

Lycée(s)	Général	Technologique	Professionnel
Niveau(x)	CAP	Seconde	Première
Enseignement(s)	Commun	De spécialité	Optionnel
Enseignement scientifique			

## PIX Énergie

Gagnez en compétence !

### Présentation de la séance

L'objectif de cette activité est d'installer une différenciation pédagogique en cours d'enseignement scientifique à l'aide d'une autoévaluation formative.

### Organisation de la séance

La séance, d'une durée d'une heure en classe entière, se déroule dans une salle équipée de postes informatiques. Idéalement, chaque élève dispose d'un équipement informatique individuel. Les élèves travaillent en autonomie sur une série de sept tâches complexes à réaliser à l'appui d'un corpus documentaire qui est présenté en annexe. Détaché de tout exposé magistral, le professeur dispose du temps nécessaire pour apporter une aide individualisée à chaque élève. Il s'assure ainsi que l'élève non-expert acquière des capacités exigibles du programme, avec des tâches simples, tout en apportant une aide ciblée à l'élève expert dans des tâches de plus en plus complexes.

### Support d'activité des élèves

Les tâches à réaliser sont présentées sous la forme de cartes « PIX Énergie ».

<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Flux et Stocks</b> <b>NIVEAU 1</b> Distinguer les flux des stocks d'énergie en citant des exemples.	<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Energie et Puissance</b> <b>NIVEAU 2</b> Quel pourcentage de l'énergie solaire est transformé en électricité par l'ensemble des panneaux photovoltaïques ?	<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Energie et Puissance</b> <b>NIVEAU 2Bis</b> Quel est le pourcentage de la consommation électrique dans l'énergie mondiale ?	<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Energie et Puissance</b> <b>NIVEAU 3</b> S'il n'y avait que de l'électricité nucléaire, combien d'années pourrait tenir le stock d'Uranium ?	<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Energie et Puissance</b> <b>NIVEAU 4</b> Comment expliquer que la consommation ait été multipliée par 3 entre 1970 et 2014 ?	<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Futur énergétique</b> <b>NIVEAU 5</b> Quelle est la durée du stock mondial de pétrole ?	<b>PIX ÉNERGIE</b> <b>Futur énergétique</b> <b>NIVEAU 6</b> Quelle serait cette durée, si tout le monde consommait le pétrole comme le pays le plus consommateur ?
--	---	--	---	---	--	---

### Les capacités et compétences travaillées

#### Objectifs généraux

Tout comme dans l'application PIX, les différentes thématiques sont identifiées avec des codes couleur différents. Il est intéressant de remarquer que chaque thème fait référence à un des trois objectifs généraux présentés en préambule du programme d'enseignement scientifique :

- thème vert « Flux et Stocks » : il s'agit d'installer le savoir scientifique en réactivant les notions d'énergie et de puissance vues au collège ;
- thème bleu « Énergie et Puissance » : il s'agit principalement de mettre en œuvre des pratiques scientifiques en réalisant des calculs à partir d'une relation algébrique ou dans une situation de proportionnalité ;
- thème magenta « Futur énergétique » : en réalisant des calculs, l'élève est invité à inférer les conséquences sociétales liées à la consommation des stocks d'énergie.

### Des tâches de plus en plus complexes

Pour poursuivre la description des analogies avec PIX, les cartes « PIX Énergie » à résoudre sont classées par niveau de difficulté croissant, du niveau 1 au niveau 6. Mise à part la tâche de niveau 1, qui est plutôt de type simple, les cartes « PIX énergie » des niveaux 2 à 6 sont formulées sous la forme de questions ouvertes et sans verbe d'action. Il s'agit donc de tâches complexes avec un niveau de complexité gradué, c'est-à-dire appelant la réalisation d'un nombre croissant de tâches simples.

### Capacités travaillées

La résolution des cartes « PIX Énergie » permet de traiter l'ensemble des savoirs et savoir-faire exigibles du thème « 2.3 Énergie, choix de développement et futur climatique » du programme de terminale d'enseignement scientifique. En traitant les différentes questions, les élèves peuvent acquérir les savoirs essentiels au citoyen du XXI<sup>e</sup> siècle sur le thème de l'énergie à l'échelle de la planète : « L'énergie utilisée [...] les combustibles fossiles dominant. », « La consommation est très inégalement répartie [...] », « La croissance de la consommation [...] » et « Les énergies primaires sont disponibles sous forme de stocks [...] et de flux [...] ».

Toutes ces questions sont aussi l'occasion de pratiquer des savoir-faire liés aux situations de proportionnalité pour réaliser des conversions d'énergie « Utiliser les différentes unités d'énergie », la principale difficulté pour les élèves non spécialistes étant liée aux grands nombres et à l'utilisation des puissances de 10.

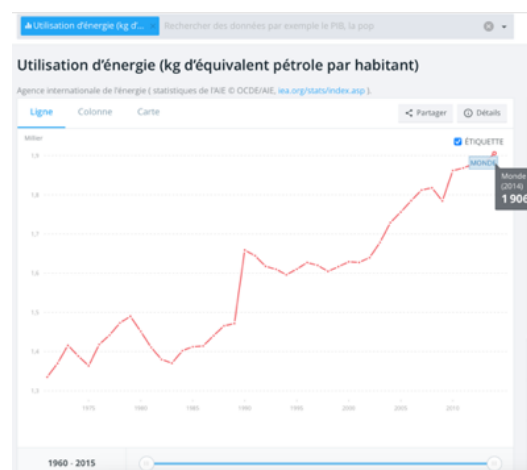
### Compétences numériques

À partir de la tâche de niveau 4, le savoir-faire « Exploiter des données de production et d'utilisation d'énergie [...] » permet d'intégrer des tâches simples qui participent aussi à l'acquisition et à la maîtrise de compétences numériques dans le domaine « Information et données » - « Gérer et/ou Traiter des données ».

Pour la tâche de niveau 4, l'élève utilise les données brutes et fiables fournies par le site internet

<https://donnees.banquemondiale.org/>.

Le mot-clé « Utilisation d'énergie » permet d'accéder au graphique

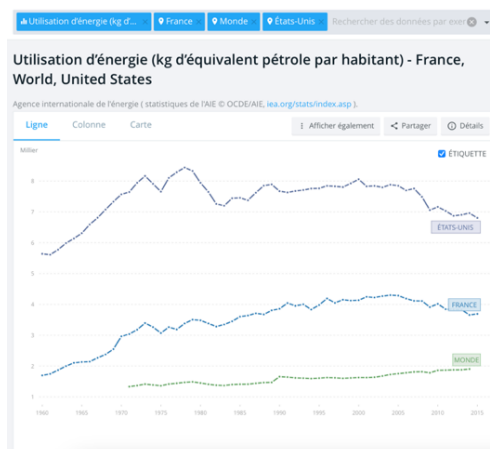


temporel d'utilisation d'énergie en kg d'équivalent pétrole par habitant.

En rajoutant, par exemple, dans la barre de recherche, les mots-clés « France », « Monde » et « États-Unis », on accède instantanément à des graphiques qui permettent d'établir des comparaisons entre différents pays ou régions du monde.

La carte « PIX énergie » de niveau 6 s'inspire encore un peu plus des tâches à effectuer dans l'application PIX pour le traitement des données avec un tableur.

L'élève doit télécharger un fichier tableur<sup>1</sup>, puis localiser la feuille pertinente et enfin réaliser une opération de tri avant de pouvoir extraire l'information pertinente selon laquelle les « États-Unis et la Chine sont les deux pays plus gros consommateurs de pétrole ».



Les trois captures d'écran montrent des fichiers Excel contenant des données de consommation d'énergie. Le premier fichier (A39) est intitulé 'OE Consumption - Barrels (from 1965)' et contient des données de consommation d'énergie en barils. Le deuxième fichier (B2) est intitulé 'OE Production - Barrels (from 1965)' et contient des données de production d'énergie en barils. Le troisième fichier (W13) est intitulé '1988A.402547M12' et contient des données de consommation d'énergie en barils.

### Autoévaluation formative numérique

Afin de favoriser l'autonomie de l'élève dans la réalisation de l'activité, une autoévaluation est mise en place à l'aide du numérique. Pour ce faire, il a été fait le choix de n'utiliser aucun outil numérique dédié à la création de questionnaires ou de quizz éducatifs<sup>2</sup>. Ainsi, le but est de proposer le protocole le plus simple possible pour le professeur désireux de s'initier facilement à l'autoévaluation formative numérique sans la nécessité d'acquérir de nouvelles compétences numériques. Cette activité peut aussi être mise en place à l'aide d'outils numériques dédiés.

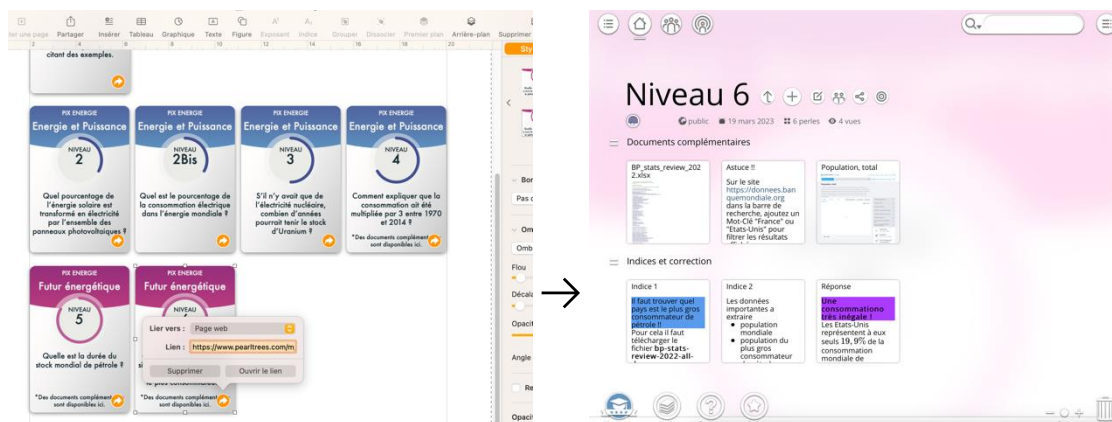
Pour ce faire, seuls un logiciel de traitement de texte et un espace de stockage en ligne<sup>3</sup> sont nécessaires. Dans la rédaction de cette activité, les questions « PIX Énergie » se présentent sous la forme d'une image. En sélectionnant cette image, le raccourci Ctrl + K permet de créer un lien cliquable qui pointe vers l'espace de stockage en ligne. Cet espace en ligne contient des documents complémentaires, des

<sup>1</sup> Là encore, il est important d'utiliser des sources fiables. Le fichier des données globales consolidées « bp-stats-review-2022-all-data.xls » publiées par la compagnie pétrolière BP a été utilisé.

<sup>2</sup> Comme Moodle, Quiziniere, Tactileo, H5P, Framafoms etc...

<sup>3</sup> Par exemple, l'application Pearltrees Éducation est mise à disposition par les régions et pour les lycées dans plus de la moitié des académies. Toute alternative d'espace de stockage en ligne est bien entendu envisageable, à condition qu'elle respecte le RGPD. On pourra privilégier l'application Nuage de Apps.Education <https://nuage.apps.education.fr>.

indices pour aider à la réalisation de la tâche complexe et enfin les éléments d'autocorrection lorsque l'élève l'a terminée.



## Éléments de correction

Pour chaque tâche de l'activité, en cliquant sur la carte « PIX Énergie » vous accédez aux documents d'autoévaluation mis à disposition des élèves dans l'espace de stockage en ligne.

### Niveau 1 - Distinguer les flux des stocks d'énergie en citant des exemples



Le pétrole, le gaz, le charbon et l'uranium constituent les stocks d'énergie disponibles sur Terre. Ils sont des réserves qui représentent une quantité d'énergie finie (en Joule, J). Le flux solaire, qui donne naissance aux flux éolien et hydraulique, le flux géothermique et le flux gravitationnel constituent des sources d'énergie par unité de temps (en Watt, W). L'occasion est donnée ici de rappeler aux élèves la différence entre les notions d'énergie et de puissance.

### Niveau 2 - Quel pourcentage de l'énergie solaire est transformé en électricité par l'ensemble des panneaux photovoltaïques ?



Il s'agit ici d'une première tâche complexe, impliquant deux tâches simples. La première pour le calcul de l'énergie solaire totale reçue sur année à partir du flux solaire  $\Delta E_{\text{solaire}} = 1,52 \cdot 10^{21} \text{ W.h}$ . Et dans un second temps, le calcul du pourcentage capté par le parc photovoltaïque mondial  $\%_{\text{capté}} = 0,000\,068$ .

## Niveau 2 Bis - Quel est le pourcentage de la consommation électrique dans l'énergie mondiale ?



L'élève doit trouver ici une solution pour pouvoir comparer, la consommation électrique mondiale, donnée en TWh, avec la consommation énergétique totale mondiale, donnée, elle, en Gtep. La conversion en joules permet d'obtenir  $\Delta E_{\text{total}} = 6,05 \cdot 10^{20}$  J et  $\Delta E_{\text{électrique}} = 1,00 \cdot 10^{20}$  J. Au final, le calcul du pourcentage  $\% \Delta_{\text{elect}} = 16,5 \%$  montre que seul un sixième de la consommation totale d'énergie est sous forme d'énergie électrique.

Ce constat est l'occasion d'introduire l'idée que même si l'on décarbonait totalement l'électricité mondiale, 5/6<sup>e</sup> de l'énergie mondiale serait toujours issue du gaz, du charbon et du pétrole.

## Niveau 3 - S'il n'y avait que de l'électricité nucléaire, combien d'années pourrait tenir le stock d'uranium ?



Pour cette tâche, avant de pouvoir estimer le stock énergétique de source nucléaire, il faut convertir en g la masse d'uranium 235  $\text{masse}_{\text{U235}} = 6,65 \cdot 10^{10}$  g. Le facteur de conversion permet d'estimer un stock énergétique prouvé de  $\Delta E_{\text{nucléaire}} = 4,85 \cdot 10^{21}$  J.

Si l'on rappelle la consommation annuelle d'électricité convertie à la tâche précédente  $\Delta E_{\text{électrique}} = 1,00 \cdot 10^{20}$  J, la durée du stock mondial d'uranium 235 fissile est alors estimée à  $\text{Durée}_{\text{uranium}} = 48,5$  ans.

Cette durée très limitée tient compte des réserves exploitables d'uranium qui dépendent des contraintes économiques liées à son extraction, elles sont donc extensibles en cas de hausse du prix de la tonne d'uranium naturel. De plus, l'uranium 235 est un isotope présent à hauteur de 0,71 % dans l'uranium naturel. La technologie de surgénération pouvant utiliser l'uranium 238 comme combustible porterait la durée du stock à plusieurs milliers d'années.

## Niveau 4 - Comment expliquer que la consommation ait été multipliée par 3 entre 1970 et 2014 ?



À partir de cette tâche de niveau 4, des documents complémentaires sont disponibles sur l'espace de stockage en ligne. Il s'agit ici d'extraire des données depuis les graphiques dynamiques fournis par le moteur de données de la banque mondiale<sup>4</sup>. Entre 1970 et 2014, la consommation énergétique par habitant a été multipliée par 1,4 passant de 1,338 tep à 1,906 tep. Parallèlement, la population mondiale a doublé, passant de 3,68 milliards à 7,26 milliards. Ces deux facteurs expliquent que la

<sup>4</sup> <https://donnees.banquemondiale.org/> par exemple l'utilisation d'énergie par habitant <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EG.USE.PCAP.KG.OE?contextual=default&locations=FR-US-1W>

consommation globale d'énergie ait été multipliée quasiment par 3 en une courte période de 50 ans.

Comme précisé plus haut, les graphiques dynamiques de la banque mondiale permettent à l'élève de constater à quel point la consommation énergétique est inégalement répartie selon les pays et leur richesse.

### Niveau 5 - Quelle est la durée du stock mondial de pétrole ?



À partir des documents complémentaires, l'élève doit convertir la consommation journalière de 94 088 milliers de barils en masse, soit  $\text{masse}_{\text{pétrole}/j} = 12,4 \text{ Mt}$ . La masse de pétrole annuelle est ensuite calculée  $\text{masse}_{\text{pétrole}/\text{an}} = 4,53 \text{ Mt}$ . Enfin, connaissant les stocks prouvés de pétrole, la durée de  $\text{Durée}_{\text{pétrole}} = 50 \text{ ans}$  est alors estimée.

Il ne s'agit que d'une estimation qui se base sur les stocks connus et prouvés de pétrole qui peuvent éventuellement augmenter, ainsi que sur la consommation annuelle actuelle dont on peut observer les tendances d'évolution (+6 % en 2021, mais un niveau inférieur de 3 % comparé à 2019).

### Niveau 6 - Quelle serait cette durée, si tout le monde consommait le pétrole comme le pays le plus consommateur ?



Dans cette tâche la base de données de la « BP Statistical Review of world energy 2022 » est téléchargée sous la forme d'un fichier tableur. L'élève doit localiser l'information puis la trier pour constater que les États-Unis sont les plus gros consommateurs de pétrole avec 19,9 % de la consommation mondiale. Une recherche sur la population permet d'estimer que 330 000 000 d'Américains consomment 0,90 Gt de pétrole par an et de conjecturer que 7,26 milliards d'Américains consommeraient 21 Gt de pétrole par an. La durée du stock de pétrole serait alors de  $\text{Durée}_{\text{pétrole}} = 11 \text{ ans}$ .

En réalité, cette estimation est quelque peu exagérée, car la consommation de pétrole d'un pays n'est pas intégralement liée au mode de vie de ces habitants. Elle tient aussi compte des ressources qui sont exportées. Il s'agit surtout de pointer que la consommation des ressources énergétiques est très inégalement répartie suivant la richesse des pays.



## Travaux d'élèves et analyse

### Niveau 1 - Distinguer les flux des stocks d'énergie en citant des exemples

C'est ici l'occasion de rappeler aux élèves la différence entre les notions d'énergie et de puissance.

**Pix** **Energie ... gagnez en compétence ...**

1) Les flux s'exprime en  $W$   
 Un flux est une puissance, soit une quantité d'énergie par unité de temps.  
 Stocks d'énergie (ex Charbon, pétrole, gaz...) = les combustibles fossiles

1. • Flux : quantité d'énergie produite en fonction du temps (Débit) - <sup>Puissance</sup> en  $W$   
 • Stock : quantité totale d'énergie pouvant être produite (Quantité)

On peut voir ci-dessous la confusion entre énergie et puissance qui est encore présente pour certains élèves en classe terminale.

**Niveau 1** : Les flux sont les flux géothermiques, éoliens et solaires, ce sont des énergies et les stocks les pétroles et l'uranium ce sont des puissances.

### Niveau 2 - Quel pourcentage de l'énergie solaire est transformé en électricité par l'ensemble des panneaux photovoltaïques ?

Certains élèves prennent ici conscience du potentiel de développement des énergies renouvelables.

$$\frac{\Delta E_{\text{panneaux}}}{\Delta E_{\text{solaire}}} = \frac{443 \times 10^{12}}{1,53 \times 10^{21}} \approx 2,89 \times 10^{-7} \approx 0\%$$

Un pourcentage négligeable (voire) de l'énergie solaire est transformé en électricité par l'ensemble des panneaux photovoltaïques.

## Niveau 2 Bis - Quel est le pourcentage de la consommation électrique dans l'énergie mondiale ?

Les calculs de conversions impliquant des puissances de 10 peuvent encore poser problème à certains élèves, avec la confusion classique entre puissance d'un nombre et écriture scientifique :  $a \times 10^n$ .

2. bis  
conso énergétique totale

$$13,5^9 \times 42^9 = 6,05^{18} \text{ Gt.e.p}$$

$$13,5 \cdot 10^9 \times 42 \cdot 10^9 = 5,67 \cdot 10^{20} \text{ Gt.e.p}$$

## Niveau 4 - Comment expliquer que la consommation ait été multipliée par 3 entre 1970 et 2014 ?

Il est intéressant de constater sur ce genre de questions les différences de codification des réponses entre élèves de profils de spécialités différents.

Niveau 4 :

1) utilisation d'énergie (kg.e.p)		
2) population mondiale		
1) 1970: 1335	} $\times 1,43$	} $1,43 \times 1,98 = 2,8314$
2014: 1906		
2) 1970: 3,69	} $1,98$	
2014: 7,32		

4) Entre 1970 et 2014 la population mondiale est passée de 3,69 milliards à 7,32 milliards. Le plus la consommation d'énergie par habitant est passée de 1335 kg à 1906 kg. Ces 2 facteurs expliquent que la consommation ait été multipliée par 3 entre 1970 et 2014.

## Niveau 5 - Quelle est la durée du stock mondial de pétrole ?

La réponse ci-dessous montre la conception que peut engendrer l'unité d'énergie « tonne équivalent pétrole ». Ici, l'élève a confondu la consommation mondiale d'énergie en t.e.p. avec la consommation réelle de pétrole.

Consommation mondiale en 1 an :  $15\,750\,000 \text{ t.w.p.} = 13,5 \text{ Gt.e.p}$

stock pétrole

durée du stock :  $\frac{\text{stock pétrole}}{\text{consommation mondiale par an}} = \frac{223}{13,5} \approx 16,5 \text{ ans}$

Gt de pétrole

Gt.e.p.



## Bilan global

L'analyse des difficultés rencontrées par des élèves de terminale sur des tâches simples de conversion, d'utilisation d'une relation algébrique, d'utilisation des puissances de 10 et de réalisation de calcul de proportionnalité, démontre la nécessité de retravailler ces capacités tant elles ne sont pas communément acquises. Pour autant, faire travailler les élèves sur une collection de micro tâches de conversion serait s'éloigner de l'esprit des objectifs généraux du programme d'enseignement scientifique. Le travail de tâches complexes permet d'adjoindre du sens, pour tous les élèves, à cette tâche simple qui peut être perçue comme rébarbative pour certains élèves et comme trop facile pour d'autres.

Dans une classe de terminale qui mêle profils d'élèves scientifiques et non-scientifiques, la différenciation selon les rythmes d'appropriation, la remédiation des erreurs communes, la nécessité d'attention vis-à-vis de l'élève en difficulté et la nécessité de développement de compétences pour l'élève performant sont autant de points d'attention pour le professeur. L'autoévaluation formative, assistée par le numérique, fait partie des solutions pour y remédier. De plus, former les élèves à l'autoévaluation contribue à leur construction méthodologique et à leur autonomie.

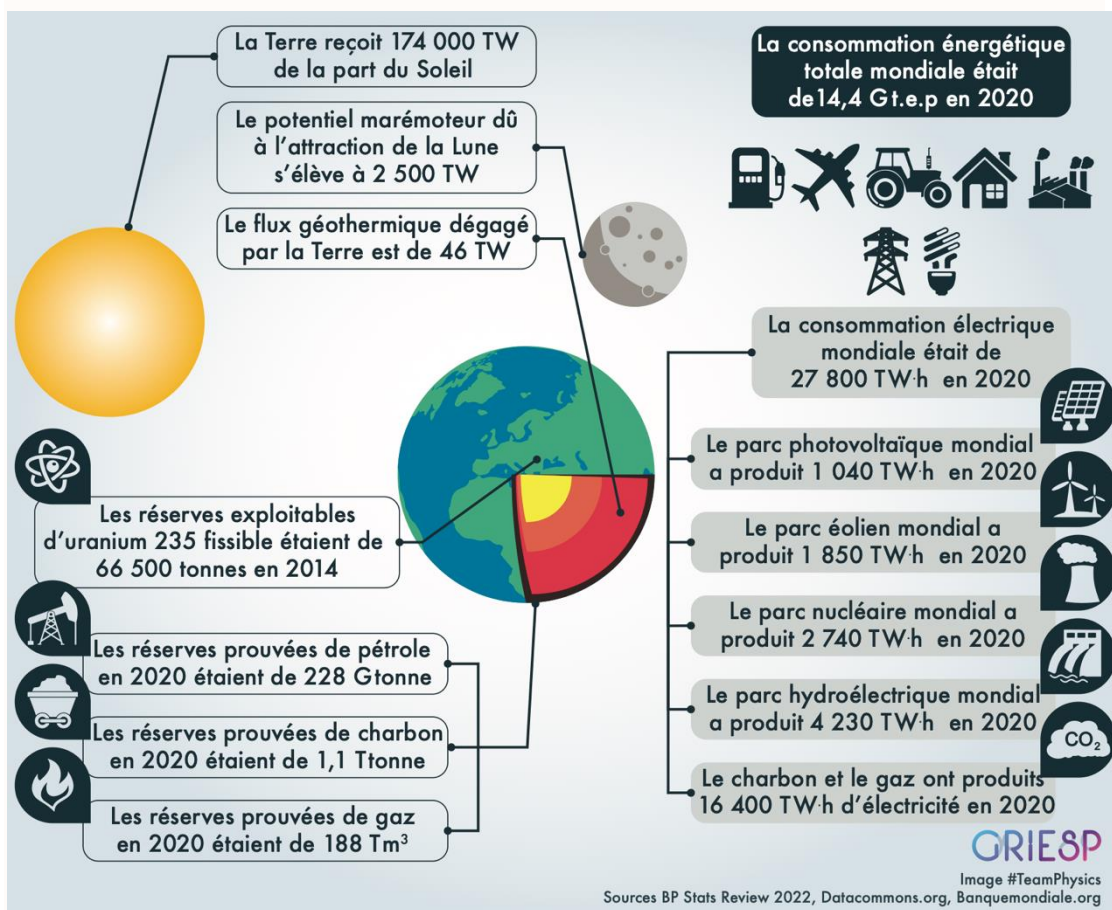
## Références bibliographiques

- Consommation annuel d'énergie de la France sur le site [datacommons.org](https://datacommons.org)
- Le site de [données de la banque mondiale](https://donnees.banquemondiale.org)
- La [production électrique dans le monde](https://ourworldindata.org/production-electricite-monde) sur our world in data
- La [consommation mondiale en pétrole](https://planeteenergie.com/consommation-mondiale-petrole) sur planète énergie et [données fournies](https://donnees.fournie.com) par une entreprise pétrolière

## Annexes

### Supports des activités élèves

#### Document 1 – L'énergie sur Terre : ressources, production et consommation



#### Document 2 – Énergie et puissance

Deux grandeurs très différentes mais intimement liées... alors surtout ne confondez pas l'énergie  $\Delta E$  qui représente une quantité, avec la puissance qui elle représente la quantité d'énergie par unité de temps :

$$\Delta E = P \cdot \Delta t \quad \begin{cases} \Delta E \text{ en } J \\ P \text{ en } W \\ \Delta t \text{ en } s \end{cases}$$

Un autre point de vigilance important, **les unités** :

$$\Delta E = P \cdot \Delta t \quad \begin{cases} \Delta E \text{ en } W \cdot h \\ P \text{ en } W \\ \Delta t \text{ en } h \end{cases}$$

## Document 3 – Des aides à la conversion d'unités d'énergie

Les puissances de 10			Les différentes unités d'énergies	
Nom	Symbole	Puissance	Nom	Symbole
kilo	<i>k</i>	$10^3$	Le Joule <i>J</i>	C'est l'unité de base du physicien, 1 <i>J</i> représente une puissance 1 <i>W</i> pendant 1 <i>s</i>
mega	<i>M</i>	$10^6$	Le watt-heure <i>W · h</i>	C'est ce que vous voyez sur votre facture d'électricité $1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3\,600 \text{ J}$
giga	<i>G</i>	$10^9$	La tonne équivalent pétrole <i>t.e.p</i>	L'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole $1 \text{ t.e.p} = 42 \text{ GJ}$
tera	<i>T</i>	$10^{12}$	Energie nucléaire	L'énergie produite la fission de 1 <i>gramme</i> d'uranium est de 73 <i>GJ</i>

## Votre challenge « PIX Énergie »

Prenez les cartes « PIX Énergie » dans l'ordre, lorsque vous terminez une mission, cliquez sur la carte pour accéder à la correction. Si vous êtes bloqué des indices sont aussi à votre disposition.

**PIX ENERGIE**  
**Flux et Stocks**  
**NIVEAU 1**  
Distinguer les flux des stocks d'énergie en citant des exemples.

**PIX ENERGIE**  
**Energie et Puissance**  
**NIVEAU 2**  
Quel pourcentage de l'énergie solaire est transformé en électricité par l'ensemble des panneaux photovoltaïques ?

**PIX ENERGIE**  
**Energie et Puissance**  
**NIVEAU 2Bis**  
Quel est le pourcentage de la consommation électrique dans l'énergie mondiale ?

**PIX ENERGIE**  
**Energie et Puissance**  
**NIVEAU 3**  
S'il n'y avait que de l'électricité nucléaire, combien d'années pourrait tenir le stock d'Uranium ?

**PIX ENERGIE**  
**Energie et Puissance**  
**NIVEAU 4**  
Comment expliquer que la consommation ait été multipliée par 3 entre 1970 et 2014 ?  
\*Des documents complémentaires sont disponibles ici.

**PIX ENERGIE**  
**Futur énergétique**  
**NIVEAU 5**  
Quelle est la durée du stock mondial de pétrole ?  
\*Des documents complémentaires sont disponibles ici.

**PIX ENERGIE**  
**Futur énergétique**  
**NIVEAU 6**  
Quelle serait cette durée, si tout le monde consommait le pétrole comme le pays le plus consommateur ?  
\*Des documents complémentaires sont disponibles ici.