

Le 23 novembre 2021

Monsieur Xavier PIECHACZYK
Président du Directoire
Réseau de Transport de l'électricité
Immeuble Window
7, Place du Dôme
92073 La Défense cedex

Monsieur le Président,

Suite à mon courrier du 27 octobre dernier, PNC-France a poursuivi l'analyse des documents publiés dans le cadre de l'étude « Futurs énergétiques 2050 » conduite par RTE.

Un point nouveau nous est apparu, qui n'est sauf erreur pas documenté dans votre publication : il n'est semble-t-il nulle part fait mention de la résilience des parcs éoliens et photovoltaïques aux très violentes tempêtes. RTE a, à juste titre, réalisé de nombreux « stress tests » concernant la résilience des moyens de production à de nombreux événements climatiques extrêmes attendus avec le dérèglement climatique, mais la question ci-dessus, n'est pas renseignée. A-t-elle été étudiée en profondeur ? Ce sujet est interrogé plus en détail en annexe 1 à cette lettre, et il pose deux questions :

La première concerne l'impact fonctionnel sur le système électrique d'arrêts massifs quasi-simultanés d'un très grand nombre d'éoliennes résultant de la nécessité de les mettre brutalement à l'arrêt pour raisons de sécurité face à l'arrivée d'un front tempétueux à la fois très violent et très étendu.

La seconde, peut-être plus inquiétante encore car elle peut avoir des conséquences durables en cas de destructions physiques d'une partie des installations, concerne la résilience structurelle des parcs éoliens et photovoltaïques aux vents très forts. En bref, ces parcs sortiraient-ils indemnes de passages de tempêtes similaires à celles de fin 1999, **Lothar et Martin** qui ont balayé le Nord puis le Sud-Ouest de la France, avec des vents qui ont atteint et dépassé localement 190 voire 200 km/h ? Ceci d'autant plus que les études publiées par le GIEC annoncent une augmentation de la puissance des tempêtes à venir. PNC-France estime que les résultats d'une telle étude doivent être intégrés aux révisions en cours des scénarios.

Dans le même ordre d'idées, les conséquences des vents de sable sahariens qui charrient en altitude des poussières fines jusqu'en France où elles retombent en diminuant les productions photovoltaïques, ne sont pas non plus prises en compte dans l'étude RTE. Leur impact sur le système électrique mérite cependant d'être analysé dans l'hypothèse de fortes capacités photovoltaïques installées et d'une fréquence et amplitude de ces phénomènes météorologiques qui augmenterait dans le futur (voir compléments en annexe1).

Je souhaite par ailleurs revenir sur le sujet majeur des prévisions de consommation, longuement évoqué dans ma lettre du 27 octobre. La lecture attentive de vos documents, dont les résultats sont rappelés en annexe 2, confirme que la prévision de consommation de référence de RTE repose sur au moins deux paris : celui de l'atteinte d'une efficacité énergétique très élevée et rapidement atteinte et celui d'un recours à la biomasse très ambitieux. RTE questionne d'ailleurs ce dernier point à juste titre, car sa non-atteinte impliquerait un report sur la consommation d'électricité. Par ailleurs, d'autres estimations pour la France ainsi que les

Association de Défense du Patrimoine Nucléaire et du Climat (PNC-France)

73 rue du Château – Boulogne-Billancourt 92100

N° SIREN 893384362 – mail : contact@pnc-france.org

prévisions des pays étrangers plaident pour considérer une consommation de référence nettement supérieure, de l'ordre de 850 TWh. De plus, les puissances installées pilotables sont très insuffisantes dans les scénarios étudiés, d'autant plus qu'elles évoluent également très négativement dans les pays voisins. Ces capacités pilotables deviendront critiques quelles que soient les flexibilités qui seront envisagées.

Il est bien clair que faire une prévision à 30 ans de distance, soumise à un grand nombre de facteurs dont certains pourraient se révéler sous-estimés et d'autres surestimés et sont tous affectés de fortes incertitudes à cet horizon, est un exercice difficile. D'où l'importance de la réalisation de scénarios avec leurs variantes, comme entrepris par RTE. Mais un éventail des possibles suffisamment large doit alors être exploré, ce qui n'est pas le cas actuellement, avec une hypothèse de consommation beaucoup trop contrainte et limitée. Ignorer une consommation supérieure à l'hypothèse actuelle retenue par RTE rendrait l'étude prospective « Futurs énergétiques 2050 » incomplète et tronquée, faisant l'impasse sur une partie majeure de l'éventail des possibles.

Dans ce contexte, il serait incompréhensible que RTE en reste là et n'élabore pas un scénario complet sur la base d'une consommation nettement supérieure afin d'en établir les conséquences à la fois sur le système électrique et sa résilience, et sur les capacités industrielles nécessaires à mettre en œuvre pour satisfaire les besoins en moyens de production et d'infrastructures de réseau nettement plus conséquents.

Cela vaut bien sûr pour toutes les technologies envisagées, notamment pour les capacités nucléaires qui devraient aller nettement au-delà des 51 GW actuellement prévus, y compris dans l'hypothèse d'une contribution à la production supérieure à 50 %, se rapprochant des 70 % actuels. Les industriels du GIFEN, par la voix de leur représentante, viennent d'ailleurs de déclarer qu'ils sont prêts à s'investir et ont la capacité d'aller dans ce sens.

Sur le plan économique, il est bien sûr naturel de s'assurer que le niveau d'investissements à engager pour le déploiement d'équipements de production d'électricité est optimal par rapport aux besoins. Toutefois, nous vous alertons sur la fragilité des objectifs actuels de réduction des consommations d'énergie en France, qui justifie notre demande d'un scénario plus ambitieux pour l'électricité. Un tel scénario devra mettre au bon niveau la capacité de production d'électricité pilotable pour assurer la résilience de notre mix. Au cas –très improbable– où un tel scénario conduirait à engager une puissance pilotable excédentaire par rapport aux besoins constatés, la France se trouverait en position d'exportateur vers les pays européens qui seront très vraisemblablement en situation de pénurie. Il apporte de plus une garantie supplémentaire d'indépendance énergétique. C'est donc un investissement sans risque et sans regret.

Je reste à votre disposition, avec le collègue des experts de PNC-France, pour participer aux réflexions concernant la capacité nucléaire souhaitable, et vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes salutations distinguées.

Bernard Accoyer



Président de PNC-France

Annexe 1

L'absence de « stress tests » documentés relatifs à la résilience des installations éoliennes et photovoltaïques en cas de tempêtes majeures pose question

Les situations de manque de vent, notamment quand elles sont durables et peuvent durer jusqu'à deux semaines consécutives voire plus ou sont couplées à des périodes de froid, sont bien documentées dans le document RTE « Futurs énergétiques 2050 ».

Par contre, sauf erreur, le cas de vents extrêmes lors de tempêtes majeures par leur violence et leur étendue géographique n'est abordé ni dans le chapitre 7 « SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT » ni dans le chapitre 8 « CLIMAT ET SYSTÈME ÉLECTRIQUE ».

D'où l'interrogation : Le sujet a-t-il été étudié ? Si oui, quelles en sont les conclusions ?

Les éoliennes doivent être arrêtées pour des raisons de sécurité dès que le vent dépasse une certaine vitesse (raisons : risques de contact entre les pales, très souples, et le mât et risques d'emballlements incontrôlables destructeurs). Cette vitesse de mise en sécurité est certes passée d'environ 90 km/h pour les premières éoliennes terrestres à 100 voire 110/115 ou même un peu plus pour les éoliennes les plus récentes mais les plus anciennes n'ont pas été remises à niveau.

Mais le problème n'en est que repoussé face à des tempêtes violentes durant lesquelles les vitesses de vent atteignent 150, 160 et jusqu'à 190 voire 200 km/h et plus en rafales comme lors des tempêtes de décembre 1999, **Lothar** (26 décembre 1999) qui a balayé le Nord du pays sur une très vaste zone s'étendant de la Bretagne à l'Alsace et **Martin** (27 et 28 décembre 1999) qui a balayé tout le Sud-ouest de la France sur une zone moins étendue mais avec des rafales supérieures à 190 km/h sur les côtes atlantiques. Météo France a par ailleurs relevé 30 tempêtes moins importantes mais néanmoins qualifiées de majeures entre 1980 et 2017 (en 37 ans), ce qui n'en fait pas des événements rares.

Des tempêtes de ce type, à la fois porteuses de vents très violents et couvrant des régions très étendues, posent d'évidents problèmes car elles sont susceptibles de concerner simultanément un très grand nombre d'éoliennes, qui doivent alors être impérativement stoppées, puis redémarrées progressivement. Quant au photovoltaïque, sans même parler de la nuit, il ne produit rien non plus le jour sous les nuages sombres et sous les pluies intenses qui accompagnent les tempêtes...

Deux risques potentiels peuvent être envisagés à partir de ces conditions tempétueuses : un risque fonctionnel à très court terme concernant la stabilité du réseau lors du transitoire d'arrêt quasi-simultané d'un grand nombre d'éoliennes (et lors de leur redémarrage s'il est automatique), suivi d'un manque de production pendant un temps de plusieurs heures que peut durer la tempête et un risque structurel concernant la résistance mécanique des installations aux effets de vents très violents.

- **Le risque fonctionnel concernant la stabilité du réseau et le manque de production**

La mise à l'arrêt d'éoliennes lorsque le vent forçit dans une tempête étendue peut concerner un très grand nombre d'éoliennes de façon très rapprochée dans le temps, sinon quasi-simultanée. Cela crée un transitoire de perte de puissance très brutal qui peut en outre être très profond en puissance.

Au-delà de l'aspect transitoire, le passage d'une tempête peut durer plusieurs heures durant lesquelles les éoliennes ne pourront redémarrer. Le déficit de puissance n'est donc pas seulement transitoire et bref, mais durable à l'échelle de la journée et il concerne à la fois l'éolien et le photovoltaïque.

Il est dans les compétences de RTE de gérer ce type de transitoires et le manque de production qui s'ensuit, mais cela a-t-il été analysé pour en cerner toutes les conséquences en présence de parcs éoliens et photovoltaïques appelés à devenir très importants ?

- **Le risque de destruction physique d'éoliennes et de panneaux photovoltaïques**

Une éolienne (arrêtée) est calculée pour résister à des vitesses de vents bien supérieures à celle qui conduit à son arrêt fonctionnel. Mais jusqu'à une certaine limite. Laquelle ? Très peu d'informations publiques sont disponibles à ce sujet, mais tout semble indiquer que les éoliennes terrestres ne sont pas conçues pour résister, mâts compris, à des vents supérieurs à 180 km/h. Si c'est bien le cas, nombre d'entre-elles pourraient ne pas résister à des tempêtes telle que **Lothar** ou **Martin**. Pourtant, de telles tempêtes ont toutes chances de se reproduire, les études relatives au dérèglement climatique montrant que les tempêtes vont croître en intensité du fait d'une plus grande évaporation de l'eau consécutive à l'accroissement des températures.

Quant aux éoliennes en mer, on peut penser qu'elles sont calculées pour les vents océaniques les plus violents, mais là encore, ce sujet est très peu documenté.

Enfin, concernant les panneaux photovoltaïques, qu'ils soient installés en surimposition sur les toitures domestiques, sur les ombrières de parkings ou au sol, leur résistance aux vents violents a aussi des limites : les panneaux se comportent en effet comme des ailes d'avions pour les vitesses élevées de vent et leurs supports peuvent ne pas résister pour des vitesses de vent très élevées. Là encore, peu d'informations sont disponibles, mais on peut sérieusement douter de leur tenue à des vents de plus de 180 km/h...

En résumé, contrairement aux centrales hydrauliques ou nucléaires qui sont pratiquement insensibles aux vitesses de vent les plus extrêmes eu égard à de leurs structures en béton extrêmement résistantes (les points de fragilité tels que les ouvertures étant protégées et protégées par des barreaux anti-missiles), les éoliennes et les panneaux photovoltaïques apparaissent comme des moyens de production intrinsèquement fragiles face aux tempêtes de très forte intensité. Des tempêtes violentes pourraient donc conduire à des destructions physiques plus ou moins étendues de ces moyens de production, qui deviendraient alors indisponibles pour de longues durées (plusieurs mois voire quelques années ?).

- **Les conséquences à en tirer**

RTE a légitimement réalisé des « stress tests » relatifs à la tenue des installations de production pour tenir compte de différentes évolutions climatiques envisagées : grands chauds, grands froids (en diminution), sécheresses et étiages des fleuves et rivières qui en résultent, inondations, etc. mais les sujets ci-dessus ne font l'objet d'aucun « stress test » spécifique documenté dans le document RTE « Futurs énergétiques 2050 ». **Ont-ils été étudiés en termes d'analyse de risques ?**

Les tempêtes **Lothar** et **Martin** ont révélé les points faibles des pylônes des lignes THT et HT dont les ancrages au sol n'ont pas résisté dans un certain nombre de cas, ce qui a conduit à leur effondrement. Les leçons en ont été tirées et ont donné lieu à une campagne de renforcement systématique de ces ancrages. Rien de tel n'existe pour l'instant concernant un retour d'expérience réel suffisant pour juger de la résistance aux tempêtes des éoliennes et des installations photovoltaïques.

Mais cela peut être anticipé. En résumé, RTE s'est-il posé la question : **quelles seraient les conséquences fonctionnelles et structurelles des tempêtes Lothar et Martin, très bien documentées sous l'angle météorologique par Météo France, sur les parcs éoliens et photovoltaïques tels qu'ils sont dimensionnés dans les différents scénarios étudiés par RTE ?**

L'impact sur la production photovoltaïque des vents de poussières de sable en provenance du Sahara doit également être instruit

Ces vents de sable, ou plus exactement de poussières de sable soulevées par des vents forts sahariens et transportées à haute altitude jusqu'en Europe ne sont pas des phénomènes exceptionnels. Selon les météorologues, on peut les observer jusqu'à 4 à 5 fois par an certaines années, ils peuvent durer quelques jours et affectent préférentiellement la France en conditions hivernales, c'est-à-dire lorsque la production photovoltaïque est la plus faible.

Ces nuages de poussières qui se propagent à haute altitude ont deux effets négatifs sur les productions photovoltaïques :

* Ils diffusent une partie de la lumière reçue du soleil, ce qui réduit l'ensoleillement reçu au sol et par conséquent la puissance des panneaux photovoltaïques ;

* Leurs poussières finissent par retomber au sol, ce qui encrasse les panneaux photovoltaïques quand le temps est sec ou légèrement humide, jusqu'à la prochaine pluie qui les lavera. Cela diminue également la production des panneaux.

L'impact de ces épisodes sur les productions photovoltaïques est d'autant plus important que ces nuages couvrent de grandes superficies, phénomènes qui devraient croître avec le réchauffement climatique et les sécheresses. Parallèlement, les capacités installées photovoltaïques devraient beaucoup augmenter selon divers scénarios de l'étude RTE. Il ne sera plus possible de les ignorer.

L'étude de leurs conséquences sur le futur système électrique français s'impose donc, sachant que ces phénomènes font l'objet de recherches depuis plusieurs années, destinées à mieux caractériser leurs paramètres et mieux anticiper leur survenue (comme par exemple le projet MACC, mené dans le cadre du programme européen de surveillance de la Terre).



Annexe 2

Des hypothèses de consommation d'électricité en 2050 questionnables

Dans le chapitre 3 « CONSOMMATION » de l'étude « Futurs énergétiques 2050 », RTE écrit :

« L'analyse montre qu'une forte ambition sur l'efficacité énergétique est un trait partagé des stratégies nationales des États européens, et que le degré d'ambition de la France se situe dans le haut de la fourchette des cibles annoncées ».

Se donner des objectifs très ambitieux est louable, encore faut-il qu'ils aient une bonne probabilité d'être atteints. Or, l'AIE vient de rappeler à l'issue de la COP 26 que l'efficacité énergétique n'est pas sur la bonne trajectoire dans le monde et devrait atteindre 4 % par an d'ici 2030 pour respecter les objectifs retenus ! On en est très loin, y compris en France, la marche étant extrêmement haute et difficile à franchir, estimée par RTE à 200 TWh au moins d'ici 2050. Face à ce risque très élevé de non atteinte de l'objectif, il serait irresponsable d'en rester à la méthode Coué dans un domaine aussi vital que la disponibilité d'électricité en 2050, dans la mesure où elle constituera le vecteur énergétique ultra-dominant, dont dépendra de facto la vie du pays.

De plus, ce risque est accru par le fait, relevé par RTE, que **« l'un des traits distinctifs de la SNBC réside dans le pari d'une très forte croissance de la mobilisation de la biomasse pour la production d'énergie, qui serait multipliée par 2,5 par rapport à aujourd'hui »** et que **« cette perspective apparaît notablement plus élevée que les stratégies nationales des pays voisins ».**

Résumons : l'hypothèse de consommation d'électricité de référence de 645 TWh en 2050 dépend de la réussite de deux paris, dont chacun est à lui seul susceptible de remettre en cause les prévisions de consommation d'électricité en 2050, soit directement du fait d'une efficacité énergétique insuffisante, soit indirectement dans la mesure où une insuffisance de biomasse-énergie conduirait à devoir compenser ce manque par davantage d'électricité. On est donc face à deux risques de non atteinte d'objectifs très ambitieux qui cumulent leurs effets. Le risque global n'en est que plus élevé, pour ne pas dire quasi-certain.

Face à cette situation, les variantes à la hausse prévues par RTE sont-elles suffisantes ? L'hypothèse de réindustrialisation profonde et les trois variantes hautes étudiées par RTE sont rappelées ci-dessous avec leur écart à la consommation de référence de 645 TWh :

Hypothèse ou variante	Réindustrialisation profonde	Electrification rapide	Hydrogène +	Efficacité énergétique réduite
Consommation (TWh)	752	700	754	714
Ecart à 645 TWh	+ 107	+ 55	+ 109	+ 69

Les trois premières colonnes de ce tableau correspondent à des augmentations de consommation destinées à satisfaire des **besoins supplémentaires**, alors que la dernière colonne est le résultat d'une moindre efficacité énergétique, **hors besoins supplémentaires**. Par rapport à l'efficacité énergétique de référence, cette colonne traduit une baisse d'efficacité énergétique de l'ordre de $69/200 \approx 35\%$. Mais il n'est pas clairement dit par RTE si les hausses de besoins supplémentaires figurant dans les autres colonnes tiennent compte ou pas d'une

moindre efficacité énergétique. Ce ne semble pas être le cas et s'il en est bien ainsi, tous ces écarts peuvent alors de cumuler partiellement.

Une méthode approximative pour cumuler des valeurs non corrélées, qui ne peuvent de ce fait pas être additionnées arithmétiquement, peut consister à les additionner quadratiquement, ce qui conduit ici à un écart cumulé de l'ordre de 176 TWh et à une estimation de la consommation globale de l'ordre de $645 + 176 \approx 820$ TWh, valeur très proche de la moyenne d'autres estimations, notamment :

* Celles des Académies des Sciences ou des Technologies et d'autres organisations scientifiques qui anticipent des consommations situées entre 800 et 900 TWh avec une moyenne de l'ordre de 850 TWh, soit + 80 % environ par rapport à 2019. Ceci correspond à un taux de croissance moyen de 2 %/an environ entre 2019 et 2050 et non de 1 %/an selon la consommation de référence de 645 TWh retenue par RTE. C'est ce niveau de 2 % qui vient d'être proposé par le Président d'EDF lors de son audition par les sénateurs . On notera qu'une croissance moyenne somme toute modeste de 2 %/an de la consommation d'électricité pour faire face à la très difficile suppression totale des énergies fossiles qui représentent actuellement les deux tiers de la consommation énergétique du pays ne contrevient pas au simple bon sens...

* Les comparaisons internationales citées par RTE (Allemagne, Royaume-Uni, Italie, Espagne, ENTSO-E pour l'UE27) viennent conforter cet ordre de grandeur : compte tenu de la nécessaire production d'hydrogène en 2050, la plupart de ces projections se situent vers environ + 80 % d'augmentation, voire pour certaines au-delà de + 100 % (Royaume-Uni et UE27 notamment).

Pour quelles raisons objectives la France ferait-elle nettement mieux que tous ses voisins européens ? Ce d'autant plus que les prévisions françaises sont en partie basées sur des paris devant impérativement être gagnés (voir ci-dessus) et que par exemple un secteur très lourd comme l'habitat domestique et tertiaire postule l'atteinte de logements BBC en 2050, ce qui relève de l'illusion : les 20 à 30 % de bâtiments neufs construits depuis peu et d'ici 2050 atteindront certainement cet objectif, mais pas les 70 à 80 % de logements rénovés qui subsisteront et qu'il sera impossible d'amener au niveau BBC ou même pour la plupart d'entre eux seulement au niveau BBC rénovation, pour des raisons soit d'impossibilités physiques (en particulier dans tous les cas où il est impossible de les isoler par l'extérieur) soit de coûts exorbitants que les propriétaires ne pourront assumer car il faudrait restructurer profondément les bâtis. La façon la plus générale d'atteindre la neutralité carbone pour ces bâtiments sera alors d'utiliser davantage d'électricité décarbonée, les ressources en énergie fossiles étant limitées.

En conclusion, toutes les analyses convergent vers le fait qu'une consommation d'électricité de l'ordre de 850 TWh est beaucoup plus réaliste qu'une consommation de 650 TWh déterminée au plus juste.

Il serait incompréhensible dans ces conditions que RTE n'étudie pas un scénario complet basé sur une consommation de cet ordre afin d'élargir et compléter la connaissance de l'éventail des possibles.

Un tel scénario impliquera en outre une capacité nucléaire plus importante en 2050 pour rester à 50 % de production nucléaire et ce taux pourrait être augmenté, par exemple jusqu'au taux actuel de l'ordre de 70 %, afin d'en établir les conséquences à la fois sur le système électrique et sa résilience et sur les capacités industrielles nécessaires à mettre en œuvre pour y parvenir.

