

Guillaume BLANC
& Camille Noûs

Physique et enjeux
de société

[https://doi.org/10.53480/
physique-societe.b046](https://doi.org/10.53480/physique-societe.b046)

Université Paris Cité

Publié sous licence
Creative Commons CC BY

© Guillaume BLANC 2023



Ouvrage publié sous licence Creative Commons Attribution License CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), qui autorise sans restrictions l'utilisation, la diffusion, et la reproduction sur quelque support que ce soit, sous réserve que la publication originale soit correctement citée : BLANC Guillaume & Noûs Camille, *Physique et enjeux de société* (Université Paris Cité, 2023). <https://doi.org/10.53480/physique-societe.b046>

La licence CC BY s'applique à l'ensemble de l'ouvrage sauf mentions contraires.

- La licence CC BY ne s'applique pas aux images reproduites avec la permission d'un tiers et soumises au droit d'auteur. Les images concernées sont identifiables par la mention en légende, du symbole © suivi de la désignation de l'ayant droit.
- Si une image est soumise à un autre régime de licence, celui-ci est mentionné en légende.

	CC BY-SA	https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/
	CC BY-NC	https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
	CC BY-NC-ND	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/
	CC BY-NC-SA	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
	CC0 (domaine public)	https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/
	Licence Ouverte	https://www.etalab.gouv.fr/licence-ouverte-open-licence/

Note de l'éditeur : ce manuel comporte un ensemble d'hyperliens vers des pages de sites internet. Leur validité ainsi que l'accès aux informations correspondantes ont été contrôlés en date du 1er février 2023.

Annexe B

Bilan énergétique de la France

BLANC Guillaume & NOÛS Camille, Bilan énergétique de la France, in *Physique et enjeux de société* (Université Paris Cité, 2023). <https://doi.org/10.53480/physique-societe.ee1cb3>



B.1 Diagramme de Sankey des flux énergétiques de la France

Un diagramme de Sankey¹ montre des flux avec des flèches dont la taille est proportionnelle au flux ainsi représenté. Il est particulièrement utilisé pour représenter des flux d'énergie notamment pour les bilans annuels énergétiques des pays.

Le site <https://www.iea.org/sankey/> de l'Agence Internationale de l'Énergie répertorie les bilans énergétiques des pays pour différentes années sous forme de diagrammes de Sankey. Il est possible de moduler les paramètres.

B.2 Bilan énergétique de la France

Nous décryptons ici le schéma 4.3 page 146, issu de CGDD (2019b) reproduit ci-dessous (figure B.1). Les énergies sont en Mtep, avec $1 \text{ Mtep} = 10^6 \text{ tep}$ et $1 \text{ tep} = 42 \text{ GJ}$. Le tableau B.1 donne les énergies primaires et les énergies finales.

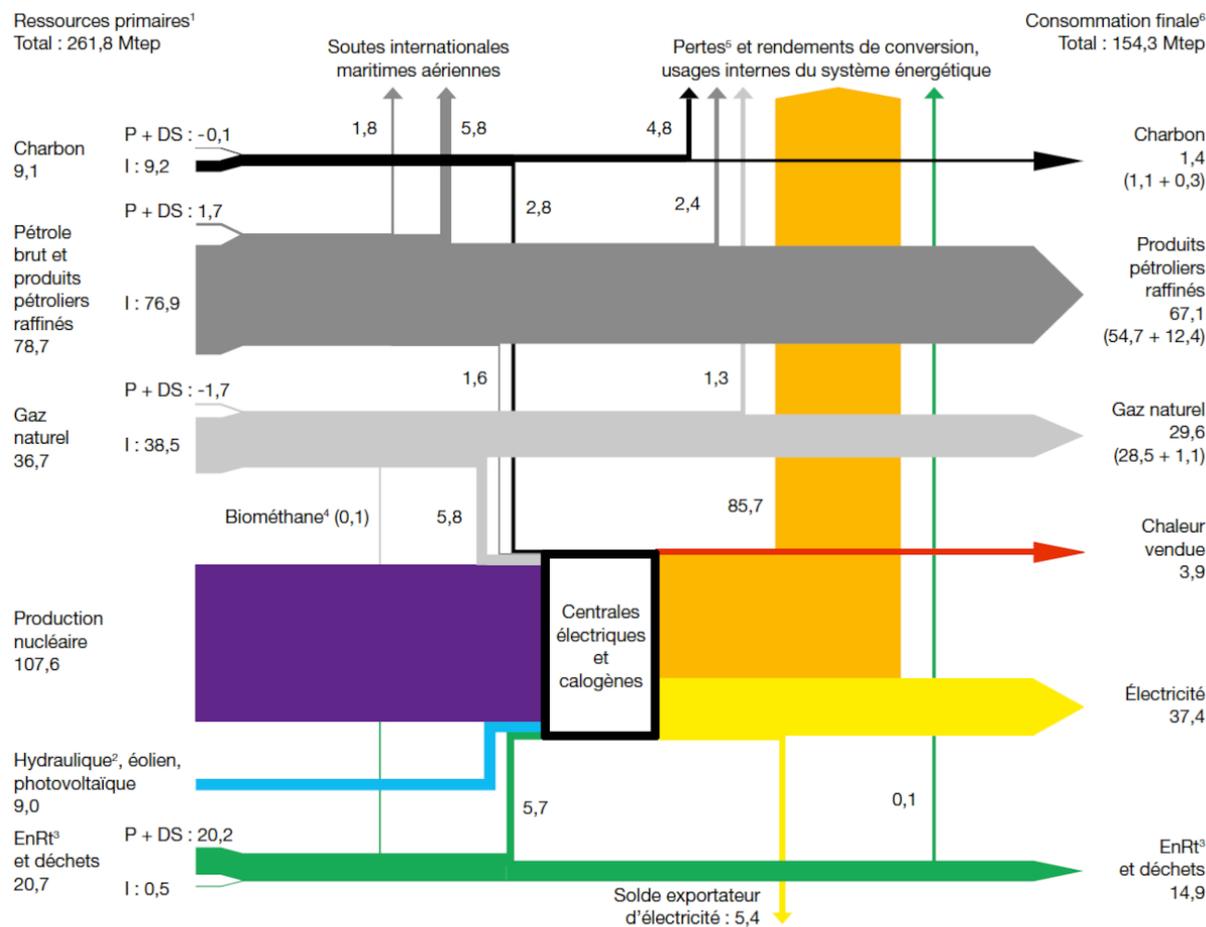
Les énergies primaires sont obtenues en enlevant les produits autres que l'énergie issus des ressources fossiles, en enlevant les carburants des transports maritimes et aériens internationaux, ainsi que les exportations d'électricité. Ces dernières sont réparties au sein des différentes sources primaires au prorata de leur répartition dans le mix primaire à l'origine de l'électricité.

L'énergie primaire est l'énergie servant à produire l'énergie finale, telle qu'elle est « achetée » par les consommateurs, par exemple l'essence issue du raffinage du pétrole, ou l'électricité issue de différentes sources. L'essence (énergie finale) n'est pas une énergie utile, elle doit être brûlée dans un moteur pour cela (auquel cas l'énergie utile peut être l'énergie mécanique des roues, ou l'énergie thermique selon les usages). En revanche l'électricité (énergie finale) est aussi une énergie utile.

Les pertes sont liées au transport, au raffinage pour les ressources fossiles, et au rendement des centrales thermiques pour la production d'électricité. Elles sont calculées au prorata du mix primaire à l'origine de l'électricité.

Une petite partie de l'énergie thermique dégagée par la production d'électricité (3,9 Mtep) est vendue en tant que telle, et incluse dans les pertes dans le tableau B.1.

1. D'après le nom de l'ingénieur irlandais Matthew Henry Phineas Riall Sankey (1853-1926) qui a utilisé en 1898 cette représentation à propos de l'efficacité énergétique de la machine à vapeur.



P : production nationale d'énergie primaire. *DS* : déstockage. *I* : solde importateur.

¹ Pour obtenir la consommation primaire, il faut déduire des ressources primaires le solde exportateur d'électricité ainsi que les soutes maritimes et aériennes internationales.

² Y compris énergies marines, hors accumulation par pompage.

³ Énergies renouvelables thermiques (bois, déchets de bois, solaire thermique, biocarburants, pompes à chaleur, etc.).

⁴ Injections de biométhane (compté comme énergie renouvelable dans les ressources primaires) dans les réseaux de gaz naturel.

⁵ L'importance des pertes dans le domaine de l'électricité tient au fait que la production nucléaire est comptabilisée pour la chaleur produite par la réaction, chaleur dont les deux tiers sont perdus lors de la conversion en énergie électrique.

⁶ Usages non énergétiques inclus. Pour le charbon, les produits pétroliers raffinés et le gaz naturel, la décomposition de la consommation finale en usages énergétiques et non énergétiques est indiquée entre parenthèses.

Source : calculs SDES, d'après les sources par énergie

FIGURE B.1 – Bilan énergétique de la France en 2018 (en Mtep), sous la forme d'un diagramme de Sankey (diagramme de flux où la largeur des flèches est proportionnelle au flux). Tiré de CGDD (2019b). Licence Ouverte.

(1) Ressource primaire	(2) Vecteur (utile)	(3) D'après le dia- gramme (Mtep)	(4) Non- énergie (Mtep)	(5) Soutes (Mtep)	(6) Soustrac- tions faites (Mtep)	(7) Soustrac- tions faites (%)	(8) Exportations électricité (Mtep - prorata)	(9) Énergie pri- maire (Mtep)	(10) Énergie pri- maire (%)	(11) Pertes (Mtep)	(12) Pertes (% de EP)	(13) Énergie finale (Mtep)	(14) Énergie finale (%)
Charbon	Électricité	2,8			2,8	2,1	-0,1	2,7	2,1	-1,9	70,4	0,8	2,1
	Chaleur	6,3	-0,3		6			6	5,6	-4,8	80	1,1	1,1
	Total	9,1	-0,3		8,8		-0,1	8,7	3,7	-6,7	77	1,9	1,4
Pétrole	Électricité	1,6			1,6	1,2	-0,1	1,5	1,2	-1,1	73,3	0,4	1,1
	Chaleur	77	-12,4	-7,6	54			57	52,9	-2,4	4,2	54,7	55,2
	Total	78,6	-12,4	-7,6	58,6		-0,1	58,5	24,9	-3,5	6	55,1	40,3
Gaz naturel	Électricité	5,8			5,8	4,4	-0,2	5,6	4,4	-3,9	69,6	1,7	4,5
	Chaleur	30,9	-1,1		29,8			29,8	27,6	-1,3	4,4	28,5	28,7
	Total	36,7	-1,1		35,6		-0,2	35,4	15,1	-5,2	14,7	30,1	22
Nucléaire	Électricité	107,6			107,6	81,2	-4,4	103,2	81,2	-72,8	70,5	30,4	81,1
	Chaleur												
	Total	107,6			107,6		-4,4	103,2	43,9	-72,8	70,5	30,4	22,3
Photovoltaïque éolien hydraulique	Électricité	9			9	6,8	-0,4	8,6	6,8	-6,1	70,9	2,5	6,7
	Chaleur												
	Total	9			9		-0,4	8,6	3,7	-6,1	70,9	2,6	1,9
EnRt	Électricité	5,7			5,7	4,3	-0,2	5,5	4,3	-3,8	69,1	1,7	4,5
	Chaleur	15			15			15	13,9	-0,1	1	14,9	15
	Total	20,7			20,7		-0,2	20,5	8,7	-3,9	19	16,5	12,1
Total	Électricité	132,5			132,5	100	-5,4	127,1	100	-89,6	70,5	37,5	100
	Chaleur	129,2	-13,8	-7,6	107,8			107,8	100	-8,6	8	99,2	100
	Total	261,7	-13,8	-7,6	240,3		-5,4	234,9	100	-98,2	41,8	136,7	100

TABLE B.1 – Décryptage du bilan énergétique de la France en 2018, d'après la figure B.1. La colonne (1) liste les différentes ressources primaires : « pétrole » signifie pétrole brut et produits raffinés, « nucléaire » signifie production nucléaire, « hydraulique » inclut les énergies marines mais pas le pompage, « EnRt » signifie énergies renouvelables thermiques, ce qui inclut le bois et ses déchets, le solaire thermique, les biocarburants, les pompes à chaleur, etc. La colonne (2) distingue les vecteurs d'énergie, l'électricité d'une part, et, de façon un peu brute la chaleur, sachant que dans la plupart des cas (combustibles fossiles), l'énergie finale n'est pas de la chaleur mais du carburant (essence. . .). L'énergie utile, thermique dans ce cas, n'est pas donnée, elle est sujette à de nouveaux rendements et pertes selon l'usage qui en est fait (moteurs. . .). La colonne (3) retranscrit les données du diagramme. La colonne (4) identifie les produits finaux non énergétiques comptabilisés dans le diagramme pour les retrancher (colonne (6)). La colonne (5) quantifie le carburant des transports internationaux (« soutes ») à retrancher également. La colonne (6) donne le résultat des soustractions. La colonne (7) donne la fraction correspondante de l'électricité « primaire » pour chaque source, ce qui permet de ventiler sur les différentes sources les exportations d'électricité (colonne (8)), au prorata de l'électricité primaire. La colonne (9) donne ainsi les valeurs effectives des énergies primaires en fonction des sources. La colonne (10) donne la fraction d'énergie primaire de chaque source par rapport aux vecteurs « électricité » et « chaleur » et par rapport au total. La colonne (11) identifie les pertes généralement thermiques au cours de différents processus, transport ou production (rendement des machines thermiques, des raffineries, etc.). La colonne (12) donne la fraction des pertes par rapport à l'énergie primaire (colonne (9)) correspondante. La colonne (13) soustrait les pertes (11) à l'énergie primaire (9) pour donner l'énergie finale. La colonne (14) donne la fraction d'énergie finale de chaque source par rapport aux vecteurs « électricité » et « chaleur » et par rapport au total.

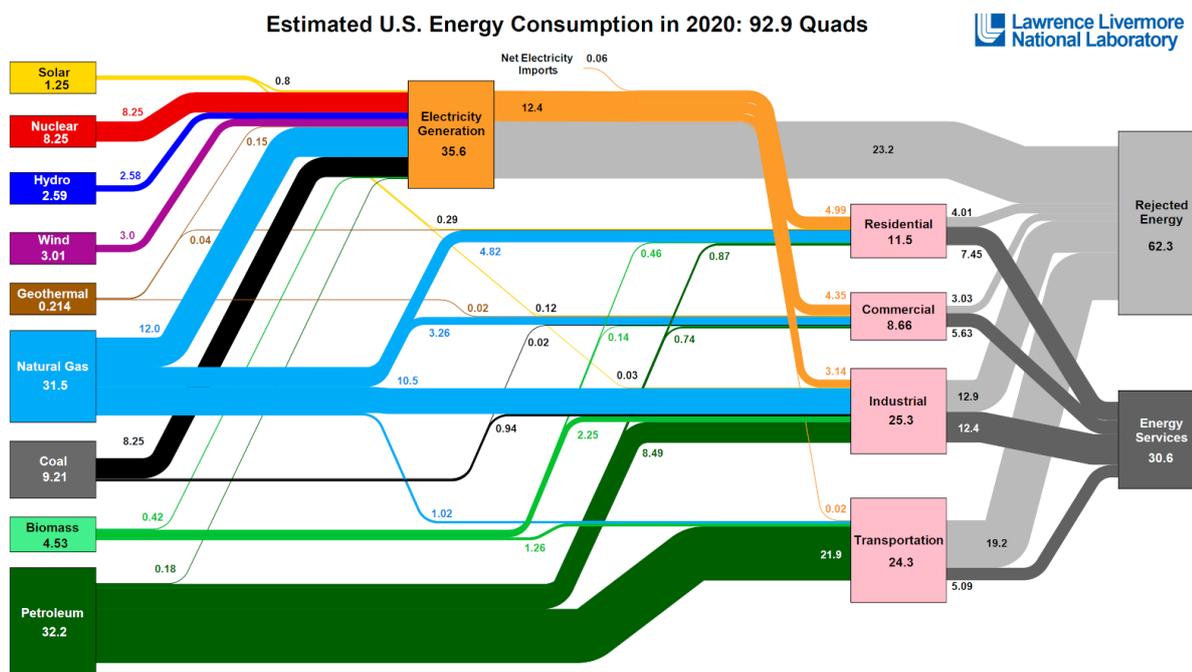


FIGURE B.2 – Bilan énergétique des États-Unis en 2020 sous la forme d'un diagramme de Sankey. L'énergie y est exprimée en « quads », une unité anglosaxonne à la définition quelque peu rocambolesque : un « quad » est un quadrillion de BTU, où quadrillion est exprimé dans l'« échelle courte » soit 10^{15} ; un « BTU » (*British Thermal Unit*) est une unité d'énergie thermique définie comme étant l'énergie nécessaire pour élever la température d'une livre anglaise (« *pound* » – 453,59237 g) d'eau de 1°F (soit $9/5$ de degrés Celsius) à la pression d'une atmosphère. Ainsi, $1 \text{ quad} = 1,055 \cdot 10^{18} \text{ J} = 1,055 \text{ EJ}$. Tiré de <https://flowcharts.llnl.gov/>. CC BY-NC-SA.

B.3 Bilan énergétique des États-Unis

Notons que le laboratoire Lawrence Livermore aux États-Unis fait le travail de séparation entre l'énergie grise et l'énergie utile, comme sur le diagramme de la figure B.2.