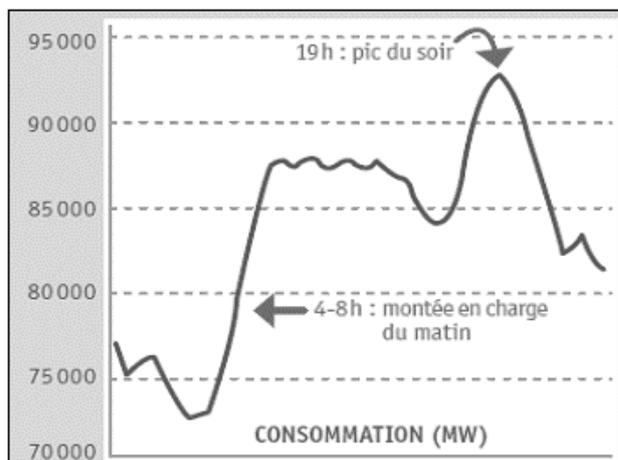
*Selon toi, à quel moment de l'année et à quelle heure consomme-t-on le plus d'électricité ?*



• Panneau n°16 : Attention aux consommations de pointe !

L'électricité alimentant le réseau de distribution n'est pas stockée. Idéalement, chaque kWh devrait donc être produit au moment de sa consommation. Exercice difficile car la plupart des centrales produisent en continu et la consommation électrique n'est pas régulière. Deux pointes de consommation sont rencontrés :

- En journée vers 19h : chacun rentre chez lui et a besoin d'eau chaude, de chaleur, de cuisiner, de lumière...
- Annuellement, au mois de janvier : les températures plus basses nous cantonnent dans nos intérieurs. Le jour tombe plus tôt, et le manque de clarté nous oblige à allumer les lampes. L'augmentation de la consommation en hiver est d'autant plus importante si l'on utilise un chauffage électrique.



(Source : Institut National Polytechnique N7 Toulouse)

**Des solutions qui tombent à pic !**



Mais d'abord, réduisons notre consommation !



Passons à la vision locale de l'énergie au niveau des 3 communes du GAL : Gesves, Assesse et Ohey.

Parmi ces secteurs, lequel consomme le plus d'énergie à l'échelle de notre territoire rural (toutes formes d'énergies confondues) ?

- a) Industrie ;      b) Transports ;      c) Logement ;      d) Agriculture.

## 9) État des lieux des communes de Gesves, Assesse et Ohey

Inclut les panneaux n°17 et 18.

➤ Sujets traités :

*Que produit-on localement en termes d'énergie ? Cela suffit-il à couvrir les consommations du territoire ?*

- Ressources et outils complémentaires

**Accéder à des données à l'échelle de la Wallonie :**

Visitez la rubrique « Bilans énergétiques wallons » sur le site Wallonie énergie du SPW.

Lien : [https://energie.wallonie.be/fr/bilans-energetiques-wallons.html?IDC=6288&filter\\_profils=8179#documents](https://energie.wallonie.be/fr/bilans-energetiques-wallons.html?IDC=6288&filter_profils=8179#documents)



• Panneau n°17 : Les consommations locales

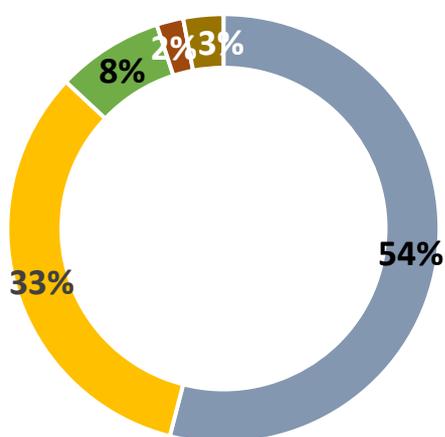


**Assesse-Gesves-Ohey**

20.000 ha - 20.000 habitants - 7000 ménages

**550GWh/an, soit 55 millions de litres équivalent mazout/an ou 3000 L équivalent mazout/hab/an (30 MWh/hab/an)**

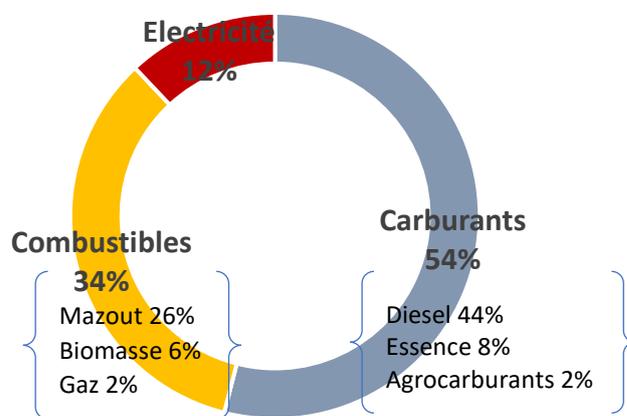
**Qui consomme ?**



- Transports
- Logement
- Tertiaire
- Industrie
- Agriculture

La principale dépense énergétique (plus de 50%) de notre territoire rural est le **transport** (marchandises et déplacements). **Vient ensuite le logement.**

**Quelles énergies sont consommées ?**



- Carburants
- Combustibles
- Electricité

(données de 2020 -SPW)

Les principaux vecteurs d'énergie utilisés sont les **carburants** (54%), suivis des **combustibles** servant pour le chauffage (34%). L'électricité représente 12% de l'énergie totale consommée



**Quelles énergies sont produites localement ? Quelle part de la consommation totale d'énergie sur le territoire est couverte par ces énergies locales ?**



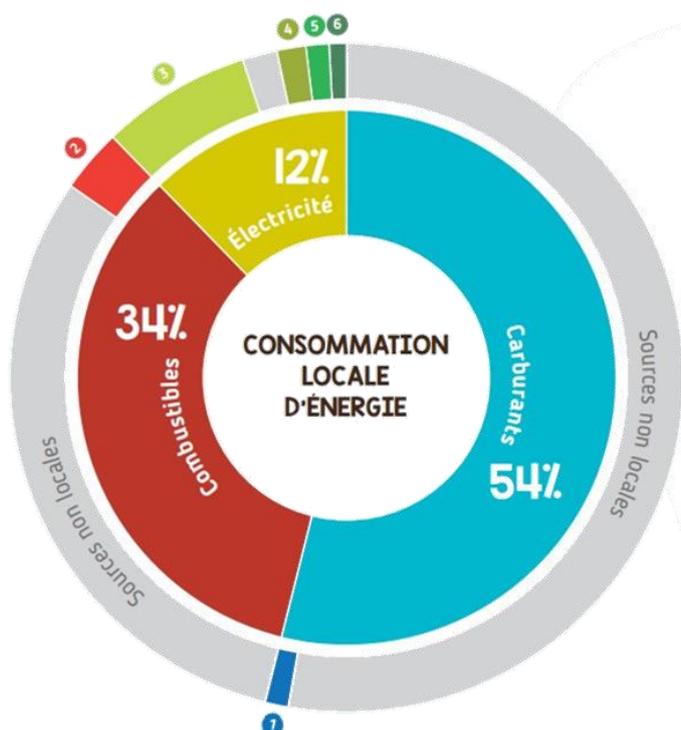
- Panneau n°18 : Les productions énergétiques locales

En 2020, la consommation totale d'énergie sur le territoire s'élevait à **550 GWh** (rappelle-toi, 3000 L d'équivalent mazout/hab/an) :



- 54% de carburants (297 GWh)
- 34% de combustibles pour le chauffage (187 GWh)
- 12% d'électricité (66 GWh)

En 2020, la production locale d'énergie correspondait environ à **15 % de l'énergie totale consommée** sur la même année.



### PARTS DE LA PRODUCTION LOCALE D'ÉNERGIE (moyenne pour 2020)

#### Les carburants

- 1 Agrocarburants locaux 2%
- Non locaux à 98%

#### Les combustibles

- 2 Biomasse locale 6%
- Non locaux à 94%

#### L'électricité

- 3 Éoliennes Windvision 60,5%
- 4 Biométhanisation Biospace 11,5%
- 5 Photovoltaïque 9%
- 6 Eoliennes Avient 7%
- Non locale à 12%

(Source : SPW)

Remarque : ces données ne tiennent pas compte de la production de chaleur par les panneaux solaires thermiques. Ceux-ci produisent l'équivalent de 8 GWh/an (ce qui permet une économie de combustibles de l'ordre de 3%).



La production électrique locale semble couvrir une large part des besoins du territoire. Cependant, l'éolien et le photovoltaïque sont des énergies intermittentes (elles dépendent des conditions météo). Par conséquent, la production n'est pas suffisante à tout moment. La dépendance aux sources d'énergie non locales reste importante !

**Combien de temps met l'une des grandes éoliennes qui t'entourent pour produire 1 kWh ?**

- a) 1 s ;                      b) 2 min ;                      c) 1h.

## 10) Que représente 1 kilowattheure ?

Inclut les panneaux n°19 et 20.

➤ Sujets traités :

*En combien de temps une éolienne ou une installation photovoltaïque peuvent-elles produire 1 kWh ?*

*Que peut-on faire avec 1 kWh dans la vie courante ?*

• Ressources et outils complémentaires

**Secondaire :**

- Le calcul de l'énergie : proposez à vos élèves des problèmes à résoudre à l'aide de la formule de l'énergie.

Lien : <http://eduonline.net/spip/spip.php?article13>

- Le jeu « Coûts-Conso » sur l'efficacité énergétique des appareils permet notamment de classer ces derniers sur base de leurs consommations en kWh.

Lien : <https://www.reseau-idee.be/fr/couts-conso>



- Panneau n°19 : Produire 1 kWh

*La formule reliant énergie, temps et puissance :*

$$\text{Energie (Wh)} = \text{temps (h)} \times \text{Puissance (W)}$$

Pour rappel, pour produire 1000 Wh (1kWh) rien qu'avec les muscles, il faut selon la formule :



**Pédaler 10h**  
à une puissance de 100 W



**5 s\*** pour une **grande éolienne** telle qu'ici  
(1 s à pleine puissance)



**30 min\*** pour une **éolienne à axe vertical** telle qu'ici  
(6 min à pleine puissance)



**2 h\*** pour **30m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques**  
(12 min à pleine puissance)

\* en production moyenne sur l'année.

(GAL)



En tant que citoyens, nous consommons l'énergie en oubliant la notion de « travail » nécessaire pour la fournir (100 cyclistes au service de chaque habitant, cf. panneau 11).

Parmi ces utilisations d'énergie, laquelle n'est pas réalisable avec 1 kWh ?

- a) Une lessive ;      b) 10h de télévision ;      c) Un cycle de sèche-linge.



• Panneau n°20 : Consommer 1 kWh dans la vie courante

**Pour rappel :**

Energie (Wh) = temps (h) x Puissance (W)

Produire 1 kWh = 10h de pédalage à 100 W

La formule permet également de connaître le temps mis par un appareil d'une puissance donnée pour consommer 1 kWh.

Ainsi 1 kWh sera consommé au bout de 1h pour un appareil de 1000 W (un aspirateur par exemple).

Un des appareils les plus énergivores de la maison est le sèche-linge : 1 kWh permet à peine de réaliser 1/3 du cycle de séchage !



Voici quelques exemples de ce que l'on peut faire en moyenne avec 1 kWh :



Voiture thermique :  
17 km



Voiture électrique :  
10 km



Vélo électrique :  
100 km



16 h



142 h



Wifi :  
3 jours



Frigo :  
24 h



1  
lessive



1  
vaisselle



1 semaine



Fer à  
repasser :  
3 h



Sèche-  
cheveux :  
45 min



Télévision :  
10 h

(SID Suisse Délémont)



Pensons à faire sécher le linge à l'air libre. Et lorsque c'est possible, troquons la voiture pour un vélo. Vive la pince à linge et le vélo électrique !

Comment appelle-t-on l'énergie dépensée inconsciemment et pourtant liée à nos produits de consommation ?

- a) noire ;      b) verte ;      c) grise ;      d) rouge.

## 11) Consommations indirectes d'énergie

Inclut le panneau n°21.

➤ Sujets traités :

*La consommation énergétique se limite-t-elle à la période d'utilisation des appareils, voitures et machines ?*

*Le traitement de nos données numériques est-il énergivore ?*

• Ressources et outils complémentaires

**Tous niveaux :**

- Un dossier pédagogique sur le GSM avec kits adaptés pour le primaire et le secondaire : cycle de vie et les 5 R (recycler, réparer, réutiliser, réduire et repenser).

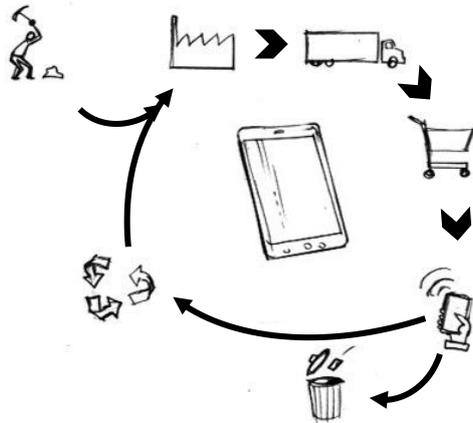
Lien : <https://www.goodplanet.be/fr/dossier-pedagogique-gsm/>

- Étude de cas « La face cachée du numérique » par Good Planet.

Lien : <https://www.missionenergie.goodplanet.org/fiche/la-face-cachee-du-numerique/>



- Panneau n°21 : Consommations d'énergie cachées



L'énergie grise d'un produit est l'énergie « invisible » pour le consommateur. Sur le cycle de vie du produit, il s'agit de l'énergie consommée :

- **avant utilisation** : pour extraire les matières premières, fabriquer le produit, l'emballer, le transporter, le stocker et le vendre.
- **après utilisation** : pour transporter les déchets, les trier, les recycler ou les éliminer.

La recharge du smartphone durant sa phase d'utilisation (en moyenne 2 ans) utilise entre 7 et 14 kWh, soit seulement 1/10 de l'énergie totale consommée durant son cycle de vie.

Une piste : moins acheter, faire durer, réparer...

Cette analyse du cycle de vie ne tient pas compte des consommations indirectes de nos appareils connectés. En effet, ces derniers génèrent des données numériques, ou data. Les data ne flottent pas dans un nuage blanc (cloud). Elles sont traitées par les Data Centers très énergivores (immenses bâtiments remplis d'ordinateurs qui chauffent) :



Un Data Center de 10 000 m<sup>2</sup> consomme 50 GWh d'électricité par an. Soit la consommation électrique de 15 000 ménages...



Nous consommons énormément d'énergie sans même nous en rendre compte ! Pourtant, celle-ci coûte cher, Non ?

À la maison, quel est le vecteur énergétique le plus coûteux ? Combien coûte 1 kWh ?

## 12) L'énergie coûte-t-elle cher ?

Inclut le panneau n°22.

➤ Sujets traités :

*Pourquoi le prix de l'énergie varie-t-il dans le temps ? Le prix du kWh est-il élevé au regard du travail musculaire qu'un homme devrait déployer pour le produire ?*

- Ressources et outils complémentaires

**Mieux comprendre les facteurs qui influencent le coût de l'électricité :**

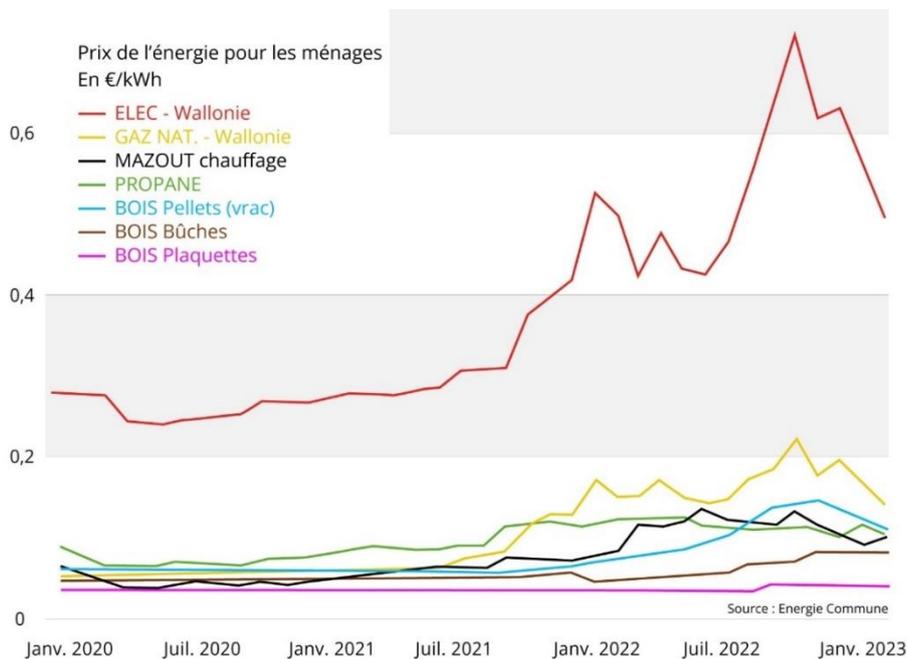
Une analyse systémique du coût de l'électricité par Jean-Marc Jancovici.

Lien : <https://jancovici.com/transition-energetique/electricite/quel-est-le-vrai-cout-de-lelectricite/>



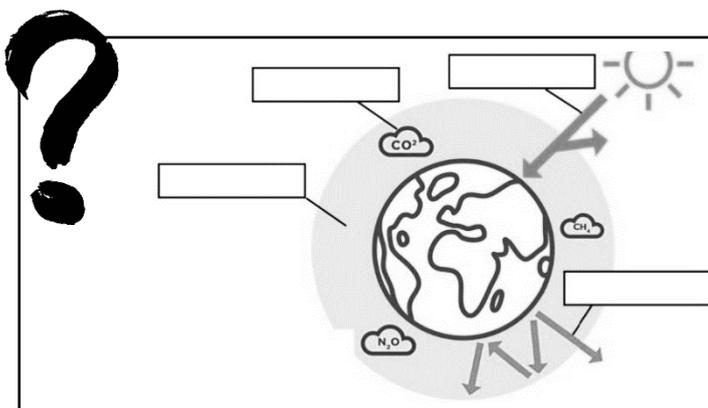
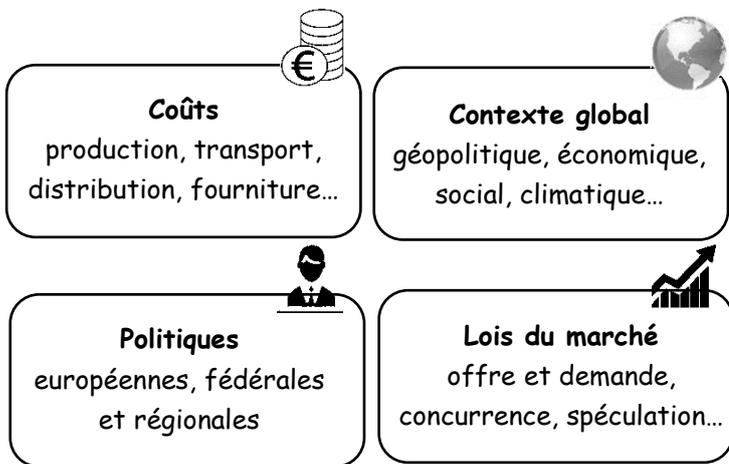
• Panneau n°22 : Le prix de l'énergie

Les tarifs de l'énergie fluctuent dans le temps :



Il arrive que les prix de l'énergie fluctuent beaucoup à certaines périodes. Malgré cela, le prix du kWh reste bas si on le compare à son équivalent en travail humain.

Quelques facteurs qui influencent la facture énergétique :



Mais l'énergie a aussi un coût environnemental !

Peux-tu compléter ce schéma présentant le phénomène naturel d'effet de serre ?

## 13) Impacts globaux liés aux énergies fossiles

Inclut les panneaux n°23 à 27.

➤ Sujets traités :

*Qu'est-ce que l'effet de serre ? Comment est-il amplifié par certaines activités humaines ? Quelles-sont les conséquences des dérèglements climatiques ?*

• Ressources et outils complémentaires

Tous niveaux :

- Le cahier de l'énergie : partie « *Pourquoi consommer moins d'énergie ?* ».  
Lien : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/cahier-du-professeur.pdf?ID=45855>
- Un kit proposant différentes expériences pour mieux appréhender les phénomènes liés aux changements climatiques, par Sciences à Emporter.  
Lien : <https://sciencesaemporter.be/produit/les-changements-climatiques/>
- L'atelier de la Fresque du Climat : jeu collaboratif basé sur les données scientifiques du GIEC pour retracer l'enchaînement de cause à effet et comprendre le système complexe qui entraîne le dérèglement climatique.
- Lien : <https://www.goodplanet.be/fr/fresque-du-climat/>

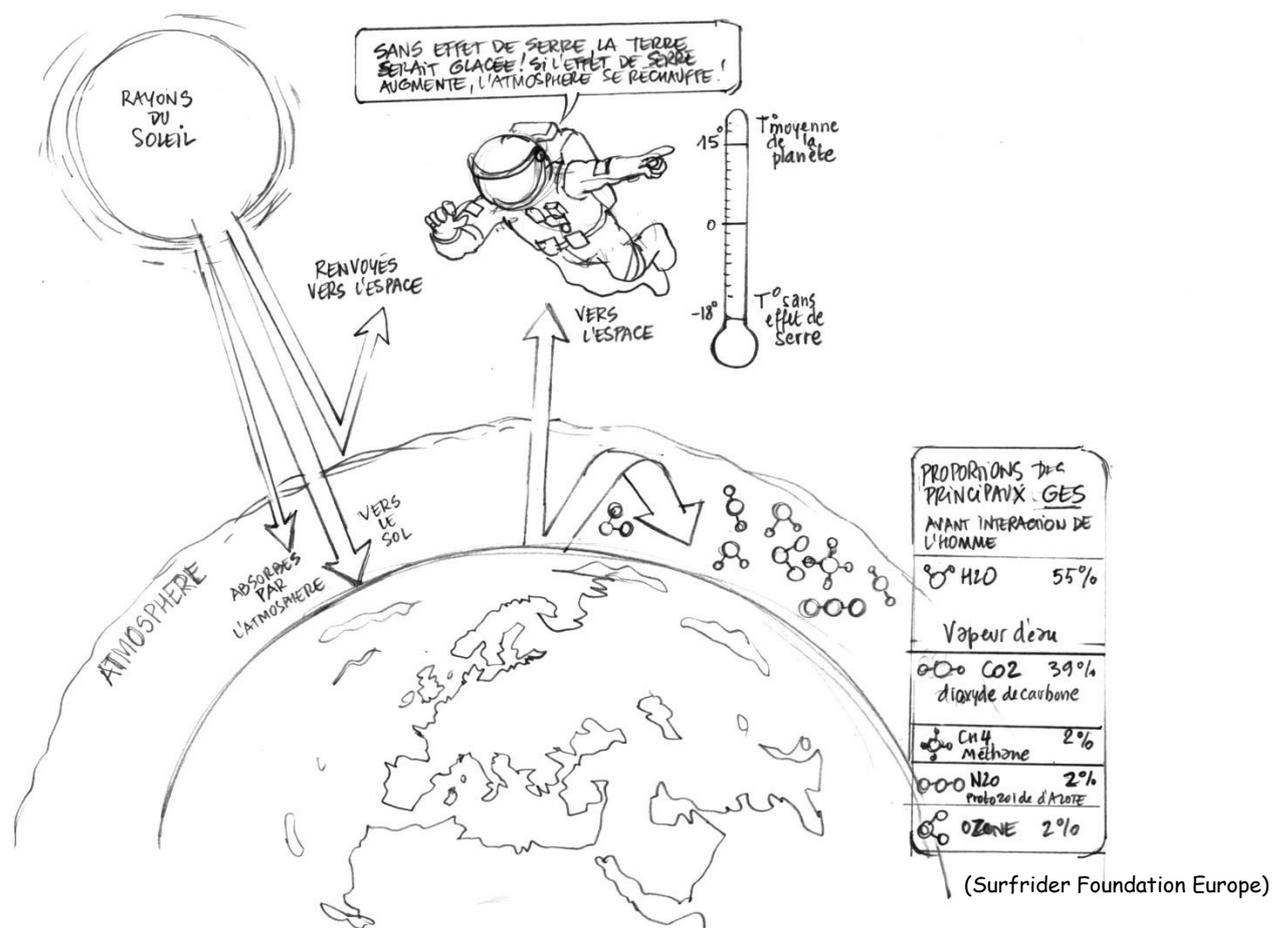
Secondaire :

- « *Injustice climatique - regards croisés entre le Nord et le Sud* » : un site internet informatif, avec dossier pédagogique, encadrement d'un projet de classe...  
Lien : <https://www.injusticesclimatiques.be/enseignant.html>



- Panneau n°23 : L'effet de serre

Lorsque les rayons solaires atteignent la Terre, sa surface chauffée émet des infrarouges (chaleur). Une partie de ces infrarouges part vers l'espace mais une autre partie est retenue par les **gaz à effet de serre (GES)** présents dans l'atmosphère. Le réchauffement qui en découle, appelé **effet de serre**, est un phénomène **naturel** grâce auquel la surface terrestre bénéficie d'une température moyenne de 15°C, propice aux formes de vie.



À cause des rejets générés par certaines activités humaines, l'atmosphère contient des GES en excès. L'élévation de la température globale qui en découle déstabilise le climat ainsi que les écosystèmes.

*On parle ici de la température moyenne pour l'ensemble de la surface de la Terre. À ne pas confondre avec les températures locales qui varient dans le temps et selon les régions. Les températures locales les plus extrêmes mesurées sont de - 89,2°C en Antarctique et de + 56,7 °C dans la Vallée de la mort, en Californie.*



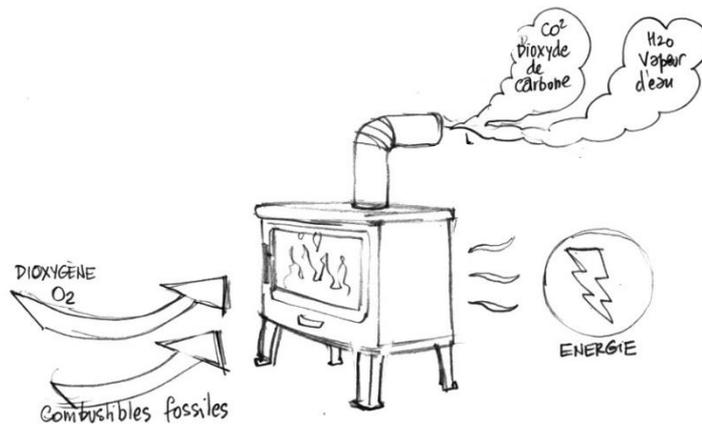
À l'heure actuelle, les scientifiques sont unanimes : le phénomène naturel de l'effet de serre est amplifié de façon problématique par les GES émis par l'Homme.

**Quels sont les 3 principaux gaz à effet de serre émis par les activités humaines ?**



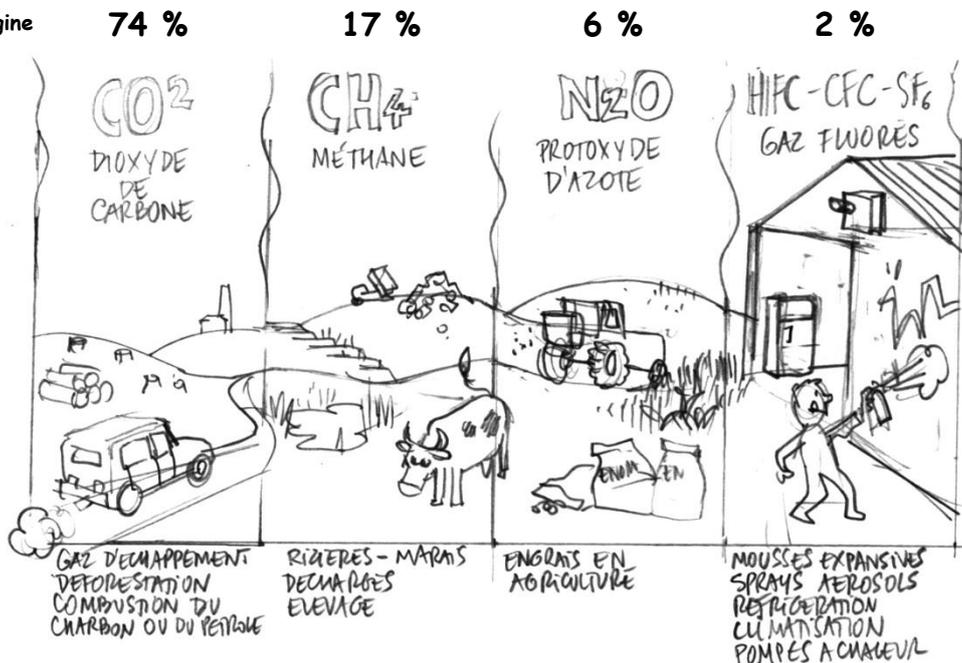
- Panneau n°24 : Amplification de l'effet de serre par certaines activités humaines

Depuis la révolution industrielle, le **premier facteur d'amplification de l'effet de serre est la combustion des énergies fossiles** : le pétrole, le charbon et le gaz naturel.  
En effet, la combustion des énergies fossiles **émet dans l'atmosphère d'énormes quantités de CO<sub>2</sub>**, principal GES !



Toutefois, ce n'est pas la seule cause d'émission de GES. Voici quelques **exemples de secteurs d'activité qui impactent les concentrations de GES dans l'atmosphère** :

Contribution au réchauffement d'origine humaine (CO<sub>2</sub>équ\*)  
(données de 2016 - Our World in Data)



\* En tenant compte du potentiel de réchauffement climatique de chaque GES, on peut en comparer les effets. On parle alors de CO<sub>2</sub>équ.



Les émissions de CO<sub>2</sub> par la combustion des énergies fossiles sont un problème majeur puisqu'elles sont la principale cause du changement climatique.

Par combien ont été multipliées les émissions de CO<sub>2</sub> en un siècle, de 1920 à 2020 ?

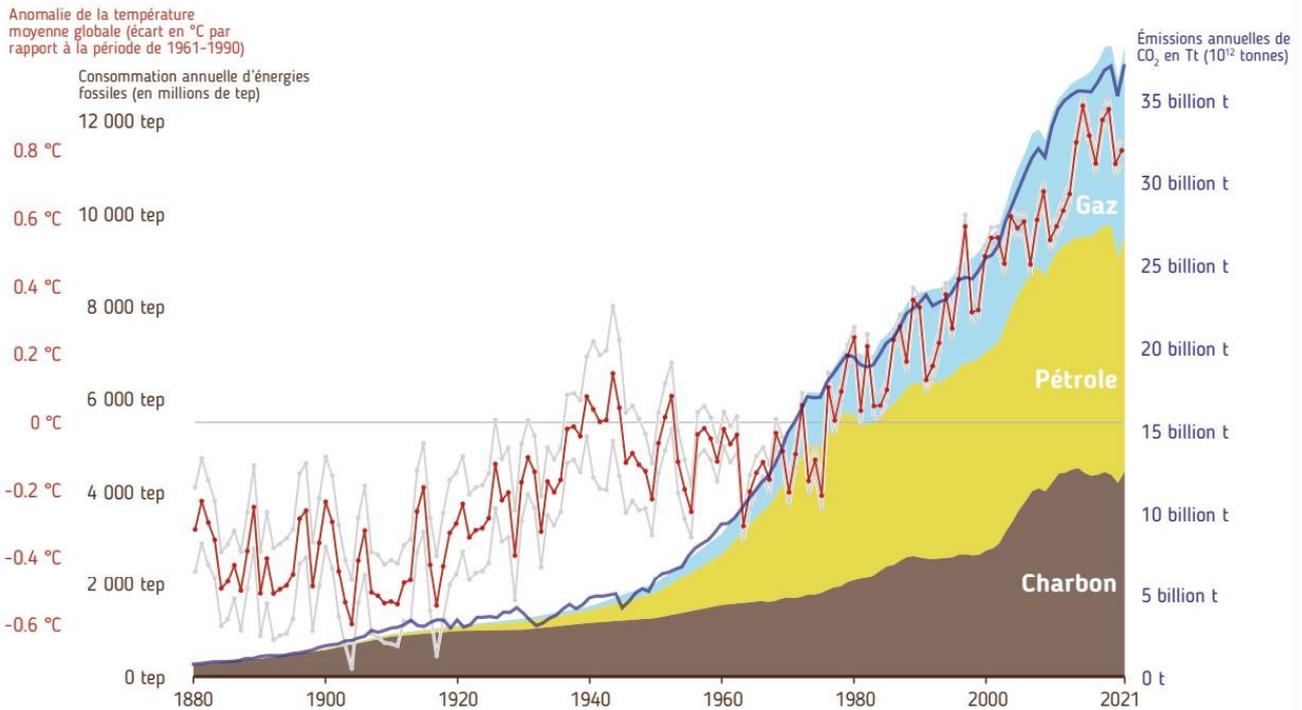
- a) par 3 ;    b) par 7 ;    c) par 10.



- Panneau n°25 : Augmentation de la température globale

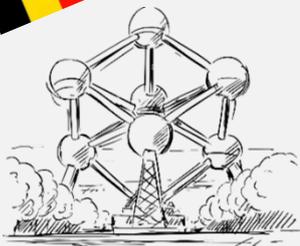
La hausse de la température moyenne à la surface du globe est une conséquence directe de l'amplification de l'effet de serre.

### Évolutions mondiales de la consommation de combustibles fossiles, des émissions de CO<sub>2</sub> et de la température globale (Our World in Data)



Les émissions de CO<sub>2</sub> ont été multipliées par 10 en l'espace d'un siècle environ, suivant l'allure de la consommation des énergies fossiles.

On observe également une augmentation de la température moyenne à la surface de la planète. En 2021, elle était supérieure d'environ 1,1°C à sa valeur préindustrielle (période 1850-1900).



**Le belge moyen émet 10 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, c'est 2 fois la quantité que pourrait contenir une sphère de l'Atomium si on la remplissait de CO<sub>2</sub> pur. Il faudrait donc plus de 22 millions de ces sphères pour contenir les émissions de CO<sub>2</sub> de la population belge !**

Pour un ménage : Brûler 2000 l de mazout de chauffage → 5,3 tonnes de CO<sub>2</sub>

Utiliser 3000 kWh d'électricité → 0,8 tonnes de CO<sub>2</sub>

Parcourir 20 000 km en voiture thermique → 4 tonnes de CO<sub>2</sub>



Plus le réchauffement global s'accroît, plus le climat se dérègle !

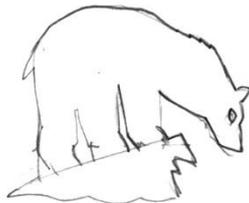
Peux-tu citer au moins 3 conséquences du changement climatique ?



- Panneau n°26 : Les conséquences des changements climatiques

Les dérèglements climatiques ont **des répercussions à la fois environnementales et sanitaires.**

Certaines populations doivent d'ores et déjà migrer pour échapper à la pénurie d'eau, aux mauvaises récoltes, aux maladies et à la montée du niveau de la mer. Ainsi, les inégalités se creusent et le nombre de réfugiés climatiques augmente.



**ECOSYSTEMES PERTURBES**  
(espèces animales et végétales menacées d'extinction)



**PRODUCTIONS AGRICOLES EN BAISSSE**  
(dans de nombreuses régions : sécheresse, migrations de ravageurs et maladies, incendies)



**EVENEMENTS METEOROLOGIQUES**  
(vagues de chaleur, crues, sécheresses des sols)

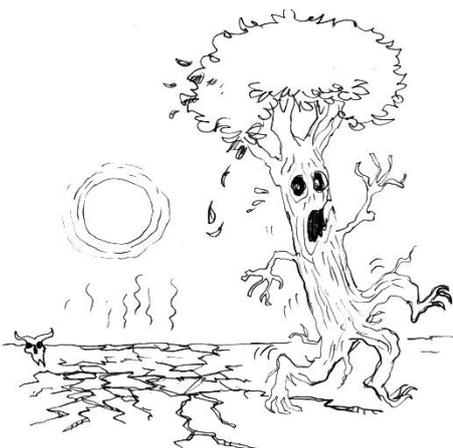


**MONTEE DU NIVEAU DES OCEANS**  
(impact sur les îles, les deltas et les zones côtières très basses)

(notamment en raison de l'avancée d'insectes vecteurs de maladies)



**RISQUES SANITAIRES ACCRUS**



**De nombreuses espèces sont menacées.** Face au bouleversement rapide du climat, certains animaux ont la capacité de migrer en fonction des habitats préservés qui leur sont accessibles. Ce n'est pas le cas de tous les êtres vivants, notamment des végétaux.



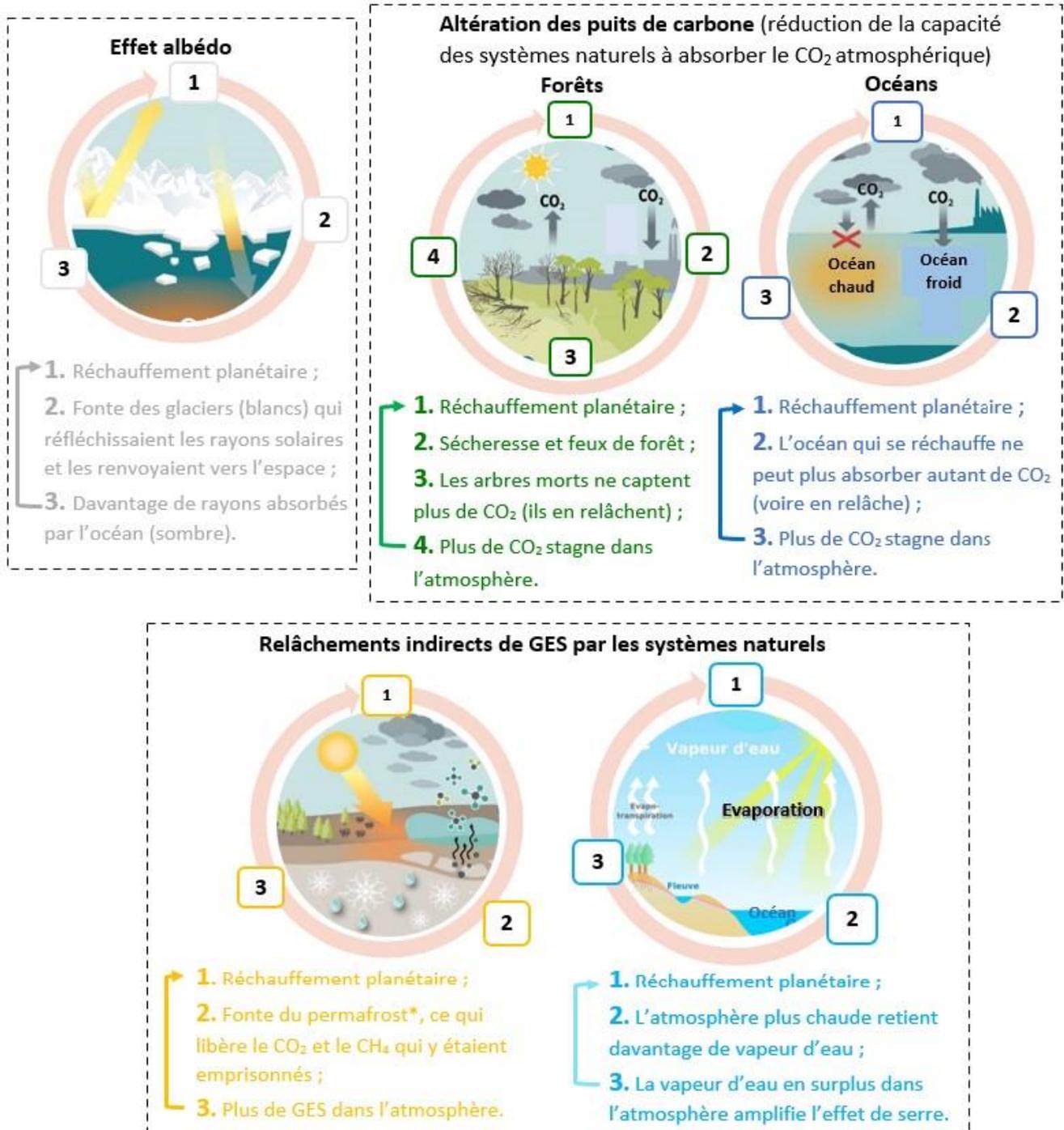
Au vu des conséquences du dérèglement climatique, il est urgent de limiter drastiquement les émissions de GES ! Le réchauffement planétaire conduit à des réactions en chaîne qui amplifient le problème.

Un exemple de phénomène qui accélère le réchauffement global est la fonte des glaces. Peux-tu expliquer pourquoi ?



- Panneau n°27 : Des boucles de rétroaction climatique

Des cercles vicieux permettent au réchauffement planétaire de s'auto-alimenter. 27 de ces "boucles de rétroaction" ont déjà été identifiées. En voici quelques exemples :



\*Sols gelés qui représentent environ 20 % des terres de l'hémisphère nord.



Mais grâce aux énergies renouvelables, plus vraiment besoin de faire d'efforts...  
Chacun pourra maintenir ses habitudes sans impact sur l'environnement ! **VRAI ou FAUX ?**

## 14) Des énergies vertes ?

Inclut les panneaux n°28 à 31.

### ➤ Sujets traités :

*Existe-t-il des énergies totalement « propres », sans impacts sur l'environnement et sur l'Homme ?*

*Comment fonctionne la centrale de biométhanisation ? Et la plateforme biomasse ?*

### • Ressources et outils complémentaires

#### Primaire :

- Des animations sur les énergies renouvelables avec Cap Sciences.  
Lien : <https://www.capsciences.be/animations-ecole/energies-renouvelables/>
- Des animations au grand air sur le vent et les énergies renouvelables avec Vents d'Houyet Académie.  
Lien : <https://www.ventsdhouyetacademie.be/animations-scolaires.html>

#### Primaire et 1<sup>er</sup> degré du secondaire :

- La boîte énergie par le WWF : tenter de composer le meilleur mix énergétique pour une ville du futur, en réfléchissant aux économies d'énergie.  
Lien : <https://wwf.be/fr/ecoles/la-boite-energie?auto=1>

#### Secondaire :

- Le kit « Énergie nucléaire = énergie propre ? » par Sciences à Emporter.  
Lien : <https://sciencesaemporter.be/produit/energie-nucleaire-energie-propre/>

#### Tous niveaux :

- Une animation sur les enjeux de l'énergie et la visite d'une chaufferie bois avec Coopeos.  
Lien : [https://www.educationenergie.be/wp-content/uploads/2021/11/Coopeos-Congres-sciences\\_Invitation.pdf](https://www.educationenergie.be/wp-content/uploads/2021/11/Coopeos-Congres-sciences_Invitation.pdf)



• Panneau n°28 : Des énergies totalement « propres » ?

Toute exploitation de l'énergie par l'Homme a un impact sur l'environnement.

Même les centrales qui n'émettent pas de GES pour fonctionner en émettent à d'autres étapes de leur cycle de vie. Cela est dû aux **énergies grises fossiles** employées pour leur fabrication et leur démantèlement.

En moyenne, une installation photovoltaïque met 1 à 1,5 ans pour produire l'équivalent de l'énergie utilisée pour sa fabrication. C'est moins d'1 an pour une éolienne.

L'ensemble des émissions de GES sur le cycle de vie d'une centrale constitue son **empreinte carbone\***.

Quelques impacts des centrales électriques :

\*Empreintes carbonées des centrales en grammes d'équivalent CO<sub>2</sub> par kilowattheure produit (gCO<sub>2e</sub>/kWh) sur leur cycle de vie (ADEME)

Type de centrale	Émissions de GES (gCO <sub>2e</sub> /kWh)	
Hydraulique	6	
Thermique nucléaire	6	
Éolienne	10	
Biomasse	32	
Photovoltaïque	44	
Géothermique	45	
Thermique (E fossile)	gaz	418
	pétrole	730
	charbon	1060

Énergies renouvelables			Énergies non renouvelables	
Éoliennes	Panneaux photovoltaïques	Centrales Hydrauliques	Centrales nucléaires	Centrales thermiques (E fossiles)
				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- impact visuel ;</li> <li>- risque pour l'avifaune (elles sont arrêtées durant les heures de chasse des chauves-souris).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emprise au sol ;</li> <li>- Fabrication énergivore (extraction et purification du silicium) ;</li> <li>- Extraction de métaux rares (pour certains panneaux).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vallées inondées (lacs artificiels) ;</li> <li>- Modification du débit naturel ;</li> <li>- Obstacle à la migration des poissons (si le barrage n'est pas aménagé pour cela).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- déchets radiocatifs (certains le sont pour des milliers d'années) ;</li> <li>- risque majeur pour les êtres vivants exposés aux rayonnements en cas d'accident.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Émissions de polluants (particules fines, dioxyde de soufre...) et de CO<sub>2</sub> (atteinte à la santé, à l'environnement et amplification de l'effet de serre).</li> </ul>

Dans tous les cas, la meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas !



Les énergies renouvelables, bien qu'importantes dans la transition énergétique, nécessitent une exploitation accrue de métaux et occupent de l'espace.

Combien de panneaux photovoltaïques faut-il environ pour produire autant qu'une grande éolienne ? a) 200 ; b) 2000 ; c) 20 000.



• Panneau n°29 : L'emprise spatiale des énergies renouvelables

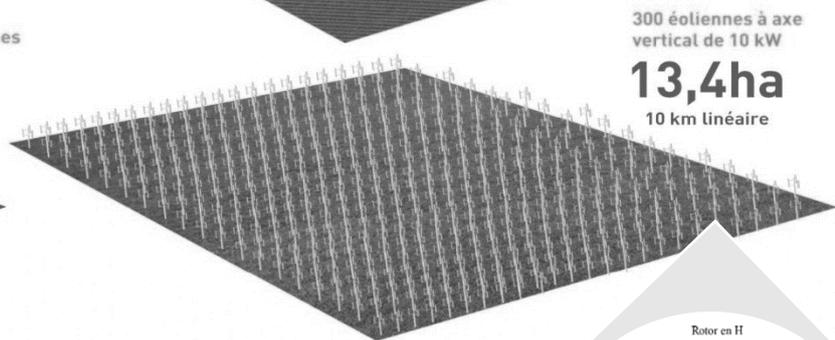
Quelles sont les surfaces nécessaires pour la production de 6700 MWh/an (soit la consommation électrique de 2000 ménages) avec des éoliennes ou des panneaux solaires ?



Les grandes éoliennes qui t'entourent sont appelées les Géantes du Samson, elles appartiennent à Windvision.

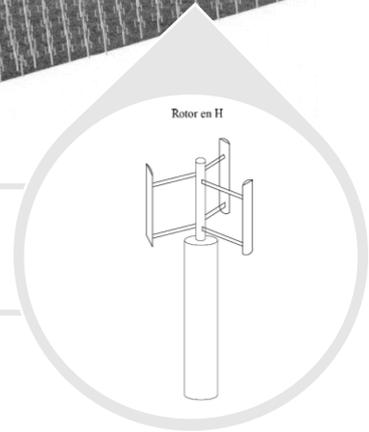


Un champ de panneaux photovoltaïques se situe non loin d'ici, à Wierde. (13,8 ha).



As-tu repéré l'éolienne à axe vertical installée par l'agriculteur à proximité ?

Ces éoliennes se situent à Assesse, elles appartiennent à Avient. Peux-tu les apercevoir au loin ?



(GAL)



Un peu plus loin, tu découvriras une centrale de biométhanisation. Comme son nom l'indique, elle produit du méthane (CH<sub>4</sub>). À partir de quelle source d'énergie primaire ?

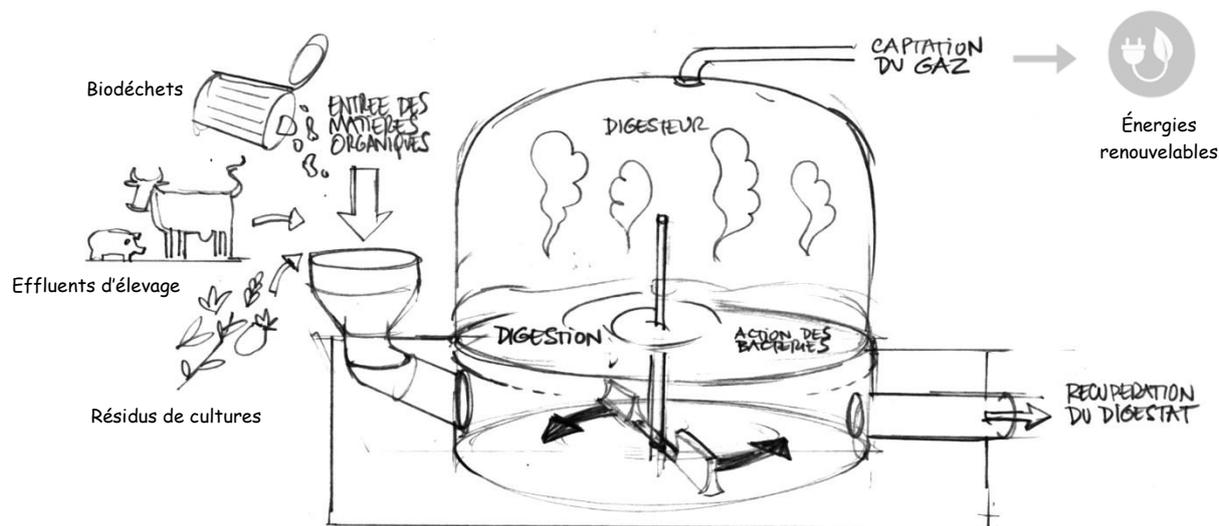
- a) du bois ;    b) du charbon ;    c) d'autres matières organiques.



- Panneau n°30 : La biométhanisation (Biospace)

En regardant à travers le **Visiorama**, tu découvres les installations de **Biospace** et **Clé bois**, des acteurs de la production d'énergies renouvelables locales.

**Biospace** est spécialisé dans la biométhanisation, un processus qui produit à la fois du gaz et du fertilisant :



Dans le digesteur, la digestion anaérobie\* de la matière organique par les bactéries produit du **biogaz** (ce qui fait gonfler le dôme vert). Celui-ci se compose principalement de méthane ( $CH_4$ ). En alimentant un moteur, le biogaz permet la **production combinée d'électricité et de chaleur** : cela s'appelle une **cogénération**.

Le moteur de **Biospace** a une puissance de 1000 kW, il génère donc **1 kWh d'électricité en moins de 4 secondes**. Cela représente **8 GWh par an**, soit de quoi alimenter 2700 ménages. C'est plus qu'une grande éolienne ! De plus, la **production électrique est continue** car cette énergie renouvelable ne dépend ni du vent, ni de l'ensoleillement.

**Quant à la chaleur cogénérée, elle n'est pas perdue** : 20 % sont utilisés pour maintenir le digesteur à 38°C et les 80 % restants sont valorisés par **Clé Bois**.

Le **digestat** correspond au reste de la matière organique après la digestion, il sert de **fertilisant en agriculture**.

\*Anaérobie = en absence d'oxygène



Derrière le digesteur, tu aperçois le grand hangar de **Clé bois**.

Que peut-on bien y produire sachant que cela valorise à la fois des résidus de bois et la chaleur issue de la cogénération ?

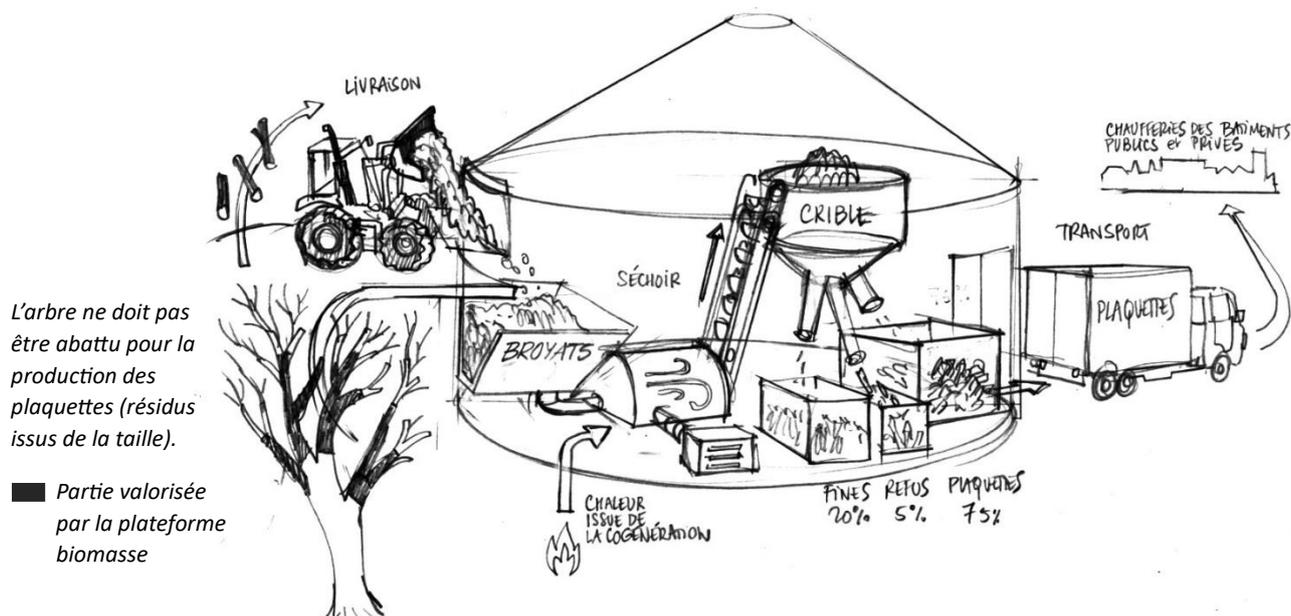


- Panneau n°31 : La plateforme biomasse (Clé bois)

Pour rappel, 20% de la chaleur cogénérée par la production électrique de Biospace servent à maintenir les digesteurs à 38°C pour la biométhanisation. Les 80 % restants représentent 8 GWh/an, soit l'équivalent des besoins en chauffage de 400 ménages (800 000 l de mazout).

Mais il n'y a que peu d'habitations à proximité et pas de réseau pour transporter la chaleur. Alors, que pourrait-on en faire ? Chauffer des serres, une piscine... ? Ici, la solution choisie est la plateforme biomasse !

Principe de la plateforme biomasse de Clé bois (grand hangar derrière le digesteur) :



On récupère les résidus de bois (entiers ou broyats) provenant des communes voisines (entretien des espaces verts par les ouvriers communaux, des jardins par les particuliers) ainsi que des entreprises de parcs et jardins. Les bois entiers sont broyés sur place.

Les broyats de bois sont séchés grâce à la chaleur issue de la cogénération.

Après séchage, le tout est criblé et l'on récupère des fractions de tailles différentes :

- plaquettes ;
- fines (trop petites, servent d'amendement, sont agglomérées en bûchettes...) ;
- refus (trop grands, servent comme bois d'allumage).

Les plaquettes servent de combustible pour le chauffage. Elles sont destinées à des chaufferies locales et alimentent les bâtiments communaux d'Ohey, Gesves...

Un exemple d'économie circulaire, locale, sans CO<sub>2</sub>. En avant pour la transition énergétique !



Avant d'arriver au dernier panneau du parcours, encore un petit travail d'introspection :

Quelles sont les mesures que tu serais prêt(e) à mettre en place pour limiter ta propre consommation d'énergie ?

## 15) Pistes d'actions à l'échelle du citoyen

Inclut le panneau n°32 (fin).

### ➤ Sujets traités :

À notre niveau, que peut-on faire pour diminuer notre impact et ainsi contribuer à une société plus durable sur le plan énergétique ?

### • Ressources et outils complémentaires

#### Primaire :

- La chasse aux gaspillages d'énergie à l'école avec Génération Zéro Watt (inscription et boîte à outil sur le site).  
Lien : <https://www.generationzerowatt.be/fr/home/>
- La BD « Chasse au gaspi avec Énerg'Hic ! ».  
Lien : <https://energie.wallonie.be/fr/chasse-au-gaspi-avec-energ-hic.html?IDC=6932&IDD=20169>

#### Secondaire :

- Le « Challenge Tomorrow Watt », la « Journée Énergie » et d'autres activités proposées par l'UCLouvain.  
Lien : <https://uclouvain.be/fr/decouvrir/scinfuse/pour-les-classes-de-secondaire.html>
- La création de scénarios bas carbone avec l'outil My2050.  
Lien : <https://climat.be/2050-fr/my2050-tool>

#### Tous niveaux :

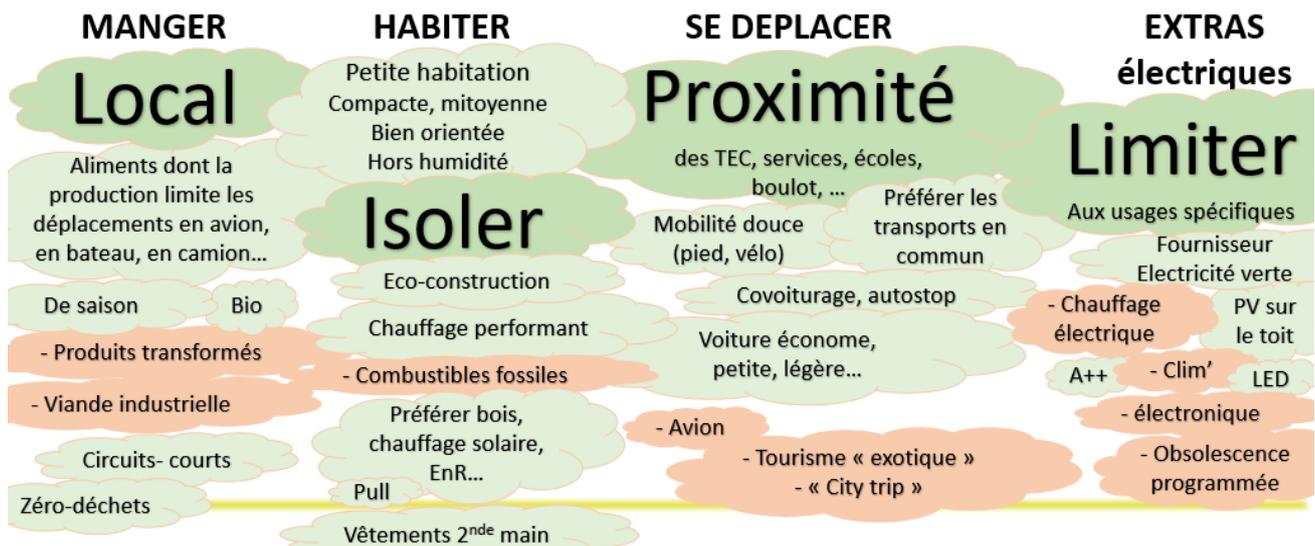
- Des actions concrètes pour les élèves et les enseignants.  
Lien : <https://www.educationenergie.be/actions-eleves/>
- Le cahier de l'énergie :  
partie 1 : « Quelles solutions apporter ? » ;  
partie 2 : « J'agis pour ma planète ».  
Lien : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/cahier-du-professeur.pdf?ID=45855>
- Pour découvrir autrement les thématiques de l'énergie et les perspectives face aux enjeux : l'exposition du SPARKOH ! (PASS) « Énergie, les nouveaux rêves ».  
Lien : <https://sparkoh.be/exposition/energie-les-nouveaux-reves/>
- Les défis Good Planet.  
Lien : <https://www.goodplanet.be/fr/goodplanet-challenges/>



- Panneau n°32 : À toi de jouer !

Comme tu as pu l'apprendre sur ce parcours, la meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas. Consommer moins nécessite une mobilisation collective mais cela commence par soi. **En tant que citoyens, nous pouvons être acteurs de notre propre changement et contribuer à une société plus durable.**

Voici quelques pistes pour t'inspirer dans ton cheminement personnel. **Évitons au maximum les dépenses d'énergie excessives et optons pour plus de sobriété :**



## 16) Correctif des questions posées sur le parcours

Panneau n°1 : / (plan du parcours)

Panneau n°2 :

5 réponses parmi :

charbon ; gaz ; pétrole ; uranium ; rayonnement solaire ; éolien (vent) ; biomasse ; énergie hydraulique (courant d'eau) ; énergie géothermique (chaleur souterraine).

Panneau n°3 :

5 réponses parmi :

produits pétroliers : carburants (essence, diesel,...), combustibles (mazout, propane, butane) ; gaz naturel ; électricité ; biocarburants ; bois de chauffage ; énergie solaire thermique ; charbon.

Panneau n°4 :

3 réponses parmi :

joule (J) ; calorie (cal) ; watt-heure (Wh) ; tonne-équivalent pétrole (tep).

Panneau n°5 :

Pétrole, charbon et gaz.

Panneau n°6 :

b. 4,9 tep/an.

Panneau n°7 :

1. chauffage des locaux, 2. éclairage et appareils électriques, 3. chauffage de l'eau, 4. cuisson.

Panneau n°8 :

3 réponses parmi :

orientation (des ouvertures et de la toiture équipée de panneaux solaires thermiques) ; mitoyenneté ; volume ; isolation ; étanchéité à l'air ; système de chauffage ; habitudes de vie (réglage de la température en fonction des pièces, porter un pull...).

Panneau n°9 :

En pédalant seul, il serait impossible de produire la quantité moyenne d'énergie consommée par un citoyen sur une journée (1000 heures de pédalage). Il faudrait 100 cyclistes pédalant 10h par jour pour répondre aux besoins d'énergie d'un seul citoyen !

Panneau n°10 : / (panneau informatif sur l'isolation)

Panneau n°11 :

Différentes ressources sont utilisées pour la production électrique. Les panneaux photovoltaïques convertissent directement l'énergie solaire en électricité.

Les autres centrales produisent l'électricité avec un alternateur. Celui-ci fonctionne grâce à la mise en rotation d'une turbine : par le vent (éolienne), par un courant d'eau (centrale

hydraulique), mais aussi par de la vapeur d'eau sous pression dans le cas des centrales thermiques. Pour produire la chaleur et donc la vapeur d'eau sous pression, les centrales thermiques effectuent la combustion de **combustibles fossiles** ou de **combustibles nucléaires**.

**Panneau n°12 :**

Sous forme d'un réservoir d'eau en hauteur, c'est ce que l'on appelle l'énergie potentielle ; sous forme d'énergie chimique dans les batteries ou encore sous forme d'hydrogène.

**Panneau n°13 :**

Eau (H<sub>2</sub>O) et méthane (CH<sub>4</sub>). Les autres molécules ne possèdent pas d'atomes d'hydrogène.

**Panneau n°14 :**

b. 3000 kWh.

**Panneau n°15 :**

Aux alentours du mois de janvier et vers 19h en soirée.

**Panneau n°16 :**

b. Transports.

**Panneau n°17 :**

On produit localement 15 % de l'énergie consommée sur le territoire : surtout de l'électricité (majoritairement issue des éoliennes, puis de la biométhanisation et du photovoltaïque) mais aussi des combustibles sous forme de biomasse (bois) et des agrocarburants.

**Panneau n°18 :**

a. 1 seconde (à pleine puissance).

**Panneau n°19 :**

c. Un cycle de sèche-linge.

**Panneau n°20 :**

c. Grise.

**Panneau n°21 :**

C'est l'électricité qui est la plus chère (en €/kWh). Elle est à 50 centimes/kWh en 2023 tandis que les autres formes d'énergie consommées (gaz, mazout, bois) ne dépassent pas les 20 centimes/kWh.

**Panneau n°22 :**

Dans les cases de gauche à droite : atmosphère, gaz à effet de serre (GES), rayons solaires, rayons infrarouges.

**Panneau n°23 :**

Dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, méthane (CH<sub>4</sub>) et protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O).

**Panneau n°24 :**

c. Par 10.

**Panneau n°25 :**

3 réponses parmi :

des écosystèmes perturbés (espèces menacées) ; des productions agricoles en baisse (sécheresse, ravageurs) ; la montée du niveau des océans ; des risques sanitaires accrus (maladies) ; événements météorologiques extrêmes plus nombreux (vagues de chaleur, submersions, sécheresse des sols...) ; migrations humaines et des espèces animales ; inégalités...

**Panneau n°26 :**

Car la glace de couleur blanche réfléchit les rayons solaires vers l'espace (effet albédo). Sans la glace, les rayons ne sont plus réfléchis mais sont absorbés par les surfaces plus sombres. Or, les surfaces chauffées émettent des infrarouges dans l'atmosphère qui sont ensuite piégés par les gaz à effet de serre (GES) et participent au réchauffement global.

**Panneau n°27 :**

Faux.

**Panneau n°28 :**

c. 20 000.

**Panneau n°29 :**

c. D'autres matières organiques.

**Panneau n°30 :**

Des plaquettes de bois (combustibles pour le chauffage).

**Panneau n°31 :**

Réponses personnelles pouvant amener à une discussion de groupe, un sondage.

**Panneau n°32 :** / (fin du parcours)