



## **La révolution énergétique en Belgique**

**Dr. Ir. Luc Chefneux**

Membre de l'Académie royale de Belgique

Classe Technologie et Société

et du Collège régional de Prospective de Wallonie

Version mise à jour le 08/04/21<sup>1</sup>

---

### **Remarque liminaire :**

Cette note est rédigée par un ingénieur qui n'est pas un spécialiste de l'énergie et qui n'a aucun lien avec les nombreux acteurs de ce secteur. Un ingénieur par contre très intéressé à comprendre les nombreux enjeux de ce domaine d'une extrême complexité, fort interpellé par les opinions divergentes y compris de spécialistes reconnus ainsi que par des décisions politiques paraissant relever de convictions tellement ancrées qu'elles ne permettent pas un véritable débat reposant sur la connaissance scientifique et les réalités technologiques. Un ingénieur aussi fort inquiet face à la véritable révolution à mettre en œuvre et au manque de perception du citoyen et du politique face au défi colossal à affronter.

Ce document porte essentiellement sur la situation de l'énergie en Belgique mais dans son contexte européen. La problématique mondiale est à peine esquissée. Celle-ci mériterait des développements significatifs. En effet, l'empreinte énergétique par habitant des pays développés, dont la Belgique, est beaucoup plus importante que dans le reste du monde où se situe la majorité de la population mondiale, par ailleurs en forte croissance.

N'ayant pas la prétention d'être exempte d'erreurs, d'approximations et d'oublis, ce document a vocation à évoluer au fil des réactions, remarques et suggestions reçues. La problématique du nucléaire faisant actuellement débat et nécessitant des prises de position rapides a été examinée de manière un peu plus approfondie.

Merci d'être tolérant vis-à-vis d'une tentative au départ toute personnelle, de compréhension globale de ce qu'il vaudrait mieux appeler la révolution énergétique tant les bouleversements s'annoncent exceptionnels. Si elle pouvait également être utile aux personnes intéressées par ce dossier, on ne pourrait que s'en réjouir.

---

<sup>1</sup> Version initiale publiée le 26/03/2021

Merci donc à ceux qui réagiront en apportant leurs critiques positives (espérons-le) ou négatives (n'en doutons pas) permettant de faire évoluer ce document.

**Postulat :** Le réchauffement global et le dérèglement climatique sont des réalités devenues incontestables et la cause principale en est l'émission de gaz à effet de serre provenant de l'activité humaine. Il s'agit d'une réalité scientifique qui n'est plus à discuter même si sa compréhension doit encore être approfondie. L'Union Européenne s'est engagée avec ses États Membres à atteindre les objectifs de l'Accord de Paris de limitation du réchauffement planétaire global, ce qui implique la décarbonation de notre système énergétique. Voulant être une référence dans les efforts à réaliser, les objectifs de réduction sont gigantesques : -55% de diminution des GES par rapport à 1990<sup>2</sup> d'ici 2030, neutralité en 2050. Chaque État membre, dont la Belgique, doit contribuer à cet objectif global d'une ambition dont on mesure difficilement l'extrême difficulté. Dans notre système économique, l'énergie constitue le facteur principal des émissions de gaz à effet de serre GES (+/- 75%), les pratiques agricoles et la gestion du patrimoine naturel y jouent un rôle important également. Cette note se limitera aux aspects énergétiques stricto sensu.

1. Notre énergie étant essentiellement issue des énergies fossiles émettrices de GES (CO<sub>2</sub> principalement), la **1<sup>ère</sup> priorité est de diminuer drastiquement notre besoin en énergie (efficacité et sobriété)**, ce qui exige :
  - a. des investissements très importants pour atteindre une efficacité maximum (habitat, transport, industrie)
  - b. des changements comportementaux et culturels majeurs (en particulier en termes de mobilité) pour tendre vers la sobriété énergétique mais pour la plupart difficiles à faire accepter.<sup>3</sup>
2. Il faut stopper d'urgence tout investissement dans l'énergie fossile, à moins qu'il ne soit accompagné d'une capture du CO<sub>2</sub>, de son stockage ou de son utilisation <sup>4</sup>. Simultanément, il convient de développer les sources d'énergie décarbonée.
3. **Le coût des énergies est in fine le facteur majeur qui décidera des évolutions.** Aborder cet aspect complexe n'est pas possible dans le cadre de cette note. Une chose est cependant évidente. Tant que l'on ne grèvera pas toute forme d'énergie d'un coût lié à l'émission de GES correspondante, aucune évolution significative ne se fera. Plus ce coût sera élevé, plus vite la situation pourra évoluer et les arbitrages se réaliser. Un coût minimum de l'ordre de 50€/TCO<sub>2</sub> dès maintenant et augmentant au fil du temps de manière programmée serait nécessaire.<sup>5</sup>
4. Quelques éléments à prendre en compte et souvent oubliés dans les débats !

---

<sup>2</sup> <https://plus.lesoir.be/344972/article/2020-12-21/loi-climat-le-bon-le-brut-et-le-net>

<sup>3</sup> A titre d'exemple, une réduction importante des émissions de CO<sub>2</sub> dans le transport individuel pourrait être obtenue directement en limitant la vitesse maximum autorisée de 120 à 100 km/h sur autoroute, et de 90 à 70 ailleurs, allant de pair avec une limitation de la vitesse maximale des véhicules, de leur puissance et de leur poids. Rien que des avantages en termes d'émissions, de besoins en matériaux et en sécurité ! Quid de de l'impact électoral ?

<sup>4</sup> Les technologies de capture et de stockage existent mais ont un coût non négligeable. L'acceptabilité sociale du stockage terrestre n'est pas assurée contrairement au stockage en réservoirs géologiques marins. L'utilisation du CO<sub>2</sub> capturé est encore objet de recherche. L'instauration d'un coût important pour le CO<sub>2</sub> émis constitue le moteur majeur de cette évolution urgente, comme d'ailleurs de l'ensemble du système énergétique futur.

<sup>5</sup> Ceci implique par exemple la mise en place rapide d'une fiscalité verte liée aux émissions de CO<sub>2</sub>, y compris des particuliers, belle illustration de la difficulté politique d'adopter des décisions courageuses mais impopulaires.

- a. **L'électricité ne représente qu'environ 20% de notre consommation finale d'énergie dont près de 80% est encore d'origine fossile.** Les débats sur l'énergie glissent souvent sans que cela soit spécifié sur le secteur dit de l'énergie c'est-à-dire sur le secteur de production de l'électricité, et non pas sur le système énergétique global.
- b. L'électricité décarbonée est actuellement la principale possibilité de remplacer le fossile (y compris pour produire de l'H<sub>2</sub>), donc **la demande en électricité va au moins doubler dans les 30 ans.** Le consensus actuel est que la consommation d'électricité du futur devrait représenter au moins 50%<sup>6</sup> de la consommation finale d'énergie qui devrait être réduite mais sachant que d'autres vecteurs énergétiques intermédiaires comme l'hydrogène, les e-fuels etc. seront en plus gros consommateurs d'énergie électrique décarbonée.
- c. **L'énergie électrique produite en Belgique est largement décarbonée**, environ 70% dont presque 50 % par le nucléaire (47% en 2019) et un peu plus de 20% par des énergies renouvelables (22% en 2019). Les énergies fossiles, essentiellement du gaz, ne concourent que pour 30%, une situation excellente au sein de l'Europe.
- i. Dans les 22% (2019) d'énergie renouvelable, 32% provient de renouvelable non intermittent<sup>7</sup> et (partiellement) pilotable : l'hydroélectricité (6%) et la bioénergie (biomasse, bio-fuels, biogaz). Le potentiel de développement de ces sources en Belgique est malheureusement fort limité Il n'empêche qu'elles doivent être développées tant que faire se peut tant les besoins en énergie décarbonée sont importants.
  - ii. L'autre partie, soit 68% (2019) provient du renouvelable intermittent et non pilotable (**PV et éolien**). **La part de ce renouvelable intermittent dans la consommation belge d'énergie finale est donc de 68% de 22% de 20%, c.à.d. 3 % !**
  - iii. S'il est nécessaire d'augmenter rapidement la part de renouvelable dans notre production énergétique, il semble difficile d'imaginer que cela puisse suffire pour répondre aux besoins énergétiques du pays.
- d. **L'électricité décarbonée pourrait-elle subvenir à l'ensemble des besoins énergétiques futurs ?** L'électricité, même totalement décarbonée ne pourra pas être l'unique source d'énergie finale consommée. En effet, celle-ci ne peut répondre à tous les usages, en particulier dans le domaine industriel. Comme déjà signalé, il semblerait que l'on estime qu'elle passerait de 20% du besoin final actuel à 50% du besoin final futur qui devrait être plus faible suite à l'amélioration de l'efficacité et à une sobriété des usages (voir point 1.). Le reste des besoins énergétiques devraient être assuré par des combustibles liquides ou gazeux décarbonés. L'existence de réseaux gaziers surtout et liquide (pipelines) permet la distribution de ces combustibles, ainsi d'ailleurs que le transport de CO<sub>2</sub> en lien avec les techniques de CCUS (voir note de bas de page 3). Outre les bio-fuels et biogaz dont la capacité de production en Belgique et en Europe semble limitée, d'autres combustibles sont envisagés et de nombreux développements

---

<sup>6</sup> A développer.

<sup>7</sup> On utilise aussi le terme « variable » plutôt qu'« intermittent » qui paraît cependant mieux adapté.

technologiques sont en cours. Il n'est pas possible dans le cadre de cette note et par manque de compétence dans ces domaines d'en donner une vision exhaustive. Signalons cependant que la production de carburants synthétiques ou de matières destinées à l'industrie chimique peut se faire à partir de CO<sub>2</sub> capté à la sortie de processus industriels, ce qui nécessite évidemment un apport d'énergie qui doit elle-même être décarbonée. Celle-ci sera généralement de l'électricité décarbonée, ce qui en augmentera évidemment la demande.

- e. **Quelle place pour l'hydrogène ?** Celui-ci fait l'objet actuellement d'un engouement important en Europe et dans le monde, car son utilisation comme vecteur énergétique n'émet pas de GES, mais bien de la vapeur d'eau. Il faut cependant comprendre que **l'hydrogène n'est pas un combustible primaire et qu'il n'est pas a priori un combustible vert.**<sup>8</sup> Il est actuellement principalement produit à partir de gaz naturel (+/- 95%) avec émission de CO<sub>2</sub>. Il ne peut être considéré comme « vert » que pour autant qu'il soit produit par électrolyse au départ d'électricité décarbonée.<sup>9</sup> Stocker de l'énergie électrique décarbonée sous forme d'H<sub>2</sub> par électrolyse, a (actuellement) un très mauvais rendement, inférieur à 30%. Il faut donc privilégier tant que faire se peut l'usage direct de l'énergie électrique décarbonée produite localement. Le marché de l'hydrogène décarboné se développera en fonction de son coût de production et celle-ci devrait se faire principalement là où les conditions seront les plus favorables (ensoleillement, régime des vents, usage du nucléaire), l'importation en Europe se faisant par voie maritime. Les besoins actuels en H<sub>2</sub> pour l'industrie chimique (production de l'ammoniac et du méthanol) ainsi que les besoins nouveaux pour décarboner d'autres industries comme la sidérurgie<sup>10</sup> sont tellement élevés, qu'il est vraisemblable qu'ils constitueront le débouché principal de l'hydrogène décarboné. Celui-ci devrait aussi trouver à terme une place dans certains types de transport (poids lourds, transport fluvial, voire l'aviation) où l'usage de batteries n'est pas adapté.
- f. **Délais très courts** (2030 c'est demain) donc il faut faire avec ce que l'on a et ne pas se tirer une balle dans le pied quand on doit lancer un sprint ! Depuis 2003, une décision purement politique a été prise sans que rien n'ait été fait depuis pour réfléchir scientifiquement à ses conséquences et s'y préparer. Le nucléaire de fission représente actuellement notre principale source d'énergie décarbonée (50% de 20% soit 10%), s'en priver rendrait le défi de la décarbonation de notre système énergétique encore plus difficile, voire rigoureusement impossible.
- g. **Le système électrique** a une caractéristique majeure, il **doit être équilibré** c'est-à-dire que la production doit à tout moment correspondre à la consommation. Ce qui exige de pouvoir faire varier la production (la piloter) en fonction de la demande. Dans les systèmes avancés, on peut

---

<sup>8</sup> <https://easac.eu/publications/details/hydrogen-and-synthetic-fuels/>

<sup>9</sup> <https://academieairespace.com/lettre-n-120-lhydrogene-espoirs-et-limites/>

<sup>10</sup> Une des technologies privilégiées de décarbonation de la sidérurgie (7% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>) consiste en la réduction du minerai de fer par l'hydrogène au lieu de coke, source d'émission de CO<sub>2</sub>. La production d'une tonne d'acier à partir de minerai engendre environ l'émission de 2 tonnes de CO<sub>2</sub>. Cette filière représente environ 75 % de la production mondiale d'acier qui est actuellement d'environ 1 milliard 800 millions de T/an, le reste étant produit par la filière électrique, exigeant aussi une électricité décarbonée.

aussi moduler dans une certaine mesure la demande. La Belgique n'est guère à la pointe dans ce domaine.

## 5. Les nouvelles énergies « vertes », PV et éolien, sont-elles LA solution ?

- a. Signalons d'abord une **confusion** quasi-systématique dans les chiffres avancés, **entre la capacité installée (MW) et l'énergie produite (MWh)**. En effet le facteur de charge du PV et de l'éolien terrestre est en Belgique inférieur à 20 % alors que les capacités classiques (gaz ou nucléaire) peuvent dépasser 90%. Il faut donc une capacité installée de PV ou d'éolien 5 X supérieure à une capacité classique pour produire la même quantité d'énergie. Le facteur de charge de l'éolien off-shore est supérieur, actuellement de l'ordre de 40%. Pour ce dernier, le rapport de puissance installée nécessaire est de 2 à 3X.
- b. Ces énergies vertes intermittentes ne produisent pas nécessairement au moment où la demande se fait sentir et inversement. Pour profiter au maximum de leur production, il faudrait leur **associer une capacité maximale de stockage**.<sup>11</sup> Malheureusement, ces capacités de stockage idéales (stockage-turbinage, batteries...) ne peuvent répondre à des demandes importantes que pendant une période limitée, se comptant actuellement en heures ou journées.<sup>12</sup> Il faut donc impérativement y **associer des capacités pilotables** permettant d'équilibrer le réseau. Pour autant qu'une production constante minimale soit assurée (grâce à la puissance de base), et en première approximation, cette capacité pilotable doit pouvoir assurer la production complémentaire correspondant à la demande maximale, étant donné le caractère aléatoire des énergies intermittentes.<sup>13</sup> Plus la capacité de production du renouvelable intermittent augmente, plus les capacités seront sollicitées. Ces capacités pilotables en support devront fonctionner de manière fort variable, allant de l'arrêt à pleine puissance. Elles ne fonctionneront donc pas toujours en conditions optimales, avec des coûts non optimisés et généreront ou pas du CO2 suivant la technologie choisie. Si celle-ci est basée sur du fossile, cette émission de CO2 est directement provoquée par la nature de l'énergie intermittente.
- c. Afin de réduire les sollicitations des énergies pilotables et augmenter l'autonomie des installations d'énergie renouvelable intermittente, il faut amplifier les connexions des réseaux de transport au niveau européen et y ajouter des capacités de stockage importantes. Au niveau plus local des réseaux de distribution, il faut favoriser l'établissement de micro-réseaux disposant d'un maximum de capacité de stockage et dont la consommation instantanée sera lissée par la connexion de consommateurs de différents profils. Ces communautés locales énergétiques constituent un facteur majeur de développement de toutes les énergies renouvelables. Celles-ci devraient être prioritairement dédiées à l'autoconsommation des ménages et des entreprises,

---

<sup>11</sup> Chaque investissement dans une capacité de production d'énergie verte intermittente devrait obligatoirement être accompagné d'un accroissement proportionnel en capacité de stockage, aspect largement négligé jusqu'ici.

<sup>12</sup> Ainsi la capacité de la centrale de pompage-turbinage de Coe à la capacité de production d'un réacteur nucléaire durant 6 heures. L'augmentation de sa capacité devrait constituer une priorité dans le développement des EnR. A l'échelle d'une habitation, des batteries devraient permettre une large autonomie en périodes d'ensoleillement (jour/nuit) mais pas à l'échelle de plusieurs jours pendant les mauvais périodes.

<sup>13</sup> En l'absence de vent et de soleil, la production doit pouvoir continuer à équilibrer la demande.

soulageant ainsi la demande globale et permettant une meilleure gestion des réseaux (transport et distribution).

- d. Signalons aussi les **avantages et inconvénients** des énergies renouvelables intermittentes. Si elles sont produites localement sans recours à des importations externes à l'Europe, elles contribuent positivement à la balance des paiements de l'UE tout en générant des emplois locaux et en diminuant +/- la dépendance stratégique de l'UE vis-à-vis de l'extérieur. Leur nature disséminée amène à concevoir un système global moins centralisé dont on peut espérer à terme plus de résilience. Elles contribuent aussi à l'amélioration de la qualité de l'air. Cependant comme toute source d'énergie, elles ne sont pas sans risques et nuisances (besoins en matériaux critiques, gestion des déchets difficile : panneaux PV, pales d'éoliennes ainsi que leurs massifs en béton...). On touche ici à l'importance de l'économie circulaire (recyclage des matériaux critiques, des batteries et.), sujet majeur sortant du cadre de cette note
6. De quelles **capacités énergétiques indispensables** doit-on disposer pour produire l'énergie nécessaire à la production constante minimum nécessaire ainsi que la composante pilotable exigée par l'équilibrage du réseau et la production des énergies intermittentes ?<sup>14</sup>
- a. Actuellement, la **production constante minimum** (fournie par la puissance de base) est assurée principalement par les **réacteurs nucléaires**, sans émission de CO<sub>2</sub>. En cas de sortie du nucléaire, la seule alternative actuelle est le recours au gaz naturel avec la conséquence de l'émission de CO<sub>2</sub>, sauf en cas d'imposition de CCUS dont la faisabilité actuelle n'est actuellement pas encore assurée.<sup>15</sup> Une telle décision est en contradiction totale avec la nécessité d'interdire aussi vite que possible les investissements dans les énergies fossiles. **Le système électrique belge passerait alors du statut de bon élève à celui de cancre de la classe européenne.**
  - b. Les **capacités pilotables** existantes en Belgique sont actuellement les **centrales classiques à énergie fossile, au gaz**<sup>16</sup> en l'occurrence<sup>17</sup>, émettrices de CO<sub>2</sub>. Le coût de production de l'électricité est loin d'être optimal suite aux arrêts, redémarrages et modifications de puissance nécessaires à l'équilibrage du réseau.
  - c. Certaines centrales nucléaires (France) ont cette capacité de flexibilité. **Ce n'est pas le cas des centrales** belges conçues pour fonctionner à charge nominale. Cela explique la situation assez exceptionnelle mais choquante de devoir interrompre la production d'énergie éolienne pour éviter de devoir arrêter un réacteur nucléaire. Cette nécessité est utilisée comme un argument contre le nucléaire. Celle-ci découle cependant, en partie du moins, de la loi de 2003 interdisant l'installation de nouvelles capacités nucléaires en Belgique et prévoyant la sortie du nucléaire en 2025. Cette interdiction légale de prendre en compte

---

<sup>14</sup> Notons cependant sans entrer dans plus de complexité, qu'il conviendrait d'aborder l'intégration du système énergétique global (électricité et gaz) et de flexibilité de ce système global intégrant la gestion de la demande.

<sup>15</sup> Voir note 3.

<sup>16</sup> Centrales TGV et turbines au gaz.

<sup>17</sup> Lignite, charbon et pétrole ne sont pas utilisés dans notre pays, leur taux de pollution (émissions de CO<sub>2</sub> et de particules fines) les rendant encore plus polluantes.



l'évolution du contexte mondial et des avancées de la science et de la technologie dans le pays pionnier du nucléaire et doté de remarquables compétences en la matière est évidemment hautement dommageable pour notre économie comme pour niveau technologique.<sup>18</sup>

- d. Une **solution rapide existe** cependant en lien avec un besoin de produire de l'H2 décarboné qui devrait jouer un rôle dans le mix énergétique futur (voir 4.e). Il suffirait d'équiper certaines centrales nucléaires d'une capacité de **production d'hydrogène** par électrolyse. Fonctionnant en régime continu, la centrale nucléaire alimenterait plus ou moins le réseau électrique et le complément servirait à la production d'hydrogène. Cette flexibilité nouvelle devrait amener des coûts compétitifs et permettrait de produire l'H2 de manière centralisée, facteur de sécurité et d'efficacité pour ce gaz potentiellement dangereux. Cette possibilité n'a jamais été médiatisée mais elle ferait du nucléaire le complément parfait des énergies intermittentes renouvelables.
  - e. Le mécanisme prévu en Belgique pour favoriser l'installation de centrales au gaz en remplacement des centrales nucléaires (CRM) dont la rentabilité n'est pas assurée suite à leur fonctionnement discontinu constitue un financement des combustibles fossiles, pratique largement dénoncée à supprimer au plus vite et qui devrait être bientôt déclarée illégale sauf obligation de capture, stockage et éventuel usage du CO2. Ce mécanisme serait cependant susceptible de financer aussi d'autres investissements nécessaires par ailleurs : stockage, gestion de la demande ...
7. Quelle est la **place que l'énergie nucléaire peut encore jouer** actuellement et dans le futur dans le mix-électrique belge ?
- a. Le nucléaire souffre d'une **perception extrêmement négative** liée à son origine militaire et à son usage ayant généré deux drames abominables (Hiroshima et Nagasaki) ayant marqué l'humanité entière. La prolifération des armes atomiques et la capacité de destruction qu'elles représentent constituent une préoccupation majeure pour l'avenir de la civilisation humaine. Les risques associés à l'usage civil de cette source d'énergie sont cependant sans commune mesure. Contrairement à l'opinion généralement répandue, l'énergie nucléaire de fission est la **source d'énergie la plus sûre** pour la santé et présentant les risques les plus faibles. Les problèmes associés au nucléaire méritent cependant d'être examinés avec attention.
  - b. **Risques pour la santé** : aucune source d'énergie n'est totalement sûre, que ce soit au stade de l'extraction, du transport, des infrastructures, de l'usage et des émissions générées. Les tableaux de décès survenus par accidents directs ou par la pollution générée sont particulièrement éloquent<sup>19</sup>. Sur la période 1969-2000, le nombre de décès par accident se monte au niveau mondial, à 29938 pour l'hydroélectricité (ruptures de barrages), 20276 pour le charbon, 20218 pour le pétrole, 3921 pour

<sup>18</sup> Si la Belgique a perdu de nombreuses compétences dans le domaine suite au désintérêt du pouvoir politique et aux craintes suscitées dans la population, le centre de recherche SCK-CEN de Mol reste au meilleur niveau mondial. <https://www.sckcen.be/fr>

<sup>19</sup> <https://www.afis.org/L-impact-sur-la-sante-des-differentes-sources-de-production-d-energie>  
[http://academie-technologies-prod.s3.amazonaws.com/2017/07/13/09/14/40/461/filieresproductionnergie\\_sante\\_final.pdf](http://academie-technologies-prod.s3.amazonaws.com/2017/07/13/09/14/40/461/filieresproductionnergie_sante_final.pdf)

le GPL, 2043 pour le gaz naturel et 31 pour le nucléaire. L'accident de Three Mile Island n'a fait aucune victime directe, Tchernobyl en a généré 31 et Fukushima aucune liée au nucléaire (4 victimes directes dans la centrale : 2 emportées par le tsunami, 1 chute et 1 arrêt cardiaque suivie par 10 autres non liées au rayonnement), alors que le nombre total de morts et de disparus provoqués par le tsunami se montait à plus de 18000, dont environ 2000 suite à la rupture d'un barrage hydroélectrique. Le nucléaire est victime de l'image de la bombe atomique et du battage médiatique consécutif aux 3 incidents majeurs survenus en 50 ans avec cependant les conséquences minimales citées plus haut, alors que l'on ne prête guère d'attention aux centaines d'accidents annuels liés aux autres énergies mais survenant de manière disséminée, surtout s'ils concernent des pays peu développés. Il s'agit d'un effet similaire à celui qui concerne les accidents d'avion. La chute d'un avion fera la une dans le monde entier et on ne parlera pas des décès par accidents de la route (1,35 millions en 2016, source OMS). Si l'on veut considérer les effets à plus ou moins long terme, il est évident que la catastrophe de Tchernobyl en particulier aura généré quelques milliers de cancers sur les 20 ans qui ont suivi, à comparer aux quelques 8 millions de morts prématurées par an dues à la pollution de l'air (dont une partie importante liée à la combustion). Rappelons qu'en Belgique, la seule catastrophe de Ghislenghien liée au gaz naturel a fait 24 morts. N'oublions pas non plus les conséquences mortelles à une échelle gigantesque qui découlera du changement climatique engendré par les combustibles fossiles.

- c. **Sûreté des centrales nucléaires belges et autres risques** : Si les risques directs pour la santé sont en moyenne plus faibles que pour les autres sources d'énergie, les évacuations de territoires importants rendus inhabitables pour de longues durées constituent un risque humain, social et économique énorme. Il s'agit vraisemblablement de la raison principale de crainte vis-à-vis du nucléaire dans nos pays à forte densité de population. Il est donc fondamental de se préoccuper tout particulièrement de la sûreté de nos centrales. Celles-ci ne peuvent être qualifiées d'obsoletes ayant fait au fil du temps l'objet de remplacement de tous les éléments, à l'exception majeure des cuves, d'améliorations techniques continues accompagnées de moyens de mesure et de contrôle au meilleur niveau de l'état de l'art. De plus, après chaque incident significatif survenant dans le monde, des investissements nouveaux sont réalisés pour accroître le niveau de sécurité. Les centrales de ce type, construites à la même époque aux USA, ont été prolongées pour une durée de vie espérée de 80 ans, comme il faudrait le faire avec nos centrales actuelles. Quant au problème des « microfissures », les analyses approfondies des experts métallurgistes ont démontré que les « défauts » (inhérents à toute pièce métallique) détectés par une technologie à ultra-sons plus sensible, étaient présents à l'origine et n'ont pas évolué. Soumis à vieillissement accéléré, des échantillons n'ont pas montré de dégradation. Ce problème présumé se révèle donc inexistant, ce qui n'empêche que toute centrale fait l'objet d'un strict suivi de contrôle systématique par un organisme neutre et que celle qui présenterait un risque significatif devrait soit être mise à l'arrêt pour mise en conformité ou fermée définitivement.
- d. **Problème des déchets** : la durée de vie extrêmement longue de certains déchets radioactifs, dépassant largement l'échelle humaine



explique la préoccupation évidente à ce sujet. Cependant, on peut considérer que le stockage souterrain est une solution sûre et que de manière plus fondamentale le problème des déchets à très longue durée de vie est en voie de solution grâce aux progrès de la science et de la technologie. Les procédés qui sont actuellement en cours de développement permettent d'espérer que le problème sera solutionné avant la fin de ce siècle. En particulier, le développement du projet Myrrha au CEN de Mol est particulièrement prometteur à cet égard, tout en ouvrant la piste d'une nouvelle génération nucléaire d'une extrême sûreté.<sup>20</sup> En assurant la réversibilité du stockage souterrain, la récupération des déchets dans le futur pour en assurer le traitement voire la réutilisation n'est pas à exclure. Notons également que le problème sera le même que l'on décide d'arrêter une centrale aujourd'hui ou dans 30 ans.

- e. **Disponibilité des matières fissiles** : Suivant les estimations actuelles, les sources minérales sont suffisamment abondantes pour permettre une exploitation de très longue durée. Les réserves connues d'uranium fissile permettraient le fonctionnement du double des réacteurs actuels pendant encore un siècle. Les technologies déjà développées (surrégénérateur) et en développement (Myrrha, réacteurs à neutrons rapides, réacteurs au thorium) sont susceptibles de permettre l'exploitation de l'énergie de fission pendant de nombreux siècles encore. La maturité de ces technologies et leur déploiement risquent cependant d'advenir un peu tard par rapport au délai extrêmement court qui nous est imparti, raison pour laquelle la prolongation des centrales actuelles paraît nécessaire.
- f. **Quid de la fusion nucléaire ?** La perspective de la maîtrise de cette technologie permettant de produire sans émission des quantités gigantesques d'énergie est excitante. Cependant, les difficultés extraordinaires de développement ne permettent pas d'imaginer une utilisation industrielle avant la fin du siècle, malheureusement beaucoup trop tard par rapport aux contraintes climatiques. Relevons aussi que cette technologie est par nature très centralisée et à contre-courant de la tendance actuelle vers une production décentralisée.
- g. **Évolutions des technologies nucléaires de fission** : Outre les nouvelles technologies évoquées au §e. une véritable frénésie de développement s'est installée, principalement aux USA, en Chine et en Russie, dans le domaine des SMRs (Small Modular Reactors) qui représentent une part significative du futur paysage nucléaire mondial. Ces « petits » réacteurs préfabriqués sont construits de manière modulaire ce qui devrait, espérons-le, abaisser fortement les coûts d'investissement et de production électrique. Rapidement installables, encore beaucoup plus sûrs grâce à leur caractère non-critiques (ne craignant pas l'emballement de la réaction en cas de panne de refroidissement), ils représentent la solution idéale pour une production plus décentralisée où les énergies renouvelables intermittentes continueront à se développer. Un minimum de production centralisée par des réacteurs de plus grande puissance et de nouvelle génération

---

<sup>20</sup> JP Poncelet, H.A. Abderrahim, « MYRRHA, un (autre) regard sur l'énergie nucléaire », ARB, Collection L'Académie en poche, n°137, 2021. Cet ouvrage traitant particulièrement du projet Myrrha donne également une vision très didactique de l'énergie nucléaire.

resterait cependant nécessaire afin d'assurer une part significative de la demande de base.

## 8. Aspects géostratégiques :

- a. La révolution en cours dans le système énergétique devrait permettre à l'Union Européenne de sortir de sa dépendance vis-à-vis du pétrole, et de ses deux aspects, géostratégique et économique.
- b. La sortie du charbon et le recours accru au gaz entraînent malheureusement l'accroissement d'une dépendance vis-à-vis du principal fournisseur de celui-ci, la Russie. Cette dépendance présente un risque certain auquel il faut être très attentif, en tentant de le minimiser.
- c. A contrario, le développement des énergies renouvelables de tous types devrait contribuer à améliorer l'indépendance énergétique de l'UE en améliorant sa balance des paiements et en contribuant à la création d'emplois internes, non délocalisables.
- d. L'énergie nucléaire présente un avantage certain en termes d'indépendance énergétique. Les sources d'approvisionnement classiques ne proviennent pas de pays susceptibles d'influencer négativement la politique européenne. Les grandes quantités de résidus pouvant être retraités pour exploitation dans les centrales de nouveaux types permettent d'assurer une disponibilité pour plus d'un siècle.
- e. Les interconnexions énergétiques (électricité et gaz divers : GN, H2, CO2...) entre États Membres et le développement d'une véritable stratégie « Énergie » de l'UE sont des nécessités urgentes. Dans un monde de plus en plus incertain, les solutions d'interconnexion à très grande distance entre entités instables voire rivales sont à déconseiller. Par contre la possibilité de produire de l'H2 décarboné ou des e-fuels grâce au nucléaire et aux énergies intermittentes dans des endroits privilégiés par le régime des vents ou l'ensoleillement semble intéressante. L'aspect de dépendance stratégique de fournisseurs externes à l'Union Européenne devra être pris en compte.
- f. La nécessité de cesser l'extraction des combustibles fossiles (actifs échoués) pose des problèmes énormes aux grandes sociétés pétrolières et gazières mondiales, publiques ou privées, dont la reconversion est problématique mais nécessaire. La capacité de résistance de ces géants du marché risque de ralentir fortement la révolution énergétique nécessaire.
- g. Si l'Europe peut espérer donner l'exemple au reste du monde par l'exemple de sa lutte contre les émissions de GES passant par une imposition d'un coût important au CO2, il est illusoire d'imaginer qu'elle pourra y arriver seule. Un mécanisme d'ajustement aux frontières de l'Union pour prendre en compte le CO2 importé de pays où une taxation similaire ne serait pas d'application, est indispensable au risque de voir la compétitivité de l'Europe compromise. La difficulté de rendre opérationnelle cette exigence nécessite d'être capable de disposer d'une cohérence stratégique au niveau de l'UE.

- h. Les émissions de GES se jouent des frontières. Une solidarité internationale doit absolument se manifester de manière déterminée. En particulier, les pays riches doivent aider les pays pauvres à adopter une voie de développement différente de celle qu'eux-mêmes ont suivie, au risque de voir tous leurs efforts réduits à néant. Cela ne pourra s'accomplir que dans un esprit de respect et de collaboration véritable.

## 9. CONCLUSIONS et RECOMMANDATIONS

- a. Les objectifs particulièrement ambitieux de décarbonation de notre système énergétique correspondent à une véritable révolution dont nos populations et la plupart de nos dirigeants ne mesurent pas l'ampleur. Fixer des objectifs est facile mais les réaliser est d'une difficulté extrême. Outre les investissements énormes qu'il faudra consentir au niveau technologique, cela nécessitera beaucoup de courage pour faire comprendre et accepter les mesures forcément très perturbantes et contraignantes qui seront nécessaires.
- b. La fixation immédiate d'un coût minimum significatif de la tonne de CO<sub>2</sub> émise (de l'ordre de 50 €/TCO<sub>2</sub>) et son accroissement régulier pour l'ensemble des émetteurs, y compris les particuliers, constitue le principal incitant de cette révolution et sera l'arbitre de la configuration du secteur énergétique futur. Cela doit inévitablement aller de pair avec le mécanisme d'ajustement aux frontières que prépare actuellement l'UE. La mise en place d'une fiscalité « verte » est incontournable et la Belgique est largement en retard dans ce domaine
- c. Comme rappelé au début de cette note, la 1<sup>ère</sup> priorité est de diminuer drastiquement notre besoin en énergie (efficacité et sobriété), ce qui exige
  - i. des investissements très importants pour atteindre une efficacité maximum (habitat, transport, industrie) avec des opportunités importantes pour nos entreprises et la création de nombreux emplois.
  - ii. des changements comportementaux et culturels majeurs pour tendre vers la sobriété énergétique.
- d. Décarboner notre système énergétique que ce soit à court (2030) ou moyen terme (2050) et sortir du nucléaire sont deux objectifs totalement contradictoires, voire incompatibles.<sup>21</sup> Selon une étude récente et approfondie de la FABI basée sur divers scénarios, moyennant des investissements considérables et des changements comportementaux majeurs mais difficilement crédibles, les objectifs de décarbonation peuvent être approchés mais sont impossibles à atteindre en cas de sortie totale du nucléaire.<sup>22</sup>
- e. Une loi de 2003 interdit l'installation de nouvelles capacités nucléaires, faisant fi des avancées dans la science et la technologie, et ne tenant

---

<sup>21</sup> J. Marlot, communication privée. En 2019, l'émission de CO<sub>2</sub> du système électrique belge était de 15,6 MTCO<sub>2</sub> dont 84% provenant des actuelles centrales au gaz. La fermeture des 7 centrales nucléaires belges, malgré le doublement de la capacité PV et éolien, amènerait à un accroissement annuel de 13,6 MTCO<sub>2</sub>, accroissement qui serait limité à 7 MTCO<sub>2</sub> en cas de maintien des 2 centrales les plus récentes.

<sup>22</sup> <https://www.fabi.be/transition-energetique>

pas compte des besoins urgents de suppression des gaz à effet de serre. Cette loi basée sur une appréhension aussi compréhensible que largement irrationnelle a engendré chez beaucoup une conception dogmatique dont les conséquences risquent d'être désastreuses pour la Belgique. Elle devrait être abrogée et les décisions politiques à adopter devraient s'appuyer sur des considérations objectives, priorisant l'urgence absolue de la décarbonation rapide de notre système énergétique.

- f. Il faut garder le maximum de nos centrales nucléaires qui peuvent pour la plupart être encore prolongées d'une vingtaine d'années.<sup>23</sup> Il faut rendre nos deux réacteurs les plus récents pilotable en leur adjoignant une capacité d'électrolyse de production d'H<sub>2</sub>.
- g. Il convient d'étudier dès maintenant le système énergétique du futur proche (de 2030 à 2050) en adjoignant aux capacités nucléaires classiques de nouvelles capacités nucléaires de type SMR, inscrites dans l'évolution vers des réseaux plus décentralisés.
- h. Le développement des énergies renouvelables en général et des intermittentes en particulier doit être poursuivi de manière volontariste, en accordant une grande importance aux capacités de stockage et en privilégiant l'autoconsommation des particuliers, des PME et des entreprises, basée sur des « micro-grids ».
- i. Le développement d'une réelle stratégie énergétique européenne, les interconnexions des réseaux, l'intégration du système énergétique (électricité et gaz décarbonés), la gestion de la demande, la numérisation etc. doivent être mises en œuvre au plus vite.
- j. Les choix technologiques et économiques à réaliser dans un système d'une aussi grande complexité, devront être basés sur des modèles de simulation technico-économiques, dont la construction doit être accélérée.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> Le délai nécessaire à l'installation d'une nouvelle capacité nucléaire est tel qu'il faut privilégier le maintien et la modernisation des capacités existantes.

<sup>24</sup> Pour utiliser une terminologie en vogue, il est indispensable de construire un « jumeau numérique » de notre système énergétique, intégrant les exigences technologiques, les coûts associés et les émissions de CO<sub>2</sub> qui en découlent. Le projet EPOC en cours doit avoir cette ambition.