

*LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ 100%
RENOUVELABLE
EN BELGIQUE*

*EST-ELLE POSSIBLE ET MÊME
SOUHAITABLE ?*

résumé

Tout semble indiquer que l'électricité sera le vecteur énergétique gagnant de la transition énergétique. De 20% de notre consommation finale actuellement, il dépasserait les 50% voire 60% de nos usages en 2050. Cette étude propose dans un premier temps un état des lieux de notre consommation électrique et les tendances pour la décennie à venir.

D'ici 2030, notre approvisionnement en électricité va considérablement évoluer avec la fermeture des centrales nucléaires. Nous analysons en détail l'alternative actuellement sur les rails et les dangers auxquels nous devons être attentifs : la garantie d'approvisionnement et un prix abordable. L'étude analyse ensuite la faisabilité des scénarios présentés dans le livre Terre-Mer-Soleil pour une production électrique 100% renouvelable en Belgique.

Puisque l'électricité est appelée à jouer un rôle central dans la neutralité carbone, l'étude élargit le débat à la transition énergétique. A cet égard, l'étude explore sans tabou des dimensions qui, dans les scénarios qui prônent le 100% renouvelable en 2050, sont en général tus, y compris dans le livre ci-dessus, comme la dépendance géopolitique, l'utilisation des matériaux ou les coûts sociétaux.

Pour le Centre Jean Gol, la transition énergétique n'a pas de voie toute tracée. Elle se construit pas à pas, sans dogmatisme, et doit être authentiquement durable.

Une étude réalisée par

RÉMY LEBOUTTE

Cette étude a été réalisée par **Rémy Leboutte**, collaborateur au Centre Jean Gol et supervisée par **Corentin de Salle**, Directeur scientifique du Centre Jean Gol.

Je les en remercie.

Je vous souhaite une excellente lecture de ce numéro des Études du Centre Jean Gol.

DANIEL BACQUELAINE

Administrateur délégué

Les Études du Centre Jean Gol sont le fruit de réflexions entre collaborateurs du CJG, des membres de son comité scientifique, des spécialistes, des mandataires et des représentants de la société civile. Accessibles à tous, elles sont publiées sous version électronique et sous version papier.

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES

Georges-Louis Bouchez, Président du CJG
Daniel Bacquelaine, Administrateur délégué du CJG
Axel Miller, Directeur du CJG
Corentin de Salle, Directeur scientifique du CJG

PARTIE I - TOUR D'HORIZON DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE BELGE

L'électricité est un vecteur énergétique particulièrement structurant dans nos sociétés modernes. Elle est d'ailleurs à l'origine de la deuxième révolution industrielle. Dès lors, il est naturel qu'elle revienne souvent à l'avant-plan de tous les débats énergétiques, au risque malheureusement de créer un amalgame auprès de la majorité de nos concitoyens entre électricité et énergie : les deux débats finissent par se confondre.

Ce biais est encore amplifié depuis que l'enjeu de la transition énergétique est dans le débat public. Cela est en partie dû au fait que les principaux promoteurs de la transition énergétique - les tenants de l'écologie politique - concentrent leurs propositions positives sur ce vecteur énergétique. Pour dire les choses simplement : parler d'éoliennes et de panneaux solaires est plus porteur du point de vue du marketing politique que d'évoquer les économies d'énergie, la chaleur renouvelable ou les biocarburants.

Ce biais, parmi d'autres, a pour conséquence que l'enjeu de la transition énergétique se résume souvent à « sortir du nucléaire pour implanter des éoliennes et des panneaux photovoltaïques ». Ce genre de débat monopolise, tant dans les discours que dans la captation des subsides publics, presque toute l'attention des décideurs politiques et des acteurs de l'énergie. Malheureusement.

Et pourtant, il n'est question que du vecteur électrique. Vecteur qui est actuellement majoritairement décarboné et représente seulement un petit 20% de la consommation énergétique finale de notre pays. D'un point de vue climatique, l'enjeu est ailleurs. Il est dans les 80% restants dont l'approvisionnement est assuré par les énergies fossiles (le pétrole et le gaz).

Le mix énergétique fera sans doute l'objet d'une autre analyse. La présente étude porte justement sur notre secteur électrique. Elle fait un tour d'horizon de celui-ci, analyse où nous sommes, où nous allons, où certains veulent nous faire aller et donne quelques clés pour appréhender tout cela.

*« Il est difficile de rencontrer
un homme qui veuille
bien entendre une vérité
désagréable. »*

Proverbe sanskrit, Hitopadésa - IX^e siècle.

1. LE MIX ÉLECTRIQUE – PASSÉ, PRÉSENT ET AVENIR PROCHE

Comme évoqué dans l'introduction, le paradoxe est que le vecteur électrique ne représente que 17,7% de la consommation finale belge en 2019 selon Statbel. Et, ces dernières années, le secteur de production d'électricité n'était pas vraiment le plus préoccupant dans la lutte contre le changement climatique, en tout cas pour le mix électrique belge. En effet, jusqu'ici, le mix électrique belge est largement décarboné au regard de la plupart des productions électriques dans le monde (majoritairement alimentées par du charbon).

1.1. UN MIX DÉCARBONÉ ET QUI ÉVOLUE

Électricité		TWh
Nucléaire		43,5
Gaz naturel		25,7
Combustibles fossiles solides et gaz sidérurgiques		2,5
Produits pétroliers		0,0
Énergies renouvelables		19,0
Autres sources*		2,7
Total		93,5

*Les autres sources comprennent l'hydroélectricité pompée, la chaleur de récupération, les déchets non renouvelables et autres.

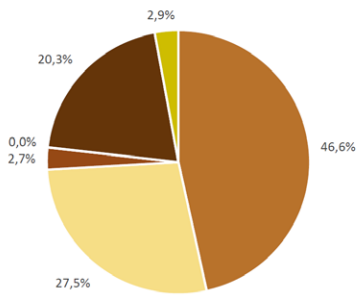


Schéma issu du doc. « Chiffres-clés Energie » - SPF Economie août 2020

Pourquoi ? Parce qu'environ la moitié de l'électricité produite en 2019 provient de l'énergie nucléaire (46,6% - 43,5 TWh) tandis que les énergies renouvelables représentaient 20,3% (soit 19 TWh) du mix électrique.

Pour ce qui concerne les 19 TWh produits à partir des énergies renouvelables, la moitié de la production venait de l'éolien (50,3% - 9,5 TWh), du photovoltaïque (20,5% - 3,9 TWh) et de la biomasse solide (16,1% - 3,1 TWh). Le résidu étant assuré par l'hydraulique hors pompage (1,6% - 300 MWh), les déchets urbains renouvelables (5,7% - 1,1 TWh), le biogaz (5,2% - 1 TWh) et la biomasse liquide (0,4% - 100 MWh).

Quand on prend en compte le nucléaire, les énergies renouvelables et la partie renouvelable des autres sources (hydroélectricité pompée, chaleur de récupération), on peut estimer qu'environ 2/3 du (66% à 68%) du mix électrique était décarboné en 2019.

1.2. L'AVENIR DU MIX ÉLECTRIQUE BELGE

Avec la sortie totale de la production nucléaire en 2025, le taux d'émissions de CO₂ par MWh d'électricité produit en Belgique va augmenter de manière importante à court terme. Le Plan national Energie-Climat (PNEC) estime que le bilan du secteur de production électrique va se dégrader à hauteur de 8 millions de tonnes de CO₂/an après 2025. La capacité pilotable actuellement assurée par le nucléaire (un peu moins de 6 GW) sera remplacée par des usines au gaz. Elia a estimé que cette nouvelle capacité devrait se situer autour de 3,6 GW.

Comme on peut le voir sur le schéma ci-contre, la capacité électrique installée en Belgique ne cesse d'augmenter ces dernières années : de 18,8 GW en 2010, le SPF Eco estime que nous avons atteint 23,8 GW de puissance en 2019, soit une augmentation de 5 GW (+26,5%).

Nous pouvons remarquer que la capacité pilotable (nucléaire/ thermique/hydro) est globalement stable, voire a légèrement diminué sur la dernière décennie. Ce sont surtout les capacités photovoltaïques et éoliennes qui se sont considérablement

développées : elles représentent maintenant 8,3 GW de puissance, soit 35% de la puissance installée.

Évolution en GW

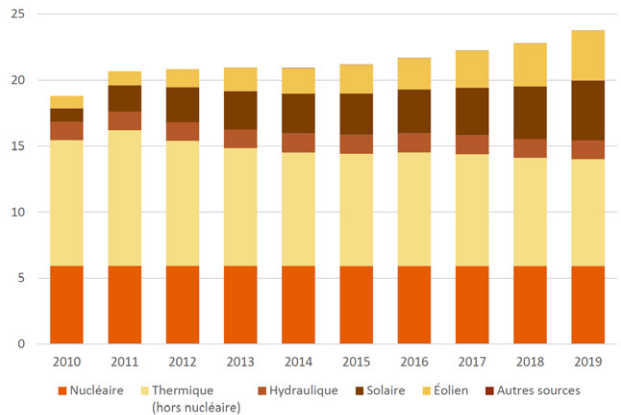


Schéma issu du doc. « Chiffres-clés Energie » - SPF Economie août 2020

De manière structurelle, notre capacité de production augmente mais la production d'électricité produite reste stable en temps normal. Les systèmes de production qui sont - et seront encore à l'avenir - massivement déployés sont des productions intermittentes avec l'éolien et le solaire en navires amiraux.

1.3. DES OBJECTIFS PLUS AMBITIEUX DANS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Le Mouvement réformateur (MR) s'inscrit dans une trajectoire de la transition énergétique ambitieuse et viable, via notamment les sources d'énergies renouvelables électriques. Ces dernières années, dans tous les gouvernements où il a pris des responsabilités, le MR a développé et réalisé une série de politiques dans cet objectif, tant dans le développement des technologies que dans le contrôle du coût de la transition pour les différents acteurs de la société.

A cet égard, les ambitions affichées par les gouvernements régionaux et fédéral actuels pour le développement des énergies renouvelables électriques sont aussi ambitieuses :

1. Le Gouvernement fédéral a confirmé récemment son objectif PNEC de 4 GW d'éolien offshore en 2030 :

- Le lecteur attentif de l'Accord de gouvernement aura remarqué qu'il est même possible d'atteindre 4,4 GW puisque le texte mentionne une 2^e zone d'éolien offshore d'une puissance finale de 2,2 GW (le PNEC prévoit en effet que la 1^{ère} zone atteindra 2,25 GW environ et que la 2^{ème} zone atteindra 1,75 GW, soit 4 GW ; et donc si, en définitive, la 2^{ème} zone est de 2,2 GW, cela nous donne un total de 4,4 GW). ;

- Une puissance de 4 GW d'éolien offshore produira environ 14 TWh (15,4 TWh si puissance de 4,4 GW). Ce qui est censé représenter 40% de l'objectif d'énergie renouvelable à l'horizon 2030 ;

- Le Fédéral se donne également la possibilité d'aller au-delà de ces objectifs après des analyses approfondies (impact sur l'environnement, prix, etc.) et ainsi rejoindre les scénarios qui prévoient 6 GW voire 8 GW d'éolien offshore en Mer du Nord à terme.

2. Le Gouvernement wallon a affiché ses propres objectifs pour 2030 dans la partie wallonne du Plan national Energie climat (élégamment baptisée « PWEC ») :

- Elle prévoit environ 10 TWh d'électricité d'origine renouvelable, soit 37% dans la consommation finale d'électricité wallonne ;

- L'éolien onshore participerait à hauteur de 4,6 TWh et le photovoltaïque à hauteur de 3,3 TWh sur ces 10 TWh.

3. Compte tenu des objectifs européens actuels – qui seront vraisemblablement augmentés par la loi climat et l'objectif de neutralité à 2050 –, le PNEC prévoit une production électrique d'origine renouvelable de 37,4% d'ici 2030 :

- soit 3269,5 ktep (Conversion en TWh ~38,45 TWh)

- dont 2,102 Mtep (~24,7 Twh) d'éolien et 836 ktep (~9,8 TWh de solaire)

Le mix électrique va donc considérablement évoluer dans la prochaine décennie. Quelques enseignements :

- la **capacité de production augmente et va continuer à augmenter considérablement** sans que la production effective d'énergie suive la même tendance : c'est l'effet des énergies renouvelables qui doivent capturer une énergie beaucoup plus diffuse dans l'environnement et nécessitent des infrastructures beaucoup plus importantes et décentralisées sur le territoire ;

- Ces **productions d'énergies intermittentes doivent être couplées soit à une capacité de production électrique pilotable (des usines au gaz dans la plupart des cas)** soit être stockées pour être restituées quand la demande est présente. Actuellement, la question du stockage électrique n'existe globalement que dans le pompage turbinage (Coo) en Belgique ;

- **Pour la capacité pilotable, qui représente environ 15 GW actuellement, la production marginale pour remplacer les 6 GW de nucléaire après 2025 sera majoritairement assurée par des centrales au gaz pendant les 30 prochaines années.** L'objectif étant de les solliciter de moins en moins au fur et à mesure du développement des énergies renouvelables éoliennes et solaires.

2. UN SYSTÈME DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE PERFORMANT – VISION DU MR ET DU CENTRE JEAN GOL

Le Mouvement réformateur s’inscrit dans l’objectif climatique de l’Accord de Paris. Cela étant dit, cela ne nous avance à pas grand-chose. Adopter un objectif est facile, l’atteindre en tenant compte de la réalité s’avère autrement plus compliqué.

Seule compte la stratégie et sa crédibilité à atteindre l’objectif fixé. C’est en ça que le MR croit et c’est dans ce credo qu’il s’inscrit : dans des objectifs viables tant sur les plans économiques que sociaux et environnementaux. Et à cet égard, il y a beaucoup à redire sur « les angles morts » de la transition énergétique. Des auteurs comme Guillaume Pitron ou Philippe Bihouix mettent par exemple en garde contre les conséquences de la trajectoire actuelle de nos sociétés sur la question des métaux.

Cette étude est aussi l’opportunité de mettre en avant plusieurs éléments qu’il convient de tenir à l’œil dans l’évolution future de notre mix électrique et plus largement du mix énergétique. Cela ne veut pas dire qu’il ne faut pas le faire et se murer dans des certitudes obstinées. Cela ne veut pas dire non plus que c’est infaisable. Cela veut juste dire qu’il faut prendre en compte toutes les dimensions et être à la hauteur des enjeux si nous voulons développer un modèle qui soit soutenable : **éluder des « coûts » (au sens large) ou des biais liés à certaines technologies ou certains discours n’est pas une option pour ce qui nous concerne.**

Pour donner une grille de lecture au lecteur, gardons à **l’esprit trois critères à surveiller de près** :

- Le prix : il s’agit pour faire simple de maintenir le prix total de la facture sous contrôle :
 - Ce sont directement des balises économiques (compétitivité et coût pour les entreprises et les ménages) et sociales (précarité énergétique, équité dans la répartition des coûts, etc.) ;
 - C’est moins le coût de production que la facture payée par le consommateur qui nous importe. Il faut dès lors prendre en compte toutes les composantes : énergie, coûts de réseau, surcharges diverses et les prélèvements fiscaux et parafiscaux divers ;
 - Garder une énergie sous contrôle permet de garantir la hausse globale du bien-être de la société. Notre histoire nous démontre que l’énergie chère et rare est un obstacle au développement, et donc au progrès humain.
- La sécurité d’approvisionnement :
 - C’est tout d’abord un objectif politique.
 - C’est en somme la capacité pour le système électrique à répondre à la demande à tout moment. Cela n’exclut pas de prévoir de la flexibilité ou de gérer la demande sur une base volontaire et dans un cadre très balisé ;
 - Garantir un accès à l’énergie est un enjeu social et économique crucial.

- La durabilité ou le triptyque « économie, social, environnement » :
 - L’impact climatique des activités humaines, notamment dans le secteur de la production d’énergie est parfaitement connu et monitoré. De même, l’évolution actuelle du système de production électrique a un impact climatique négatif, même s’il est contrôlé ;
 - Produire de l’énergie valorisable n’est jamais neutre pour l’environnement. La transition telle que nous l’envisageons a aussi un impact environnemental ;
 - A côté de l’environnement, toute transition énergétique réorganise les aspects économiques et sociaux. Pour chacun de ceux-ci, il faut les identifier et les traiter pour rendre celle-ci durable et viable.



3. LE MIX ÉNERGÉTIQUE ET LA QUESTION DU CLIMAT

3.1 LE PARADOXE DU MIX ÉLECTRIQUE DÉCARBONÉ QUI SE CARBONE

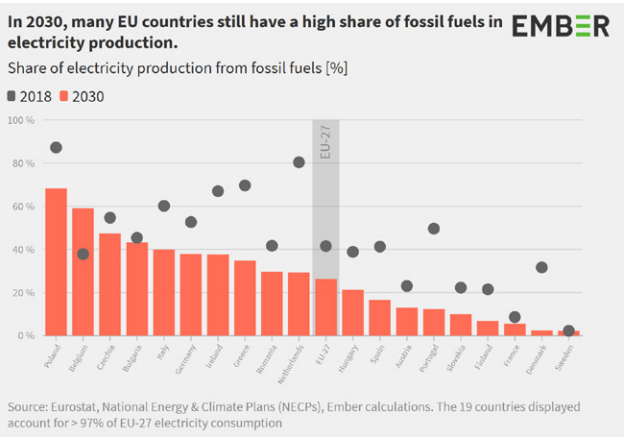
Nous l'avons dit plus haut : avec la sortie totale de la production nucléaire en 2025, le total d'émissions de CO₂ de la Belgique va augmenter à hauteur d'au moins 8 millions de tonnes de CO₂/an après 2025. En soi, nos centrales nucléaires arrivant doucement en fin de vie, il est normal de prévoir un phasing-out. En 2003, c'est via la Loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité que le futur du mix électrique belge a été légalement arrêté.

La substitution de la capacité pilotable actuellement assurée par le nucléaire sera remplacée par des usines au gaz. Les tenants de la sortie définitive du nucléaire déploient un argumentaire bien rôdé pour expliquer que cela n'aura aucun impact sur le climat. Schématiquement, les arguments sont les suivants :

- La production d'énergie, donc d'électricité belge est soumise au système ETS européen (*Emission Trading System*). Les émissions de CO₂ issues du secteur de production d'électricité étant comptabilisées dans un pot commun européen fermé, l'augmentation des centrales belges n'aura pas d'impact au total dans les émissions européennes (et donc sur le climat) ;
- « Si de nouvelles centrales [à gaz] belges performantes (neuves et beaucoup plus efficaces que les vieilles allemandes par exemple) arrivent sur le marché, d'autres seront contraintes de sortir

de ce pot commun parce qu'elles seront trop chères. [Donc, grâce au système ETS,] ces nouvelles centrales belges auront l'avantage de forcer la sortie (hors du *merit order*) des plus vieilles centrales au charbon en Allemagne, en Pologne, aux Pays-Bas, beaucoup moins efficaces. »

- « A terme, ces centrales au gaz belges pourront même fonctionner au biométhane, notamment issu des déchets ménagers. » voire encore, nous le verrons ci-après, à l'hydrogène ou au gaz de synthèse produit par le surplus d'origine renouvelable (Livre Terre-Mer-Soleil, pp. 84 à 86).



Ember, *Fossil fuels*, ember-climate.org/project/necp7/

Pour ce qui nous concerne, nous pouvons entendre que les centrales nucléaires belges soient pour la plupart en fin de vie et que la question de réinvestir dans de nouvelles centrales nucléaires n'est pas évidente. Même si, à l'analyse, d'autres pays parient résolument sur cette technologie pour atteindre leurs objectifs climatique et/ou de sécurité

d'approvisionnement (Chine, USA, Russie, etc.). Pour la prolongation des centrales existantes, même certains climatologues tels que J-P Van Ypersele – qu'il est difficile de qualifier de pro-nucléaire – ne sont pas si assurés qu'Ecolo sur la capacité de fermer en 2025 des centrales nucléaires déjà amorties et en état de marche.

Il n'empêche qu'au niveau européen, nous serons les seuls qui, d'ici 2030, auront un mix électrique qui va se carboner. Le tableau ci-contre est élaboré en fonction des projections reprises dans les différents plans nationaux énergie-climat (PNEC) des Etats membres.

En somme, il n'y a pas de quoi être particulièrement fier de notre trajectoire.

3.2 LE MARCHÉ EUROPÉEN DU CARBONE

Avant d'examiner de manière critique les arguments développés dans la section précédente, épinglons deux préalables :

- Espérons d'abord que le marché européen d'échange des quotas carbone fonctionne correctement. Depuis sa mise en place, on ne peut malheureusement pas dire qu'il ait été parfaitement efficient. Soyons beaux joueurs : partons de l'hypothèse – et espérons pour le climat – qu'il fonctionnera¹ ;
- Il est singulier que des personnes qui, à longueur d'interview, répètent que « la meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas » ne s'émeuvent pas de quelques 8 millions de tonnes de CO₂ supplémentaires inutilement répandus dans l'atmosphère pendant plusieurs décennies... Cela représente tout de même environ 8 à 10% du total des émissions belges (estimation 2020 – post COVID).²

On sait pourtant que le CO₂ ne se dégrade que très lentement dans l'atmosphère et que c'est la question du stock (soit la quantité totale de dioxyde de carbone émise - passé, présent et futur) qui est importante dans l'effet de serre. Rejeter au minimum 8 Mt de CO₂ dans l'atmosphère pendant des dizaines d'années reste un échec pour notre bilan personnel.

Venons-en à la question du « in-out » du marché ETS.

Le premier postulat d'Ecolo – et des auteurs de « Terre, Mer, Soleil » – est que l'arrivée de nouveaux émetteurs de CO₂ devant se « financer » en quotas entrainera comme conséquence une augmentation de la demande en quotas (et donc du prix de la tonne de CO₂ pour l'ensemble des acteurs européens concernés). Le cercle vertueux se concrétisant avec des producteurs d'énergie étrangers moins performants qui seront soit obligés d'investir pour diminuer leurs émissions, soit devront arrêter leurs activités émissives. Deux questions se posent à notre échelle cependant :

- nous pouvons nous poser la question de l'impact réel de nos nouvelles émissions sur le marché européen. Dans le cadre d'une analyse sur un scénario de prolongation de nucléaire (2 GW) contre une sortie totale en 2025, le Bureau fédéral du Plan avait mentionné que l'impact sur les émissions belges de CO₂ dans le secteur de l'électricité serait nettement ressenti – soit environ -45% à l'horizon 2030 – dans le scénario d'une prolongation deux réacteurs nucléaires les plus récents. Toutefois, au niveau européen, cette baisse des émissions belges n'est que très limitée (environ -1%).³ Cette hypothèse s'appuyait sur une étude précédente qui indiquait que garder 14 TWh de nucléaire avait un impact négligeable sur le marché ETS.
- Vu ce résultat sur les émissions globales UE, on peut aussi retourner la question dans l'autre sens : les

nouvelles émissions belges des centrales au gaz auront-elles un quelconque impact sur le prix de la tonne de CO₂ sur le marché européen ? S'il est effectivement négligeable, l'argument des émissions belges « bonnes dans le cadre européen » n'est que très relatif ;

- La seconde question, c'est justement cette question du coût du système ETS sur la production d'électricité belge, et donc *in fine* sur le consommateur. Dans la mesure où les quotas distribués gratuitement aux autorités belges n'augmentent pas en fonction des choix énergétiques posés par la Belgique,⁴ cela signifie que toute émission additionnelle des centrales au gaz devra être couverte par un quota acheté sur le marché ETS.

En soi, ce potentiel coût est le problème des exploitants de ces nouvelles centrales. Mais, là où cela se complique, c'est que nous savons aussi que ces nouvelles capacités seront soutenues par un mécanisme de rémunération de la capacité (MRC - CRM en acronyme anglais) pour un coût estimé de 345 millions /an.

On se retrouvera ainsi dans un système de production électrique ubuesque où l'UE utilise le système ETS pour dégrader la rentabilité des unités émettrices de carbone (dont nos futures centrales au gaz) et où la Belgique mettra en place une rémunération de la capacité pour améliorer la rentabilité des mêmes centrales... La future capacité pilotable belge ressemblera à un char où des chevaux tirent dans deux directions opposées...

Quels sont les coûts qui pourraient être générés par l'obligation de se fournir en quotas sur le marché ETS ? De simples ordres de grandeurs permettent de constater que la rentabilité des centrales au gaz

productrices d'électricité pourrait vite être altérée si le nombre de quotas gratuits dont dispose la Belgique n'est pas assez large :

- considérant que nous allons rejeter environ 8 à 12 millions de tonnes de CO₂ (8 à 12 Mt) supplémentaires dans l'atmosphère (chiffres PNEC) ;
- Admettons que le prix de la tonne de CO₂ sur le marché ETS (environ 20 - 25€/tonne aujourd'hui) finisse par augmenter (objectifs climat UE), par exemple jusqu'à 40€, admettons donc que le système ETS fonctionne ;
- Admettons qu'en 2025, nous sortions du nucléaire et que nous disposions de ¾ de quotas d'émissions gratuits. Il reste donc un quart de nos nouvelles émissions qui doivent être couvertes en achetant sur le marché des quotas pour un chiffre entre 2Mt et 3,5 Mt :

Dans un tel cas, le prix qui dégraderait la rentabilité des centrales au gaz oscille entre 50 millions et 87,5 millions € (si 25€/tonne de CO₂) ou encore 80 et 140 millions € (si 40€/tonne de CO₂).

- Si nous prenons l'hypothèse que toutes les émissions de ces nouvelles capacités au gaz doivent être couvertes par des quotas achetés sur le marché ETS (8 à 12 millions de tonnes), cela donnerait une fourchette de surcoût annuel de 200 à 300 millions € (si 25€/tonne) ou encore de 320 à 480 millions € (si 40€ /tonne).

Nous laissons au lecteur le soin de calculer les hypothèses où le marché a atteint 60€ ou 80€/tonne de CO₂...

¹ C'est un comble que le Centre Jean Gol s'interroge sur l'efficiencia d'un marché particulier (reconnaissons qu'il est biaisé par les interventions étatiques) alors que les tenants de l'écologie politique prennent l'hypothèse inverse et s'en remettent sans réserve à ce même marché.

² En 2018, derniers chiffres disponibles sur climat.be : 118,5 Mt éq. CO₂. Avec la crise COVID, on peut estimer tourner en 2020 autour des 100-105 Mt éq. CO₂.

³ Bureau fédéral du Plan, site du chiffrage des mesures des partis politiques lors de la campagne électorale de 2019, scénario NVA – prolongation de 2 GW de nucléaire, www.dc2019.be/results/results_fr.html#TopData

⁴ Quel qu'il soit, le choix relatif à la production d'origine nucléaire (sortir, prolonger, ne pas sortir) aura un impact sur le volume d'émissions de carbone de la Belgique. Or, le système ETS ne distribue pas plus de quotas qu'un choix ou l'autre soit intervenu entretemps. La Belgique devra donc gérer avec ses quotas et, si elle dépasse le volume, en acheter sur le marché ETS. Sur le système ETS : www.eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISUM%3A128012



3.3. L(ES) OBJECTIF(S) CLIMAT ET LA MODULATION DU DISCOURS POLITIQUE

Il est intéressant de relever que deux méthodes de comptage des gaz à effet de serre sont utilisées alternativement sur la place publique, parfois même au cours d'un même débat. Il s'agit de

- celle de l'Accord de Paris (du GIEC) et
- celle de l'Union européenne (légalement contraignante).

Ce qui est hautement dérangeant dans cette manière de faire, c'est qu'on profite de la technicité des matières climatiques et énergétiques pour pousser l'une ou l'autre en fonction du moment ou du débat en cours.

Mais bon, fixer un objectif climatique très ambitieux dans une déclaration de gouvernement, c'est un bon marqueur politique. Cela permet d'avoir une bonne conscience. Puis cela permet même de « frimer » sur la scène internationale quand l'heure de la COP est venue. Dans le même temps, compter les émissions selon une autre méthode permet de ne pas trop s'embarrasser des effets comptables négatifs (et climatiques) de la politique énergétique qu'on met en œuvre pour atteindre lesdits objectifs.

Ce double comptage est politiquement très pratique, à défaut d'être intellectuellement honnête.

3.3.1. « DEUX » OBJECTIFS CLIMATIQUES

Analysons cela plus en détail :

1. La première méthode, c'est celle de l'Accord de Paris : un pays ou une région se voit octroyer un objectif de baisse de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) tous secteurs confondus (100% de émissions de GES du territoire étudié). La base de référence est ici 1990 et l'objectif est d'atteindre la neutralité carbone afin de ne pas dépasser les 1,5°C de réchauffement global :
 - Pour l'UE, on estime que cette neutralité carbone (zéro émission nette) doit être une réalité en 2050. L'objectif intermédiaire de -55% est souvent cité pour 2030 ;
 - Pour le Gouvernement fédéral, l'objectif de -55% pour ce qui concerne son domaine de compétence (Accord de gouvernement du 1^{er} octobre 2020) ;
 - Pour la Wallonie, l'objectif, dans sa déclaration de politique régionale 2019, est également de -55% en 2030 (base 1990) pour viser la neutralité en 2050. Les objectifs climatiques wallons (décret 2014) incluant des budgets carbone par secteur comprennent donc les secteurs de la production d'énergie et de l'industrie dite « ETS » ;
 - Quand on parle d'atteindre la neutralité carbone (Accord de Paris, les résolutions à la Chambre par exemple ou encore l'objectif du Conseil européen de décembre 2019), cela englobe tant les secteurs ETS que les secteurs non-ETS.

2. La seconde méthode de comptabilisation des émissions de GES que nous épinglons, c'est celle de la législation européenne qui fait une différence entre le système ETS (soit les gros secteurs émetteurs de CO₂ – environ 37% des émissions GES en Belgique dans l'industrie lourde et la production d'énergie) et les objectifs nationaux par Etat membre qui concernent les secteurs non-ETS.
 - Pour la Belgique, cet objectif « non-ETS » est de -35% de GES en moins pour 2030 (30% pour l'UE). Pour le secteur ETS, l'objectif global du marché (européen) est de -43%.
 - Pour compliquer encore un peu les choses, la base de référence (le point de départ) est 2005, soit le début du système ETS en Europe et non 1990, comme l'Accord de Paris ;
 - Le système ETS – qui porte donc sur un gros tiers de nos émissions - engage les entreprises concernées dans un marché européen des quotas d'émissions où elles ne peuvent polluer que dans la mesure où elles possèdent des quotas d'émissions. Et si elles sont à court de quotas, elles les achètent sur le marché dédié (prix à la tonne de CO₂ + système d'échange) ;
 - Les objectifs nationaux portent donc sur les émissions non-ETS, soit environ 2/3 des émissions restantes. Ces obligations pour les Gouvernements nationaux et régionaux consistent à prendre des mesures pour limiter les émissions de GES dans le logement, le transport, l'agriculture et les déchets notamment ;
 - Pour ce faire, ils ont des obligations en termes de réduction des émissions des GES (2030), de consommation d'énergie renouvelable dans le mix énergétique (consommation finale) et d'efficacité énergétique. Ils doivent détailler toutes ces mesures dans des plans nationaux énergie climat (PNEC) ;

- Pour résumé, les objectifs légaux étant

- de -43% à l'échelle UE pour le secteur ETS et

- -35% pour l'objectif national belge dans les secteurs non-ETS,

- une moyenne grossière place l'objectif belge ETS/non-ETS pour 2030 à un peu moins de 40%, tous secteurs confondus. Notons que la Commission européenne veut amplifier cette ambition pour se conformer à la décision du Conseil européen de décembre 2019 d'atteindre la neutralité carbone en 2050.

Il y a donc l'objectif de l'Accord de Paris qui prévoit un objectif de -55% d'ici 2030 tandis que la moyenne (grossièrement définie, notons-le, et en révision avec la future Loi climat de la Commission européenne) des objectifs UE pour les secteurs ETS et non-ETS qui est d'environ -40% de GES pour la Belgique.

C'est tout de même une différence de 15% environ d'ici 2030 pour ce qui concerne l'effort climatique. Il faut le prendre en compte et adapter la stratégie le cas échéant.

3.3.2. UN OBJECTIF POUR LA FIN, UN AUTRE POUR LES MOYENS

Les représentants de l'écologie politique poussent constamment le respect de l'Accord de Paris (soit une trajectoire de -55% dès qu'il est question des objectifs climatiques pour un Gouvernement). Ainsi, le Gouvernement fédéral, la Fédération Wallonie-Bruxelles, la Région wallonne et la Région de Bruxelles-Capitale se sont tous fixé un objectif climatique de -55% en 2030.

Par contre, lorsqu'il s'agit d'évaluer l'évolution des émissions dans le secteur de production d'électricité, c'est constamment la législation européenne et notamment le système ETS qui est prise comme horizon indépassable.

C'est logique puisque, dans le système de comptabilité de l'Accord de Paris, la forte carbonation du secteur de l'électricité dans la décennie à venir est prise en compte. De ce fait, **elle dégrade fortement la trajectoire actuelle à hauteur d'environ 5,5% (si 8 millions de tonnes CO₂ – base 1990) et 8,3% (si 12 Mt CO₂).**⁵ Dans une trajectoire de -55%, ça compte et ça fait tâche.

En prenant tout en compte, nous arrivons à la conclusion suivante :

- Nous avons fixé pour quelques gouvernements belges (fédéral, communautaire et régionaux) un objectif climatique très ambitieux. Objectif qui amplifie d'environ 15% notre objectif européen pour 2030 (on passe, en l'occurrence à un objectif de - 40 à - 55%) ;

- Chaque gouvernement est responsable dans sa sphère de compétences. Autant dire que personne n'est responsable pour les émissions supplémentaires post-2025 du secteur électrique. Ou plutôt, sauf éolien offshore, le choix politique du Gouvernement fédéral se reporte directement sur les objectifs climatiques et énergétiques des Régions. Comme fédéralisme de coopération, on a connu plus fairplay ;

- Avec la sortie du nucléaire, les 15% d'efforts de réduction des GES deviennent de facto 20,5% à 23,3% puisque, au regard de l'objectif climatique de l'Accord de Paris (dans lequel s'inscrivent le Gouvernement fédéral et les entités francophones), nous reculons.

Cela pose tout de même un problème politique/légal pour la Wallonie. En effet, comme on l'a évoqué, cette dernière s'est inscrite dans un objectif de -55% en septembre 2019 (Déclaration de politique régionale 2019). Elle a d'ailleurs un décret climat (2014) qui prévoit des baisses d'émissions dans les secteurs non-ETS et dans les secteurs ETS.

L'évolution davantage carbonée du secteur de production d'énergie a donc un impact considérable sur sa trajectoire climatique puisque qu'il est prévu (projections du PNEC) **+9,6% d'augmentation de GES dans le secteur « production énergie » en Wallonie à l'horizon 2030**. Or, si la Wallonie veut respecter son objectif global de -55% de GES en 2030, elle doit trouver un moyen de ne pas émettre environ 3 millions de tonnes de CO₂ dans le secteur de la production d'énergie ou faire porter cet effort supplémentaire par d'autres secteurs (bâti, transport, agriculture, etc.) sachant qu'ils sont déjà extrêmement sollicités.

3.4. LE GAZ ADOUBÉ ET LE MARCHÉ PRÉTENDUMENT « LIBÉRALISÉ »

Outre la question de la « neutralité climatique » qui est solutionnée par le système ETS et l'allergie prononcée pour le nucléaire, l'écologie politique promeut le gaz dans le mix électrique pour au moins deux raisons :

- **le gaz permet une flexibilité que n'a pas le nucléaire (belge en tout cas)** : le motif évoqué est qu'il faut laisser la place sur le marché de l'électricité aux énergies intermittentes tant qu'il n'existe aucun moyen de stockage. On peut entendre cet argument dans une certaine mesure ;
- **L'autre est que le gaz est nécessaire avant d'atteindre un monde 100% renouvelable en 2050**. Est-ce possible ? C'est tout l'enjeu de cette étude et de sa deuxième partie en particulier. Pour ce faire, nous nous appuyons sur le livre « Terre-Mer-Soleil » publié en 2018 par Etopia.

Au-delà des aspects du prix, de la sécurité d'approvisionnement ou encore des enjeux climatiques, **le Centre Jean Gol épingle également la philosophie de cette conception du marché de l'électricité. Marché que l'ensemble des mouvements de gauche aime appeler « libéralisé »**.

A l'origine, la libéralisation du marché électrique a été pensée et mise en œuvre pour que des producteurs d'énergie (des énergéticiens) puissent investir dans des capacités de production électrique, vendre leur électricité de la manière la plus efficace possible et, de cette façon, gagner des parts de marché en étant concurrentiels. Tout cela au bénéfice du consommateur qui serait tenu de faire jouer la concurrence.

Mais le ver était dans le fruit. Dès la « libéralisation », de nouveaux acteurs – subventionnés et prioritaires à l'époque – sont arrivés sur ce marché. Aujourd'hui, ils ne sont plus prioritaires mais sont, par contre, toujours très largement subventionnés.

Avec le fait que ces productions d'énergie subventionnées deviennent maintenant véritablement significatives sur le marché électrique – et, c'est le but des objectifs européens, deviendront majoritaires –, nous arrivons dans un système où **presque tous les acteurs du marché de l'électricité** devront être subventionnés soit par le consommateur, soit par le contribuable. C'est le principe du mécanisme de rémunération de la capacité pour les centrales au gaz.

Est-ce que cela signifie pour autant qu'il faut laisser tomber demain notre stratégie (CRM) ? Pas forcément. Mais prendre du recul permet tout de même d'avoir une vue d'ensemble. Nous entrons - espérons le temporairement - dans un simulacre de marché où, finalement :

- la plupart des acteurs sont subventionnés à des degrés divers ;
- les uns (production renouvelable) doivent prendre le pas sur les autres mais ne savent pas le faire de manière optimale (intermittence de la production) ;
- les autres (production des usines à gaz) doivent s'effacer devant les uns et ont besoin d'une rémunération pour ce faire.

D'un point de vue économique et philosophique, ce « marché » n'a strictement rien de libéral.⁶

⁵ En valeurs absolues, le site climat.be mentionne le chiffre de 143,1 millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt eq.CO₂) en 1990. Nous étions à 144,6 Mt eq.CO₂ en 2005 (base pour le calcul UE) et les émissions pour 2018 étaient de 117,4 Mt eq.CO₂.

⁶ Pour un développement de cette démonstration, confier de Salle C. & Clarinval D., **Fiasco Énergétique. Le gaspillage écologiste des ressources**, Texquis, 2004, pp.25-44

PARTIE II – PRODUCTION ÉLECTRIQUE 100% RENOUVELABLE EN BELGIQUE : ANALYSE

L'enjeu de ce chapitre sera d'analyser le postulat selon lequel un monde 100% renouvelable est à portée de main. Nous analyserons dans ce cadre le livre, précédemment évoqué, édité par Etopia et co-écrit par le mandataire écologiste Jean-Marc Nollet et le professeur Julien Vandeburie : « *Terre, Mer, Soleil : Trois scénarios verts pour quitter l'énergie nucléaire en 2025 et quitter l'énergie fossile en 2050* ». Il nous semble en effet que ce livre est à ce jour, concernant cette tendance, la proposition la plus complète qui soit disponible dans l'espace politique francophone concernant le secteur électrique.



4. QUELQUES ÉLÉMENTS DE CONTEXTE AU PRÉALABLE

4.1. QUELQUES ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Les études tendent à montrer que le potentiel électrique renouvelable est effectivement d'environ **90 TWh** en Belgique.⁷ Cela étant dit, il faut, d'une part, se rappeler que nous consommons (toutes énergies confondues) actuellement **420 TWh / an** en consommation finale **dont la moitié est du pétrole (47%) plus environ 27% du gaz** et qu'il sera sans doute compliqué d'électrifier tous nos besoins en énergie d'autre part.

Dans le même ordre d'idée, ce qui est vrai pour la Belgique l'est aussi pour l'Europe dans le domaine de l'énergie primaire renouvelable : assez peu de vent (sauf le long de la Côte atlantique et la Mer du Nord), pas beaucoup de soleil (sauf autour de la Méditerranée, et encore), pas assez de montagnes. **Si l'Europe est bénie des Dieux pour ses ressources agricoles, ce n'est pas vraiment le cas pour les grandes productions électriques renouvelables (hydroélectricité, éolien, photovoltaïque).**

En termes d'efficacité énergétique, **les modèles nous prévoient un effort considérable qui consiste à diminuer notre consommation finale de 420 TWh à 280 TWh, soit un effort de 140 TWh.** Samuel Cogolati, député écologiste, dans sa réponse au professeur Damien Ernst, s'appuie sur l'étude *Climact et de Vito* et estime que nous pourrions atteindre 204 TWh de demande finale, soit un effort d'efficacité énergétique

de plus de 51,5%, plus de 200 TWh.⁸ C'est extrêmement (trop) ambitieux.

Dans tous les cas, **il n'existe pas d'étude qui fasse progresser notre efficacité énergétique de manière à arriver jusqu'à 80% de réduction de notre consommation d'énergie** (420 TWh => 90 TWh).

Aucune solution de stockage ne semble vouloir émerger d'ici minimum 10 ans. Donc, hors rupture technologique dans les batteries, il n'existe d'autres pistes plus favorables que celles de nouveaux vecteurs énergétiques tels que **l'hydrogène ou les carburants synthétiques**, eux-mêmes conditionnés à la question du prix et du rendement énergétique.

Sans ces conditions nécessaires, le gaz que nous utilisons ne peut être remplacé que par une production d'énergie déjà maîtrisée et disponible (pétrole, charbon, nucléaire, biomasse, hydro, etc.).

Des projets comme le « **Global Grid** » mondial sont à l'étude mais leur mise en place n'est vraisemblablement pas pour tout de suite. De même, aucun projet de production renouvelable de très grande envergure ne semble se mettre en place en Europe (éolien au Groenland, champs solaires au Maghreb, etc.) ou dans le monde. C'est en soi très regrettable dans le chef de l'Union européenne. En effet, quitte à prendre des objectifs climatiques très contraignants, il serait utile d'aller au bout de la logique et de proposer des grands projets énergétiques mutualisant les efforts des Etats membres à l'échelle du continent.

Par ailleurs, **nous n'avons toujours pas évoqué la question du coût pour la société.** Le goulot d'étranglement de ces

beaux projets sera peut-être tout simplement le coût de tels systèmes énergétiques. Par coût, nous comprenons tous les coûts : économiques, sociaux et environnementaux. Cet aspect sera soulevé dans cette analyse sans toutefois avoir la prétention de faire le tour du sujet ou de clore le débat.

Pour être simple et direct, le risque est que, dans 30 ans, nous ayons carboné davantage notre mix électrique sans avoir supprimé ou même réduit notre approvisionnement pétrolier (47% de la consommation énergétique finale en 2019), ni gazier (27% de la consommation). Ce qui nous mettrait de facto complètement hors des clous de l'objectif climat prévu dans l'Accord de Paris et se paierait peut-être par des impacts économiques, sociaux et environnementaux conséquents.

4.2 SUR LE LIVRE D'ETOPIA – MÉTHODE DES AUTEURS DU LIVRE

A titre informatif, il faut savoir que la moitié du livre est un procès à charge contre le nucléaire.⁹ C'est en soi logique puisque la sortie du nucléaire fait partie du sous-titre.

C'est ainsi que le lecteur intéressé trouvera là tous les défauts de la production électrique à partir de l'atome. Ils sont méthodiquement relevés, détaillés et parfois amplifiés à l'excès.¹⁰ Bref, si le lecteur souhaite avoir un inventaire de tout l'argumentaire de l'anti-nucléaire de base, il peut s'y référer. On peut regretter toutefois qu'une telle rigueur n'ait pas été employée pour relever quelques défauts de toutes les autres sources de production d'énergies, y compris renouvelables. Nous y reviendrons.

Selon nous, le vrai apport de cette étude est la proposition positive qu'elle recèle, c'est-à-dire les trois scénarios Terre-Mer-Soleil. Ecolo pose une série de lignes de force qu'il est intéressant de relever :

1. Un horizon à long terme (2050) ;
2. La sortie du nucléaire comme préalable, bien entendu doublé d'une sortie du fossile ;
3. Le développement des énergies renouvelables ;
4. Les recours aux centrales au gaz pour la transition (jusqu'à 2050) ;
5. L'utilisation du « gaz renouvelable » et de synthèse ;
6. Le développement de la géothermie profonde ;
7. Un recours aux importations « progressivement recentré sur un objectif de stockage de long terme » ;
8. Un recours à l'éolien offshore multinational.

Les auteurs notent que les points 5 à 8 sont des originalités de la feuille de route des verts. Nous leur laisserons la paternité de leurs propos. Il est toutefois intéressant de s'attarder sur ces lignes de forces dans le cadre cette partie de la présente étude.

⁷ Par exemple l'étude *Climact & Vito, Scenarios for a Low Carbon Belgium by 2050, Final Report, November 2013*, p. 59, www.climat.be/doc/low-carbon-scenarios-for-be-2050-final-report.pdf. Le dossier du Vif/L'Express du 5 mars 2020 prend la même hypothèse.

⁸ Ibid., Figure 45, p. 85

⁹ Soyons de bon compte, les 23 premières pages sont consacrées à l'introduction et à l'énoncé des points cardinaux du raisonnement des auteurs.

¹⁰ En se basant sur des chiffres parfaitement réfutables et réfutés par n'importe quel scientifique sérieux, y compris le GIEC. Nous évoquons ici le fait qu'il est évoqué que le nucléaire émet 100 à 250 g de CO₂/kwh produit. Notons que les auteurs citent une étude des Amis de la Terre parfaitement réfutée et évoque en note de bas de page le fait que « le chiffre ne fait pas l'unanimité ». Nous nous en tenons pour notre part au chiffre retenu par le GIEC : 12g/kwh.

5. LIGNES DE FORCES INTÉRESSANTES

5.1. HORIZON À LONG TERME

Evidemment, voir à long terme dans le secteur énergétique est à la fois nécessaire et très compliqué dans le cadre d'une transition énergétique de cette ampleur (qui plus est, au niveau mondial). Les investissements se font au minimum à 20 ans et peuvent aller jusqu'à 80 ans. Dans le même temps, il est très compliqué de prédire le futur de nos systèmes énergétiques eu égard aux contraintes que nous nous imposons et l'état de la recherche & du développement dans le domaine et sa progression.

Il est probable que nous soyons devant le **même dilemme que ceux qui devaient solutionner la problématique de l'abondance des crottins de cheval dans Paris en 1900**... Ils ne savaient pas que ce problème n'en serait plus un quelques années plus tard avec l'arrivée de l'automobile. En effet, avec un tel objectif global au niveau mondial (Accord de Paris), avec tant de pays et de ressources consacrés dans un même but, il est aussi possible que des ruptures technologiques s'imposent dans nos vies dans les prochaines décennies. En attendant, il faut tout de même avancer.

Dans tous les cas, le modèle énergétique totalement décarboné reste à inventer pour ce qui nous concerne. C'est de cette manière que l'Histoire avance : modèle contre modèle et en abordant les problèmes les uns après les autres avec des solutions innovantes.

5.2. SORTIE DU NUCLÉAIRE

Dans la mesure où cet aspect est une réalité juridique (loi du 31 janvier 2003) et un objectif politique confirmé par le récent Gouvernement fédéral (Accord de gouvernement du 1^{er} octobre 2020), nous ne reviendrons pas dessus.

Notons qu'une prolongation de deux réacteurs nucléaires ne changerait pas grand-chose à la présente étude consacrée à un mix énergétique dans la mesure où il ne s'agit que d'une prolongation de 10 à 20 ans et de 14 TWh sur 85 TWh environ. **Par contre, une décision d'investissement dans de nouvelles capacités nucléaires serait un élément nouveau à prendre en compte.**

5.3. LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Nous avons vu dans la première partie que les objectifs des gouvernements belges sont ambitieux. En soi, cela n'a rien de répréhensible tant que ces objectifs restent vivables et durables pour la société.

Nous analyserons plus loin en quoi ces trois balises restent des marqueurs importants.

5.4. LE RECOURS AUX CENTRALES AU GAZ

Notre sécurité d'approvisionnement post-2025 - estimée par Elia - passe par la mise en place de 3,6 GW de capacité pilotable à l'horizon 2025, le recours aux centrales au gaz est un mal nécessaire. Toutefois, il faut soulever trois éléments par rapport **au mécanisme de rémunération de la capacité (CRM)** :

- **Son coût doit être éclairci et totalement circonscrit :**
 - Il s'agit tout de même d'un coût estimé à 345 millions € annuel, soit environ 5,18 milliards € sur 15 ans qui s'ajoutent aux coûts globaux du nouveau mix électrique ;

- La **résolution** adoptée par la Chambre de juillet 2020 sur le sujet **prévoit que ce coût ne peut être répercuté sur la facture du consommateur. Elle prévoit la mise en place d'un « fonds alimenté par les recettes de la lutte contre la fraude »** pour prendre en charge totalement le surcoût, ce qui revient à dire en réalité que, oui, cela sera financé par le contribuable.

- En attendant la réponse de la Commission européenne et son feu vert pour la construction de ces centrales au gaz, **l'Accord de gouvernement mentionne un certain nombre d'outils en vue d'assurer la sécurité d'approvisionnement à court terme (2020-2025) comme le stockage, la réserve stratégique, la flexibilité ou encore la gestion de la demande.**

- Ce sont des notions qui doivent être éclaircies quant à leur portée. En effet, si la réserve stratégique a été un outil régulièrement utilisé ces dernières années, ce que signifie le stockage ou la gestion de la demande reste assez flou à ce stade.

- Est-ce qu'il est question de prévoir du délestage ? Des déconnexions de certaines entreprises électro-intensives avec des compensations financières ? Quelles capacités de stockage ?

- Dans le cas où la Commission recalerait le CRM ou si le total des enchères reçues fin octobre 2021 soit n'arrivent pas à 3,9 GW, soit sont trop tardives par rapport au calendrier de sortie du nucléaire, **la Ministre de l'Energie devra proposer un plan pour assurer la sécurité d'approvisionnement et un prix sous contrôle : un plan B en somme.**

- Il est aussi nécessaire de prévoir celui-ci dès maintenant plutôt que quand nous serons au pied du mur.

- C'est dans ce cadre que le présent gouvernement fédéral se réserve, ainsi que le précise son accord fondateur, la possibilité de prolonger 2 GW de capacité nucléaire notamment.

5.5. LE GAZ DE SYNTHÈSE OU LES VECTEURS ÉNERGÉTIQUES ISSUS DES ÉNERGIES DÉCARBONÉES

Dans le cadre du livre « Terre-Mer-Soleil », le gaz de synthèse et l'hydrogène sont utilisés comme l'une des solutions à l'intermittence des énergies renouvelables électriques principales (PV et éolien) reprises dans les trois scénarios. Selon les auteurs, l'utilisation de ces nouveaux vecteurs énergétiques intervient surtout pour (1) pallier le problème d'inter-saisonnalité de ces modes de production d'énergie et (2) permettre l'importation de productions faites hors du territoire belge. Quelques éléments sont relevés dans le livre :

- Les auteurs prennent comme hypothèse que la production d'H₂ à partir d'énergies renouvelables électriques aura un rendement de 40% après cogénération. Pour les gaz de synthèse, le rendement dans des centrales TGV serait de 35% (page 99) ;

- La transformation d'électricité sous forme d'hydrogène¹¹ et sa réutilisation sous cette forme ultérieurement ainsi que la transformation sous forme de gaz de synthèse (méthane synthétique) permet le stockage sur quelques heures voire sur plusieurs mois (pour gérer l'approvisionnement en hiver) ;

- De même, les auteurs prévoient des échanges internationaux de ces vecteurs et l'acheminement d'énergie produite en dehors des frontières (solaire – éolien offshores) ;

- Ils envisagent également des échanges avec les pays tiers.

Nous pensons effectivement que les sources d'énergie que sont le biogaz, les nouveaux vecteurs tels que l'hydrogène (power to H₂) ou les gaz synthétiques (power-to gas, etc.) sont à ce stade les meilleures pistes pour assurer un système énergétique décarboné viable. De même, les technologies valorisant la biomasse locale (biométhanisation, la gazéification de la biomasse) sont à promouvoir.

Toutefois, certaines de ces technologies ne sont pas mures ou souffrent de coûts de production encore prohibitifs à ce stade. Il faut en conséquence continuer à innover pour augmenter les rendements et amener la technologie à un coût abordable.

5.5.1. PREMIER BÉMOL : LES RENDEMENTS

Le rendement affiché dans le livre (40% pour H₂ et 35% pour les gaz de synthèse) sont très optimistes et ne correspondent pas à la maturité actuelle des technologies. L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) indique cette année que la cascade des transformations nécessaires pour produire l'hydrogène se traduit par une « dégradation du potentiel énergétique et un rendement de la source électrique à l'usage de l'ordre de 25%, voire 30% avec les meilleurs équipements actuels. »¹²

Or, dans le domaine du stockage de l'électricité, d'autres chaînes technologiques de la source à l'usage présentent de meilleurs rendements : « c'est le cas du stockage électrochimique par accumulateurs ou batteries avec un rendement de 70%. »¹³

Si les rendements actuels n'augmentent pas – ce que nous n'espérons pas bien entendu –, les scénarios développés dans le livre devraient revoir la production brute d'électricité en conséquence pour combler les 10 à 15% de surestimation des rendements nets.

5.5.2. SECOND BÉMOL : LE MANQUE D'ENVERGURE

Les productions d'hydrogène et de gaz synthétiques ne sont appréhendées que dans le secteur de l'électricité. Or, il y a des limites à l'électrification de la société : tout ne pourra pas fonctionner avec des électrons. Il faudra donc prévoir une place pour des molécules dans le mix énergétique pour les usages qui ne pourront fonctionner à l'électricité.

Partant de là, nous regrettons qu'Ecolo ne conçoive ces vecteurs énergétiques que pour compenser le problème majeur de l'intermittence des énergies renouvelables non pilotables et un approvisionnement uniquement pour rencontrer la demande électrique. Si l'on se base sur un approvisionnement énergétique qui doit combler 280 TWh de demande finale¹⁴, la production électrique dans notre pays n'atteignant péniblement que 100 TWh, il reste environ 180 TWh qui devra provenir d'autres sources d'énergies non électriques.¹⁵

¹¹ Il s'agit de la méthode d'électrolyse de l'eau (casser une molécule d'eau avec un courant électrique).

¹² ADEME, Rendement de la chaîne hydrogène – Cas du « Power-to-H₂-to-Power », p. 6, www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rendement-chaine-h2_fiche-technique-02-2020.pdf

¹³ Ibid.

¹⁴ Après un effort de 140 TWh en efficacité énergétique.

¹⁵ Si nous envisageons une efficacité énergétique maximale jusqu'à 204 TWh de demande finale, le problème reste globalement le même. Le député écologiste Samuel Cogolati a relevé que la même étude (Climact & Vito) visait l'hypothèse que, en poussant tous les curseurs au maximum, la Belgique recelait à peu près 200 TWh de potentiel en énergies renouvelables. Il est peu vraisemblable que de telles hypothèses maximalistes puissent voir le jour sans de solides résistances (éco, sociales, env.) et des contraintes techniques incontournables (efficacité énergétique, production renouvelable, les deux ensemble).



Or, dans les productions d'énergies renouvelables non électriques, le potentiel est aussi limité dans notre pays :

- **La biomasse**, qui est - de loin - la première source d'énergie « renouvelable »¹⁶ dans le monde (939 Mtep en 2017)¹⁷ ne pourra pas combler tous nos besoins énergétiques en chaleur :
- Il y a bien sûr la concurrence des sols qu'elle engendre du point de vue de la production alimentaire. Il est également peu probable que nous replantions des forêts sur la moitié de nos terres agricoles ;
- Il en est de même avec les agrocarburants qui utilisent des sols dédiés à la production alimentaire. Rappelons que notre planète devra nourrir 2 milliards d'êtres humains supplémentaires d'ici 2050 (Chiffres ONU) et que 820 millions d'individus souffrent de la faim actuellement ;
- Par ailleurs, la biomasse étant la plupart du temps la garantie de la préservation de nos écosystèmes, il paraît peu souhaitable que nous brûlions tout ce que nous trouvons en quantités invraisemblables ;
- Les **autres productions de chaleur** (biogaz, solaire thermique, géothermie, cogénération, déchets) **ont des gisements limités dans notre pays** (qui a tout de même une densité démographique parmi la plus élevée au monde) ou se situent dans des endroits géographiquement éloignés de notre territoire.

Il faudra donc sans doute prévoir une transformation massive d'électricité décarbonée en un vecteur utilisable pour d'autres usages.

Hors mobilité – où le rendement élevé des batteries des voitures électriques reste à ce stade assez indiscutable –, il y a toute une série de secteurs où il est intéressant de lancer des pistes pour l'utilisation massive de vecteurs énergétiques (l'hydrogène ; power-to-gas ; power-to-X) pour substituer la chaleur issue des énergies fossiles. Pour ce faire, **il faudra cependant beaucoup plus d'ambition que de développer une production d'environ 30 TWh d'énergie utilisable pour compenser les capacités manquantes de la production électrique.**

On peut également se dire qu'une ambition beaucoup plus grande pour ce genre de technologies attirera beaucoup plus d'acteurs et d'investisseurs pour solutionner la montagne de problèmes techniques et économiques qui se dresse aujourd'hui devant nous.

Le marché à prendre - soit 40% à 60% de notre approvisionnement énergétique futur – est tellement gigantesque que nous pouvons espérer que la recherche et les solutions innovantes apparaissent rapidement dans ce domaine. D'autant plus que l'UE en a fait un enjeu majeur du Green Deal et de grands Etats membres (France et Allemagne notamment) ont par exemple annoncé la mise en place de stratégies nationales de l'hydrogène.

Ces enjeux sont cruciaux pour la réussite – ou non – de la transition énergétique et son caractère durable. En résumé :

- **Le contrôle du prix est la garantie d'un accès pour les ménages et les entreprises à une énergie abordable ;**
- **L'augmentation des rendements est cruciale pour paramétrer la production électrique en amont. Si pour produire 25, il faut 100 au départ, cela a un impact considérable sur l'appareil de production électrique en amont, en particulier lorsque celui-ci est d'origine renouvelable (donc beaucoup plus important).**¹⁸
- **Il importe de rencontrer la demande tout le long de l'année et en quantité suffisante (Sécurité d'approvisionnement).**

¹⁶ Ce chiffre reprend de la biomasse renouvelable et non renouvelable (Jancovici, cours des mines, « énergies renouvelables »)

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Voir les chapitres ci-après.

6. LIGNES DE FORCES VRAIMENT TRÈS THÉORIQUES

L'exercice théorique est intéressant, rafraichissant même quand il permet d'ouvrir l'esprit. Mais il devient franchement contre-productif quand il l'est trop et suscite des espoirs inconsidérés.

Dans chaque scénario détaillé par le livre, nous avons relevé que les auteurs misent parfois sur des technologies beaucoup trop immatures ou prennent des hypothèses que nous qualifierions de très audacieuses.

Par ailleurs, miser au départ uniquement sur des technologies renouvelables uniquement pose une série de questions auxquelles il faudra bien répondre à un moment ou un autre. Après tout, les auteurs se sont attachés – à leur manière – à le faire pour le nucléaire, pourquoi ne pas le faire pour chaque technologie ?

6.1. LA GÉOTHERMIE PROFONDE

Dans le scénario « Terre », le développement de la géothermie profonde atteint une puissance de 4 GW à l'horizon de 2050, soit une production de 32 TWh d'électricité totalement pilotable. Les auteurs restent tout de même prudents en estimant que la technologie ne prend vraiment son envol qu'à partir de 2040.

6.1.1. LA GÉOTHERMIE PROFONDE – SOLUTION MIRACLE ?

Au départ, la géothermie est surtout utile pour obtenir de la chaleur renouvelable. Si elle est peu profonde, elle est captée avec la pompe à chaleur. Elle est un peu plus profonde (une centaine de mètres) pour des bâtiments plus grands – 100 à 300m. Quand elle est située entre 1.000 et 3.000 mètres, cela devient une source de chaleur pour des réseaux de chaleur et des complexes de bâtiments.

La géothermie profonde – l'Enhanced Geothermal Systems (EGS) – mise en avant par les auteurs est l'étape d'après. Elle consiste à capter de l'eau plus chaude (au-delà de 140°C) dans des endroits plus profonds situés entre 3.000 et 6.000 mètres pour produire de l'électricité.¹⁹

Sur papier, la technologie affiche de belles promesses : une énergie inépuisable, propre, locale et tout à fait pilotable. A noter qu'elle n'est pas, à proprement parler, renouvelable mais bon, il y a peu de chance que nous épuisions la chaleur du centre de la terre même en comblant tous nos besoins en chaleur entretemps.²⁰

Il existe bien des projets pilotes en Belgique et en France. On peut toutefois s'interroger sur les chiffres retenus et la pertinence économique de développer une telle technologie dans une zone non volcanique (donc moins rentable d'entrée de jeu) :

- Pour le scénario « Terre » : les auteurs prévoient une augmentation croissante de la puissance de l'installation dans la production belge : 1 GW (production de 8 TWh) en 2030, 3 GW en 2040 (24 TWh produits) et 4 GW (soit 32 TWh) ;

- Par comparaison, 1 GW de géothermie profonde a selon les auteurs la même puissance qu'un réacteur nucléaire (1 GW). Ce qui nous fait un total de 32 TWh de production annuelle en 2050, soit l'équivalent de 4 GW de nucléaire en bonne forme (90% de fonctionnement à l'année) ou encore de 9,1 GW d'éolien offshore...

- Pour les scénarios « Mer » et « Soleil », les auteurs ont prévu respectivement des puissances de 200 MW et 20 MW (produisant respectivement 1,44 TWh et 120 GWh) en 2030 qui augmenteront progressivement jusqu'à 800 MW (6,24 TWh) et 100 MW (520 GWh) en 2050.²¹

6.1.2. DES CHIFFRES UN PEU TROP OPTIMISTES

Dans tous les cas, sauf peut-être le scénario « Soleil », ces chiffres sont extrêmement optimistes. Aucune étude, excepté l'une sur le potentiel relevé par VITO (3,1 GW), ne semblent prévoir l'utilisation de cette ressource même en 2050. Et pour revenir à des études plus proches de nous, **le PNEC qui donne une perspective à 2030 ne retient aucune hypothèse de production électrique à ce stade, même pour la décennie d'après** semble-t-il :

- La Flandre, où se trouve les gisements les plus prometteurs et la technologie la plus avancée du pays mise sur une production de chaleur en 2020 et 2030 : 95 GWh en 2020 et 594 GWh en 2030 (sur un total de 9, 7 TWh de chaleur verte). Cette production est bien loin des projections espérées pour la biomasse et les pompes à chaleur ;

- **Le PNEC reste très prudent²² et n'intègre tout simplement pas d'électricité à partir de géothermie profonde** à ce stade pour la Flandre tandis que la Wallonie indique 40 GWh d'électricité (WAM²³) et 251 GWh de chaleur renouvelable (WAM – 2030) ;

- Les études qui sont mentionnées dans le livre restent très prudentes sur le potentiel de cette technologie dans nos contrées - il faut bien le reconnaître – assez calmes sur le plan volcanique. L'étude Climact & Vito pointe également son prix et son potentiel : « electricity from geothermal sources is still expensive and the Belgian potential is uncertain »²⁴ ;

- VITO, qui reste l'organisme le plus optimiste en Belgique sur cette technologie, penche pour 114 GWh de production à terme et sur un petit 2 MWe de puissance.²⁵

6.1.3. POTENTIEL TRÈS INCERTAIN – PROCHAINES ÉTAPES ET CONCLUSION

La Wallonie a précisé qu'elle développait un cadre réglementaire pour développer la géothermie profonde. Par ailleurs, deux Régions (Wallonie et Flandre) souhaitent mettre en place un système assurantiel pour garantir les investissements des exploitants. Notons que la question du risque – et donc du prix – semble également liée à plusieurs facteurs :

- La connaissance de nos sous-sols n'est pas toujours bien établie à de si grandes profondeurs ;

- Cela rend le forage, très profond à cette échelle, d'autant plus aléatoire et cher en cas d'échec ;

- Par ailleurs, l'eau prélevée dans ces nappes est hautement corrosive pour les installations. Ces dernières nécessitent donc un entretien soutenu.²⁶

Notons également que **de récents séismes, dont l'un d'une magnitude de 3,5 sur l'échelle de Richter, ont marqué un coup d'arrêt de certains projets de géothermie profonde dans la région de Strasbourg.**²⁷ Initialement, l'exploitation n'a pas été suspendue mais les autorités publiques ont, à ce stade, arrêté plus structurellement l'exploitation de certains puits (4.000 à 5.000 mètres) suite aux craintes de la population.²⁸ Comme les activités minières ou la fracturation hydraulique utilisée dans l'exploitation des gaz de schiste, la géothermie est susceptible de provoquer des secousses sismiques.

Indéniablement, toute technologie bas-carbone est intrinsèquement intéressante. Il faut continuer à développer un cadre juridique sûr et balisé, voire un système assurantiel avec une stratégie claire pour exploiter la chaleur renouvelable. Cela doit cependant s'inscrire dans une stratégie plus globale de mise en place de réseaux de chaleur au niveau de la réalité locale.

La recherche peut également être soutenue pour la production d'électricité mais, dans un premier temps, il serait beaucoup plus intéressant de s'inscrire dans des projets multinationaux

avec des pays qui ont des gisements exploitables. **En effet, la technologie de production électrique par géothermie profonde ne semble pas encore assez mature ni rentable pour être développée dans notre pays.** A ce stade des recherches, notre sous-sol ne s'y prête pas.

Sauf rupture technologique, cette technologie ne constituera pas notre salut avec une production de 1/3 de notre production d'électricité future comme le prévoit le scénario « Terre ». De même, le scénario « Mer » qui prévoit une production de 6,24 TWh en 2050 nous semble un peu trop optimiste.

6.2. POTENTIEL OFFSHORE MULTINATIONAL

Se basant sur l'étude « Backcasting »²⁹, les auteurs de « Terre, Mer, Soleil » prévoient d'investir hors des frontières belges ou s'appuient sur un réseau éolien international (Global Grid) dans leur scénario « Mer » pour fournir 2 GW (7 TWh) en 2030 et jusqu'à 12 GW (41,4 TWh) en 2050 pour rencontrer la consommation belge.

6.2.1. LA BELGIQUE S'INSCRIT DANS CE GENRE DE SCÉNARIO

Dans le cas évoqué, le scénario s'appuie sur une coopération internationale dans le domaine de la production d'énergie. Cela s'inscrit d'ores et déjà dans le réel avec par exemple l'association de pays présents en Mer du Nord (Royaume-Uni, Norvège, Danemark, Allemagne, Belgique, France, Irlande, Suède et Luxembourg) au sein de la **North Seas Energy Cooperation (NSEC)**.³⁰

¹⁹ Plus d'informations sur le site de la Région wallonne : www.energie.wallonie.be/fr/la-geothermie-profonde.html?IDC=6173

²⁰ Jancovici, Cours des Mines « Energies renouvelables », www.youtube.com/watch?v=Z4teA8ciuRU

²¹ Nollet et Vandeburie, Terre, Mer, Soleil, *op. cit.*, p. 88

²² PNEC, page 80

²³ WAM : With Additional Measures

²⁴ Climact & Vito, « Scenarios for a Low Carbon Belgium by 2050 », *op. cit.*, p. 87

²⁵ Vito, Steunpunt energie: nota potentieel diepe geothermie, p. 16, www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Potentieel_diepe_geothermie_2030.pdf

²⁶ J.-M. Jancovici, Cours de Mines, « Energies renouvelables », *op. cit.*

²⁷ Un séisme secoue de nouveau la région de Strasbourg: il aurait été provoqué par des forages (sudinfo.be)

²⁸ Jean-François Gérard, « A Strasbourg, les séismes enterrent définitivement la centrale de géothermie », Libération.fr, 8 décembre 2020, www.liberation.fr/france/2020/12/08/a-strasbourg-les-seismes-enterrent-definitivement-la-centrale-de-geothermie_1807994

²⁹ ICEDD-VITO-PLAN (2013) Towards 100% renewable energy in Belgium in 2050, page 34 : www.energie.wallonie.be/servlet/Repository/130419-backcasting-finalreport.pdf?ID=28161

³⁰ www.ec.europa.eu/energy/topics/infrastructure/high-level-groups/north-seas-energy-cooperation_en

L'Accord de gouvernement du 1^{er} octobre 2020 prévoit l'étude de l'implantation d'éolien offshore hors des frontières maritimes de la Belgique (qui sont restreintes en comparaison avec ses pays voisins) et prévoit d'avoir un rôle actif au sein de la NSEC.

Cette coopération - assez récente puisque née en 2016 - doit toutefois encore trouver de la substance dans la décennie à venir et se mettre d'accord sur une série de points.³¹

Par ailleurs, **il n'est pas encore question de lancer de nouveaux investissements au-delà des objectifs actuels du PNEC (4 GW)**. Le PNEC 2019 mentionne que « *lors d'une assemblée ministérielle à Esbjerg le 20 juin 2019, les pays de la mer du Nord ont décidé de collaborer pour parvenir à une capacité en énergie éolienne offshore groupée installée d'au moins 70 GW d'ici 2030 sur la base d'un calendrier national. La contribution indicative de la Belgique à cette capacité groupée en 2030 s'élève à 4 GW* ». ³²

Les chiffres repris dans le scénario « Mer » pour 2030 semblent donc compromis à ce stade (2 GW de puissance pour la Belgique, soit 7 TWh). Nous verrons quelles seront les avancées dans la décennie à venir mais les objectifs repris dans le scénario « Mer » semblent également très optimistes.

N'oublions pas que cette puissance doit aussi être acheminée une fois produite. Actuellement, la connexion avec le Royaume-Uni (Nemo Link) inaugurée en 2019 ne permet pas d'aller au-delà de 1 GW. Par ailleurs, le réseau intérieur belge doit être renforcé pour répartir 5 GW de puissance venant de la Mer du Nord (4 GW offshore 2030 + 1 GW de connexion) dans tout le territoire. C'est tout l'objet des nouvelles lignes haute tension (380 kV) appelées « Boucle du Hainaut » et « Ventilus » actuellement en projet. **Ces nouveaux tronçons du réseau haute tension prend au minimum une dizaine d'années avant d'être opérationnels**, eu égard à toutes les procédures nécessaires.

6.2.2. FUTUR DE LA COLLABORATION ? L'ENJEU GÉOPOLITIQUE DE L'ÉNERGIE

Au-delà de cette belle initiative, nous pouvons regretter le manque de vision à l'échelle du continent européen. En effet, l'Union européenne se donne de très ambitieux objectifs climatiques mais « oublie » de mutualiser les efforts dans le domaine énergétique. **Les moyens pour rencontrer les objectifs climatiques et énergétiques sont quasi exclusivement nationaux.**

Où sont les grands projets européens qui viseraient à capter l'énergie renouvelable dans les très grands gisements (Voir par exemple le projet KATABATA de D. Ernst)³³ ? Où sont les projets d'autoroutes de l'énergie qui traversent l'Europe pour faciliter le transport à très haute tension d'énergie ? Où est la mutualisation des énergies pilotables européennes pour assurer l'approvisionnement énergétique à chacun des Etats membres ? **Se donner des objectifs, c'est bien. Se donner les moyens de les atteindre, c'est encore mieux.**

Produire de l'énergie renouvelable en-dehors des frontières nationales est théoriquement réalisable pour un seul Etat membre. Cela demande toutefois une dépense de moyens considérables même pour un grand pays, ou de miser sur des technologies encore non mûres (hydrogène). Pour se donner de meilleures chances de réussites, des projets de cette envergure auront en effet, sans doute, besoin d'une collaboration internationale.

Ici intervient donc **l'aspect géopolitique** dans lequel l'UE peut avoir un rôle à jouer. La logique de transition énergétique reste à ce stade très cloisonnée à la limite nationale. Et pour cause, la gestion du secteur énergétique est stratégique pour chaque Etat (voir point 7.3.). Ce qui a pour conséquence

qu'il existe bien un marché ouest-européen de l'électricité mais chaque pays répond à ses objectifs légaux de nouvelles capacités renouvelables en se gardant bien de désinvestir dans ses capacités pilotables (jusqu'à un certain point). Une rupture d'approvisionnement électrique peut être délétère pour l'économie et politiquement très risquée pour un gouvernement.

Cet aspect stratégique n'est pas à prendre à la légère. **Beaucoup de freins existent encore et doivent tomber avant de pouvoir mettre en place une « Europe de l'énergie » ou une coopération renforcée entre Etats.** Et ce n'est qu'à cette condition que peuvent émerger ensuite des grands projets tels que « l'éolien offshore multinational ».

6.3. GESTION DE LA DEMANDE

6.3.1. LE MANTRA DE LA FLEXIBILITÉ ET DU CHANGEMENT DE COMPORTEMENT

C'est **une marotte récurrente de l'écologie politique** et des tenants des paradigmes 100% renouvelable.

Il serait ainsi possible de déplacer, gérer, voire dans certains cas supprimer la demande d'énergie (ici d'électricité). Les auteurs comptent sur cet élément pour « **lisser** » **les pics** de demande électrique en déplaçant la demande d'énergie, notamment dans les phases critiques. Dans un contexte de diminution de la capacité pilotable, cela devient une obligation et non un choix : les énergies intermittentes délivrent l'électricité quand il y a du vent ou du rayonnement solaire, pas forcément quand on en a besoin.

La gestion de la demande électrique devient en effet particulièrement nécessaire dans le sens où **le réseau électrique doit constamment assurer l'équilibre entre demande et offre**. Il y a grosso-modo deux manières de lisser une demande : soit vous modifiez les comportements des consommateurs pour qu'ils déplacent (ou suppriment) leur(s) consommation(s) à un instant T, soit vous mettez en place un dispositif (règlementaire et technique) qui le fait de manière « automatique ».

Dans le premier cas, il est possible que cela ait **un coût financier** (par exemple si vous le négociez avec des entreprises électro-intensives, il peut y avoir un impact économique (dédommagement ou réel, s'il est subi) **ou pour conséquence une baisse de qualité de vie** (je n'ai pas, moi citoyen, l'électricité dont j'ai besoin – impact social).

Dans certains scénarios 100% renouvelables, le coût considérable induit par la recherche d'un équilibre offre / demande (donc une adéquation entre production et consommation avec du stockage) est d'ailleurs épinglé. C'est pour cette raison que l'idée de « changer de paradigme énergétique » est évoquée : « Dans une approche d'optimisation des coûts, le modèle montre qu'il serait judicieux d'abandonner les équilibres stricts du système énergétique (entre offre et demande d'énergie) et de prévoir une **surcapacité d'énergies renouvelables** intermittentes. Cette transition énergétique peut avoir des conséquences sur l'organisation de la production industrielle qui, dans certaines branches, **devrait être modulée sur base saisonnière de manière à consommer l'énergie nécessaire, comme l'électricité, durant les périodes où elle est la moins chère.** »³⁴ Notre société verrait ainsi une partie de son économie fonctionner par saison, d'une part, et un surdimensionnement de la capacité renouvelable, d'autre part.

Pour le Centre Jean Gol, il est évident que ces coûts doivent être pris en compte quelque part. Quant à la faisabilité de telles hypothèses, elles sont à analyser au cas par cas. Dans tous les cas, nous estimons que la demande doit dans toute la mesure du possible être rencontrée en tout temps et le délestage potentiel extrêmement balisé. **Ce n'est pas à la demande à s'adapter à l'offre. C'est l'inverse qui est vrai.**

Dans le second cas, **ce sont la domotique ou la gestion de réseau qui pourraient prendre en charge ce « déplacement » de la demande en fonction notamment du prix de l'électricité à tout moment**. Cela peut poser des questions pour la liberté de chaque entité (individus, entreprise, organisme) à avoir accès à l'énergie en fonction de ses besoins (évalués par lui et non par un algorithme, fusse-t-il puissant). Dans ce cadre, la logique de déplacement de la consommation a une limite.

Enfin, ces nouveaux outils qui nous aideront à consommer « moins cher » et à consommer de manière plus optimale... consomment également de l'énergie et accroissent eux-mêmes la demande en énergie puisqu'ils n'existaient pas avant.

6.3.2. LISSER LES PICS DE DEMANDES

Dans le cas qui nous occupe, les auteurs se sont basés sur les études d'Elia qui estiment qu'il serait possible de déplacer 1,1 GW à 2 GW par moment. **Les auteurs vont plus loin en estimant que cette demande peut être déplacée de 600 MW en 2030 et 2,5 GW en 2050.**

Rappelons que la consommation d'électricité oscille entre 8 et 12 GW avec des pics de 13-14 GW.³⁵ Actuellement la **capacité de production électrique pilotable est encore à peu près de 15 GW (voir 1^{er} partie, 1^{er} chapitre)**. A l'avenir, notons qu'une électrification croissance de la mobilité nécessitera une gestion de la demande accrue. En effet, recharger un parc

de voitures électriques significatif sur le réseau nécessite une toute autre dextérité en matière d'équilibre offre/demande.

6.4. CAPACITÉS DE STOCKAGE PAR BATTERIES

Le chapitre précédent nous amène naturellement à la capacité de stockage qui est prévue par les auteurs sur des accumulateurs. Les hypothèses sont réalistes dans la mesure où les auteurs ont prévu une capacité de stockage négligeable au regard des capacités produites par le Power-to H₂ ou la production de gaz synthétiques.

Les auteurs ont surtout misé sur les capacités de stockage-turbinage de Coö auxquelles ils ont ajouté des minicentrales à hauteur de 100 MW (2030) à 200 MW à partir de 2040. Ce qui fait une capacité de restitution par stockage de 1.308 MW en 2017 (7,96 GWh de restitution), 2.008 MW en 2030 (12,16 GWh de restitution) et 2.108 (12,76 GWh) à partir de 2040. Ça nous permet au passage de constater que **notre plat pays, s'il fournit de beaux titres à des chansons éternelles, n'est vraiment pas propice à gérer l'intermittence d'énergies renouvelables** électriques avec son relief.

En y ajoutant les voitures électriques et les batteries décentralisées, les auteurs estiment atteindre une puissance de 2,56 MW en 2030 (16,11 GWh) et 3,76 MW en 2050 (24,61 GWh).

Sachant que la consommation finale d'électricité était d'environ 84 TWh (2018-2019³⁶), une simple moyenne journalière³⁷ nous donne une consommation quotidienne moyenne de 230 GWh/jour. Le stockage prévu par ce genre d'outils dans les scénarios analysés ne pourra servir que comme appoint dans certains réseaux locaux pour aider à passer les pics de consommation mais ne semble pas une solution à l'échelle nationale ou régionale.

³¹ 4 groupes de travail sont prévus d'ici 2023 : Aménagement de l'espace maritime ; développement et régulation des réseaux offshore et des autres infrastructures offshore ; mécanismes de soutien et de financement des projets relatifs à l'énergie éolienne offshore ; normes et règles techniques dans le secteur de l'énergie éolienne offshore.

³² PNEC, pp. 45-47

³³ Lucie Dendooven, « **Le sud-est du Groenland, futur Dubaï capable d'alimenter l'Europe en E-fuel ?** », RTBFinfo.be, 16 septembre 2020, www.rtf.be/info/societe/detail_le-sud-est-du-groenland-futur-dubai-capable-d-alimenter-l-europe-en-e-fuel?id=10585866

³⁴ ICEDD, VITO, Bureau du Plan (2013), « Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050 », 19 April 2013, p. viii www.energie.wallonie.be/servlet/Repository/130419-backcasting-finalreport.pdf?ID=28161

³⁵ Ex : janvier 2020 avec des pics de 13 GW environ : www.elia.be/fr/donnees-de-reseau/charge-et-prevision-de-charge

³⁶ Fédération Belge des Entreprises Électriques et Gazières (FEBEG), Statistiques électricité (page web), consultée le 15 octobre 2020, www.febeg.be/fr/statistiques-electricite

³⁷ La consommation quotidienne est plus élevée en hiver.

C'est en soi logique puisque nous avons vu que les auteurs privilégiaient le power-to-H₂ et les carburants de synthèse pour le problème de la variation de production inter-saisonnière. A ce propos, les auteurs misent sur la transformation en un autre vecteur (hydrogène, gaz, etc.) dès 2023 (scénario « Terre »), 2028 (Scénarios « Mer » et « Soleil ») pour ce qui concerne le gaz (méthane) et 2041 pour l'hydrogène avec stockage dans d'anciennes mines.

6.5. LA CAPACITÉ DE PRODUCTION DE PRÉDILECTION DU SCÉNARIO « SOLEIL » : LE PHOTOVOLTAÏQUE (PV)

Chacun des scénarios développés s'appuie donc sur une technologie particulière pour tenir debout :

- Le scénario « Terre » tient la route sur papier principalement grâce à la géothermie profonde (4 GW en 2050 pour 32 TWh produits) dont nous avons détaillé ci-dessus les limites ;
- Le scénario « Mer » s'appuie sur le développement de l'éolien offshore multinational qui nous rétrocèderait 12 GW de puissance, soit 41 TWh d'électricité.

Venons-en au scénario « Soleil » dont la particularité est de développer la production photovoltaïque (PV) jusqu'à une puissance de 45,4 GW (contre 30 GW dans les autres scénarios). Ajoutons à cela 5 GW de solaire offshore. Ce qui fait un total de 50,4 GW de puissance installée en PV.

La production électrique estimée serait de 40,86 TWh pour le PV onshore et 4,5 TWh pour l'offshore, soit un total de production annuel de 45,36 TWh issu du seul PV.³⁸

6.5.1. LE NÉCESSAIRE DÉVELOPPEMENT DU PV

Le solaire photovoltaïque est soutenu et développé partout en Europe, donc également dans notre pays. Toutes les études à 30 ans démontrent **qu'il faudra développer cette technologie pour atteindre la neutralité carbone endéans les délais que nous nous sommes fixés.**

Il est toutefois nécessaire d'être conscient de certaines limites à l'exercice.

La première d'entre elle étant peut-être de développer une technologie là où la ressource est la plus abondante. Encore une fois, **l'Europe est assez mal placée pour les gisements solaires** : seul le pourtour de la Méditerranée est intéressant. Et encore. Il est évident que plus vous êtes proches de l'équateur, plus le solaire photovoltaïque a du sens. Mais c'est loin de constituer la panacée.³⁹

Nous sommes en droit de nous poser la question de **l'opportunité de développer du PV bien au-delà de 30 GW dans notre pays.**

- Nous sommes l'un des pays parmi les plus densément peuplés du monde et le **PV consomme beaucoup d'espace** : de l'ordre d'un hectare par MW de puissance.⁴⁰ Pour faire simple, on peut estimer sur base de la technologie actuelle qu'une puissance de 45 GW en onshore représenterait ainsi 450 km² de surface utilisée ;
- la **production d'électricité issue du PV peut varier d'un facteur de 2 à 3** selon la nébulosité dans la journée.⁴¹ Ce qui signifie qu'un jour où il pleut, le gestionnaire de réseau ne pourra tabler que sur 1/3 du potentiel de la capacité photovoltaïque. C'est un fameux facteur d'incertitude à prendre en compte dans le modèle.

6.5.2. L'IMPACT CLIMATIQUE NON NUL DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LA QUESTION DES MATÉRIAUX

Quand il est utilisé dans le débat public, un concept de Julian Simon suscite en général soit le sarcasme soit l'indignation. Le lecteur audacieux sera ainsi averti.

De son vivant, le professeur Julian Simon estimait que, dans l'absolu, **les ressources sont illimitées. En effet, c'est l'accès à celles-ci qui est limité.** Il va ainsi frontalement à l'encontre de la logique malthusienne qui plane dans l'air du temps, largement soutenue et nourrie par l'écologie politique, qui veut que les ressources seraient limitées et que nous devons tous vivre avec moins.

Pourtant, le cas des énergies renouvelables et en particulier l'énergie photovoltaïque illustrent à merveille le postulat de Julian Simon. En effet, quand on estime la quantité d'énergie solaire qui atteint l'atmosphère terrestre tous les jours, les petits malins se diront que le problème de l'énergie abondante est résolu. Théoriquement, c'est parfaitement exact : en faisant fi des différences de luminosité en fonction de la latitude, **« environ 200 Watts par m² en moyenne annuelle et géographique [d'énergie solaire est disponible] au niveau du sol : le flux solaire « exploitable » représente environ 3,2 x 10²⁴ joules par an, soit 7.000 fois l'énergie consommée par l'humanité ! (11 Gtep/an). »**⁴²

Voilà donc toute l'énergie dont nous avons besoin. **Le seul problème est qu'elle n'est une ressource que dans la mesure où nous y avons accès.** Et le problème de l'accès se pose lors de la captation de cette énergie très diffuse dans l'environnement et sa transformation en quelque chose de valorisable pour l'homme, ici de l'électricité.

Si le soleil peut être considéré comme une énergie renouvelable parce qu'extrêmement abondante, le solaire photovoltaïque est, pour sa part, composé de matériaux non renouvelables pour le coup. Et il en faut beaucoup pour un rendement correct des installations. Le tableau ci-dessous permet d'avoir une idée de la quantité colossale de matériaux nécessaires aux énergies renouvelables et notamment pour le photovoltaïque (en tonne/TWh) à production électrique identique. Pour le PV :

- Plus d'aluminium : 680 tonnes ;
- Plus de ciment : 3.700 tonnes ;
- Plus de cuivre : 850 tonnes ;
- Plus de verre : 2.700 tonnes ;
- Plus de plastique et de silicone : respectivement 210 tonnes et 57 tonnes ;
- Plus d'acier : 7900 tonnes.

Table 10.4 Range of materials requirements (fuel excluded) for various electricity generation technologies ⁵²								
Materials (ton/TWh)	Generator only				Upstream energy collection plus generator			
	Coal	NGCC	Nuclear PWR	Biomass	Hydro	Wind	Solar PV (silicon)	Geothermal HT binary
Aluminum	3	1	0	6	0	35	680	100
Cement	0	0	0	0	0	0	3,700	750
Concrete	870	400	760	760	14,000	8,000	350	1,100
Copper	1	0	3	0	1	23	850	2
Glass	0	0	0	0	0	92	2,700	0
Iron	1	1	5	4	0	120	0	9
Lead	0	0	2	0	0	0	0	0
Plastic	0	0	0	0	0	190	210	0
Silicon	0	0	0	0	0	0	57	0
Steel	310	170	160	310	67	1,800	7,900	3,300

Key: NGCC = natural gas combined cycle; PWR = pressurized water reactor; PV = photovoltaic; HT = high temperature

Key: NGCC = natural gas combined cycle; PWR = pressurized water reactor; PV = photovoltaic; HT = high temperature

Tableau issu slide J-M Jancovici, *ibid.* p. 69 / Source des données : *Quadrennial Technology Review, Concepts in Integrated Analysis, September 2015*

Construire des panneaux photovoltaïques (comme des turbines éoliennes du reste) reste du domaine de la sidérurgie, qui est l'un des premiers secteurs industriels émetteurs de CO₂. En soi, quiconque a déjà vu une cokerie devine qu'il faut de **grandes quantités d'énergies fossiles pour porter un métal à son point de fusion.** Ce qui fait que la production de panneaux photovoltaïques n'est pas exempte d'un impact relativement significatif en termes d'émissions de CO₂ :

- sans avoir à stocker l'électricité – ce qui est le cas de tout notre parc PV actuellement –, on estime que la production d'électricité est de l'ordre de 30 à 80g de CO₂ par kwh produit ;⁴³
- Si l'on prend en compte un stockage par batterie (la production de batterie étant de la sidérurgie aussi), le bilan se situe entre 50g et 200g. de CO₂ par kwh, sans prendre en compte les pertes ;
- Avec les pertes, Jancovici estime que le bilan carbone se situe entre 100g et 250g de CO₂ / KWh.⁴⁴

Sachant la production d'électricité à partir du gaz est de l'ordre de 400g de CO₂ /kwh (350g. pour les meilleures centrales), on peut dès lors se demander s'il est utile de développer au-delà du raisonnable le PV dans nos régions alors qu'on sait qu'elles ne sont pas les plus propices à cette production d'énergie.

6.5.3. LES DERNIÈRES RAMIFICATIONS DU RÉSEAU ET LA PERTE DE MUTUALISATION DE LA PRODUCTION

Un dernier élément sur lequel nous aurons l'occasion de revenir, c'est la **question des investissements** dans le réseau, le réseau secondaire notamment.

En effet, **notre réseau actuel a été élaboré pour mutualiser la production (grosse production centralisée) puis la conduire auprès d'une multitude de consommateurs éparpillés sur le territoire.** Le réseau électrique est semblable à un **réseau sanguin à sens unique** avec des artères principales, puis des vaisseaux de plus en plus petits jusqu'aux petits consommateurs.

A l'inverse, le photovoltaïque est un système de production totalement **décentralisé**, « du bout de réseau ». Cela signifie que ce réseau secondaire devra répondre à **deux contraintes nouvelles** :

- Si le réseau est décentralisé et constitué de réseaux plus petits et « autosuffisants », il faudra pouvoir **répondre à la puissance de pointe seule et cette contrainte augmente les investissements** en capacités de production électriques parce que l'effet de mutualisation due à l'assise sur un territoire plus large est perdue. La capacité de production à financer étant plus élevée qu'auparavant, il y a aura un coût (voir chapitre suivant) ;⁴⁵
- Par ailleurs, le **réseau local doit être renforcé pour gérer cette production de bout de chaîne et pouvoir la remonter vers des lignes de plus hautes tensions.**

³⁸ Pages 120 et 121 (Terre, Mer, Soleil).

³⁹ Votre emplacement sur le globe n'est qu'un facteur parmi d'autres : Une chaleur intense diminue le rendement des panneaux, des éléments naturels du lieu peuvent également le diminuer (sable par exemple) ou une météo particulière.

⁴⁰ J-M. Jancovici, *op. cit.*

⁴¹ *Ibid.*, le lecteur attentif aura de fait deviné qu'il ne fonctionne pas la nuit.

⁴² J-M. Jancovici, Cours des mines, « Énergie renouvelables », Slides, page 11, www.drive.google.com/drive/folders/1fqoACrCFtlXKonP266DkFUcmMVj22yjj_

PARTIE III - PROSPECTIVE : LIMITES, PROMESSES ET BALISES

7. LIMITES DES MODÈLES 100% RENOUELABLES

Les motivations des auteurs étaient affichées dès le début : ils souhaitent nous démontrer qu'il est possible d'atteindre un mix électrique avec des capacités de production totalement renouvelables. Reconnaissons que l'exercice a le mérite d'exister et permet le débat.

Nous allons dans ce chapitre compléter le propos avec un tour d'horizon plus général qui, dans certains cas, approfondit la réflexion du chapitre précédent.

Il y a certains points qui sont très peu explorés par les auteurs. C'est en soi assez dommage eu égard au travail de la première partie du livre qui traite du nucléaire. En effet, celle-ci détaille – et conclut – à grand renfort de chiffres financiers et économiques à la non-rentabilité du nucléaire. A contrario, nous remarquons que la seconde partie n'aborde pas les coûts de tels scénarios 100% renouvelables. Pourtant, certains scénarios sur lesquels s'appuient les auteurs mentionnent explicitement certains coûts considérables quand le modèle est élaboré à la manière des auteurs (par exemple pour garantir un équilibre offre/demande).⁴⁶

Par ailleurs, la question des importations est mentionnée mais sans évoquer la sécurité d'approvisionnement. Les aspects climatiques et environnementaux ont déjà été évoqués dans les chapitres précédents et nous y reviendrons.

7.1. ET LA SUITE ? QUEL MIX ÉNERGÉTIQUE POUR DEMAIN ?

Oserons-nous dire qu'une fois que nous serons arrivés à décarboner notre mix électrique à la façon d'Ecolo, nous serons au bout du chemin ? Non. Pour limiter lutter activement contre le changement climatique, s'attaquer directement à sa cause, ce sont les vecteurs pétrolier, gazier et charbonnier qu'il faut décarboner. Le vecteur électrique ne constitue que, bon an mal an, environ 20% de notre approvisionnement énergétique et n'augmentera que pour atteindre environ 50%, voire peut-être 60% en 2050 de notre consommation totale selon les projections.⁴⁷

7.1.1. SEULEMENT UNE (PETITE) PARTIE DU PROBLÈME QUI TROUVE UNE RÉPONSE

Dans la mesure où la transition est énergétique et pas seulement électrique, appréhender l'approvisionnement énergétique uniquement par le prisme de l'électricité est une erreur.

Revenons par exemple sur le dossier du Vif/L'express du 5 mars 2020 qui prévoyait un approvisionnement énergétique 100% renouvelable (280 TWh) à l'horizon 2050.⁴⁸ Celui-ci partait d'hypothèses semblables mais quelque part plus ambitieuses parce qu'elles prenaient en compte les besoins non électriques. L'ensemble donnait ceci :

- Un postulat de départ dans lequel 140 TWh d'efforts en termes d'efficacité énergétique étaient faits. Ce qui porte notre consommation finale annuelle à 280 TWh ;
- Une large base de production électrique d'environ 180 TWh / an (63% de la consommation finale) constituée de :

- 80 TWh de production belge dont :

- 40 GW de photovoltaïque (facteur de charge 11%) : 38,6 TWh
- 8 GW d'éolien offshore (facteur de charge 45%) : 31,5 TWh
- 6 GW d'éolien onshore (facteur de charge 25%) : 13,1 TWh
- Fin des centrales biomasse produisant de l'électricité et hydroélectricité constante

- Ajustement avec des importations électriques : ~95 TWh

- 90 TWh d'importations de gaz et carburants synthétiques à côté de la filière biomasse.

Pour un total d'environ 280 TWh d'approvisionnement énergétique.

Ceci appelle quelques commentaires. En l'état actuel des technologies, sans considérer l'hypothèse d'un effondrement de notre société comme une option souhaitable, la Belgique 100% renouvelable est à ce stade un mythe :

- Le potentiel par technologie est assez semblable aux hypothèses retenues par les auteurs de « Terre, Mer, Soleil » pour ce qui concerne la production d'énergie locale mais sans les « particularités » propres à chaque scénario : géothermie pour « Terre », éolien offshore extraterritorial pour « Mer » et surcroît de photovoltaïque (avec une part d'offshore) pour « Soleil ».

- Donc, le potentiel électrique pour les énergies renouvelable est environ de 80 TWh.

- l'approvisionnement énergétique est appréhendé en entier : Le secteur électrique sera certainement central dans celui-ci mais il ne peut être conçu en silo. Il aura nécessairement des répercussions sur d'autres vecteurs ;

- Il faut réussir un véritable tour de force de limiter notre consommation d'énergie – la contracter – de plus d'un tiers au minimum endéans la prochaine décennie. C'est déjà un bel objectif en soi que nous devons poursuivre ;

- même avec un effort considérable sur la réduction des consommations énergétiques (140 TWh), nous remarquons que nous sommes toujours nettement dépendant d'une production extérieure, à hauteur d'à peu près 200 TWh si nous arrivons à tenir notre trajectoire d'efficacité énergétique ;

- Si le vent et le soleil sont bien « locaux », les technologies et le savoir-faire qui les développent ne le seront probablement pas non plus, ni même européennes.

Il y a donc un biais – ou tout au moins des zones d'ombres de plusieurs années-lumière – dans le discours et les modèles qui prônent le 100% renouvelable d'ici 30 ans.

Evidemment, les tenants de l'écologie politique ont des réponses toutes préparées pour ce genre de débat. Cela se résume en deux grandes familles de mesures :

1. Il faut faire de l'efficacité énergétique pour diminuer notre approvisionnement en pétrole et en gaz. Nous constatons toutefois que l'effort projeté dans les modèles est déjà très ambitieux (140 TWh sur 420 TWh – consommation finale) et, même avec des chiffres pareils, nous restons devant un « trou » de 200 TWh à combler d'une manière ou l'autre.
2. La plupart des autres solutions avancées ne sont pas une transition énergétique mais une évolution des comportements individuels et collectifs (volontaire ou imposée) : prendre le train et décourager l'utilisation de la voiture, manger moins de viande, interdire des produits issus de la pétrochimie, prendre moins l'avion, décourager le commerce international, etc. Puis vient enfin l'ineffable appel à sortir de « la société de consommation », voire, pour certaines franges de l'écologisme radical, à lutter contre le capitalisme prédateur ou encore l'éloge de la décroissance.

Après tout, Ecolo se définit lui-même comme un parti post-productiviste.

Si, en soi, le Centre Jean Gol peut adhérer pleinement à l'objectif d'améliorer l'efficacité énergétique par la technique ou la sensibilisation des consommateurs, par des incitants réglementaires ou financiers ; si nous pouvons agir pour stimuler, libérer les énergies qui nous permettront d'affronter le changement climatique, nous ne pouvons souscrire à la seconde partie du programme de l'écologie politique.

En effet, il ne s'agit plus d'une transition énergétique pour solutionner un problème d'ordre mondial. Il s'agit d'imposer une idéologie, de diriger la destinée des individus et de la collectivité, quitte à entamer les libertés individuelles. Personne, même l'Etat ou les écologistes, ne peut décider pour chacun ce qui est le mieux pour lui et ses proches.

Aussi grave que soit la situation du changement climatique, aussi préoccupants que soient les enjeux qui menacent l'humanité au cours de ce siècle, nous ne gagnerons rien si nous perdons nos valeurs en cours de route.

7.2. LA PRODUCTION COMPTE TENU DES PERTES ET LA PART PILOTABLE DANS UN MIX 100% RENOUELABLE

Une conséquence de la ligne de force n°5 (l'utilisation du « gaz renouvelable » et de synthèse) est la production brute d'électricité décarbonée qu'il faut pour répondre à la consommation finale en palliant l'intermittence des énergies renouvelables principales. La question de la dimension de l'appareil de production est ici l'enjeu : quelle taille doit-il faire pour prendre en compte les pertes dues au stockage ou la transformation en d'autres vecteurs énergétiques ?

⁴⁶Déjà cité dans le point « 3.3.1. Le mantra de la flexibilité et du changement de comportement », ICEDD-VITO-PLAN (2013), op. cit., p.viii www.energie.wallonie.be/servlet/Repository/130419-backcasting-finalreport.pdf?ID=28161

⁴⁷ Si la part du vecteur électrique prend de l'importance, c'est davantage du fait que consommation globale est censée baisser drastiquement grâce à l'efficacité énergétique. On réduit le dénominateur plutôt que d'augmenter le numérateur.

⁴⁸ Christophe Leroy, « Vers une Belgique 100% verte : le pays peut-il tendre vers le «zéro carbone» en 2050 ? », dossier du Vif/L'express, mars 2020, www.levif.be/actualite/belgique/vers-une-belgique-100-verte-le-pays-peut-il-tendre-vers-le-zero-carbone-en-2050/article-normal-1260089.html

7.2.1. LA PRODUCTION TOTALE ET LA PRODUCTION QUI SERA CONSOMMÉE

Chacun des scénarios du livre Terre, Mer, Soleil prévoit une production électrique brute qui dépasse 150 TWh⁴⁹ en comprenant les importations. Chaque scénario prévoyant une transformation d'une partie de cette électricité en hydrogène ou gaz de synthèse, **environ 60 TWh sont perdus dans les processus Power-to-H₂ (60% de pertes selon les auteurs) et Power-to-Gas (65% de pertes)**. La loi de la conservation de l'énergie ne souffre d'aucune exception.⁵⁰

- Pour le scénario Terre : la production totale est de 154,9 TWh (15 TWh d'importations) avec 60,7 TWh de pertes. La production nette pour rencontrer la consommation serait ainsi de 94,1 TWh ;
- Pour le scénario Mer : la production totale de 155,7 TWh (9 TWh d'importations) avec 60,7 TWh de pertes. La production nette serait de 94,9 TWh ;
- Pour le scénario Soleil : la production totale atteint 151,6 TWh (avec 30 TWh importés) et toujours 60,7 TWh de pertes. La production nette serait ici de 90,8 TWh.

Les auteurs le mentionnent eux-mêmes, leurs hypothèses en termes de production d'énergie renouvelables électriques sont globalement les mêmes que les études sur lesquelles ils basent leurs calculs.⁵¹ **Pour atteindre 150 TWh, les scénarios doivent s'appuyer sur des importations et des installations situées en-dehors du territoire.**

Nous avons vu au point 5.5. que les rendements tels qu'ils sont définis par les auteurs pour les processus de Power-to-H₂ et Power-to-Gas sont optimistes. Nous pouvons certes

espérer une augmentation de ceux-ci grâce à l'innovation technique mais cela ne change pas fondamentalement le fait suivant : **dans le futur mix énergétique, il faudra prévoir une production d'énergie renouvelable massive pour assurer une énergie finale tant pour les usages électriques que non électrique (carburants de synthèse et nouveaux vecteurs).**

A ce stade de nos connaissances, sauf rupture technologique majeure dans le stockage par batterie, la transformation de l'électricité abondante en un autre vecteur est sans doute la meilleure piste que nous avons tant pour assurer l'intermittence que pour satisfaire la consommation non-électrique. **Mais cela implique que l'électricité décarbonée au départ soit effectivement abondante et également peu chère.** Il est en effet impossible d'assurer un approvisionnement énergétique convenable avec des rendements de 35% - 40% si l'énergie « primaire » est chère et (ou plutôt parce que) rare. C'est encore pire avec des rendements qui oscillent entre 25% et 30%.

Le premier enseignement des scénarios Terre, Mer, Soleil, c'est qu'il faut rapidement atteindre une large production électrique – et forcément des grandes capacités installées pour les énergies renouvelables qui ont un facteur de charge peu élevé – pour assurer au minimum l'intermittence du nouveau mix électrique et ses pertes intrinsèques ; au maximum l'intermittence ET les autres usages non électriques qui devront s'appuyer sur une production d'énergie décarbonée.

Même dans l'hypothèse d'une baisse drastique de la consommation énergétique, le système de production énergétique devra, dans un contexte 100% renouvelable, être très important. Cela uniquement pour des raisons liées à la physique :

- les **énergies renouvelables captent une énergie très diffuse dans l'environnement**. Ce qui nécessite des installations importantes qui ont de plus des facteurs de charge peu élevés ;
- Les **grandes énergies renouvelables électriques (PV et éolien) sont intermittentes**. Donc, il faut un moyen technique de la compenser ou alors prévoir une autre organisation de la société (acceptabilité sociale ?) ;
- La **transformation en un autre vecteur entraine d'importantes pertes**. Quand l'énergie primaire est concentrée (comme les énergies fossiles ou nucléaire) et peu chère, cela n'a pas vraiment d'importance. Ça en a beaucoup plus quand vous peinez à capter une énergie primaire diffuse en amont du processus.

7.2.2. LA CAPACITÉ PILOTABLE POUR ASSURER LES PICS

Tous les scénarios étudiés dans le livre Terre, Mer, Soleil suppriment la puissance pilotable traditionnelle (nucléaire et thermique pour l'essentiel) à l'horizon 2050 à l'exception de la biomasse et de l'hydroélectricité et remplace celle-ci par un invariant constitué de 3 GW de gaz renouvelable et de synthèse et de 3 GW de cogénération renouvelable et de synthèse. **Le Pacte énergétique, quant à lui, garde un minimum 7 GW de capacité au gaz à l'horizon 2050.**⁵²

La question que nous nous sommes posés devant les scénarios est : **comment faire pour répondre à la demande (actuelle) qui oscille entre 8 et 12 GW lorsqu'il n'y a ni soleil ni vent ?** Cette question est d'autant plus prégnante en sachant que la demande appelée sur le réseau est susceptible d'être amplifiée avec l'électrification des usages, notamment avec l'essor de la voiture électrique.

Chaque scénario prévoit son propre dispositif pour assurer une production pilotable locale :

- **Le scénario « Terre » s'appuie notamment sur 4 GW de géothermie profonde, ce qui porte le total à 11 GW de disponible sans vent ni soleil.**⁵³
 - Nous avons déjà évoqué nos doutes sur le développement d'une telle amplitude de production de la géothermie profonde ;
 - Le scénario (particulier) prévoit 10,5 GW d'importation le cas échéant.
- **Le scénario « Mer » est encore plus démunie en capacité pilotable puisque l'hypothèse de la géothermie est à 0,8 GW. Cela porte le total à 7,8 GW de puissance pilotable.**
 - Notons qu'on pourrait espérer qu'il y ait du vent ailleurs s'il n'y en a pas en Belgique.⁵⁴
 - Il y a toujours 10,5 GW de capacités d'importations prévues dans le scénario particulier.
- **Le scénario « Soleil » porte des hypothèses identiques avec la géothermie profonde à une puissance de 0,5 GW, soit un total de 7,5 GW :**
 - 10,5 GW de capacités d'importation dans le scénario particulier.

Pour chaque scénario en 2050, la capacité de production pilotable est en-dessous des pics de demande. A première vue, les auteurs semblent faire parfaitement confiance :

1. à la capacité des énergies intermittentes à fournir un minimum d'énergie, même à leur niveau de production le plus bas,
2. à la capacité à lisser les pics en déplaçant la demande à certains moments ou encore (2,5 GW en 2050 pour rappel – Voir 3.3.2),
3. **aux 8,5 GW⁵⁵ de capacités importables qui pourraient combler ce manque ponctuel.** Ce qui, au passage nécessitera un investissement dans de nouvelles connexions transfrontalières⁵⁶ et un très bon niveau de confiance envers les pays voisins pour qu'ils n'aient pas démantelé des capacités pilotables qui pourraient nous approvisionner le moment venu.

Dans tous les cas, la capacité à répondre à la demande lors des pics de consommation nous paraît trop peu élevées dans tous les scénarios. Toutes autres choses restant égales par ailleurs, pour le Centre Jean Gol, il faut pouvoir répondre à la demande en tout temps et à un prix acceptable.⁵⁷

7.3. LE COÛT DE LA DÉCENTRALISATION ET DE L'AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ DE PRODUCTION

Partant de 18,8 GW de capacité en 2010, dont environ 15 GW de capacité pilotable, nous sommes actuellement à 23,8 GW en 2019 (estimation – Voir première partie). **Le monde 100% renouvelable qui est théorisé dans le document analysé prévoit une augmentation phénoménale de la puissance installée étant donné les facteurs de charge des nouvelles capacités de production :**

- Le scénario « Terre » prévoit d'atteindre 58 GW de puissance installée ;
- Le scénario « Mer » atteint quant à lui une puissance de 62,5 GW installée ;
- Et enfin, le scénario « Soleil » reste le champion puisqu'il atteint un total de 70,6 GW.

7.3.1. UNE CAPACITÉ DE PRODUCTION QUI A UN COÛT

Le triplement, voire le quadruplement de la puissance de production aura un coût. **Le seul qui soit au final intéressant de prendre en compte reste le coût total de notre système de production d'énergie dans son ensemble au regard de la création de richesses de notre société.** Nos sociétés doivent passer d'une consommation d'énergie très concentrée (les énergies fossiles) à une énergie beaucoup plus diffuse dans l'environnement. Capturer ces énergies diffuses demande une débauche d'efforts et de moyens beaucoup plus conséquente et cela a un coût.

⁴⁹ Pour chaque scénario, on soustrait la cogénération renouvelable et la combustion des gaz de synthèse (30 TWh au total), la production d'origine renouvelable est environ de 120 TWh.

⁵⁰ Pour tout phénomène physique, l'énergie totale initiale d'un système isolé est toujours égale à l'énergie totale finale. L'énergie passe d'une forme à une autre durant le déroulement du phénomène, sans création ni disparition d'énergie. Il n'empêche que toute l'énergie n'est pas récupérable, d'où les pertes à chaque transformation.

⁵¹ Terre, Mer, Soleil, pp. 79-80

⁵² Terre, Mer, Soleil, p. 111

⁵³ 4 GW de géothermie + 3 GW de gaz R&S (D+1) + 0,9 GW de biomasse + 0,1 GW d'hydro + 3 GW de cogénération R&S

⁵⁴ A ce propos, il est intéressant de prendre connaissance des travaux de Jancovici, déjà cité ci-dessus (conférence à 1h30 environ) : il fait notamment la démonstration de la corrélation éolienne entre la France et l'Allemagne. **Le postulat selon lequel « Il y toujours du vent quelque part et en plus, il y a en a assez » ne semble pas vraie, en tout cas en Europe.** Quand il y a du vent en France, il y en a en All., l'inverse est vrai également. Dans tous les cas, il n'y a tout simplement pas de puissance éolienne minimale garantie pour les deux pays à tout instant.

⁵⁵ Il y a à ce propos une différence entre le tableau récapitulatif (p. 111) qui prévoit 8,5 GW et les tableaux des scénarios (102, 104, 106) qui prévoient 10,5 GW de capacités d'importation en 2050.

⁵⁶ Avec les connexions NEMO Link (RU) et Allegro (All.), la **puissance de nos connexions transfrontalières sera de 7 GW maximum.**

⁵⁷ Il est bien entendu qu'assurer la sécurité d'approvisionnement mais à un prix exorbitant (par exemple, 20 fois le prix normal) revient à pratiquer de la gestion de la demande forcée. Ce n'est pas une sécurité d'approvisionnement et c'est inacceptable pour nous.

Dans les sociétés agricoles qui ont précédé nos sociétés industrielles, la part du secteur « production d'énergie » représentait une part relative importante (de l'ordre, grosso-modo, de 80% à 90% de la production de richesses⁵⁸) mais elle était au final très peu élevée au regard de l'énergie dont nos sociétés ont besoin (en chiffres absolus). En termes économiques, **le fait que le secteur énergétique ait à nouveau besoin de moyens plus importants (financiers, humains, logistiques, etc.) n'est pas forcément, et en tout temps, une bonne nouvelle** : cela peut signifier qu'il y aura une destruction de valeurs ailleurs dans l'économie puisque les moyens de production seront mobilisés dans le secteur énergétique.

Dans le cas d'un monde 100% renouvelable, des experts comme Jean-Marc Jancovici ont par exemple modélisé les ordres de grandeur de la différence d'investissements entre un monde 100% nucléaire et un monde 100% éolien. En prenant en compte le facteur de charge, la durée de vie, le réseau, le stockage inter-saisonnier et le coût du KW installé (coût au départ), il arrive à un **total d'investissements 10 à 20 fois plus élevé par KWh au détriment du scénario 100% éolien**.⁵⁹

Mettre en place un système décentralisé et transformer des énergies intermittentes en offre électrique pilotable (pour suivre la demande) représente un coût qui semble considérable pour nos sociétés et notre économie. La question est jusqu'où un tel système peut aller en restant durable.

100% Nucléaire			100% Eolien
Facteur de charge	≈ 70%	→ x 3-4	≈ 20%
Durée de vie	60 ans	→ x 2-3	20 à 30 ans
Réseau	≈ 0	→ x 1,5-2	≈ 0,5 à 1 fois cout éolienne
Stockage intersaisonnier	10%	→ x 2	50%-60%
Cout au kW installé	3-5.000 €	→ ÷ 2-3	1.500 € (sauf offshore)
Total invest./kWh	≈ x 10-20		

Graphique issu du slide 78, Jancovici, op. cit.

7.3.2. LA PERTE DE L'EFFET DE MUTUALISATION DANS UN SCÉNARIO TRÈS DÉCENTRALISÉ

Nous avons déjà esquissé dans la sous-section 6.5.3., le fait que la mise en place de réseaux plus petits crée une « démutualisation » de la production.

La mutualisation du système de production électrique – soit prévoir une capacité de production pour l'ensemble de la France, ou de la Belgique – permet de réduire les coûts (économique et en matériaux) puisque le système est centralisé. En effet, **si nous prenons le potentiel de consommation total des appareils électriques sur le même territoire, il faudrait en fait prévoir 4 à 5 fois la production totale au cas où tous les outils fonctionnant à l'électricité seraient tous activés en même temps.**

La centralisation du réseau et de la production sur un territoire très large permet qu'une partie beaucoup plus significative des appareils ne soient pas utilisés en même temps : quelqu'un qui est au travail ne peut pas être chez lui en même temps à utiliser d'autres appareils électriques. **Le réseau tel qu'il a été conçu lors de sa création est une source de mutualisation puisqu'il permet d'avoir la capacité de production (électrique) la plus petite possible et de répondre néanmoins à la consommation de pointe en tout temps.**

Ce qui fait conclure J-M Jancovici de cette manière : « *actuellement, si vous payez moins cher votre énergie grâce à une production locale, c'est simplement parce que vous êtes un passager clandestin : la surcharge [réseau et production] est tout simplement payée par les autres* ». ⁶⁰

A l'inverse, si le réseau est maintenant conçu en « grids » plus petits, soit une décentralisation du réseau, chacun de ces sous-réseaux devra ;

- **soit pouvoir répondre à la puissance de pointe seul, avec sa propre production.** Ce qui augmente très fortement les investissements pour tous les consommateurs dudit réseau parce que ceux-ci perdent l'effet de mutualisation sur un territoire plus grand ;
- **soit prévoir des interconnexions larges, des « autoroutes » de l'énergie, qui pourront transférer un éventuel surplus d'une production d'un endroit donné à un autre** en veillant à garder l'équilibre à la fois dans l'ensemble et dans les sous-réseaux.

Si, comme le pensons, la seconde option est sans doute celle qui est préférable, il faudra concéder des investissements importants tant dans le renforcement du réseau que dans la gestion de celui-ci. On ne conduit pas un avion comme on conduit un vélo. Par ailleurs, la question de conserver une part significative de production centralisée dans le mix électrique reste ouverte selon nous.

Nous notons par ailleurs que tous les pays européens sont actuellement en train de doubler voire tripler leurs capacités de production sans toutefois pouvoir bénéficier des avantages de la mutualisation : ils ne peuvent en effet pas désinvestir dans leurs capacités pilotables s'ils ne sont pas certains que de l'électricité arrivera quand ils en auront besoin. **Ce qui nous fait dire qu'une vision européenne dans le domaine de l'énergie en vue de mutualiser l'appareil de production est nécessaire pour en maîtriser le coût.**

7.4. LA SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT : LA DÉPENDANCE REVÊT PLUSIEURS ASPECTS

Nous entrons dans une section parfois plus délicate pour certains supporters du libre-échange et du marché, c'est la question de la souveraineté. Pour le Centre Jean Gol, ce n'est pas un problème. En effet, nous avons une grande tradition du pragmatisme qui doit imprégner la conduite des affaires publiques. Le Mouvement réformateur s'inscrit lui-même régulièrement dans la ligne de « l'éthique de responsabilité » théorisée par Max Weber.⁶¹ Dans le domaine énergétique, cette approche est d'ailleurs traduite notamment dans l'impératif de la sécurité d'approvisionnement.

7.4.1. LIMITE DE LA CONFIANCE : DE LA SOUVERAINETÉ ÉNERGÉTIQUE

Il faut reconnaître que **le secteur de l'énergie offre rarement l'exemple de marchés parfaitement libéralisés**. Prenons le secteur électrique européen : la plupart des énergéticiens ont encore des **participations publiques** des gouvernements, le « marché » est très régulé et des **acteurs sont d'ailleurs subventionnés** (voir supra), les gestionnaires de transport et de distribution d'énergie sont majoritairement publics voire, dans la plupart des cas, des entreprises de droit public. Quant à la **facture d'électricité, un coup d'œil suffit pour constater que 2/3 de celle-ci est en fait constitué de fiscalité, de cotisations imposées par des monopoles publics et enfin d'obligations de services publics diverses.**

Dans son livre sur la guerre des métaux rares, Pitron résume quelles sont les deux règles qui structurent toute stratégie géopolitique d'un Etat en quête d'indépendance énergétique : « **Exploiter ses propres ressources pour soi-même ou en garantir les livraisons pérennes par-delà les mers** ». ⁶² Le XXe siècle est riche de ces embargos décrétés par un Etat sur une ressource stratégique dont il détient une mainmise significative sur la production dans le but d'en tirer un profit diplomatique, commercial ou militaire. L'énergie (pétrole et gaz) et l'agriculture étaient impliquées dans la plupart des cas.⁶³ Ce ne sont pas les guerres américaines ou les routes de la soie chinoises qui démentiront ces deux règles.

Les logiques qui sous-tendent les questions d'approvisionnement énergétique sont aussi des éléments largement soustraits au marché. Même si les marchés sont libres, l'accès à l'énergie est un enjeu de souveraineté, un besoin vital des communautés humaines comme l'est l'alimentation, la santé, l'ordre public et l'armée ou encore l'accès à certaines matières premières.

L'énergie est stratégique parce que l'ensemble de l'appareil productif moderne (et non productif) est dépendant de celle-ci pour fonctionner. Sans énergie, notre société s'arrête. Tout simplement. Les Etats sont donc extrêmement sourcilieux quand il s'agit de manipuler le domaine de l'énergie puisque la santé économique et sociale du pays en dépend.

Si, à la fin de la première partie, le lecteur s'est fugacement demandé quelle est la raison qui motive le Gouvernement fédéral à travailler à la constitution de 3,9 GW de capacités pilotables dans notre pays (avec CRM, etc.), il a maintenant sa réponse : **il s'agit d'assurer la sécurité d'approvisionnement parce que nous craignons que le marché européen, dont les capacités de production pilotables seront hors de notre territoire, ne le fasse pas pour nous ou que nous ne puissions obtenir cette capacité quand nous en avons besoin.**

Quand il s'agit de besoins jugés prioritaires, les Etats se moquent des contrats. On se souvient qu'au plus fort de la crise des masques en avril 2020, des représentants de Gouvernement dans le besoin (ils l'étaient tous en l'occurrence) venaient détourner les commandes initialement prévues pour d'autres Etats... pour des masques. ⁶⁴ Que se passerait-il si l'objet de l'attention est ce qui permet à la société de fonctionner ?

Dans le prolongement de la logique, nous pouvons comprendre qu'un Gouvernement soit réticent à compter sur une production hors de ses frontières dans son approvisionnement (surtout en cas de coup dur).

⁵⁸ C'était en grande partie la part de l'agriculture dans la création totale de richesses d'un territoire donné. C'est-à-dire une manière de produire de l'énergie (alimentaire pour le coup).

⁵⁹ J-M. Jancovici, op. cit.

⁶⁰ Jancovici, op. cit.

⁶¹ Dans le « Savant et le Politique (1919), Max Weber distingue deux éthiques de l'action politique, **l'éthique de conviction et l'éthique de responsabilité**.

⁶² Guillaume Pitron, La Guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique, Les liens qui libèrent (LLL), Janvier 2018, p. 113

⁶³ Ibid., pp. 124-125

⁶⁴ Isabelle Lasserre, « Coronavirus : la guerre des masques fait rage au pied des avions chinois », Le Figaro, 2 avril 2020 www.lefigaro.fr/international/coronavirus-l-amerique-relance-la-guerre-des-masques-20200402

En effet, elle serait :

- hors du domaine de la juridiction nationale ;
- elle pourrait être justement réquisitionnée par l'autorité où elle est située ;
- l'acheminement de l'électricité à destination de la Belgique dépend de lignes de haute tension gérées *in fine* par des pays tiers.

Tant qu'une sécurité d'approvisionnement garantie n'est pas prévue à l'échelle européenne, chaque pays européen assumera ses obligations renouvelables mais maintiendra dans le même temps une capacité pilotable. Au cas où.

7.4.2. DE LA DÉPENDANCE AUX IMPORTATIONS DANS LE VECTEUR ÉLECTRIQUE

Dans chacun des scénarios, les auteurs ont prévu dans leurs lignes de force celle du « Recours aux importations progressivement rencontré sur un objectif de stockage long terme ». Reconnaisant – il faut le souligner – que la Belgique est limitée quant à ses sources d'énergie renouvelables électriques, **ils comptent donc sur des importations d'énergies produites dans d'autres pays** et acheminées sous forme de vecteurs énergétiques pour être stockées sur le territoire et assurer l'approvisionnement inter-saisonnier.

Cette importation prend la forme « d'importations nettes » dans les scénarios. Ces importations oscillent entre 0 et 2 TWh en 2030 et atteignent 15 TWh à 34 TWh en 2050 selon le scénario retenu. Le plus dépendant de l'extérieur étant le scénario « Soleil ».

Si ces importations se font avec des matières stockables, on peut imaginer que nous pouvons gérer une coupure de l'approvisionnement pendant une certaine période. Ce genre de mécanisme (stocks minimums) est d'ailleurs actuellement prévu dans l'approvisionnement pétrolier et il peut être prévu dans l'approvisionnement en métaux radioactifs (uranium en l'occurrence).

Dans le cadre de l'électricité, c'est une autre histoire. En effet, un courant électrique ne peut attendre sagement dans une cuve qu'on le consomme. Il doit être transformé en quelque chose d'autre (batterie, énergie potentielle dans un barrage, autre vecteur, etc.) ou produit en temps réel. Ce dernier point signifie qu'il faut une capacité de production disponible quelque part pour le produire quand la demande est présente.

C'est précisément lorsque les marchés de l'électricité se tendent et que l'électricité devient rare que des prix démesurés sont enregistrés. La maîtrise du vecteur électrique combinant énergies intermittentes et pilotables n'est pas toujours optimale et des épisodes comme ceux de septembre dernier, où le prix du MWh s'est parfois échangé à 400€ pourraient se reproduire plus fréquemment au fur et à mesure que la volatilité de la production électrique s'accroît.⁶⁵ Pour le Centre Jean Gol, ce sont aussi des éléments dont il faut tenir compte : c'est la compétitivité de l'économie belge et l'accès à l'énergie pour les citoyens les plus précaires qui sont les enjeux.

Tant que nous raisonnons dans le cadre européen, nous pouvons raisonnablement penser que l'intégration européenne peut continuer et que nous pourrions à terme mutualiser notre approvisionnement énergétique. Toutefois, les réflexes nationaux dans ces secteurs sont très présents. L'Europe de l'Energie n'est – malheureusement – pas encore un horizon avec lequel on peut compter.

7.4.3. LA DÉPENDANCE GÉOPOLITIQUE DE NOTRE FUTUR MIX ÉNERGÉTIQUE

Il est tout à fait vrai que le pétrole et le gaz sont des importations directes. Il est aussi vrai que l'uranium n'est pas vraiment la première richesse de notre plat pays. Toutefois, remarquons que la technologie de la filière nucléaire est la seule à être presque entièrement implantée sur le territoire belge. La chaleur d'origine atomique représentait 72,8% (11,3 Mtep sur 15,3 Mtep) de la production d'énergie primaire belge en 2019.⁶⁶

A contrario, toutes les technologies sur lesquelles nous fondons presque l'entièreté de notre approvisionnement énergétique futur se défendent assez mal du point de vue de la dépendance technologique.

Quand on analyse de plus près la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen, les chiffres de 2017 indiquent que l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables représentait 30,7% de la consommation brute d'électricité totale de l'UE-28. Pour la première fois en 2017, l'énergie éolienne est devenue la source la plus importante devant l'énergie hydraulique.⁶⁷ Le solaire est lui aussi en forte progression. Dans les deux autres composantes (chaleur / refroidissement et transport), les parts de l'énergie provenant de sources renouvelables⁶⁸ représentaient respectivement 19,5% (Géothermie, hydrothermie et aérothermie, biogaz e.a. - 2017) et 7,6% (biocarburants principalement – 2016).

En termes de production industrielle pour ces deux technologies en croissance, nous remarquons que **l'Europe reste en pointe dans la production éolienne mais est complètement déclassée dans l'industrie photovoltaïque.**

En effet, dans cette dernière industrie, il n'y a plus aucune entreprise européenne dans les 10 premières entreprises productrices de modules photovoltaïques (8 chinoises, 1 Coréenne du Sud (6^e) et une Nord-Américaine (10^e)).⁶⁹ En septembre 2018, l'Union européenne a retiré les mesures anti-dumping qu'elle avait introduit 5 ans auparavant pour endiguer la déferlante de panneaux à prix cassés qui avait inondé l'Europe. **Au bout du compte, il semble que la Chine ait réussi son pari : installer durablement ses entreprises au détriment des filières européennes via une politique de soutien actif de ses entreprises.** Lors de la levée des sanctions européennes, la Fédération européenne des fabricants de panneaux solaires estimait que 70% des panneaux étaient produits en Chine.⁷⁰

Au niveau des fabricants éoliens, les industries européennes restent bien implantées. Il faut noter que la plupart des fabricants étaient, jusqu'il y a quelques années, très orientés sur leur marché intérieur. Dans le top 10 de 2015, 5 entreprises chinoises étaient recensées, dont Goldwind à la première place. Les entreprises européennes étaient toutefois présentes aux 2^e, 4^e, 5^e, 6^e et 10^e places (respectivement Vestas (Danemark), Siemens (All.), Gamesa (Esp.), Enercon (All.) et Nordex (All.)).⁷¹ Il convient de noter que les fusions-acquisitions sont nombreuses ces dernières années (Siemens et Gamesa en 2017, General Electric et Alstom en 2014 ou encore Nordex et Acciona en 2016) et vont sans doute se poursuivre pour tenter de développer un maximum d'éoliennes ayant un retour sur capital (ROIC) suffisant.⁷² L'auteur du rapport « Global Wind Energy Innovation », Intelsor, « révèle que sur les 37 entreprises fabricantes mondiales restantes⁷³, seules 18 ont commercialisé au moins un produit ayant un ROIC positif. Aussi, le rapport anticipe une nouvelle période de consolidation d'ici à 2023. »⁷⁴

Cette réduction du nombre d'acteurs sur le terrain est aussi causée par la baisse des prix de l'éolien consécutive aux baisses des subventions étatiques au secteur et à une concurrence accrue par l'ouverture des concessions à des appels d'offre internationaux.⁷⁵ **Les entreprises chinoises, auparavant focalisées sur le marché intérieur, commencent aujourd'hui à sortir des frontières de l'Empire du milieu.** Cette évolution inquiète les producteurs occidentaux qui se souviennent que l'abondance d'offre de la part des entreprises chinoises dans les panneaux photovoltaïques, jusqu'au double de la demande en 2009, avait « cassé les prix et provoqué la disparition ou le rachat par des groupes étrangers de la quasi-totalité de leurs rivaux européens comme Q-Cells, SolarWorld, Solon, Conergy, Solarion, SMA Solar, Sunways et Solarwatt. »⁷⁶

L'enjeu, pour l'Europe, est de ne pas s'endetter excessivement pour atteindre des objectifs climatiques non respectés par le(s) pays tiers dont elle développe dans le même temps l'industrie et la technologie.

7.5. POUR FAIRE BONNE MESURE : IL FAUT TOUT PRENDRE EN COMPTE

Sans être exhaustif, voici quelques autres éléments avec lesquels il faut composer lorsqu'on envisage un nouvel appareil de production énergétique. Nous ne détaillerons pas l'aspect « importance du secteur de l'énergie dans le PIB » qui mériterait à lui seul une étude approfondie.

7.5.1. L'INTENSITÉ EXTRACTIVE QUI DÉCOULE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Pour prolonger la réflexion du point 6.5.3 (matériaux nécessaires dans le solaire), nous pouvons regretter que cette dimension environnementale en soit pas explorée dans le livre d'Etopia. En effet, chacun des scénarios détaillés par Terre, Mer, Soleil prélève sa dîme sur les ressources planétaires dont d'aucuns aiment nous rappeler chaque jour « qu'elles sont limitées ».

Au niveau du Centre Jean Gol, nous n'aimons pas nous retrancher derrière la logique malthusienne dans l'air du temps. Pour autant, il nous semble légitime pour une société développée comme la nôtre de prendre en compte les impacts environnementaux des activités humaines qu'elle engendre.

Révolution numérique, progression démographique, augmentation du niveau de vie moyen de la population, la pression sur les ressources naturelles va s'intensifier dans les décennies à venir. A côté de ces défis, la transition énergétique telle qu'elle est pensée – et mise en œuvre – dans notre pays participe à augmenter le rythme d'extraction des matières premières. Or, nous savons que l'activité minière est rarement une activité propre ou même neutre pour l'environnement dans la mesure où elle se fait ailleurs que chez nous.

⁶⁵ RTBF, « Les prix de l'électricité connaissent un pic en raison d'une faible production en Europe », RTBF Info.be, 15 septembre 2020, www.rtf.be/info/economie/detail_les-prix-de-l-electricite-connaissent-un-pic-en-raison-d-une-faible-production-en-europe?id=10584817

⁶⁶ SPF Economie, chiffres-clés Energie, *op. cit.*, p. 20

⁶⁷ Eurostat, « Statistiques sur les énergies renouvelables », Statistics explained, chiffres janvier 2019, www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/fr#L.E2.80.99.C3.A9nergie_C3.A9olienne_devient_la_source_d.E2.80.99.C3.A9lectricit.C3.A9_renouvelable_la_plus_importante

⁶⁸ La part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables est répartie en trois composantes distinctes : la part de l'électricité, la part du chauffage et du refroidissement et la part des transports.

⁶⁹ EurObserv'Er, « **Baromètre photovoltaïque 2019** », Avril 2019, p. 11, www.eurobserv-er.org/

⁷⁰ RTBF, « **L'Union européenne lève ses mesures anti-dumping sur les panneaux solaires chinois** », article en ligne, www.rtf.be/info/economie/detail_1-union-europeenne-leve-ses-mesures-anti-dumping-sur-les-panneaux-solaires-chinois?id=10020383

⁷¹ Top 10 le plus récent trouvé : EurObserv'Er, « **Baromètre éolien 2016** », Février 2016, p. 16, www.eurobserv-er.org/

⁷² EurObserv'Er, « Baromètre éolien 2019 », Mars 2019, p. 12.

⁷³ Il y en avait encore environ 200 il y a quelques années.

⁷⁴ Ibid.

⁷⁵ Ibid.

⁷⁶ Frédéric Therin, « Eolien : les fabricants européens résisteront-ils aux vents chinois ? », Le Point.fr, www.lepoint.fr/economie/eolien-les-fabricants-europeens-resisteront-ils-au-vent-chinois-17-11-2017-2173064_28.php

Dans le cadre qui nous occupe, **nous notons que la simple évolution projetée de notre mix électrique va multiplier le besoin de plusieurs ressources pour arriver exactement au résultat d'aujourd'hui et tenter de le dépasser.** En attendant, nous aurons entretemps perdu le seul savoir-faire actuellement capable de décarboner massivement notre production électrique (à savoir, le génie nucléaire) et, pour le coup, totalement local (pour rester dans l'air du temps).⁷⁷

En prenant uniquement la comparaison de la substitution de la part du nucléaire dans le mix électrique (40 TWh) pour le remplacer par de l'éolien, du photovoltaïque ou de la géothermie, nous arrivons aux ordres de grandeur suivants :

Tonnes/ TWh	Combien de tonnes de matériaux pour produire 40 TWh ?				
	Nucléaire	Gaz	PV	Eolien	Géothermie
Alumi-nium	0	40	27.200	1.400	4.000
Ciment	0	0	148.000	0	30.000
Béton	30.400	16.000	14.000	320.000	44.000
Cuivre	120	0	34.000	920	80
Verre	0	0	108.000	3.680	0
Fer	200	40	0	4.800	360
Plomb	80	0	0	0	0
Plastique	0	0	8.400	7.600	0
Silicone	0	0	2.280	0	0
Acier	6.400	6.800	316.000	72.000	132.000
TOTAL	37.200	22.880	657.880	410.400	210.440

Sur base des chiffres du tableau ci-avant.

Si nous ne nous en tenons à la **comparaison d'utilisation totale de matériaux (en tonnes) pour une production de 40 TWh en cogénération Gaz / énergies renouvelables, le total en ordres de grandeur donne 1 pour 28 pour le PV, 1 pour 18 pour l'éolien et 1 pour 9 fois pour la géothermie.**

Pour la même comparaison avec le nucléaire / énergies renouvelables, nous arrivons à des ordres de grandeur de 1 pour 17,6 pour le PV, 1 pour 11 pour l'éolien et 1 pour 5,6 pour la géothermie.

Nous rappelons que nous n'avons ici que la moitié du mix électrique. Ce qui représente moins de 10% de la consommation finale belge en 2019.

7.5.2. SE LIBÉRER COMPLÈTEMENT DES ÉNERGIES FOSSILES RESTE UN SACRÉ DÉFI

Quelques considérations dont il faudra tenir compte, ce sont les futurs modèles de production industriels.

Actuellement, le prix des énergies renouvelables est totalement dépendant des énergies fossiles. **Quels seront les prix des éoliennes, voitures, panneaux photovoltaïques avec une sidérurgie ou des cimenteries alimentées uniquement avec des énergies renouvelables ?**

Par exemple : porter une cokerie à bonne température pour fondre de l'acier avec de l'énergie éolienne ou de la biomasse représentent des défis dans un monde 100% renouvelable. Encore que pour l'utilisation de biomasse, nous savons que l'activité sidérurgique est une énorme consommatrice de charbon de bois. En 1628, « le Seigneur de Durbuy empêcha l'implantation de nouveaux maîtres de forge ou mineurs afin de préserver les bois de sa terre (Pirotte, 1966). »⁷⁸

Tout le monde est **pour l'économie circulaire**. C'est évident, souhaitable et à développer. Mais il viendra un jour où, pour être tout à fait juste, il faudra prendre en compte l'ensemble du cycle et mesurer l'impact énergétique de chacune des étapes :

- **Modèle linéaire** : extraction - logistique - création – logistique - mise en place - démontage – logistique – décharge ;
- **Modèle circulaire** : extraction - logistique - création – logistique - mise en place - démontage – logistique – récupération – logistique – retraitement – logistique – mise en place - ...

Comme pour presque toutes les activités humaines, de la consommation d'énergie intervient à chaque étape. Mais, nous évoquerons cela un autre jour. C'est encore une autre histoire...



⁷⁷ La Belgique est un des rares « petit pays » à avoir un savoir-faire nucléaire aussi large. On estime à 20.000 personnes le nombre d'emplois dans le secteur nucléaire en Belgique (recherche, activités médicale, électro-production, etc.)

⁷⁸ Houbrechts G., Petit F., 2004. Evolution des techniques sidérurgiques pré-industrielles et aperçu des critères de localisation de la métallurgie en « Terre de Durbuy », Terre de Durbuy, 89, p. 10, www.orbi.uliege.be/bitstream/2268/38086/1/Article%20Terre%20de%20Durbuy.pdf



CONCLUSION - RECOMMANDATIONS

Sur le constat, nous sommes à peu près tous d'accord : les causes du changement climatique font consensus au sein de la communauté scientifique et dans le monde politique belge. Les perspectives d'un réchauffement de la température moyenne de la planète à plus de 1,5°C voire à plus de 2°C s'esquissent, se précisent rapport après rapport et c'est très inquiétant, préoccupant. L'augmentation de la fréquence des sécheresses, l'évolution de la flore et de la faune, y compris dans nos contrées, sont autant d'indices de l'évolution inexorable de notre climat.

Pour autant, si les solutions pour remédier à la marche résolue du changement climatique sont évidentes - il faut anéantir totalement les émissions de GES et s'adapter à l'évolution en cours -, les méthodes divergent sur la mise en œuvre. Un constat, une problématique, des modèles pour apporter des solutions. En somme, pour autant que les acteurs y soient ouverts, les éléments de base sont réunis pour un débat démocratique.

L'électricité est un vecteur structurant de nos sociétés et son importance va croître dans le monde « *carbone free* » qui doit advenir. Il est en conséquence normal que le mix électrique soit celui qui focalise les attentions et avec lequel il faudra compter dans le futur.

1. UNE PRODUCTION ÉLECTRIQUE EN MUTATION

Au regard des dernières décennies, la production électrique belge va considérablement évoluer dans les prochaines années. Entre 2010 et 2019, la capacité installée est passée de 18,8 GW à 23,8 GW (estimation) et elle va continuer à augmenter vu (1) les objectifs européens et nos objectifs nationaux et (2) les engagements internationaux auxquels souscrivent nos autorités fédérales et régionales.

Dans ce cadre, les énergies renouvelables électriques seront les principaux facteurs de croissance de la part renouvelable dans l'objectif européen 2030 (17,5% de la consommation finale brute), toutes énergies renouvelables confondues (chaleur, transport, électrique). Ayant un facteur de charge beaucoup moins élevé que les capacités de production traditionnelles, elles continueront à être la principale cause de la croissance de la capacité installée dans notre pays.

Pour une transition énergétique maîtrisée, ces productions d'énergies intermittentes doivent être couplées soit à une capacité de production électrique pilotable puisqu'il n'existe à ce stade aucune solution satisfaisante de stockage qui permet de pallier l'intermittence de ces nouvelles capacités.

Au niveau du Centre Jean Gol, nous souhaitons que toute la lumière soit faite sur les coûts de ce nouveau paradigme électrique. L'électricité en Belgique est déjà parmi la plus chère d'Europe, il est inutile de rajouter des clous dans le cercueil de la compétitivité de nos entreprises ou de créer davantage de précarité énergétique auprès de nos concitoyens.

Seule une énergie abordable est économique et sociale.

Nous allons connaître un changement de paradigme dans la production belge d'électricité lors de la période 2022-2025 avec la sortie de 6 GW de nucléaire qui seront normalement compensés par 3,6 à 3,9 GW de centrales au gaz soutenues par un nouveau mécanisme de rémunération de la capacité (CRM). Sans doute pour les trente prochaines années, ces dernières seront la capacité pilotable complémentaire à l'éolien et le solaire. L'objectif étant de les solliciter de moins en moins au fur et à mesure du développement des énergies renouvelables éoliennes et solaires.

La Belgique étant sur le podium de l'électricité la plus chère d'Europe⁷⁹, autant dire que la marge de manœuvre sur les coûts de cette transition est très limitée, en ce qui nous concerne. Il faudra donc être particulièrement attentif à une série de coûts qui vont s'ajouter à ceux déjà existants :

▪ Dans une étude du 25 juin 2020 sur les réacteurs D3, D4, T2 et T3, la Commission de régulation de l'électricité et du gaz (CREG)⁸⁰ a étudié les coûts fixes et coûts variables des réacteurs pour la période 2020, 2021 et 2022. Il ressort que : « Pour la période triennale 2020 – 2022, les coûts fixes pour les 4 centrales s'élèvent à 727,835 M€ par an et les coûts variables à 10,8856 €/MWh. »⁸¹ Ce qui signifie que les 4 réacteurs actuellement actifs savent mettre de l'électricité sur le marché à un coût de 33,50 €/MWh. Avec la disparition de la moitié de notre production électrique, quelle sera l'évolution du prix moyen de l'électricité sur les marchés de gros ?

▪ Actuellement, la plupart des énergies renouvelables électriques sont subventionnées. Elles bénéficient de prix garantis ou d'aide à l'investissement parce qu'elles ne peuvent s'aligner avec le prix de marché moyen. Nous souhaitons que toute la lumière soit faite sur ces subventions, que le soutien puisse être constamment évalué en vue d'un dégageant de l'aide publique le plus rapidement possible ;

▪ Le CRM a été estimé à 350 millions € /an et la résolution de juillet 2020 indique que son coût sera pris en charge par un fonds budgétaire ad hoc. Il faut détailler ce mécanisme, son financement ainsi que la durée de celui-ci. Sur 15 ans, nous parlons de plus de 5 milliards d'euros ;

▪ Nous avons remarqué que le CRM est en choc frontal avec l'objectif du système ETS, qui vise à dégrader la rentabilité des entreprises carbonées. Il faut que le coût lié à l'entrée des nouvelles unités sur le marché UE-ETS soit correctement estimé et qu'il ne soit pas répercuté dans la facture des consommateurs. Dans le cas où tous les quotas devraient être achetés sur le marché du carbone, nous avons calculé que cela pourrait donner un surcoût estimé entre 200 à 300 millions € (si 25€/tonne) ou encore 320 à 480 millions € (si 40€/tonne).

En définitive, compte tenu de ces éléments, il est possible que chacune des composantes de la facture électrique augmente (commodity – coûts de réseau – surcharges diverses – prélèvements fiscaux). Nous ne le souhaitons pas.

Notre production électrique va inexorablement voir augmenter la part d'énergies renouvelables dans les prochaines années. Paradoxe : notre mix électrique va significativement se carboner à hauteur de 60% en 2030.

Pour le Centre Jean Gol, miser presque l'entièreté de nos capacités pilotables sur des centrales au gaz qu'il faut encore construire et dont la mise en place du CRM dépend d'une décision de l'Union européenne, c'est prendre un gros risque tant pour la maîtrise du coût, de la sécurité d'approvisionnement mais également pour la durabilité du secteur de production électrique.

N'eut-il pas été plus prudent de garder une capacité nucléaire significative ?

Pour nous, si. Tant au regard du coût de l'électricité (commodity), de la sécurité d'approvisionnement que des émissions de CO₂, la prolongation de certains réacteurs nucléaires était la voie la plus rationnelle.

Par ailleurs, nous avons émis des craintes sur la carbonation de notre système électrique. En effet, notre approvisionnement énergétique étant carboné à hauteur d'environ 80% (en termes de consommation finale), l'électricité est actuellement le seul des trois grands vecteurs (pétrole, gaz, électrique) qui soit décarboné. Or, d'une production majoritairement décarbonée (environ 55 TWh sur 85 TWh – 65%), nous atteindrons l'inverse d'ici 2030, en dépit des objectifs ambitieux dans les énergies renouvelables que nous nous sommes donnés.

Non, la carbonation de la production électrique n'est pas neutre. Elle n'est pas neutre puisqu'elle nécessite des investissements considérables, mobilise des ressources politiques et économiques pour maintenir une sécurité d'approvisionnement qui va se fragiliser, demande des accommodements sociaux et à un impact non-négligeable sur l'environnement.

Dans le même ordre d'idée, nous regrettons que le débat public sur les objectifs climatiques soit constamment instrumentalisé quand on évoque tour à tour l'objectif climatique des gouvernements (Accord de Paris, sans discussion) ou la production électrique dans notre pays (la législation européenne, système ETS). Nous récusons cette manière de faire qui opacifie le débat public, donne à offrir une façade très ambitieuse tandis que l'arrière-cuisine ne suit pas. La confiance mutuelle politique/citoyen commence par un discours-vérité.

Nous avons fixé pour quelques gouvernements belges (fédéral, communautaire et régionaux) un objectif climatique très ambitieux. Objectif qui amplifie d'environ 15% notre objectif européen. Au regard de cet objectif, la sortie du nucléaire dégrade notre trajectoire climatique d'au minimum 5,6% (+8 millions de tonnes CO₂/an) à 8,4% (si 12 Mt) selon les estimations.

Avec la sortie du nucléaire, les 15% d'efforts de réduction des GES deviennent de facto 20,5% à 23,3% puisque nous reculons.

Chaque gouvernement est responsable dans sa zone de compétences. Autant dire que personne n'est responsable pour les émissions supplémentaires post-2025 du secteur électrique. Ou plutôt, les choix politiques du Gouvernement fédéral se reportent directement sur les objectifs climatiques et énergétiques des Régions. Comme fédéralisme de coopération, on a connu plus fairplay ;

La réalité physique reste la même y compris dans la comptabilité ETS. Ces émissions auront peut-être un impact intéressant sur d'hypothétiques centrales au charbon en Pologne ou peut-être pas. Il est par contre certain que nos nouvelles capacités devront supporter le coût de leur pollution. Quel en sera le prix et qui payera la dégradation de leur rentabilité ?

Dans la course contre le changement climatique où l'on nous répète à l'envi que « nous sommes en état d'urgence », nous allons consacrer l'essentiel de nos efforts à décarboner un secteur qui était déjà largement décarboné. Le danger est que malgré nos efforts, ce secteur ne puisse être décarboné et les autres non plus. D'ici 2050, nous aurons soit définitivement quitter la route de la neutralité carbone soit nous irons dans des endroits où nous n'avons plus notre destinée énergétique entre nos mains.

⁷⁹ Eurostat, Electricity prices for household consumers, 1st semester 2020, www.ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_prices/en/prices.html?products=6000&consumer=HOUSEHOLD&consoms=4161902&unit=KWH&taxis=X_TAX,X_VAT,I_TAX,NRG_SUP,NETC,TAX_FEE_LEV_CHRG,VAT,TAX_RNW,TAX_CAP,TAX_ENV,OTH,TAX_NUC,TAX_LEV_X_VAT&nrg_prc=NRG_SUP,NETC,TAX_FEE_LEV_CHRG,VAT,TAX_RNW,TAX_CAP,TAX_ENV,OTH,TAX_NUC¤cy=EUR&year=2020S1&language=EN&detail=0&component=0&order=DESC&dumy=0&bar=0#0
⁸⁰ Décision relative à la fixation des coûts fixes et variables des centrales soumises à la contribution de répartition (Doel 3, Doel 4, Tihange 2 et Tihange 3) à appliquer pour les années 2020, 2021 et 2022, www.creg.be/sites/default/files/assets/Publications/Décisions/B2078FR.pdf
⁸¹ Ibid.

2. PRODUCTION ÉLECTRIQUE 100% RENEUVELABLE EN 2050 ?

Les auteurs de Terre, Mer, Soleil ont élaboré trois scénarios visant à démontrer qu'il était possible d'avoir une production exclusivement renouvelable d'ici 2050. Si nous ne prenons que le prisme du vecteur électrique isolément, le pari est en effet jouable. D'autres modélisations l'ont démontré.

2.1. NOUVEAUX VECTEURS ÉNERGÉTIQUE

Les trois scénarios d'Ecolo développent le potentiel identifié dans le renouvelable électrique avec une innovation intéressante : le recours au gaz de synthèse et aux vecteurs énergétiques (Power-to-H₂ et Power-to-Gas) pour d'une part compenser l'intersaisonnalité et d'autre part rapatrier de la production électrique offshore.

Ces technologies sont à notre sens à développer massivement dans les prochaines années. Toutefois, nous regrettons que l'envergure de ces technologies soient confinées au secteur de la production électrique. La production décarbonée étant principalement électrique, il faudra composer avec une large socle de production électrique décarbonée qui permettra (1) de suivre l'électrification des usages actuellement en cours (chauffage, domotique, transport en palliant d'intermittence des principales énergies renouvelables électriques et (2) l'approvisionnement énergétique « non-électrifiable » qui nécessitera des molécules et non des électrons (environ la moitié ou au minimum 40% du total de la consommation finale selon les modèles retenus).

Il faudra au préalable solutionner la question du rendement, dont les auteurs d'Etopia anticipent 40% (Power-to-H₂) et 35% pour le Power-to-Gas alors qu'il est davantage de 25% voire 30% dans le meilleur des cas. Le défi d'augmenter le rendement et de stimuler l'innovation est crucial pour rendre ces technologies abordables à l'échelle industrielle.

L'UE, suivie par la France et l'Allemagne, ont lancé de grandes stratégies de l'hydrogène ces derniers mois pour briser ce mur technologique. Il est temps. Notons toutefois que, **à l'heure actuelle, plus de 90% de l'hydrogène produit dans le monde se fait au départ du vaporeformage du méthane (85%), du pétrole (7%), du charbon (4%) et enfin, de l'hydrolyse de l'eau (4%). C'est donc une activité nettement émettrice en CO₂.**

La question du stockage est centrale si le recours aux énergies renouvelables éoliennes et solaires est significatif dans le mix électrique. Vu notre trajectoire actuelle, le besoin va devenir de plus en plus prégnant et, dans ce débat, il semble que les nouveaux vecteurs énergétiques soient une meilleure piste que les batteries.

Nous estimons toutefois au Centre Jean Gol qu'il faut ouvrir l'horizon des vecteurs hydrogène et gaz synthétiques à l'ensemble du mix énergétique et pas seulement au vecteur électrique. Plus l'enjeu est large, plus la compétition sera rude pour trouver des solutions durables et rentables.

Etant donné la fabrication actuelle de la presque totalité de l'hydrogène à l'échelle planétaire, la technologie de l'hydrolyse de l'eau avec de l'électricité décarbonée doit encore considérablement s'améliorer.

2.2. TERRE, MER, SOLEIL : TROIS SCÉNARIOS

Nous avons vu que les projections développées dans chacun des scénarios du **livre Terre, Mer, Soleil** se basent sur d'autres études qui évaluent à 80 – 90 TWh le potentiel de production de renouvelable électrique en Belgique. Le dénominateur commun présent dans chacun des scénarios est donc plausible. Toutefois, nous avons noté que **chaque scénario pousse**

certaines hypothèses au-delà de la limite de la crédibilité :

- Le **scénario Terre** prévoit que la géothermie profonde fournirait 32 TWh (sur base d'une puissance de 4 GW) d'électricité en 2050 :

- La technologie est intéressante mais semble encore **peu mature** ;

- Par ailleurs, elle ne semble pas adaptée au sous-sol de notre pays en l'état ;

- Croire que nous pourrions compter sur cette technologie pour 25% à 33% de notre approvisionnement électrique n'est sans doute pas crédible ;

- Le **scénario Mer** prévoit une très large production d'éolien offshore (12 GW) qui fournirait 41 TWh annuellement :

- En soi, nous adhérons à l'idée et la Belgique s'inscrit dans des coopérations internationales pour la Mer du Nord ;

- Il faut toutefois noter que c'est cette fois l'aspect géopolitique qui intervient et il faudra trouver un **moyen d'acheminer cette électricité**, où le vecteur dans lequel elle aura été transformée ;

- Il est sans doute beaucoup plus probable que ce genre de **débat se fera à un échelon plus large que simplement l'approvisionnement électrique** : à côté de la consommation électrique, il est possible que minimum 200 TWh doivent être importés pour notre approvisionnement énergétique total.

- Enfin, le **scénario Soleil** développe une très large production photovoltaïque qui atteindrait 50,4 GW de photovoltaïque (onshore et offshore) et produiraient 45,36 TWh ;

- Evidemment, il faut développer la production électrique photovoltaïque mais jusqu'où ?

- Personne n'ignore que le **gisement solaire n'est pas vraiment le point fort de notre pays** ;

- Le **photovoltaïque consomme beaucoup d'espace** et nous sommes l'un des pays les plus peuplés du Royaume ;

- Les coûts induits par les investissements supplémentaires dans l'équilibre et le renforcement des réseaux, **l'utilisation des matériaux de construction ou encore l'impact climatique** lui-même de la production des panneaux sont des choses qu'il faut objectiver et prendre en compte : est-ce en Belgique qu'il faut pousser le PV au-delà du raisonnable ?

Notons enfin que chacun des scénarios se basent sur des hypothèses certes validées par un certain nombre d'organismes (Bureau du Plan, Elia, etc.) mais qui, n'ayant pas la science infuse ni de boules de cristal, peuvent également se tromper :

- Les auteurs estiment qu'il sera possible de lisser la demande jusqu'à 2,5 GW en 2050 ;

- Les auteurs suivent les estimations d'Elia avec une consommation finale qui atteint un peu moins de 100 TWh. Quid si ces projections sous-estiment la demande dans trente ans de 50%, ou même de 20% ?

- Les auteurs ont fait le choix de laisser les hypothèses du **stockage décentralisé par batterie**. Là aussi, il est **difficile de savoir ce que l'avenir nous réserve**.

En soi, le dénominateur commun des trois scénarios qui produirait 80 à 90 TWh d'électricité décarbonée est jouable. Toutefois, les technologies qui caractérisent chaque scénario que les auteurs ont développé pour prouver par trois fois la viabilité d'une électricité 100% renouvelable sont hautement discutables. De même, ces trois scénarios se basent sur des présupposés qui pourraient, le cas échéant s'avérer faux si, par exemple, nous ratons nos objectifs d'efficacité énergétique ou que la gestion de la demande est bien moindre que prévue.

Ces spécificités de production particulières (géothermie, éolien offshore, PV) sont importantes dans le sens où elles seules permettent d'atteindre un niveau de production d'électricité brute dans chaque scénario qui permet une conversion significative en gaz de synthèse et hydrogène (qui ont à chaque fois un facteur de perte de 60-65% selon les hypothèses des auteurs). Cela démontre qu'il faut par défaut une large base d'énergie décarbonée si la conversion en un autre vecteur intervient.

Au niveau du Centre Jean Gol, nous partons du principe qu'il faut de toute façon miser sur un très large socle de production décarbonée. Cela permettra de garantir :

- Une électricité abondante et disponible à tout moment ;

- Tout le surplus sera converti en un autre vecteur ou stocké (si les batteries rencontrent des critères de durabilité suffisants) : l'intermittence n'aura plus d'importance puisqu'elle sera découplée de la consommation et cela permettra de combler des besoins en énergie non électriques ;

- Il faudra veiller évidemment à ce que cette conversion puisse se faire à un prix compétitif par rapport aux énergies renouvelables produisant de la chaleur.

3. 100% RENOUELABLE ?

3.1. CE QUE NOUS RÉVÈLE LE LIVRE D'ETIOPIA

Ce que cet ouvrage nous révèle, c'est qu'il est à peu près possible d'assurer une production électrique belge à hauteur d'environ 100 TWh (en forçant les curseurs) avec quelques conditions dont la principale est que nous n'augmentons pas notre consommation électrique dans les trente prochaines années.

Nous apprenons également que si nous convertissons une partie de la production en vecteurs énergétiques, il faut augmenter la production jusqu'à environ 150 TWh (avec 60 TWh de pertes) et que nous devenons alors dépendants des importations et de la production extraterritoriale à des degrés divers.

Mais nous ne savons pas à quel prix. Nous ne savons pas comment seront ressentis les implantations des installations.⁸² Nous ne savons pas quels en seront impacts sur notre empreinte environnementale (au sens large) ? Puis, le plus important, quelles seront les marges restantes pour décarboner la suite ?

Si nous partons de 100 TWh de production électrique, nous avons toujours, toutes choses restant égales par ailleurs, un manque d'environ 320 TWh (consommation finale) pour que notre société actuelle fonctionne, société dont l'approvisionnement est assuré par le pétrole et le gaz en très grande majorité.

Au niveau du Centre Jean Gol, nous savons que les énergies renouvelables joueront un rôle prépondérant dans la production d'énergie à l'avenir. Toutefois, nous ne ferons pas l'erreur de ne jurer que par elles.

Chaque technologie doit être analysée sans fard du point de vue de la durabilité, de sa contribution à la sécurité d'approvisionnement et de son prix. Sous réserve qu'une technologie soit viable sous les angles économiques, sociaux et environnementaux, nous laisserons les portes ouvertes à toutes les technologies bas-carbones.

Pour nous, fermer le débat au seul secteur électrique est une erreur. La transition est énergétique, pas seulement électrique.

3.2. IL N'Y A PAS QU'UNE VOIE À SUIVRE

Beaucoup sont terrifiés par les futurs possibles qui s'esquissent dans les modélisations climatiques du GIEC. Tout le monde souhaite un monde 100% renouvelable demain. Pour autant, les enjeux sont trop importants pour s'égarer en route. Les fers au feu sont nombreux. Nos moyens sont limités.

En l'état actuel des technologies, la Belgique 100% renouvelable sur la base d'une autosuffisance énergétique est un mythe, sauf à considérer l'hypothèse d'un effondrement de notre société.

Le potentiel électrique raisonnable pour les énergies renouvelables est environ de 80 TWh. Même avec un effort considérable sur la réduction des consommations énergétiques (140 TWh), nous remarquons que nous sommes toujours nettement dépendant d'une production extérieure,

à hauteur d'à peu près 200 TWh si nous arrivons à tenir notre trajectoire d'efficacité énergétique.

D'une manière générale, les modèles 100% renouvelable ne tiennent la route qu'à la condition de réduire notre approvisionnement énergétique d'un tiers ou de moitié. Notez tout de même que c'est une hypothèse osée qui simplifie la tâche du modélisateur.

Le Centre Jean Gol plaide pour que l'approvisionnement énergétique soit appréhendé en entier puisque c'est le seul étalon qui permette clairement de mesurer comment nous luttons contre le changement climatique.

Certes, le secteur électrique sera certainement central dans celui-ci mais il ne peut être conçu en silo. Il aura nécessairement des répercussions sur d'autres vecteurs.

L'efficacité énergétique reste un enjeu trop souvent appréhendé à la légère. Pourtant, elle sera la fondation de l'édifice. Aujourd'hui, force est de constater que l'effort projeté dans les modèles (que le CJG fait sien) de 140 TWh (sur 420 TWh – consommation finale) est très ambitieux. Et même avec cette ambition, il nous faudra trouver 280 TWh quelque part.

Il faut des stratégies de décarbonation crédibles, ambitieuses avec un monitoring constant. A côté de cela, nous plaidons pour que des solutions technologiques soient conçues pour produire une énergie abondante, décarbonée et disponible à la demande.



⁸² Nous rappelons que la plupart des implantations d'éoliennes onshore subissent des tirs de barrage des acteurs locaux en Wallonie. Si bien qu'il faut grosso-modo une dizaine d'années entre l'initiation de la procédure et la mise en production de l'installation.

Si nous plaçons pour que la transition énergétique soit appréhendée globalement, nous plaçons tout autant pour que le débat ne soit pas dévoyé dans son essence. Nous indiquons par là que beaucoup de mesures avancées dans le débat politique par l'écologie politique (et ceux qui la copient) comme étant étiquetées « lutte pour le climat » – ou présentées comme telles en tout cas – sont davantage un modèle de société rêvé que des mesures ayant réellement un impact climatique notable.

Qu'on s'entende bien, nous n'avons rien contre les propositions politiques d'autres courants philosophiques. Cependant, trop souvent, l'idéologie politique se mêle à la froideur des solutions techniques, impose une évolution des comportements individuels et collectifs alors que des solutions techniques pourraient être développées. Parmi quelques exemples qui parleront sans doute à chacun :

- **Encourager les transports collectifs et renforcer l'offre** : riche idée. Par contre, lancer une série de mesures fiscales, réglementaires contre la voiture sans alternatives pour une partie significative de la population sous prétexte de lutter contre le climat, c'est une autre histoire. **Des technologies peuvent être promues pour décarboner massivement le secteur du transport** ;
- **Mangez moins de viande** : dans une certaine mesure, c'est un enjeu de santé publique puisque nous mangeons en moyenne trop de viande rouge. Toutefois, **jeter l'opprobre sur notre secteur viandeux – parmi les plus soucieux des normes environnementales, alimentaires, etc. et déjà en difficulté financière - en l'amalgamant avec des productions viandeuses extra-européenne n'est pas correct**. Ce n'est pas la réalité ni source de solutions tant pour nos éleveurs, notre agriculture, les institutions qui la contrôlent mais encore pour les consommateurs qui perdent confiance ;

- **Stop béton** : il est vrai que plus le nombre de logements (maison unifamiliale ou 4 façades) augmente, plus de l'énergie est consommée. **De là à interdire purement et simplement ce type de logement, il y a une marge**. Il faut davantage travailler à **décarboner le chauffage résidentiel**. La première source de chaleur reste le fioul en Wallonie alors que c'est le gaz naturel en Flandre et à Bruxelles. Nous devons travailler sur les réseaux de chaleur, le biogaz, substituer avec des pompes à chaleurs, etc.

- Etc.

Certes, les modifications des comportements individuels et collectifs peuvent avoir un impact sur la diminution des gaz à effet de serre. Cependant, le caractère systémique dont nos émissions de GES sont une des conséquences est largement sous-estimé. **Le monde politique comme la plupart des citoyens sous-estiment le rôle que joue l'énergie dans nos vies**.

Le **premier confinement de 2020** le prouve quelque part : malgré un arrêt à 60% de notre économie, un secteur de l'aviation au sol, une mobilité limitée aux déplacements essentiels ou encore des contacts sociaux extrêmement réduits, nous enregistrons une **baisse d'environ 10% de nos émissions de GES**. **De très gros impacts économiques et sociaux mais quels résultats pour le climat ?**

Au Centre Jean Gol, nous pouvons adhérer à l'objectif d'améliorer l'efficacité énergétique par la technique et la sensibilisation des consommateurs, par des incitants réglementaires ou financiers. Dans le même ordre d'idées, nous pouvons agir pour stimuler, libérer les vocations, la recherche & le développement qui nous permettront d'apporter des solutions techniques et pratiques au changement climatique.

Par contre, imposer un nouveau modèle de société, c'est se tromper de débat. Chacun est libre et peut être encouragé à diminuer son empreinte carbone. Mais nous ne souscrivons pas à l'imposition à grande échelle d'une ascèse qui ne dit pas son nom, restreint les libertés individuelles, a des impacts sociaux et économiques importants et n'a de surcroît qu'un impact limité du point de vue climatique.

L'enjeu climatique est ailleurs : dans l'approvisionnement énergétique et les pratiques agricoles / sylvicoles.

3.3. L'ENJEU STRATÉGIQUE

Chacun des trois scénarios Terre, Mer et Soleil nous démontrent (malgré eux sans doute) que nous ne pourrions être strictement indépendants d'un point de vue électrique. Les importations prévues par les auteurs oscillent entre 0 et 2 TWh en 2030 et atteignent 15 TWh à 34 TWh en 2050 selon le scénario retenu. Le plus dépendant aux importations étant le scénario « Soleil ».

Nous avons également vu que si ces importations étaient déjà envisagées dans le cadre du vecteur électrique, il est très probable que cette logique se prolongerait dans le reste de l'approvisionnement énergétique. Il est en effet peu probable que notre biomasse, nos déchets et quelques autres sources d'énergie renouvelables assurent le solde de notre consommation énergétique à côté de la production électrique.

Pour le vecteur électrique, il y a une difficulté supplémentaire. L'équilibre contraint que requièrent les marchés électriques fait qu'une électricité rare peut avoir pour conséquence des prix démesurés sur les marchés. Ainsi, des épisodes comme ceux de septembre dernier, où le prix du MWh s'est parfois échangé à 400€ pourraient se reproduire plus fréquemment au fur et à mesure que la volatilité de la production électrique sur le marché Nord-Ouest européen s'accroît.⁸³ **Quand nous avons besoin d'électricité, la plupart des autres pays européens aussi**.

S'il n'y a pas assez de ressources énergétiques renouvelables pour assurer nos besoins énergétiques présents et futurs, ce n'est pas quelque chose de nouveau en soi. Notre mix énergétique actuel est très largement dépendant d'énergies extraites et raffinées ailleurs puis acheminées dans notre pays. La majeure production d'énergie dans notre pays est la chaleur nucléaire qui représentait 72,8% (11,3 Mtep sur 15,3 Mtep) en 2019.⁸⁴

N'étant pas les heureux détenteurs de grandes ressources en énergies renouvelables, nous devons donc « assurer notre approvisionnement au-delà des mers ». Ce qui veut dire assurer de nouvelles filières d'approvisionnement énergétiques et industriels. Le secteur de l'énergie étant stratégique et de première importance pour notre économie et l'ensemble de notre société, c'est une nécessité impérieuse.

Dans ce domaine, l'UE aurait tout intérêt à mutualiser ses efforts pour atteindre les objectifs qu'elle se donne. La Chine développe une ambitieuse stratégie mixant la création entière de filières renouvelables et nucléaire tout en continuant ses investissements dans les énergies fossiles. La Russie s'assure de la mainmise sur ses riches gisements de gaz naturel et ne défiance pas sa filière nucléaire. Les USA ont eux-mêmes revitalisé leur programme nucléaire récemment, se maintiennent des solides garanties dans le gaz de schiste et le charbon. **Quiconque aspire à un rôle de premier plan**

sur la scène internationale commence par sécuriser son approvisionnement énergétique.

Au-delà de l'aspect strictement « énergie », la transition vers un monde davantage renouvelable pose la question de la dépendance industrielle et technologique. En effet, si le vent et le soleil sont bien « locaux », les technologies et le savoir-faire qui va avec ne seront probablement pas belges, ni même européens : **toutes les technologies sur lesquelles nous fondons presque l'entièreté de notre approvisionnement énergétique futur se défendent assez mal du point de vue de la dépendance technologique**.

Si, à l'heure actuelle, l'Europe reste en pointe dans la production éolienne, elle est complètement déclassée dans l'industrie photovoltaïque. Dans notre production électrique, le savoir-faire nucléaire qui produit la moitié de notre électricité annuelle est essentiellement belge et sera irrémédiablement perdu après 2025. Enfin, si tous les modèles indiquent que la transition énergétique crée plus d'emplois qu'elle n'en détruit, il serait intéressant de mesurer où et quels emplois sont situés dans notre pays pour ce qui concerne le secteur de la production électrique.

Chacun des scénarios Terre, Mer, Soleil prévoient déjà des importations nettes dans le mix électrique. Cette dépendance vis-à-vis de l'extérieur pose la question de la sécurité d'approvisionnement de notre pays.

Avec la transition énergétique, de nouvelles filières d'approvisionnement vont devoir être créées. Dans le secteur électrique, la sécurité d'approvisionnement est aussi un enjeu de compétitivité pour notre appareil économique et de disponibilité pour les consommateurs dans la mesure où une électricité

rare est chère. Si nous ne pouvons plus compter sur des capacités locales pilotables compétitives, nous dépendons d'autres... au prix où ils sont prêts à nous le vendre.

Nous plaçons pour qu'une production nationale d'électricité (et plus largement énergétique) significative puisse être développée dans notre pays, si possible supérieure à la consommation. Par ailleurs, la sécurité d'approvisionnement doit être – au mieux gérée au niveau européen – à défaut intégrée dans une vision nationale à long terme.

Enfin, il reste la dépendance technologique et industrielle. La production éolienne reste à ce stade encore significativement européenne mais nous avons perdu la main sur celle du photovoltaïque. De même, la plupart des composants et des algorithmes qui permettront la gestion et le monitoring de notre production électrique décentralisée ne sont pas élaborés ni construits en Europe. Enfin, nous allons perdre notre savoir-faire nucléaire.

Mettre des objectifs climatiques ambitieux, c'est une nécessité. Mais il serait également souhaitable de concevoir un véritable projet industriel européen pour la rendre possible. La transition énergétique est effectivement une opportunité à condition de se donner les moyens de la saisir.

83 RTBF, « Les prix de l'électricité connaissent un pic en raison d'une faible production en Europe », RTBF Info.be, 15 septembre 2020, www.rtf.be/info/economie/detail_les-prix-de-l-electricite-connaissent-un-pic-en-raison-d-une-faible-production-en-europe?id=10584817

84 SPF Economie, chiffres-clés Energie, op. cit., p. 20

3.4. POUR CONCLURE : DE LA DURABILITÉ

Il nous semble qu'il y a une zone d'ombre importante sur la notion de coût *sensu lato* de la transition telle qu'elle est conçue dans le livre « Terre, Mer, Soleil » et plus largement dans les modèles 100% renouvelable.

Si des coûts sont évoqués dans la première partie du livre avec une comparaison renouvelable/ nucléaire, **jamais il n'est évoqué le coût total de la mise en place, de l'entretien et du maintien de ce genre de production électrique.**

Quelques exemples strictement **d'ordre économique** :

- Quel sera le coût de ce doublement, triplement de la capacité installée ?
- Cet investissement devra être recommencé tous les 25 ans pour le photovoltaïque ? Tous les 20 ans pour l'offshore ? Quelle période pour la géothermie ?
- Quels investissements devront être faits dans le réseau pour qu'il passe de centralisé à décentralisé ? Quel sera le coût de la démutualisation ?
- Combien de nouveaux appareils de gestion (inexistants actuellement) va-t-on devoir déployer pour permettre un monitoring et une autoconsommation locale ? A quel prix ? Et avec quelle fiabilité ?
- Avec une multitude de producteurs de tailles et de fréquences différents, quels seront les investissements nécessaires pour maintenir un réseau sûr pour les appareils électriques ? Il y a des défis techniques qui n'existent pas aujourd'hui et devront trouver des réponses demain. Tout cela a un coût. Combien ?
- A quel coût pourra-t-on espérer arriver avec le Power-to-H₂ et Power-to-Gas ?

Après, nous pouvons élargir la question au sujet même du livre d'Etopia : **est-ce que les moyens et les efforts considérables que nous allons collectivement investir dans la (prochaine) décarbonation de notre production électrique ne pourraient pas être utilisés plus intelligemment ailleurs ?**

Au choix : à baisser notre consommation d'énergie de manière beaucoup plus tangible, remplacer les appareils de chauffage par des pompes à chaleur pour les logements se chauffant au fioul, à développer un avantage comparatif dans la production nucléaire, à décarboner plus rapidement le transport en opérant un glissement de notre flotte de véhicules vers des moteurs non thermiques, etc.

Ces moyens ne pourraient-ils pas être utilisés à diminuer significativement notre dépendance au pétrole et au gaz plutôt que de décarboner un mix qui l'est déjà largement au regard des comparaisons internationales ?

Nous avons évoqué plus haut le fait que certaines mesures amenées comme des solutions pour lutter contre le réchauffement n'en sont pas. A côté de cela, **il y a les mesures qui, pour le coup, sont défendables dans le cadre d'une production électrique donnée mais entraînent des « coûts » sociaux.** Concernant le secteur électrique, les **implications sociales sont aussi des enjeux importants** :

- Nous savons que la **précarité énergétique** est un vrai sujet dans notre pays, notamment en Wallonie et à Bruxelles.
- En Wallonie, plus d'un habitant sur quatre (26,2%) vit dans un ménage en situation de risque de pauvreté ou d'exclusion sociale.⁸⁵ C'est environ un sur trois à Bruxelles (environ 33%) ;
- L'énergie est le 3^e facteur de basculement dans la pauvreté après le logement et l'alimentation ;

- Pour acheminer les 4 GW de puissance des parcs éoliens offshore en 2030 et l'électricité du Royaume-Uni (1 GW), **Elia conduit le projet de la Boucle du Hainaut** dans la province du même nom. Cette ligne est indispensable pour acheminer l'électricité de la Mer du Nord à l'ensemble du réseau :

- Les 14 communes wallonnes concernées par le tracé ont indiqué être contre le projet à ce stade ;
- Le monde rural et plusieurs mouvements citoyens s'activent contre cette nouvelle ligne ;
- **Le corolaire d'une production décentralisée, c'est un réseau plus développé et des impacts en termes de qualité de vie, d'impacts paysagers et touristiques pour des régions.**
- **En Wallonie, les projets éoliens onshore** prennent environ 10 ans avant de voir le jour :
- La majeure partie de cette période est entièrement dévolue à traiter les **recours contre le projet.**

D'une manière générale et pour faire le lien avec les coûts économiques ci-dessous, est-ce que nous pouvons nous permettre une augmentation générale des prix de l'électricité alors que nous produisons déjà l'électricité parmi la plus chère d'Europe ?

Par ailleurs, même avec des mécanismes d'ajustement via des tarifs spécifiques, il faudrait bien qu'un tiers prenne la différence à sa charge. Les entreprises ? Les autres citoyens ? Le contribuable ? Pour quelle raison ?

La meilleure garantie contre la précarité énergétique, c'est une énergie (et une électricité) peu chère.

Pour être équilibré dans le critère de la durabilité, il faut également que **les coûts environnementaux** soient clarifiés et pris en compte.

Aucune production d'énergie n'est neutre pour l'environnement. La difficulté est de choisir les systèmes de production les moins nuisibles possibles ou de réduire au maximum les externalités négatives. Ainsi, tripler la capacité productive électrique ou encore employer les technologies de renouvelables, est une stratégie qui a, comme les autres, des impacts environnementaux :

- La **quantité de matériaux nécessaires** (à production égale) lorsqu'on compare les principales énergies renouvelables électriques et les capacités traditionnelles est significativement en défaveur des énergies renouvelables :
 - pour une production de 40 TWh en **cogénération Gaz / énergies renouvelables**, le total en ordres de grandeur (en tonnes de matériaux au total) **donne 1 pour 28 pour le PV, 1 pour 18 pour l'éolien et 1 pour 9 fois pour la géothermie** ;
 - Pour la même comparaison avec le **nucléaire / énergies renouvelables**, nous arrivons à des ordres de grandeur de **1 pour 17,6 pour le PV, 1 pour 11 pour l'éolien et 1 pour 5,6 pour la géothermie.**
- Le **bilan carbone pas toujours nécessairement flatteur**, notamment pour le photovoltaïque ;
- Enfin, les **technologies que nous utilisons sont actuellement très accessibles parce qu'elles sont produites avec des énergies fossiles.** C'est un élément dont il faudra tenir compte à l'avenir, à fortiori si une taxation carbone est mise en place aux frontières de l'UE.

La durabilité implique d'observer la transition énergétique sous toutes ses coutures et d'en sous-peser les choix. Le choix du Centre Jean Gol de retenir ce critère au côté du prix et de la sécurité d'approvisionnement est légitime. Cela fait plusieurs années que nous utilisons le triptyque « économie – social – environnemental ».

Dans le cadre de cette étude, ces critères mettent selon nous en exergue des éléments assez peu mis en lumière dans le débat public. Ces coûts « cachés » de la transformation du système électrique telle qu'elle est conçue actuellement constituent autant de défis qu'il faudra relever pour une transition réussie.

A ce stade, l'ensemble des éléments qui constituent « notre boîte à outils pour la transition » ne nous permet pas de voir sereinement l'émergence d'une transition énergétique telle que la souhaitent les auteurs du livre Terre, Mer, Soleil. Elle ne respecte pas les balises que nous nous sommes fixés. En effet, certains verrous doivent encore sauter, certains impacts sur notre société doivent être objectivés - et maîtrisés - et de nouveaux développements techniques doivent encore être mis au point.

Pour le Centre Jean Gol, il n'existe pas une voie toute tracée pour une transition énergétique réussie. Elle se construit pas à pas, sans dogmatisme, en n'éludant aucun problème et en apportant des solutions innovantes. Cela serait un comble que la transition énergétique ne soit, en définitive, pas durable.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, Rendement de la chaîne hydrogène – Cas du « Power-to-H2-to-Power », p. 6, www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rendement-chaine-h2_fiche-technique-02-2020.pdf

Bureau fédéral du Plan, site du chiffrage des mesures des partis politiques lors de la campagne électorale de 2019, scénario NVA – prolongation de 2 GW de nucléaire, www.dc2019.be/results/results_fr.html#TopData

Climact & Vito, Scenarios for a Low Carbon Belgium by 2050, Final Report, November 2013, p. 59, www.climat.be/doc/low-carbon-scenarios-for-be-2050-final-report.pdf.

Cogolati, S., « Lettre à Damien Ernst », site propre, 29 septembre 2020, www.samuelcogolati.be/actualites/2020/09/29/lettre-a-damien-ernst/

Commission européenne, «The North Seas Energy Cooperation », page updated 7 July 2020, www.ec.europa.eu/energy/topics/infrastructure/high-level-groups/north-seas-energy-cooperation_en

Commission européenne, Synthèse de la directive 2003/87/CE établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans l'Union européenne (UE), www.eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISUM%3A128012

CREG, « Décision relative à la fixation des coûts fixes et variables des centrales soumises à la contribution de répartition (Doel 3, Doel 4, Tihange 2 et Tihange 3) à appliquer pour les années 2020, 2021 et 2022 », www.creg.be/sites/default/files/assets/Publications/Decisions/B2078FR.pdf

Dendooven, L., « Le sud-est du Groenland, futur Dubaï capable d'alimenter l'Europe en E-fuel ? », RTBFinfo.be, 16 septembre 2020, www.rtbfb.be/info/societe/detail_le-sud-est-du-groenland-futur-dubai-capable-d-alimenter-l-europe-en-e-fuel?id=10585866

Elia, « Charge et prévision de charge », www.elia.be/fr/donnees-de-reseau/charge-et-prevision-de-charge

Ember, Fossile fuels, www.ember-climate.org/project/necp7/

EurObserv'Er, « Baromètre photovoltaïque 2019 », Avril 2019, 20 pages, www.eurobserv-er.org/

EurObserv'Er, « Baromètre éolien 2016 », Février 2016, 20 pages, www.eurobserv-er.org/

EurObserv'Er, « Baromètre éolien 2019 », Mars 2019, 20 pages, www.eurobserv-er.org/

Eurostat, « Electricity prices for household consumers », 1st semester 2020, www.ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_prices/enprices.html?products=6000&consume_r=HOUSEHOLD&consoms=4161902&unit=KWH&-taxs=X_TAX,X_VAT,I_TAX,NRG_SUP,NETC,TAX_FEE_LEV_CHRG,VAT,TAX_RNW,TAX_CAP,TAX_ENV,OTH,TAX_NUC,TAX_LEV_X_VAT&nrg_prc=NRG_SUP,NETC,TAX_FEE_LEV_CHRG,VAT,TAX_RNW,-TAX_CAP,TAX_ENV,OTH,TAX_NUC¤cy=EUR&year=2020S1&language=EN&detail=0&component=0&order=DESC&dummy=0&bar=0#0

Eurostat, « Statistiques sur les énergies renouvelables », Statistics explained, chiffres janvier 2019, www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/fr#L.E2.80.99.C3.A9nergie_.C3.A9olienne_devient_la_source_d.E2.80.99.C3.A9lectricit.C3.A9_renouvelable_la_plus_importante

Fédération Belge des Entreprises Électriques et Gazières (FEBEG), Statistiques électricité (page web), consultée le 15 octobre 2020, www.febeg.be/fr/statistiques-electricite

Houbrechts G., Petit F., 2004. Evolution des techniques sidérurgiques pré-industrielles et aperçu des critères de localisation de la métallurgie en « Terre de Durbuy », Terre de Durbuy, 89, pp. 3-29, www.orbi.uliege.be/bitstream/2268/38086/1/Article%20Terre%20de%20Durbuy.pdf

ICEDD, VITO, Bureau du Plan (2013), « Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050 », 19 April 2013 www.energie.wallonie.be/servlet/Repository/130419-backcasting-finalreport.pdf?ID=28161

IWEPS, « Chiffres-clés de la Wallonie – Edition 2019 », 8 octobre 2019, www.iweps.be/publication/cc2019/

Jancovici, J-M., Cours des Mines, Episode 8 : « Énergies renouvelables », www.youtube.com/watch?v=Z4teA8ciuRU

Jancovici, J-M., Cours des mines, « Énergie renouvelables », Slides, www.drive.google.com/drive/folders/1fqoACrCFtX-KonP266DkFUcmMVj22yj_

Lasserre,, I., « Coronavirus : la guerre des masques fait rage au pied des avions chinois », Le Figaro, 2 avril 2020 www.lefigaro.fr/international/coronavirus-l-amerique-relance-la-guerre-des-masques-20200402

LEROY, C., « Vers une Belgique 100% verte: le pays peut-il tendre vers le «zéro carbone» en 2050 ? », dossier du Vif/L'Express, mars 2020,

www.levif.be/actualite/belgique/vers-une-belgique-100-verte-le-pays-peut-il-tendre-vers-le-zero-carbone-en-2050/article-normal-1260089.html

L'Echo, « Van Ypersele réveille la réaction en chaîne du débat sur la prolongation du nucléaire », 3 décembre 2019, www.lecho.be/economie-politique/belgique/general/van-ypersele-reveille-la-reaction-en-chaine-du-debat-sur-la-prolongation-du-nucleaire/10187475.html

Pitron, G., La Guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique, Les liens qui libèrent (LLL), Janvier 2018, 295 pages

Plan National Énergie Climat, www.plannationalenergieclimat.be/fr

Plan wallon Énergie Climat (PWEC) 2019, Contribution de la Wallonie au Plan national Énergie Climat 2030 (PNEC 2030), www.energie.wallonie.be/servlet/Repository/pwec-2030-version-definitive-28-novembre-2019-approuvee-par-le-gu.pdf?ID=58450 pp. 30-31.

RTBF, « Les prix de l'électricité connaissent un pic en raison d'une faible production en Europe », RTBF Info.be, 15 septembre 2020, www.rtbfb.be/info/economie/detail_les-prix-de-l-electricite-connaissent-un-pic-en-raison-d-une-faible-production-en-europe?id=10584817

RTBF, « L'Union européenne lève ses mesures anti-dumping sur les panneaux solaires chinois », article en ligne, www.rtbfb.be/info/economie/detail_l-union-europeenne-leve-ses-mesures-anti-dumping-sur-les-panneaux-solaires-chinois?id=10020383

SPF Économie, Energy Key data, Edition août 2020, www.economie.fgov.be/fr/publications/energy-key-data-aout-2020

SPW Énergie, « Valoriser la chaleur du ventre de la terre, c'est possible ! », www.energie.wallonie.be/fr/la-geothermie-profonde.html?IDC=6173

Therin, F., « Éolien : les fabricants européens résisteront-ils aux vents chinois ? », Le Point.fr, www.lepoint.fr/economie/eolien-les-fabricants-europeens-resisteront-ils-au-vent-chinois-17-11-2017-2173064_28.php

Vito, « Steunpunt energie: nota potentieel diepe geothermie », www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Potentieel_diepe_geothermie_2030.pdf

www.climat.be

05	/	PARTIE I - TOUR D'HORIZON DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE BELGE
16	/	PARTIE II – PRODUCTION ÉLECTRIQUE 100% RENOUVELABLE EN BELGIQUE : ANALYSE
28	/	PARTIE III - PROSPECTIVE : LIMITES, PROMESSES ET BALISES
41	/	CONCLUSION - RECOMMANDATIONS
52	/	BIBLIOGRAPHIE

Editeur responsable : Daniel Bacquelaine, Centre Jean Gol
Avenue de la Toison d'Or, 84-861060 Bruxelles

Retrouvez toutes nos études sur **cjg.be** ou demandez-nous gratuitement un exemplaire par téléphone ou par mail



Avenue de la Toison d'Or 84-86 1060 Bruxelles • 02.500.50.40 • info@cjg.be • [f /centrejeangol](https://www.facebook.com/centrejeangol) • [@CentreJeanGol](https://www.instagram.com/CentreJeanGol)

cjg.be



Centre Jean Gol