



# CONVICTIONS YÉLÉ

2025-2030

#1

Mars 2024



[contact@yele.fr](mailto:contact@yele.fr)  
[www.yele.fr](http://www.yele.fr)

# CONVICTION #1 TRAJECTOIRES CONTRAINTES - L'EUROPE AU PIÈGE DU TEMPS

Nous pensons que l'atteinte de limites physiques nous contraint à un changement de paradigme plus large qu'une « simple » transition énergétique et écologique.

Aux niveaux national et européen, l'abondance énergétique est remise en cause et se combine avec des enjeux environnementaux pour générer des chocs plus fréquents et dommageables. Ces secousses nous poussent à transformer nos systèmes énergétiques à un niveau si fondamental que nos modes de vie et de production, et l'ordre géopolitique mondial issu de la seconde moitié du XXème siècle sont en mutation. Cette transition suit des voies largement incertaines – les options technologiques, politiques, et les jeux d'acteurs restant ouverts. En faisant la part des choses entre conjoncture et traits structurels, notre première conviction implique 5 autres impératifs clés qui vont influencer les choix d'orientation stratégiques, politiques, et économiques – à court et à long terme – ce sont nos 5 autres convictions sectorielles Yélé Consulting, à l'horizon 2025-2030. Comment les acteurs publics et privés peuvent-ils faire les bons choix de long terme sous une contrainte financière croissante, dans cet environnement complexe et incertain ?

## 1. Raretés

### 1.1. La crise énergétique achève de confirmer la fin de l'abondance énergétique en Europe

Le rude passage de l'hiver 2022-2023 symbolise pour l'Europe la fin d'une énergie bon marché et abondante, avec la crise de deux piliers majeurs des approvisionnements continentaux : les importations de gaz russe et le parc nucléaire français.

- **Pénurie gazière : en toile de fond des risques géopolitiques et de marché, un déclin physique des ressources**

Le "passage de l'hiver gazier" s'est fait sans coupure, mais cela ne doit pas masquer la contraction physique des approvisionnements, la flambée des prix sur les marchés de gros ayant rempli sa fonction de destruction de la demande. Et si la crise gazière a des causes géopolitiques évidentes, il ne faut pas oublier que la dépendance à la Russie s'était construite sur fond de déclin des ressources gazières européennes.

La relative détente des prix européens du gaz naturel en 2023 ne peut laisser espérer un retour à la situation de 2019. En substituant du GNL aux gazoducs russes, l'Europe s'attache à une nouvelle dépendance, car sa capacité à arbitrer entre pipelines et navires méthaniers est désormais réduite. Le GNL est un marché mondial, dominé par la demande asiatique, et la préférence européenne pour les bourses du gaz limite sa capacité d'engagement dans des contrats d'achat à long terme, qui ont la préférence des vendeurs<sup>1</sup>.

- **...et pénurie électrique ?**

En ce qui concerne l'électricité, la contreperformance historique du parc nucléaire français en 2022 est essentiellement imputable à des facteurs conjoncturels : contrecoup du COVID sur la maintenance et traitement du problème des "corrosions sous contrainte"<sup>2</sup>.

Cependant, le parc installé ne reviendra certainement pas à ses taux de charge historiques<sup>3</sup>, et le premier EPR français ne compensera pas en totalité la puissance perdue de Fessenheim.

Quant à l'EPR2, l'objectif d'une première mise en service en 2035 reste un pari sur le gigantesque chantier de remise à niveau de la filière et sur ses aléas. De surcroît, à cet horizon, les démarrages attendus n'auront pour effet que de compenser des fermetures de tranches, même dans une hypothèse de prolongation de la durée d'exploitation jusqu'à 60 ans.

<sup>1</sup> V. Dominique FINON, "L'Europe face aux incertitudes du développement des sources d'exportation de GNL", *La revue de l'Energie*, n° 667, juillet-août 2023.

<sup>2</sup> L'effet de l'arrêt de Fessenheim est nettement moindre.

<sup>3</sup> Entre 2005 et 2015 la production annuelle moyenne du parc nucléaire s'est établie à 415 TWh.

Il reste les énergies renouvelables, mais ces dernières posent le double défi du rythme d'investissement et de l'adaptation du système électrique à leur variabilité.

- **Impact croissant des prix de l'électricité sur les économies européennes ?**

Les prix de l'électricité vont prendre une importance croissante à mesure de l'électrification des usages, conditionnant de plus en plus fortement la compétitivité et le pouvoir d'achat. Réciproquement, le rythme d'adoption des véhicules électrique ou des pompes à chaleur électriques, ou encore les investissements d'électrification de procédés industriels vont dépendre des prix de l'électricité.

A cet égard, 2022 fut un mauvais signal pour la transition énergétique. Il est vrai qu'à moyen et long termes, les perspectives de hausse des coûts du système électrique restent modérées, sous réserve que le décalage attendu des consommations advienne.

Mais du côté des prix, le projet de market design récemment présenté par le gouvernement français montre une volonté de déconnecter le prix de vente du nucléaire de son coût de production. On comprend que ces prix devront intégrer une part de préfinancement du futur nucléaire<sup>4</sup> - la situation financière d'EDF ne permettant plus guère de recours à l'endettement.

## 1.2. La multiplication des signes tangibles d'atteinte de limites environnementales

- **La crise environnementale contraint de plus en plus durement nos modes de vie et de production et les systèmes énergétiques**

L'année 2023 s'annonce comme la plus chaude jamais mesurée pour la planète. Dans le même temps, le surgissement de conflits sur l'utilisation des ressources naturelles a connu une accélération inédite. Ces conflits montrent que la crise environnementale ne peut être réduite au climat, et que l'atteinte simultanée de plusieurs limites produit des effets systémiques.

Les sécheresses ont frappé durement la France et exacerbent le débat sur l'usage de l'eau, objet de conflits entre biodiversité, irrigation, industrie, tourisme, production hydroélectrique, refroidissement des réacteurs nucléaires... La gestion de l'eau va impliquer à l'avenir des arbitrages de plus en plus sensibles.

La disponibilité du foncier est devenue le nœud de multiples conflits. L'objectif de "zéro artificialisation nette" en 2050 (« ZAN »), fondamental pour la biodiversité, est déjà en tension avec d'autres politiques publiques ou stratégies d'acteurs : réindustrialisation<sup>5</sup>, logement... et énergie : l'accès au foncier est aujourd'hui le principal facteur limitant au déploiement des sources de production électrique renouvelables<sup>6</sup>, dont l'inconvénient majeur est d'être peu concentrées. Et, par ailleurs, la question du foncier est connectée à celle du "bouclage biomasse", autre nœud de rivalités entre usages concurrents (biométhane versus biocarburants, notamment pour l'aviation).

Les contraintes sur le foncier se combinent à la stagnation des rendements agricoles depuis les années 2000, conséquence d'un modèle d'agriculture intensive qui érode les sols. Cette situation ne pourra qu'exacerber la concurrence pour l'accès aux sols entre agriculture vivrière, énergie (production de biomasse) et autres usages.

<sup>4</sup> Une volonté qui vient de loin, comme l'attestent ces déclarations de Madame Pannier-Runacher à France Info le 1er mars 2023 : "Cela signifie que le gouvernement français et EDF travaillent ensemble pour déterminer les paramètres de financement pour les nouveaux réacteurs nucléaires, et que le prix de vente de l'énergie nucléaire sera un élément clé pour financer ces investissements." (Prononcé le 1er mars 2023 - Agnès Pannier-Runacher 03012023 prix electricite energie nucleaire edf | vie-publique.fr)

<sup>5</sup> Selon le rapport sur la mobilisation du foncier industriel remis cet été au gouvernement, l'impératif de réindustrialisation imposera de trouver 22.000 hectares à horizon 2030 ; et cela nécessitera certes des réhabilitations de friches et de la densification, mais aussi de l'artificialisation, à hauteur de 8.500 ha.

<sup>6</sup> Le concept d'agrovoltisme possède en apparence la vertu de résoudre les conflits d'usage en réconciliant agriculture et énergie. Mais la difficulté du législateur à préciser ce concept et les controverses persistantes qu'il suscite montrent que cela ne va pas de soi.

Les pressions sur la forêt (sécheresses, canicules, tempêtes, incendies, parasites et maladies, etc.) aggravent encore les tensions sur la biomasse. En outre, le Haut Conseil pour le Climat a lancé l'alerte, dans son rapport de juin 2022, sur la « dégradation significative de la capacité des forêts à capter du carbone ».

On pourrait poursuivre la liste des conflits d'usage ou des problèmes de rareté qui contraignent les trajectoires économiques et les modes de vie : éoliennes en mer versus activités de pêche, « arbitrage lithium », etc.

- **« Transition énergétique » : une approche à élargir ?**

La transition énergétique est une approche largement centrée sur le dérèglement climatique et son atténuation. Cette focalisation peut sembler paradoxale alors que les pressions sur la biodiversité, par exemple, génèrent des menaces plus actuelles et sont davantage à la portée d'une action locale.

Le modèle des limites planétaires nous rappelle que la crise de l'environnement comporte des dimensions multiples et imbriquées. Cette approche semble commencer à faire son chemin dans les politiques publiques, comme l'illustre la création du Secrétariat général à la planification écologique.

A l'échelle des entreprises, le bilan carbone et les plans de réduction des émissions restent une discipline nécessaire ; mais l'action doit porter sur une empreinte environnementale plus large que les seules émissions de gaz à effet de serre.

### **1.3. La disponibilité d'une force de travail qualifiée est une contrainte supplémentaire sur notre capacité de réaction**

Les limites liées à la disponibilité de la force de travail contraignant notre capacité de réaction à ces différents défis.

Le sujet n'est pas nouveau – on sait par exemple que le chantier de la rénovation énergétique des bâtiments en pâtit depuis des années. Il constitue aujourd'hui un défi majeur pour la reconstruction de la filière nucléaire et, au-delà, pour la réindustrialisation, avec des effets déjà sensibles dans certains bassins d'activité, comme les Hauts-de-France<sup>7</sup>.

## **2. Complexités, incertitudes**

### **2.1. Dissonances européennes et « mondialisation contrariée »**

- **Quel modèle européen faire émerger, à l'épreuve de la crise énergétique ?**

La crise énergétique a souligné la difficulté d'unifier les Etats Membres de l'Union européenne en matière de politiques communes – l'élaboration du plan RePowerEU en a été une nouvelle illustration.

Les tensions avec la Russie rudoient durablement le modèle allemand de transition énergétique. L'accélération vers un système [énergies renouvelables + hydrogène] est un pari, compte tenu des coûts, des défis industriels et des aléas technologiques qu'implique cette transition : investissements dans les réseaux et la production, édification d'une filière hydrogène reposant en grande partie sur des importations.

Dans le domaine de l'hydrogène, la stratégie française est d'abord centrée sur la décarbonation de l'industrie dans quelques « clusters ». Mais on devine que le pays ne pourra pas rester éternellement en retrait d'un futur système hydrogène européen impulsé par une Allemagne extrêmement active sur la scène européenne et mondiale ; dans ce domaine il faudra à la fois se positionner sur les routes internationales et valoriser la capacité de génération électrique française, sous peine de perdre des opportunités économiques.

Par ailleurs, l'UE est devenue une arène où la France défend son choix de relancer la filière nucléaire, mais

<sup>7</sup> Cette région s'apprête à accueillir l'arrivée de trois gigafactories pour la production de batteries, les projets du Canal Seine-Nord et la construction de deux réacteurs EPR à Gravelines...

doit, pour cela, multiplier les fronts d'opposition avec la Commission européenne et avec l'Allemagne : inclusion du nucléaire dans la taxonomie européenne, définition de l'hydrogène vert, réforme du market design de l'électricité, etc. La toile de fond de cette opposition est le choc de compétitivité subi par l'industrie allemande, notamment vis-à-vis la France. Pourtant, l'Allemagne gagnera à adosser la délicate transition de son système énergétique à la capacité d'exportation et à la flexibilité du parc nucléaire français.

- **Technologies de la transition énergétique : l'Europe prise en étau entre la Chine et les Etats-Unis ?**

L'Europe peine à s'unir sous un modèle commun de transition alors même que la maîtrise des technologies « propres » est au cœur du jeu géopolitique mondial. L'IRA américain – Inflation Reduction Act – peut se lire comme une réponse à la politique chinoise de soutien massif à ces industries. Face au risque de décrochage technologique et industriel, la réaction européenne a pris la forme du règlement « Net Zero Industry Act ».

L'IRA américain pose un risque direct de délocalisation des industries européennes, particulièrement dans un contexte de renchérissement du coût de l'énergie sur le Vieux Continent. Quant à la concurrence chinoise, l'enjeu pour l'Europe est de ne pas répéter l'échec qu'a constitué l'éradication des usines européennes des panneaux photovoltaïques. Il faut par exemple réussir le décollage de l'industrie des batteries et protéger les positions européennes existantes, comme dans la production d'éoliennes.

## **2.2. L'adossement de la transition énergétique à un système électrique de plus en plus complexe**

- **L'électricité, vecteur essentiel de la transition énergétique et système à la complexité croissante**

Depuis les années 2000, les complexités techniques du système électrique, liées notamment à son caractère difficilement stockable et au passage à des modes de production et de consommation plus distribués, se sont combinées avec celles de l'ouverture à la concurrence et de la financiarisation.

La transition en cours va amplifier cette propension à la complexité : pénétration croissante des énergies renouvelables décentralisées et intermittentes, nouveaux usages (recharge des véhicules électriques, par exemple), exploitation accrue des flexibilités de la demande pour répondre à ces enjeux, connexions entre les systèmes électrique et gazier via l'hydrogène. Et les marchés devront aussi être adaptés à ce contexte : poursuite de l'intégration transnationale, participation d'acteurs plus nombreux et divers (agrégateurs, opérateurs d'effacement, stockage), développement de nouveaux modèles d'affaires, raccourcissement des horizons temporels.

- **L'avenir du marché de l'électricité est aujourd'hui en question**

A long terme, la part croissante des moyens de production à coût variable faible ou nul (nucléaire et renouvelables) questionne le mécanisme de formation des prix sur les bourses de l'électricité - le fameux merit order, c'est à dire le classement des moyens de production en fonction de leur coût variable.

D'ores et déjà, l'essor des énergies renouvelables accroît la volatilité des prix, modifie le paysage des risques et appelle une adaptation des stratégies de couverture. A cet égard, la réforme européenne du market design marque un tournant. Le modèle historique de la libéralisation était fondé sur les marchés de gros de l'énergie et proscrivait les contrats de long terme (malgré les brèches ouvertes par le soutien au renouvelable). Désormais les instruments comme les CfD et les PPA – c'est-à-dire les contrats-for-difference et les power purchase agreements – sont admis comme des moyens de faire face à la volatilité des marchés pour les producteurs et les acheteurs. Cette évolution renouvelle le champ des stratégies d'approvisionnement et de commercialisation.

- **La numérisation : entre solution à la complexité et « effet rebond »**

Le système électrique se marie idéalement aux technologies numériques, car il peut être équipé en réseaux de télécommunication, compteurs et objets connectés. Cette digitalisation est le soubassement technique de sa complexification. Des flux de données massifs sont indispensables à la coordination des acteurs, aux transactions économiques et au pilotage des réseaux.

La numérisation du système électrique apporte des solutions techniques à sa complexification, mais elle est certainement porteuse d'un « effet rebond », le potentiel ouvert par ces technologies poussant aussi au développement de solutions complexes.

## **2.3. Les politiques publiques associées à la transition énergétique : une complexité galopante**

A côté des trois leviers classiques que sont les taxes, les subventions et la réglementation, l'Union européenne et les Etats membres continuent de développer une véritable ingénierie des instruments de politiques publiques, reposant souvent sur des mécanismes de marché : quota de CO2, garanties de capacité, garanties d'origine, Certificats d'Economie d'Energie, etc.

Ces instruments multiplient et complexifient les modèles d'affaires et peuvent être des facteurs de risques et d'incertitudes. Leur foisonnement peut aussi entraîner une perte de lisibilité des politiques publiques (exemple : lisibilité de la valeur du carbone sous-jacente aux différents mécanismes, appréciation des impacts sur la concurrence entre énergies...).

# **3. Sobriété, circularité, gestion de l'incertain**

## **3.1. La prise en compte des limites physiques : sobriété et hiérarchisation des usages**

Tout exercice de prospective globale sur la transition environnementale doit passer le test de validation du bouclage physique – une règle méthodologique que nous rappelle le monde réel à travers la multiplication des conflits d'usage. Cette approche conduit à la prise de conscience d'une double nécessité : la hiérarchisation des usages et la sobriété.

Par exemple, la prise en compte des limites physiques montre qu'il sera impossible de décarboner l'aviation sans réduire substantiellement le trafic, quelles que soient les promesses technologiques des carburants « propres ». Et les limites sur la disponibilité de biocarburants ou d'e-fuels nous invitent à hiérarchiser les usages de ces ressources.

- **Une sobriété à conquérir**

La mise en œuvre de la sobriété peut passer par des solutions techniques, comme l'isolation des bâtiments. Mais ces solutions peuvent buter sur leurs propres limites physiques (comme un manque de main d'œuvre qualifiée, etc.).

La voie vers la sobriété peut être pavée de difficultés. Vouloir réduire la mobilité, par exemple, c'est questionner une géographie façonnée inexorablement par la métropolisation et la désindustrialisation, où l'automobile n'est pas facilement remplaçable – un défi redoutable pour les politiques publiques.

Les entreprises vont être de plus en plus astreintes à la mesure de leur empreinte environnementale. Au-delà des obligations traditionnelles du droit de l'environnement (installations classées...), elles devront adopter des approches comme le bilan carbone ou l'analyse du cycle de vie, c'est-à-dire des représentations physiques complètes de leur chaîne de valeur énergétique, productive et logistique.

- **Circularisation**

Cet exercice va de pair avec l'analyse de leurs dépendances à des ressources critiques et des risques associés. La gestion de ces risques passera par les principes de l'économie circulaire.

Au-delà des matières premières ou des produits manufacturés, les principes de circularité doivent s'appliquer à la gestion de l'eau et au foncier. La reconversion des friches industrielles, la rénovation ou la reconversion des bâtiments, la réutilisation du foncier artificialisé (par exemple, pour des panneaux photovoltaïques) doivent devenir des voies prioritaires, même si elles sont aujourd'hui plus onéreuses qu'un système reposant sur l'artificialisation de terres agricoles et l'industrialisation des constructions neuves.

Cette approche nécessitera de l'emploi qualifié : architectes, réparateurs, etc., des compétences en partie effacées aujourd'hui par les méthodes de production industrielles.

### 3.2. Décider sous contrainte physique dans un environnement de risque et d'incertitude radicaux

L'environnement des entreprises imbrique les systèmes physiques, numériques et sociaux, chaque sphère étant porteuse d'incertitudes fortes et interagissant avec les autres. Il n'est plus possible d'appréhender le risque par des lois normales. La géopolitique ou le climat, avec ses phénomènes non-linéaires, ses boucles de rétroaction, ses effets de seuil et ses risques d'emballement en offrent de bons exemples.

Des outils de modélisation nouveaux sont à déployer pour appréhender les risques de cet environnement.

Pour prendre des décisions d'investissement engageantes à long terme ou pour piloter l'innovation en minimisant les coûts échoués, la « dépendance au sentier » et les effets de verrou, les approches coopératives peuvent permettre de mutualiser les coûts et les risques – l'open innovation se présente ainsi comme une approche adaptée à ce monde incertain.

**Fabrice CRESTE**  
Manager chez Yélé Consulting



*Innovons pour une performance durable !*

YÉLÉ CONSULTING  
+33 (0)1 89 40 25 50  
5 esplanade Charles de Gaulle  
92000 NANTERRE

[contact@yele.fr](mailto:contact@yele.fr)

[WWW.YELE.FR](http://WWW.YELE.FR)

