

Energie

Perspectives et ordres de grandeur

Episode 2 : Les sources d'énergie



Ce document a été écrit pour répondre à plusieurs préoccupations. Il s'agit de disposer d'une compilation d'informations sur un sujet qui est à la fois très technique mais qui en même temps touche tout le monde, dans son quotidien mais aussi dans les conséquences que la quête permanente d'énergie entraîne pour l'ensemble des pays de la planète. Il se veut donc à la fois vulgarisateur et s'attachera particulièrement à rappeler à tout moment les ordres de grandeurs dont nous parlons ici.

Compte tenu de la richesse du sujet, il est apparu pertinent de le découper en plusieurs épisodes:

- ✓ *Episode 1 : Notions de base*
- ✓ **Episode 2 : Les sources d'énergie**
- ✓ *Episode 3 : Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'électricité*
- ✓ *Episode 4 : La dimension Geo-politique de l'énergie*
- ✓ *Episode 5 : Le nucléaire, histoire et perspectives.*

Table des Matières

Table des Matières	2
Glossaire	2
1. Préambule	4
1.1. Énergie primaire	4
1.2. Énergie secondaire	4
1.3. La fin de l'histoire	5
2. Différentes sources d'énergie	6
2.1. Énergie Solaire	6
2.2. Énergie Éolienne	7
2.3. Énergie de l'eau	7
2.4. Énergie de la biomasse	8
2.5. Énergie Géothermique	9
2.6. Énergie des marées	10
2.7. Charbon	11
2.8. Pétrole	12
2.9. Gaz	12
2.10. Uranium	13
3. Le tribut payé par l'humanité aux sources d'énergie	15

Glossaire

SIGLE ou concept	Signification
ARENH	Accès Régulé à l'Electricité Nucléaire Historique
ASN	Autorité de Sureté Nucléaire française. Elle est garante de la sureté de fonctionnement des installations nucléaires, dont les centrales de production d'électricité. Elle donne les autorisation d'exploitation.
Backup	Solution Pilotable de production d'électricité pour pallier l'intermittence des ENRi
Effacement	Se dit quand une nouvelle source d'énergie permet, lors de sa mise en route, d'arrêter une source existante. Par exemple, le vent a permis à une ferme de 250 éoliennes d'« effacer » une centrale à charbon

SIGLE ou concept	Signification
ENRi	Energie Nouvelle Renouvelable intermittente
Facteur de charge	Pourcentage du temps pendant lequel un moyen de production fonctionne à sa puissance nominale. (Ex : Eolien terrestre = 22,6% en 2021)
Fission nucléaire	Consiste à « casser » un noyau lourd en récupérant au passage de l'énergie. Utilisé dans 100% des centrales nucléaires actuelles
Fusion Nucléaire	Consiste à fusionner des noyaux légers et récupérer entre plus d'énergie au passage. Objet de très grosses recherches (ITER) et d'espoirs pour la production d'énergie du futur. (XXIIe siècle au plus tôt)
Isotope	Variation du nombre de neutrons (donc de masse) dans un atome de même numéro atomique. Par exemple carbone 12 et carbone 14, Uranium 235 et Uranium 238
KW, MW, GW, TW	Unité de Puissance . 1 KW = 1000 Watts, 1 GW= 1000 MW, 1TW= 1000 GW
KWh	Unité d' Énergie . Ce que consomme un appareil de 1 KW pendant 1 heure On utilise aussi MWh, GWh, TWh
Matériau supra conducteur	Matériau conduisant l'électricité sans y opposer aucune résistance. A ce jour cela ne fonctionne qu'à des températures très basses (proches du zéro absolu, -273°C). Mais des matériaux supra-conducteurs à température ambiante pourraient changer notre vision de la production et de la distribution de l'électricité.
NOME	La loi du 7 décembre 2010 relative à la « Nouvelle organisation du marché de l'électricité », dite loi Nome, prévoit la réorganisation et la régulation de ce marché sur la base d'un encouragement de la concurrence.
PAC Sens 1	Pile à Combustible. Permet de transformer directement de l'hydrogène combiné à l'oxygène de l'air pour produire de l'électricité et rejeter de l'eau.
PAC Sens 2	Pompe à Chaleur. Permet de transférer de la chaleur d'un milieu à un autre (par exemple, un frigo ou une climatisation). Utilisé pour chauffer, la PAC affiche une efficacité thermique supérieure à sa consommation électrique. En quelque sorte, elle rafraîchit l'extérieur pour chauffer l'intérieur.
V2G	Vehicle-to-Grid. Dispositif permettant d'utiliser les voitures connectées à une borne spécifique de recharge pour servir de stockage temporaire d'électricité afin d'équilibrer le réseau.
VE	Véhicule Electrique

Dans le premier épisode, nous avons posé les concepts de base et défini quelques unités et ordres de grandeur. Merci à tous ceux qui m'ont fait part de leurs remarques. C'est extrêmement sain de pouvoir disposer de ces informations, qui permettent de compléter ou de corriger certaines erreurs ou omissions.

Même si ceci est évoqué dans ce N° 2, nous évoquions dans le N°1 : « *Le bois ne pousse que si la forêt reçoit la lumière et la chaleur du soleil* »

Il est important de préciser que ceci ne fonctionne que si l'atmosphère contient également du CO₂, dont les végétaux ont besoin pour pousser. L'objectif ne peut donc pas être zéro CO₂, car sans CO₂, pas d'arbres et pas de production d'oxygène¹.

Essayons maintenant dans cet épisode de distinguer les différentes formes que peut prendre l'énergie.

Erratum : Dans l'épisode 1, au chapitre des ordres de grandeurs, les valeurs de production annuelle des réacteurs étaient indiquées pour 2 tranches (comme très souvent) et non pour une seule. Ci-dessous le tableau corrigé:

	Puissance max	Consommation Annuelle	Production annuelle
Centrale nucléaire type Fessenheim	2X 900 MW		12 TWh
Centrale nucléaire type EPR	2X 1600 MW		20 TWh

1. Préambule

Il convient d'abord de distinguer les énergies primaires et secondaires.

1.1. Énergie primaire

Une énergie primaire est une énergie brute n'ayant pas subi de transformation, dont la source se trouve à l'état pur dans l'environnement. Le vent, le Soleil, l'eau, la biomasse, la géothermie, le pétrole, le charbon, le gaz ou l'uranium sont des sources d'énergies primaires.

Quand on parle d'énergie primaire, le soleil est une réelle énergie primaire, qui au passage est une énergie de **Fusion Nucléaire** au sein de notre étoile. On lui doit indirectement le vent, la biomasse, l'eau, le pétrole, le charbon et le gaz.

1.2. Énergie secondaire

On appelle « énergie secondaire » une énergie qui est obtenue par la transformation d'une énergie primaire.

¹ Merci à Gilles Bellaïche pour cette contribution

Par exemple, l'électricité est une énergie secondaire qu'on obtient à partir de plusieurs énergies primaires : l'énergie solaire avec des panneaux, l'énergie nucléaire avec des réacteurs, l'énergie hydraulique avec des barrages ou encore l'énergie du vent avec des éoliennes. Il n'existe pas d'électricité à l'état naturel, sauf peut-être les orages.

L'essence, le gasoil et les biocarburants sont également des énergies secondaires ; on les obtient par la transformation du pétrole brut ou de la biomasse. L'hydrogène, qui n'existe quasiment pas à l'état gazeux naturel sur terre, est également une énergie chimique secondaire car il faut le produire.

1.3. La fin de l'histoire

On verra plus tard que plus l'énergie se transforme, plus elle se dégrade. Même si la quantité d'énergie reste la même, certaines formes sont plus avantageuses que d'autres. A la fin, cela se termine généralement en chaleur. Et plus la température est élevée, plus facile en sera l'utilisation.

Exemple : Avec un litre d'eau bouillante, vous pouvez faire cuire un oeuf. Si vous versez ce litre dans 9 litres d'eau froide, vous obtiendrez 10 litres d'eau tiède, contenant la même énergie, mais dégradée au point que vous ne pourrez rien en faire...

Pour ceux qui veulent aller plus loin, ceci touche à ce que les physiciens appellent l'entropie. Elle caractérise en quelque sorte la « qualité » de l'énergie. S'agissant des transformations de l'énergie, elle permet de quantifier aussi la « réversibilité » d'une transformation ou le désordre d'un système.

2. Différentes sources d'énergie

Dans la suite de cet épisode, on va répertorier les énergies primaires disponibles sur notre planète et, pour chacune d'entre elles, définir les transformations directes qui sont appliquées pour déterminer l'usage ultérieur qui peut en être fait.

2.1.Énergie Solaire

A tout seigneur tout honneur, commençons par notre étoile, dont l'usage se décline au delà de ses effets indirects évoqués plus haut. Bien évidemment, cette énergie primaire de type **rayonnement** est renouvelable, du moins tant que le soleil brillera, mais intermittente et difficile à prévoir (ensoleillement). Elle fait donc partie des ENRI.

Transformation	Illustration
Les panneaux photo-voltaïques visent à convertir directement le rayonnement solaire en électricité. On notera que ces panneaux produisent un courant continu. On admet que le rayonnement sur terre représente environ 1KW/m2 et que de tels panneaux peuvent en récupérer environ 10 à 20 %.	
Production thermique directe et individuelle d'eau chaude. Ce type de chauffe-eau, particulièrement adapté au côté intermittent de l'énergie solaire, est très répandu en outre-mer, mais pourrait parfaitement se développer sur une grande partie du territoire. Rappelons que ce poste représente 12% de la consommation énergétique totale d'un ménage français, soit 50 TWh annuel. En excluant le logement collectif pour lequel on peut trouver d'autres solutions, remplacer toute la production d'eau chaude par ce type de chauffe eau en france représenterait une économie de 30TWh annuelle, soit la quasi totalité de la production de nos 8000 éoliennes terrestres...	
Centrale solaire thermique. Cette technique consiste à chauffer une enceinte en concentrant les rayons du soleil. On peut ensuite faire bouillir de l'eau et produire de la vapeur (Voir chapitre sur les centrales thermiques)	

2.2.Énergie Éolienne

On a vu plus haut que le vent est indirectement dû au soleil, mais il est convenu de le considérer comme une source primaire évidemment **mécanique**. Ici aussi, on dispose d'une ENRi car personne ne met en doute le coté intermittent du vent, doublé d'une prédictibilité très faible sur le moyen/long terme. Le vent est, après le feu et les muscles des animaux, la première énergie utilisée par les hommes.

Transformation	Illustration
Historiquement, les moulins à vent permettaient de disposer d'une énergie mécanique , utile pour faire tourner les meules et fabriquer la farine. Dans certains pays, cette énergie du vent était aussi utilisée à d'autres usages mécaniques.	
L'usage le plus répandu aujourd'hui est évidemment la production d'électricité , par transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique au travers de génératrices. Les éoliennes ont des puissances unitaires maximum de 2MW environ pour leur version terrestres et de 6 MW pour les versions marines.	
Jadis usage le plus répandu de l'énergie du vent, et au delà de son usage ludique et touristique pour la propulsion des bateaux, plusieurs initiatives visant à soulager les systèmes de propulsions des navires par des dispositifs de type voiles se développent. Cet usage est encore du domaine anecdotique, et c'est un ingénieur du Génie Maritime qui vous le dit.	

2.3.Énergie de l'eau

Jadis nommée « houille blanche » l'énergie de l'eau vise à utiliser en réalité celle de la gravité, avec l'aide du soleil qui permet à la pluie de remplir les points les plus hauts et de laisser l'eau se déverser dans les points les plus bas.

Dans des conditions météorologiques normales, c'est une énergie disponible très rapidement, renouvelable, prévisible et quasi constante.

Transformation	Illustration
Historiquement, les moulins à eau permettaient de disposer d'une énergie mécanique, utile pour faire tourner les meules et fabriquer la farine, mais aussi faire fonctionner toute sorte de dispositifs mécaniques et ayant participé aux débuts de l'industrialisation.	
Barrage de retenue. On produit ici de l'électricité par a-coups. Ce type de barrage, très répandu, dispose d'un réservoir (lac de retenue) qui se remplit progressivement en fonction des cours d'eau qui l'alimentent. Il présente l'avantage de pouvoir produire quasi instantanément une grosse quantité d'électricité en cas de pic de demande. Il est utilisé pour « effacer les pics de charge ». Malheureusement, les sites disponibles se raréfient et des associations sont souvent opposées à la construction de nouveaux barrages. On reparlera de ces technologies au chapitre stockage de ce document.	
Barrage au fil de l'eau. La encore, on produit de l'électricité au moyen de génératrices. Ce type de barrage, comme celui de Genissiat ci-contre aux confins de l'Ain et de la Haute Savoie, assure une production permanente en turbinant en permanence l'eau du Rhône. Les sites permettant la mise en place de telles installations sont extrêmement rares en France.	

2.4. Énergie de la biomasse

Voilà encore un énergie renouvelable, et ancestrale. On parle ici essentiellement de production de combustible par les moyens naturels. Mais encore une fois, méfions nous des ordres de grandeurs. En effet, la totalité de l'humanité cuisinait et se chauffait ainsi jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, quand nous avions encore beaucoup de forêts et que nous étions à peine 1 milliard (contre 8 aujourd'hui).

Transformation	Illustration
Plus vieux combustible de l'humanité, en brûlant du bois, on transforme l'énergie chimique du bois en énergie thermique. On restitue au passage à l'atmosphère le CO₂ que les arbres ont capté en poussant. Cet usage se répand à nouveau sans pour autant que la capacité de l'environnement à supporter ces nouveaux usages soit clairement évalué et contrôlé.	

Transformation	Illustration
Avec les bio carburants, on est dans une pure transformation chimique, visant à produire un combustible liquide, facilement utilisable par les moteur thermiques, à partir de plantes spécifiquement plantées à cet effet. On évaluera plus tard le bilan carbone total de ce type d'énergie, dont les effets pervers sur l'agriculture et l'alimentation de la population mondiale ne sont pas anodins.	
Production de bio-gaz. Nouvel avatar de transformation Chimique qui vise à récupérer le méthane (CH₄ ou gaz naturel) dégagé par la fermentation de bio déchets (excréments de bovins, etc). Selon l'ADEME, en 2020, la production d'énergie par biogaz est de 7,5 TWh annuels, dont 34% convertis en électricité. (À rapporter aux 473 TWh de consommation totale électrique en France)	

2.5. Énergie Géothermique

Chacun sait que la terre dispose d'un noyau constitué de magma en fusion et qui se manifeste à la fois par les mouvements de plaques (tremblements de terre) et les éruptions volcaniques. La géothermie consiste à exploiter cette chaleur.

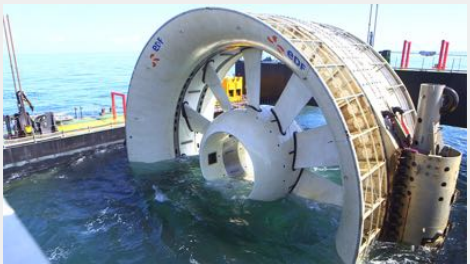
Transformation	Illustration
La géothermie de faible énergie concerne le secteur domestique ou industriel et s'applique à utiliser la chaleur ou la douceur du sous-sol pour chauffer, refroidir et produire de l'eau chaude pour des habitations uniques, des immeubles ou encore des bâtiments tertiaires. En Île-de-France, de nombreux doublets géothermiques sont installés dans le but d'alimenter des réseaux de chauffage urbains en utilisant un aquifère profond situé entre 1,5 et 2 km de profondeur, à une température moyenne comprise entre 60 et 85 °C. Un usage systématique couplé à une pompe à chaleur dans toutes les maisons individuelles nouvellement construites permettrait une économie significative sur une poste qui représente 60% de la consommation d'énergie résidentielle.	
La géothermie de moyenne énergie concerne des projets plus profonds et des températures généralement supérieures à 90 °C. Le but de cette géothermie est d'utiliser la forte température des profondeurs pour produire de la chaleur, ou de l'électricité (dans une moindre mesure), voire les deux en même temps. Les usages principaux de ce type de géothermie sont industriels et comprennent l'extraction de produits chimiques, le séchage de produits industriels ou encore la récupération de métaux.	

Transformation	Illustration
La géothermie de haute énergie cherche quant à elle à capter l'eau à des températures supérieures à 120 °C, sous forme de vapeur, qui servira à produire de l'électricité grâce à des turbines. Ce type de géothermie est développé dans des contextes géologiques spécifiques, impliquant la présence de corps chauds apportant la source de chaleur : il peut s'agir de la proximité du manteau terrestre ou de corps magmatiques, comme on peut en trouver par exemple en Islande (ci-contre)	

2.6. Énergie des marées

Voilà une application quasi directe de l'énergie de gravitation, puisque les marées sont dues à l'attraction exercée par le Soleil et la Lune sur nos océans.

Il en résulte des mouvements qui, selon la géographie, peuvent être très importants et qui sont surtout parfaitement prévisibles sur le long terme. Du côté du mont saint Michel, les amplitudes peuvent atteindre 12m. Cette énergie est à la fois renouvelable, intermittente, mais surtout **prédictible**.

Transformation	Illustration
Barrage marémoteur : Le plus célèbre en France est le barrage sur la Rance. Malheureusement, il n'existe pas de nombreux sites permettant de répliquer cette installation, dont la production annuelle n'est que de 500 GWh (0,5 TWh). On garde ici le principe d'un barrage de retenue, qui turbine l'eau éventuellement dans les 2 sens en fonction de la marée.	
L'hydrolienne est encore au stade du développement. La maintenance de telles installations sous marines reste malgré tout un très gros défi. Naval Energies a un temps tenté de se mettre sur ce marché avant de jeter l'éponge en 2018. Le principe consiste à poser l'équipement sur le fond, et de laisser tourner la roue au gré des courants de marée.	

2.7. Charbon

Le **charbon** est une **roche sédimentaire** combustible, riche en carbone, de couleur noire ou marron foncé, formée à partir de la dégradation partielle de la **matière organique** des **végétaux**. Il constitue une énergie dite **fossile** car résultant de la biomasse présente il y a environ 350 millions d'années.

Le charbon n'est pas renouvelable à l'échelle humaine. A l'échelle géologique, on peut imaginer que les mêmes causes puissent reproduire les mêmes effets dans 500 millions d'années ...

Le charbon a réellement commencé à être utilisé en Angleterre au XVIII^e siècle, même si Marco Polo rapporte que les chinois faisaient brûler « d'étrange pierres noires »... C'est donc avec la révolution industrielle et l'invention de la machine à vapeur que le charbon a vu son développement exploser. On a vu plus haut qu'il représente 27% de toute l'énergie primaire de la planète et qu'il est N°1 pour la production d'électricité avec 36,4% du total.

Transformation	Illustration
L'extraction du charbon et de la lignite reste une activité minière extrêmement lourde, polluante et destructrice de l'environnement.	
On développera plus loin le fonctionnement générique de la plupart des centrales, mais notons que les centrales électriques au charbon sont de très loin les plus polluantes	
La carbochimie, naguère importante, a laissé la place à la pétrochimie	

2.8. Pétrole

Issu comme le charbon de la décomposition des végétaux, dans des conditions de température et de pressions différents, le pétrole est encore aujourd'hui la première énergie primaire utilisée dans le monde.

Et comme le charbon, on a ici une énergie fossile non renouvelable, dont les réserves sont nécessairement limitées, sans qu'on sache précisément où est la limite.

A ce jour, l'humanité ne sait pas se passer de pétrole.

Le pétrole est le produit roi de la seconde moitié du XXe siècle. Après l'avoir trouvé facilement dans certains endroits, l'homme a appris à aller le chercher de plus en plus profondément sous la surface mais aussi au fond des mers et même sous la glace.

L'utilisation du pétrole comme combustible est une insulte au futur car les applications de la pétrochimie sont trop précieuses pour qu'on se contente de brûler le pétrole.

Quoiqu'il en soit, du baril de brut au réservoir d'essence ou de kérosène, encore faut-il passer par le raffinage, opération au cours de laquelle on extrait aussi tous les produits de la pétrochimie dont les fameux plastiques.

Transformation	Illustration
Raffinerie, où l'on transforme par des procédés physico-chimiques le pétrole brut en combustibles divers et autres sous-produits	
Centrale électrique au fuel, selon l'immuable principe de toutes les centrales thermiques	

2.9. Gaz

Le gaz naturel ou méthane est un combustible fossile, issu de la décomposition d'organismes vivants microscopiques (plancton, algues), emprisonné dans des roches poreuses du sous-sol, terrestre ou marin. Il se présente naturellement sous forme gazeuse, d'où son appellation « gaz naturel ». Il présente l'avantage majeur d'être utili-

sable directement, sans raffinage, et l'inconvénient d'être difficile à transporter. Le transport de gaz se fait soit par des gazoducs, dont les célèbres « Nord Stream », soit au moyen de navire dit « méthaniers » transportant le gaz à basse température, et liquéfié d'où l'appellation GNL. Donc toutes les appellations (gaz de ville, gaz de Lacq, Gaz Naturel, GNL, etc) portent sur le même produit, le méthane (CH₄).

Transformation	Illustration
Transport de gaz naturel liquéfié à -160°C ou GNL	
Centrale gaz. Autre avatar des centrales thermiques de production d'électricité, ces centrales sont souvent construites pour pallier l'intermittence des ENRi, dégradant considérablement l'empreinte carbone promise par ces dernières, au point que certains considèrent aujourd'hui que <u>l'énergie Eolienne est une énergie fossile légèrement moins carbonée que le gaz.</u> Je vous promets une magnifique histoire sur le sujet dans un prochain épisode...	

2.10. Uranium

Comme les 3 dernières énergies primaires que nous avons explorées dans ce document, l'Uranium est un produit que l'on extrait du sous sol. Mais, en revanche, il ne s'agit pas d'une énergie fossile, car l'Uranium ne provient pas de la décomposition de matières organiques animales ou végétales. C'est un métal très, très lourd. Un litre d'Uranium représente une masse de 19,1 Kg contre 11,4 pour le plomb, 7,8 pour le fer et 2,7 pour l'aluminium. La croûte terrestre contient en moyenne 2 à 3 grammes d'uranium par tonne. Cet élément est bien plus abondant que les métaux rares comme l'or ou l'argent. L'eau de mer en contient environ 3,3 milligrammes par tonne.

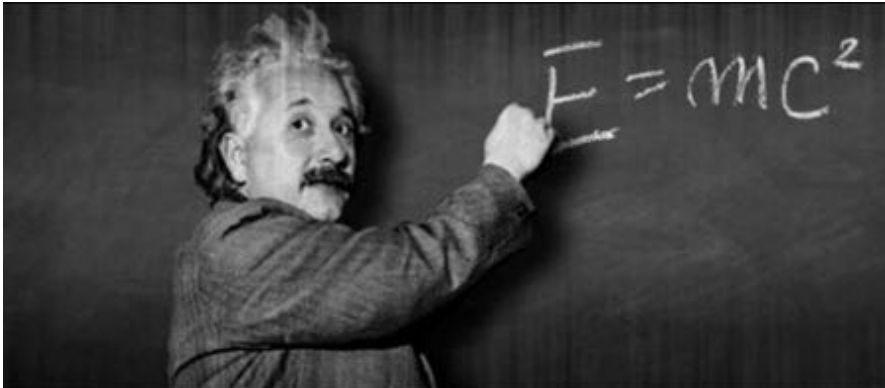
L'uranium naturel est constitué de deux isotopes² principaux :

- U238 à 99,3%
- U235 à 0,7%

Pour être utilisé dans une centrale à fission, il faut modifier ces proportions (enrichissement) jusqu'à disposer de 3 à 5% d'U235. C'est l'objet des usines d'enrichissement. En France cette opération est réalisée dans l'usine du Tricastin dans la Drôme.

Dans les installations nucléaires, l'énergie est générée par transformation directe de la matière, aujourd'hui par fission, selon la très célèbre formule d'Albert Einstein

² pensez à consulter le glossaire en tête de document



En cassant le noyau d'U235 on obtient une masse totale des parties restantes légèrement inférieure à la masse initiale. La différence a été transformée en énergie, essentiellement **thermique**, mais aussi de rayonnement.

NB: Si on savait transformer en énergie toute sorte de matière, il suffirait de 19t de n'importe quelle matière pour assurer la totalité des besoins électriques français sur une année!

Transformation	Illustration
Usine ORANO d'enrichissement du Tricastin. Augmentation de la concentration en Uranium 235	
Centrale Nucléaire de Penly (2 X 1300 MW) Refroidissement direct par la mer.	
Centrale nucléaire de Golfech (2 X 1300 MW) Refroidissement par aérocondenseurs	

Dans une centrale nucléaire, le terme de « combustible » utilisé est en fait un abus de langage, car on aura compris qu'il n'y a aucune combustion.

En fin de document, un chapitre spécifique à l'énergie nucléaire fera le point sur les solutions présentes et futures de production d'électricité.

3. Le tribut payé par l'humanité aux sources d'énergie

Tout le monde a en tête les accidents fréquents et souvent catastrophiques dans les mines de charbon, mais aussi dans les exploitation pétroliers sur terre ou en mer. Ou encore les trop nombreuses victimes tuées lors de la construction de barrages. Ou enfin les nombreuses victimes de l'accident de Chernobyl. Toutes les sources d'énergie

Énergie	Décès provoqués par TWh produit
Charbon	100
Pétrole	36
Biomasse et biocarburant	24
Gaz	4
Hydroélectricité	1,4
Solaire (sur toit)	0,44
Éolien	0,15
Nucléaire	0,04

ont fait payer un tribut plus ou moins élevé à l'humanité. Mais un petit tableau (données OMS 2014) vaut mieux qu'un long discours. Il est intéressant de noter ici deux choses: D'une part le charbon est 2500 fois plus dangereux que le nucléaire, et même le solaire sur toit est encore 11 fois plus dangereux. Contrairement à une idée très répandue, l'accident de Fukushima n'a fait aucune victime liée à la centrale du même nom. Les nombreux morts de cette tragédie l'ont été du fait du tsunami.

A ces morts directs, on admet aujourd'hui que les énergies fossiles (Charbon, pétrole, gaz) tuent par pollution environ 8,7 millions de personnes par an. Juste pour le charbon, ce sont 23 000 morts/an en Europe et 1 200 en France.

==== A suivre ===

Ceci conclut notre second épisode et complète les informations dont chacun de nous peut avoir besoin pour comprendre ces enjeux énergétiques.

Notre troisième épisode portera sur l'électricité...