

# LE PROBLÈME NUCLÉAIRE

UNE ÉNERGIE SALE, DANGEREUSE,  
CHÈRE ET OPAQUE



ÉDITIONS ÉTOPIA



# LE PROBLÈME NUCLÉAIRE

---

UNE ÉNERGIE SALE, DANGEREUSE,  
CHÈRE ET OPAQUE



**etopia**

centre d'animation et de recherche en écologie politique

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Introduction: Ni déchets nucléaires, ni gaz à effet de serre</b>	07
Une vision écologiste de l'usage de l'énergie	13
 <b>Partie I. Le contexte : un bouleversement énergétique</b>	 15
1. Une transition inéluctable	17
2. L'urgence climatique	21
3. Le miroir déformant de la Belgique et de ses voisins	25
4. La production nucléaire à sa place réelle	29
 <b>Partie II. Les problèmes avec le nucléaire</b>	 33
<u>Problème n°1. Le nucléaire est (très) sale</u>	35
1.1. Le problème toujours non résolu des déchets radioactifs	36
1.2. Enterrer les déchets ?	39
1.3. « Poubelle nucléaire » : le projet CIGEO à Bure	41
1.4. Des déchets pendant plus de 1000 siècles...	42
1.5. La transmutation : graal ou illusion ?	47
 <u>Problème n°2. Le nucléaire est dangereux</u>	 49
2.1. Risques d'accidents	51
2.2. Risques en cas de guerre ou d'attentat terroriste	55
2.3. Risques de prolifération	58
2.4. Une technologie indissociable de son usage militaire, dans un contexte de guerre aux portes de l'Europe	61
2.5. Le nucléaire est vulnérable aux changements climatiques	62
2.6. Les inondations en Wallonie en juillet 2021	63
 <u>Problème n°3. L'industrie nucléaire n'est pas neutre en gaz à effet de serre (GES)</u>	 65
3.1. La production de GES du nucléaire	65
3.2. La fermeture de centrales nucléaires belges fera-t-elle exploser nos émissions de GES ?	70
3.3. Les émissions de GES dans l'UE sont plafonnées	71

<u>Problème n°4. Le nucléaire coûte très cher</u>	75
4.1. De nouveaux réacteurs atomiques impayables	75
4.2. Un coût de prolongation très élevé	76
4.3. Un coût de démantèlement sous-estimé	77
4.4. Un coût de gestion des déchets radioactifs incalculable et qui ne cesse de croître...	77
4.5. Le coût pharaonique des accidents et l'inassurabilité du nucléaire	78
 <u>Problème n°5. L'Allemagne remplace-t-elle le nucléaire par du renouvelable et diminue-t-elle aussi ses émissions de GES ?</u>	 83
 <u>Problème n°6. Le nucléaire nous rend énergétiquement dépendant d'autres pays</u>	 89
6.1. Une indépendance toute relative	89
6.2. Une dépendance vis-à-vis de la Russie	90
6.3. La face cachée de l'exploitation de l'uranium	92
6.4. La sécurité d'approvisionnement	93
6.5. Vers une augmentation des importations d'électricité ?	94
 <u>Problème n°7. Le nucléaire ralentit le développement des énergies renouvelables</u>	 97
 <u>Problème n°8. Le secteur du nucléaire est opaque et peu démocratique</u>	 101
8.1. La production de l'ignorance	101
8.2. Les citoyens restent sans voix	102
8.3. Une transparence très relative	103
8.4. Les bénéfices pour le privé, les risques pour la collectivité	103
 <u>Problème n°9. Les futures centrales poseront tout autant de problèmes que les actuelles</u>	 107
9.1. La fin des PWR	107
9.2. Et les centrales de troisième génération (EPR) ?	108
9.3. Des futurs petits réacteurs atomiques SMR ?	111
9.4. Et la fusion ?	113
9.5. Les dépenses liées à ITER ?	114
9.6. Les grands travaux inutiles ?	114
 <b>Contre-point : le 100% renouvelable est possible</b>	 119





Introduction

NI  
DÉCHETS NUCLÉAIRES,  
NI  
GAZ À EFFET DE SERRE





A l'heure d'écrire ces lignes, la guerre en Ukraine dure depuis près d'un an. Après l'occupation pendant plusieurs semaines de la centrale de Tchernobyl par l'armée russe, c'est la centrale nucléaire de Zaporijia qui est au cœur de toutes les préoccupations internationales. La plus grande centrale nucléaire d'Europe est occupée par l'armée russe et la cible de bombardements plus ou moins rapprochés. Les conséquences potentielles de telles frappes dépassent l'imagination.

En 2022, en France, jusqu'à 32 des 56 réacteurs nucléaires français ont été à l'arrêt, pour des opérations de maintenance programmées ou, plus problématique, pour douze d'entre eux, des problèmes imprévus de corrosion. Ceci entraînant une tension inédite dans l'approvisionnement électrique français.

Cette situation chez nos voisins fait suite à un été de canicule où certaines centrales nucléaires ont été contraintes de réduire leur production en raison des températures trop élevées des cours d'eau utilisés pour leur refroidissement.

En Europe, les centrales nucléaires de troisième génération (EPR), sensées être l'avenir de la filière, en construction en Angleterre, en France, en Finlande, font toutes état de très importants retards et de surcoûts colossaux (le prix est passé de 3 à 19 milliards d'euros<sup>1</sup> pour le futur EPR de Flamanville, dont la fin de la construction était prévue en... 2012).

Partout dans le monde le parc nucléaire est vieillissant, et les centrales atomiques en chantier sont très loin de pouvoir assurer le renouvellement de celles dont les fermetures sont prévues dans les années à venir. Le nucléaire, source de trop nombreux problèmes, est une énergie en déclin.

En Belgique, le gouvernement fédéral vient de conclure de longues négociations avec l'exploitant français de ses centrales pour prolonger la durée de fonctionnement des deux réacteurs les moins vieux de son parc. La difficulté de ces négociations montre combien, entre l'intérêt d'une production électrique bas carbone avec des réacteurs amortis et les enjeux économiques, sécuritaires et techniques, les débats sont bien plus

---

<sup>1</sup> Estimation : Cour des Comptes de la République française.

complexes qu'ils n'en ont l'air. Car si dans le contexte d'urgence climatique, de guerre en Ukraine et de crise des prix énergétiques, la prolongation des centrales au-delà des échéances prévues peut sembler logique et utile, elle ne peut être envisagée sans d'importants investissements, ni sans procédures environnementales et sécuritaires logiquement très exigeantes. Il n'est en aucun cas possible, ni techniquement, ni légalement, de simplement « laisser tourner » nos vieux réacteurs. Pour ceux-ci, comme pour d'éventuels nouveaux projets, il s'agit donc de choix politiques, économiques et éthiques sensibles et importants.

Bien sur, il existe des arguments légitimes favorables à la prolongation, voire au développement d'une (nouvelle) industrie nucléaire. Certains sont fondés – parfois de façon assez opportuniste, voire cynique – sur des arguments liés au défi climatique, d'autres s'ancrent dans une idéologie imprégnée d'une confiance totale dans les solutions technologiques industrielles. Mais, si ceux-ci sont audibles et respectables, ils ne peuvent se décliner sans intégrer les difficultés, dangers et limites de cette industrie. Penser et décider de notre avenir énergétique, ne peut se faire sans prendre conscience des différentes dimensions du « problème nucléaire » que nous souhaitons rappeler sommairement ici, convaincu *a contrario* que développer une trajectoire vers le 100 % renouvelable est un horizon accessible.

En 2003, le Parlement fédéral belge votait la loi de sortie du nucléaire. Elle décidait alors la mise hors service des réacteurs situés sur notre territoire après 40 années de fonctionnement, c'est-à-dire entre 2015 et 2025, et prévoyait donc 12 ans pour compenser l'arrêt des premiers réacteurs. En 2013 et 2015, la durée de fonctionnement de certains réacteurs a été prolongée en portant l'échéance de fermeture définitive à 2025. Et en 2022, suite à la crise énergétique déclenchée par la guerre en Ukraine, le gouvernement fédéral décidait d'entamer de nouvelles discussions avec Engie, pour envisager la prolongation des deux réacteurs les moins anciens pour une durée de dix ans.

Les écologistes ont toujours eu dans leur logiciel politique la sécurité, la bonne gouvernance, la transparence, la démocratie et l'éthique. Et dans ces domaines, l'énergie atomique est systématiquement le plus mauvais élève de la classe.

Malheureusement, les hésitations et tergiversations politiques depuis 2003 ont empêché le développement d'une stratégie de transition et verrouillé les investissements dans des sources d'énergie alternatives et dans l'efficacité énergétique. Pendant plus de 15 ans, la sortie du nucléaire n'a pas été préparée. Entretemps l'enjeu climatique est devenu plus crucial que jamais. La prise de conscience de plus en plus large de la nécessité de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> pour lutter contre les dérèglements climatiques est indiscutable et les campagnes médiatiques bien orchestrées du lobby nucléaire influencent une partie de l'opinion en faveur de cette source d'énergie.

Dans ce contexte, les arguments défavorables au nucléaire sont-ils toujours pertinents et les propositions alternatives écologistes opportunes ? Sommes-nous capables d'apporter une réponse qui respecte la double contrainte fondamentale pour les écologistes : lutter contre l'effet de serre sans avoir recours au nucléaire ? La réponse reste un double « oui » sans équivoque : oui, les arguments écologistes contre le nucléaire ont gardé leur pertinence ; oui, la Belgique peut respecter ses engagements climatiques et aller au-delà sans dépendre indéfiniment du nucléaire et des monceaux de problèmes que cette énergie génère à court, moyen et très long terme.

Ni peste, ni choléra : relever le défi climatique en se passant du nucléaire est possible et même souhaitable, c'est même le meilleur choix pour un avenir sûr, durable et permettant une autonomie énergétique au niveau européen.

Patrick Dupriez et Claudine Drion,  
Co-présidents d'Etopia  
Février 2023





## Une vision écologiste de l'usage de l'énergie

*« L'objectif des écologistes est une société autonome en énergie qui utilise exclusivement des énergies renouvelables. Respectant l'environnement et le climat, elle comptera de nombreux emplois durables grâce à une utilisation plus intelligente et décentralisée des ressources disponibles.*

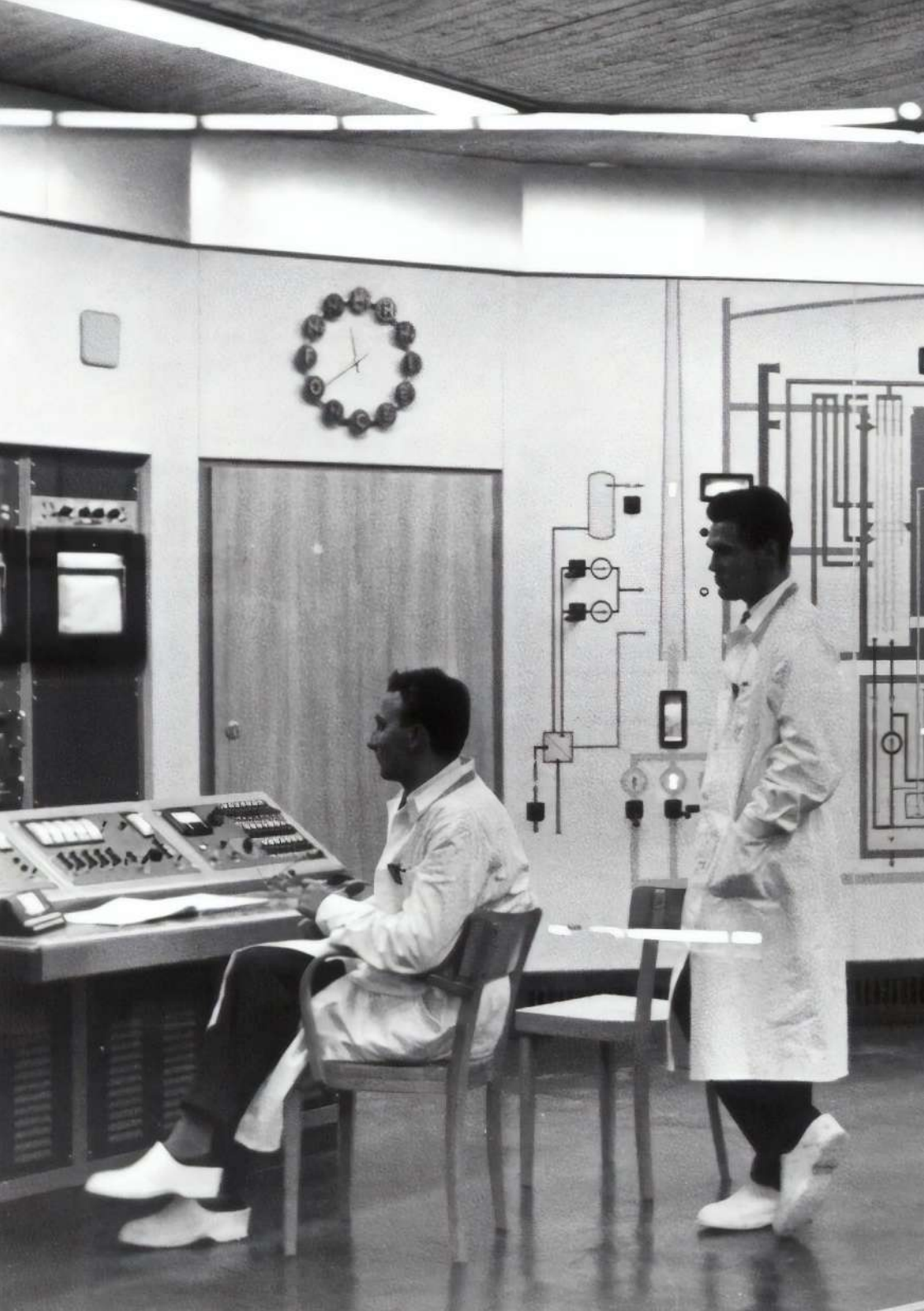
*Produire sa propre énergie, seul ou collectivement, dans son quartier, dans son village ou son bassin de vie ; habiter un logement très bien isolé et bon marché à chauffer ; se déplacer proprement, moins bruyamment, avec des motorisations 100% renouvelables performantes développées par les industriels européens : tout cela ne doit pas rester des mythes inaccessibles.*

*Les habitants, les pouvoirs publics, les agriculteurs et les PME, branchés sur des réseaux intelligents, gèreront les installations de production renouvelables décentralisées qu'ils auront choisi d'installer sur leur territoire, en combinant intelligemment solaire thermique et photovoltaïque, éolien, géothermie, biomasse, hydroélectricité et stockage d'énergie, en fonction des qualités de leur terroir.*

*Ils mettront aussi en œuvre des mesures d'isolation des bâtiments, de sobriété et de lutte contre le gaspillage d'énergie.*

*A leurs côtés, subsisteront de plus grosses unités de production gérées par des entreprises spécialisées qui assureront des besoins industriels. Les réseaux de transports seront dédiés aux échanges énergétiques renouvelables entre bassins de vie et entre grands bassins européens renouvelables pour répondre à la fluctuation de certaines sources de production.»*

*(Terre, Mer, Soleil, J.-M. Nollet & J. Vandeburie, Etopia 2019)*



Partie I

**LE CONTEXTE :  
UN BOULEVERSEMENT  
ÉNERGÉTIQUE**





# 1. UNE TRANSITION INÉLUCTABLE

---

## En résumé

❖ *Aucun réacteur nucléaire ne peut fonctionner indéfiniment. Les centrales belges sont âgées et devront de toute façon fermer à court ou moyen terme.*

Le système électrique belge est vétuste et centralisé. Il arrive aujourd'hui en fin de vie et nécessite des investissements massifs de modernisation en matière de capacité de production et en réorganisation du réseau. Ces investissements sont urgents et indispensables. Dès lors, la question posée est de savoir vers où nous souhaitons aller, de quoi devra être fait notre parc de production électrique et notre réseau de distribution pour les décennies à venir. La question n'est pas de savoir s'il faut investir ou non mais quels sont les investissements à la fois les moins coûteux financièrement et les plus efficaces socialement, environnementalement, en matière d'emplois... bref, les plus souhaitables pour l'avenir de notre pays et des générations futures.

Le parc nucléaire belge est historiquement composé de 7 réacteurs répartis sur deux sites : Doel (4 réacteurs) et Tihange (3 réacteurs), dont les dates de mise en service et les puissances approximatives respectives sont les suivantes :

Doel 1 (1975) - 445 MWe  
Doel 2 (1975) - 445 MWe  
Doel 3 (1982) - 1006 MWe  
Doel 4 (1985) - 1038 MWe  
Tihange 1 (1975) - 962 MWe  
Tihange 2 (1982) - 1008 MWe  
Tihange 3 (1985) - 1038 MWe

Ces centrales sont donc relativement âgées. Initialement conçues pour une durée de fonctionnement de trente ans, elles ont déjà été prolongées de dix ans mais ne peuvent l'être indéfiniment. Certaines pièces sont d'ailleurs impossibles à remplacer (le cœur du réacteur, soumis constamment à des bombardements de particules, notamment). La fermeture des centrales mises en marche entre 1975 et 1985 est donc inéluctable : avant 2026, les 5 plus vieux réacteurs seront arrêtés et progressivement démantelés. Doel 3 est le premier réacteur qui a entamé ce processus le vendredi 23 septembre 2022.







## 2. L'URGENCE CLIMATIQUE

---

Le réchauffement climatique est LE défi mondial auquel doit faire face l'ensemble de nos sociétés. Il nous oblige à repenser notre rapport au monde en profondeur, dans de nombreux domaines de notre organisation collective et de notre vie quotidienne. La production d'électricité en est un parmi beaucoup d'autres : mobilité, logement, industries, alimentation, agriculture, déforestation, protection des océans... sont autant de domaines dans lesquels les changements sont aujourd'hui nécessaires pour assurer une diminution massive de nos émissions de gaz à effet de serre (GES).<sup>1</sup>

La production d'électricité ne représente qu'une partie des émissions de gaz à effet de serre. En Belgique, leurs émissions totales (hors occupation des sols) représentent 115,55 MT d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2019<sup>2</sup>. La **production d'électricité** y pèse 20 MT/an<sup>3</sup>, c'est à dire **approximativement 17,5% des émissions**. A titre de comparaison, le secteur agricole a émis en 2020 11% des GES, et le transport routier 20%<sup>4-5</sup>. Chaque pour cent de réduction compte mais le défi climatique en Belgique dépasse donc très largement la question nucléaire. Nos champs de réductions d'émission de GES sont vastes : isolation des bâtiments, mobilité, agriculture, alimentation, industrie lourde, consommation... Une partie de ces réductions viendra en outre d'une amélioration de l'efficacité énergétique grâce à davantage d'électrification. Il importe donc d'élaborer une stratégie de transition spécifique vers une production et un système électrique renouvelable.

---

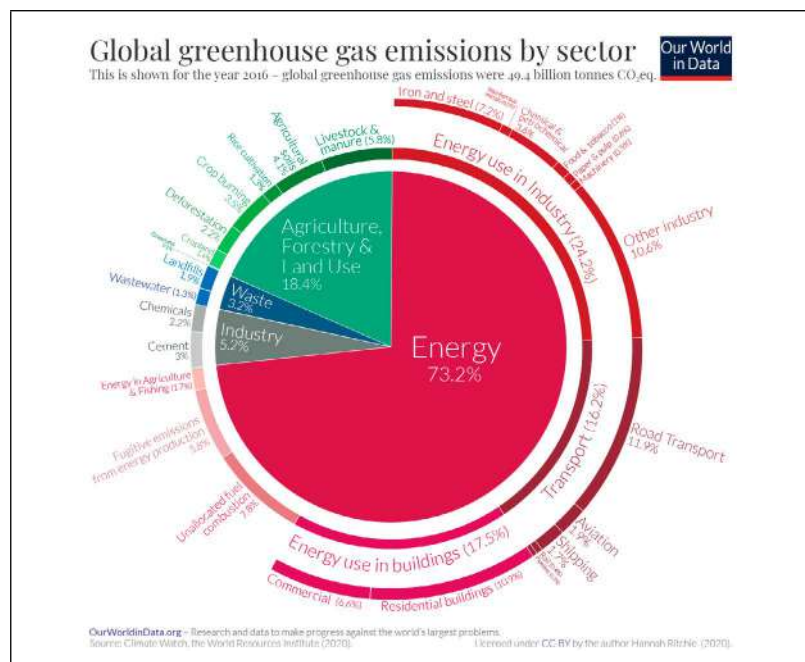
1 <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

2 [https://indicators.be/fr/i/G13\\_GHG/Émissions\\_de\\_gaz\\_à\\_effet\\_de\\_serre](https://indicators.be/fr/i/G13_GHG/Émissions_de_gaz_à_effet_de_serre)

3 <https://climat.be/doc/trends2022-03-tableau-secteurs.pdf>

4 EU Energy statistical Datasheet, 2020.

5 <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/emissions-des-gaz-a-effet-de-serre/emissions-par-secteur>







### 3. LE MIROIR DÉFORMANT DE LA BELGIQUE ET DE SES VOISINS

---

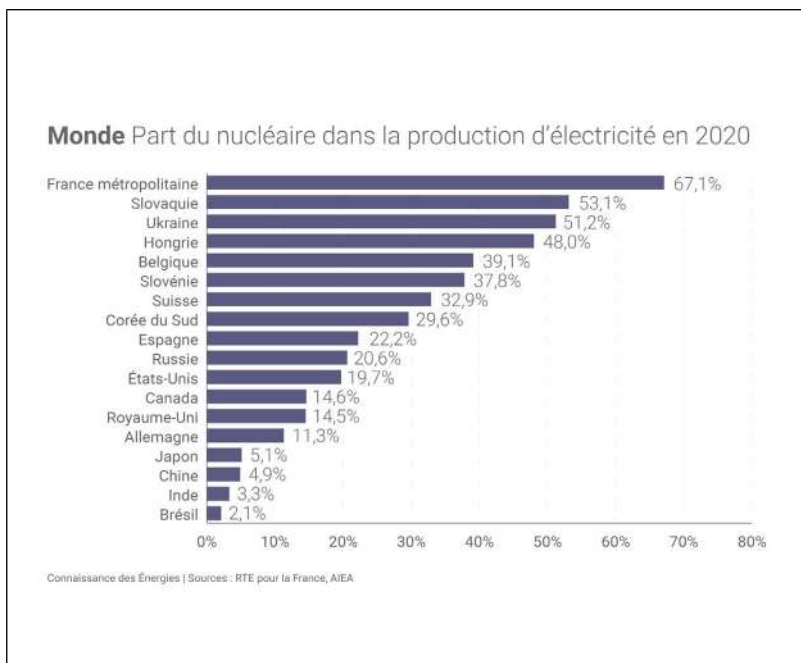
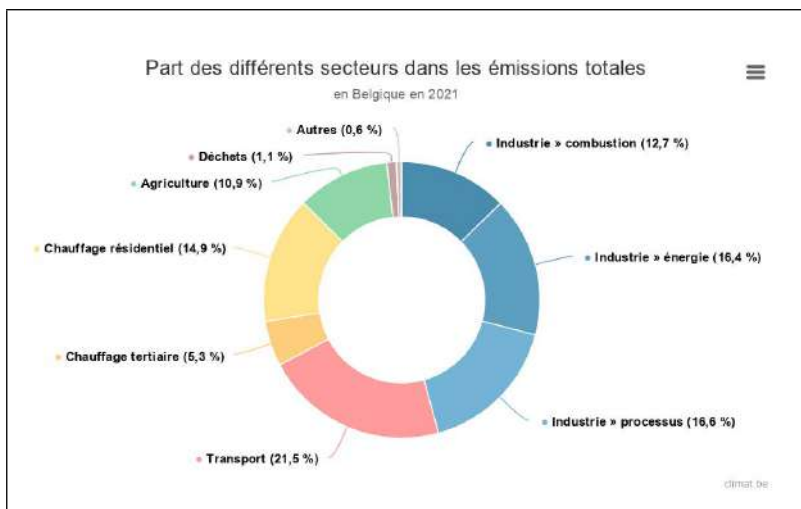
#### En résumé

❖ *La majorité des pays développés fonctionnent sans nucléaire et la plupart des pays nucléarisés le sont de façon marginale dans leur mix électrique. Aujourd'hui, dans le monde et en Europe, les sources renouvelables produisent plus d'énergie que le nucléaire.*

Depuis un demi-siècle, la Belgique et ses voisins directs que sont la France et l'Allemagne ont compté sur l'énergie nucléaire comme élément central de production d'électricité (52% pour la Belgique, 75% pour la France, 23% pour l'Allemagne en moyenne depuis 1985)<sup>1</sup>. Cette réalité géographique ne peut nous faire oublier que la plupart des pays dans le monde vivent sans ou avec une part de nucléaire très faible dans leur mix électrique. Ainsi, par exemple, des pays comme la Nouvelle-Zélande, l'Autriche, l'Irlande, l'Italie, la Norvège, le Cambodge, l'Australie, le Costa-Rica sont des pays développés qui n'ont jamais fait appel à l'électricité nucléaire. Et la plupart des pays nucléarisés le sont pour une part marginale dans leur production électrique. Actuellement, les trois-quarts de l'électricité d'origine nucléaire mondiale sont produits dans six pays à peine : Etats-Unis, France, Japon, Allemagne, Russie et Corée du Sud. Contrairement à une perception très localisée géographiquement chez nous, le nucléaire est une manière tout à fait minoritaire de produire de l'électricité dans le monde : **environ 10 % de la production d'électricité et 4.3% de la production d'énergie mondiale**. Cette proportion est désormais inférieure à celle des énergies renouvelables, qui représentent 26% du mix d'électricité et 12,6% de l'énergie mondiale produite.<sup>2</sup>

1 Production nucléaire / production d'électricité. En moyenne depuis 1985. BP Stats Review, 2021. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

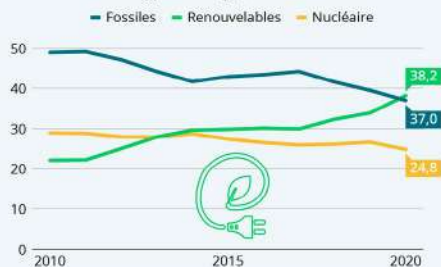
2 BP Statistical Review of world energy 2021, page 12 et page 64. <https://ourworldindata.org/electricity-mix>





## Les énergies renouvelables ont le vent en poupe en Europe

Part de l'électricité produite dans l'UE-27 selon le type d'énergie, en %



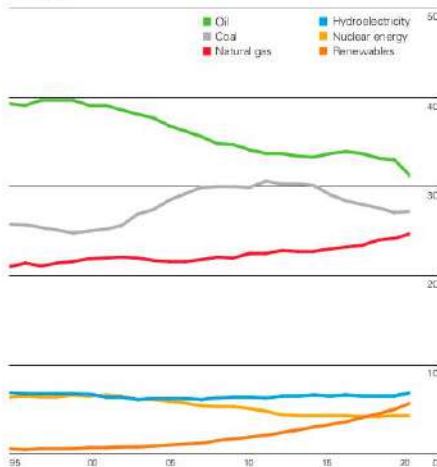
Source : Ember



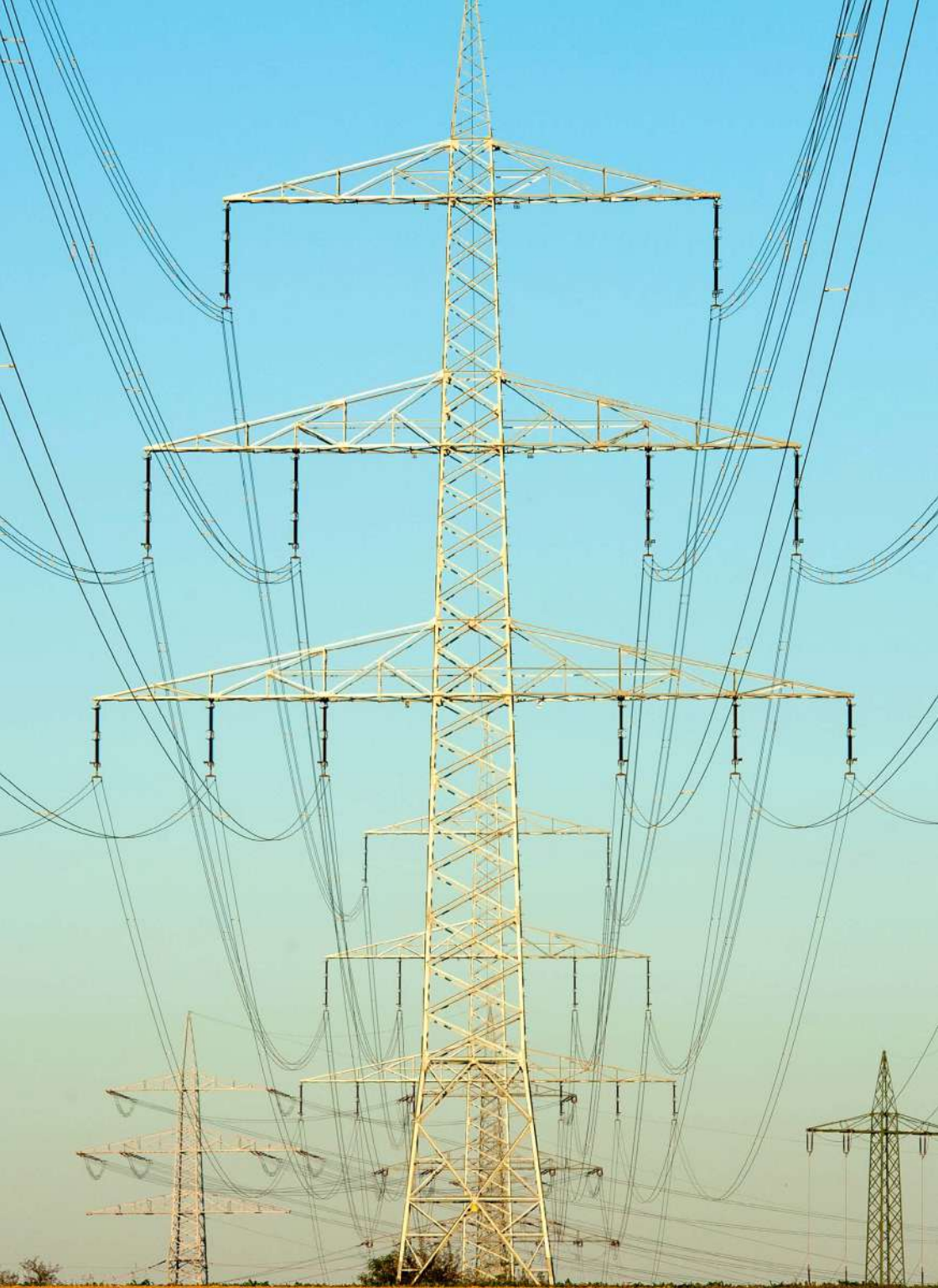
statista

## Shares of global primary energy

Percentage



Oil continues to hold the largest share of the energy mix (31.2%). Coal is the second largest fuel in 2020, accounting for 27.2% of total primary energy consumption, a slight increase from 27.1% in the previous year. The share of both natural gas and renewables rose to record highs of 24.7% and 5.7% respectively. Renewables has now overtaken nuclear which makes up only 4.3% of the energy mix. Hydro's share of energy increased by 0.4 percentage points last year to 6.9%, the first increase since 2014.



## 4. LA PRODUCTION NUCLÉAIRE À SA PLACE RÉELLE

---

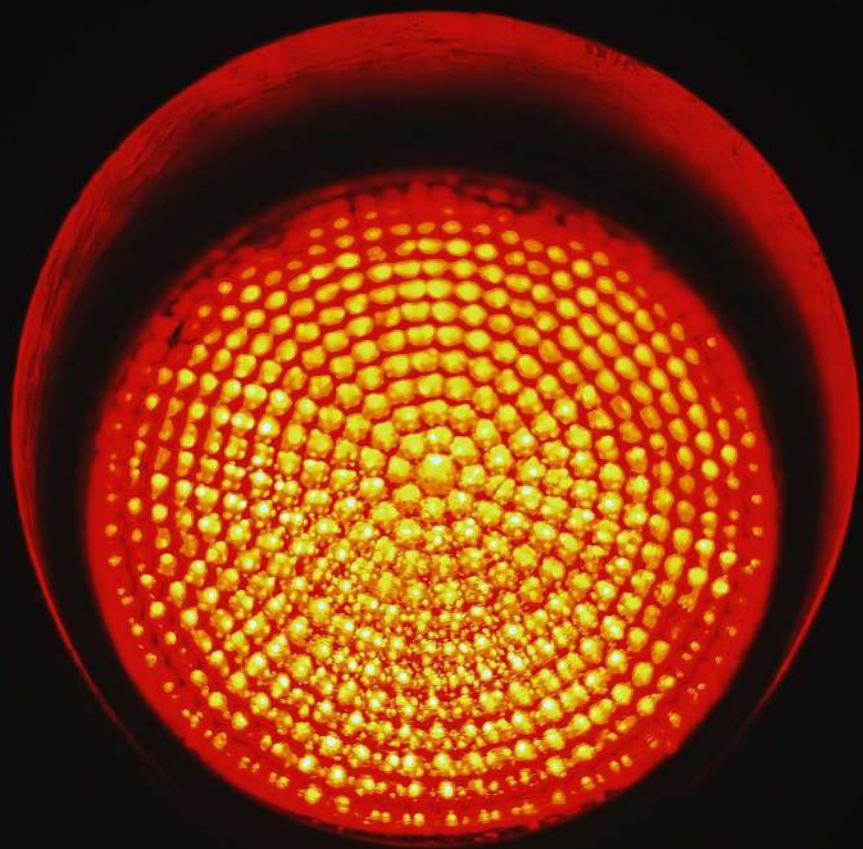
Notre pays compte sept réacteurs nucléaires (trois à Tihange et quatre à Doel), pour une puissance totale de 5.712 MW. En termes de capacité de production, ces sept réacteurs représentent un tiers de la capacité totale des centrales électriques belges. Mais, comme les centrales nucléaires sont peu pilotables et ne peuvent que difficilement être arrêtées, elles fonctionnent en permanence, même quand le besoin d'électricité est faible, et ont donc produit un peu plus de la moitié de notre électricité en 2021.

*Grosso modo* entre 40% et 50% de la production électrique belge actuelle est d'origine nucléaire (39% en 2020). Mais le secteur de l'électricité ne représente qu'une partie de l'énergie consommée (18% en 2020) et des émissions de GES qui y sont liées. Ramené à notre consommation totale finale d'énergie, le nucléaire pèse alors un peu moins de 10% de l'énergie consommée en Belgique.

Le réacteur de Doel 3 a été arrêté définitivement le 23 septembre 2022 et la fermeture de 5 des 7 réacteurs belges est prévue d'ici 2026. Quoi que très coûteuse, la prolongation pour 10 années supplémentaires de 2 GW à Tihange 3 et Doel 4 est désormais prévue. **Ces deux réacteurs produisent approximativement 3% de l'énergie finale consommée en Belgique** (14.5 TWh sur 462 TWh). Même si chaque TWh compte, le moins qu'on puisse dire, est qu'il ne s'agit pas là de la baguette magique que certains agitent pour atteindre nos objectifs climatiques. Encore faudra-t-il décarboner les 97% restants de consommation énergétique, dans l'industrie pétro-chimique, l'agriculture et l'élevage intensif, le transport, le bâti...

Au niveau mondial, le nucléaire est également une source d'énergie marginale. Il représente 10% de la production d'électricité et couvre environ 4% de la consommation finale d'énergie. Il faut par conséquent éviter de tomber dans le piège d'un débat trop strictement focalisé sur le nucléaire alors que l'avenir énergétique du pays et du monde pose des questions bien plus larges et plus fondamentales, auxquelles le nucléaire est totalement incapable d'apporter réponse : la sortie nécessaire des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz), les perspectives intenable de croissance de la consommation d'énergie ou l'insuffisance radicale des mesures internationales actuelles contre le réchauffement du climat.







## Partie II

# LES PROBLÈMES AVEC LE NUCLÉAIRE

Une énergie devenue impayable, très polluante  
et toujours dangereuse.



## PROBLÈME N°1

### LE NUCLÉAIRE EST (TRÈS) SALE

---

#### En résumé

❖ L'industrie nucléaire produit des déchets particulièrement dangereux, avec une durée de grande dangerosité de dizaines voire centaines de milliers d'années.

❖ A ce jour il n'existe aucune solution pour ces déchets qui s'amoncellent jour après jour. L'industrie nucléaire laissera un héritage très lourd aux (milliers de) générations futures.

❖ Le nucléaire ne remplit aucun des critères pour pouvoir être considéré comme propre ou renouvelable.

« L'énergie nucléaire a l'avantage de produire peu de gaz à effet de serre, mais elle dépend d'importations d'uranium. Or la transformation de ce métal en combustible n'est pas sans conséquences lourdes sur l'environnement. »<sup>1</sup>

Pour qu'un moyen de production d'énergie soit considéré comme propre, renouvelable, vert, il faut pourtant qu'il rassemble certaines conditions : ne pas avoir d'impact lourd sur l'environnement, ne pas épuiser les ressources de la planète, ne pas comporter de risques pour la santé des êtres vivants. Le nucléaire ne remplit aucun de ces critères.

Il dépend d'une ressource limitée, l'uranium. Il a un impact environnemental élevé, que ce soit lors de l'extraction d'uranium (pour un à quatre kilos

---

<sup>1</sup> [www.franceculture.fr/ecologie-et-environnement/le-nucleaire-est-il-une-energie-verte](http://www.franceculture.fr/ecologie-et-environnement/le-nucleaire-est-il-une-energie-verte)

d'uranium<sup>2</sup> il faut extraire une tonne de minerai<sup>3</sup>), ou lors de la construction et du démantèlement d'une centrale (dans certains cas plus longue que sa phase d'exploitation), du retraitement et du stockage des déchets radioactifs sur plus de 200 000 ans... Enfin, il comporte des risques très élevés sur la santé des êtres vivants. Le nucléaire ne peut donc en aucun cas être considéré comme une énergie propre.

Parce qu'elle n'émet que peu de GES les défenseurs de la production d'électricité nucléaire présentent celle-ci comme une énergie particulièrement propre. Certains même n'hésitent pas à la mettre en concurrence avec les énergies vertes et renouvelables. Il n'en est donc rien.

## 1.1. Le problème toujours non résolu des déchets radioactifs

Imaginez qu'un architecte ait dessiné puis construit votre maison sans prévoir d'évacuation pour les eaux sales ? C'est un peu la métaphore de notre industrie nucléaire... **Les déchets constituent l'un des aspects les plus problématiques de l'énergie nucléaire.** Des déchets radioactifs sont produits lors de chacune des phases du cycle nucléaire, depuis l'extraction du minerai d'uranium jusqu'au démantèlement des centrales. Tant la quantité de ces déchets que leur radioactivité varient d'une étape à l'autre.

**Les déchets nucléaires sont probablement les déchets les plus durablement dangereux que l'humanité ait jamais créés.**

En Belgique, les déchets nucléaires sont classés par l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) en trois catégories théoriques, selon leur niveau de radioactivité et leur « demi-vie »<sup>4</sup>, c'est à dire l'importance et la durée de leur toxicité :

---

2 [www.natura-sciences.com/energie/uranium-nucleaire-reserves-consommation-production.html](http://www.natura-sciences.com/energie/uranium-nucleaire-reserves-consommation-production.html)

3 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Extraction\\_de\\_l'uranium](https://fr.wikipedia.org/wiki/Extraction_de_l'uranium)

4 La demi-vie est définie comme le temps nécessaire à un isotope donné pour perdre la moitié de sa radioactivité.

- catégorie A pour les déchets faiblement ou moyennement radioactifs et à courte demi-vie (30 ans ou moins) ;
- catégorie B pour les déchets faiblement ou moyennement radioactifs et à longue demi-vie (plus de 30 ans) ;
- catégorie C pour les déchets hautement radioactifs à longue demi-vie (plus de 30 ans).

Les déchets hautement radioactifs sont extrêmement concentrés et toxiques. Ils restent radioactifs pendant des dizaines de milliers d'années. Le plutonium-239, par exemple, a une demi-vie d'environ 24.000 ans, soit une période aussi longue que celle qui sépare notre ère de celle de l'Homme de Néandertal. Même après 1.000 ans, une tonne de déchets hautement radioactifs est susceptible de contaminer 100 km<sup>3</sup> d'eau (l'équivalent du volume du lac Léman) !

Si l'homme de Néandertal avait eu recours au nucléaire, nous devrions toujours gérer aujourd'hui ses déchets.

Une centrale nucléaire de 1000 MW génère environ 250 m<sup>3</sup> de déchets radioactifs par an, dont 25% de déchets moyennement et hautement radioactifs. Environ 200.000 m<sup>3</sup> de déchets faiblement radioactifs et 10.000 m<sup>3</sup> de déchets hautement radioactifs sont ainsi produits à l'échelle mondiale chaque année.

*« Sur l'ensemble de leur durée de fonctionnement, les réacteurs nucléaires européens pourraient produire un total de 6,6 millions de m<sup>3</sup> de différents types de déchets nucléaires soit l'équivalent d'un terrain de football sur 919 mètres de hauteur (3 fois la Tour Eiffel). Selon le rapport mondial sur les déchets nucléaires (2020), plus de 60 000 tonnes de barres de combustible usé sont entreposées provisoirement à travers l'Europe»<sup>5</sup>. Les déchets, tant hautement que faiblement radioactifs doivent être transportés vers des usines de retraitement ou des sites de stockage.*

---

<sup>5</sup> <https://fr.boell.org/fr/2020/11/02/publication-du-rapport-mondial-sur-les-dechets-nucleaires>

Lors de ces transports, le convoi constitue non seulement une menace en cas d'accident, mais également en cas d'attaque terroriste.

**En dépit de décennies de recherches, il n'existe à l'heure actuelle aucune réelle solution à la problématique des déchets nucléaires.**

Les déchets hautement radioactifs provenant des réacteurs belges sont « provisoirement » entreposés à Doel, Tihange et Dessel. Certains ont été également acheminés vers La Hague, afin d'être retraités, et sont revenus sous la forme de plutonium ou de déchets vitrifiés. Le « retraitement » de ces déchets, au lieu de la diminuer, a augmenté la quantité totale de déchets à gérer...

A la fin de la production et du démantèlement du parc électronucléaire belge, le pays sera confronté au stockage et à l'évacuation de quelque 100.000 m<sup>3</sup> de déchets. Entre 10 et 13.000 m<sup>3</sup> (selon le type de traitement qui leur sera finalement réservé, incluant ou non le retraitement) seront des déchets de moyenne, haute ou très haute activité et de longue demi-vie.

Pour les déchets faiblement radioactifs, il existe des sites d'entreposage à l'étranger (en France notamment). En Belgique, suite à l'abandon du projet à Fleurus-Farciennes, la commune de Dessel a été choisie pour l'installation d'un site d'entreposage pour ce type de déchets<sup>6</sup>. Le financement de ce type de stockage est quasiment réglé, mais il n'y a pas de budget prévu en cas de problème.

---

6 [www.ondraf.be/node/577](http://www.ondraf.be/node/577)



## 1.2. Enterrer les déchets ?

### En résumé

❖ *Cacher nos déchets nucléaires sous la terre est-il une solution éthiquement et écologiquement responsable sachant qu'ils resteront dangereux pendant des milliers d'années ? Ne devons-nous pas veiller à pouvoir les contrôler en permanence ?*

❖ *La question de la réversibilité des projets d'enfouissement n'est toujours pas résolue. En l'état, il sera manifestement impossible de récupérer ces déchets si une solution technologique durable était trouvée par les générations futures.*

❖ *De nombreuses questions techniques restent sans réponse (stabilité de l'argile ou de la roche, risques d'incendie et d'inondation, signalisation du site...).*

❖ *On ne peut pas laisser un tel fardeau aux générations futures avec les trop nombreuses inconnues que recèle ce type de projet.*

❖ *Il existe d'autres options pour gérer et surveiller les déchets nucléaires, telles que le stockage à sec en surface.*

**Pour les déchets hautement radioactifs, malgré les investissements énormes dans la recherche, il n'existe encore aucun site d'entreposage fonctionnel dans le monde.** En Belgique, le secteur nucléaire voit la « solution » dans l'enfouissement en couche géologique profonde. Depuis 1973, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire (CEN) réalise à Mol des recherches concernant le stockage de déchets dans les couches d'argile souterraines. L'objectif serait de creuser un réseau de galeries à plus de 200 mètres de profondeur afin d'y stocker définitivement les déchets radioactifs. Après plus de trente ans de recherche, il n'est cependant pas toujours certain que ce soit techniquement envisageable, en raison des fortes chaleurs dégagées par les déchets, peu

supportées par l'argile. Personne ne peut garantir que les containers dans lesquels seront stockés les déchets tiendront des milliers d'années dans ces couches d'argile. Or, ces containers ne constituent qu'une première barrière. L'argile en forme une seconde qui devrait contenir les infiltrations radioactives jusqu'à ce que la radioactivité soit totalement atténuée, durant des centaines de milliers d'années donc. Sur des périodes de temps aussi longues, il reste difficile d'anticiper toutes les éventualités. Une évolution du niveau de la mer, par exemple, aurait un impact sur les rivières, sur les couches de sable, sur la pression sur les sols. Ainsi, le site de Mol ne se trouve pas tellement loin de la région du Nord-Est de la Belgique où des activités tectoniques légères sont régulièrement observées. De petites fissures pourraient être provoquées par cette activité tectonique dans l'argile. Si par exemple d'ici deux cent mille ans, le niveau de la mer baisse, alors les rivières vont s'enclaver et les couches de sable s'éroder. La pression sur l'argile diminuera, ce qui provoquera des affaissements et même des fissures. L'argile elle-même peut être entamée, mettant à découvert le lieu de stockage.

Le risque existe que le dépôt final des déchets nucléaires dans la formation géologique soit un jour atteint et endommagé. Ce mode de stockage ne donnerait donc pas de garantie de sécurité durable en matière de protection contre les rayonnements et réclamerait des moyens importants de gestion et surveillance durant des siècles, voire des millénaires. Penser que nous pourrions stocker les déchets nucléaires de manière sûre durant des milliers d'années tient de l'illusion. Qui assumera la responsabilité d'un risque que nous imposerons aux centaines de prochaines générations ? Comment installer un système d'alerte qui soit fiable et compréhensible aussi longtemps ? Qui assumera les coûts engendrés par la sécurité des sites de stockage ? Ces questions techniques, économiques et politiques sont surtout, fondamentalement, éthiques.

Constatons en outre que les premiers centres d'enfouissement des déchets nucléaires dans le monde n'ont pas résisté à l'épreuve de la réalité. Le site de Asse en Allemagne s'est fissuré et il a fallu évacuer les déchets entreposés<sup>7</sup>, Le centre WIPP aux Etats-Unis a, lui, dû faire face à un incendie<sup>8</sup> (dont coût de 500 millions de dollars).

---

7 [www.liberation.fr/terre/2010/07/14/l-allemande-minee-par-ses-dechets-nucleaires\\_666035/](http://www.liberation.fr/terre/2010/07/14/l-allemande-minee-par-ses-dechets-nucleaires_666035/)

8 [www.leparisien.fr/societe/dechets-nucleaires-avant-bure-l-exemple-inquietant-duwipp-15-08-2017-7193751.php](http://www.leparisien.fr/societe/dechets-nucleaires-avant-bure-l-exemple-inquietant-duwipp-15-08-2017-7193751.php)

### 1.3. « Poubelle nucléaire » : le projet CIGEO<sup>9</sup> à Bure

Lancé en 2006 en France, Cigéo est le futur site d'enfouissement profond où seront définitivement stockés, à 500 mètres de profondeur, les déchets les plus radioactifs du parc atomique français (actuellement ils sont entreposés en surface à La Hague). Le site Cigéo devra accueillir à terme (2035) 85.000m<sup>3</sup> de déchets hautement radioactifs en les disposant dans 250km de couloirs souterrains. Ces tunnels sont creusés dans des couches d'argile sensées assurer une étanchéité empêchant les éléments radioactifs de remonter à la surface pendant plusieurs dizaines de milliers d'années. Une fois ces galeries remplies, le site devra être scellé de façon irréversible (d'ici une centaine d'années, normalement). Il ne sera alors plus possible d'accéder aux déchets. Le coût de cette infrastructure est estimé aujourd'hui à plus de 30 milliards d'euros.

Cette "solution" aux problèmes de l'entreposage des déchets nucléaires pose de nombreuses questions et nouveaux problèmes : risques impossibles à anticiper sur des dizaines de milliers d'années, tremblements de terre, inondations, impact du dérèglement climatique, mouvements tectoniques, catastrophes environnementales, guerres... Mais au-delà des impondérables, il y a aussi le risque avéré d'échauffement des déchets radioactifs qui émettent alors de l'hydrogène, gaz hautement inflammable, entraînant un risque important d'incendies en profondeur.

Si on ne les enterre pas, on en fait quoi ?

L'alternative à un enfouissement présenté comme définitif est l'entreposage en surface... en attendant de trouver une solution future. Cet entreposage garantit un accès à ces déchets dangereux mais pose aussi, fatalement, d'importantes questions en termes de sécurité...

---

9 [www.libération.fr/france/2018/11/14/cigeo-le-sous-sol-de-la-discorde\\_1692102/](http://www.libération.fr/france/2018/11/14/cigeo-le-sous-sol-de-la-discorde_1692102/)

## 1.4. Des déchets pendant plus de 1000 siècles...<sup>10</sup>

Le problème des déchets nucléaires, c'est qu'il n'existe à ce jour aucune solution durable satisfaisante pour gérer des substances aussi dangereuses sur une durée aussi longue : à quoi ressemblera le monde dans 500 ans ? Dans 1000 ans ? Dans 20.000 ans ? Qui peut avoir la prétention d'anticiper cette évolution ? Peut-on éthiquement promouvoir une technologie qui, pour fournir une portion de notre électricité pendant une cinquantaine d'années, produit de tels déchets sur une durée aussi inconcevable ? Les meilleurs déchets restent ceux qu'on ne produit pas...

Un véritable casse-tête se présente aussi quant à la signalisation à utiliser pour marquer les sites d'enfouissement des déchets<sup>11</sup>. En effet, comment signifier le danger mortel aux êtres humains qui vivront sur cette terre dans 500, 2000 ou 50.000 ans<sup>12</sup> ? Comment exprimer le danger de façon à ce qu'il soit compris par des personnes qui n'auront probablement plus guère de référence commune avec nos cultures et générations<sup>13</sup> ? Et au-delà, comment transférer l'information de l'existence du site ? Comment éviter son oubli ? Comment éviter que des archéologues du futur ne s'y intéressent d'un peu trop près ? Personne n'a de réponse à ce jour.

---

10 [www.arte.tv/fr/videos/101940-003-A/que-faire-de-nos-dechets-nucleaires/](http://www.arte.tv/fr/videos/101940-003-A/que-faire-de-nos-dechets-nucleaires/)

11 [www.letemps.ch/sciences/dire-attention-danger-millennaires](http://www.letemps.ch/sciences/dire-attention-danger-millennaires)

12 [www.slate.fr/story/13515/garantir-la-securite-nucleaire-pour-leternite](http://www.slate.fr/story/13515/garantir-la-securite-nucleaire-pour-leternite)

13 <https://theconversation.com/comment-signalier-les-dechets-nucleaires-par-dela-les-millennaires-126313>

🏛️ = -2.500 ans | Pyramides

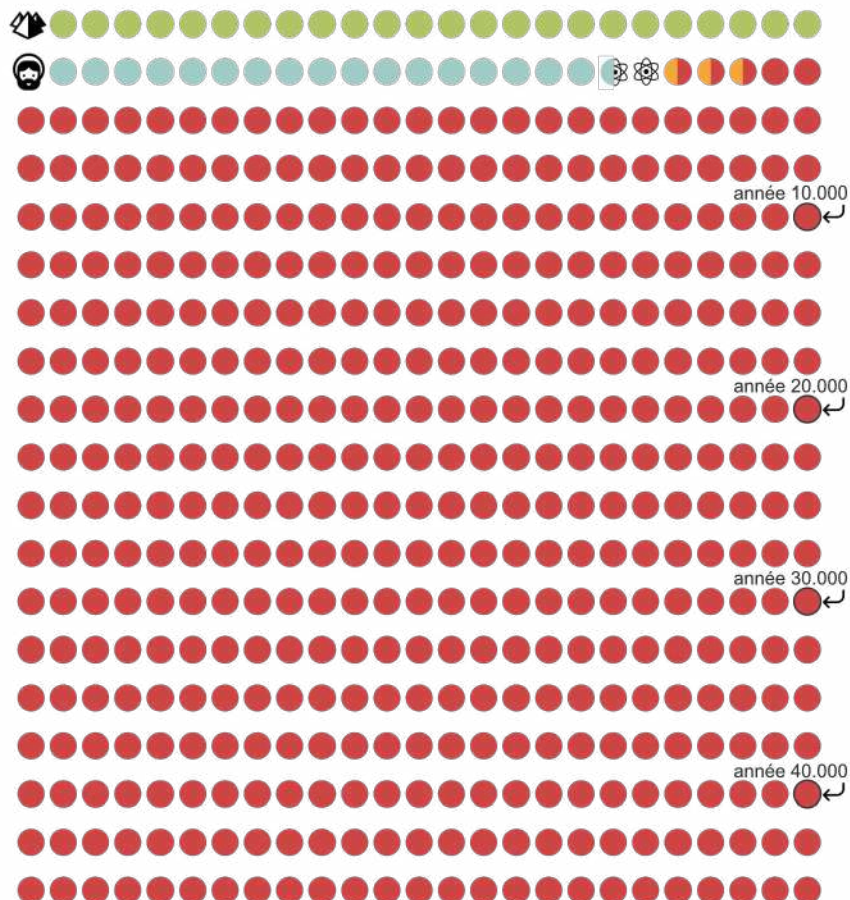
Un rond = 100 ans

👤 = An zéro | Naissance de JC

☢️ = Fin du 20<sup>e</sup>, début du 21<sup>e</sup> siècle | Usage de l'énergie nucléaire

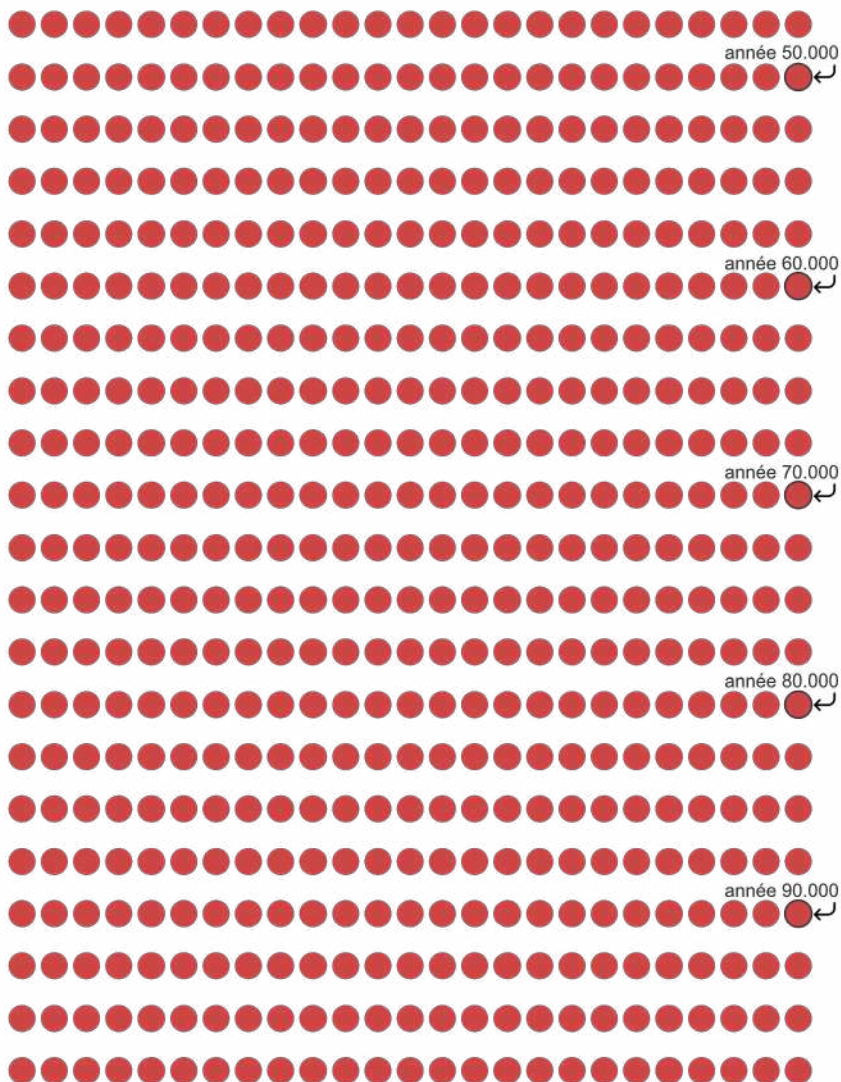
🟡 = Démantèlement/gestion des déchets nucléaires

🔴 = Dangerosité des déchets nucléaires



● = Dangerosité des déchets nucléaires

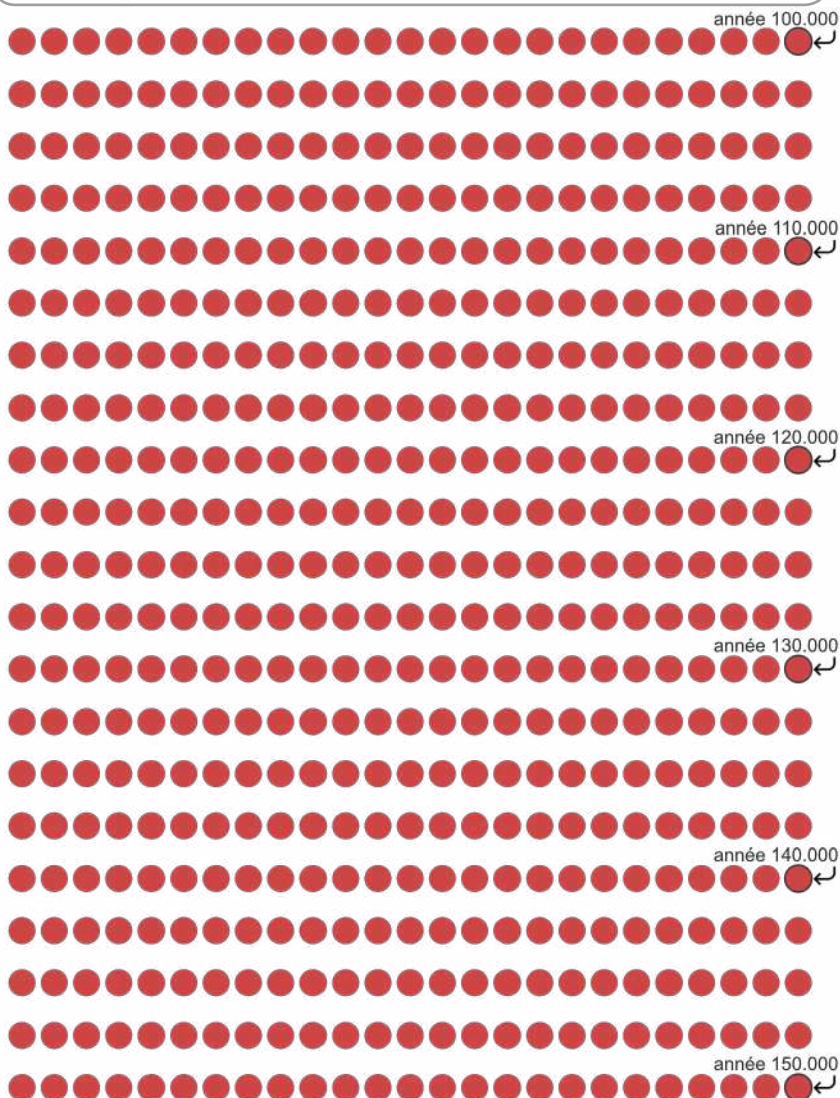
Un rond = 100 ans





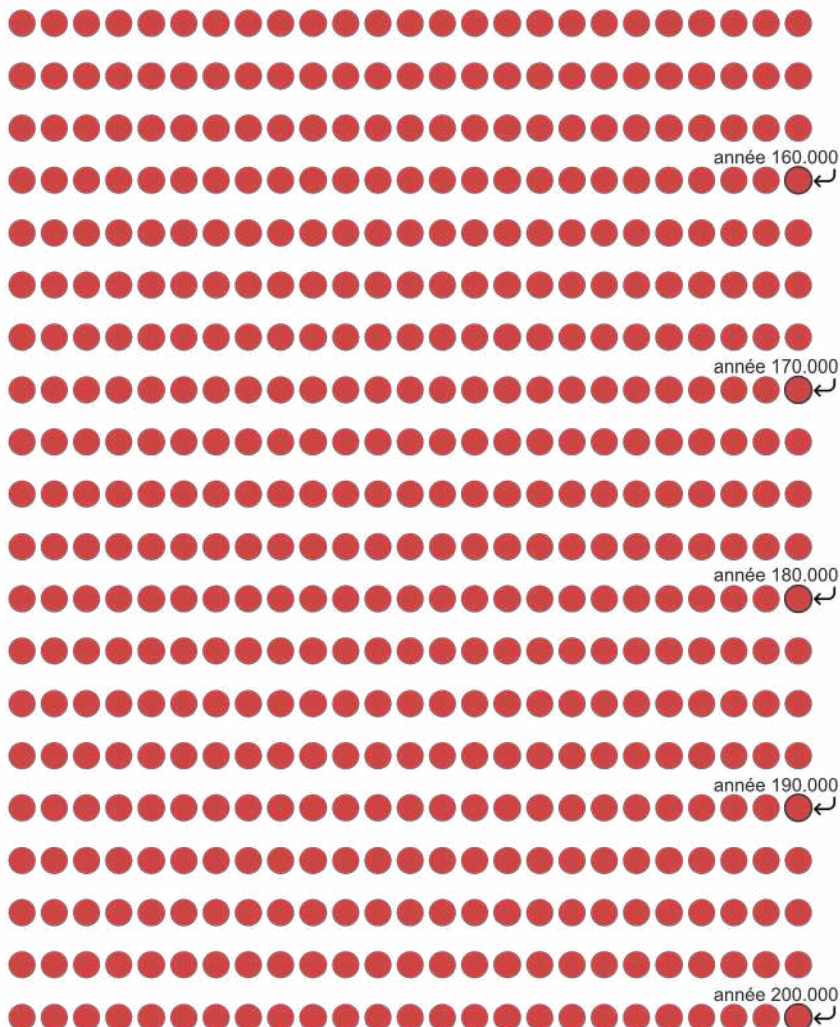
● = Dangerosité des déchets nucléaires

Un rond = 100 ans



● = Dangerosité des déchets nucléaires

Un rond = 100 ans



→ Les déchets nucléaires ne sont plus dangereux

## 1.5. La transmutation : graal ou illusion ?

La transmutation est un peu le graal des partisans de l'énergie nucléaire. Les alchimistes des temps modernes espèrent, en irradiant des isotopes radioactifs, les transformer en isotopes à demi-vie plus courte. La transmutation est à la mode depuis longtemps dans le secteur mais la technologie ne décolle pas. La diversité des déchets nucléaires contenant différents types d'isotopes, qui doivent être traités différemment, implique une séparation approfondie de toutes les fractions de déchets. La transmutation fonctionne pour certains isotopes, pas pour tous. En outre, cette technique est tellement chère qu'elle ne serait, jusqu'à preuve du contraire, pas économiquement viable. Après des années de recherche et l'octroi de subsides considérables, les laboratoires ne sont toujours pas en mesure d'appliquer la transmutation à de grandes quantités de déchets<sup>14</sup>. Et de son côté, Engie n'a pas l'intention de financer la transmutation de ses propres déchets nucléaires.

---

14 [www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/transmutation-dechets-nest-pas-demain-2021-12-13-1201189967](http://www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/transmutation-dechets-nest-pas-demain-2021-12-13-1201189967)





## PROBLÈME N°2

### LE NUCLÉAIRE EST DANGEREUX

---

« Il n'y a jamais de précédent avant une première fois »

#### En résumé

❖ « Le nucléaire : la façon la plus dangereuse de faire bouillir de l'eau »<sup>1</sup>.

❖ Le nucléaire est une énergie à haut risque qui nécessite des mesures de sécurité extrêmement strictes.

❖ Le nucléaire nécessite un niveau de sécurité tellement élevé qu'il ne peut être garanti, encore moins dans une économie de marché qui vise à la maximisation des profits et la minimisation des coûts.

❖ Il implique aussi une sécurité géopolitique sur plusieurs centaines d'années, ce qui est malheureusement tout aussi impossible.

❖ Aucune compagnie d'assurance au monde n'accepte de couvrir les centrales nucléaires.

❖ Chaque centrale nucléaire qui ferme, est un pas vers un monde plus sûr.

Bien entendu, la plupart du temps, l'énergie nucléaire est sûre. Comme pour les vols aériens ou le transport automobile, des aménagements constants font de la sécurité un enjeu important de l'industrie de l'atome. Malheureusement, le risque zéro n'existe pas. Malgré son génie, l'humain

---

<sup>1</sup> Bernard Laponche, polytechnicien, docteur ès sciences en physique des réacteurs nucléaires, expert en politiques de l'énergie et de maîtrise de l'énergie, le 24 mars 2011 : [www.liberation.fr/planete/2011/03/24/nucleaire-le-moyen-le-plus-dangereux-de-faire-bouillir-de-l-eau\\_723858](http://www.liberation.fr/planete/2011/03/24/nucleaire-le-moyen-le-plus-dangereux-de-faire-bouillir-de-l-eau_723858)

est faillible. Les centrales nucléaires aussi peuvent dysfonctionner ou subir des accidents. Le problème avec le nucléaire, c'est que contrairement à l'immense majorité des industries, ces dysfonctionnements ou accidents sont potentiellement incontrôlables, extrêmement dommageables et dangereux. **Ce n'est pas sans raison qu'aucune compagnie d'assurance au monde n'accepte de couvrir les centrales atomiques.**

S'il n'est pas souhaitable de développer une psychose permanente autour du nucléaire, nous ne pouvons pour autant écarter la question - centrale - des risques de l'atome.

**L'accident nucléaire majeur se caractérise par une probabilité extrêmement faible et un dommage potentiellement immense.**

La fréquence des accidents majeurs dans l'industrie nucléaire est souvent sous-estimée<sup>2</sup>. **Depuis les débuts du nucléaire civil, sept accidents majeurs se sont produits dans le monde**<sup>3</sup> (les plus connus sont ceux de Mayak, Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima). A l'échelle du parc nucléaire mondial (un peu plus de 400 réacteurs en fonctionnement dans le monde actuellement), nous approchons d'une occurrence bien plus élevée que les modèles probabilistes de l'industrie nucléaire : oui, des accidents majeurs sont rarissimes, mais malheureusement oui, ils arrivent, et oui, ils ont ou peuvent avoir des conséquences absolument immenses<sup>4</sup>. L'industrie nucléaire et ses lobbyistes tentent de faire croire que les centrales nucléaires «modernes» sont sûres et que les problèmes ayant mené à des catastrophes telles que Tchernobyl ont été résolus. En réalité, le nucléaire reste extrêmement dangereux. Pour certains experts, l'occurrence d'accidents graves est même une certitude statistique<sup>5</sup>.

---

2 <https://www.cairn.info/revue-l-economie-politique-2016-4-page-103.htm>

3 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Accident\\_nucl%C3%A9aire#Principaux\\_accidents\\_nucl%C3%A9aires](https://fr.wikipedia.org/wiki/Accident_nucl%C3%A9aire#Principaux_accidents_nucl%C3%A9aires)

4 Pour une liste exhaustive des accidents nucléaires, voir <https://www.techno-science.net/definition/3417.html>

5 [https://www.liberation.fr/france/2011/06/03/accident-nucleaire-une-certitude-statistique\\_740208/](https://www.liberation.fr/france/2011/06/03/accident-nucleaire-une-certitude-statistique_740208/)

## 2.1. Risques d'accidents

Il existe différents types de réacteurs : le modèle russe RBMK (celui de Tchernobyl), le réacteur britannique Magnox et les réacteurs à eau pressurisée - également appelés PWR - tels que ceux qu'on trouve à Three Mile Island, Doel ou Tihange. Les uns sont équipés de systèmes de sécurité intégrés plus développés que les autres, et un pays applique des mesures de sécurité plus contraignantes qu'un autre. Mais une chose est certaine : l'énergie atomique est dangereuse par nature, elle nécessite donc des mesures de sécurité exceptionnelles.

Les catastrophes nucléaires les plus connues restent celles de Tchernobyl<sup>6</sup>, survenue le 26 avril 1986 et celle de Fukushima, le 11 mars 2011. Ces accidents ont été classés au niveau 7 sur l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (dite échelle INES), c'est-à-dire le plus haut niveau.

### La catastrophe de Tchernobyl

La catastrophe de Tchernobyl est un accident nucléaire majeur survenu le 26 avril 1986 dans la centrale V.I. Lénine, située à l'époque en République socialiste soviétique d'Ukraine. Il s'agit de la plus grave catastrophe nucléaire du XX<sup>e</sup> siècle, classée au niveau 7 (le plus élevé) de l'échelle internationale des événements nucléaires (INES), surpassant, d'après l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), par ses impacts environnementaux immédiats, l'accident nucléaire de Fukushima de 2011, classé au même niveau. L'IRSN mentionne pour ces accidents des effets sanitaires potentiels, une contamination durable de territoires et d'importantes conséquences économiques et sociales.

---

<sup>6</sup> Peu avant la catastrophe de 1986, les réacteurs de type RBMK avaient été déclarés "sûrs" par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA). Malgré cela, « l'impensable » est arrivé.



L'accident de Tchernobyl est provoqué par l'augmentation incontrôlée de la puissance du réacteur n° 4, conduisant à la fusion du cœur. Ce qui entraîne alors le craquage de l'eau des circuits de refroidissement, puis l'explosion et la libération d'importantes quantités d'éléments radioactifs dans l'atmosphère, provoquant une large contamination de l'environnement, ainsi que de nombreux décès et maladies survenus immédiatement ou à long terme du fait des irradiations ou contaminations.

L'événement a eu des conséquences sanitaires, écologiques, économiques et politiques importantes. Plus de 200 000 personnes ont été définitivement évacuées. L'accident a provoqué entre 60 et 4 000 décès selon les rapports des agences onusiennes publiés dans les revues scientifiques à comité de lecture, et beaucoup plus selon diverses analyses d'agences ou d'ONG.

### **L'accident nucléaire de Fukushima**

L'accident nucléaire de Fukushima est un accident industriel majeur survenu au Japon après le tsunami du 11 mars 2011. Il s'agit de la deuxième catastrophe nucléaire de l'histoire, classée au niveau 7, le plus élevé sur l'échelle internationale des événements nucléaires (INES), au même degré de gravité que la catastrophe de Tchernobyl (1986), en particulier par le volume important des rejets radioactifs dans l'océan Pacifique. L'accident nucléaire de Fukushima est ce qu'on appelle au Japon un *genpatsu-shinsai*, un accident combinant les effets d'un séisme et d'un accident nucléaire. Le tsunami consécutif au séisme a mis hors service le système de refroidissement principal de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, entraînant la fusion des cœurs des réacteurs 1, 2 et 3 ainsi que la surchauffe de la piscine de désactivation du réacteur 4.

Le nombre de décès relatifs à ces accidents majeurs du nucléaire reste sujet à de nombreux débats. Concernant Tchernobyl, entre les décès qui ont directement suivi la catastrophe, ceux causés par les maladies provoquées par les radiations à moyen terme, ou les impacts sur la santé des enfants, les chiffres varient de plusieurs centaines jusqu'à plusieurs centaines de milliers de morts<sup>7</sup>. Il n'est pourtant pas nécessaire de sombrer dans une comptabilité morbide pour comprendre que l'impact de telles catastrophes est incalculable sur la vie de centaines de milliers de personnes : qu'il s'agisse de leur santé, ou plus généralement des impacts physiques et psychologiques de l'évacuation et des déplacements de populations à très large échelle, de l'abandon pur et simple de villes entières, détruisant des vies, des familles, des situations sociales et professionnelles, rendant des milliers de kilomètres carrés infréquentables pour, au mieux, plusieurs centaines d'années. Le nucléaire reste un moyen de production d'électricité aux conséquences potentielles colossales et ingérables.

Chaque année, des événements touchant la sûreté nucléaire surviennent partout dans le monde, dans tous les types d'installations nucléaires et dans les réacteurs de toute conception<sup>8</sup>. Des événements graves passent totalement inaperçus du grand public ou restent sous-évalués eu égard à leur potentiel de risque. Il y a quelques mois encore, un employé d'EDF révélait comment l'industrie nucléaire française imposait à ses employés de garder le silence ou de masquer des incidents graves dans une de ses centrales<sup>9</sup>. Vous avez dit transparence ?

---

7 [www.liberation.fr/checknews/2019/06/22/l-accident-nucleaire-de-tchernobyl-n-a-t-il-fait-que-130-morts\\_1731784/](http://www.liberation.fr/checknews/2019/06/22/l-accident-nucleaire-de-tchernobyl-n-a-t-il-fait-que-130-morts_1731784/)

8 [www.sortidunucleaire.org/Nucleaire-des-accidents-partout?tri\\_autres\\_articles=id\\_article](http://www.sortidunucleaire.org/Nucleaire-des-accidents-partout?tri_autres_articles=id_article)

9 [www.lemonde.fr/podcasts/article/2021/11/17/nucleaire-les-revelations-d-un-lanceur-d-alerte-sur-la-centrale-du-tricastin\\_6102343\\_5463015.html](http://www.lemonde.fr/podcasts/article/2021/11/17/nucleaire-les-revelations-d-un-lanceur-d-alerte-sur-la-centrale-du-tricastin_6102343_5463015.html)

## En Belgique

En Belgique, nous n'avons pas connu d'accidents majeurs, mais la situation n'est pas complètement rassurante pour autant. Outre l'accroissement du nombre d'incidents tels que des petites fuites ou des courts-circuits, certains événements sont particulièrement préoccupants : ainsi la découverte de microfissures dans les réacteurs de Doel 3 et Tihange 2, une tentative de sabotage jamais élucidée en août 2014 à l'intérieur de la centrale de Doel 4 (et qui a forcé un arrêt de plusieurs mois et un coût estimé à 100 millions d'euros), ou encore le fait que des terroristes ont espionné pendant plusieurs semaines un travailleur du secteur nucléaire belge.

L'impact potentiel d'un accident nucléaire en Belgique ou dans un des réacteurs limitrophes serait colossal : peut-on seulement imaginer que des villes comme Anvers, proche de la centrale de Doel, ou Liège et Namur, proches de la centrale de Tihange, soient soudainement totalement évacuées ?

La petite taille de notre territoire national et l'importante densité de population font que les conséquences d'un accident seraient particulièrement dramatiques.

Plus généralement, l'affaiblissement graduel des matériaux des réacteurs a de quoi inquiéter. Une fois que les réacteurs ont atteint une certaine durée (une vingtaine d'années) de fonctionnement, le risque d'accident nucléaire augmente chaque année de manière significative. Un réacteur nucléaire n'est pas à l'abri de phénomènes conduisant à une dégradation de ses composants, liée à l'âge. Ces phénomènes de « vieillissement » peuvent dans certains cas augmenter le risque d'une défaillance affectant la sûreté de la centrale. Ils doivent donc faire l'objet d'une gestion particulière<sup>10</sup>. Dans ce contexte, prolonger la vie des centrales au-delà des 40 ans est tout sauf anodin et est une réelle prise de risque.

---

<sup>10</sup> <https://www.sfen.org/rgn/duree-vie-centrale-nucleaire/>

Il était initialement prévu, à leur conception, que nos centrales nucléaires fonctionnent une trentaine d'années. La loi de sortie du nucléaire de 2003 a prolongé ce délai de 10 ans et une nouvelle décennie de prolongation a été accordée entre 2013 et 2015. La durée de vie initiale d'un réacteur est principalement la durée de vie de certains éléments qu'on ne peut pas remplacer, notamment la cuve du réacteur. La durée de vie de celle-ci est calculée à sa fabrication, et estimée en général à trente ou quarante ans. Une prolongation est envisageable au-delà, mais nécessite une batterie de tests et de calculs.

En 2022, l'âge moyen des réacteurs du parc nucléaire mondial est d'environ 31 ans<sup>11</sup>. On ne dispose à l'heure actuelle que d'une expérience réduite d'exploitation de réacteurs commerciaux de grande puissance dont la durée de fonctionnement avoisine ou dépasse les quatre décennies.

Personne ne peut garantir le bon fonctionnement de réacteurs pendant 60 ans. Ce qui est sûr, c'est que le risque d'accident augmente significativement et que, quelle que soit leur durée de fonctionnement, les centrales nucléaires actuelles ont leurs limites et devront fermer dans un avenir relativement proche. Et, aujourd'hui, partout en Europe, des réacteurs posent problème<sup>12</sup>.

## 2.2. Risques en cas de guerre ou d'attentat terroriste

En plus des risques d'accidents, les installations nucléaires constituent des cibles privilégiées en cas de guerre ou d'attentat terroriste. La situation ukrainienne nous l'a récemment encore démontré : Tchernobyl et Zaporijia sont devenues des cibles militaires, alors que la centrale de Jozjno-Oekrajinsk a été la cible d'explosions à seulement 300 mètres des installations atomiques. La fourniture d'énergie représente en effet un objectif important en cas de conflit.

---

11 <https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2022-.html>

12 [www.rtf.be/info/monde/europe/detail\\_doel-et-tihange-deux-centrales-problematiques-parmi-d-autres-en-europe?id=9208064](http://www.rtf.be/info/monde/europe/detail_doel-et-tihange-deux-centrales-problematiques-parmi-d-autres-en-europe?id=9208064)

Étant donné que notre approvisionnement en électricité dépend en partie de deux sites nucléaires, la tentation de les mettre hors service pourrait être grande. En cas d'impact par un projectile explosif, la dissémination dans l'environnement d'un cocktail de substances radioactives se ferait encore plus facilement qu'en cas d'accident nucléaire. La Belgique étant par ailleurs un pays très densément peuplé, un accident, peu importe l'origine, aurait des répercussions colossales : évacuation de la région liégeoise ou d'Anvers et de son port, par exemple.

En plus des risques d'actions militaires en cas de conflit, les installations nucléaires constituent également une cible potentielle pour les terroristes. Depuis le 11 septembre 2001, des équipements de défense aérienne ont été installés autour de nombreuses installations nucléaires aux États-Unis, ainsi que près de l'usine de retraitement de déchets radioactifs de la Hague, en France. Suite à ces attentats, l'AFCN a remis le 17 mai 2002 un rapport au ministre de l'Intérieur concluant que les bâtiments des réacteurs des centrales les plus vieilles (Doel 1 et 2, et Tihange 1) peuvent supporter la chute d'un petit avion, mais pas d'un plus grand comme un Boeing 707/720. Le crash d'un tel avion de ligne sur la centrale de Tihange entraînerait des conséquences inouïes.

En mai 2004, le secrétaire d'état Américain Colin Powell envoyait une lettre au gouvernement belge, demandant de renforcer la protection physique des centrales nucléaires belges en y plaçant des gardes armés afin de prévenir tout acte terroriste ou vol de combustible. L'AFCN a estimé que le souhait américain ne se justifiait pas compte tenu de la présence, à proximité des centrales belges, des antennes de police...

De nouvelles mesures ont été prises depuis, dont on ne sait pas grand chose, « secret nucléaire » oblige, mais on peine à imaginer un grand changement.

En 2014, plusieurs centrales nucléaires belges et françaises ont été surveillées à de nombreuses reprises par des drones, sans que ceux-ci puissent être identifiés. On sait aussi que les auteurs des attentats de Paris en 2015 ont suivi et filmé pendant des dizaines d'heures un employé d'une centrale nucléaire belge. Sans présumer de leurs intentions, ces faits sont évidemment sources d'inquiétude.

Les piscines de stockage, présentes aux côtés de chaque centrale et qui permettent l'entreposage provisoire du combustible nucléaire irradié, présentent en ce sens des risques particulièrement évidents en cas de volonté terroriste de dispersion de matériaux radioactifs. Le combustible irradié doit y refroidir durant plusieurs dizaines d'années. Ces piscines sont particulièrement vulnérables en cas d'attaque. Les déchets hautement radioactifs y sont en effet présents sans conditionnement de protection, qui plus est dans une installation de stockage qui n'a pas été conçue pour résister à une chute d'avion ou à une attaque à l'arme lourde.

En Belgique, la vulnérabilité aux attaques militaires ou terroristes n'est pas spécifiquement prise en compte dans les rapports de sécurité des centrales ou dans les critères d'octroi de permis. L'énergie atomique impose pourtant une stratégie de sécurité géopolitique qui doit se décliner, à minima, sur des décennies... La situation mondiale actuelle nous rappelle que c'est tout simplement impossible.

Des accidents peuvent également survenir dans d'autres installations que les centrales à proprement parler. Citons les lieux de fabrication de combustibles nucléaires, de retraitement et de stockage des déchets (par exemple à Mol) ou les transports de matériel radioactif. Un des incidents les plus graves en Belgique (niveau 3 sur l'échelle INES) a eu lieu en 2008 sur le site de recherche nucléaire de l'IRE (Institut des Radioéléments) à Fleurus avec pour conséquence le rejet dans la nature de produits radioactifs<sup>13</sup>.

---

13 [www.lemonde.fr/planete/article/2008/09/04/incident-radioactif-de-fleurus-la-gestion-de-la-crise-en-cause\\_1091412\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2008/09/04/incident-radioactif-de-fleurus-la-gestion-de-la-crise-en-cause_1091412_3244.html)

## 2.3. Risques de prolifération

Les sites nucléaires posent un risque important sur le plan de la prolifération nucléaire (dont le vol de combustible pour fabriquer une bombe atomique ou une « bombe sale »). **Les filières nucléaires civile et militaire sont de fait historiquement intrinsèquement liées. Un développement mondial rapide de l'industrie nucléaire est donc impossible sans augmenter dangereusement la possibilité pour de nombreux pays de développer des armes atomiques. La problématique du nucléaire iranien en est la démonstration.**

La mise à jour des activités du Dr Abdul Qadeer Khan (le père de la bombe atomique pakistanaise) a révélé l'existence d'un vaste réseau privé d'import-export disposant de tous les éléments permettant de construire une arme nucléaire : uranium enrichi, centrifugeuses ou pièces pour centrifugeuses, plan d'armes, instructions de montage. Ce réseau comportait des intervenants dans de nombreux pays : Dubaï, Bahreïn, Malaisie, Afrique du Sud, Sri Lanka, Pays-Bas et Allemagne. Abdul Qadeer Khan a avoué en février 2004 avoir participé à des transferts illicites de technologies nucléaires à l'Iran, la Libye et la Corée du Nord, sans fournir de détails. Des documents découverts en 2006 sur les ordinateurs d'hommes d'affaires suisses faisant partie du réseau d'Abdul Qadeer Khan contenaient des détails essentiels pour la fabrication d'une bombe nucléaire miniature pouvant potentiellement intéresser l'Iran, la Corée du Nord et des terroristes. Les plans cryptés découverts sur les ordinateurs ont été détruits, mais l'agence onusienne ne peut pas exclure que ces documents aient été partagés avant leur destruction. Rappelons que le Dr Abdul Qadeer Khan a été formé et longtemps accompagné par des professeurs de la KULeuven.<sup>14</sup>

Les défenseurs de l'industrie nucléaire affirment que le plutonium provenant de réacteurs civils ne pourrait être utilisé pour fabriquer une arme atomique. Pourtant, selon une étude de l'Académie nationale des Sciences américaine, citée dans un communiqué du Ministère américain de la Défense, « virtuellement, n'importe quelle combinaison d'isotopes de plutonium peut être utilisée pour fabriquer une arme nucléaire. »

---

<sup>14</sup> *La Belgique et la bombe, Du rêve secret à la prolifération nucléaire.* Luc Barbé, Edition Etopia, 2014.



*« On atterrit ainsi sur la problématique des liens entre technologie, démocratie et souveraineté démocratique. L'énergie nucléaire n'a pu être développée que moyennant une injection massive de moyens financiers par les pouvoirs publics et ne peut subsister que moyennant une collaboration étroite entre ces derniers et les exploitants des centrales nucléaires. L'autorité politique doit protéger les centrales contre les attentats, veiller à la sécurité nucléaire, contribuer à résoudre le problème des déchets et persuader la population du bien-fondé de ces « solutions ». La population, et même le Parlement, n'a en général qu'une prise réduite dans ces domaines. En effet, à tort ou à raison, l'autorité ne peut ni ne veut divulguer l'information pertinente.<sup>15</sup> »*

*Car au fond, comme l'écrit la Fondation Heinrich Boell, « du point de vue technique, les moyens de faire bouillir de l'eau avec de l'énergie nucléaire sont quasiment les mêmes que ceux qui permettent d'obtenir du plutonium en quantité suffisante pour fabriquer une multitude de bombes. Il est pratiquement impossible de former les centaines d'ingénieurs et de techniciens indispensables à la construction et à l'exploitation de telles centrales sans prendre le risque qu'ils apprennent à produire du combustible militaire à partir de combustible usé. Il n'est non plus pas possible de vérifier efficacement les engagements pris par des états qui disent vouloir renoncer à la production de combustible nucléaire. Par le passé, l'AEIA s'est non seulement révélée incapable de repérer certaines centrales clandestines, mais aussi à maintes reprises n'a découvert la présence de plutonium séparé et d'uranium enrichi (équivalant à de nombreuses bombes) que longtemps après leur production. Aucun système d'inspection, y compris le protocole additionnel, ne s'attaque véritablement à ces problèmes. Par conséquent, à moins d'être convaincu qu'un état n'ait aucune intention militaire, lui transférer les moyens d'exploiter un réacteur nucléaire comporte un risque de prolifération considérable. Si les états n'avaient réellement pas d'autre choix que le nucléaire pour répondre à leurs besoins de sécurité énergétique ou exigences en recherche scientifique, tout en réduisant leur empreinte carbone, il nous faudrait bien nous résigner à accepter*

---

15 Luc Barbé, « Energie nucléaire, la démocratie et le pouvoir », Revue Nouvelle, 12 décembre 2009.

*ces risques. Le nombre d'états du « seuil » augmenterait et au lieu d'évoluer vers un point zéro et réduire la menace atomique, nous nous rapprocherions chaque jour davantage de la concrétisation de ces risques ».<sup>16</sup>*



---

16 “Le risque de prolifération: dilemme du nucléaire civil et militaire”, Otfried Nassauer, Henry D. Sokolski, *Fondation Heinrich Boell*, 2011 : [http://archive.gef.eu/fileadmin/user\\_upload/HBS-Nassauer-Sokolski\\_FR\\_web.pdf](http://archive.gef.eu/fileadmin/user_upload/HBS-Nassauer-Sokolski_FR_web.pdf)

## 2.4. Une technologie indissociable de son usage militaire, dans un contexte de guerre aux portes de l'Europe

Le danger de prolifération nucléaire est proportionnel au nombre de nouvelles centrales dans le monde. Malgré tous les efforts de régulation de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), la limite entre l'usage civil et militaire de cette technologie reste franchissable. L'exemple le plus récent est l'extrême complexité du développement du nucléaire en Iran. En fin de compte, aucun pays ne peut être contraint à se soumettre à des contrôles de l'AIEA. Développer le nucléaire partout dans le monde, c'est développer potentiellement la prolifération de l'arme atomique, avec la menace extrême dont l'actualité ukrainienne est le sombre rappel, ou l'usage terroriste de matières radioactives.

La production d'électricité par l'atome pose des problèmes de sécurité colossaux, y compris au regard des risques de conflits militaires. Le fonctionnement correct d'une centrale atomique ne peut être garanti dans un contexte territorial de guerre : maintenir un refroidissement du réacteur et la protection des piscines est un enjeu crucial qui nécessite de l'énergie en suffisance ainsi qu'un approvisionnement en eau de façon continue. Les générateurs d'urgence ne peuvent fonctionner de façon autonome que quelques jours. Des incidents ou accidents autour des sites nucléaires peuvent avoir des conséquences directes sur le réacteur. Enfin, il est nécessaire de garder des équipes de maintenance compétentes, reposées, en suffisance, pour le bon fonctionnement des centrales. Ce qui s'est passé à Zaporijia ces derniers mois nous montre la fébrilité du fonctionnement d'une centrale atomique en temps de guerre. Et qui peut garantir un territoire sans conflit sur des décennies ? Malheureusement personne.

## **2.5. Le nucléaire est vulnérable aux changements climatiques**

De nombreux réacteurs ont dû fonctionner au ralenti ou être mis à l'arrêt à travers l'Europe (et le monde) ces dernières années en raison de conditions climatiques exceptionnelles. Les changements climatiques constituent une menace pour la sûreté des centrales et la production d'électricité, et ce d'autant plus que de tels événements sont appelés à augmenter en fréquence et en intensité dans le futur.

Comme toute centrale électrique à cycle vapeur, les centrales nucléaires doivent refroidir cette vapeur à l'aide de grandes quantités d'eau, au travers des tours réfrigérantes bien connues de tous. Ce qui explique qu'elles sont nécessairement situées le long d'une mer ou d'un fleuve. Avec les bouleversements climatiques, entre l'augmentation prévue du niveau des océans et l'augmentation de la température des fleuves, ces sources d'eau, vitales pour les réacteurs, vont voir leur situation se modifier fortement.

Ainsi, récemment, ce sont les vagues de chaleur qui ont créé le plus de frayeur aux exploitants de centrales nucléaires. Les canicules et périodes de sécheresse subies ces dernières années en Europe ont sérieusement altéré le refroidissement des centrales car la température de l'eau puisée était trop élevée et son débit trop bas pour lui permettre de jouer suffisamment son rôle. Or, l'augmentation de l'intensité et de la fréquence de périodes chaudes et sèches est prévisible dans les années à venir.

D'autres événements climatiques extrêmes constituent une menace pour les centrales nucléaires : les tempêtes, inondations, fortes chutes de neige ou vagues de froid. En décembre 1999, les vagues soulevées par des vents violents franchirent à plusieurs reprises la digue de protection de la centrale du Blayais, située dans l'estuaire de la Gironde (France), inondant des locaux, affectant les installations du site et mettant hors d'usage plusieurs installations de sauvegarde. De telles inondations ne sont pas non plus à exclure le long de cours d'eau en cas de crue, comme c'est arrivé en Allemagne le long de l'Elbe, en 2002. La plus récente vague de froid dans le sud des Etats-Unis, en février 2021, a démontré, là aussi, la fragilité des centrales nucléaires lors d'événements météorologiques hors normes.

La multiplication des événements décrits ci-dessus accroît la vulnérabilité aux changements climatiques de nos systèmes de production d'électricité hyper-centralisés et dépendants d'un nombre restreint d'unités de production comme les centrales nucléaires.

## **2.6. Les inondations en Wallonie en juillet 2021**

Les intempéries peuvent représenter un grave danger pour la sûreté nucléaire. En juillet 2021, la Belgique fait face aux plus graves inondations de son histoire récente. A hauteur de Tihange, la Meuse, dont le débit normal en été est de 50m<sup>3</sup> par seconde (pour 300m<sup>3</sup>/s en hiver) a approché les 2.200m<sup>3</sup>/s au pic de la crue, soit le seuil maximal de résistance prévu lors de la conception de la centrale, se rapprochant dangereusement de la limite critique des 2500m<sup>3</sup>/s, qui requiert l'activation de son Plan Interne d'Urgence (PIU).

En cas d'inondation d'une centrale nucléaire, les conséquences sont multiples et potentiellement gravissimes. A commencer par une perte des alimentations électriques externes, nécessaires au refroidissement des réacteurs, qu'ils fonctionnent ou pas. Une inondation peut également entraîner une perte de l'alimentation en eau de refroidissement à cause des déchets charriés par les cours d'eau pouvant obstruer les accès des pompes de refroidissement. Elle peut aussi impacter la sûreté des entrepôts de déchets radioactifs...

Suite à l'accident de Fukushima, les seuils de crue de référence avaient été augmentés à Tihange. Autrement dit, nous avons dépassé en juillet 2021 le niveau de débit de la Meuse contre lequel la centrale nucléaire de Tihange avait été conçue à l'origine.





## PROBLÈME N°3

### L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE N'EST PAS NEUTRE EN GAZ À EFFET DE SERRE (GES)

---

#### En résumé

♣ La production d'électricité ne représente qu'une partie des émissions de GES. Et l'industrie nucléaire est aussi émettrice de GES, même si sensiblement moins que les centrales thermiques traditionnelles. Mais il n'est pas possible de développer à grande échelle le nucléaire comme solution au défi climatique, tant il comporte intrinsèquement d'autres problèmes : trop lent à développer, trop cher, trop sale et trop dangereux. Ainsi que des contraintes géographiques, géologiques, financières, temporelles, sécuritaires, géopolitiques, démocratiques... La construction de nouvelles centrales n'est pas une solution crédible à la crise climatique.

♣ Proposer l'énergie nucléaire plutôt que les énergies fossiles pour la production électrique, c'est remplacer un problème par un autre, alors que les énergies renouvelables sont propres, sûres et compétitives. L'objectif - évident - pour les écologistes, c'est un monde sans GES ET sans déchets radioactifs.

#### 3.1. La production de GES du nucléaire

Les centrales nucléaires produisent actuellement environ 10 % de l'électricité mais seulement environ 4 % de l'énergie totale consommée dans le monde. Elles permettent donc d'éviter au mieux environ 4 % des



émissions de GES mondiales, si on suppose qu'elles se substituent à un *mix* moyen hors nucléaire<sup>1</sup>.

Toute production d'électricité est émettrice de GES. Certains moyens de production sont cependant de gros émetteurs (combustion du charbon, du pétrole, du gaz) et d'autres moins. La question du calcul de ces émissions reste toutefois complexe. Par exemple, concernant l'énergie produite par le nucléaire, la fission elle-même au sein du réacteur ne génère aucune émission de GES mais il faut, pour être exact, considérer l'impact en GES de la construction de la centrale, de son démantèlement futur, de l'extraction de l'uranium et du conditionnement du combustible et même de la gestion des déchets radioactifs pour les centaines de milliers d'années à venir. Pour pouvoir comparer les productions de GES des différentes sources d'énergie entre elles, il faut donc les analyser tout au long de leur cycle de vie.

Dans ce contexte de calculs complexes, les estimations d'émissions de GES par kWh<sup>2</sup> pour l'énergie nucléaire varient<sup>3</sup>. Le GIEC l'estime entre 3,7 et 110 gCO<sub>2</sub>e/kWh, avec une médiane à 12. Des calculs plus globaux de l'ADEME montent jusqu'à 66<sup>4</sup> (l'énergie éolienne tourne autour de 14 et le photovoltaïque autour de 40). Le chiffre moyen de 66 gCO<sub>2</sub>e/kWh est aussi celui avancé par Benjamin Sovacool dans son analyse comparative de plusieurs dizaines d'analyses de cycle de vie<sup>5</sup>. Pour Willem Storm Van Leeuwen, un des analystes les plus pointus dans le domaine, les chiffres se situent plutôt entre 88 et 146 gCO<sub>2</sub>e/kWh (cf encadré ci-dessous). Autrement dit, si le nucléaire émet, à l'évidence, nettement moins de GES que les énergies carbonées, il en émet tout de même davantage que les sources d'énergies renouvelables. En outre, tout bas carbone qu'elle soit, la production d'électricité par fission nucléaire génère quantité de déchets sales et dangereux, pour des durées inimaginables (voir Problème n°1. Le nucléaire est (très) sale).

Compter sur le nucléaire pour résoudre le problème des émissions de GES du secteur électrique, c'est en partie remplacer un problème par un autre.

---

1 <https://fr.boell.org/sites/default/files/2021-02/R%C3%A9seau%20Action%20Climat%20-%20livret%20nucl%C3%A9aire%20final.pdf>

2 Calculés en grammes d'équivalent-CO<sub>2</sub> par kilowattheure : gCO<sub>2</sub>e/kWh.

3 [www.rtb.be/article/fact-checking-quel-bilan-carbone-pour-l-energie-nucleaire-10407506](http://www.rtb.be/article/fact-checking-quel-bilan-carbone-pour-l-energie-nucleaire-10407506)

4 [www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD\\_DOC\\_FR/index.htm?renouvelable.htm](http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?renouvelable.htm)

5 [https://www.researchgate.net/publication/4948328\\_Valuing\\_the\\_Greenhouse\\_Gas\\_Emissions\\_from\\_Nuclear\\_Power\\_A\\_Critical\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/4948328_Valuing_the_Greenhouse_Gas_Emissions_from_Nuclear_Power_A_Critical_Survey)

## L'étude WISE de Storm van Leeuwen (2017)<sup>6</sup>

Le nucléaire est-il l'énergie bas carbone qui permettra à la Belgique d'atteindre ses objectifs climatiques ? La discussion technique doit éviter toute hypocrisie. D'une part, le fonctionnement d'une centrale nucléaire n'est pas à émissions nulles ou presque nulles. La centrale est l'élément le plus visible d'une série de processus industriels indispensables à son fonctionnement et à la gestion sécurisée de ses déchets. C'est bien l'ensemble du cycle industriel du nucléaire qui doit être pris en compte. Cette séquence d'activités industrielles, du minerai à l'électricité, à l'exception de la fission dans le réacteur, utilise des combustibles fossiles et nécessitent des réactions chimiques qui produisent des GES.

En amont, la construction des installations, leur maintenance et le fonctionnement de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, de l'extraction des minerais à leur enrichissement, sont générateurs d'importantes émissions de GES qui sont provoquées par les combustibles fossiles utilisés mais également par les processus chimiques nécessaires à l'enrichissement de l'uranium et à la fabrication d'autres éléments combustibles pour les réacteurs. Ceux-ci provoquent d'importantes émissions de gaz fluorés et chlorés, dont certains ont des potentiels de réchauffement climatique largement supérieurs à celui du CO<sub>2</sub>. Il est, en outre, probable que ces émissions de GES augmentent significativement avec le temps, au fur et à mesure que la teneur en uranium sera plus faible dans les gisements de minerais découverts.

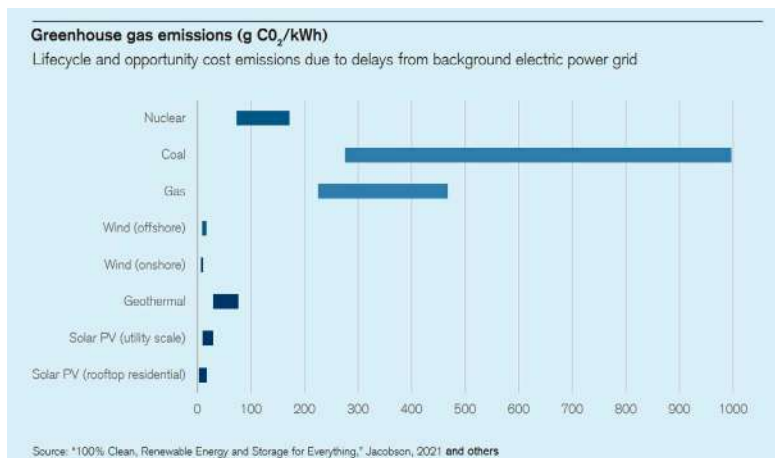
En aval, le démantèlement des installations, le traitement et le stockage des déchets impliquent des activités industrielles à grande échelle, nécessitant des quantités massives d'énergie. Mais comme seule une partie de ces processus en aval de la séquence industrielle

---

6 « Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions », Jan Willem Storm van Leeuwen pour WISE, Amsterdam, 2017. <https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/853/analysis-nuclear-greenhouse-gas-emissions>

du nucléaire est opérationnelle après 60 ans d'exploitation, il existe une dette énergétique à payer par les générations futures. Si on veut comparer l'intensité en GES de l'énergie nucléaire à celle des autres systèmes énergétiques, ces émissions différées doivent donc être ajoutées à celles qui sont générées pendant la construction et l'exploitation des centrales nucléaires.

Selon le rapport rédigé par Jan Willem Storm van Leeuwen pour WISE, la somme des émissions de l'ensemble de ces processus peut être estimée entre 88 et 146 gCO<sub>2</sub>e/kWh. Par comparaison, en analysant le « cycle de vie » des différentes sources d'énergie, l'éolien produit entre 5 et 10 g CO<sub>2</sub>e/kWh, les autres énergies renouvelables entre 10 et 40 gCO<sub>2</sub>e/kWh, les centrales au gaz 440 g CO<sub>2</sub>e/kWh et celles au charbon 1000 gCO<sub>2</sub>e/kWh. Ces ordres de grandeur relativisent l'avantage du nucléaire par rapport à des énergies renouvelables comme l'éolien ou le solaire photovoltaïque en matière d'émissions de CO<sub>2</sub>.



Le nucléaire est-il une des solutions aux changements climatiques ? La question est légitime et la réponse complexe. Certains scénarios, y compris publiés par le GIEC, prévoient une part de nucléaire dans le *mix* électrique mondial, fut-ce de façon transitoire. Mais cette contribution doit être fortement nuancée car la part d'électricité nucléaire dans la production mondiale d'énergie est tout à fait marginale (10% de l'électricité et 4% de l'énergie mondiale). Qu'on accepte ou pas la prise de risque et les inconvénients indéniables de l'énergie nucléaire, il est incontestable que la lutte contre les émissions de GES doit se faire sur bien d'autres terrains que celui-là. En matière d'électricité, réduire substantiellement les émissions de GES via le nucléaire, nécessiterait de construire, très rapidement et pendant des décennies, des centaines de nouveaux réacteurs atomiques partout dans le monde...

Or, cela n'est pas possible :

- Techniquement : on ne peut pas construire de réacteurs atomiques n'importe où. Il y a des contraintes géographiques et géologiques très importantes.
- Financièrement : vu le coût colossal de construction d'un nouveau réacteur, dans le marché libéralisé de l'énergie, le privé n'investit jamais seul pour construire une centrale nucléaire. Les investissements dans ce secteur sont nettement à la baisse.
- Géopolitiquement : la proximité entre les technologies nucléaires civile et militaire posent énormément de questions sur la diffusion à grande échelle de cette énergie comme en témoigne les problèmes avec le nucléaire iranien.
- En termes de délais : une centrale nucléaire prend de nombreuses années, parfois des décennies à se construire. Il faut 10 à 19 ans entre la décision d'un projet de réacteur nucléaire et sa capacité à commencer à produire de l'électricité<sup>7</sup>.

---

7 <https://fr.boell.org/sites/default/files/2021-02/R%C3%A9seau%20Action%20Climat%20-%20livret%20nucl%C3%A9aire%20final.pdf>

**Contraintes géographiques, géologiques, financières, temporelles, sécuritaires, géopolitiques, démocratiques... Au regard de l'urgence de réduire nos émissions de CO<sub>2</sub>, la construction de nouvelles centrales atomiques n'est clairement pas une solution face à la crise climatique.**

### **3.2. La fermeture des centrales nucléaires belges fera-t-elle « exploser » nos émissions de GES ?**

La fermeture des centrales nucléaires belges s'inscrit dans une volonté plus large de développer un mix électrique 100% renouvelable et un système énergétique neutre en carbone à l'horizon 2050. Il s'agit d'un défi technologique et sociétal considérable, fondé sur différents scénarios attestant de la crédibilité de l'objectif<sup>8</sup>. Mais vingt années ont été perdues. Plus un instant n'est donc à perdre si on veut développer ce mix qui permettra d'atteindre nos objectifs climatiques.

Partant de la situation actuelle de notre système énergétique, dans cet intervalle entre la fermeture des vieux réacteurs nucléaires et le déploiement suffisant des ENR, des technologies de stockage et des mécanismes de gestion de la demande, des centrales au gaz vont devoir remplacer une partie de la production d'électricité actuellement générée par le nucléaire. L'objectif reste cependant de faire fonctionner ces centrales le moins souvent possible, pour assurer les pics de consommation électrique quand le renouvelable ne suffit pas, et le moins longtemps possible, en agissant pour que l'usage du gaz naturel soit progressivement remplacé par du biogaz ou de l'hydrogène vert.

Notons que le gouvernement MR-NVA prévoyait en 2019 l'ouverture de 9 centrales au gaz et que la faible « pilotabilité » des réacteurs nucléaires rend indispensable une certaine disponibilité en centrales au gaz, très souples,

---

<sup>8</sup> Voir notamment l'étude d'Energyville (version janvier 2023) «Paths 2050 - The Power of Perspective» : <https://perspective2050.energyville.be/key-conclusions>. Ainsi que le rapport «Scénarios pour une Belgique climatiquement neutre d'ici 2050» de Climact et Vito (mai 2021) pour le SPF Santé publique - DG Environnement - Service Changements climatiques : <https://climat.be/2050-fr/analyse-de-scenarios>.

permettant de gérer les moments de tension entre offre et demande électrique.

Dans ce contexte complexe, non, l'installation de centrales au gaz ne va pas faire augmenter les émissions de CO<sub>2</sub> ; mais oui, malheureusement, elle ralentira légèrement, dans un premier temps notre rythme de réduction des émissions.

### 3.3. Les émissions de GES dans l'UE sont plafonnées

Ce recours limité au gaz s'inscrit dans un cadre européen (le système ETS) qui limite la quantité globale de GES émis par le secteur électrique de l'UE. Même si on ne peut que regretter l'ouverture de nouvelles centrales fossiles, il n'y aura donc pas d'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>. Le mécanisme ETS signifie en effet que le secteur industriel de toute l'Europe dispose d'un quota maximal d'émissions de GES. Les producteurs d'électricité sont dès lors dans l'obligation de partager ce quota, en fonction de la quantité de GES qu'ils émettent, peu importe leur lieu d'émission.

Ainsi, les nouvelles centrales au gaz ultramodernes belges entreront directement en concurrence avec les autres sources d'énergie plus polluantes. Si nous émettons transitoirement plus de GES en Belgique via de nouvelles centrales au gaz, d'autres centrales (au charbon) ailleurs en Europe seront dans l'obligation de fermer. En effet, dans le cadre de ce système ETS, les technologies de production d'électricité plus efficaces telles que les centrales Turbine-Gaz-Vapeur (TGV) que nous installerons en Belgique chassent du marché les centrales à charbon plus polluantes, notamment d'Allemagne ou de Pologne.

Malgré l'inconvénient incontestable de toute nouvelle installation fossile, nous pouvons conclure qu'à l'échelle continentale, l'impact sur les émissions carbone de nouvelles centrales au gaz belge serait quasi neutre<sup>9</sup>. Plus précisément, selon le Bureau Fédéral du Plan, les émissions européennes du secteur électrique en 2030 seraient de 415,8 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en

---

<sup>9</sup> Rapport du Bureau Fédéral du Plan : <https://www.dc2019.be>

cas de développement fort des renouvelables et de 414,96 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en cas de prolongation de deux réacteurs nucléaires. Si nous nous centrons sur les conséquences en termes d'émission sur le territoire belge, il faut rappeler que la prolongation pour 10 ans en Belgique de 2GW nucléaires facilitera notre trajectoire de transition en évitant environ 25 millions de tonnes (cumulées) d'équivalent CO<sub>2</sub>, soit... 1 à 2% de nos émissions de GES.

La décarbonation du système énergétique est réalisable mais implique de développer massivement les énergies renouvelables si on veut atteindre vraiment nos objectifs climatiques. Il n'empêche que dans cette perspective, l'apport de nouvelles centrales au gaz, est une nécessité regrettable et que nous devons tout faire pour en limiter l'impact en poursuivant une trajectoire de sortie des énergies fossiles. Plus vite nous développerons le renouvelable et améliorerons l'efficacité du système énergétique, moins ces centrales au gaz fonctionneront et émettront de CO<sub>2</sub>. Elles devront, à terme, n'être activées que pour fournir de la «flexibilité» en cas de pic de consommation non gérable d'une autre façon.

Pour lutter contre le changement climatique, le nucléaire est devenu trop cher (un euro investi dans le nucléaire servira moins à lutter contre les changements climatiques qu'un euro investi dans le renouvelable), et trop lent (pour peser substantiellement sur les émissions de GES, il faudrait construire très rapidement des centaines de nouvelles centrales atomiques). Or cela mettra des décennies - temps que la lutte climatique n'a plus - et serait aussi impayable que dangereux.



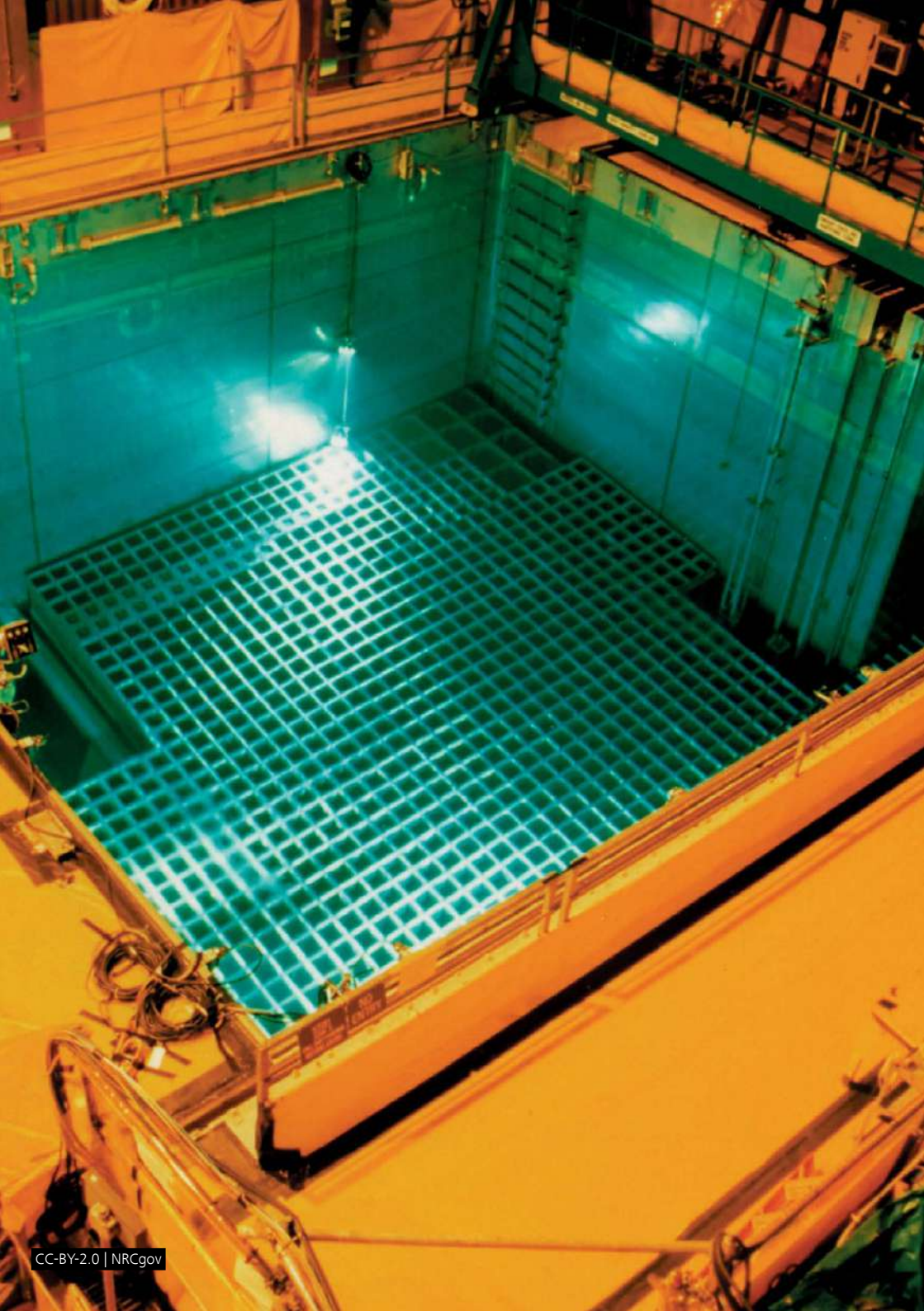
## **Le GIEC préconise-t-il le nucléaire comme solution au dérèglement climatique ?**

Le rapport 2018 du GIEC précise que pour rester en dessous d'un réchauffement planétaire d'1,5 degré, les émissions de GES doivent drastiquement diminuer d'ici 2030 et être nulles d'ici à 2050. Si le rythme d'émission actuel est maintenu, nous dépasserons les 2,5 degrés, avec des conséquences dramatiques. Il y a donc urgence.

Le GIEC propose pour ce faire une série de scénarios de transition. Certains incluent l'énergie nucléaire, d'autres pas.

Le GIEC précise par ailleurs la nécessité d'une transition du système énergétique, qui est déjà en cours dans de nombreux secteurs et régions du monde, en soulignant les progrès des secteurs éoliens et solaires ainsi que de celui du stockage d'électricité, au contraire de celui du nucléaire ou de la captation et du stockage des GES qui n'ont pas montré les mêmes améliorations. Le GIEC constate un ralentissement du développement du nucléaire dont la capacité de développement est limitée par les préoccupations du public, les questions liées à la gestion des déchets et la hausse de ses coûts.

Le GIEC nous impose de réduire nos émissions de GES rapidement, Dès lors, les bénéfices théoriques du nucléaire dans la lutte contre les changements climatiques sont trop faibles, trop lents, trop coûteux et trop risqués pour que l'on puisse compter sur lui.



## PROBLÈME N°4

## LE NUCLÉAIRE COÛTE TRÈS CHER

## En résumé

☹️ “ Ça va coûter cher, très cher ou très très cher ? ”

Lorsqu’une centrale nucléaire, a fortiori amortie, tourne à plein régime, le prix du mWh produit est effectivement bon marché, comparé à d’autres sources d’énergie. Mais le problème avec le nucléaire, ce sont ses coûts “cachés”, extrêmement élevés et souvent non maîtrisés.

## 4.1. De nouveaux réacteurs atomiques impayables

Les réacteurs nucléaires français construits dans les années 60 et 70 (des réacteurs à eau pressurisée) ont coûté approximativement 2 milliards d’euros pièce et leur construction a pris environ sept ans. Leur coût a été amorti sur la facture énergétique des consommateurs.

Ces modèles de centrales sont obsolètes et une nouvelle génération de réacteurs (les EPR) est en train de voir (difficilement) le jour en Europe : Flamanville (France), Hinkley Point (Angleterre) et Olkiluoto (Finlande). Les coûts de ces chantiers, dépassant tous les délais initiaux de construction, explosent : le chantier d’Hinkley Point était estimé à 19 milliards d’euros, la facture avoisine aujourd’hui les 25 milliards d’euros<sup>1</sup> ; l’EPR finlandais était estimé à 3,3 milliards d’euros et en aura coûté près de 11, avec un

<sup>1</sup> [www.lemonde.fr/economie/article/2019/09/25/surcout-de-5-milliards-d-euros-et-retards-pour-l-epr-construit-au-royaume-uni\\_6012978\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2019/09/25/surcout-de-5-milliards-d-euros-et-retards-pour-l-epr-construit-au-royaume-uni_6012978_3234.html)

retard de chantier de 12 ans<sup>2</sup> ; à Flamanville, le coût du réacteur EPR en construction était estimé à 3 milliards d'euros pour un chantier de cinq ans, il durera finalement plus de seize ans, pour une facture qui est finalement estimée aujourd'hui à... 19 milliards d'euros<sup>3</sup> ! Une durée de chantier multipliée par 4, des coûts multipliés par 6 !

Les nouveaux réacteurs nucléaires sont donc tout simplement impayables.

## 4.2. Un coût de prolongation très élevé

Une fois construite, une centrale nucléaire fonctionne effectivement à coût relativement stable et concurrentiel... jusqu'à la fin de sa durée prévue de fonctionnement. A ce moment, si on décide de ne pas fermer la centrale comme initialement prévu, il faut investir pour la rénover, mettre à jour les mesures de sécurité, etc.

En France, le coût de rénovation<sup>4</sup> pour une prolongation de 10 ans est estimé à 1,7 milliard d'euros<sup>5</sup> par réacteur. Sur un parc de 58 réacteurs, l'investissement dans une stratégie de prolongation avoisine donc les 100 milliards d'euros. En Belgique, la prolongation pour 10 à 20 ans coûtera à minima 500 millions d'euros par réacteur.

---

2 [www.20minutes.fr/monde/3251407-20220312-nucleaire-douze-ans-retard-epr-finlandais-olkiluoto-3-en-fin-service](http://www.20minutes.fr/monde/3251407-20220312-nucleaire-douze-ans-retard-epr-finlandais-olkiluoto-3-en-fin-service)

3 [www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2019/06/24/epr-de-flamanville-visualisez-comment-le-cout-et-la-duree-du-chantier-ont-triple-depuis-2007\\_5480745\\_4355770.html](http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2019/06/24/epr-de-flamanville-visualisez-comment-le-cout-et-la-duree-du-chantier-ont-triple-depuis-2007_5480745_4355770.html)

4 [www.montelnews.com/fr/news/1085693/prolonger-doel-4-et-tihange-3-coterait-eur-1-milliard-engie](http://www.montelnews.com/fr/news/1085693/prolonger-doel-4-et-tihange-3-coterait-eur-1-milliard-engie)

5 [www.lemonde.fr/economie/article/2016/02/10/centrales-nucleaires-des-couts-de-maintenance-estimes-a-100-milliards-d-euros\\_4862575\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2016/02/10/centrales-nucleaires-des-couts-de-maintenance-estimes-a-100-milliards-d-euros_4862575_3234.html)

### 4.3. Un coût de démantèlement sous-estimé

Lorsqu'une centrale arrive en fin de vie, il faut l'arrêter puis la démanteler avec comme but la décontamination, le démontage et l'élimination des structures et composants radioactifs. Ce démantèlement est un travail très complexe, long (estimé entre 6 et 15 ans<sup>6</sup>) et forcément... coûteux. Dès lors, les producteurs d'énergie nucléaire sont obligés de créer un fond de réserve pour garantir que le coût de ce démantèlement sera assumé. En Belgique, ce fonds représente actuellement 6,345 milliards d'euros<sup>7</sup>. Il est répercuté dans le prix du mWh nucléaire mais est-il suffisant ? Beaucoup d'experts estiment que c'est loin d'être assez.<sup>8</sup> A titre d'exemple, le coût du démantèlement du réacteur nucléaire Yankee Rowe, dans le Massachusetts, avait été estimé à 120 millions de dollars, mais la facture s'est élevée en fin de compte à 450 millions de dollars. En France, le projet-pilote de démantèlement d'un réacteur prototype de 80 MW s'est avéré **vingt fois** plus coûteux que prévu. Aujourd'hui selon une étude de Roland Berger, le coût de démantèlement d'un réacteur varie selon le type de celui-ci de 200 millions à presque un milliard d'euros<sup>9</sup>.

### 4.4. Un coût de gestion des déchets radioactifs incalculable et qui ne cesse de croître

Enfin, il y a le coût de la gestion des déchets radioactifs, dont les plus dangereux le sont pour des dizaines de milliers d'années. Il n'existe toujours aucune solution définitive validée pour ces déchets. En Belgique, comme dans d'autres pays, on étudie donc la possibilité d'un enfouissement profond qui pose de nombreux problèmes et questions. Depuis le lancement, en 1974, des programmes de recherches sur le stockage à long-terme des

---

6 [www.lecho.be/entreprises/energie/le-titanesque-chantier-du-demanterement-des-centrales-nucleaires-en-questions/10266649.html](http://www.lecho.be/entreprises/energie/le-titanesque-chantier-du-demanterement-des-centrales-nucleaires-en-questions/10266649.html)

7 <https://economie.fgov.be/fr/themes/energie/sources-denergie/nucleaire/les-provisions-nucleaires>

8 [www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/04/nucleaire-l-alerte-de-la-cour-des-comptes-sur-les-couts-du-demanterement\\_6031839\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/04/nucleaire-l-alerte-de-la-cour-des-comptes-sur-les-couts-du-demanterement_6031839_3234.html)

9 [www.usinenouvelle.com/article/le-demanterement-nucleaire-en-europe-un-marche-de-95-milliards-d-euros-selon-roland-berger.N940961](http://www.usinenouvelle.com/article/le-demanterement-nucleaire-en-europe-un-marche-de-95-milliards-d-euros-selon-roland-berger.N940961)

déchets radioactifs, environ 500 millions d'euros ont été consacrés à la recherche sur la faisabilité et la sûreté du stockage géologique. L'ONDRAF estime que d'ici à 2050, il faudra encore y ajouter 1,25 milliards d'euros.

Les coûts totaux du projet de stockage géologique profond en Belgique étaient initialement estimés à 3,5 milliards d'euros, pour passer successivement à 8 milliards, puis à plus de 10 milliards...<sup>10</sup> Or, le fond de gestion des matières fissiles irradiées dans les centrales nucléaires en Belgique s'élève actuellement à 8,03 milliards d'euros<sup>11</sup> On voit là clairement un des enjeux des négociations en cours avec Engie relatives à la prolongation de deux réacteurs nucléaires.

## 4.5. Le coût pharaonique des accidents et l'inassurabilité du nucléaire

De leurs côtés, les coûts potentiels des incidents et des accidents nucléaires sont difficiles à prendre en compte dans le coût du mWh, même s'ils sont bien réels. Ainsi, le sabotage (toujours non élucidé<sup>12</sup>) en 2014 d'un des réacteurs à Doel à coûté près de 100 millions d'euros à Engie<sup>13</sup>. Et en cas d'accident plus important, **aucune compagnie d'assurance au monde n'accepte de couvrir les centrales nucléaires.**

Le montant maximal du dommage à concurrence duquel la responsabilité de l'exploitant est engagée, s'élève à 1,2 milliard € pour chaque accident nucléaire ! Les coûts supplémentaires seraient donc à charge des contribuables (voir à ce sujet le Price Anderson Act, cadre légal américain d'irresponsabilité des exploitants dont s'inspire aujourd'hui la législation européenne<sup>14</sup>). A titre d'exemple - et d'échelle - le coût de la catastrophe

---

10 [www.rtb.be/info/dossier/investigation/detail\\_provisions-nucleaires-plusieurs-milliards-toujours-absents?id=10651000](http://www.rtb.be/info/dossier/investigation/detail_provisions-nucleaires-plusieurs-milliards-toujours-absents?id=10651000)

11 <https://economie.fgov.be/fr/themes/energie/sources-denergie/nucleaire/les-provisions-nucleaires>

12 [www.rtb.be/article/sabotage-de-la-centrale-nucleaire-doeel-4-l-enquete-s-est-cloturee-sans-inculpation-10823076](http://www.rtb.be/article/sabotage-de-la-centrale-nucleaire-doeel-4-l-enquete-s-est-cloturee-sans-inculpation-10823076)

13 [www.vrt.be/vrtnws/fr/2019/08/05/le-sabotage-de-doeel-4-reste-un-mystere-5-ans-apres-les-faits/](http://www.vrt.be/vrtnws/fr/2019/08/05/le-sabotage-de-doeel-4-reste-un-mystere-5-ans-apres-les-faits/)

14 <https://blogs.mediapart.fr/la-parisienne-liberee/blog/130314/nucleaire-et-responsabilite-civile>

de Tchernobyl est estimé, a minima, à plus de 200 milliards d'euros<sup>15</sup>, celle de Fukushima dépasse aujourd'hui les 170 milliards, alors que le compteur tourne toujours... L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) a étudié le coût économique d'un accident nucléaire, s'il survenait en France<sup>16</sup>. Un accident grave coûterait en moyenne 120 milliards d'euros, un accident majeur, 430 milliards d'euros... soit le PIB de la Belgique.

Dans une interview récente, Patrick Pouyanné, patron de Total Energies, explique pourquoi l'entreprise ne se lancera pas dans le nucléaire. Reconnaisant qu'ils ont étudié très sérieusement la question, il conclut : « *c'est très capitalistique et le cocktail de risque est trop important pour une entreprise privée* »<sup>17</sup>. Trop cher et trop dangereux, donc.

En Allemagne, une étude commanditée par le *Versicherungsforen Leipzig*, un prestataire de services pour les compagnies d'assurance, a calculé en 2011 que si une assurance voulait constituer des primes suffisantes pour une centrale nucléaire en l'espace de 50 ans, par exemple, elle devrait demander 72 milliards d'euros par an pour la responsabilité civile<sup>18</sup> ! **En pratique, les réacteurs ne peuvent donc pas être assurés, à moins que le prix de l'électricité ne soit multiplié par... vingt.** L'étude explique les années de distorsion du marché en faveur de l'énergie nucléaire et au détriment de la concurrence. Uwe Leprich de l'Université des Sciences appliquées de Sarrebruck, y démontre ainsi que « *l'énergie nucléaire n'est pas compétitive lorsqu'elle est considérée d'un point de vue économique approprié en termes de politique réglementaire.* »<sup>19</sup>

---

15 [www.lemonde.fr/talents-fr/article/2006/04/28/le-cout-economique-de-l-accident-de-tchernobyl-reste-une-enigme\\_764600\\_3504.html](http://www.lemonde.fr/talents-fr/article/2006/04/28/le-cout-economique-de-l-accident-de-tchernobyl-reste-une-enigme_764600_3504.html)

16 [www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations\\_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/cout-economique-accident/Pages/2-cout-economique-pour-2-scenarios.aspx](http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/cout-economique-accident/Pages/2-cout-economique-pour-2-scenarios.aspx)

17 [https://www.lepoint.fr/economie/patrick-pouyanne-on-nous-demande-de-prendre-des-decisions-que-les-etats-ne-prennent-pas-30-06-2022-2481642\\_28.php](https://www.lepoint.fr/economie/patrick-pouyanne-on-nous-demande-de-prendre-des-decisions-que-les-etats-ne-prennent-pas-30-06-2022-2481642_28.php)

18 Berechnung einer risikoadäquaten Versicherungsprämie zur Deckung der Haftpflichtrisiken, die aus dem Betrieb von Kernkraftwerken resultieren. Eine Studie im Auftrag des Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE), Versicherungsforen, Leipzig, avril 2011.

19 [www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/risiko-atomkraft-forscher-errechnen-horrende-haftpflicht-kosten-fue-r-akw-a-761826.html](http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/risiko-atomkraft-forscher-errechnen-horrende-haftpflicht-kosten-fue-r-akw-a-761826.html)

### **Pendant ce temps, en 2021**

« En 2021, l'investissement total dans la capacité de production d'électricité renouvelable non hydroélectrique a atteint le chiffre record de 366 milliards de dollars US, soit 15 fois les décisions d'investissement mondiales déclarées pour la construction de centrales nucléaires, qui ont néanmoins augmenté par rapport à l'année précédente d'environ un tiers, à 24 milliards de dollars US pour 8,8 GW.

Les investissements dans l'énergie solaire ont bondi de 37 % pour atteindre 204 milliards de dollars US et les investissements dans les centrales éoliennes ont augmenté de 2,8 % pour atteindre 146 milliards de dollars US.

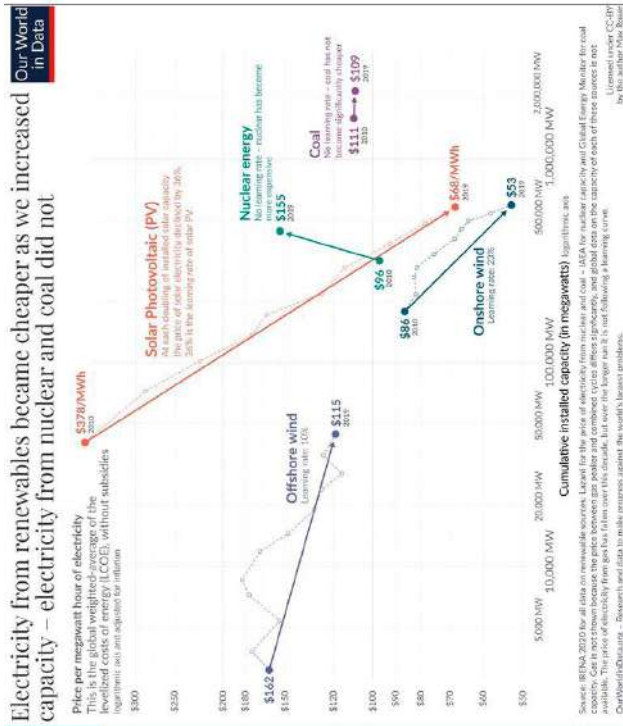
Respectivement, les investissements dans le solaire représentent 8,5 fois et l'éolien 6 fois les décisions d'investissement dans l'énergie nucléaire »

World Nuclear Industry Status Report, 2022.



## Coût comparé de la production d'électricité

Les énergies renouvelables électriques, éolienne et solaire, sont les moyens les moins coûteux de production, avec des tendances baissières fortes, au contraire des énergies fossiles et fissiles.





## PROBLÈME N°5

L'ALLEMAGNE REMPLACE-T-ELLE LE  
NUCLÉAIRE PAR DU RENOUVELABLE TOUT  
EN DIMINUANT SES ÉMISSIONS DE GES ?**En résumé**

♣ En Allemagne, la baisse des émissions de GES est constante depuis plus de vingt ans. La sortie du nucléaire n'augmente pas les émissions de GES même si elle ralentit leur réduction. L'Allemagne a fait le choix politique en 2011 de sortir progressivement du nucléaire et accomplit aujourd'hui sa transition énergétique en maîtrisant ses émissions de GES.

♣ « Contrairement à une idée reçue tenace, la sortie du nucléaire n'a PAS fait augmenter la part du charbon : celui-ci représentait 49 % de la production électrique en 2015, contre 24 % en 2020. »

La guerre en Ukraine a bouleversé la trajectoire de transition énergétique allemande et en particulier mis en évidence la très grande dépendance du pays envers le gaz russe. Dans ce contexte, des réacteurs nucléaires ont été prolongés de quelques mois et des centrales au charbon ont dû être provisoirement relancées pour garantir l'approvisionnement en électricité de l'Allemagne, mais aussi de la France confrontée à l'arrêt de la moitié de son parc de centrales atomiques. Néanmoins, les objectifs de la transition du système énergétique allemand ont été renforcés et les moyens d'investissement augmentés. Ainsi, la sortie totale du charbon planifiée pour 2038 est dorénavant fixée à 2030...

Les défenseurs de l'atome affirment fréquemment que l'Allemagne, qui a développé une stratégie de sortie du nucléaire, remplacerait la fermeture de ses réacteurs par l'ouverture de centrales à charbon et lignite, extrêmement polluantes et émettrices de GES.

L'Allemagne s'est engagée, comme de nombreux pays, à une réduction progressive de ses émissions de gaz à effet de serre. Les objectifs allemands sont même les plus ambitieux de tous les grands pays industrialisés avec une réduction, d'ici à 2050, de 80 à 95 % des émissions par rapport à 1990. La sortie du nucléaire n'a pas fait augmenter les émissions globales de GES de l'Allemagne, qui continuent de baisser année après année, même si elle a ralenti la trajectoire. La forte poussée des renouvelables, encouragée par la sortie du nucléaire, permet par ailleurs d'éliminer petit à petit les centrales les plus fortement émettrices de GES<sup>1</sup>. La transition énergétique est en marche en Allemagne, c'est un processus lent, complexe, qui mettra encore du temps, mais qui permet à la première puissance économique d'Europe de relever le défi climatique et la transition indispensable.

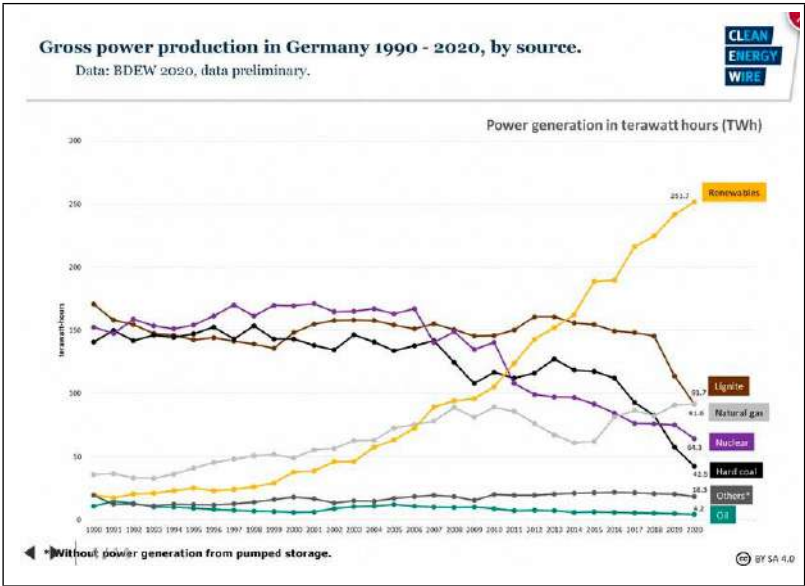
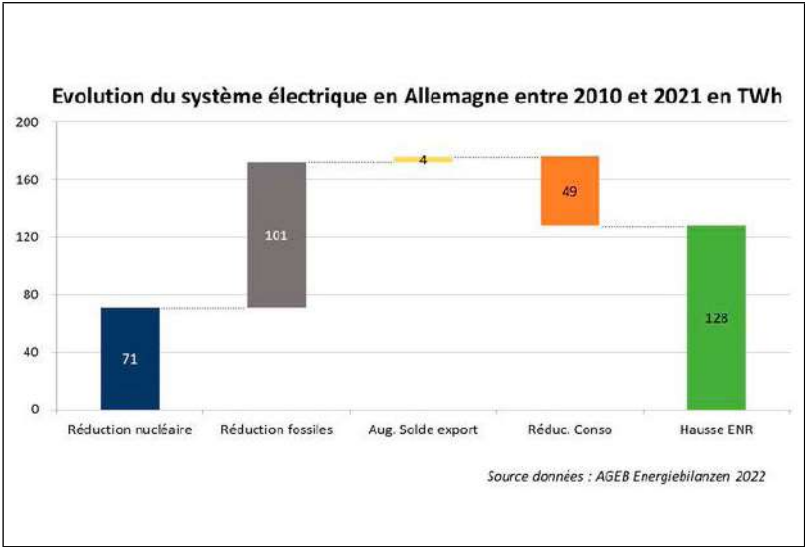
**En Allemagne, ce sont les énergies renouvelables qui remplacent le nucléaire<sup>2</sup>.** La sortie du nucléaire n'a nullement fait augmenter les émissions de GES. Entre 2000 et 2020, la part du nucléaire est passée de 30% à 11% et celle du charbon dans le *mix* énergétique allemand est passée de 49% à 24%<sup>3</sup>.

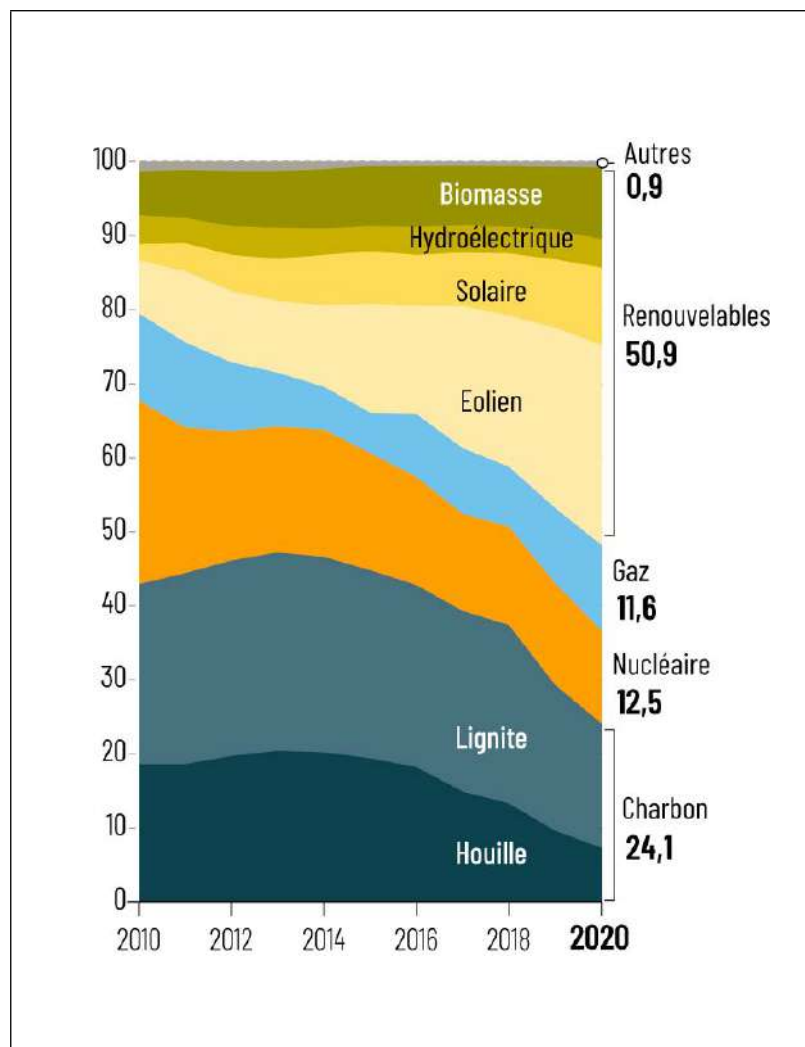
---

1 [www.revolution-energetique.com/lallemagne-et-son-charbon-mythes-et-realites/](http://www.revolution-energetique.com/lallemagne-et-son-charbon-mythes-et-realites/)

2 [www.greenpeace.fr/la-sortie-du-nucleaire-en-allemande-a-t-elle-ete-compensee-par-une-hausse-de-la-production-de-charbon/](http://www.greenpeace.fr/la-sortie-du-nucleaire-en-allemande-a-t-elle-ete-compensee-par-une-hausse-de-la-production-de-charbon/)

3 [https://institutdelors.eu/wp-content/uploads/2021/09/PP270\\_Energiewende\\_Delair-PellerinCarlin\\_FR.pdf](https://institutdelors.eu/wp-content/uploads/2021/09/PP270_Energiewende_Delair-PellerinCarlin_FR.pdf)





Source: <https://www.alternatives-economiques.fr/sortir-charbon-nucleaire-lexemple-allemand/00099790>







## PROBLÈME N°6

# LE NUCLÉAIRE NOUS REND ÉNERGÉTIQUEMENT DÉPENDANTS D'AUTRES PAYS

---

## En résumé

♣ Les pays de l'UE ne possèdent que 2% des réserves mondiales d'uranium, et la Belgique n'en possède pas. On ne peut donc vraiment pas parler d'indépendance énergétique... Les seules énergies qui nous garantissent l'indépendance, ce sont les énergies renouvelables.

## 6.1. Une indépendance toute relative

Les défenseurs de l'énergie nucléaire brandissent souvent l'avantage géopolitique de l'indépendance énergétique qu'elle permettrait. Ce fut même un argument principal en France dans les années 70, après le premier choc pétrolier : développer massivement le nucléaire devait alors permettre à la France d'assurer son indépendance énergétique sans plus dépendre des pays exportateurs de pétrole.

Pourtant, le nucléaire ne garantit pas l'indépendance énergétique de la Belgique, qui dépend très largement d'importations de gaz et de pétrole, comme l'actualité nous le rappelle. D'une part, parce que la société gestionnaire du parc nucléaire n'est pas belge mais française, avec tout ce que cela comporte comme complexité vu son importance déterminante dans le système électrique national. D'autre part, parce que l'uranium utilisé comme combustible ne vient ni de Belgique, ni de France.

Or, les réserves d'uranium-235, nécessaire pour faire tourner les réacteurs, sont insuffisantes pour faire face à une hausse importante de la capacité nucléaire. Elles sont estimées à un peu plus d'un siècle d'usage au rythme de consommation actuel et évidemment d'autant moins si le nucléaire devait se développer significativement.

Les plus grands producteurs d'uranium sont l'Australie, le Canada, le Kazakhstan, la Namibie, le Niger et la Russie. Ces 6 pays produisent 80% de la production mondiale. Mais l'uranium doit être enrichi avant d'être commercialisé comme combustible et la Russie contrôle au moins 35% de l'offre mondiale d'uranium enrichi. La production d'uranium est donc extrêmement concentrée, bien plus que le pétrole. De ce fait, le chantage à l'uranium est plus facile que celui au pétrole. C'est pour cela que la France, très dépendante du nucléaire, attache une aussi grande importance à s'assurer un approvisionnement sûr, en particulier au Niger. Le Niger, le Kazakhstan et la Namibie peuvent difficilement être considérés comme des fournisseurs « sûrs ». Quant au Canada et à l'Australie, l'opposition aux mines d'uranium (populations locales, propriétaires, pêcheurs, chasseurs, touristes, etc.) est de plus en plus forte, rendant l'extension ou l'ouverture de nouvelles mines des plus aléatoires.

## 6.2. Une dépendance vis à vis de la Russie

Un autre élément avancé, en particulier suite à l'agression russe en Ukraine, est que le nucléaire nous permettrait d'assurer notre indépendance énergétique vis-à-vis de la Russie. Cet élément est pourtant à nuancer, à travers notamment l'exemple belge.

Environ 20% de l'uranium utilisé dans les centrales nucléaires européennes provient de Russie. L'uranium utilisé dans les centrales belges provient, quand à lui, de divers pays : Kazakhstan, Russie, Niger ou Ouzbékistan mais 40% de celui-ci serait lié à la Russie<sup>1</sup> si on tient compte du cycle du combustible. En effet, les centrales ne s'alimentent pas d'uranium mais de

---

<sup>1</sup> [www.lesoir.be/440230/article/2022-05-05/40-de-luranium-utilise-dans-les-centrales-nucleaires-belges-est-lie-la-russie](http://www.lesoir.be/440230/article/2022-05-05/40-de-luranium-utilise-dans-les-centrales-nucleaires-belges-est-lie-la-russie).

combustibles dont la production est adaptée à la technologie des réacteurs, ce qui limite les possibilités de changement rapide de fournisseur. Il en va de même pour les processus d'obtention de licence d'exploitation. On ne peut donc pas remplacer du jour au lendemain l'origine du combustible de nos centrales.

La conversion, l'enrichissement de l'uranium et la fabrication de combustible sont des processus techniques sophistiqués qui sont réalisés dans un petit nombre d'installations à travers le monde. La Russie s'impose comme un leader mondial dans ce domaine<sup>2</sup>. La société russe Rosatom est devenu le principal acteur de la production de combustible à l'échelle mondiale, dominant la conversion (35 % des parts du marché) ainsi que l'enrichissement (36 %), avec une stratégie d'expansion notamment vers les mines d'uranium africaines<sup>3</sup>. Rosatom, qui dépend directement du Kremlin, est très fortement présente au Kazakhstan ainsi que dans le processus d'enrichissement de l'uranium kazakh. La stratégie d'expansion russe repose donc sur l'acquisition et le développement d'exploitations à l'étranger, via Uranium One, filiale de Rosatom. La Russie souhaite d'ailleurs encore accroître son poids dans le secteur dans la décennie à venir grâce à sa stratégie d'expansion dans le nucléaire (Stratégie Énergie 2035)<sup>4</sup>. En outre, le contrat pour nos centrales entre la société belge Synatom et le fournisseur Uranium One, filiale de Rosatom, arrive à échéance. Prolonger nos centrales oblige donc à renégocier un nouveau contrat avec la Russie dans un rapport de forces favorable à Moscou.

Enfin, les prix mondiaux de l'uranium grimpent depuis deux ans. Aujourd'hui, la guerre en Ukraine pousse certaines transactions à la hausse.

**L'uranium venant de Russie ou enrichi par la Russie n'est donc pas anecdotique. Ainsi, en 2022, malgré toutes les restrictions, la France a acheté près de 290 tonnes d'uranium enrichi à la Russie pour un montant de 345 millions d'euros ! Il suffit de voir le cas français<sup>5</sup>.**

---

<sup>2</sup> <https://theconversation.com/russias-energy-clout-doesnt-just-come-from-oil-and-gas-its-also-a-key-nuclear-supplier-179444>

<sup>3</sup> <https://theconversation.com/industrie-nucleaire-le-grand-jeu-geopolitique-175901>

<sup>4</sup> [www.iris-france.org/notes/les-strategies-nucleaires-civiles-de-la-chine-des-etats-unis-et-de-la-russie/](http://www.iris-france.org/notes/les-strategies-nucleaires-civiles-de-la-chine-des-etats-unis-et-de-la-russie/).

<sup>5</sup> <https://www.lexpress.fr/environnement/edf-et-luranium-russe-vite-la-transparence-26PJCHWY-7ZAHPO5GV7VR6GDZWM/>

**La dépendance n'est pas que financière, elle est aussi stratégique. Les pays de l'UE ne possèdent que 2% des réserves mondiales d'uranium, et la Belgique n'en possède pas. Qui peut vraiment parler d'indépendance énergétique ?**

### **6.3. La face cachée de l'exploitation de l'uranium<sup>6</sup>**

Si les problèmes en aval de la filière nucléaire (déchets, retraitement, transport, enfouissement) sont régulièrement mis en lumière, les activités en amont (mines, transformation chimique, enrichissement, etc.) font rarement la une de l'actualité. Pourtant, les nuisances qui sont liées à ces activités, notamment l'exploitation des mines d'uranium, sont particulièrement polluantes et ont de forts impacts sociaux, environnementaux et sanitaires.

L'installation des mines occasionne la destruction ou le déménagement de villages entiers, le détournement de rivières ainsi que la stérilisation de terrains agricoles et de terrains naturels. Le traitement du minerai exige l'usage de produits chimiques toxiques qui sont régulièrement déversés dans l'environnement. Les amoncellements de résidus miniers conservent 85% de la radioactivité du minerai d'origine et contiennent également des matières chimiques toxiques : acides, arsenic, nitrates et métaux lourds. Le problème de l'élimination de ces déchets radioactifs est très complexe et n'a jamais été réellement abordé. D'immenses tas de résidus ont été abandonnés lors de la fermeture de mines. En France, on évalue le stock de résidus à environ 50 millions de tonnes<sup>7</sup>.

Le minerai d'uranium extrait du sol et broyé est plus dangereux que l'uranium à l'état naturel car il expose davantage les humains, la faune et la flore à la radioactivité de l'uranium lui-même et des gaz et solides radioactifs qu'il répand dans l'environnement. Les personnes qui courent le plus grand risque sont les mineurs qui transportent l'uranium vers la surface. Les produits de filiation du radon sont présents dans la poussière microscopique qu'ils respirent. Les gisements à très haute teneur en uranium constituent

---

<sup>6</sup> Voir aussi [www.lemonde.fr/culture/article/2013/03/20/les-minerais-de-la-mort\\_1849178\\_3246.html](http://www.lemonde.fr/culture/article/2013/03/20/les-minerais-de-la-mort_1849178_3246.html)

<sup>7</sup> <https://inventaire.andra.fr/la-gestion-des-residus-de-traitement-des-mines-d-uranium>

un risque encore plus grand pour les mineurs à cause de niveaux très élevés de radioactivité. Libéré en grande quantité par l'activité minière, le gaz radon-222 peut provoquer le cancer du poumon, des maladies du sang, des troubles rénaux et des problèmes de reproduction. Le radium-226 est un autre sous-produit de l'uranium en désintégration. Il s'agit d'un métal lourd radioactif. Ses effets reconnus sont plusieurs types de cancers. De tous les sous-produits de la désintégration de l'uranium, le thorium-230 a la demi-vie la plus longue, soit 76.000 ans. Il est particulièrement toxique pour le foie et les reins.

L'activité d'extraction de l'uranium, comme toute activité minière, pose aussi le problème des droits des populations locales. Ce problème est d'autant plus aigu que de nombreux sites mettent en danger des populations autochtones déjà fragilisées. C'est le cas des Inuits au Canada, des Navajos aux États-Unis, des Aborigènes en Australie et des Touaregs au Niger. L'implantation de sites industriels de grande taille constitue souvent un profond changement pour les populations autochtones, avec de nombreux effets néfastes : propagation de maladies, déstabilisation sociale... sans parler de l'exposition aux pollutions<sup>8</sup>.

## 6.4. La sécurité d'approvisionnement

Le nucléaire est un système de production extrêmement centralisé : un réacteur à l'arrêt, c'est directement 1000 MW de moins sur le réseau. En 2018, par exemple, une bonne partie du parc nucléaire belge a été mis à l'arrêt de façon imprévue et la capacité de production du pays a diminué avec un taux de disponibilité nucléaire de seulement 50%<sup>9</sup>. Or, avec des centrales vieillissantes, la fréquence des incidents, pannes, entretiens, etc. augmente. Sans parler des pannes génériques comme celle de 2007 en France, qui a provoqué le doublement du prix de l'électricité pendant plusieurs mois. Dépendre d'une poignée de réacteurs pour près de 50% de notre électricité, c'est donc mettre la sécurité d'approvisionnement en péril.

---

8 <https://www.rfi.fr/fr/afrique/20230118-niger-r%C3%A9v%C3%A9lations-inqui%C3%A9tantes-sur-la-pollution-radioactive-de-la-cominak>

9 [www.lavenir.net/extra/content/webdoc/reacteurs-nucleaires/](http://www.lavenir.net/extra/content/webdoc/reacteurs-nucleaires/)

Par ailleurs, nous l'avons vu, l'industrie nucléaire dépend intégralement des importations d'uranium, de pays parfois très instables. Contrairement à ce qui se dit fréquemment, c'est donc paradoxalement le nucléaire qui augmente le risque de blackout. La situation en France en automne 2022, avec la moitié des réacteurs atomiques à l'arrêt pour maintenance ou problèmes de corrosion nous démontre une fois encore les risques à mettre « tous ses oeufs dans le même panier ».

## **6.5. Vers une augmentation des importations d'électricité ?**

Nos importations d'électricité ne vont pas exploser en 2025. Si l'on se réfère aux résultats de l'étude EnergyVille<sup>10</sup>, en 2030 nous importerons 8,8 TWh sur une demande de 89,3 TWh (9,85 %) contre 6,5 TWh sur une demande de 89,5 TWh (7,26%) en cas de prolongation de 2 GW de nucléaire sur 10 ans. En vérité, et c'est ironique de le relever, les niveaux d'importation d'électricité les plus élevés au cours des 30 dernières années ont été causés par l'indisponibilité non planifiée de plusieurs réacteurs nucléaires en 2018 (17 TWh d'importations)<sup>11</sup>. Une étude<sup>12</sup>, publiée en octobre 2020 par l'Institut de l'environnement de Munich (Umweltinstitut München), précise même : « Les centrales nucléaires belges sont également devenues si peu fiables qu'elles mettent en danger la sécurité de l'approvisionnement au lieu de la renforcer. Les pannes imprévues sont de plus en plus fréquentes et, avec elles, des situations dans lesquelles une grande quantité d'électricité doit être fournie immédiatement pour compenser une lourde charge pour le système électrique belge. Les facteurs de stabilisation sont principalement attribuables aux énergies renouvelables. Leur croissance au cours des dernières années peut compenser une partie de l'énergie nucléaire.

---

10 Energyville. 2020. « Belgian Long Term Electricity System Scenarios »

11 [www.lavenir.net/extra/content/webdoc/reacteurs-nucleaires](http://www.lavenir.net/extra/content/webdoc/reacteurs-nucleaires)

12 Anika LIMBACH, [https://findunucleaire.be/doc/Etudes/Umweltinstitut-Munich/Securite\\_de\\_l\\_approvisionnement\\_en\\_electricite\\_en\\_Belgique\\_oct2020.pdf](https://findunucleaire.be/doc/Etudes/Umweltinstitut-Munich/Securite_de_l_approvisionnement_en_electricite_en_Belgique_oct2020.pdf)

Cependant, l'inverse est également vrai : plus on ferme de centrales nucléaires, plus on crée de possibilités pour les énergies renouvelables. Les investissements, notamment dans les centrales éoliennes, augmenteront alors à nouveau. Pour cette raison également, une sortie rapide du nucléaire en Belgique assurerait une plus grande stabilité du secteur de l'électricité.»





## PROBLÈME N°7

# LE NUCLÉAIRE RALENTIT LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

---

## En résumé

♣ La production nucléaire n'offre pas et n'a jamais offert la flexibilité nécessaire au développement des énergies renouvelables. Au contraire, elle a tendance à les ralentir, et à verrouiller les investissements nécessaires au développement du renouvelable.

♣ Les réacteurs nucléaires ne sont quasi pas pilotables : lors des périodes de fortes productions d'énergie renouvelable, on peut être amené à brider ou arrêter les parcs éoliens, diminuant fortement leur rentabilité et donc leur possibilité de développement ! Le nucléaire est un frein important au déploiement des énergies renouvelables. La situation française nous le démontre: bien souvent, au plus un pays est nucléarisé, au moins il développe des énergies renouvelables.

Contrairement aux discours sur leur complémentarité, le renouvelable est entravé dans son expansion par le manque de flexibilité des réacteurs nucléaires. La flexibilité est fondamentale pour venir en complément des énergies renouvelables intermittentes (quand le vent ne souffle pas et que le soleil ne brille pas). Mais les centrales nucléaires n'ont pratiquement aucune flexibilité car il est difficile de diminuer leur puissance et de les éteindre/redémarrer. Ce défaut explique en partie les prix de l'électricité négatifs que nous avons parfois observés sur le marché «journalier» européen. A certains moments (quand le vent souffle), il y a trop d'électricité sur les réseaux. Les producteurs doivent alors payer pour s'en débarrasser ou

couper leurs installations<sup>1</sup>. C'est le monde à l'envers ! Le peu de flexibilité des centrales nucléaires s'avère alors coûteux pour l'ensemble du système. Cette flexibilité est, par contre, permise par des centrales au gaz : il est facile de les allumer ou de les éteindre très rapidement et de les faire fonctionner précisément en fonction des besoins. C'est pourquoi le gaz est un mal nécessaire, mais temporairement et à court terme. Au plus le renouvelable se développera en Belgique, au moins ces centrales tourneront, ce qui est rendu plus difficile avec le nucléaire.

La transition énergétique a besoin de flexibilité maximale : gestion de la demande, diminution de la consommation, centrales de cogénération (chaleur et électricité), stockage mécanique (comme à Coö) ou autre (hydrogène), développement de l'auto-consommation locale... Toutes ces solutions sont nécessaires afin d'intégrer au mieux l'électricité de source renouvelable. La production nucléaire n'offre pas ce potentiel de flexibilité et tout l'argent investi dans les centrales nucléaires continuera à rendre notre système énergétique hostile aux investissements renouvelables.

---

<sup>1</sup> Le 13 avril 2020, en Belgique, les producteurs d'électricité, notamment éolienne, ont dû payer jusqu'à 115€ par MWh pour pouvoir injecter leur électricité sur le réseau; et ce alors que les centrales nucléaires fonctionnaient de plein pot !





## PROBLÈME N°8

LE SECTEUR DU NUCLÉAIRE EST OPAQUE  
ET PEU DÉMOCRATIQUE

## En résumé

❖ *Le nucléaire reste un secteur opaque et secret où la désinformation domine. Parce qu'il s'agit d'une technologie potentiellement extrêmement dangereuse, liée aux armes de destruction massive, parce qu'une centrale nucléaire est aussi une cible pour toute personne ou état malveillant, l'industrie nucléaire ne peut exister que dans des conditions de sécurité nationales élevées, impliquant une chape de plomb opaque et un contrôle démocratique quasiment impossible avec des citoyen.nes et des élu.e.s tenu.e.s de faire confiance à défaut de savoir.*

## 8.1. La production de l'ignorance

Depuis son origine dans les années 50, le secteur nucléaire carbure à la dissimulation et échappe aux règles démocratiques. L'historienne des sciences et sociologue américaine Gabrielle Hecht<sup>1</sup> parle même, dans le cas de l'industrie nucléaire, d'**agnostologie**<sup>2</sup> : la production de l'ignorance.

<sup>1</sup> Voir par exemple : Hecht, Gabrielle, *Uranium africain, une histoire globale*, Paris, Le Seuil, coll. « L'Univers Historique », 2016, 416 p.

<sup>2</sup> Le terme « agnotologie » a été introduit par l'historien des sciences Robert N. Proctor (Université de Stanford) pour désigner l'étude de l'ignorance, de la même manière que l'épistémologie au sens large est l'étude de la connaissance. Mais « l'agnostologie » désigne en même temps la production de cette ignorance, tout comme la science est (censée être) la production de la connaissance. Pour en savoir plus, voir par exemple : [www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/terre-a-terre/lobbying-et-regulations-3-la-fabrication-de-l-ignorance-6111300](http://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/terre-a-terre/lobbying-et-regulations-3-la-fabrication-de-l-ignorance-6111300)

Dans une démocratie moderne, des décisions aussi importantes que le choix de l'atome comme stratégie énergétique peuvent-elles échapper au Parlement ? Eh bien oui : les décisions de construire les réacteurs nucléaires de Doel et Tihange ont été prises sans débat, ni feu vert du Parlement. Jusqu'en 1999, des choix politiques aussi importants que la tarification électrique, les politiques d'amortissement des centrales, la constitution des provisions nucléaires... ont été actés en petit comité, loin du Parlement<sup>3</sup>. En France pareillement<sup>4</sup>. Histoire ancienne ? Pas tant que cela : ces quinze dernières années encore, des orientations essentielles ont été prises sous le signe de la «Pax Electrica», via des pactes entre le gouvernement et le secteur industriel (Electrabel - Engie), qui doivent ensuite être minutieusement mis en œuvre sous peine d'amendes à payer par les contribuables. Tout cela sans la moindre intervention du Parlement. Ce type de mécanisme d'affaiblissement de l'Etat de droit n'existe dans aucun autre secteur économique. Et le niveau européen ne fait pas mieux: le traité EURATOM «protège» en effet le secteur de l'atome du regard du Parlement européen.

## 8.2. Les citoyens restent sans voix

Il existe dans notre pays une série d'outils permettant la participation de groupes d'intérêts et de citoyens aux processus décisionnels : des conseils d'avis, des instances de coordination, des procédures d'enquête publique, etc. Rien de tout cela n'est en vigueur en ce qui concerne l'énergie nucléaire. Le gouvernement ne doit consulter aucun conseil d'avis avant de prendre des mesures, par exemple, en matière de sécurité ou de politique de déchets nucléaires. Il a même refusé dans le passé de respecter les accords internationaux (Espoo et Aarhus) qui l'obligeaient à consulter la population en cas de projets nucléaires importants.

---

3 [www.levif.be/belgique/nucleaire-democratie-5-0](http://www.levif.be/belgique/nucleaire-democratie-5-0)

4 [www.lemonde.fr/idees/article/2021/10/14/le-risque-que-le-nucleaire-francais-se-confronte-a-un-mur-budgetaire-est-reel\\_6098295\\_3232.html#xtor=AL-32280270-%5Bmail%5D-%5Bios%5D](http://www.lemonde.fr/idees/article/2021/10/14/le-risque-que-le-nucleaire-francais-se-confronte-a-un-mur-budgetaire-est-reel_6098295_3232.html#xtor=AL-32280270-%5Bmail%5D-%5Bios%5D)

### 8.3. Une transparence très relative

Il n'y a pas de démocratie correcte sans garanties d'accès à l'information pour les citoyens. Le secteur nucléaire profite pourtant encore d'un régime d'exception : les tarifs relatifs à la gestion des déchets nucléaires qu'Engie doit payer à l'ONDRAF (l'organisme public compétent en la matière) sont un secret d'État et les documents de la Commission des provisions nucléaires restent confidentiels. Il est donc impossible pour les citoyens, le monde associatif ou même les parlementaires de vérifier s'il y aura assez de moyens financiers pour démanteler les centrales nucléaires. Quant aux statistiques et études scientifiques portant sur les conséquences sanitaires et environnementales de l'énergie nucléaire, c'est peu dire qu'elles sont lacunaires et peu transparentes.

*« Doublement couverte par le secret industriel et par le secret défense, l'industrie nucléaire bénéficie d'une impunité qui, accumulée à une histoire maillée de dissimulations, de mensonges et de rétentions d'informations, n'est plus compatible avec les exigences de transparence et de droit à l'information d'une société politiquement libérale. »* explique Frédéric Lemarchand dans le magazine L'Économie politique.<sup>5</sup>

### 8.4. Les bénéfices pour le privé, les risques pour la collectivité

Et si un accident devait survenir dans nos centrales ? Improbable sans doute mais potentiellement gravissime dans une région aussi densément peuplée que la Belgique. Le secteur nucléaire profite d'un régime juridique exceptionnel en matière de dédommagement de tiers. Les montants à payer sont plafonnés à 1,2 milliard d'euros alors qu'un accident concernant un réacteur pourrait entraîner des coûts s'élevant à des centaines de milliards. Le risque nucléaire est donc assumé par la société dans son ensemble : une forme de subvention supplémentaire et importante du secteur.

---

<sup>5</sup> <https://www.cairn.info/revue-l-economie-politique-2016-4-page-103.htm>

Même s'il n'est pas propre à la Belgique, un constat s'impose : le développement de l'industrie nucléaire est fondé sur un secteur énergétique très puissant qui semble à l'abri des règles et contraintes de la démocratie.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> [https://www.levif.be/actualite/belgique/nucleaire-democratie-5-0/article-opinion-496183.html?cookie\\_check=1617721690](https://www.levif.be/actualite/belgique/nucleaire-democratie-5-0/article-opinion-496183.html?cookie_check=1617721690)







## PROBLÈME N°9

## LES FUTURES CENTRALES POSERONT TOUT AUTANT DE PROBLÈMES QUE LES ACTUELLES

---

### 9.1. La fin des PWR

Comme la télévision en noir et blanc, le nucléaire est une technologie du milieu du vingtième siècle. La plupart des centrales nucléaires encore en action sont en fin de vie, et avant même d'espérer un nouveau développement du nucléaire, c'est le maintien de cette technologie qui est aujourd'hui sérieusement questionné. En effet, le nucléaire mondial est en déclin. Au 1er juillet 2022, il y a 411 réacteurs nucléaires qui fonctionnent dans un total de 33 pays dans le monde. c'est 27 de moins qu'en 2002. L'âge moyen des réacteurs est de 31 ans, ce qui veut dire qu'ils arrivent en fin de vie<sup>1</sup>.

Construire des nouvelles centrales nucléaires est devenu tellement coûteux qu'aucune compagnie privée ne s'y aventure sans le soutien massif d'argent public<sup>2</sup>. La complexité et la durée même de construction est telle qu'elle est très incertaine : les retards sont fréquents et font exploser les coûts prévus. Enfin, on ne peut pas construire d'installations nucléaires partout dans le monde. Une centrale nécessite une situation qui rassemble une série d'exigences complexes : géologique, proximité avec une source d'eau abondante pour assurer le refroidissement, par exemple, et un contexte politique et sécuritaire adéquat.

---

1 <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2022-hr.pdf>

2 Voir l'interview du patron de Total Energies en juin 2022 dans « Le Point » : après avoir étudié la question, le nucléaire est trop cher et trop dangereux pour que Total se lance dans cette entreprise

## 9.2. Et les centrales de troisième génération (EPR) ?

La plupart des centrales européennes en activité sont de type PWR (réacteur à eau pressurisée). Ce type de centrale date des années 70. Depuis lors, de nouveaux modèles sont à l'étude, censés corriger les défauts et imperfections des anciens.

Ainsi, l'EPR (pour « European Pressurized Reactor ») est un nouveau modèle de réacteur développé par Areva. Il s'agit de réacteurs dit « de troisième génération », sensés produire plus d'énergie avec moins de combustible, être plus sûrs et avoir une durée de vie plus longue (60 ans environ).

Pourtant, les EPR ne répondent pas aux espoirs que l'industrie nucléaire mettait en eux. Il existe à l'heure actuelle 2 réacteurs EPR dont le chantier est terminé, en Chine (à Taishan). Mais alors que le contrat de construction a été signé en 2007, la mise en service date de 2018 et 2019. Et la découverte d'anomalies a conduit à stopper un des deux réacteurs en juillet 2021. Il vient de redémarrer, après un an d'arrêt (août 2022).

Le réacteur d'Olkiluoto en Finlande a été achevé et mis en service en 2022 mais rapidement mis à l'arrêt pour régler divers dysfonctionnements. Trois autres EPR sont en construction dans le monde : un en France (à Flamanville) et deux au Royaume-Uni (à Hinkley Point)<sup>3</sup>. Prévu initialement pour durer quatre ans et demi, les constructions des réacteurs finlandais et français ont commencé respectivement en 2005 et 2007 et leur mise en service a été repoussée à plusieurs reprises, jusqu'en 2022 et 2023<sup>4</sup>. La construction des réacteurs anglais a débuté en 2016, et du retard a déjà été annoncé à de multiples reprises<sup>5</sup>, l'entrée en service est maintenant prévue pour 2026.<sup>6</sup>

Ces EPR étaient censés incarner le renouveau de l'industrie atomique. Mais le rêve se heurte au mur du réel. Les retards dans les délais de construction

---

3 [www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reacteur-nucleaire-epr](http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reacteur-nucleaire-epr)

4 [www.francetvinfo.fr/societe/nucleaire/nucleaire-nouveau-retard-de-trois-mois-pour-l-epr-finlandais\\_4743549.html](http://www.francetvinfo.fr/societe/nucleaire/nucleaire-nouveau-retard-de-trois-mois-pour-l-epr-finlandais_4743549.html) [www.lemonde.fr/economie/article/2021/03/17/nucleaire-risques-de-nouveaux-retards-et-de-nouveaux-surcouts-pour-l-epr-de-flamanville\\_6073510\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2021/03/17/nucleaire-risques-de-nouveaux-retards-et-de-nouveaux-surcouts-pour-l-epr-de-flamanville_6073510_3234.html)

5 [www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/edf-nouveau-retard-et-nouveau-surcout-pour-hinkley-point-c-1134571](http://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/edf-nouveau-retard-et-nouveau-surcout-pour-hinkley-point-c-1134571)

6 [www.lemonde.fr/economie/article/2021/01/27/nucleaire-edf-annonce-un-retard-et-un-surcout-sur-son-epr-anglais-d-hinkley-point-c\\_6067766\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2021/01/27/nucleaire-edf-annonce-un-retard-et-un-surcout-sur-son-epr-anglais-d-hinkley-point-c_6067766_3234.html)

(qui se comptent parfois à plus de dix années !) et les difficultés de conception entraînent une forte augmentation des coûts estimés, qui atteignent des montants astronomiques.

Ainsi, le chantier britannique d'Hinkley Point dont le coût était estimé à 16 milliards de livres a vu sa facture augmenter à 18 milliards en 2016, 19,6 milliards en 2017, 22,5 en 2019, et finalement à 26 milliards en janvier 2021. La facture ne fait donc qu'augmenter et semble incontrôlable<sup>7</sup>. A Flamanville, le coût du réacteur EPR en construction était initialement estimé à 3.3 milliards d'euros, il atteint aujourd'hui 19.1 milliards<sup>8</sup>. Le chantier qui devait aboutir en 2012, le sera probablement (?) en 2023. Et en Finlande, le chantier de l'EPR devait se terminer en 2005 mais après un démarrage en mars 2022, il a été arrêté mi-juin.

Son redémarrage est aujourd'hui prévu pour 2023 et son coût est passé de 3 milliards d'euros à près de 11 milliards...<sup>9</sup>

Une des raisons expliquant qu'aucune centrale nucléaire n'a été construite en Europe depuis plus d'une décennie concerne les investissements faramineux que nécessite cette construction. Un tel projet comporte en effet des risques trop importants et devient difficilement réalisable sans l'aide des pouvoirs publics (en Finlande comme dans les autres pays nucléarisés), qui ont par le passé multiplié les aides au secteur afin de favoriser son développement<sup>10</sup>. Cette faiblesse est d'autant plus pénalisante dans le cadre d'un marché européen de l'électricité libéralisé.

Sur base des dernières estimations de coût, des chercheurs allemands<sup>11</sup> ont étudié en 2021 la rentabilité des projets EPR et leur conclusion est claire :

7 [www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/edf-nouveau-retard-et-nouveau-surcout-pour-hinkley-point-c-1134571](http://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/edf-nouveau-retard-et-nouveau-surcout-pour-hinkley-point-c-1134571)

8 [www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2019/06/24/epr-de-flamanville-visualisez-comment-le-cout-et-la-duree-du-chantier-ont-triple-depuis-2007\\_5480745\\_4355770.html](http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2019/06/24/epr-de-flamanville-visualisez-comment-le-cout-et-la-duree-du-chantier-ont-triple-depuis-2007_5480745_4355770.html)

[www.lemonde.fr/economie/article/2021/03/17/nucleaire-risques-de-nouveaux-retards-et-de-nouveaux-surcouts-pour-l-epr-de-flamanville\\_6073510\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2021/03/17/nucleaire-risques-de-nouveaux-retards-et-de-nouveaux-surcouts-pour-l-epr-de-flamanville_6073510_3234.html)

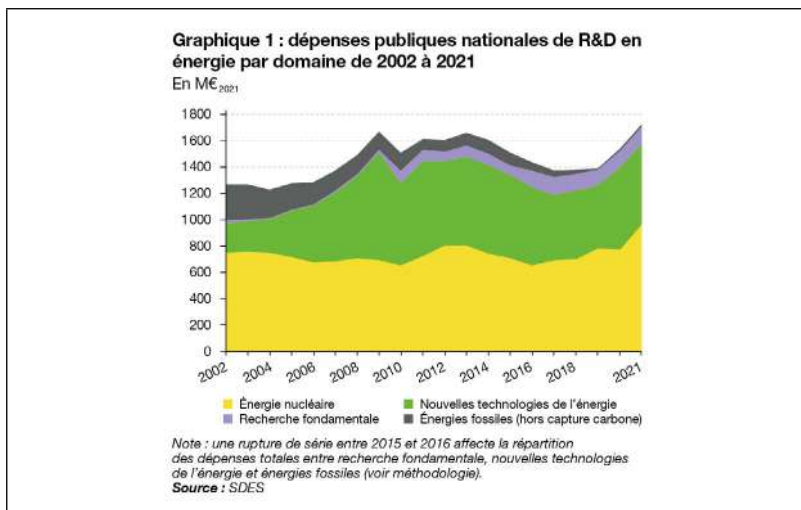
9 <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/nucleaire-coup-dur-pour-la-finlande-avant-l-hiver-le-nouvel-epr-d-olkiluoto-3-a-un-enieme-probleme-937294.html>

10 Alors qu'il s'agit d'une technologie d'il y a 70 ans., qui n'a donc pas vu d'amélioration notable, au contraire, et qui devient chaque année plus chère.

11 B. Wealer et al. Investing into third generation nuclear power plants - Review of recent trends and analysis of future investments using Monte Carlo Simulation. Renewable and Sustainable Energy Reviews 143 (2021) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121001301?via%3Dihub>

« Le modèle donne des résultats robustes : **investir aujourd'hui dans une centrale nucléaire de génération III/III+ n'est pas rentable, mais générerait très probablement des pertes importantes.** Les valeurs actuelles nettes (VAN) attendues sont fortement négatives dans la plupart des cas, de l'ordre de moins cinq à moins dix milliards d'USD. Le modèle ne trouve des valeurs positives que dans un très petit nombre de cas. Les résultats confirment également **l'importance des coûts d'investissement et de la durée de la période de construction.** Les intérêts pendant la période de construction sont un facteur de coût majeur à ne pas sous-estimer. L'augmentation de la durée de vie prévue à 60 ans améliore les résultats financiers, mais ne permet pas d'inverser la valeur actuelle nette prévue négative.»<sup>12</sup>. Et cette étude ne prend même pas en considération la gestion des déchets ni le démantèlement des réacteurs.

L'EPR s'apparente donc en réalité plutôt à une bouée de sauvetage pour une industrie nucléaire en déclin, qui table sur ce modèle de réacteur pour faire croire à un renouveau de l'atome et entretenir l'illusion d'une énergie abondante, sûre et bon marché. La réalité est toute autre malgré des investissements en recherche historiquement massivement orientés vers les technologies nucléaires.



Données françaises - <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

<sup>12</sup> Ibid.

### 9.3. Des futurs petits réacteurs atomiques SMR ?

Un projet de nouveaux réacteurs à eau pressurisée, de petite taille, est dans les cartons de l'industrie nucléaire... et du Président français. Ces réacteurs, dont la puissance varierait entre 10 et 300 MWe, inspirés de la technologie utilisée dans les sous-marins à pile atomique, sont censés pouvoir se développer massivement sur toute la planète pour assurer un accès plus simple à la technologie nucléaire à un coût moins élevé que celui de la construction d'une centrale "traditionnelle".

Il n'existe cependant pas, à ce jour, de filière industrielle permettant l'émergence des SMR, lesquels pourraient au mieux être disponibles vers 2040<sup>13</sup>. Les (deux) seuls SMR opérationnels actuellement en exploitation sont... une barge nucléaire flottante russe – l'*Akademik Lomonosov* – en Sibérie<sup>14</sup>. Les autres projets de SMR – environ 70 – sont encore en cours de conception ou de développement, au stade d'un avant-projet détaillé.

Comme l'indique l'IRSN dans un récent rapport, « *Le niveau de maturité de ces concepts reste très en-deçà du niveau de maturité attendu pour engager un processus d'autorisation, à l'exception notable du réacteur IMSR de la société Terrestrial Energy (...)* ». L'IRSN conclut que « *la faisabilité et l'efficacité restent à démontrer* »<sup>15</sup>.

Et surtout, les SMR ne répondent pas aux problèmes posés par leurs « grands frères ». Le coût du kilowattheure produit est encore plus cher et il faudrait produire le même type de petit réacteur à très grande échelle pour s'approcher du tarif de l'électricité nucléaire produite par les grands réacteurs, ce qui semble loin d'être acquis<sup>16</sup>. Or la demande potentielle pour ce type de réacteur, même dans ses estimations les plus optimistes, ne permettra pas ce développement à grande échelle nécessaire. Il est aussi difficile d'imaginer le modèle économique d'un réacteur nucléaire produisant dix fois moins d'électricité que ses grands frères, étant donné les coûts fixes du nucléaire : l'électricité produite le serait à un coût probablement prohibitif.

13 [www.lemonde.fr/idees/article/2021/10/14/energie-s-ils-voient-le-jour-les-petits-reacteurs-nucleaires-modulaires-produiront-une-electricite-ruineuse\\_6098306\\_3232.html](http://www.lemonde.fr/idees/article/2021/10/14/energie-s-ils-voient-le-jour-les-petits-reacteurs-nucleaires-modulaires-produiront-une-electricite-ruineuse_6098306_3232.html)

14 [www.independent.co.uk/news/world/europe/floating-nuclear-power-plant-russia-floating-chernobyl-nuclear-titanic-akademik-lomonosov-launch-first-voyage-a8327316.html](http://www.independent.co.uk/news/world/europe/floating-nuclear-power-plant-russia-floating-chernobyl-nuclear-titanic-akademik-lomonosov-launch-first-voyage-a8327316.html)

15 [www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Documents/20211007\\_NI-SMR-102021.pdf](http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/20211007_NI-SMR-102021.pdf)

16 [www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_57979/small-modular-reactors-challenges-and-opportunities](http://www.oecd-nea.org/jcms/pl_57979/small-modular-reactors-challenges-and-opportunities)

Ne parlons même pas des débats sur l'emplacement de nouveaux réacteurs de ce type<sup>17</sup>. En supposant que nous remplaçons le parc atomique belge actuel par des SMR, nous passerions de 7 réacteurs à plus d'une vingtaine au minimum. Où les installerons-nous ? Quelle commune serait prête à en accueillir ?

L'urgence climatique et le coût prohibitif de l'énergie produite de cette façon en comparaison avec le prix du renouvelable disqualifient largement ces projets<sup>18</sup>. Il n'y a pas même un prototype en vue dans un avenir proche. L'obligation d'agir immédiatement pour décarboner notre production électrique et réduire nos émissions de GES d'ici 2030 ne permet pas d'imaginer un rôle crédible pour les petits réacteurs à cet égard.<sup>19</sup>

## 9.4. Et la fusion ?

**« La fusion, cela fait cinquante ans qu'on nous dit que ce sera opérationnel dans cinquante ans »**

Technologie fascinante et totalement différente de la fission, la fusion nucléaire consiste à reproduire industriellement les réactions physiques qui se produisent au cœur du soleil et des étoiles. Il s'agit de réaliser la fusion des noyaux de 2 isotopes de l'hydrogène, le Deutérium et le Tritium, en portant un plasma à une température avoisinant les 150 millions de degrés. A cette température se réalise la réaction de fusion qui produit une quantité d'énergie dix fois plus importante que celle consommée pour y parvenir et ne dégage que de l'hélium, gaz inerte, comme déchet. Une filière de fusion nucléaire ne produirait par ailleurs pas de déchets radioactifs à longue durée de vie.

En 2005, après de longs marchandages entre l'Union européenne et le Japon, un accord a été conclu pour la construction du réacteur expérimental « ITER » (réacteur thermonucléaire expérimental international) à Cadarache,

---

17 [www.lemonde.fr/idees/article/2021/10/14/energie-s-ils-voient-le-jour-les-petits-reacteurs-nucleaires-modulaires-produiront-une-electricite-ruineuse\\_6098306\\_3232.html](http://www.lemonde.fr/idees/article/2021/10/14/energie-s-ils-voient-le-jour-les-petits-reacteurs-nucleaires-modulaires-produiront-une-electricite-ruineuse_6098306_3232.html)

18 <https://reporterre.net/Le-petit-reacteur-atomique-SMR-fait-rever-les-nuclearistes>

19 [www.bbc.com/news/business-59212983](http://www.bbc.com/news/business-59212983)



en France. ITER est une installation de recherche et les promoteurs de la fusion concèdent que le premier réacteur commercial ne fonctionnerait pas avant 2060.

Le rôle derrière ITER est de créer un moyen de production d'énergie colossal, propre, sûr<sup>20</sup> et illimité<sup>21</sup> mais la production d'électricité par fusion n'est encore qu'au stade de la recherche et n'est pas réellement envisagée avant plusieurs décennies. Vu l'urgence de la lutte contre les changements climatiques, la fusion ne peut donc pas y jouer un rôle.

## 9.5. Les dépenses liées à ITER ?

Si ce type de recherches est a priori intéressant, le risque est cependant grand d'investir énormément de moyens (entre 19 et 60 milliards de dollars selon les dernières estimations<sup>22</sup>) alors que nous n'avons aucune garantie de résultats à long terme et la certitude de n'avoir aucun résultat ni à court, ni à moyen terme. D'autant que ce sont des moyens financiers qui n'iront pas aux renouvelables ou à l'augmentation de l'efficacité énergétique.

Rien qu'au niveau de l'Union européenne, des investissements massifs ont été dégagés. En 2006 : 5,9 milliards d'euros sur une période de 10 ans. Le premier plasma est alors prévu en 2016. En 2008, ce montant a été revu à la hausse : 19 milliards d'euros sont investis, sur une période de 10 ans, et le premier plasma est alors reporté à 2019. En 2016, l'investissement passe à 20 milliards d'euros et le premier plasma est reporté à 2025. Une fois encore, en février 2021, le Conseil européen a approuvé un financement supplémentaire pour ITER de 5,61 milliards d'euros sur la période 2021-2027.<sup>23</sup>

---

20 Ce qui est contesté <https://atlantico.fr/article/decryptage/reacteur-iter-fusion-fission-nucleaire-dangers-corinne-lepage-yves-lenoir>

21 Ces arguments théoriques sont cependant critiqués par de nombreux scientifiques de renom : <https://www.bastamag.net/ITER-cadarache-grand-projet-GPII-reacteur-fusion-nucleaire-Provence#nb1>

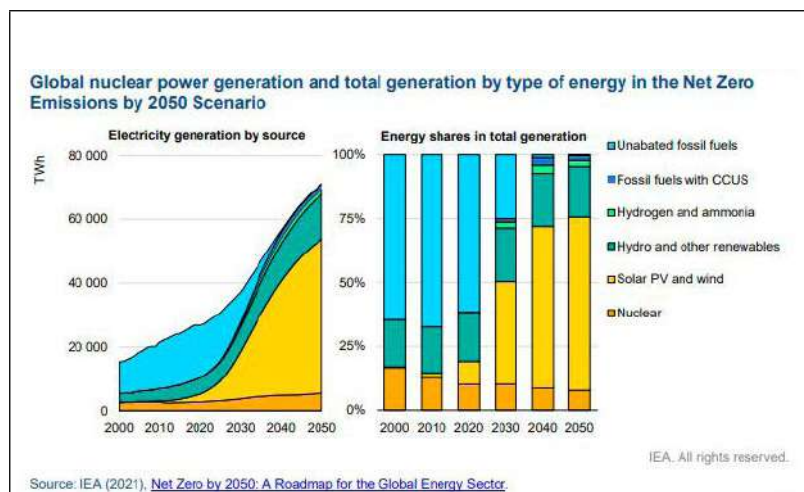
22 [www.bastamag.net/ITER-cadarache-grand-projet-GPII-reacteur-fusion-nucleaire-Provence#nb1](https://www.bastamag.net/ITER-cadarache-grand-projet-GPII-reacteur-fusion-nucleaire-Provence#nb1)

23 [www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-new-boost-for-jobs-growth-and-investment/file-mff-the-international-thermonuclear-experimental-reactor-iter-project/03-2021](https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-new-boost-for-jobs-growth-and-investment/file-mff-the-international-thermonuclear-experimental-reactor-iter-project/03-2021)

Le dernier Nobel de physique japonais, Masatoshi Koshiba, a d'ailleurs remis en cause le bien-fondé du projet ITER, qui ne remplit pas selon lui un certain nombre de conditions, à savoir la sûreté et les coûts économiques.

## 9.6. Les grands travaux inutiles ?

Le projet ITER peut susciter un intérêt scientifique ou un rêve un peu fou, mais il soulève aussi une question : est-ce vraiment nécessaire<sup>24</sup> ? Les coûts colossaux pour des résultats très incertains, aux conséquences non maîtrisées, dans des délais qui se comptent en plusieurs dizaines d'années au mieux, mis en comparaison avec le basculement actuel du monde dans les énergies renouvelables, semblent associer ce projet à un grand travail inutile. La fusion, c'est comme miser sur les voitures volantes pour résoudre les problèmes actuels d'embouteillages sur le ring de Bruxelles. Cela pourrait peut-être un jour représenter une solution, mais il est irresponsable de compter dessus pour résoudre des problèmes qui se posent aujourd'hui.



24 [https://www.lemonde.fr/sciences/article/2022/03/22/les-revers-du-projet-international-de-reacteur-iter\\_6118615\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2022/03/22/les-revers-du-projet-international-de-reacteur-iter_6118615_1650684.html)





Contre-point<sup>1</sup>

# LE 100% RENOUVELABLE EST POSSIBLE

---

<sup>1</sup> <https://ieeexplore.ieee.org/document/9837910>.







## LE 100% RENOUVELABLE EST POSSIBLE

---

L'électricité nucléaire est sale, dangereuse, chère, opaque et pose des questions éthiques particulièrement complexes. Elle est aussi, il est vrai, relativement peu émettrice de CO<sub>2</sub> à l'heure où la décarbonation de notre système énergétique est un défi urgent et essentiel.

Les débats démocratiques sur son utilisation et son développement sont légitimes et nécessaires mais ils ne peuvent faire l'impasse sur les constats problématiques ci-dessus, ni sur le fait que, quoi qu'il en soit de nos choix, le nucléaire restera une source d'énergie marginale dans les décennies à venir. Au plus, l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) prévoit-elle une contribution marginale du nucléaire, inférieure à sa part actuelle, dans un scénario zéro émission en 2050.

Nous ne pouvons dès lors nous exonérer d'un vaste réflexion sur les alternatives permettant de construire un système électrique sans énergies fossiles et sans nucléaire. Le cap que nous devons suivre, c'est celui du 100 % renouvelable. Que transitoirement une fraction nucléaire accompagne cette transition dans quelques pays du monde n'est pas l'essentiel, pour peu qu'elle ne verrouille pas technologiquement et ne détourne pas financièrement les investissements des priorités sociétales que sont le renouvelable, la maîtrise de nos consommations et l'efficacité du système énergétique.

Comment mettre le cap sur une société fondée sur le renouvelable ? Ce n'était pas l'objet de ce document mais les pouvoirs publics, les entreprises, les académiques et les citoyens doivent y travailler avec conviction et confiance. Nous terminerons donc avec cette citation de l'étude « *Sur l'histoire et l'avenir de la recherche sur les systèmes d'énergie 100% renouvelable* » publiée par IEEE Xplore en juillet 2022 :

*« La recherche sur les systèmes d'énergie 100% renouvelable est relativement récente. Elle a été initiée au milieu des années 1970, catalysée par la montée en flèche des prix du pétrole. Depuis le milieu des années 2000, elle s'est rapidement transformée en un domaine de*

*recherche de premier plan, englobant un nombre croissant de groupes de recherche et d'organisations à travers le monde. La principale conclusion de la plupart de ces études est que la production d'électricité à partir de 100 % d'énergies renouvelables est possible dans le monde entier et à faible coût.*

*Des concepts et des méthodes avancés permettent aujourd'hui de tracer des voies de transition réalistes, optimisées en termes de coûts ou de ressources et efficaces vers un avenir sans combustibles fossiles. Ces voies proposées ont à leur tour contribué à stimuler les objectifs et les actions politiques en matière d'énergies 100 % renouvelables, ce qui a donné lieu à de nouvelles recherches. Dans la plupart des voies de transition, l'énergie solaire et l'énergie éolienne apparaissent de plus en plus comme les piliers centraux d'un système énergétique durable, associés à des mesures d'efficacité énergétique.*

*La modélisation de l'optimisation des coûts et la plus grande disponibilité des ressources tendent à faire augmenter la part de l'énergie solaire photovoltaïque, tandis que l'accent mis sur la diversification de l'approvisionnement énergétique tend à faire augmenter la part de l'énergie éolienne.*

*Des recherches récentes se sont concentrées sur les défis et les opportunités concernant la congestion du réseau, le stockage de l'énergie, le couplage sectoriel, l'électrification des transports et de l'industrie impliquant le power-to-X et le hydrogen-to-X, et l'inclusion d'approches naturelles et techniques d'élimination du dioxyde de carbone (CDR). Le résultat est une vision holistique de la transition vers une économie à émissions nettes de gaz à effet de serre négatives, capable de limiter le réchauffement de la planète à 1,5°C avec un budget carbone clairement défini, de manière durable et rentable, sur la base de systèmes 100 % énergies renouvelables-industrie-RCD ».<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> On the History and Future of 100% Renewable Energy Systems Research | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9837910>

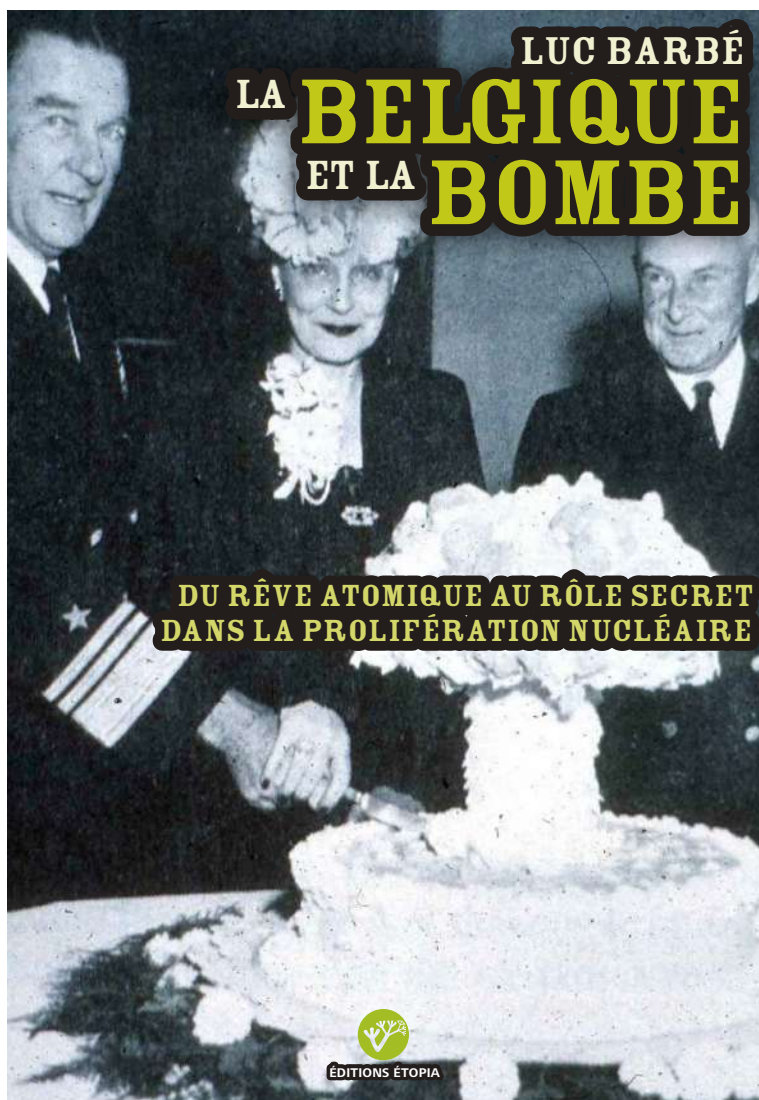


Il n'est nulle part dit que ce sera simple. La transition impliquera des changements concernant simultanément des aspects technologiques, économiques et d'organisation sociétale. Mais l'horizon mérite une large mobilisation. De celles qui marquent un véritable tournant de l'histoire collective. Pour le meilleur !





ÉGALEMENT DISPONIBLE EN TÉLÉCHARGEMENT SUR [ETOPIA.BE](http://ETOPIA.BE)  
OU À COMMANDER EN FORMAT PAPIER :





Jean-Marc Nollet – Julien Vandeburie  
(avec Jean-Luc Bastin)

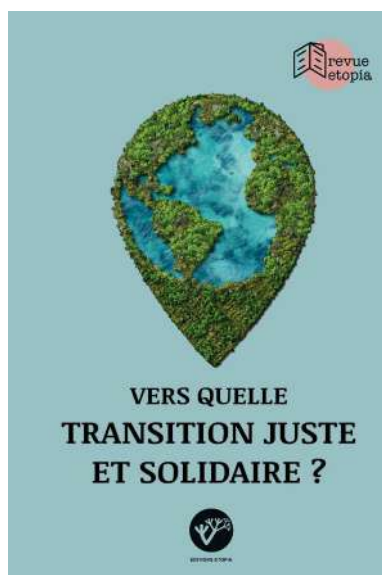
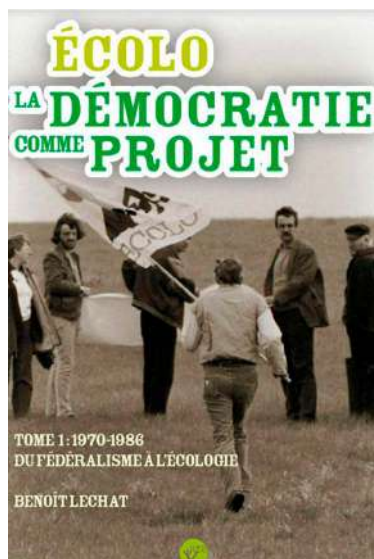
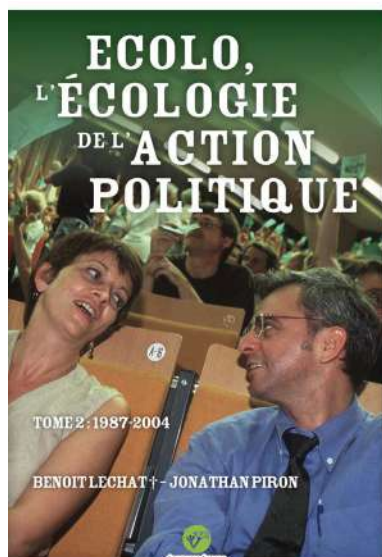
# TERRE, MER, SOLEIL

10 mensonges des nucléaristes et 3 scénarios verts  
pour quitter l'énergie nucléaire en 2025  
& fossile en 2050



ÉDITIONS ÉTOPIA

ÉGALEMENT DISPONIBLE EN TÉLÉCHARGEMENT SUR [ETOPIA.BE](http://ETOPIA.BE)  
OU À COMMANDER EN FORMAT PAPIER :





## **Editions Etopia asbl**

52 avenue de Marlagne – 5000 Namur

[www.etopia.be](http://www.etopia.be) – [info@etopia.be](mailto:info@etopia.be)

Editeur responsable : Christophe Derenne

Imprimé en Belgique

Janvier 2023

ISBN : 978-2-930558-28-8

Dépôt légal : D/2023/11.983/1

Mise en page : MeMyself&Mag

Crédits photos : Unsplash, Pexels, WikiMedia Commons





L'urgence d'une décarbonation des systèmes électriques et un très puissant lobbying du secteur sont parvenus à donner l'impression que le nucléaire était une énergie propre et sûre pour notre futur. On en est loin ! Et si, partant de la situation actuelle du réseau électrique, les questions sur la place de l'énergie nucléaire dans la transition énergétique sont complexes et méritent nuances et débats, elles ne peuvent cacher que le nucléaire est sale, coûteux, peu démocratique et source d'insécurité à court, moyen et très long terme.

Aujourd'hui le choix industriel nucléaire ralentit la transition vers un système énergétique sûr, transparent, démocratique, durable et éthique. Quoi que chacun pense légitimement de la prolongation de réacteurs en fonctionnement ou des perspectives de nouvelles centrales, le problème nucléaire ne peut être nié. C'est l'objet de cette étude.

