

Rechercher

Emploi Newsletters

INTERNATIONAL

Politique

Société

Éco

Culture

Idées

Planète

Sport

Sciences

Pixels

M Campus

Le Mag

Édition abonnés

{Sciences²}

Le blog de Sylvestre Huet, journaliste, spécialisé en sciences depuis 1986

22 JUIN 2022 PAR HUET

Nucléaire : 4 g de CO2 par kWh

Partager

L'électricité d'origine nucléaire est-elle vraiment climato-compatible ? C'est-à-dire n'émettant que très peu de CO₂ et donc utilisable massivement et à long terme sans contribuer au réchauffement du climat. Une question déjà ancienne mais relancée par l'actualité énergétique et climatique : guerre en Ukraine, tensions sur les approvisionnements en énergies de l'Union-Européenne, relance – temporaire – assurées les gouvernements – du charbon pour l'électricité en Allemagne, en Autriche et aux Pays-Bas, hausse des prix de toutes les énergies dont l'électricité... et, en France, cette vague de chaleur précoce à la suite d'une sécheresse printanière sévère selon Météo France.

Avant même toute étude, la réponse semble évidente. La chaleur utilisée pour générer la vapeur qui fait tourner turbines et alternateurs, et ainsi produire l'électricité, provient de la fission des atomes d'uranium. Pas de carbone là dedans. Donc pas de gaz carbonique à la sortie. Pourtant, la majorité des Français est persuadée que, si si si, les centrales électro-nucléaires participent bien au réchauffement climatique en émettant des gaz à effet de serre. Une opinion très largement majoritaire chez les moins de 35 ans. Cela vaut donc le coup d'y aller voir de près.

Sous la surveillance d'un panel d'experts indépendants, des ingénieurs de la direction des études et recherches d'EDF se sont penchés de très-très près sur les émissions de gaz à effet de serre des centrales nucléaires françaises actuelles. Avec une étude, publiée la semaine dernière, qui révèle (ou confirme pour les spécialistes) que le cas français est carrément extrême.

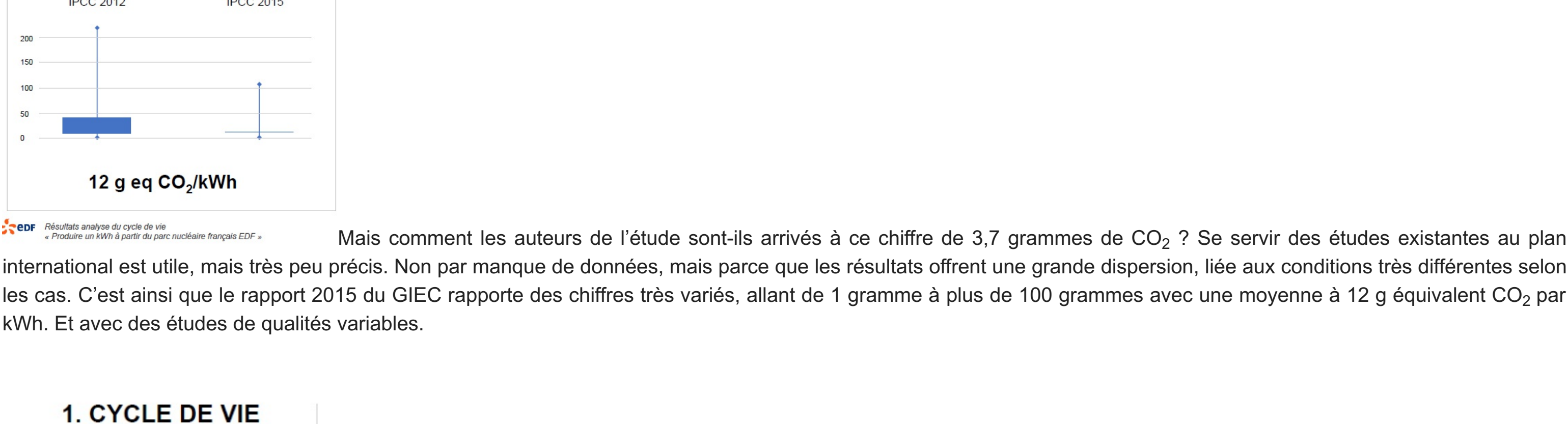
3,7 grammes exactement

Étape	G eq CO ₂ /kWh
Mines - traitement	1,3
Conversion	0,3
Enrichissement	0,4
Fabrication	0,1
Production - construction	0,6
Production - exploitation	0,3
Production - déconstruction	0,1
Traitement CU	0,5
Stockage déchets	0,1
TOTAL	3,7

Le résultat est particulièrement démonstratif du caractère climato-compatible de cette source d'électricité, puisqu'il affiche moins de 4 grammes d'équivalent CO₂ par kWh produit. Très exactement 3,7 grammes tous gaz à effet de serre confondus dans cette unité d'équivalent CO₂ qui permet de les compter ensemble (le chiffre pour le seul CO₂ émis tombe à 3,1 grammes).

Pourquoi démonstratif ? Tout simplement parce qu'il s'agit d'un chiffre parmi les plus bas possibles relativement à n'importe quel autre moyen de production d'électricité.

Selon la base carbone de l'ADEME, les émissions par kWh produit en France avec du gaz sont de 418 grammes, de 730 g avec du fioul, de 1060 g avec du charbon, de 6 g pour l'hydraulique, 15 g pour l'éolien en mer, 14 g pour l'éolien terrestre, 45 g pour la géothermie et 43 g pour les panneaux photovoltaïques s'ils sont fabriqués en Chine (ce qui est le cas), mais 32 g pour une fabrication en Europe et 25 g s'ils étaient fabriqués en France (... avec de l'électricité décarbonée majoritairement grâce au nucléaire). Cette base carbone affiche 6 g par kWh pour le nucléaire, les 3,7 g ne sont donc pas une surprise. Mais si l'ADEME prend le temps de vérifier que la qualité de cette nouvelle étude est meilleure que celle utilisée aujourd'hui, il sera utile de mettre à jour sa base de donnée.



Mais comment les auteurs de l'étude sont-ils arrivés à ce chiffre de 3,7 grammes de CO₂ ? Se servir des études existantes au plan international est utile, mais très peu précis. Non par manque de données, mais parce que les résultats offrent une grande dispersion, liées aux conditions très différentes selon les cas. C'est ainsi que le rapport 2015 du GIEC rapporte des chiffres très variés, allant de 1 gramme à plus de 100 grammes avec une moyenne à 12 g équivalent CO₂ par kWh. Et avec des études de qualités variables.

1. CYCLE DE VIE
(approche systémique : échelle produit)

Pour réaliser une étude dont les résultats ne puissent être contestés, les auteurs ont scrupuleusement suivi les méthodes standardisées de l'Analyse en cycle de vie d'un produit, dite ACV, encadrées par des normes ISO. À l'aide du logiciel Simapro d'ACV, lui aussi standard et non spécifique du nucléaire. Cette démarche très rigoureuse permet de s'assurer que l'on compte vraiment tout. Des mines d'uranium au futur enfouissement géologique des déchets les plus radioactifs, en passant par la fabrication des combustibles nucléaires, la construction des centrales (béton, acier, etc), leur exploitation, leur démantèlement et la gestion de tous leurs déchets. En comptant tous les gaz à effet de serre, et pas uniquement le CO₂.

Leur étude a été validée par un panel d'experts indépendants. Vraiment indépendants puisqu'il comprenait notamment l'économiste Alain Grandjean qui a clairement manifesté son opposition à un nouveau programme nucléaire en France. Et vraiment experts puisqu'il comportait Philippe Osset, le représentant de la France à l'ISO où il anime le groupe d'experts ACV au sein de la Commission de Normalisation Environnement et Changement Climatique. Ces experts ont pu travailler durant six mois sur l'étude et interagir avec ses auteurs afin qu'ils prennent en compte leurs critiques et remarques.

La constitution du Panel

Les experts ont été choisis pour leur complémentarité afin de constituer un panel approprié aux exigences d'ISO 14044 et ISO/TS 14071. Les experts ont travaillé de la façon la plus indépendante possible vis-à-vis d'EDF.

Philippe Osset et Delphine Baucht sont associés de Solimén et ont animé le panel. Ils possèdent une grande expertise de la pratique de l'ACV des filières énergétiques, et de l'animation de RC. Philippe Osset représente la France à l'ISO sur les problématiques d'ACV, et a notamment animé le groupe de travail qui a produit ISO/TS 14071

Alain Grandjean et Aurélien Schuller respectivement associé et manager au sein de Carbone 4, sont des experts de la comptabilité carbone appliquée à des entreprises ou à des produits, dans une logique de cycle de vie, et tout particulièrement dans le secteur de l'énergie.

Christophe Poinssot est Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique du BRGM. Il a précédemment travaillé durant 25 ans au CEA où outre ses responsabilités, il a développé une solide expertise dans le domaine du cycle électronucléaire (mines, traitement/recyclage, conditionnement, entreposage et stockage des déchets) le conduisant à être nommé Expert International CEA et Professeur INSTN dans le domaine du cycle. Il a notamment mené des études ACV sur l'empreinte environnementale du nucléaire actuel et futur.

Les membres du panel ne représentent pas leurs organisations. Ils ont agi en tant qu'experts indépendants.

Résultats analyse du cycle de vie
« Produire un kWh à partir du parc nucléaire français EDF »

Vraiment très bas

L'étude a examiné les émissions du parc d'EDF en prenant en compte tous les éléments passés et futurs et les a comparées à sa production de l'année 2019, une année « normale », sans événements type COVID qui aurait faussé la base de calcul en nombre de kWh produits. Puis rapportée à une durée d'exploitation calculée sur 40 ans. Parmi les résultats, il faut noter cette étude de sensibilité : si la durée d'exploitation des centrales passe de 40 à 60 ans, les émissions chutent encore, à 3,4 grammes par kWh produit.

Durée de fonctionnement	g eq CO ₂ /kWh
40 ans	3,7
60 ans	3,4

Tableau 38 : influence de la durée de fonctionnement

Le détail de ces 3,7 g ? Le plus gros poste est celui des mines et du traitement du minéral, avec 1,3 g. Le calcul prend en considération toutes des dépenses énergétiques, dont le diesel des engins et des camions utilisés pour le transport ou ceux liés aux déchets miniers.

Les 3 principales méthodes d'obtention de l'U3O8

Mines souterraines

Cigar Lake (Canada), Prigranovsky (Russie),...

Mines à ciel ouvert

Rössing & Husab (Namibie), Somair (Niger),...

Mines In Situ Leaching (ISL ou ISR)

Kazakhstan, Russie, Ouzbékistan, Etats-Unis,...

Les étapes finales du traitement pour l'obtention de concentrés U₃O₈ (octaoxyde de triuranium) sont communes aux différentes méthodes : purification, concentration, puis calcination.

36% mines souterraines + ciel ouvert

57% mines In Situ Leaching (ISL)

7% de mines produisant de l'uranium en sous-produit

Résultats analyse du cycle de vie
« Produire un kWh à partir du parc nucléaire français EDF »

Les différentes mines affichent des émissions assez différentes, beaucoup plus basses pour la technique ISL de dissolution du minéral en sous-sol. Aussi, les auteurs ont-ils utilisé la répartition suivante pour leur calcul, représentative de la moyenne des approvisionnements d'EDF :

	%	Ouvert	Souterraine	ISL
Australie	16	24	50	26
Canada	21	0	100	0
Namibie	10	100	0	0
Niger	17	63	37	0
Russie	18	0	47	53
Kazakhstan	18	0	0	100

Tableau 5 : Répartition des origines minières et répartition de la production par type de mines

Lecture : l'uranium utilisé par EDF provient pour 16% d'Australie et le minéral australien provient pour 24 % de mines à ciel ouvert, de 50% de mines souterraines et de 26% de lixiviation souterraine (ISL).

La transformation de l'uranium en gaz exige 0,3 g. L'enrichissement en isotope fissile (l'Uranium-235) 0,4 g. La fabrication du combustible 0,1 g. Il faut noter un très gros effet « serpent qui se mord la queue » pour ces trois postes. En effet, comme ces opérations sont réalisées en France, l'électricité utilisée par les usines étant décarbonée à plus de 90% (nucléaire, hydraulique, éolien, solaire), cela contribue fortement à faire baisser les émissions totales de gaz à effet de serre.

La construction des centrales nucléaires représente 0,6 g, pour l'essentiel provenant du béton et de l'acier utilisés :

Données de construction	Réacteur 900 MW	Réacteur 1350 MW	Réacteur 1450 MW
Béton (tonnes)	199 108	384 714	393 481
Acier de ferrailage (tonnes)	16 140	32 280	33 042
Acier équipement (tonnes)	17 194,5	25 620	25 104

Tableau 9 : principaux matériaux de construction

L'exploitation des centrales représente 0,3 g. L'essentiel des émissions de gaz à effet de serre liées à l'exploitation ne sont d'ailleurs pas du CO₂, mais le gaz SF₆, de l'hexafluorure de soufre, utilisé pour les postes à haute tension des centrales (nucléaires ou non d'ailleurs).

La déconstruction (une estimation puisqu'il s'agit d'une activité future) 0,1 g. Le traitement des combustibles usés (à l'usine de La Hague d'Orano) qui permet de séparer les déchets ultimes (produits de fission et actinides mineurs) des matières nucléaires réutilisables (uranium et plutonium) émet 0,5 g. Et enfin le stockage des déchets, lui aussi une estimation pour ce qui concerne le projet CIGEO de l'ANDRA pour les déchets de Haute Activité et à Vie Longue (HAVL), 0,1 g.

Production 28%

Amont combustible 21%

Amont mines 36%

Aval 15%

Exploitation 8%

Construction autres 5%

Construction ciment 6%

Construction acier 3%

Construction fer 2%

Déconstruction 3%

EDF Résultats analyse du cycle de vie « Produire un kWh à partir du parc nucléaire français EDF »

Ce graphique résume les origines des émissions de gaz à effet de serre de la production d'électricité nucléaire par le parc de centrales d'EDF. La production elle-même compte pour 28% du total. L'approvisionnement en matières nucléaires, (Amont mines) la fabrication des combustibles (amont combustible) et le traitement des combustibles usés et des déchets (aval) est majoritaire.

Savoir si électro-nucléaire est climato-compatible est décisif puisque si ce n'était pas le cas, et que le nucléaire soit donc une électricité ne serait-ce que moyennement carbonée, il ne pourrait pas jouer un rôle important dans la décarbonation de l'électricité. Or, cette décarbonation est jugée indispensable à l'atteinte des objectifs climatiques de la Convention Climat de l'ONU. Et à un niveau de 80 à 90%, par les scénarios socio-économiques et technologiques cités par le dernier rapport du groupe-3 du GIEC (le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) qui parviennent à ne pas dépasser les 2°C de réchauffement à la fin du XXIème siècle relativement au début du XXème siècle.

Méconnaissance massive

Ce sujet est, curieusement, très mal connu des Français. La 22ème enquête annuelle de l'ADEME sur les représentations sociales du changement climatique conduite en 2021 le confirmait une nouvelle fois. Pas moins de 53% des répondants sont persuadés que les centrales nucléaires font partie des secteurs responsables du réchauffement climatique par l'émission (de « beaucoup » ou « assez » de gaz à effet de serre par opposition à « peu » et « pas du tout »).

REPUBLIQUE FRANÇAISE

ADEME

2. Les causes de l'effet de serre / du réchauffement climatique

Q18. Pour chacune des activités que je vais vous citer, dites-moi si, d'après ce que vous savez, elle émet beaucoup, assez, peu ou pas du tout de gaz à effet de serre.

Ensemble des Français 1560 répondants

Evolution depuis 2020

Activité	Beaucoup	Assez	Peu	Pas du tout	NSP	Evolution
Les activités industrielles	61%	29%	7%	2%	1%	90%
Les centrales de production d'électricité au gaz, au charbon ou au fuel	55%	35%	8%	1%	1%	=
La destruction des forêts	56%	30%	12%	3%	1%	86%
Les bâtiments (chauffage, éclairage, climatisation, électroménager...)	46%	39%	12%	2%	1%	-3
Le numérique (consommation des appareils type téléphone, ordinateurs, des serveurs ou des réseaux)	35%	48%	14%	2%	1%	-4
Les bombes aérosols	36%	44%	16%	3%	1%	80%
Le traitement des déchets	38%	41%	16%	3%	2%	79%
L'agriculture (cultures et élevages)	27%	49%	20%	3%	1%	-5
L'activité volcanique	25%	48%	22%	4%	1%	+3
Les centrales nucléaires	18%	36%	36%	7%	3%	54%
	26%	27%	31%	15%	1%	-2

Beaucoup Assez Peu Pas du tout NSP

Direction Exécutive, Prospective, Recherche

51

21/10/2021

Ce chiffre monte à 67% chez les femmes, 66% chez les 15/24 ans, 72% chez les 25/34 ans... et 68% chez les sympathisants des mouvements écologistes qui se piquent pourtant d'être des connaisseurs, voire des spécialistes, du climat et de l'énergie et affichent là un score piteux, particulièrement révélateur du biais psychologique très répandu « je pense vrai ce que j'ai envie de croire ».

REPUBLIQUE FRANÇAISE

ADEME

2. Les causes de l'effet de serre / du réchauffement climatique

Q18. Pour chacune des activités que je vais vous citer, dites-moi si, d'après ce que vous savez, elle émet beaucoup, assez, peu ou pas du tout de gaz à effet de serre.

Ensemble des Français 1560 répondants

	% Emet	Score		Âge						Catégorie socio-professionnelle			Symptôme pour les mouvements écologistes			
		Homme	Femme	15-24 ans	25-34 ans	35-49 ans	50-64 ans	65 ans et plus	CSP*	CSP-	Inactif	Beaucoup	Assez	Peu ou pas	Pas du tout	
Les activités industrielles	90%	89%	91%	92%	83%	87%	93%	94%	87%	88%	93%	95%	91%	89%	86%	
Les centrales de production d'électricité au gaz, au charbon ou au fuel	90%	89%	89%	91%	87%	88%	90%	92%	87%	89%	93%	94%	92%	88%	84%	
La destruction des forêts	86%	88%	85%	85%	74%	84%	89%	94%	81%	86%	92%	93%	87%	86%	83%	
Les transports	85%	88%	85%	83%	78%	85%	85%	92%	84%	83%	89%	90%	88%	85%	77%	
Les bâtiments (chauffage, éclairage, climatisation, électroménager...)	83%	82%	84%	85%	72%	81%	86%	83%	81%	83%	85%	86%	85%	84%	74%	
Le numérique (consommation des appareils type téléphone, ordinateurs, des serveurs ou des réseaux)	80%	78%	81%	84%	79%	79%	78%	81%	79%	78%	82%	81%	85%	80%	69%	
Les bombes aérosols	79%	73%	85%	83%	79%	75%	78%	85%	75%	80%	84%	87%	85%	75%	70%	
Le traitement des déchets	76%	74%	77%	81%	77%	74%	77%	71%	77%	76%	74%	86%	80%	72%	68%	
L'agriculture (cultures et élevages)	73%	74%	72%	74%	71%	68%	72%	79%	71%	70%	77%	81%	73%	74%	64%	
L'activité volcanique	54%	53%	55%	62%	55%	49%	50%	59%	55%	54%	55%	61%	54%	53%	54%	
Les centrales nucléaires	53%	38%	67%	66%	72%	56%	47%	33%	55%	63%	43%	68%	59%	49%	35%	

Direction Exécutive, Prospective, Recherche

53

21/10/2021

D'autres enquêtes antérieures ont découvert des réactions similaires. Avec des chiffres qui varient en fonction de la question exacte posée, mais beaucoup trop convergents pour qu'il y ait le moindre doute sur cette méconnaissance massive.

L'étude très rigoureuse et détaillée des ingénieurs d'EDF va t-elle modifier la donne ? Sa forme initiale n'est pas du tout conçue pour un usage en direction des citoyens et du grand public, comme l'ont souligné les experts indépendants qui ont validé la méthode utilisée et les résultats obtenus. Son objet essentiel était de permettre à l'entreprise de connaître avec plus de précision où se trouvent les émissions de gaz à effet de serre substantiels et comment les réduire encore. C'est ainsi que des actions ont été conduites pour diminuer les fuites de gaz SF₆ des postes de haute tension.

Toutefois, son résultat d'ensemble est spectaculairement opposé à la méconnaissance massive des populations, des citoyens (voire d'élus et de responsables politiques) et notamment de ceux qui s'inquiètent des changements climatiques. Il serait donc souhaitable, pour que le débat public sur la politique climatique et l'énergie soit de meilleure qualité, que ce résultat soit partagé largement, en particulier par la presse et les réseaux sociaux.

Sylvestre Huet

Partager

SCIENCE

Les rubriques du Monde.fr

Les services du Monde

Sur le web

Les sites du Groupe

Partenaires Le Monde

Suivez-nous



Index actualités



Journal d'information en ligne, Le Monde.fr offre à ses visiteurs un panorama complet de l'actualité. Découvrez chaque jour toute l'info en direct (de la politique à l'économie en passant par le sport et la météo) sur Le Monde.fr, le site de news leader de la presse française en ligne.