GO FUTURE

FESTIVAL DU FILM ITINÉRANT

«Des SOLUTIONS pour le développement DURABLE»

Cahier pédagogique

LIVRET PROF

GO FUTURE présente un dossier de science infuse

OBJ 7 – ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE

"Energie nucléaire = énergie «propre»?"

ASSOCIATION EAU ET CLIMAT asbl

En partenariat avec

Wallonie

UNRIC Centre régional d'information des Nations Unies pour l'Europe occidentale

UCL Université catholique de Louvain

science infuse

Introduction

Les objectifs de développement durable sont un appel mondial à agir pour éradiquer la pauvreté, protéger la Planète et faire en sorte que tous les êtres humains vivent dans la paix et la prospérité.

L'objectif 7 vise à garantir l'accès à tous à une énergie propre à un coût abordable.

Ce dossier a pour objectif de **questionner les élèves sur l'intérêt du recours à l'énergie nucléaire pour atteindre cet objectif**.

Ainsi, l'énergie nucléaire est parfois présentée comme une solution contre les changements climatiques.

- *Sur quelles notions scientifiques se basent les personnes qui tiennent ce type de discours?*
- *Leurs arguments sont-ils valables?*
- *L'affiche ci-contre est-elle une illustration correcte de la réalité?*

Pour répondre à ces questions, une série d'énigmes vous seront posées. En les résolvant, vous vous rapprocherez petit à petit du trésor et vous disposerez des éléments nécessaires pour vous forger votre propre opinion.

DÉROULEMENT :

Les élèves sont répartis par groupe de 3 ou 4. Chaque groupe reçoit un coffret de jeu, disponible en prêt auprès de Scienceinfuse (e-mediasciences.uclouvain.be —010/47.39.75).
Les élèves NE DOIVENT PAS recevoir de « livret élève » au début du jeu.
Les énigmes sont réparties dans différentes boîtes au sein du coffret de jeu. La première enveloppe, accrochée à l'extérieur de la boîte principale, contient les consignes de jeu ainsi que la première énigme. La réponse à cette énigme permet d'ouvrir le cadenas numéro 1, donnant accès à des nouvelles boîtes, à la solution complète de l'énigme 1 ainsi qu'à l'énigme numéro 2. Celle-ci permet d'ouvrir le cadenas numéro 2 et ainsi de suite.
Le jeu se termine lorsque l'énigme numéro 6 a été résolue. Celle-ci donne accès à des informations complémentaires ainsi qu'à la conclusion du dossier.
Si un groupe reste bloqué par une énigme, l'enseignant peut donner un indice afin de leur permettre de poursuivre l'aventure. Ces indices sont disponibles dans le « livret prof ». À la fin de l'activité, les élèves peuvent recevoir le livret complété contenant les énigmes et leurs solutions.

PRÉPARATION :

Le kit prêt-à-l'emploi est disponible auprès de Scienceinfuse. Vous pouvez également préparer votre propre kit à l'aide de caisses emboitables et de cadenas à 3 chiffres. Il vous faudra alors programmer les cadenas correctement (de manière à ce qu'ils s'ouvrent grâce aux réponses des différentes énigmes) et répartir les différentes énigmes dans les boîtes correspondantes. N'hésitez pas à contacter Scienceinfuse si vous souhaitez plus d'informations pour composer vos propres kits.

ATTENTION :

Le nucléaire est une thématique complexe, qui ne doit pas être réduite uniquement à la problématique des émissions de gaz à effet de serre. L'objectif principal de ce kit est de questionner les élèves sur leurs préconceptions par rapport au nucléaire et leur faire comprendre l'importance de la notion de cycle de vie dans l'évaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un service.
A l'issue du jeu, un débat peut être entamé avec les élèves afin de discuter des différents enjeux liés à l'énergie nucléaire (financiers, santé, sécurité, épuisement des ressources, ….). De nombreuses ressources documentaires (dont certaines sont mentionnées à la fin de ce dossier) permettent de préparer ce type de débat.

Bon amusement!

Table des matières

1. Contexte : des émissions de CO_2 qui provoquent des changements climatiques 5

2. Le nucléaire, une énergie « bas-carbone » ? 7

3. L'analyse de cycle de vie : exemple - la voiture électrique 9

4. Les émissions « cachées » de l'énergie nucléaire 12

5. Analyse de l'image d'introduction 14

6. Conclusion 16

1| Contexte : des émissions de CO_2 qui provoquent des changements climatiques

Depuis de nombreuses années, des scientifiques alertent le grand public sur les changements climatiques actuels : hausse de la température moyenne à la surface du globe, fonte des glaces, sécheresses et cyclones plus fréquents et plus intenses, …
La liste est longue et pas franchement folichonne…

Il est communément admis que les émissions de gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone est certainement le plus emblématique, contribuent à ces changements climatiques.

Vu les conséquences des changements climatiques, il semble assez logique de vouloir réduire nos émissions avant qu'il ne soit trop tard.

Les sources d'émissions de gaz à effet de serre

Enigme 1

Différentes activités humaines provoquent des émissions de gaz à effet de serre.
Associez les différentes sources d'émissions de gaz à effet de serre aux pourcentages correspondants.

14%

35% Transports 24% AFOLU (agriculture, foresterie et autres utilisations)

Bâtiments 6%

Industrie 21% Energie

CODE DU CADENAS :

En classant les secteurs d'émission par ordre décroissant d'importance et en associant la lettre **en gras** de chaque secteur à un chiffre selon la grille ci-contre, vous trouverez le code du cadenas à l'aide de la formule suivante : **«???-??»**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	B	C	D	E	F	G	H	I
J	K	L	M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X	Y	Z	

Indices à donner aux élèves :

Si au bout de 10 minutes de réflexion, les élèves n'ont pas réussi à ouvrir le cadenas, envisagez de leur donner l'un ou l'autre des indices suivants :

- Indice 1 : Le secteur des transports et des bâtiments sont les deux secteurs qui émettent le moins de gaz à effets de serre.
- Indice 2 : Le secteur de l'industrie n'est pas celui qui émet le plus de gaz à effets de serre.
- Indice 3 : Le secteur de l'énergie émet environ autant de gaz à effets de serres que les secteurs de l'industrie et des transports réunis.

Enigme 1
SOLUTION

Les sources d'émissions de gaz à effet de serre

Félicitations, vous avez correctement associé les secteurs d'émission de GES à leur part d'émission relative.

Le secteur de la production d'énergie est effectivement le plus gros contributeur aux émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. A priori, il semble donc raisonnable de chercher à réduire les émissions de gaz à effets de serre issues de ce secteur si l'on veut diminuer les risques de changements climatiques.

E A I O B
5 1 9 6 2

Code du cadenas : Formule : ???-?? ==> 519-62 = **457**

Secteur	Détails (sur le secteur)	% des émissions globales de GES d'origine anthropique
Energie	Production et transport de l'énergie (électricité, pétrole, gaz, …)	35%
AFOLU (agriculture, foresterie et autres utilisations du sol)	Utilisation d'engrais, de pesticides, machines agricoles et forestières, gestion des élevages, gaspillage alimentaire	24%
Industrie	Métallurgie, produits chimiques, production de ciment, traitement et enfouissement des déchets, traitement des eaux usées, papier, nourriture, tabac, bois, …	21%
Transports	Aviation, transport routier, transport naval,	14%
Bâtiments	Résidentiel, commercial, Réfrigération & air conditionné	6%

Données issues de: Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change-IPCC

2| Le nucléaire, une énergie « bas-carbone » ?

L'énergie nucléaire est souvent présentée par ses défenseurs comme une source d'énergie peu (voire pas du tout) émettrice de CO2. Il s'agirait donc d'une alternative à privilégier pour «lutter contre les changements climatiques». C'est ce qu'illustre la citation ci-dessous, issue du rapport annuel d'EDF, producteur d'énergie (notamment nucléaire) français.

Le bilan de la filière nucléaire EDF est de 4 g eq.CO_2/kWh, dont les 3/4 liés au cycle amont du combustible. En elle-même, la production d'énergie nucléaire n'émet pas de CO_2

Figure 1 : https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/atouts/emissions-de-co-sub-2-sub

La réaction de fission nucléaire

Enigme 2

A l'aide des documents fournis, écrivez l'équation nucléaire décrivant une des réactions de fission nucléaire qui a lieu dans les centrales.

CODE DU CADENAS = (Somme des masses atomiques des atomes «réactifs et produits» - somme des numéros atomiques des atomes «réactifs et produits») * (nombre de neutrons «produits» - nombre de neutrons «réactifs»).

Document 1 :

Une réaction nucléaire peut être représentée par une équation semblable à celle représentant une réaction chimique. Chaque isotope est écrit avec son symbole chimique, avec son numéro atomique à gauche en bas du symbole, et son nombre de masse à gauche en haut du symbole.
Pour le neutron, le symbole est «n». Le proton peut être écrit «p» ou «H» (noyau d'hydrogène).
Par exemple, l'isotope 14 du carbone s'écrit : $^{14}_{6}C$

Document 2 :

De même que Lavoisier pouvait dire qu'en chimie, «rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme», certaines lois de conservation peuvent être observées lors d'une réaction nucléaire : il y a en effet conservation du nombre de masse et du nombre de charges. Ceci signifie que les sommes du nombre de masse dans chacun des membres de l'équation-bilan de la réaction nucléaire doivent être les mêmes. Il en va de même pour le nombre de charges.

Document 3 :

La réaction de fission nucléaire la plus fréquente dans les centrales nucléaires actuelles est produite par le bombardement d'un neutron sur un atome d'uranium 235 radioactif. Cela produit un atome d'uranium 236 instable, qui peut se désintégrer spontanément en deux atomes : du krypton 92 ainsi qu'un autre isotope. Trois neutrons sont également libérés.

Potassium 19 K 39,0983(1)	Calcium 20 Ca 40,078(4)		Scandium 21 Sc 44,955908(5)	Titane 22 Ti 47,867(1)	Vanadium 23 V 50,9415(1)	Chrome 24 Cr 51,9961(6)	Manganèse 25 Mn 54,938044	Fer 26 Fe 55,845(2)	Cobalt 27 Co 58,933194	Nickel 28 Ni 58,6934(4)	Cuivre 29 Cu 63,546(3)	Zinc 30 Zn 65,38(2)	Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,630(8)	Arsenic 33 As 74,921595	Sélénium 34 Se 78,971(8)	Brome 35 Br 79,904(3)	Krypton 36 Kr 83,798(2)
Rubidium 37 Rb 85,4678(3)	Strontium 38 Sr 87,62(1)		Yttrium 39 Y 88,90584	Zirconium 40 Zr 91,224(2)	Niobium 41 Nb 92,90637	Molybdène 42 Mo 95,95(1)	Technétium 43 Tc [98]	Ruthénium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Argent 47 Ag 107,8682(2)	Cadmium 48 Cd 112,414(4)	Indium 49 In 114,818(1)	Étain 50 Sn 118,710(7)	Antimoine 51 Sb 121,760(1)	Tellure 52 Te 127,60(3)	Iode 53 I 126,90447	Xénon 54 Xe 131,293(6)
Césium 55 Cs 132,905452	Baryum 56 Ba 137,327(7)	Lanthanides 57–71	Hafnium 72 Hf 178,49(2)	Tantale 73 Ta 180,94788	Tungstène 74 W 183,84(1)	Rhénium 75 Re 186,207(1)	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,217(3)	Platine 78 Pt 195,084(9)	Or 79 Au 196,966569	Mercure 80 Hg 200,592(3)	Thallium 81 Tl 204,3835	Plomb 82 Pb 207,2(1)	Bismuth 83 Bi 208,98040	Polonium 84 Po [209]	Astate 85 At [210]	Radon 86 Rn [222]
			Lanthane 57 La 138,90547	Cérium 58 Ce 140,116(1)	Praséodyme 59 Pr 140,90766	Néodyme 60 Nd 144,242(3)	Prométhium 61 Pm [145]	Samarium 62 Sm 150,36(2)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Gadolinium 64 Gd 157,25(3)	Terbium 65 Tb 158,92535	Dysprosium 66 Dy 162,500(1)	Holmium 67 Ho 164,93033	Erbium 68 Er 167,259(3)	Thulium 69 Tm 168,93422	Ytterbium 70 Yb 173,045	Lutécium 71 Lu 174,9668
			Actinium 89 Ac [227]	Thorium 90 Th 232,0377	Protactinium 91 Pa 231,03588	Uranium 92 U 238,02891	Neptunium 93 Np [237]	Plutonium 94 Pu [244]	Américium 95 Am [243]	Curium 96 Cm [247]	Berkélium 97 Bk [247]	Californium 98 Cf [251]	Einsteinium 99 Es [252]	Fermium 100 Fm [257]	Mendélévium 101 Md [258]	Nobélium 102 No [259]	Lawrencium 103 Lr [266]

Enigme 2
SOLUTION

La réaction bilan de la fission nucléaire la plus fréquente dans les centrales nucléaires actuelles peut s'écrire de la manière suivante :

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{92}_{36}\mathrm{Kr} + ^{141}_{56}\mathrm{Ba} + 3\,^{1}_{0}n$$

Schématiquement, elle peut être illustrée par la figure ci-dessous

Ainsi, le calcul pour obtenir le code du cadenas devient :

- (Somme des masses atomiques des atomes «réactifs et produits» — somme des numéros atomiques des atomes «réactifs et produits») * (nombre de neutrons « produits» — nombre de neutrons «réactifs»)
- [(235+92+141) - (92 + 36 +56)] * (3-1) = (468-184)*2 = 284*2 = **568**
- Pour rappel, les neutrons ne sont pas des atomes mais des particules !

REMARQUE: En réalité, la fission de l'uranium 235 peut produire plus de 80 types d'atomes différents. Cette figure montre la probabilité de formation d'un noyau de masse atomique A lors de la fission d'un atome d'uranium.

Distribution of Uranium-235 fission products (A)

En observant la formule de la fission nucléaire de l'uranium 235, on ne retrouve effectivement pas de CO_2 dans les produits de la réaction. Peut-on pour autant dire que le nucléaire est une énergie «zéro carbone»?

Pour répondre à cette question, il est nécessaire de tenir compte de tous les éléments nécessaires à la production d'énergie nucléaire. Pour cela, les scientifiques utilisent un outil particulier : l'analyse de cycle de vie.

3| L'analyse de cycle de vie : exemple - la voiture électrique

Souvent présentée comme la voiture du futur, permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de lutter contre les changements climatiques, la voiture électrique est pourtant également source de critiques, notamment de la part de certains écologistes.

Comment expliquer ces critiques?

Les fabricants de voiture électrique ont tendance à mettre en évidence le fait que ces véhicules émettent 0g de carbone par kilomètre parcouru.

Mais peut-on se contenter de prendre en compte les émissions de CO_2 produites par le moteur électrique?

Une voiture, électrique ou non, est fabriquée à partir d'acier, d'aluminium, de plastique, de caoutchouc, de peinture,… . Ces matières premières doivent être produites, manufacturées, assemblées. Ces opérations se déroulent souvent dans des lieux différents. Il est nécessaire de transporter les différents éléments du véhicule jusqu'à la chaîne d'assemblage finale, puis d'amener le véhicule jusque chez le concessionnaire chez qui le particulier pourra aller chercher sa nouvelle voiture.

Durant les années d'utilisation proprement dites du véhicule, il est nécessaire de réaliser certains entretiens. Les pneus, les plaquettes de freins, la courroie de transmission ne sont pas éternels. Ils s'abîment et doivent être remplacés.
En fin de vie, il s'agit de recycler un maximum de matières premières. Ce qui reste est bien souvent destiné à l'enfouissement ou à l'incinération.

Toutes ces étapes constituent le «cycle de vie» du véhicule.

Elles génèrent, à des degrés divers, des émissions de CO_2. Il est nécessaire de les prendre en compte pour évaluer correctement les émissions d'un véhicule électrique.

Analyse du cycle de vie (ACV) d'une voiture électrique

Enigme 3

Comparaison entre un véhicule électrique et un véhicule «classique»

En Belgique, un article publié par Inter-environnement Wallonie (IEW) compare les émissions de CO_2 liées à la production et à l'utilisation d'un véhicule électrique et d'un véhicule «classique» en Belgique.

Les résultats sont les suivants :

	Production	Utilisation (15.000 km/an)
Véhicule «classique»	5,6 tCO_2	123 gCO_2/km
Véhicule électrique	8,8 tCO2 (12,5 tCO_2 si 2 batteries)	87 gCO_2/km*

** Si ces émissions de CO_2 liées à l'utilisation d'un véhicule électrique paraissent élevées, c'est parce qu'elles tiennent compte des émissions de CO_2 générées par le production d'électricité nécessaire à alimenter le moteur électrique. Selon que cette électricité ait été produite par des centrales au charbon, des centrales nucléaires ou des éoliennes, leur bilan carbone sera plus ou moins important. Ici, les émissions de CO_2 générées par la production d'électricité ont été estimées sur la base du «mix énergétique» européen.*

À l'aide des informations ci-dessus, calculez le nombre minimum de kilomètres à parcourir pour que la voiture électrique représente une alternative intéressante au véhicule « classique » en matière d'émission de CO_2 (hypothèse : une seule batterie utilisée).

LE CODE DU CADENAS correspond aux trois premiers chiffres de votre réponse

Enigme 4

Analyse du cycle de vie (ACV) d'une voiture électrique

Comparaison des émissions de CO_2 liées à l'utilisation d'un véhicule électrique dans différents pays

Vous l'avez compris, pour évaluer l'impact global d'un véhicule électrique, le type de production d'électricité est d'une importance cruciale.

A titre d'exemple, essayez d'associer les trois pays ci-dessous à leur type de « mix énergétique » et aux estimations d'émissions de CO_2 de leurs véhicules électriques.

Paraguay

100% hydroélectrique

Royaume-Uni

Principalement à base de charbon

70 gCO_2 / km

Inde

370 gCO_2 / km

« mix » varié

189 gCO_2 / km

CODE DU CADENAS B = « gCO_2/km dans le pays dont le mix est principalement à base de charbon - gCO_2/km au Royaume-Uni »

Analyse du cycle de vie (ACV) d'une voiture électrique

Enigme 3 SOLUTION

Comparaison entre un véhicule électrique et un véhicule «classique»

Comme vous avez pu le constater, un véhicule électrique n'est pas forcément moins polluant qu'un véhicule classique. Selon les calculs de l'IEW, il faut parcourir au moins 88.888 km avant que le véhicule électrique ne constitue une plus-value environnementale par rapport au véhicule classique.

Le code du cadenas correspond aux trois premiers chiffres de votre réponse = **888**

Résolution:

$5{,}6 \cdot 10^3 + 0{,}123 \cdot X = 8{,}8 \cdot 10^3 + 0{,}087 \cdot X$

$(0{,}123 - 0{,}087) \cdot X = (8{,}8 - 5{,}6) \cdot 10^3$

$X = (3{,}2 \cdot 10^3) / 0{,}036 = 88\,888$ km

Enigme 4 SOLUTION

Comparaison des émissions de CO_2 liées à l'utilisation d'un véhicule électrique dans différents pays

Les centrales au charbon sont de grosses émettrices de gaz à effet de serre. L'Inde est un des pays dont le mix énergétique est le plus fortement basé sur le charbon (+ de 40% de l'électricité produite). Ceci aggrave considérablement le bilan environnemental des véhicules électriques dans ce pays.

Le Royaume-Uni possède un mix énergétique assez «varié» (pétrole 38%, gaz naturel 31%, nucléaire 15%, renouvelable 10%, charbon 6%). Les émissions de CO_2/km d'un véhicule électrique y sont estimées à 189g/km.

Finalement, le Paraguay possède la particularité d'avoir un mix énergétique à 100% hydroélectrique. Cela rend le pays particulièrement propice aux véhicules d'un point de vue environnemental (d'autres éléments devraient être pris en compte pour une analyse précise, comme la densité du tissu urbain par exemple, la possibilité d'avoir un bon réseau de recharge, …).

Code du cadenas = «gCO_2/km dans le pays dont le mix est principalement à base de charbon - gCO_2/km au Royaume-Uni»
= 370 - 189
= **181**

Pays	«mix» énergétique	gCO_2 / km
Paraguay	100% hydroélectrique	70
Royaume-Uni	«mix» varié	189
Inde	Principalement à base de charbon	370

4| Les émissions «cachées» de l'énergie nucléaire

Comme pour la voiture électrique, on ne peut pas se contenter de tenir compte de la phase de réaction nucléaire dans la centrale pour évaluer les émissions de CO_2 associées à la production d'énergie nucléaire.

Ainsi, cette production peut être séquencée en plusieurs étapes, caractérisant les différentes phases du cycle de vie de l'énergie nucléaire.

Cycle de vie de l'énergie nucléaire

Enigme 5

À l'aide des informations ci-dessous, recréez le cycle de vie de la production d'énergie nucléaire en attribuant à chaque phase les émissions qui y correspondent.

Démantèlement de la centrale :
Les centrales nucléaires sont généralement prévues pour avoir une durée de vie de 40 ans. Le démantèlement de ces centrales pourrait par contre durer plus de 60 ans ! Cette étape consiste à démonter le réacteur nucléaire et la centrale ainsi qu'à remettre en état le site de la mine d'uranium.
La phase de démantèlement de la centrale émet environ 50% d'émissions en plus que la phase de construction.

Traitement des déchets :
La phase de traitement de déchets nécessite le conditionnement du combustible usé ainsi que la gestion d'autres impuretés radioactives issues de la réaction de fission nucléaire (krypton, baryum, américium, neptunium notamment). Le combustible usé doit être stocké dans de grands bassins pendant au moins 10 ans avant d'être enfermé dans de grands fûts en béton. Ces fûts sont ensuite stockés dans des entrepôts souterrains afin de prévenir tous les «scénarios catastrophes» possibles (catastrophe naturelle, attentat terroriste, ...).

La phase de traitement des déchets n'est ni l'étape la plus polluante, ni l'étape la moins polluante

Phase d'exploitation :
La phase d'exploitation de la centrale génère des émissions de CO_2 liées à l'énergie nécessaire pour les cycles de refroidissement et de chauffage de la centrale, ainsi que l'énergie nécessaire à son entretien.
Contrairement à ce que pourraient laisser croire certains messages provenant de l'industrie nucléaire, la phase d'exploitation fait partie du Top 3 des phases les plus polluantes du cycle de vie de l'énergie nucléaire.

Construction de la centrale :
Pour pouvoir produire de l'énergie nucléaire, il est évidemment nécessaire de construire la centrale où se déroulera cette production. La construction des générateurs, des turbines, des tours de refroidissement, ... nécessite des tonnes d'acier (32.000 tonnes), de béton (170.000 tonnes), de câbles électriques (près de 1500 km de câbles) et d'autres matériaux (205.000 tonnes) notamment.

«En amont» :
Le principal combustible des centrales nucléaires est l'uranium. Celui-ci se trouve naturellement dans la croûte terrestre et dans l'océan sous forme de minerai. Il est extrait, broyé, et traité dans de l'acide sulfurique. L'uranium ainsi recueilli est stocké sous forme d'oxyde d'uranium, plus souvent appelé «yellow cake» (gâteau jaune). Il est ensuite nécessaire «d'enrichir» l'uranium, c'est-à-dire augmenter la proportion de son isotope 235 (0,72% à l'état naturel ==> 3 à 5 % pour du combustible de centrale nucléaire).
A elle seule, la phase de préparation de l'uranium émet plus de CO2 que les étapes relatives à la construction et au démantèlement de la centrale réunies.

12 gCO_2 /kWh produit | **8 gCO_2 /kWh produit** | **25 gCO_2 /kWh produit** | **9 gCO_2 /kWh produit** | **12 gCO_2 /kWh produit**

CODE DU CADENAS = (émissions «en amont» + émissions «traitement des déchets) * (émissions «phase d'exploitation» - émissions «construction de la centrale»)

Cycle de vie de l'énergie nucléaire

Enigme 5 SOLUTION

Une étude publiée en 2008 a analysé plus de 100 analyses de cycle de vie différentes pour la production d'énergie nucléaire. Les principaux résultats (visibles ci-dessous) montrent que les différentes étapes de la production d'énergie nucléaire émettent une certaine quantité de gaz à effet de serre. En moyenne, les émissions totales nécessaires à la production d'un kilowattheure s'élèvent à 66 g CO_2.

© WISE-Paris

Source : Sovacool, 2008

Code du cadenas = (émissions «en amont» + émissions «traitement des déchets)
* (émissions «phase d'exploitation» - émissions «construction de la centrale»)
= (25 + 9) * (12 - 8)
= **136**

5| Analyse de l'image d'introduction

Produire de l'énergie grâce à des centrales nucléaires engendre des émissions de CO_2 (environ 66g CO_2/kWh produit).

Revenons sur l'image présentée en introduction :

Centrale nucléaire vs respiration?

Enigme 6

«Le temps de lire cette annonce, vous émettrez plus de CO_2 qu'une centrale nucléaire».

Tentez de vérifier cette affirmation à l'aide des informations ci-dessous.

Hypothèses :

- Temps pour lire l'annonce : 10 s
- La quantité de CO_2 émise par un être humain en respirant est difficile à calculer, mais l'estimation la plus fréquente est de 1 kg de CO_2 rejeté par jour et par personne.
- La centrale nucléaire de Tihange en Belgique produit environ 18 TWh par an (téra = 10^{12}) et est composée de 3 réacteurs nucléaires. La production totale d'énergie est répartie équitablement entre les 3 réacteurs.
- Les scientifiques estiment que la production d'un kWh d'énergie nucléaire nécessite l'émission de 66 g de CO_2.

CODE DU CADENAS = Quantité de CO_2 émise par un réacteur nucléaire de Tihange en 10 s (en kg) - Quantité de CO_2 émise par la respiration d'un être humain en 10 s (en kg).

Centrale nucléaire vs respiration?

Enigme 6 SOLUTION

En 10 secondes:

18 TWh / 3 réacteurs = 6 000 000 000 kWh / réacteur

==>1902 kWh / 10 s

Or, 66 g CO_2 émis/ kWh

==> 126 kg CO_2 / 10 s

1 kg de CO_2 / jour

==> 0,000116 kg de CO_2 / 10 s

= 0,1 g de CO_2 / 10 s

Code du cadenas = Quantité de CO_2 émise par la centrale de Tihange en 10 s (en kg)
- Quantité de CO_2 émise par la respiration d'un être humain en 10 s (en kg).
= 126 kg - 0 kg
= **126**

Autrement dit, le message s'avère mensonger. En 10 secondes, si l'on tient compte de toutes les étapes nécessaires à la production d'énergie nucléaire, une centrale émettra plus de 1 000 000 fois plus (!) de CO_2 qu'un être humain qui expire du CO_2.

Comparaison de différents types de production d'énergie

BONUS

Pour pouvoir se forger un avis critique sur les émissions de CO_2 liées à la production d'énergie nucléaire, il est important de calculer de la même manière, autrement dit sur l'ensemble du cycle de vie, la production d'énergie grâce à des éoliennes, des panneaux photovoltaïques, du gaz ou du charbon.

	nucléaire	éolien	photovoltaïque	charbon	gaz
gCO_2/kWh produit	66	10	32	1000	443
Hypothèses	Tihange : 18 TWh / 2014 ➡ Moyenne pour un des trois réacteurs	1500 éoliennes terrestres en BE : taux de charge = 25% ; P = 1,5 MW	7m² de panneaux PV en BE ➡ 850 kWh par an. 5.000.000 d'installations	2009, centrale du Havre : 3669 millions de kWh.	P= 400 MW, production 2.000 heures / an ➡ 800 000 000 kWh /an
kWh produits en 10 s	1902	1560	1348	1163	254
kg CO_2 / 10 s	126	16	43	1 163	112

6| Conclusion

Que retenir de cette enquête?

- Une centrale nucléaire, sur l'ensemble de son cycle de vie, émet (beaucoup) moins de CO_2 pour produire un kWh d'électricité (66 g) que des centrales au charbon (1000 g). Ses émissions de CO_2 sont comparables à celles d'énergies renouvelables, comme l'éolien ou le photovoltaïque.
- Le nucléaire n'est pas une source d'émission «zéro carbone» (pas plus que la voiture électrique n'est un moyen de déplacement «zéro carbone»).
- Faire attention aux «publicités». *Qui annonce les chiffres? Quels sont ses intérêts? Comment ces chiffres ont-ils été calculés? De quoi tiennent-ils compte?* Dans notre cas, l'image analysée provient du site «le forum nucléaire belge». Il s'agit en fait du lobby de l'industrie nucléaire en Belgique. Il convient donc d'être critique par rapport aux informations qu'on peut y trouver.
- On peut faire dire «n'importe quoi» aux chiffres sortis de leur contexte.

Soyez curieux, et gardez un esprit critique !

7| Bibliographie

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p 46-47.
- Courbe P., 2010—«Véhicules électriques ? changer de mobilité, pas de voiture !» - Fédération Inter-Environnement Wallonie
- Sovacool B., 2008— «Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey» - Energy Policy 36 2940-2953—14pp.
- AEN, 2003—« L'énergie nucléaire aujourd'hui» - Paris, OCDE
- Wilson L., 2013—«Shades of Green: Electric Cars' Carbon Emissions Around the Globe» - Shrink That Footprint—29 pp.
- Wikipédia—https://fr.wikipedia.org
- Le forum nucléaire belge— https://www.forumnucleaire.be

FESTIVAL DU FILM ITINÉRANT

SPW – Département du Développement Durable

Place Joséphine-Charlotte, 2 - 5100 Jambes
info@festival-gofuture.be

WWW.FESTIVAL-GOFUTURE.BE

ASSOCIATION EAU ET CLIMAT asbl

En partenariat avec

Wallonie

UNRIC Centre régional d'information des Nations Unies pour l'Europe occidentale

UCL Université catholique de Louvain

science infuse