

# Technologie nucléaire - Voulons-nous à nouveau perdre un des rares joyaux technologiques pour lequel la Belgique est dans le top mondial ?

17 février 2022

## Synthèse

Contrairement à ce que certains veulent faire croire, les centrales nucléaires belges sont fiables et le savoir-faire qu'elles représentent nous permettra de ne pas manquer plus tard le train de l'innovation. Les rapports techniques démontrent que nos centrales nucléaires sont parmi les plus sûres au monde. La plupart d'entre elles peuvent être maintenues très longtemps tout en conservant leur haute fiabilité. Les données mondiales ne laissent aucun doute à ce sujet : « 60 est le nouveau 40 ». La Commission économique pour l'Europe de l'ONU prend ainsi pour principe dans ses analyses que la durée de vie standard d'une centrale nucléaire est de 60 ans. En outre, dans une optique d'économie circulaire, cela a beaucoup plus de sens, avant de les remplacer par de nouveaux outils, d'entretenir et de rénover correctement les centrales nucléaires afin de prolonger leur durée de vie.

La Belgique est un leader mondial de l'énergie nucléaire. Il y a, au total, environ 7000 personnes en Belgique dont les emplois spécialisés sont largement liés à l'exploitation des réacteurs nucléaires. Leurs connaissances et leurs compétences, acquises au fil de nombreuses années, en ce compris dans les agences fédérales, risquent d'être complètement perdues, ce qui rend peu probable de nouveaux développements tels que la technologie SMR. Un SMR est un réacteur nucléaire modulaire dont la capacité est inférieure à celle des centrales nucléaires actuelles et qui bénéficie de nombreux avantages : un prix d'investissement plus faible, une sécurité intrinsèque encore plus grande que celle des centrales nucléaires actuelles, une expansion facile car modulaire et une empreinte plus petite.

La sécurité est une norme absolue, les connaissances et l'expérience sont indispensables : nous avons tout ceci en Belgique aujourd'hui. Il serait inconcevable de perdre toute cette expertise et ce savoir-faire.

## Executive summary

### ***En court***

Nos centrales nucléaires sont parmi les plus sûres au monde. La plupart d'entre elles peuvent durer très longtemps tout en conservant leur grande fiabilité. Les données mondiales ne laissent aucun doute à ce sujet.

Si, à l'avenir, nous voulons investir dans une nouvelle technologie nucléaire, par exemple les réacteurs SMR, la prolongation de certaines centrales actuelles est une nécessité absolue pour éviter la perte d'expérience et de savoir-faire.

La sécurité est une norme absolue, les connaissances et l'expérience sont indispensables : elles sont présentes aujourd'hui en Belgique. La bonne approche garantit le respect des normes climatiques mais, comme pour toute technologie, il y a des avantages et des inconvénients mais, dans le cas de l'énergie nucléaire, ceux-ci sont très gérables comme nous l'avons montré dans le passé.

## Questions abordées

Nos sept centrales nucléaires sont-elles de "vieux déchets" ? Est-ce qu'elles représentent un grand risque pour le pays ? N'y a-t-il plus aucun intérêt à investir dans ces centrales, compte tenu des centrales nucléaires « défaillantes » en France ? Et la nouvelle énergie nucléaire est-elle de toute façon trop coûteuse pour avoir une quelconque pertinence? Examinons toutes ces déclarations une par une et vérifions les faits.

## Analyse approfondie

### (1) L'âge des centrales nucléaires: 60 est le nouveau 40

Une grande partie du monde politique et des médias ont **l'idée fausse que nos centrales nucléaires sont "vieilles"**. Les récents problèmes rencontrés par une partie du grand parc de centrales nucléaires françaises<sup>1</sup> semblent confirmer cette impression.

Cependant, les **données mondiales** indiquent **très clairement** que la plupart des centrales nucléaires peuvent durer **60 ans et rester très fiables**. Aux États-Unis, par exemple, 89 des 97 réacteurs nucléaires existants ont déjà bénéficié d'une prolongation (dans le jargon technique : Long Term Operation ou LTO). Parmi ceux-ci, 85 ne fonctionneront pas pendant 40 ans mais pendant 60 ans et les quatre autres pendant 80 ans! La Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) utilise donc 60 ans comme nouvelle durée de vie standard dans son analyse ACV [1]. Et les États-Unis ne sont pas seuls : aux Pays-Bas, en Finlande, en Hongrie, au Royaume-Uni, en France, en Slovénie... Et même en Belgique, avec Doel 1/2 et Tihange 1, jusqu'à 50 extensions ont été demandées et obtenues. Il faut dire au passage que le cœur de l'industrie pétrochimique anversoise est également d'un âge vénérable, mais des investissements permanents y sont réalisés, tout comme dans notre parc de centrales nucléaires. Prolonger la vie d'outils par une bonne maintenance et des réparations appropriées participe de l'éco-circularité telle que mise en avant par exemple par la taxonomie européenne. C'est une façon de contrer l'obsolescence et de construire de nouveaux outils trop tôt alors que des plus vieux sont encore opérationnels.

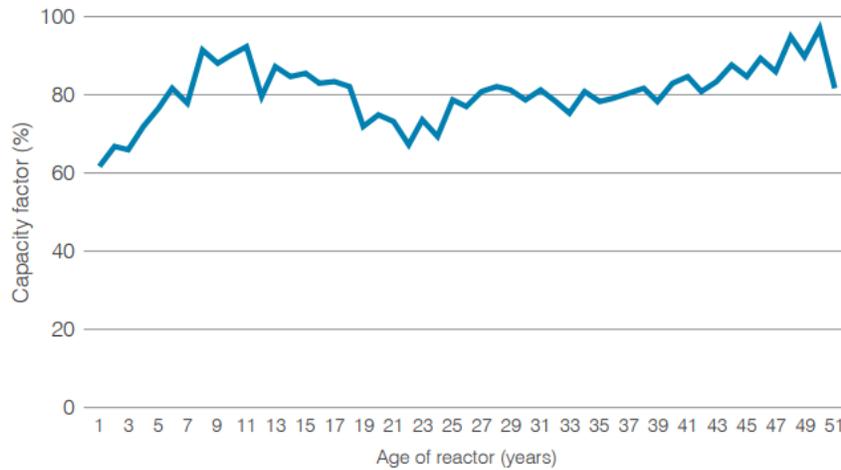
Les données montrent aussi très clairement qu'il n'y a **pas de facteur lié à l'âge dans la fiabilité** des centrales nucléaires, à condition, bien sûr, qu'elles soient maintenues à jour [2] :

---

<sup>1</sup> La France dispose de 56 réacteurs à eau pressurisée (REP) pour la production d'électricité ; la Belgique en compte 7 (Doel 1-2-3-4 et Tihange 1-2-3).

There is no age-related trend in nuclear reactor performance. The mean capacity factor for reactors over the last five years shows no significant overall variation with age. With some reactors now being licensed to operate for 80 years the consistency in performance of reactors regardless of age is notable. It is also notable that the improvements in average global capacity factor have been achieved in reactors of all ages, not just new reactors of more advanced design.

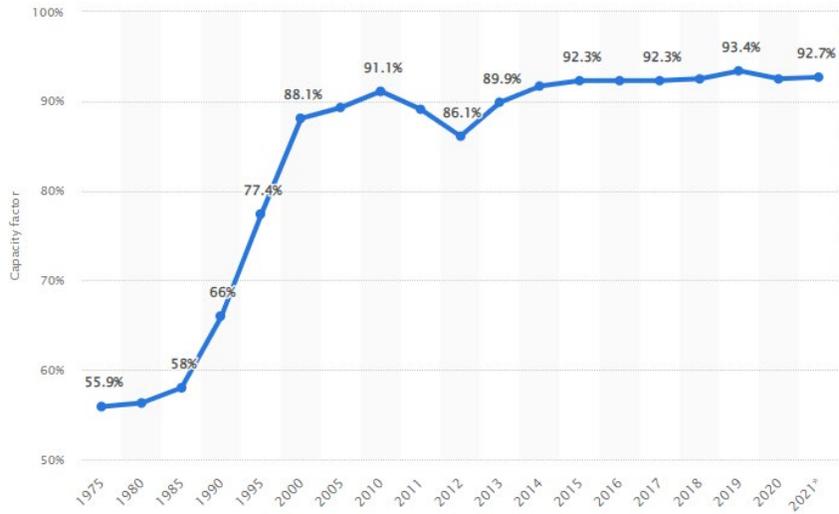
Figure 7. Mean capacity factor 2016-2020 by age of reactor



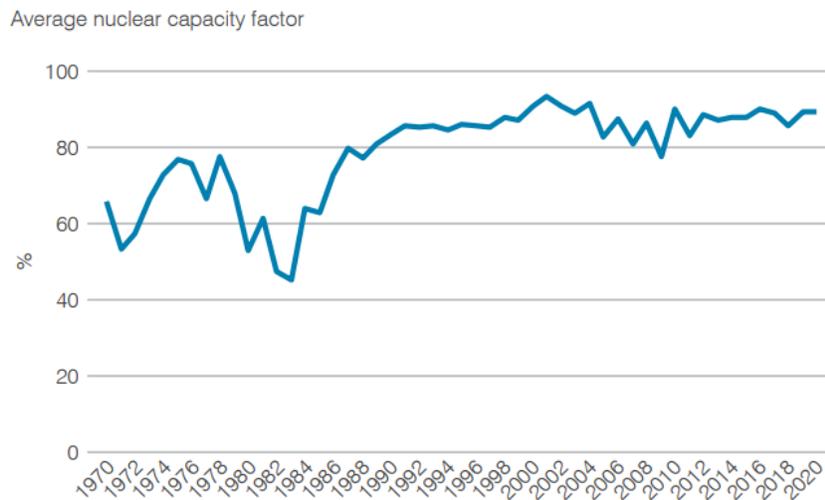
Source: World Nuclear Association, IAEA PRIS

Le facteur de charge moyen<sup>2</sup> de centrales nucléaires américaines similaires, malgré leur âge, est parmi les meilleurs au monde [3] :

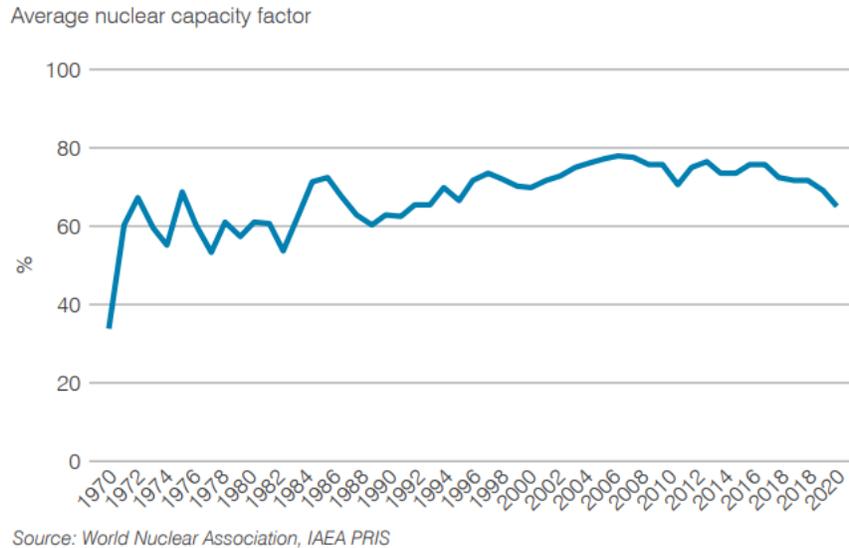
<sup>2</sup> Le terme "facteur de capacité" est parfois utilisé dans la presse mais il s'agit d'un anglicisme. Le terme facteur de charge est plus précis. En substance, la "durée de vie" de 40 ans est également interprétée par beaucoup comme l'équivalent d'une année complète, ce qui signifie qu'une centrale nucléaire n'a que 40 ans lorsqu'elle a été exploitée pendant une période de 40/facteur de charge, ce qui peut entraîner une prolongation significative de 3 à 4 ans.



Les centrales nucléaires de presque tous les autres pays se portent également très bien. Voici par exemple les résultats pour l'**Espagne** [2]:



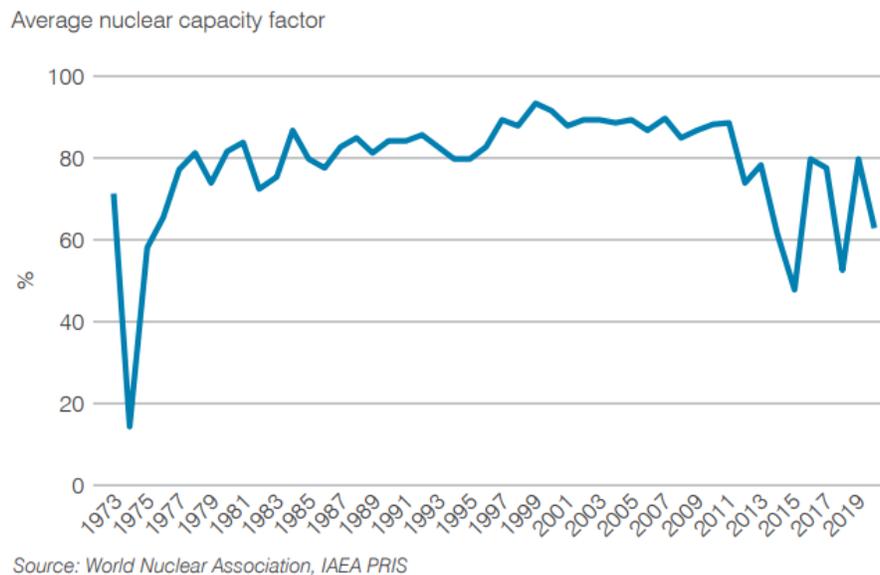
Cela peut paraître surprenant que les choses soient un peu différentes en **France** : [2]:



Cela vient du fait que, d'une part, la France connaît le pourcentage le plus élevé de production d'électricité nucléaire, dont un certain nombre d'unités sont les plus anciennes de ce que l'on appelle les réacteurs de seconde génération (GEN. II), comme, par exemple, notre centrale jumelée Doel 1-2, dont la conception remonte aux années 1960. Elles sont donc économiquement moins intéressantes. De plus, les réacteurs nucléaires en France sont conçus pour être plus modulés afin de laisser la place aux énergies renouvelables, surtout ces dernières années. L'entreprise publique française EDF est contrainte, par l'intervention directe de l'État français via le mécanisme ARENH, de vendre 120 TWh par an, soit plus que la production d'électricité en Belgique, à perte à ses concurrents du secteur des énergies renouvelables, qui les revendent ensuite avec un bénéfice élevé et empochent les subventions. Les problèmes observés à la fin de 2021 sur certaines des centrales nucléaires françaises les plus récentes sont, heureusement, parfaitement réparables<sup>3</sup> (des phénomènes similaires se produisent également dans le secteur de la chimie et ils sont simplement réparés). En raison de ces problèmes, l'Autorité de Sûreté Nucléaire française ASN conseille au gouvernement français de revoir en profondeur toutes les fermetures initialement prévues, afin de garder une marge suffisante [4]. Il n'y a en soi rien de mal à cela; une usine chimique Seveso II fait de même, mais cela fait alors moins souvent la une de la presse.

Si l'on considère la Belgique, on constate que le taux de charge était autrefois élevé, mais qu'il a diminué ces dernières années [2], ce qui a toutefois été corrigé :

<sup>3</sup> C'est une bonne pratique (également appliquée par l'AFCN) que lorsqu'un défaut éventuel est constaté dans une centrale nucléaire, l'exploitant est obligé de vérifier toutes les autres (idem pour les avions). En outre, l'ASN est un très bon organisme de sûreté, mais aussi très strict : la raison sous-jacente est que la France est aussi un constructeur de centrales nucléaires et veut donc être l'exemple dans le monde entier.



Les principales raisons en sont les suivantes :

- les travaux d'adaptation de Doel 1/2 pour l'extension de la licence d'exploitation de 40 à 50 ans (2014).
- la détection de la fatigue d'un composant du circuit primaire de ces centrales (2018).
- le sabotage de la turbine à vapeur (hors zone nucléaire) de Doel 4 (2014)
- La détection d'inclusions d'hydrogène (appelées "fissures" dans la presse) dans Doel 3/Tihange 2 (2013-2015), qui étaient présentes dès le début et n'ont pas évolué, mais pour lesquelles l'AFCN devait résolument et à juste titre avoir une certitude absolue sur la sécurité de fonctionnement des centrales concernées avant de les autoriser à redémarrer ;
- les travaux de réparation des toits des bunkers en béton en 2018 ont également joué un rôle (problème des fers d'armature, qui n'a donc rien à voir avec la question nucléaire) et auraient en principe pu être étalés dans le temps.

Les années d'arrêt ont donc été le résultat d'une combinaison de la modernisation des unités les plus anciennes (Doel 1/2), de facteurs de démarrage inconnus (Doel 3/Tihange 2) et d'éléments humains ou non nucléaires non autorisés, qui ont tous été détectés à temps par les systèmes de sécurité intégrés et ont donc toujours garanti la sécurité. C'est pourquoi nous parlons d'une "technologie éprouvée ayant fait ses preuves". Résultat : en 2021, une production record de 48 TWh a de nouveau été atteinte, soit plus de 50% de la consommation totale d'électricité de notre pays. Dire que nous avons des "vieilleries" est donc démagogique. Il convient également de noter que la perte de la production d'énergie via l'énergie nucléaire dans notre pays a immédiatement entraîné une augmentation des importations en provenance des pays voisins. Cette importation est possible tant que nos pays voisins n'ont pas eux-mêmes besoin de cette énergie. La tendance générale à l'électrification dans le monde rend cette hypothèse moins plausible à l'avenir.

Une analyse plus approfondie indique que le seul facteur limitant durablement la durée de vie d'une centrale nucléaire est l'état de la cuve du réacteur. C'est le cœur irremplaçable d'une centrale nucléaire. Pour cette raison, le matériel de cette cuve est régulièrement inspecté de manière très proactive et le

résultat est que nos cuves sont toujours en excellent état. La Belgique est le pays au monde qui possède le plus d'informations sur l'intégrité des cuves. Tant que cela a un sens économique, "tous" les autres composants d'une centrale nucléaire peuvent être et seront remplacés de manière proactive.

L'élément le plus marquant de la production d'énergie nucléaire en Belgique a certainement été la détection inattendue de flocons d'hydrogène dans les cuves des réacteurs de Doel 3 et de Tihange 2. Les analyses ont néanmoins montré que ces flocons étaient déjà présents au moment de la fabrication et qu'ils n'évoluent pas dans le temps. Grâce à des recherches très approfondies, nous savons désormais avec certitude que la présence de ces indications de défaut ne posera aucun problème de sécurité dans les années à venir. L'AFCN décrit ceci en détail [6] et un juge indépendant a également pu l'établir [7]. La conséquence était cependant qu'une marge de sécurité supplémentaire a été imposée par l'AFCN pour ces réacteurs et que des analyses supplémentaires seraient nécessaires en cas d'extension. Actuellement, leur durée de vie est de 40 à 50 ans.

Pour la plupart de nos centrales, plus nous les maintenons ouvertes en toute sécurité, plus elles offrent un bon rapport qualité-prix (car l'infrastructure est, dans une large mesure, financièrement amorti:) mais aussi au niveau de la production d'énergie décarbonée vu que l'impact de la construction et de la fin de vie se réduit [8] :



## (2) Nos centrales nucléaires sont parmi les plus sûres au monde

Comme nos centrales nucléaires sont situées dans des zones densément peuplées, elles ont été conçues dans un souci de sécurité maximale [9]. Après l'accident de Fukushima, des tests de résistance supplémentaires ont été introduits. La Belgique a fourni les tests de résistance les plus stricts au monde. Résultat : toutes nos centrales nucléaires répondent aux normes de ces tests de résistance [9].

### (3) Maintien de l'expertise nucléaire

La production d'électricité d'origine nucléaire ne peut se faire que grâce à un réseau d'entreprises et d'institutions spécialisées.

Les employés des centrales nucléaires eux-mêmes possèdent des connaissances hautement spécialisées et sont accrédités pour exploiter un réacteur en toute sécurité. Ils sont assistés par un réseau de services d'ingénierie. Il s'agit avant tout de Tractebel, qui, par le biais de son prédécesseur juridique, a co-conçu les centrales et possède une énorme expertise nucléaire. En outre, de nombreux sous-traitants répondent à des normes nucléaires élevées. L'AFCN a acquis une énorme expertise pour assurer la sécurité des activités nucléaires dans notre pays.

Au total, il y a environ 7000 employés [10] dont les emplois spécialisés sont largement liés à l'exploitation des réacteurs commerciaux. Leurs connaissances et leurs compétences, acquises au fil de nombreuses années, risquent d'être complètement perdues en cas de sortie du nucléaire. En cas de retrait, il faudra au moins dix ans, voire plus, pour reconstituer cette expertise. Ceci hypothèque d'autres applications nucléaires et notamment la perspective de la technologie SMR.



Synthèse des acteurs nucléaires en Belgique [11]

#### **(4) Pont vers la technologie SMR**

Un SMR est un réacteur nucléaire modulaire dont la capacité est inférieure à celle des centrales nucléaires actuelles : généralement 300 MWe au lieu de 1000 ou 1300 MWe. Ses avantages sont les suivants : un prix d'investissement plus faible, une sécurité intrinsèque encore plus grande que celle des centrales nucléaires actuelles (moins de refroidissement nécessaire en cas d'accident, qui peut en principe être un refroidissement passif), une expansion facile car modulaire, une empreinte plus petite (un SMR peut en principe être placé à la surface d'une petite centrale à gaz ou à charbon).

On peut distinguer grosso modo deux types de SMR en fonction de la technologie de refroidissement utilisée : le LWR-SMR (avec eau) et le GEN. IV-SMR (avec un liquide de refroidissement sans eau).

Le LWR-SMR est littéralement une version plus petite des réacteurs nucléaires actuels. L'avantage est qu'il s'agit d'une "technologie éprouvée" et qu'elle peut donc être "rapidement" développée. Son inconvénient, cependant, est le même problème de déchets à longue durée de vie qu'avec les centrales nucléaires actuelles. Une dizaine d'entreprises travaillent sur des prototypes, dont quelques-uns ont déjà été construits. Le LWR-SMR sera développé industriellement et réalisable d'ici 2030. L'intérêt est grand dans le monde entier, notamment parce que ce type de réacteur peut également être installé dans des zones reculées.

Le GEN.IV-SMR utilise des réfrigérants plus lourds (sodium, plomb ou sels fondus), c'est pourquoi on les appelle aussi réacteurs à neutrons rapides. Il présente l'avantage d'être beaucoup plus efficace avec le combustible nucléaire qui est alors utilisé au maximum, ce qui fait que de nombreux éléments présents et créés sont scindés par la réaction des neutrons rapides. Par conséquent, peu de déchets nucléaires sont produits. De cette façon, on "ferme" le cycle du combustible. Le développement des GEN. IV-SMR est en cours mais n'en est encore qu'à ses débuts. Ils sont aussi intrinsèquement très sûrs si l'on utilise le bon liquide de refroidissement. Le sodium est moins sûr que le plomb et les sels fondus, mais le sodium est une technologie déjà expérimentée en France, au Japon et en Russie. Le GEN. IV-SMR est plus coûteux que le LWR-SMR, mais en même temps plus efficace. Le principal problème concerne les matériaux structurels disponibles à partir desquels ils doivent être construits : ils fonctionnent à des températures plus élevées que nos réacteurs actuels (généralement 550°C et plus). Par conséquent, les phénomènes tels que la corrosion sont très importants et de nombreuses recherches sont encore nécessaires pour fabriquer et qualifier les matériaux pour ces réacteurs. C'est pourquoi des réfrigérants lourds pouvant être utilisés à des températures plus basses sont désormais également envisagés, car les matériaux structurels existants sont alors plus accessibles. Le réacteur de recherche MYRRHA (qui n'est pas un SMR) est basé sur les principes du GEN. IV : neutrons rapides car le Pb-Bi est utilisé comme réfrigérant à une température de 350°C où les matériaux sont disponibles et également efficaces en termes de consommation de combustible. En tant que réacteur de recherche, MYRRHA peut également être utilisé pour effectuer des recherches de matériaux pour d'autres types de GEN. IV que la technologie à base de plomb. Les SMR de type GEN.IV ne seront pas disponibles industriellement avant 2040.

Les SMR en Belgique?

- Cela dépendra fortement de la sortie actuelle du nucléaire. Si cette sortie est complète, la chance de construire des SMR en Belgique est presque nulle car, après 2025, les connaissances

opérationnelles et législatives relatives à l'exploitation des centrales nucléaires disparaîtront très rapidement. Reconstruire prendra des décennies et nécessite un soutien industriel, des décisions gouvernementales stables, etc.

- Si D4 et T3 sont prolongés jusqu'en 2035/45, ces connaissances resteront en Belgique et il sera possible de mettre en œuvre les SMR.

---

**Auteur :**

Prof. Dr. Ir Thomas Pardoën

Professeur UCLouvain, Ecole Polytechnique de Louvain & Institut de Mécanique, Matériaux et Génie Civil

---

**Sources:**

[1] Kerncentrales nog beter voor klimaat door levensduurverlenging (UNECE studie)

<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/12/20/levensduurverlenging-maakt-kerncentrales-nog-klimaatvriendelijke/>

[2] World Nuclear Performance Report

<https://world-nuclear.org/our-association/publications/global-trends-reports/world-nuclear-performance-report.aspx>

[3] Capacity factor of nuclear power plants in the United States from 1975 to 2021

<https://www.statista.com/statistics/191201/capacity-factor-of-nuclear-power-plants-in-the-us-since-1975/>

[4] <https://twitter.com/ASN/status/1483724376713408516>

[5] [https://www.elia.be/en/news/press-releases/2022/01/20220107\\_belgium-2021-electricity-mix](https://www.elia.be/en/news/press-releases/2022/01/20220107_belgium-2021-electricity-mix)

[6] <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/kerncentrales-belgie/actualiteit/foutindicaties-de-stalen-wanden-van-de-reactorvaten-van>

[7] <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2020/09/03/rechter-hakt-knoop-door-scheurtjescentrales-doel-3-en-tihange/>

[8] <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-data-animation-nuclear-power-plant-life-extensions-enable-clean-energy-transition>

[9] <https://fanc.fgov.be/nl/nucleaire-veiligheid-bij-het-initieel-ontwerp-van-de-kerncentrales>

[10] <https://fanc.fgov.be/nl/nucleaire-stresstests>

[11] [7.000 emplois menacés avec la fin du nucléaire, c'est l'équivalent de deux Caterpillar \(rtbf.be\)](#)