

**Sous la direction de
Philippe Charlez**

**La transition
énergétique
est-elle soutenable**



**Défis des Accords de Paris
& du Pacte Vert Européen**



INSTITUT
POUR QUE L'AVENIR AIT BESOIN DE NOUS
SAPIENS

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Toute représentation, reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'éditeur, des auteurs ou de ses ayants cause est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal. Par ailleurs, la loi du 11 mars 1957 interdit formellement les copies ou les reproductions destinées à une utilisation collective.

Edité par l'Institut Sapiens - Janvier 2024

ISBN 9798876034106

Avant-propos



2023 aura été l'année la plus chaude depuis l'ère préindustrielle. Elle aura aussi battu les records de consommation de charbon, de pétrole et de gaz.

Au début du siècle, les énergies fossiles représentaient 87% du mix énergétique mondial ; en 2022 elles comptaient toujours pour 82%. Ces énergies fossiles à qui nous devons près de deux siècles d'incroyable développement économique et humain sont-elles devenues notre malédiction ?

Huit ans après les Accords de Paris, l'Humanité persiste dans sa schizophrénie climatique. Nous connaissons le danger, nous avons parfaitement identifié les causes et les conséquences du réchauffement que nous provoquons, mais nous restons fidèles aux fossiles. Il suffit que le prix de l'essence augmente de dix centimes pour que les Gilets Jaunes descendent dans la rue et qu'en réponse, l'Etat accorde en un clic cent milliards de subventions. A qui la faute ?

Contrairement aux explications naïves de certains pointant du doigt la seule responsabilité de quelques lobbies industriels, le blocage est hélas bien plus profond. S'il suffisait de vaincre la mauvaise volonté de ceux qui profitent financièrement, pays comme entreprises, de l'immense manne qu'apportent les fossiles, la solution serait presque facile. Mais le problème n'est pas là. Il réside dans la forte corrélation entre énergie en général, énergies fossiles en particulier et développement humain auquel les hommes tiennent légitimement au plus haut point.

Le citoyen OCDE est prêt à s'impliquer pour climat, mais sans renoncer à son niveau de vie. Le citoyen des pays émergents est prêt à s'impliquer pour le climat, mais souhaite d'abord accroître son niveau de vie. Notre problème n'est pas seulement de baisser nos émissions : nous devons le faire sans sacrifier le développement humain. Et là est la quadrature du cercle !

A l'horizon des élections européennes de juin 2024, l'Observatoire énergie, climat de l'Institut Sapiens fait le point sur les Accords de Paris et Le Pacte Vert européen. Avec pragmatisme, il en relève certaines incohérences et propose des pistes correctives permettant de décarboner l'économie tout en préservant ce développement humain chèrement acquis depuis deux siècles.

Olivier Babeau

Président de l'Institut Sapiens

Contributeurs



Philippe Charlez est ingénieur des Mines de l'École Polytechnique de Mons (Belgique) et Docteur en Physique de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Expert internationalement reconnu en énergie, il est l'auteur de nombreux ouvrages sur la transition énergétique. Philippe Charlez enseigne à Dauphine, Mines Paris Tech. Il est éditorialiste régulier pour Valeurs Actuelles, Le Figaro et Atlantico. Il est Directeur de l'Observatoire « Energie Climat » de l'Institut Sapiens



Diplômé de l'École Centrale de Lyon en 1976, et de l'IAE en 1983, **François Henimann** a réalisé l'essentiel de sa carrière dans les groupes EDF et Gaz de France comme manager d'entités opérationnelles, responsable ressources humaines, développeur et administrateur des filiales de GDF en Hongrie, puis Directeur Départemental et Directeur National pour l'expertise réseaux d'électricité et raccordement au réseau ENEDIS. Consultant indépendant dans le domaine de l'énergie, il est membre de l'Observatoire « Energie, Climat » de l'Institut Sapiens.



Pierre Coindreau est ingénieur Civil des Ponts et Chaussées. Il détient un MS de l'Université de Stanford et un MBA de l'INSEAD. Il a réalisé sa carrière en partie dans la construction puis dans le secteur financier. Spécialisé dans le financement privé des infrastructures publiques, il est un pionnier des Partenariats Public Privés (PPP) en France. Il a aussi été Associé au cabinet PwC, conseiller auprès de l'European PPP Expertise Center et membre du comité d'investissement Meridiam. Il est membre de l'Observatoire « Energie, Climat » de l'Institut Sapiens.



Diplômé de l'école Polytechnique de Lille, **Vincent Houart** bénéficie d'une expérience de plus de 20 ans dans l'ingénierie dont 10 ans dans le nucléaire à l'International. Très actif dans le domaine de l'énergie, il intervient régulièrement sur les réseaux sociaux, dans des conférences ou dans les médias pour expliquer et promouvoir l'énergie nucléaire. Il est membre de l'observatoire « Energie, Climat » de l'Institut Sapiens.

Table des matières

Avant-propos	3
Résumé à l'intention des décideurs	7
1. Sur le réchauffement climatique et les positionnements	21
Un consensus scientifique mais de fortes incertitudes	21
La confusion entre climat et météo	22
Conséquences sociétales et économiques	23
Les différents positionnements climatiques	24
2. Sur la comptabilisation des émissions de GES	29
Emissions directes et indirectes	29
Emissions territoriales et émission d'importation	29
La comptabilité du World Inequality Lab	30
Les émissions passées	31
Le méthane l'autre grand ennemi du climat	31
3. Sur la stratégie mondiale et les Accords de Paris	34
Assurer la poursuite du développement humain	34
Une équation démographique impossible	35
Le retour à un monde mutipolaire	38
4. Sur l'atténuation du réchauffement climatique	41
Optimiser la consommation d'énergie	43
Electrifier les usages	47
Produire un maximum d'électricité décarbonée	50
Développer les SMR. Relancer le nucléaire de 4 ^{ème} génération	54
Quel rôle pour la biomasse et la cogénération ?	56
Reliquat d'émissions et compensation	59
5. Sur l'adaptation au réchauffement climatique	60
Mesures préventives : exemple de l'agriculture	61
Mesures réactives : exemple des feux de forêt	61
L'accès à l'eau	63
Le cancer de l'artificialisation des sols	64

6. Sur le système électrique européen	66
Ordre du mérite, monopole et marché	66
La surenchère des sources renouvelables	68
L'ARENH : un système hybride aux impossibles paradoxes	68
Sortir du système électrique européen ?	69
Subventionner le gaz	69
Les contrats bidirectionnels par différence (ou CfD)	70
Les contrats d'achat long terme (CLT)	73
7. Sur la stratégie européenne : le Pacte Vert	74
De l'espoir à la déception	74
L'obsession des agendas inversés	75
Le Pacte Vert européen	76
Le Pacte Vert est-il réaliste ?	76
Le Pacte Vert est-il juste ?	77
Le Pacte Vert est-il soutenable ?	78
Le Pacte Vert est-il utile ?	80
Le rôle équivoque de l'Allemagne	81
Europe et tentation décroissantiste	82
8. Sur le lancement de projets alternatifs	84
Sécuriser les approvisionnements gaziers européens	84
Relancer l'activité minière	86
Accélérer la production des réacteurs nucléaires	88
Propulser massivement les petits réacteurs modulaires	89
Annexe – Sur le fonctionnement du GIEC	91
Références	92
Liste des acronymes	102

Résumé à l'intention des décideurs

1. Sur le réchauffement climatique et les différents positionnements

1.1 Depuis la fin de l'ère préindustrielle la température du globe a augmenté de 1,2°C. Durant la même période la teneur en CO₂ dans l'atmosphère s'est accrue de 50%. Cet accroissement est lié à la combustion des énergies fossiles (70%), à l'agriculture (20%) et à la déforestation (10%).

1.2 Même si le climat a toujours varié de façon significative en dehors de toute influence humaine, aucun phénomène naturel n'explique un réchauffement aussi intense et aussi rapide. S'il existe un consensus scientifique qualitatif sur l'origine principalement anthropique du réchauffement, il subsiste de fortes incertitudes quantitatives sur les températures futures.

1.3 Bien que climat et météo soient deux sciences distinctes, le réchauffement climatique influe sur la fréquence et l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes. L'incertitude sur les températures (niveau 1) rend encore plus incertaines les conséquences météorologiques et environnementales¹ (niveau 2).

1.4 Le réchauffement climatique aura dans le futur des impacts environnementaux, sociétaux et économiques majeurs. L'incertitude sur les températures (niveau 1) et sur les conséquences météo (niveau 2) rendent encore plus incertaines les conséquences environnementales, sociétales et économiques (niveau 3).

1.5 Si l'humanité se défend beaucoup mieux aujourd'hui face aux aléas météorologiques et climatiques extrêmes, le niveau de développement reste le meilleur atout pour s'en protéger.

1.6 Sans nécessairement nier son existence, les climato-sceptiques considèrent le réchauffement comme faiblement lié aux activités humaines. Les 37% des Français climato-sceptiques sont principalement issus des classes populaires. Plus on se déplace à droite sur l'échiquier politique plus la proportion de climato-sceptiques est importante.

1.7 A l'autre extrême, les climato-catastrophistes considèrent le réchauffement climatique comme une menace à l'existence de l'espèce humaine. La société de croissance reposant sur la consommation d'énergies fossiles en serait la cause première.

1 Fonte des glaces et montée du niveau des océans

La solution se trouverait donc dans un changement radical de société allégeant l’empreinte écologique via une réduction drastique de la production et de la consommation. Plus on se déplace à gauche sur l’échiquier politique plus la proportion de climato-catastrophistes est importante.

Positionnement : l’Institut Sapiens adhère sans réserve au consensus scientifique sur la réalité d’un réchauffement d’origine anthropique mais s’oppose aux thèses climato-catastrophistes sources d’éco-anxiété et de perte de foi en l’avenir chez les jeunes générations. Les incertitudes quantitatives ne justifient pas un changement radical de société qui conduirait à une paupérisation générale dont les plus démunis seraient les premières victimes. Pour l’Institut Sapiens la création de richesses reste un préalable permettant de conjuguer développement humain et lutte contre le réchauffement. Pour ce faire, nous préconisons de lutter efficacement contre la surconsommation et les gaspillages énergétiques tout en préservant une croissance soutenable associée à des mesures pertinentes d’atténuation et d’adaptation. C’est sur cette approche bénéfico-risque et non sur un discours anxiogène d’urgence climatique absolue s’abritant derrière le principe de précaution que doivent reposer les futures politiques publiques.

2. Sur la comptabilisation des émissions de GES

2.1 Les émissions des entreprises sont classées en émissions directes liées à la production de leurs produits et indirectes liées à leur consommation. On retrouve une classification similaire au niveau des pays entre émissions territoriales et extraterritoriales d’importations (empreinte carbone). Un Français émet annuellement 6 tco₂ territoriales et 3 tco₂ extra territoriales.

2.2 La méthode du World Inequality Lab (WIL) ajoute aux émissions territoriales et extra territoriales des émissions financières liées à la détention d’actifs. En procédant de la sorte le WIL démontre que les 10% les plus riches sont responsables de 50% des émissions mondiales et que les 1% les plus riches émettent davantage que la moitié la plus pauvre. Dans cette méthodologie, 70 % des émissions des plus riches sont des émissions d’actifs.

2.3 Une troisième méthodologie consiste à considérer les émissions cumulées depuis la révolution industrielle. Cette méthode accentue la responsabilité émissive des pays du Nord et justifie d'une dette climatique vis-à-vis de pays du Sud.

Positionnement : l'Institut Sapiens rejette la comptabilisation du WIL et adhère à la seule comptabilisation des émissions territoriales. Bien que reprises par des organismes internationaux comme le GIEC ou l'AIE, les autres méthodes entraînent de facto le risque d'une double, voire d'une triple comptabilisation. Libre toutefois aux pays qui le souhaitent de publier les chiffres des émissions d'importations.

3. Sur la stratégie mondiale et les Accords de Paris

3.1 Depuis le début du siècle, la consommation mondiale d'énergie s'est accrue de 52 % tandis que les émissions de GES augmentaient de 42 %. Quant à la part des énergies fossiles elle est passée de 86% en 2000 à 82% en 2022.

3.2 Si depuis les années 2010, le taux d'accroissement des GES s'est ralenti, les Accords de Paris n'ont eu qu'un faible impact. Il s'est exclusivement limité aux pays de l'OCDE.

3.3 Les pays émergents représentaient en 2022 84% de la population mondiale, 61% de la consommation d'énergie, 82% de la consommation de charbon, 54% de la consommation de pétrole et 67% des émissions. C'est donc essentiellement sur eux que reposera la transition énergétique.

3.4 En poursuivant les politiques engagées, les émergents représenteront en 2050 87% de la population mondiale, 78% de la consommation d'énergie et 90% des émissions de GES. Cette trajectoire conduit à un réchauffement moyen de 2,7° à l'horizon 2100.

3.5 Une décarbonation très rapide des pays de l'OCDE ne modifie la situation qu'à la marge. Seule une décarbonation très rapide des émergents permettrait de se rapprocher des Accords de Paris (+1,5°C). Ce scénario nécessiterait un transfert massif de 2500 G\$/an OCDE vers émergents. Ce cas de figure n'a qu'une très faible probabilité de se réaliser.

3.6 Le retour à une logique de blocs Etats-Unis/Union Européenne/BRICS invalide un modèle imaginé dans le monde multilatéraliste post guerre froide. Dans ce nouveau monde, l'équation climato-énergétique devient pratiquement insoluble d'autant que pour les émergents, le développement humain reste la priorité par rapport à la lutte contre le réchauffement.

Positionnement : résultant d'un cocktail complexe entremêlant Culture, Economie, Géographie et Histoire, la transition ne se fera pas au sein d'un melting pot indifférencié. L'ONU n'ayant aucun pouvoir juridique sur les Etats, les Accords de Paris ont pris la forme d'un contrat-cadre sans annexes contraignantes que chacun interprète selon ses propres intérêts et son propre agenda. L'Institut Sapiens considère que les Accords de Paris sont aujourd'hui inatteignables, démoralisent les forces vives et bloquent nombre d'actions positives. Il juge pertinent de revoir ces Accords de façon plus contraignante mais temporellement moins ambitieuse prenant en compte l'évolution de la géopolitique mondiale vers une logique de blocs. L'échéance de neutralité carbone 2050 n'est plus tenable ni par les pays de l'OCDE ni par les pays émergents. Compte tenu de la trajectoire la plus probable (2,7°), l'adaptation doit revêtir le même degré de priorité que l'atténuation.

4. Sur l'atténuation au réchauffement climatique

4.1 Reposant sur la réduction des combustibles fossiles, l'atténuation comporte deux leviers : baisse de la consommation d'énergie et décarbonation du mix énergétique.

4.2 Si les pays OCDE ont déjà fait de gros efforts pour réduire leur consommation d'énergie, il y subsiste des marges significatives d'optimisation dans le bâti, les transports et l'industrie. Les leviers de réduction sont technologiques (amélioration de l'efficacité énergétique) et comportementaux (optimisation choisie et non sobriété imposée).

4.3 La décarbonation repose principalement sur une électrification des usages. Les usages non électrifiables (chaleur) seront décarbonés via la biomasse, les réseaux de chaleur et possiblement les microréacteurs nucléaires.

4.4 Dans le bâti (résidentiel + tertiaire), l'isolation thermique et la réduction du TOE² sont les principaux leviers de réduction. Une isolation trop poussée des passoires énergétiques peut toutefois rapidement conduire à une aberration économique. Surtout efficace dans les régions chaudes et pour les chauffages au sol, la pompe à chaleur n'est pas universelle. Son efficacité peut être améliorée grâce au géo-stockage surtout applicable dans le tertiaire. Les chaudières biomasse et/ou les réseaux de chaleur sont les alternatives.

4.5 Dans les transports, l'optimisation reposera sur le déplacement du routier vers le ferroviaire et sur de profonds changements de comportement (télétravail, ubérisation du covoiturage, transports en commun). Le véhicule électrique étant surtout adapté pour les courtes distances et les faibles puissances, les bornes électriques se concentreront en priorité dans les métropoles, régions périurbaines et campagnes. Pour les longues distances et les fortes puissances (camions, bateaux, avions), l'hydrogène bas carbone, les biocarburants, le bioGNV et les carburants de synthèse sont les alternatives décarbonées.

4.6 Bien que l'industrie soit de loin l'usage le plus avancé, il y reste d'importants gisements d'optimisation grâce au digital, l'économie circulaire et le localisme intelligent. Si l'électrification des filières énergétivores (i.e. sidérurgie et ciment) s'avère possible grâce au four à arc électrique, la décarbonation de certains procédés reste un défi technologique qu'il sera possible de relever par un usage prioritaire de l'hydrogène bas carbone.

Positionnement : la consommation d'énergie ne doit pas être réduite sous contrainte économique mais optimisée en rendant possible une croissance soutenable conjuguée à une réindustrialisation du pays. 1% de croissance par an devrait permettre à la France de réduire sa consommation d'énergie finale de 25% (cible de 1200 TWh) à l'horizon 2050. L'objectif RTE (-40% voire -45% dans la nouvelle stratégie) apparaît en revanche incompatible avec une croissance post 2040 et une réindustrialisation du pays. Cette cible ne doit pas être un totem, l'objectif premier étant la réduction de l'intensité énergétique³ et non la consommation d'énergie finale.

2 Le Taux d'Occupation Énergétique mesure l'énergie consommée dans un bâtiment rapportée à la consommation théorique pour une occupation à 100%. Un important écart entre l'occupation énergétique et l'occupation physique est un signe de gaspillage.

3 L'intensité énergétique est égale au rapport de l'énergie consommée par un pays à son PIB. Elle s'exprime en kWh/€.

Dans le bâti nous encourageons une baisse rapide et massive du TOE dans le tertiaire et une isolation pertinente des passoires énergétiques en D. Pour améliorer les performances des Pompes à Chaleur nous encourageons le géo-stockage dans le tertiaire.

En matière de mobilité, nous remettons en cause l'objectif européen d'interdiction de la construction de voitures thermiques neuves après 2035. La mobilité électrique étant loin d'être universelle, la voiture thermique doit être pérennisée au profit des biocarburants et des carburants synthétiques tant qu'une solution hybride électricité/hydrogène n'a pas émergé. Complètement négligée par l'UE, la réduction de la consommation des voitures thermiques doit rester un objectif majeur et leur construction prolongée au-delà de 2035. Si réindustrialiser l'Europe est louable, cela ne sera pas sans effet sur la consommation d'énergie et les émissions. Aussi faut-il éviter d'associer systématiquement réindustrialisation et décarbonation. Pour bénéficier de chaleur fatale gratuite, nous encourageons la création de pôles industriels en proximité des centrales nucléaires.

Nos hypothèses nous conduisent à un mix énergétique final 2050 2/3 électrique (800 TWh) 1/3 chaleur (400 TWh). Nos hypothèses plus conservatrices (pour l'éolien marin et le solaire) que celles de RTE ne produisent que 600 TWh d'électricité décarbonée soit un déficit de 200 TWh par rapport aux 800 TWh attendus. En théorie, ce déficit pourrait être satisfait par du nucléaire additionnel (EPR ou SMR) ou par une prolongation à 80 ans des réacteurs actuels. Toutefois, la présence significative de gaz naturel dans le mix électrique reste fortement probable et renvoie la décarbonation totale bien au-delà de 2050. Les 400 TWh de chaleur seront principalement couverts par de la biomasse (solide/liquide/gazeuse) et des réseaux de chaleur issus de la cogénération nucléaire mais un complément de gaz naturel n'est pas à exclure.

Le gaz naturel représentera la **variable d'ajustement** du mix énergétique futur. Aussi sommes-nous opposés à l'arrêt des investissements dans les énergies fossiles à court/moyen terme. En découleraient un assèchement de l'offre, des prix incontrôlés, une situation sociale explosive et des conséquences géopolitiques imprévisibles. Composé essentiellement de gaz naturel, le reliquat fossile 2050 sera compensé en réinjectant part ou totalité du CO₂ résiduel dans le sous-sol.

5. Sur l'adaptation au réchauffement climatique

5.1 Contrairement à l'atténuation qui devrait être mondiale, l'adaptation est territoriale même si une mutualisation des moyens d'intervention peut avoir un intérêt régional. Sa mise en œuvre est donc techniquement et politiquement beaucoup plus simple.

5.2 Notre capacité d'adaptation aux événements météorologiques extrêmes s'est fortement améliorée en un demi-siècle. Si en absolu les dégâts climatiques se sont modérément accrus, le nombre de victimes s'est réduit de façon substantielle.

5.3 Les dégâts matériels sont principalement liés aux inondations et aux tempêtes, les victimes humaines aux sécheresses et aux vagues de chaleur.

5.4 S'adapter requiert des mesures préventives optimisant aménagement du territoire et gestion des ressources et des mesures réactives en cas de crise majeure.

5.5 L'agriculture demande une adaptation territoriale des cultures et un changement des habitudes alimentaires de la population.

5.6 Les feux de forêt se combattent en conjuguant prévention, détection précoce et intervention rapide. Cette politique efficace a permis une baisse significative du nombre de feux ainsi qu'une diminution spectaculaire des surfaces totales brûlées.

5.7 Le réchauffement climatique engendrera une baisse significative des nappes phréatiques, du débit des cours d'eau et engendrera des débits d'étiages plus sévères, plus longs et plus précoces. Le stress hydrique et les conflits d'usages devraient se multiplier d'autant que la volonté de réindustrialiser augmentera significativement la demande en eau.

5.8 L'artificialisation des sols empêchant l'eau de percoler joue un rôle négatif majeur en cas d'inondation. Mais surtout, parallèlement à d'autres activités humaines dégageant de la chaleur (transports, chauffage, climatisation), elle représente un facteur prépondérant à la création d'ilots de chaleur dans les grandes métropoles. Enfin, éliminant tout bio-absorbeur de CO₂ l'artificialisation des sols est aussi un contributeur méconnu mais important aux émissions de GES dans la mesure où, contrairement aux espaces verts elle empêche toute bio-séquestration.

Positionnement : les vagues de chaleur étant la cause principale des décès, l'Institut Sapiens encourage la mise en œuvre de climatisation dans les lieux d'hébergement des seniors vulnérables. Même si les économies individuelles d'eau doivent être encouragées, une politique idéologique s'attaquant en priorité à des symboles (i.e. les piscines privées et les golfs) n'est pas la bonne stratégie. L'Institut Sapiens considère que le stress hydrique nécessite une vision globale passant notamment par un grand plan d'assainissement du réseau de distribution responsable de 20% de pertes. Nous combattons par ailleurs toute décision idéologique allant à l'encontre du bon sens comme la promotion systémique de l'agriculture biologique aux rendements catastrophiques, l'interdiction des herbicides et la restriction de terres dédiées aux OGM et aux NGT. Nous encourageons enfin le lancement d'un grand plan d'aménagement du territoire avec une désartificialisation massive des sols urbains.

6. Sur le système électrique européen

6.1 Les Européens critiquent à juste titre un système électrique devenu absurde. Indexé sur le gaz, le prix du MWh s'est complètement déconnecté du coût moyen de production.

6.2 S'affranchir du prix du gaz demanderait de (1) se déconnecter du réseau européen grâce à des capacités nationales suffisantes (2) revenir à un Monopole National non concurrentiel après élimination de tout fournisseur alternatif domestique.

6.3 Le prix du MWh étant indexé sur le gaz, plafonner le prix de ce dernier via des subventions publiques réduit mécaniquement le prix de l'électricité. Mais, pour un bénéfice commun, cette mesure donne un avantage aux pays peu gaziers comme la France. Encourageant le recours au gaz, elle introduit un message climatique négatif.

6.4 Les Contrats Par Différence (CfD) reposent sur un accord bidirectionnel entre Etats et producteurs d'électricité s'accordant sur un prix cible. Si, les prix du marché sont supérieurs au prix cible, l'État récupère le surplus et le redistribue aux consommateurs. À l'inverse, l'État indemnise le distributeur. Sans changer le fonctionnement du marché, le CfD décorrèle prix du gaz et de l'électricité. Il dé-risque le risque marché mais pas le risque projet. Il présente l'inconvénient de pérenniser un système de subvention redistribution étatique.

6.5 Les Contrats Long Terme (CLT) entre un producteur et un fournisseur garantissent au fournisseur une stabilité des prix sur le long terme et apportent une garantie de débouché à un prix connu au producteur. L'électricité produite est alors vendue hors marché. S'appliquant à des gros volumes et de longues périodes les CLT concernent les acteurs majeurs mais mettent implicitement hors-jeu les petits distributeurs. Comme pour les CfD, ils dé-risquent le risque marché mais pas le risque projet sauf si le client accepte de participer à l'investissement avec partage du risque en échange d'un droit de tirage.

Positionnement : l'hexagone ne remplissant aucune des conditions du point 6.2, la France n'a pas intérêt à sortir du système électrique européen, d'autant que l'accroissement de la demande électrique conduira à une grille européenne davantage intégrée. Le retour aux Monopoles Nationaux n'étant pas crédible, la solution repose sur une révision des mécanismes communautaires. Aussi supportons-nous la mise en œuvre dans l'ensemble de l'UE de Contrats Long Terme hors marché et l'extension des CfD pour l'ensemble des sources électriques décarbonées à conditions que la rente infra-marginale prélevée aux producteurs soient justement redistribués aux consommateurs. Si les CLT peuvent constituer une partie de la solution pour financer les futurs EPR, l'Institut Sapiens considère que le seul mode de financement permettant de dé-risquer à la fois le risque marché et le risque projet sur le très long terme (>50 ans) reste un prix régulé garanti par l'Etat représentatif des coûts et appliqué sur la durée.

7. Sur la stratégie européenne : revoir le Pacte Vert

7.1 Le Pacte Vert Européen a l'ambition de faire de l'Europe un continent neutre en carbone à l'horizon 2050. D'ici 2030, chaque Membre est tenu de réduire ses émissions de 55 % par rapport à son niveau 1990.

7.2 Depuis 1990 les émissions européennes se sont réduites de 30%. Prolonger le rythme actuel de -1,5%/an conduirait à une réduction de 40 % en 2030. Atteindre les 55%, requiert de porter ce rythme à -5 %/an.

7.3 La règle des 55% est totalement inéquitable entre Etats Membres car elle ignore l'évolution démographique (+ 11 Millions de

Français contre +6 Millions d'Allemands depuis 1990) et considère indistinctement les émissions 1990 initialement beaucoup plus élevées dans les pays non nucléaires. Ainsi défavorise-t-elle injustement le Français qui s'est décarboné le premier lui demandant d'atteindre 3,5 tCO₂/an d'émissions individuelles en 2030 contre 6,8 tCO₂/an pour l'Allemand. Elle doit impérativement être revue.

7.4 Le Pacte Vert réclamera des investissements colossaux (66 G€/an) mais peu productifs (plus de 60 % des équipements verts importés du SE Asiatique). En résulteront un accroissement significatif de la dette (+25% en 2040), du déficit de la balance commerciale et la mise en œuvre d'un impôt climatique. Il coûtera aux ménages français plus de 100 000 € (soit deux ans et demi de salaire pour le 9^{ème} décile) avec un reste à charge hors subvention supérieur à 50% pour les plus modestes.

7.5 Le réchauffement climatique étant global, des approches nationales voire régionales restent peu efficaces. Accélérer les politiques aujourd'hui engagées pour baisser les émissions européennes de 55% n'aura qu'un impact marginal sur le réchauffement. Le Pacte Vert répond donc davantage à un objectif moral d'exemplarité et d'effet d'entraînement qu'à une recherche rationnelle de lutte contre le réchauffement.

7.6 Il est inquiétant qu'au plus haut niveau, l'Europe réponde positivement aux sirènes décroissantistes en les subventionnant ou en leur donnant des tribunes officielles. Bien que rejetant toute option décroissantiste, le rapport Pisani-Ferry en adopte insidieusement les leviers (baisse de la production et de la consommation) et le vocabulaire remettant notamment en cause l'indicateur de PIB/hab au profit du concept de bien-être.

7.7 Certaines directives récemment adoptées par l'UE vont toutefois dans le bon sens notamment la révision des marchés de l'électricité et l'intégration du nucléaire aux énergies vertes.

Positionnement : l'Institut Sapiens considère l'objectif 2030 de 55% comme irréaliste surtout pour une Europe souhaitant se réindustrialiser. Un objectif de 40% en ligne avec les politiques actuelles apparaît beaucoup plus crédible. L'UE doit par ailleurs proposer une règle plus juste, imposant une cible d'émissions par habitant identique à chaque Pays Membre. Irréaliste et injuste, l'objectif de 55% apparaît également difficilement soutenable pour des Etats déjà fortement endettés et des classes populaires paupérisées. Se pose enfin et surtout la question de l'utilité climatique du Pacte Vert dans des échéances aussi

contraignantes synonyme de *presque suicide économique* au profit des pays asiatiques et des Etats-Unis. Les élections européennes représentent une opportunité pour remettre à plat un Pacte Vert qui n'a aucune chance d'aboutir. L'Institut Sapiens s'inquiète par ailleurs de la réponse favorable des Institutions Européennes aux décroissantistes. Derrière le Pacte Vert se cache l'Energiewende allemand et son utopique 100% renouvelables. Après des succès notables relatifs à la taxonomie verte et au nouveau mécanisme de l'électricité, la France doit enfoncer le clou et imposer l'atome comme levier majeur de la transition énergétique européenne.

8. Sur le lancement de projets alternatifs

8.1 Energie de transition majeure, le gaz restera fortement présent dans le mix Européen (électricité et chaleur résiduelle) au cours des prochaines décennies. Il représentera la principale variable d'ajustement.

8.2 Si la croissance verte donne l'illusion d'une indépendance énergétique retrouvée, elle déplacera notre dépendance pétrolière vers une dépendance minière plus marquée notamment concernant les métaux critiques de la croissance verte concentrés dans 3 à 4 pays dans le monde.

8.3 Le système électrique européen devenant l'une des clés de la décarbonation, la fluidification des échanges prendra dans le futur une importance majeure. La construction de nouvelles lignes intra-européennes incluant le Royaume-Uni revêt une importance stratégique.

8.4 Les vingt années perdues dans le nucléaire ne seront pas rattrapées. Même lancés dans un avenir proche les nouveaux réacteurs (EPR ou conventionnels) ne seront disponibles qu'à la fin de la prochaine décennie et ne pourront que modérément participer à la décarbonation du mix 2050. Les petits réacteurs modulaires dont la mise en œuvre repose sur un mode industriel (construction du réacteur en usine) et non plus en mode projet (construction du réacteur sur site) pourraient toutefois accélérer cette transition vers l'électricité décarbonée.

Positionnement : un besoin résiduel de gaz à l'échéance 2050 étant inévitable et l'Europe ne pouvant plus compter sur le gaz Russe, l'Institut Sapiens incite le Vieux Continent à sécuriser ses approvisionnements gaziers moyen/long terme : par gazoduc en regardant vers l'Est Méditerranéen, en sécurisant son Gaz Naturel Liquéfié en accélérant la construction des terminaux de regazéification. Nous encourageons aussi les Etats Membres à mutualiser leurs achats et, même si le sujet reste socialement complexe, à relancer la production domestique de gaz. La France doit aussi planifier la construction de centrales TGV (Turbines Gaz Vapeur) non aujourd'hui intégrées à la planification gouvernementale.

Nous sommes en faveur du relancement de l'activité minière, une tendance qui s'amorce hélas beaucoup trop timidement. La mine étant environnementalement nettement plus pénalisante que l'extraction pétrolière et gazière, il y a un risque certain que les Gouvernements empilent une série de normes rendant l'extraction non économique en Europe par rapport à des pays tiers. Sans une relance massive de son industrie minière l'Europe augmentera de façon incontrôlée sa dette vis-à-vis des pays du Sud Est asiatique concentrant presque 100% de la production des équipements verts. L'Institut Sapiens encourage également l'accroissement des connexions électriques entre pays européens incluant le Royaume-Uni dont les ressources éoliennes off-shore et gazières représentent un appoint stratégique.

Nous sommes enfin en faveur d'un accroissement massif des investissements dans le développement de petits réacteurs modulaires ainsi que de la relance d'un projet de réacteur de 4ème génération à neutrons rapides indispensable pour prendre la relève des EPR et assurer l'approvisionnement en combustible et la gestion des déchets nucléaires. Nous rappelons notre opposition au 100 % renouvelable qui conduirait l'Europe à un désastre économique et social.

Accords de Paris et Pacte Vert Européen Rêves et réalité

1. Sur le réchauffement climatique et les positionnements

Un consensus scientifique mais de fortes incertitudes

Depuis la fin de l'ère préindustrielle, la température moyenne du globe a **augmenté de 1,2°C**. Durant cette même période la teneur en CO₂ dans l'atmosphère s'est accrue de 50% passant de **280 ppm⁴ à 420 ppm** (soit 0,042%). Mesurées avec précision, ces valeurs ne peuvent être contestées. De nombreux arguments scientifiques attestent que l'accroissement de la teneur en CO₂ dans l'atmosphère est d'origine anthropique (i.e. humaine) et due en grande partie (70%) à la combustion des énergies fossiles mais aussi à l'agriculture (20%) et à la déforestation (10%).

Bien que le climat ait toujours été l'objet de variations, parfois de grande ampleur¹, aucun phénomène naturel ne peut expliquer un réchauffement aussi intense et aussi rapide. Sans exclure la contribution modérée de certains phénomènes ponctuels (éruptions volcaniques) ou cycliques (activité solaire, El Nino), le réchauffement observé depuis un demi-siècle est en grande partie dû à l'activité humaine.

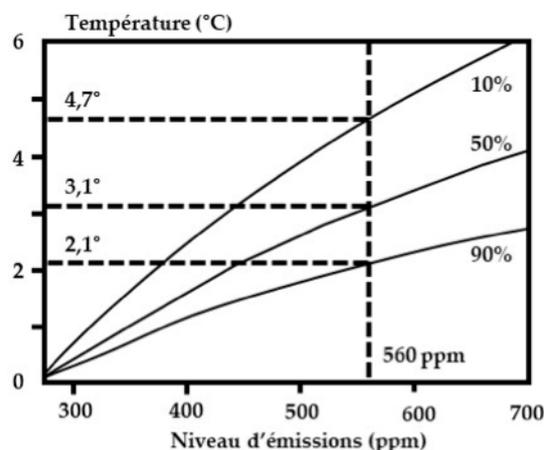
L'accroissement de la teneur en CO₂ dans l'atmosphère explique la moitié du réchauffement actuel (soit 0,6° sur les 1,2°) via un phénomène physique appelé **effet de serre** identifié depuis la fin du XIX^{ème} siècle par le chimiste suédois Arrhenius. L'autre moitié est justifiée indirectement par le concept de **rétroactions climatiques** : le réchauffement anthropique initial induit des phénomènes physiques (fonte des glaces, densification des nuages, vapeur d'eau) eux-mêmes susceptibles d'accroître la température.

Les rétroactions climatiques sont calculées à partir de modèles mathématiques extrêmement complexes (le GIEC⁵ en recense plusieurs centaines) mais aussi imprécis. En résultent de fortes incertitudes sur les températures futures. Ainsi pour un doublement des émissions préindustrielles^{2,3} (soit 2 x 280 ppm = 560 ppm - **Figure 1**) l'effet de serre seul justifie un réchauffement de 1,1°C alors que l'effet de serre + les rétroactions climatiques projettent un réchauffement compris entre 2,1° et 4,7° avec une moyenne de 3,1°⁴.

4 ppm =partie par million. Un ppm est égal à un dix millième de pour cent
5 Voir Annexe 1

S'il existe un « *consensus scientifique* » qualitatif sur l'origine anthropique du réchauffement climatique, les fortes incertitudes quant au calcul des rétroactions (elles représentent entre 50% et 70% du phénomène) continuent de faire légitimement débat.

Figure 1 – Marges d'incertitudes sur les températures pour un doublement des émissions (adapté du GIEC-AR4-Cha 5 – Figure 5-1)



La confusion entre climat et météo

Climat et météo sont deux sciences connexes mais distinctes quant à leur spatialité et leur temporalité. **La météo est locale.** Elle se réfère à de petits espaces (quelques centaines de km²) et de courtes périodes (journée, semaine). En revanche, le climat est global. Il s'applique à de grands espaces (échelle continentale) et de longues périodes (plusieurs dizaines/centaines d'années). Aussi est-il abusif d'interpréter tout évènement météorologique en termes de réchauffement climatique.

Toutefois, sur le long terme, le réchauffement climatique modifiant localement températures et pressions influe sur la fréquence et l'intensité de certains phénomènes météorologiques⁵: accroissement de la durée et de l'intensité des périodes de fortes chaleurs et de sécheresse, accroissement des précipitations extrêmes. S'y ajoutent des phénomènes climatiques long terme comme la fonte des glaciers et l'élévation progressive du niveau des mers. L'incertitude sur les températures (niveau 1) rend encore plus incertaine l'évolution des conséquences météorologiques et climatiques (niveau 2).

Ainsi lors du passage de la tempête CIARA⁶ en novembre 2023, Météo-France rappelait que *contrairement à l'évolution des vagues de chaleur, il n'existe pas de consensus scientifique quant à l'impact du changement climatique sur l'évolution de la fréquence et de l'intensité des*

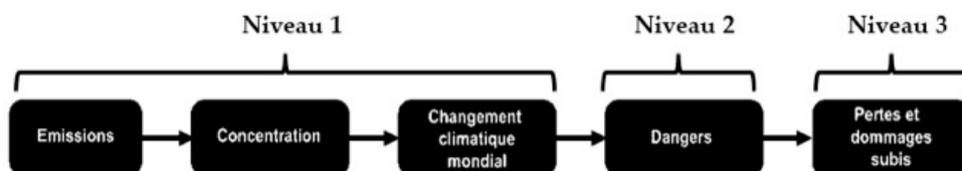
tempêtes en France. On n'observe pas de tendance significative sur les évolutions passées depuis plus de 40 ans.

En assimilant systématiquement météo à climat, les grandes chaînes d'information introduisent auprès du grand public une culture contre-productive contribuant notamment à l'émergence de l'éco-anxiété chez les jeunes générations.

Conséquences sociétales et économiques

Le réchauffement climatique aura dans le futur des impacts environnementaux (i.e. impact sur la biodiversité, modification du cycle de l'eau), économiques (dégâts matériels, baisse de certains rendements agricoles) et sociétaux (victimes climatiques, déplacement de populations) importants. Toutefois (**Figure 2**) l'incertitude sur les températures (niveau 1) et sur les conséquences météorologiques et climatiques (niveau 2) rend encore plus incertains les dommages environnementaux, sociétaux et économiques (niveau 3). Au cours du dernier demi-siècle⁷ (1970 à 2019) les inondations/crués/tempêtes ont été responsables de 60% des dégâts matériels liés aux phénomènes météorologiques extrêmes. Si les dégâts matériels augmentent en absolu, leur coût reste marginal en comparaison des guerres⁸ et de la corruption⁹.

Figure 2 – Chaîne d'incertitudes liées au climat¹⁰



Les sécheresses et vagues de chaleur sont responsables quant à elles de 95% des victimes météo-climatiques mais leur nombre a fortement baissé au cours des trente dernières années. Ce nombre reste marginal en comparaison du paludisme¹¹ et des cardiopathies¹².

Si l'humanité se protège beaucoup mieux aujourd'hui des aléas météorologiques et climatiques, le niveau de développement reste le meilleur atout pour s'en protéger : 91% des victimes météo-climatiques 1970-2019 se situent dans les pays émergents.

Les différents positionnements climatiques

Face au réchauffement climatique, il y a globalement trois positions possibles. Sans nier l'existence du réchauffement climatique (les négationnistes sont de plus en plus rares), les **climato-sceptiques** considèrent que le réchauffement n'est pas (ou faiblement) lié aux activités humaines. Un sondage récent¹³ montre que 37% (soit +8% par rapport à 2022) des Français sont climato-sceptiques. En France, les personnes se définissant climato-sceptiques sont principalement issues de classes populaires privilégiant *la fin du mois à la fin du monde*. Plus on se déplace à droite sur l'échiquier politique plus la proportion de climato-sceptiques est élevée.

Pour les **climato-catastrophistes** le réchauffement climatique représente une menace à moyen terme pour l'existence même de la race humaine. Selon l'économiste T. Parrique¹⁴, notre société de croissance reposant essentiellement sur la consommation d'énergies fossiles, *la cause première du déraillement écologique n'est pas l'humanité mais le capitalisme et la poursuite effrénée de la croissance*. Les mesures d'adaptation et d'atténuation ne permettant en rien d'échapper à la catastrophe, la seule solution se trouverait dans un changement radical de société consistant à *réduire drastiquement la production et la consommation pour alléger l'empreinte afin de prospérer sans croissance*. Les climato-catastrophistes se confondent avec les **décroissantistes**.

Leur dessein vise à *décoloniser l'imaginaire économique et productif*¹⁵ pour atterrir dans une société post-croissance au sein de laquelle les ressources frugales répondent à des besoins limités. L'abondance n'y serait plus matérielle mais relationnelle : convivialité, solidarité, égalité, justice. Pour les décroissantistes, la répartition homogène des richesses doit s'opérer en continu: dotation universelle, impôt confiscatoire pour proscrire l'accumulation de richesses, nationalisation totale des entreprises remplacées par des coopératives non lucratives.

La société post-croissance repose sur trois filiations complémentaires : écologisme, marxisme et anarchisme¹⁶. Bien que jugeant très sévèrement la pensée productiviste du marxisme¹⁷, elle y emprunte ses valeurs traditionnelles de lutte des classes, de rejet de la propriété, de redistribution, de solidarité et surtout d'égalité. En prônant la décentralisation à outrance, elle puise ses bases politiques dans l'anarchisme : fédérations de communes économiquement autonomes vont de pair avec une démocratie directe faite d'assemblées participatives. Implicitement, la société post-croissance devra légitimer des pratiques totalitaires envers ceux qui contesteraient la décision collective. Elle est incompatible avec la démocratie représentative.

Si certaines critiques des climato-catastrophistes déclinistes sont pertinentes (publicité excessive, obsolescence programmée, surconsommation), ils reconnaissent peu l'apport de la croissance économique au développement humain. En ligne avec le prêtre philosophe fondateur Ivan Illich promoteur d'une *société sans écoles*¹⁸ et *sans hôpitaux*¹⁹ ils rejettent sans le dire les principaux véhicules de développement. Plus on se déplace à gauche sur l'échiquier politique plus la proportion de climato-catastrophistes est importante. Aussi subsiste la question de leur motivation première : l'agenda est-il direct (l'effondrement climatique justifie cette nouvelle société) ou inversé (le catastrophisme climatique est instrumentalisé pour justifier ce changement de société).

Fait historique avéré, les catastrophistes se sont toujours trompés. Ainsi, toutes les prédictions sur l'épuisement des matières premières (pétrole, métaux) du célèbre rapport Meadows « *Les limites à la croissance* »²⁰ publié en 1972 par le Club de Rome se sont avérées fausses. Dans son ouvrage récent, « *Rien n'est joué. La Science contre la théorie de l'effondrement* »²¹, le psychologue J. Lecomte décortique le catastrophisme à travers l'Histoire et en démontre la débâcle chronique : sans exception, aucune prédiction ne s'est jamais réalisée.

Pourtant, avec la complicité des chaînes d'information en continu mais aussi d'un nombre croissant d'influenceurs climatiques²² très présents sur les réseaux sociaux, le climato-catastrophisme est en train de s'imposer sur la place publique comme discours dominant.

Les jeunes générations y sont particulièrement sensibles (**Figure 3**). Sans aucun discernement, tout évènement météorologique (feux de forêt, inondations, cyclones, sécheresses, vagues de chaleur) est systématiquement présenté de façon péremptoire comme une conséquence du réchauffement climatique. Ainsi, en septembre 2023 après la rupture d'un barrage Libyen mal entretenu faisant suite à des pluies diluviennes, le média Blast²³ (au sein duquel opère Pablo Servigne l'un des papes du catastrophisme) titrait : « *catastrophe climatique plus de 11 000 morts en Libye* » !

Fidèle à la théorie du tiers exclu d'Aristote et à toutes les idéologies totalitaires, le climato-catastrophisme transforme peu à peu le débat sur le réchauffement climatique en débat binaire exclusif : si vous n'êtes pas catastrophiste vous devenez par construction climatosceptique.

Figure 3 - Association du climato-catastrophisme et du décroissantisme chez les jeunes générations



Ainsi lors de l'Université d'été du MEDEF 2023, le climatologue J. Jouzel ex-membre du GIEC très marqué à gauche (il considère que *la lutte contre le réchauffement climatique est incompatible avec le capitalisme*²⁴) somme le PDG de TotalEnergies Patrick Pouyanné d'arrêter tout investissement dans les énergies fossiles. Pourtant totalement convaincu par le réchauffement anthropique, Pouyanné renvoie la position de Jouzel à un monde abstrait déconnecté de la vie réelle : s'il faut effectivement décarboner à terme le mix énergétique, la transition prendra du temps. Et Jouzel de renchérir après coup sur toutes les antennes publiques que *Pouyanné c'est du climato-scepticisme incitant les gens à continuer comme avant. Prendre du temps c'est admettre de facto +4 °C en France.*

Pour satisfaire leur agenda idéologique, certaines ONG souhaitent ainsi élargir le climato-scepticisme **explicite** (dénier du réchauffement et de son origine anthropique) en définition **implicite** : *deviendrait climato-sceptique tout individu refusant actions, solutions ou changements de comportements atténuant le réchauffement.* Comme le laisse entendre Jouzel, tout promoteur de la société de croissance et du capitalisme deviendrait donc de facto climatosceptique.

On peut donc s'inquiéter du projet de loi initié par le collectif Quota Climat²⁵ et l'Institut Rousseau supporté par un groupe transpartisan de députés proposant notamment que *l'ARCOM...lutte contre la désinformation sur la contradiction ou la minimisation de l'existence de la crise écologique et de son origine anthropique dans le domaine de la communication audiovisuelle.* Ce projet liberticide tente d'écarter à terme tout discours climato-sceptique (explicite ou implicite ?) dans les médias²⁶.

Si le tiers exclu est un moyen élémentaire d'évacuer toute possibilité de débat et de conflictualité, il s'avère aussi très efficace pour faire adhérer la majorité silencieuse au discours dominant⁶. L'adhésion ne se fait pas par conviction profonde mais par besoin d'appartenance, par peur d'être jugé, d'être ostracisé et exclu du groupe²⁷. Ne pas adhérer à la pensée dominante serait alors synonyme de mise à mort sociale, une situation particulièrement anxiogène pour des jeunes générations ayant un pressant besoin d'appartenir à un groupe autre que leur famille. Face à un flux continu d'informations et d'images souvent décontextualisées et invérifiables, prendre de la hauteur et du recul demande beaucoup d'effort et de temps. Aussi, l'adhésion par défaut au discours dominant correspond à un certain confort, voire à une certaine paresse intellectuelle. Elle est aujourd'hui largement renforcée par la baisse du niveau d'éducation (notamment dans les domaines scientifiques) de jeunes générations souvent dans l'incapacité de construire un raisonnement critique.

Mais, en adhérant souvent malgré eux à un discours catastrophiste sans espoir, ces jeunes générations sont démunies quant aux solutions à mettre en œuvre. Elles développent alors un **syndrome d'impuissance acquise** associé à une éco-anxiété profonde sujette à des symptômes individuels plus qu'inquiétants comme l'insomnie climatique ou le refus d'enfanter. De cette éco-anxiété résultent des conséquences sociétales et économiques dramatiques comme la perte de foi en l'avenir, le repli sur la recherche du bonheur individuel immédiat, la baisse de la démographie et la croyance dans les vertus d'une société post-croissance.

Convaincu du réchauffement climatique et de son origine anthropique, l'Institut Sapiens propose une **troisième voie de pragmatisme climatique** entre climato-scepticisme et climato-catastrophisme. Nous considérons que les fortes incertitudes quantitatives quant aux températures, aux impacts météorologiques et aux conséquences environnementales, sociétales et économiques ne justifient **pas de changement radical de société** qui serait motivé par une **urgence climatique absolue**. S'il existe un consensus scientifique sur l'origine anthropique du réchauffement climatique nous réfutons l'existence d'un consensus scientifique sur le climato-catastrophisme. Diminuer les émissions de façon radicale via une réduction drastique de la production et de la consommation ne pourrait se mettre en œuvre que par des mesures totalitaires. Cette stratégie conduirait à une paupérisation dramatique dont les plus démunis seraient les premières victimes.

Pour autant, cette approche pragmatique ne remet pas en cause l'objectif de décarbonation du mix énergétique par ailleurs

6 Pour triompher, le mal n'a besoin que de l'inaction des gens de bien. E. Burke

indispensable à l'Europe pour assurer sa future sécurité énergétique.

Convaincu que la **production de richesses** reste le meilleur atout pour conjuguer développement humain et lutter contre le réchauffement climatique, l'Institut Sapiens recommande de mettre en œuvre des politiques publiques motivées par une approche **rationnelle bénéfique/risque** et de proscrire toute décision **émotionnelle** reposant sur le **principe de précaution** sans prendre en compte toutes les conséquences. Trop de décisions sont prises à l'emporte-pièce sans évaluation approfondie de leur faisabilité.

La lutte contre le réchauffement climatique doit accorder les contraintes environnementales (réduction de l'empreinte écologique) avec les impératifs économiques (création/perte d'activité, coûts directs et indirects) et sociétaux (efforts demandés aux citoyens) en promouvant un **développement durable** reposant sur une **croissance soutenable**. Cette approche pragmatique doit conjuguer des mesures **fortes** mais **temporellement** raisonnables d'atténuation et d'adaptation ainsi qu'une évolution vers des comportements tempérant les excès de **surconsommation** et de **gaspillage** de l'économie mondialisée. Si la technologie est la clé la décarbonation, elle devra aussi s'accompagner d'efforts individuels et collectifs d'optimisation énergétique sans pour autant renoncer à notre niveau de développement.

2. Sur la comptabilisation des émissions de GES

La comptabilisation des gaz à effet de serre fait aujourd'hui l'objet de nombreuses controverses qu'il paraît utile de clarifier²⁸.

Emissions directes et indirectes

Les émissions d'une entreprise sont classées en émissions directes (appelées type 1 & 2) résultant de la **production** de ses produits et émissions indirectes (type 3) liées à la **consommation** de ces mêmes produits. Ainsi, pour un groupe pétrolier, ses émissions directes sont engendrées par les opérations de production de pétrole et de gaz, le raffinage puis le transport alors que ses émissions indirectes résultent de la consommation de l'essence dans les voitures, du fioul ou du gaz dans les chaudières. Pour un groupe pétrolier, les émissions indirectes représentent 90% de ses émissions globales contre seulement 10% pour les émissions directes.

On retrouve une classification similaire au niveau des pays entre émissions **territoriales** et **extraterritoriales** (i.e. liées aux produits importés). Et la différence est notable²⁹: un Français émet en moyenne annuellement 6 t_{CO2} territoriales ; si on y rajoute les émissions d'importation l'empreinte carbone s'élève à 9 t_{CO2}.

Emissions territoriales et émission d'importation

Cette double gestion pose de nombreux problèmes. D'une part elle détourne la **responsabilité** d'une partie de la chaîne production/consommation, d'autre part elle conduit souvent à une double voire une tripe comptabilité. Enfin elle est souvent exploitée à des fins idéologiques.

Ainsi, un litre d'essence consommé en France par un touriste allemand doit-il être comptabilisé dans l'Hexagone comme une émission territoriale (règle internationale en vigueur) ou outre Rhin comme émission d'importation ? De même, les émissions résultant de l'achat en France d'un tee-shirt asiatique incombe-t-il au producteur asiatique ou au consommateur Français ? Le CO₂ émis par un automobiliste doit-il être affecté au conducteur et donc considéré comme une émission territoriale ou au fournisseur d'essence comme une émission indirecte ?

Les réponses à ces questions sont parfois à géométrie variable. Ainsi, selon certaines ONGs, les émissions liées au tee-shirt asiatique seraient de la responsabilité du seul consommateur français tandis que les émissions liées à la consommation d'essence seraient de la responsabilité du producteur de cette essence.

Pourtant dans un cas comme dans l'autre, les responsabilités sont partagées. Les fortes émissions liées au tee-shirt asiatique sont en grande partie dues au mix énergétique fortement carboné de ces pays. N'est-il pas injuste de l'affecter au seul budget carbone du consommateur européen même si ce dernier devrait faire preuve de davantage de discernement dans ses achats. Quant au litre d'essence, ne résulte-t-il pas d'une responsabilité partagée entre le pétrolier (qui vend un produit émetteur), le motoriste (qui construit un équipement consommant ce produit émetteur) et le consommateur (qui l'utilise et est finalement en bout de chaîne le principal décideur) ?

Enfin, en raisonnant de la sorte on comptabilise souvent **plusieurs fois les émissions**. La règle internationale en vigueur reposant sur les émissions territoriales, le tee-shirt asiatique est comptabilisé de facto en Asie. En l'affectant aux émissions d'importation de la France, on risque de le comptabiliser deux fois ! Quand on dit que le français émet 9 t_{CO2}/an et non 6, la différence a probablement déjà été comptabilisée ailleurs !

La comptabilité du World Inequality Lab

Une autre méthodologie que l'Institut Sapiens a fortement critiquée dans plusieurs tribunes^{30,31} est celle véhiculée par le World Inequality Lab³² statuant que *les 10% les plus riches sont responsables de 50% des émissions mondiales tandis que les 1% les plus riches émettent davantage que la moitié la plus pauvre.*

La méthodologie³³ du WIL ajoute aux émissions territoriales et extra territoriales des **émissions financières** liées à la détention d'actifs. En d'autres termes, si vous détenez des actions de TotalEnergies, de Saint-Gobain ou autre Lafarge, une partie des émissions liées à la fabrication et la vente des produits vous sont attribuées. Le World Inequality Lab confirme que *plus de 70% des émissions des plus riches sont des émissions d'actifs*. En procédant de la sorte on corrèle évidemment sans difficulté les émissions à la seule richesse : et le WIL d'en conclure que *la crise climatique et les inégalités sont deux phénomènes extrêmement liés et que le budget carbone permettant de limiter le réchauffement à 1,5° a été dilapidé dans le seul but d'accroître la consommation des 10% les plus riches*. Les émissions financières gomment au passage tout impact démographique. Rappelons

pourtant que les pays émergents sont responsables des deux tiers des émissions territoriales. Tournant en boucle sur les réseaux sociaux, les chiffres du World Inequality Lab sont maintenant repris officiellement par l'Union Européenne, dans le dernier rapport du GIEC destiné aux décideurs³⁴ et par l'AIE³⁵.

Les émissions passées

Une autre façon de traiter le sujet est de prendre en considération les émissions passées. Dans un article³⁶ récent intitulé « *l'Afrique affamée par le dérèglement mondial* », le Monde présente une carte des émissions mondiales montrant que les principaux pays de l'OCDE seraient responsables de 56% des émissions mondiales. En fait ces 56% ne sont pas les émissions actuelles mais les émissions cumulées entre 1751 et 2017. Un artifice utilisé pour culpabiliser les pays riches et les pousser à rembourser une **dette climatique**. Excepté qu'il s'agit d'une dette purement **morale** dans la mesure où les émissions de nos ancêtres resteront quoi qu'il arrive durant plusieurs siècles dans l'atmosphère.

La règle en vigueur reposant sur les émissions territoriales industrielles apparaît comme la plus simple, la plus fiable et la plus transparente car elle évite de facto la double voire la triple comptabilité. Libre toutefois aux pays qui le souhaitent (c'est le cas pour la France) de publier aussi les chiffres des émissions provenant d'importations.

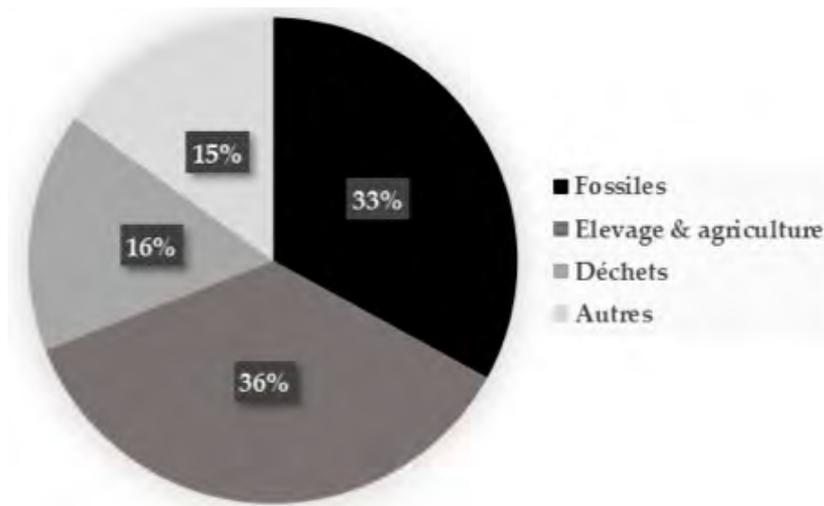
Le méthane l'autre grand ennemi du climat

Contre toute attente, le méthane aura été la vedette inattendue de la COP28^{37, 38}. En cause le discours d'ouverture du Sultan Al-Jaber mettant le CH₄ et ses émissions fugitives sur le devant de la scène. Bien qu'interprété par certains comme une **astucieuse diversion** pour éviter de parler du CO₂ et des énergies fossiles, le méthane n'en reste pas moins un problème de fond. Portrait-robot de l'autre grand ennemi du climat !

En proportion bien inférieure au dioxyde de carbone (200 fois moins), le pouvoir réchauffant du méthane est 28 fois supérieur au CO₂. Depuis la période préindustrielle, les quantités de méthane atmosphérique ont plus que doublé. On lui attribue 30 % du réchauffement.

Figure 4 – Principales sources de méthane anthropique

Source des données : Bousquet et al³⁹



S'il existe de nombreuses sources naturelles de méthane⁴⁰ (émissions de biométhane dans les zones marécageuses, méthane émis par la digestion des termites), 60% des émissions actuelles sont d'origine anthropique. Les principales sources (**Figure 4**) sont **l'agriculture, l'élevage** et leurs dérivés, les **déchets** biodégradables et l'exploitation des énergies **fossiles**.

Le méthane lié à l'élevage provient principalement des **ruminants** (vaches, chèvres, moutons) qui, au cours de leur processus de digestion, génèrent de grandes quantités de méthane ensuite rejeté sous forme de flatulence. La consommation de viande et de lait contribue donc de manière significative aux émissions de CH₄. Elles ont été accrues par les modifications d'alimentation du bétail engendrant davantage de méthane.

Une seconde source importante résulte de la **décomposition bactérienne** des déchets biodégradables (restes de nourriture, journaux, déchets végétaux) dont sont remplies nos poubelles et nos décharges. Un processus similaire émane des eaux usées domestiques ou industrielles ainsi que de certains processus agricoles comme le fumier. Grands marécages à ciel ouvert caractérisés par une très forte humidité, les rizières représentent un autre type d'environnement favorable aux bactéries productrices de méthane.

La troisième source provient des émissions dites **fugitives** consécutives aux fuites observées le long de la chaîne de production, de transport et de distribution du gaz naturel (composé de 95% de méthane) mais aussi d'émanations de gaz naturel associées à l'exploitation du charbon et du pétrole dont la production, le

raffinage, le transport et le stockage sont sources d'émission. Signalons que les anciennes mines de charbon françaises sont aussi sources de rejet de méthane résiduel appelé **gaz de mine**.

Contrairement aux émissions de CO₂, la réduction des émissions de méthane n'affecte pas directement la consommation d'énergie et donc le développement humain. Aussi rejoignons-nous le Sultan Al-Jaber : sa mise en œuvre devrait être une priorité d'autant que les leviers de réduction et les technologies associées sont parfaitement identifiés.

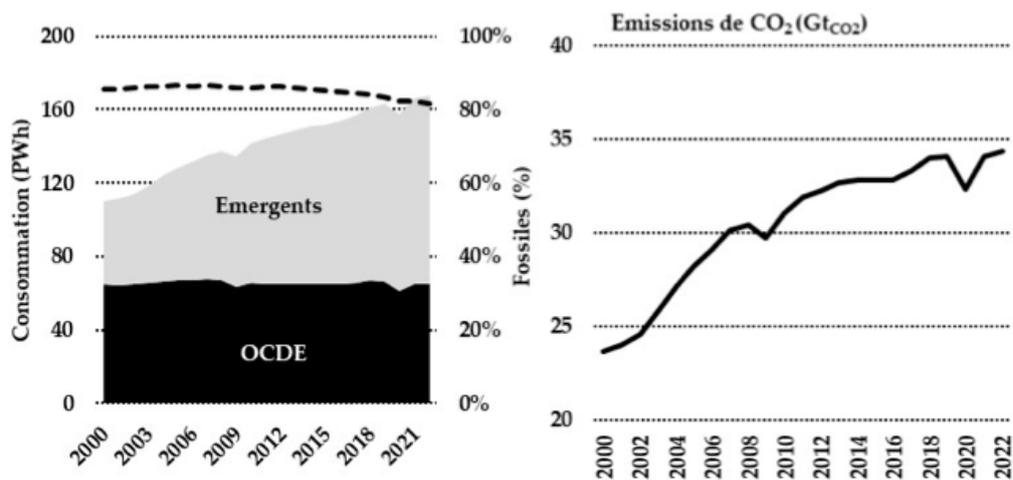
En dehors de la réduction de la consommation de viande, la nourriture des ruminants peut être adaptée⁴¹ en l'enrichissant en lipides mais aussi en encourageant le pâturage tournant dynamique⁴² (70% des émissions de méthane sont absorbés par l'herbe). La seconde piste est la chasse aux fuites sur les installations de production et de transport de gaz naturel notamment grâce à l'utilisation systématique de drones⁴³. En ce qui concerne les déchets, on peut faire d'une pierre deux coups en collectant les déchets puis en produisant le biogaz en environnement contrôlé pour être utilisé comme énergie verte⁷. Enfin la technologie développée par La Française de l'Énergie⁴⁴ récupérant le gaz de mines pour approvisionner localement les riverains en électricité et en chaleur.

7 Voir aussi page 71

3. Sur la stratégie mondiale et les Accords de Paris

Depuis le début du siècle, la consommation mondiale d'énergie s'est accrue de 52 % (**Figure 5- gauche**). Cet accroissement est exclusivement dû aux pays émergents (la consommation dans les pays de l'OCDE est quasi-stationnaire). Sur la même période, les émissions de GES augmentaient de 42 % (**Figure 5- droite**). Quant à la part des énergies fossiles dans le mix mondial, elle n'a que très faiblement baissé passant de 86% en 2000 à 82% en 2022.

*Figure 5 – Gauche – Consommation mondiale d'énergie
Droite - Emissions historiques mondiales
Source des données : Energy Institute*



Si depuis les années 2010, le taux d'accroissement des GES s'est ralenti par rapport à la première décennie, les Accords de Paris (2015) n'ont eu qu'un très faible impact, de surcroît limité aux seuls pays de l'OCDE. Pour les pays émergents, assurer la poursuite de leur développement reste clairement une priorité par rapport à la lutte contre le réchauffement climatique. L'équation croissance/énergie/climat reste donc la clé d'une transition énergétique réussie et confirme l'impasse de toute tentation décroissantiste.

Assurer la poursuite du développement humain

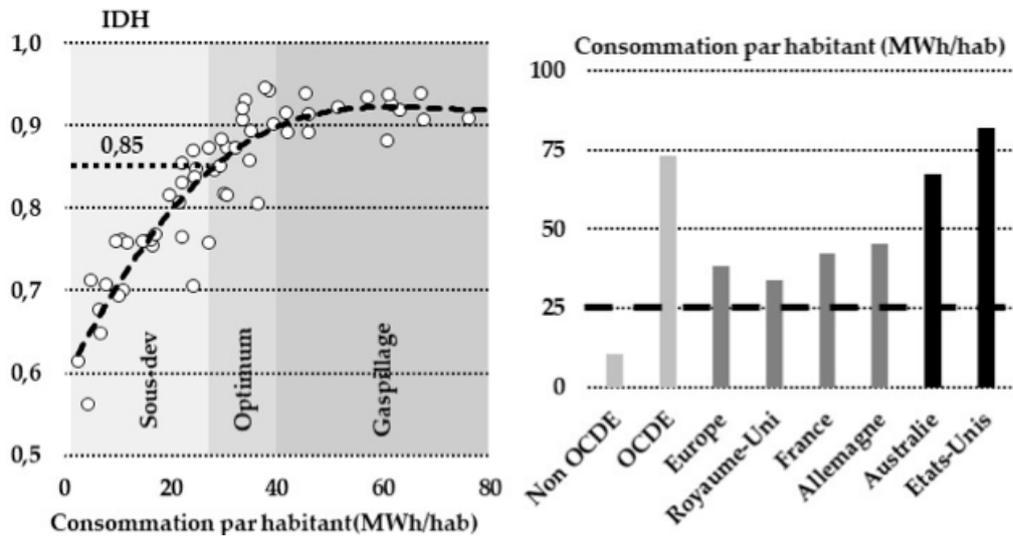
Préserver le développement humain dans les pays riches et le déployer dans les pays pauvres repose sur deux piliers : un catalyseur technologique et un aliment énergétique. Toute politique **a-technologique** (renoncer au progrès technologique) et **sobriétiste**

(réduire de façon excessive et indifférenciée la consommation d'énergie) se traduira par une régression rapide du niveau de développement (baisse de l'espérance de vie, du niveau d'éducation, accroissement de la mortalité infantile, carence alimentaire).

Figure 6 – Gauche - IDH fonction de la consommation énergétique

Droite : Consommation par habitant de divers pays

Source des données : ONU, Banque Mondiale & Energy Institute



Selon différentes sources^{45,46} accéder à un niveau correct de développement requiert un minimum de 28 MWh/hab, valeur confirmée sur la **Figure 6 - gauche** (il correspond à un Indice de Développement Humain⁴⁷ de 0,85). Si le Français reste raisonnable (40 MWh/hab - **Figure 6 - droite**), la moyenne des pays de l'OCDE (52 MWh/hab) atteint près du double du seuil. Et que dire de l'Australien (70 MWh/hab) et de l'Américain (80 MWh/an) qui, pour des niveaux de développement équivalents, consomment le double de l'Hexagonal. Notre société de croissance actuelle est donc loin d'être optimisée quant à sa consommation d'énergie.

Une équation démographique impossible

Les pays émergents représentent aujourd'hui 84% de la population mondiale⁴⁸. Ils consomment 61% de l'énergie⁴⁹, 82% du charbon et 54% du pétrole et émettent 67% des GES. Et pourtant, avec en moyenne 15 MWh/hab, ils consomment la moitié du seuil énergétique de développement. Compte tenu du rapport démographique écrasant, la baisse de la consommation dans les pays de l'**OCDE ne pourra compenser** l'accroissement de la consommation des émergents souhaitant légitimement poursuivre leur développement. En extrapolant les tendances des 20 dernières années, l'Institut

Sapiens⁵⁰ a montré qu'en 2050 la consommation d'énergie des pays de l'OCDE serait en moyenne de 38 MWh/hab (-27%) tandis que celle des pays émergents atteindrait 20 MWh/hab (+33%). Compte tenu de l'évolution démographique 2050 ces valeurs conduisent à une augmentation nette de la consommation mondiale d'énergie de 30%.

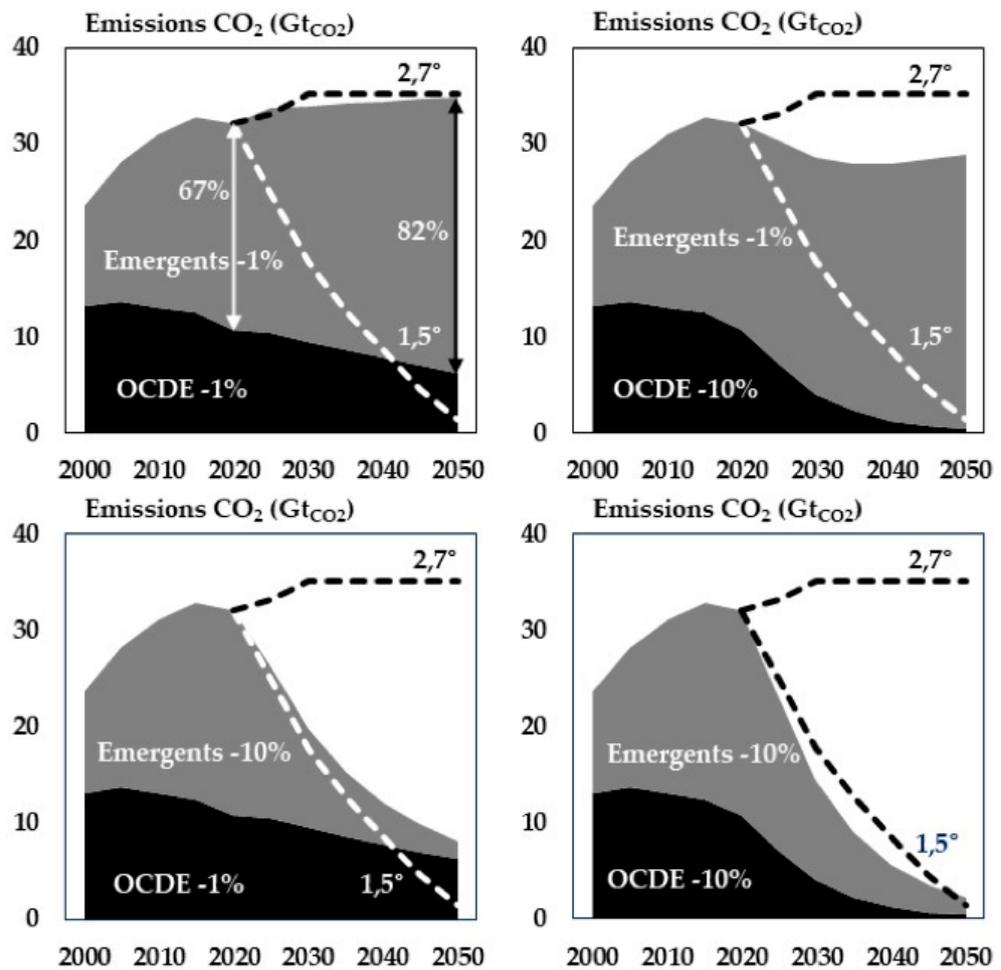
Côté émissions, satisfaire les Accords de Paris⁸ demanderait à chaque terrien de réduire ses émissions à 2 t_{CO2}, soit la valeur actuelle...des pays africains les plus pauvres. Selon le consultant Carbone 4⁵¹ cet objectif réclamerait au citoyen Français des actions *héroïques* (devenir végétarien, ne plus prendre l'avion, ne plus utiliser de voiture thermique, changer sporadiquement de vêtements) ainsi que des investissements individuels (élimination de chaudières thermiques, achat de voiture électrique) et collectifs (décarbonation du tertiaire, de l'industrie, de l'agriculture, du fret, des services publics) démesurés. Investissements ruineux couplés à l'arrêt de nombreuses activités économiques non-essentiels (tourisme, construction automobile, transport aérien, activités agro-alimentaires), satisfaire les **Accords de Paris** à marche forcée plongerait les pays de l'OCDE dans une récession structurelle synonyme de **pauvreté** et de **troubles sociaux**.

En phase avec le scénario central de l'AIE⁵², l'extrapolation de la trajectoire actuelle conduit au scénario SSP2 - 4,5 du GIEC soit à un réchauffement moyen de 2,7° à l'horizon 2100 (Figure 7 - haut gauche). Si une décarbonation à marche forcée des pays de l'OCDE (Figure 7 - haut droite) ne change pas fondamentalement la situation, en revanche une décarbonation très rapide des pays émergents (Figure 7 - bas gauche) permet de se rapprocher des Accords de Paris.

8 Ces 2 t_{CO2} en 2050 sont nécessaires pour maintenir la température entre 1,5° et 2° en 2100

Figure 7 – Emissions 2050 suivant la vitesse de décarbonation

Source des données ONU, GIEC & Energy Institute



C'est ici que la morale des émissions passées pourrait éventuellement se traduire en action pratique. Selon l'économiste britannique Nicholas Stern⁵³, ce schéma nécessiterait un **transfert massif** de 2500 G\$/an des pays OCDE (soit l'équivalent de 4% du PIB) vers les émergents. Un tel transfert plongerait les pays développés en récession structurelle.

La problématique climatique se trouve donc dans les mains de pays **émérgents** dont la priorité est le **développement**⁵⁴ et non la lutte contre le réchauffement climatique. Les politiques publiques de décarbonation engagées dans les pays de l'OCDE permettront au mieux de stabiliser les émissions de GES au niveau actuel voire un peu en dessous (31 Gt_{CO2}/an contre 35 Gt_{CO2}/an aujourd'hui).

En revanche, la **neutralité carbone mondiale** requise par les Accords de Paris apparaît aujourd'hui comme **utopique**, un constat implicitement reconnu par la Chine⁵⁵ et l'Inde⁵⁶ annonçant au mieux une baisse de leurs émissions à partir de 2030 et une neutralité carbone entre 2060 et 2070.

Le retour à un monde multipolaire

La chute de l'Union-Soviétique avait sonné le glas du monde **bipolaire** de la guerre froide et nous avait donné l'espoir quant à l'émergence d'un monde **multilatéraliste** reposant sur le modèle occidental. Emergence d'une détente politique avec un ordre mondial pacifié, émergence d'une mondialisation économique accueillant les grands pays émergents dans le cercle restreint des pays développés. A la suite d'une cascade d'événements⁹, ce Monde a progressivement volé en éclat et un nouvel ordre mondial tripolaire a émergé.

L'Europe est aujourd'hui prise en étau entre les Etats-Unis et une alliance élargie menée par la Russie, l'Inde et la Chine avec comme principal dessein d'offrir aux Emergents une alternative crédible. Depuis l'invasion Russe de l'Ukraine, la tendance s'est fortement accentuée⁵⁷.

Initialement de nature économique et commerciale, la concurrence de la Chine a pris une forme radicalement nouvelle. De concurrent économique, l'Empire du Milieu est devenu un rival systémique de l'Occident. Ce nouveau statut s'exprime notamment par une forte présence militaire en mer de Chine méridionale, via l'ambition non dissimulée de prendre le contrôle de Taiwan ainsi que par une présence navale croissante en Afrique. L'annonce d'une coopération militaire chinoise avec la Russie et la Corée du Nord⁵⁸ n'est pas particulièrement rassurante.

Peu de gens connaissaient l'**Organisation de Coopération de Shangai**⁵⁹. Créée en 2001 par la Chine, la Russie et quatre anciennes Républiques Soviétiques d'Asie Centrale, l'OCS a été élargie en 2016 à l'Inde et au Pakistan puis en 2021 à l'Iran. Consécutives à l'effondrement de l'URSS, elle représente l'un des fers de lance de la géopolitique Russe. Elle s'inscrit dans sa volonté de s'éloigner de l'Occident et de se tourner vers l'Asie. Largement renforcée par Vladimir Poutine dans les années 2010, son périmètre englobe le nucléaire civil, l'exploitation des ressources énergétiques, l'industrie de l'armement et le commerce. Si l'OCS ne pèse économiquement que pour la moitié de l'OTAN, sur le plan démographique l'organisation regroupe 40% de la population mondiale et cumule sur le plan militaire 4,5 millions d'hommes, 12500 chars et près de 9000 avions. Quatre membres (Russie, Inde, Pakistan et Chine) disposent de l'arme nucléaire. Mais surtout l'OCS compte pour 31% de la production gazière, 23% de la production pétrolière, 67% de la production charbonnière, 50% de la production Uranifère, 67% des réserves de graphite et 64% des réserves de métaux rares.

⁹ Twin Towers, crises des subprimes, printemps Arabe, guerre en Syrie contre l'État islamique, accession de Xi Jinping et Donald Trump à la présidence de la Chine et des États-Unis, occupation de la Crimée puis invasion de l'Ukraine par la Russie

Créés en 2011 et beaucoup plus connues de l'opinion publique, les **BRICS** (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud) seront élargies au premier janvier 2024 à l'Iran, l'Argentine, l'Égypte, l'Éthiopie, l'Arabie Saoudite et les EAU. De nombreux autres pays parmi lesquels l'Algérie, la Bolivie, l'Argentine, la Biélorussie, Cuba, l'Indonésie, le Kazakhstan, le Koweït, le Nigeria et le Vietnam ont officiellement déposé leur candidature.

La résolution de l'ONU⁶⁰ condamnant l'invasion russe en Ukraine fût un révélateur évident de ce nouvel ordre mondial. Si elle fut soutenue par 141 pays (dont tous les pays de l'OCDE), le total rejet + abstention représente plus de 60% de la population mondiale. Hormis le Brésil aucun pays des BRICS et de l'OCS n'a voté en faveur de la résolution.

Formulé dans ***La Fin de l'Histoire***⁶¹ par le célèbre géopoliticien américain Francis Fukuyama, le consensus sur la Démocratie Libérale et les valeurs occidentales imaginé après la chute de l'Union Soviétique n'est pas pour demain. Nous assistons au contraire à un affaiblissement des Démocraties face aux Régimes Autocratiques. En parallèle, des politiques protectionnistes et identitaires émergent au sein des pays occidentaux. Face à Fukuyama c'est le livre clé de JF Revel ***Comment les Démocraties Finissent***⁶² qui est redevenu d'actualité !

Déjà complexe dans un monde multilatéraliste, l'équation climato-énergétique devient pratiquement insoluble dans cette nouvelle logique de blocs. Les récentes victoires électorales de Javier Milei⁶³ en Argentine et de Geert Wilders⁶⁴ aux Pays-Bas, tous deux réputés climato-sceptiques, confirment aussi cet effondrement du multilatéralisme au sein des démocraties occidentales. Wilders appelle notamment à davantage d'extraction de pétrole et de gaz en Mer du Nord, souhaite le maintien des centrales au charbon et au gaz. Il est en revanche favorable à la construction rapide de nouvelles centrales nucléaires.

Ce changement inexorable de paradigme associé à une équation démographique quasi insoluble rend aujourd'hui caduques des Accords de Paris imaginés dans un monde multilatéraliste. Un constat implacable partagé par de nombreux décideurs⁶⁵. Rien ne sert de s'y accrocher désespérément comme le font COP après COP tous les pays européens ainsi que de nombreuses ONGs environnementalistes. Cette situation kafkaïenne fausse le débat, démoralise les forces vives (citoyens, entreprises, pouvoirs publics) et freine nombre d'actions positives nécessaires à la lutte contre le réchauffement. D'objectifs ambitieux résultent toujours motivation et dépassement de soi, d'objectifs irréalisables découragement,

inertie et immobilisme. Il est donc indispensable de revoir au plus vite et en profondeur ces Accords de Paris afin de proposer au Nouveau Monde un planning réaliste à la fois sur les plans technique, économique et sociétal. 2024 pourrait être une année décisive dans le cas d'une double victoire des conservateurs au suffrage européen de juin et aux élections américaines de novembre 2024.

Il existe deux leviers pour lutter contre le réchauffement climatique : d'une part en **atténuer** les effets en réduisant les émissions de GES, d'autre part s'**adapter** aux conséquences météorologiques et climatiques que le réchauffement induit (montée du niveau de la mer, fonte des glaces, sécheresses, vagues de chaleur, tempêtes, inondations, feux de forêt...). Contrairement aux mesures d'atténuation qui doivent être **mondiales** (les GES n'ont pas de frontières !) les mesures d'adaptation sont principalement **territoriales**. La difficulté évidente à trouver un consensus mondial quant aux politiques d'atténuation devrait au cours des prochaines décennies largement **renforcer** les **politiques d'adaptation** beaucoup plus simples à mettre en œuvre.

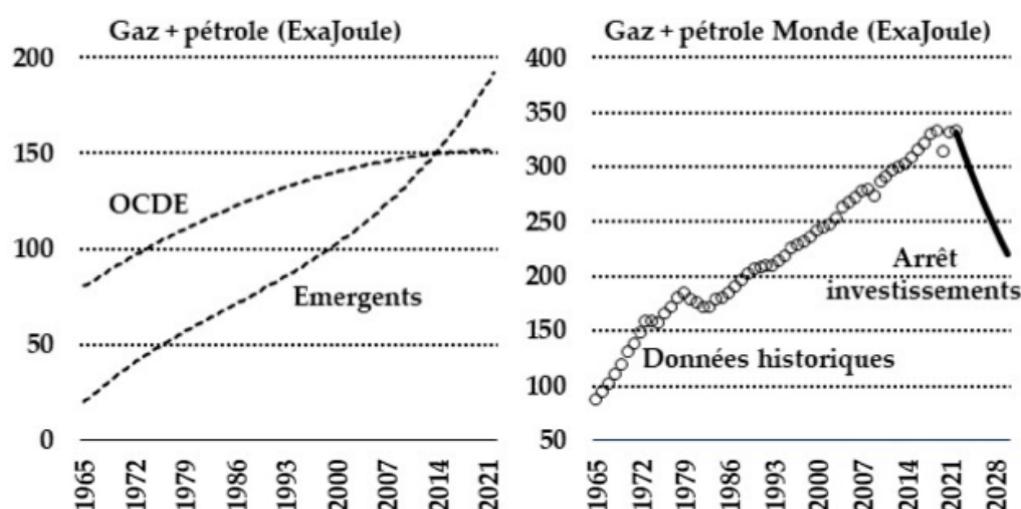
4. Sur l'atténuation du réchauffement climatique

Le réchauffement climatique reposant principalement sur les émissions anthropiques liées à la consommation des combustibles fossiles, c'est en réduisant leur utilisation qu'on pourra l'atténuer à terme.

Figure 8 – Historique de la consommation d'hydrocarbures

Gauche : trends OCDE & Emergents - Droite : Monde

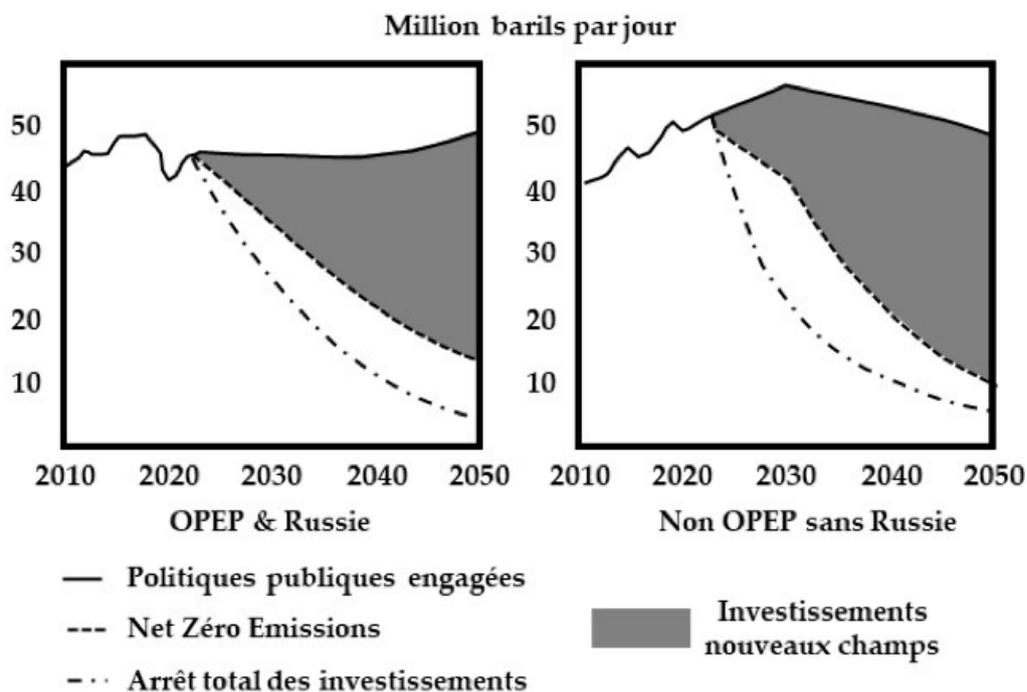
Source des données Energy Institute⁶⁶



Toutefois, compte tenu de la part écrasante des fossiles dans le mix énergétique mondial et de leur croissance continue dans les pays émergents (**Figure 8 - gauche**) ce déclin sera lent. Aussi, l'**arrêt** de tout **investissement** dans les **hydrocarbures**⁶⁷ est totalement **irréaliste** dans la mesure où la production des champs pétroliers et gaziers déclinent naturellement de 4% à 6% par an. Sans nouveaux développements, la planète verrait son approvisionnement en gaz et en pétrole s'assécher rapidement (**Figure 8 - droite**).

Figure 9 – Consommation prospective de pétrole horizon 2050
politiques engagées et scénario net zéro émissions

Source des données AIE - WEO 2023⁸⁸



Les scénarios de l’AIE¹⁰ (politiques publiques engagées et scénario promesses) prédisent un mix énergétique mondial 2050 renfermant encore 40% à 60% de fossiles : peu de charbon, moins de pétrole mais encore beaucoup de gaz naturel. Comme le confirme la **Figure 9**, les politiques aujourd’hui engagées calquées sur la vision actuelle de la demande mais aussi le scénario « *promesses* » requièrent de continuer à investir dans de nouveaux champs. Même le scénario NZE (Net Zéro Emissions) en pratique irréaliste demanderait à minima de poursuivre les investissements dans les champs existants.

Arrêter les investissements limiterait la consommation par l’*offre* et donc par les **prix** qui en quelques mois aboutiraient à des niveaux jamais atteints. Une situation socialement explosive et politiquement inenvisageable quand on se remémore le mouvement des **Gilets Jaunes**. Une telle rupture structurelle (les projets arrêtés ne pourraient être relancés rapidement) aurait de surcroît des conséquences géopolitiques imprévisibles. En conséquence, la réduction de la consommation ne pourra se faire que par la **demande**. Il existe trois leviers complémentaires pour réduire la demande en combustibles fossiles :

10 Agence Internationale de l’Energie

1. **optimiser** la consommation en améliorant l'efficacité énergétique
2. **décarboner** progressivement les usages (habitat, transports et industrie) en remplaçant les d'équipements thermiques par des équipements électriques (incluant l'hydrogène vert) à condition que l'électricité soit elle-même décarbonée
3. pour les usages non électrifiables, **substituer** aux hydrocarbures des carburants synthétiques fabriqués à partir d'hydrogène et de CO₂, des combustibles tirés de la biomasse (biocarburants pour les transports, bois ou biogaz pour la chaleur dans l'habitat) ou encore de la chaleur décarbonée issue de cogénération nucléaire

S'il n'y a pas de barrière technologique à la mise en œuvre de ces trois leviers il existe de très fortes contraintes quant à une production suffisante d'électricité décarbonée et de biomasse pour remplacer les énergies fossiles. Ceci confirme que la **transition énergétique** n'est pas fondamentalement **technologique** mais un problème de **mise à l'échelle**. Bien que s'appliquant à la France, les propositions ci-dessous peuvent s'extrapoler à l'ensemble des nations européennes.

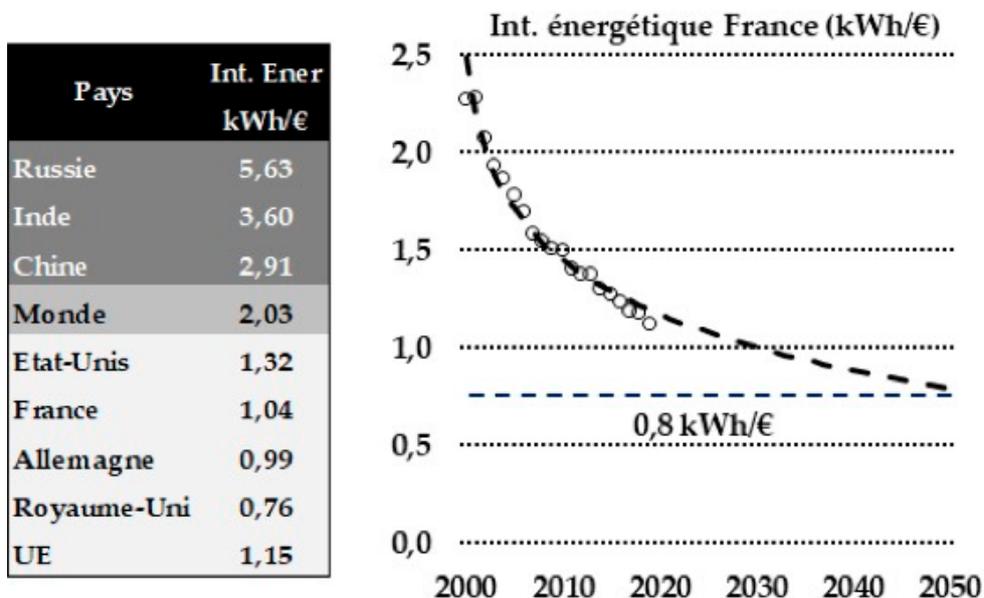
Optimiser la consommation d'énergie

En termes de consommation d'énergie, il faut différencier la **sobriété** (réduction volontaire de la consommation ou réduction d'un usage sous contrainte économique via un signal prix) de l'**optimisation** (réduction de la consommation par amélioration de l'efficacité énergétique à usage constant voire croissant et sans contrainte économique). Le paramètre pertinent pour caractériser l'efficacité énergétique d'une économie est l'**intensité énergétique** : plus on améliore l'**efficacité énergétique**, plus on diminue l'intensité énergétique. Rapportant la consommation d'énergie primaire au PIB, elle s'exprime en kWh/€. Une économie performante produisant le maximum de richesses avec un minimum d'énergie se traduit par une intensité énergétique aussi faible que possible. Toutefois, la production de richesses n'étant pas possible sans énergie, il existe un seuil minimum d'intensité énergétique en dessous duquel la croissance économique n'est plus possible. Par extrapolation des courbes historiques, ce seuil est de l'ordre de 0,6 kWh/€. Au sein de l'OCDE, les grands pays européens sont particulièrement performants en termes d'intensité énergétique. Ainsi la France et l'Allemagne ont une intensité énergétique proche de 1 kWh/€ tandis que le Royaume-Uni est descendu sous les 0,8 kWh/€ (**Figure 10 - gauche**)

Figure 10 – Intensité énergétique 2022 dans différents pays.

Evolution de l'intensité énergétique en France depuis 2000

Source des données Energy Institute & World Bank



Si la moyenne mondiale est aujourd'hui de l'ordre de 2 kWh/€, il existe une forte hétérogénéité entre les pays de l'OCDE (tous en dessous de la moyenne mondiale) et les pays émergents (tous au-dessus de la moyenne mondiale). Ainsi, en 2022 pour produire la même quantité de richesses, un Russe consommait 5,5 fois plus d'énergie qu'un Français, un Indien 3,6 fois plus et un Chinois 2,9 fois plus. Si ce grand écart se justifie en partie par la **délocalisation** industrielle, l'**inefficacité énergétique** des usages y prend une place prépondérante : habitat mal isolé, parc de véhicules mal entretenu, outil industriel obsolète.

Si, les **grandes réserves** d'intensité énergétique se trouvent dans les pays **émergents**, l'OCDE a encore des marges significatives d'amélioration. La poursuite de la courbe d'apprentissage 2000-2019 de la France (**Figure 10 - droite**) conduit à une valeur de 0,8 kWh/€ à l'horizon 2050.

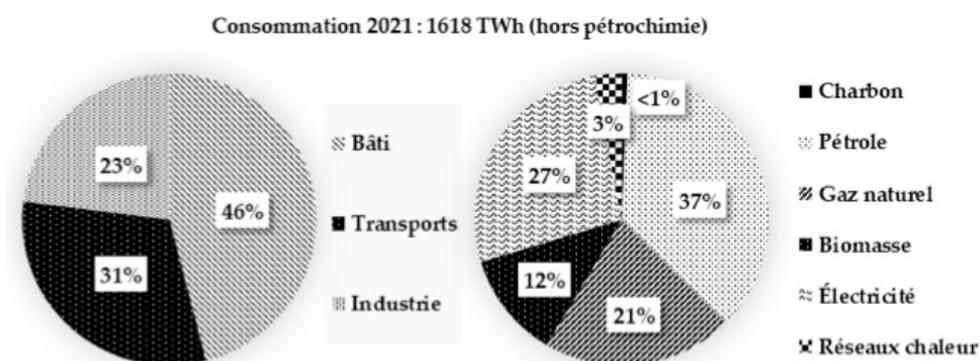
En assurant jusqu'en 2050 une croissance comprise entre 1% et 1,5% par an (le minimum dans un schéma de réindustrialisation), la France pourrait ainsi réduire sa consommation d'énergie finale (1618 TWh¹¹ en 2022⁶⁹ - **Figure 11**) de **15%** (1400 TWh avec une intensité énergétique de 0,85 kWh/€) à **25%** (1200 TWh avec une intensité énergétique de 0,75 kWh/€). Ces cibles sont bien supérieures à l'objectif de **40%** d'économies du PPE (970 TWh voir 900 TWh dans la nouvelle *Stratégie française pour l'Energie et le Climat* récemment mise en consultation⁷⁰) incompatible avec la poursuite d'une croissance au-delà de 2040. Acceptant de facto une

11 Usages énergétiques auxquels il faut ajouter 155 TWh d'usages non énergétiques (pétrochimie)

récession économique, cet objectif de sobriété ne permettrait pas la réindustrialisation souhaitée. Il pourrait même à moyen terme décourager les investisseurs industriels pour qui la garantie d'un accès à l'énergie reste une clé.

Figure 11 – Consommation 2021 par usage¹² et par type d'énergie.

Source des données INSEE



L'Institut Sapiens a retenu une **énergie finale 2050 de 1200 TWh**. Cette valeur prospective est utile pour situer notre projet par rapport à la loi climat en vigueur. Toutefois, cette cible ne doit pas être un totem, l'objectif premier étant la baisse de l'intensité énergétique et non de la consommation d'énergie finale. Optimiser la consommation d'énergie repose à la fois sur des moyens **technologiques** et **comportementaux** dans le bâti, la mobilité et l'industrie¹³.

Le bâti au sens large (résidentiel/secondaire/tertiaire) représentait en 2022 46% de la consommation d'énergie finale (**Figure 11 - gauche**). Sur le plan technique **l'isolation** est le principal levier pour y réduire la consommation d'énergie. Les études⁷¹ montrent toutefois que l'isolation doit rester raisonnable : vouloir transformer une passoire énergétique E/F/G en un logement A/B est une hérésie économique associée à un temps de retour sur investissement souvent supérieur à 50 ans.

La réduction de la consommation dans le bâti passe aussi par la réduction drastique du Taux d'Occupation Énergétique¹⁴ dans le tertiaire énergétisé 80% du temps mais occupé moins de 40% du temps. La meilleure gestion de l'éclairage et du chauffage la nuit sont des leviers simples et extrêmement efficaces. Sa mise en œuvre durant l'hiver 2022-2023 pour pallier le manque de gaz Russe après

12 Le bâti inclut le résidentiel, le secondaire et le tertiaire. L'industrie inclut l'agriculture et la pêche

13 Intégrant l'agriculture et la pêche

14 Le Taux d'Occupation Énergétique mesure l'énergie consommée dans un bâtiment rapportée à la consommation théorique pour une occupation à 100%. Un important écart entre l'occupation énergétique et l'occupation physique est un signe de gaspillage.

le déclenchement du conflit Russo-Ukrainien a clairement démontré son efficacité.

Les nouvelles mesures gouvernementales interdisant depuis début 2023 la remise en location de passoires énergétiques (classes F et G)⁷² sera étendue à partir de 2028 aux beaux existants. Bien que reposant sur le bon sens, ce texte risque d'assécher le marché locatif destiné aux classes populaires démunies. Compte tenu du coût exorbitant de la rénovation thermique et du temps de retour sur investissement, nombre de propriétaires risquent soit de laisser leurs biens vacants soit de les rénover en augmentant significativement les loyers. Cette fausse bonne idée énergétique pourrait s'avérer socialement désastreuse.

En 2022, les **transports** représentaient en France 31% de la consommation d'énergie finale (**Figure 11 - gauche**). Malgré sa réduction attendue au profit de la mobilité électrique, le moteur thermique continuera d'occuper le panorama automobile durant de nombreuses années notamment en rapport aux biocarburants et carburants synthétiques. Diminuer **la consommation des voitures thermiques** doit pour cette raison rester un objectif majeur pour réduire la consommation mondiale de pétrole. En jouant sur la vitesse, le poids, les frottements et le digital, il est possible de diminuer de moitié la consommation des voitures thermiques pour viser les 3 l/100km. Malheureusement le projet européen (dont nous reparlerons) d'interdire la vente de voitures thermiques neuves à partir de 2035 n'encourage pas les constructeurs à investir.

Déplacer le **fret routier** vers le **fret ferroviaire** voire **vers le fret fluvial** est un autre levier majeur de réduction de la consommation pétrolière dans les transports : une **tonne marchandise** transportée par train consomme **huit fois moins d'énergie** que transportée par camion⁷³. Faire progresser à l'horizon 2050 la part modale du fret ferroviaire de 10% à 25% permettrait de réduire la consommation de pétrole de 10%. Le développement des transports en commun (ferroviaire suburbain, tramway, TGV) ainsi que d'autres leviers comportementaux moins significatifs (écoconduite, pratique du vélo, meilleure occupation des véhicules individuels, télétravail, coworking, ubérisation du covoiturage) contribueront également à cette optimisation.

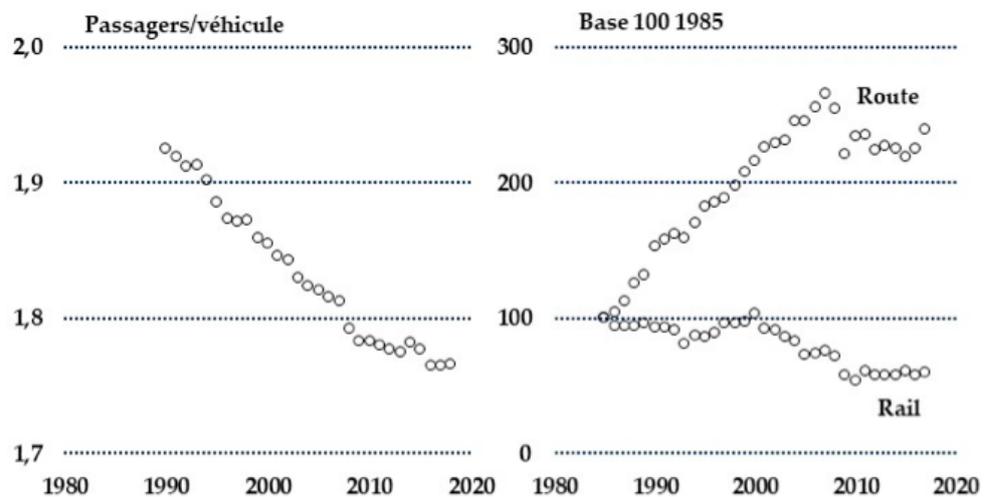
De nombreux indicateurs vont malheureusement dans le mauvais sens. Ainsi, malgré l'encouragement au covoiturage, le nombre de passagers par voiture s'est réduit de 10% au cours des trente dernières années (**Figure 12 - gauche**) tandis que le fret ferroviaire s'est massivement déplacé vers la route (**Figure 12 - droite**). On peut également déplorer l'explosion du nombre de SUV (ils représentent

aujourd'hui 40% du parc automobile) dont les propriétés aérodynamiques sont déplorables ainsi que le net accroissement du poids des voitures (+20% depuis le début du siècle). En revanche, les mesures coercitives visant à interdire les véhicules thermiques dans les grandes villes (ZFE – Zones à Faibles Emissions), risquent de pénaliser la vie des citoyens ne pouvant se passer de leur voiture pour venir travailler⁷⁴. Ce sont sans surprise les plus modestes qui trinqueront !

Figure 12 - Gauche – remplissage des véhicules individuels

Droite – Evolution du fret routier et ferroviaire

Source des données INSEE



L'**Industrie** (incluant l'agriculture et la pêche) représentait en 2022 23% de la consommation d'énergie (**Figure 11 - droite**). Si elle n'a pas attendu la transition énergétique pour optimiser sa consommation (notamment grâce au digital), il reste encore d'importants gisements d'économies notamment dans la réduction du suremballage, la promotion d'une économie circulaire rentable et un localisme intelligent promouvant un juste équilibre local/régional/national/mondial. Le localisme n'est toutefois pas une solution universelle.

Electrifier les usages

La décarbonation des usages consistera à massivement électrifier le bâti, la mobilité et l'industrie en remplaçant nombre d'équipements thermiques par des équipements électriques. Pour les usages difficilement électrifiables, les équipements thermiques (chaudières, véhicules) subsisteront.

L'énergie dans le **bâti** est essentiellement consommée sous forme de chaleur (chauffage, eau chaude et cuisson des aliments) où elle

représente 85% de l'énergie consommée. Le gaz joue aujourd'hui un rôle prépondérant et le fioul un rôle secondaire. La décarbonation reposera sur la substitution des chaudières thermiques gaz & fioul par des Pompes à Chaleur (PAC), des chauffe-eaux thermodynamiques et des plaques de cuisson électriques (induction et vitrocéramiques). Surtout applicable dans des régions plus chaudes (Sud de la France) et pour des enveloppes volumétriques (chauffage au sol), la PAC n'est pas une solution universelle. Dans le cas de contrées plus froides (Nord de la France) et de chauffages ponctuels par radiateurs, le coefficient de performance peut s'avérer modeste et conduire à une consommation rédhitoire d'électricité et un confort médiocre.

Le pétrole représentant à ce jour 92% de la consommation d'énergie dans les **transports**, la décarbonation y est loin d'être acquise. D'autant que le principal vecteur proposé (le **véhicule électrique** à batterie) n'est pas non plus universel. L'électromobilité est bien adaptée pour les **trajets individuels quotidiens** (<150 km par jour) qui représentent 75% des km parcourus. Ce champ d'application prioritaire devrait permettre à l'horizon 2050 de réduire d'un tiers la consommation actuelle de pétrole dans les transports.

En revanche les **longues distances** et les **fortes puissances** (camions/bateaux/avions) s'avèrent mal adaptées à la mobilité électrique. L'équipement en bornes électriques dans les métropoles (immeubles), les régions périurbaines et les campagnes est une priorité. Elle ne semble pourtant pas entendue par les pouvoirs publics encourageant les distributeurs à équiper le réseau autoroutier de bornes de forte puissance (>200 kW). D'autant que les prix pratiqués sur les stations d'autoroute sont, en raison de l'accroissement des prix de l'électricité et du montant très élevé des investissements, devenus presque rédhitoires⁷⁵ avec un prix aux 100 km souvent supérieur à celui des carburants pétroliers. Les grandes métropoles ne sont pas en reste. En cumulant le prix très élevé du kWh et le prix du parking en journée on atteint parfois 3 € le litre équivalent. Pour les longues distances et les fortes puissances (poids lourds, avions et bateaux) l'hydrogène est la solution électrifiable alternative. Pour autant peut-il satisfaire les futurs volumes demandés ?

Rappelons que l'**hydrogène bas carbone** est fabriqué à partir de l'électrolyse de l'eau et nécessite des quantités significatives d'électricité. Le véhicule à hydrogène a l'avantage de contourner les deux inconvénients majeurs du véhicule électrique à batterie : l'autonomie (une voiture à hydrogène peut aisément rouler 600 km avec un réservoir plein) et le temps de charge (on fait le plein d'hydrogène aussi vite que le plein d'essence). En revanche et compte tenu des transformations successives (l'hydrogène est retransformé en électricité dans la voiture grâce à une Pile à

Combustible) le rendement final est très faible (<30%). Le véhicule à hydrogène est par ailleurs très onéreux avec un premier prix à 70 000 euros⁷⁶ pour un véhicule routier (contre 45 000€ pour un véhicule électrique à batterie⁷⁷ comparable et 30 000€ pour une routière thermique) tandis que le kilo d'hydrogène (autonomie de 100 km) est vendu entre 2€ et 2,5€ le litre d'essence équivalent. Ceci est notamment dû au coût très élevé du stockage et de la distribution¹⁵ : une pompe à hydrogène coûte un million d'euros contre moins de cent mille pour une pompe à essence. Largement subventionné par les pouvoirs publics et l'UE, l'hydrogène devrait voir son prix significativement se réduire au cours des prochaines années. Toutefois, la filière s'appliquera d'abord aux poids lourds, aux bus et aux cars dont les grosses compagnies pourront fabriquer et distribuer elles-mêmes leur propre hydrogène. En revanche, sa percée massive pour des véhicules individuels n'est pas attendue avant le début des années 2040 dans la mesure où il faudra disposer d'un réseau de distribution suffisant (plusieurs milliers de points de vente sur le territoire français). Enfin, bien que la technologie soit mature (réservoirs triple coques), il ne faut pas occulter à l'opinion publique les risques incendie/explosion inhérents à l'hydrogène.

Rentabilité oblige, **l'industrie** est l'usage énergétique le plus avancé dans le domaine de la décarbonation. 50% de l'acier produit aujourd'hui en Europe est de l'acier recyclé à l'électricité. Si l'électrification des filières énergétiques (sidérurgie, non-ferreux, verrerie, cimenterie) s'avère possible grâce au **four à arc électrique**, certaines industries comme le ciment et l'acier n'émettent pas seulement du CO₂ par combustion d'énergies fossiles mais surtout via les procédés utilisés : réduction du minerai de fer au charbon en sidérurgie, transformation du calcaire en chaux dans l'industrie cimentière. Si l'on peut décarboner la sidérurgie grâce à **l'hydrogène** (projet HYBRIT⁷⁸), il sera en revanche très compliqué de fabriquer du ciment sans calcaire. La décarbonation totale de l'industrie apparaît donc illusoire.

Alors qu'au cours des 30 dernières années le Vieux Continent a délocalisé une partie significative de son industrie lourde vers les pays émergents, l'Europe en général et la France en particulier souhaitent se **réindustrialiser**. En France, la part de l'Industrie est ainsi tombée de 23% en 1990 à 12% du PIB en 2022 avec une consommation d'énergie réduite à 330 TWh dont 50% de fossiles⁷⁹. Comme nous l'avons déjà précisé, la décarbonation européenne et la réduction de son intensité énergétique sont partiellement liées à cette désindustrialisation. Réindustrialiser la France ne se fera donc pas sans effet sur la consommation d'énergie finale et les émissions du pays. Pourtant, le projet de loi pour l'industrie

15 Le coût de production d'un kg d'hydrogène décarboné est de l'ordre de 6 euros

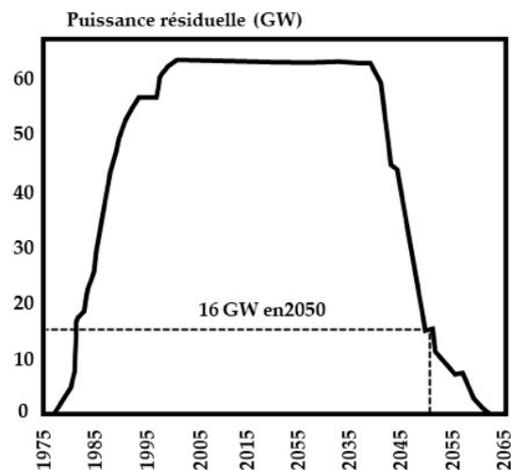
verte⁸⁰ **amalgame naïvement réindustrialisation et décarbonation.** La réindustrialisation veut en priorité se tourner vers la fabrication d'équipements verts : batteries, piles à combustible, pompes à chaleur, panneaux solaires, éoliennes. Elle passe consciemment sous silence la fabrication très énergétivore mais aussi fortement émettrice de ces équipements. Elle fait volontairement abstraction que le gaz jouera dans les années à venir un rôle significatif dans l'industrie et la croissance de la consommation électrique. Plutôt que de poursuivre un « en même temps » systémique, l'Exécutif devrait se rappeler que nous sommes en termes d'émissions l'un des meilleurs élèves mondiaux, déconnecter les mots industrialisation et décarbonation et se rappeler au passage que, sauf exception, industrie et environnement ne font pas toujours bon ménage.

Produire un maximum d'électricité décarbonée

Au cours des dernières années, la France a produit en moyenne 535 TWh d'électricité, en a consommé 470 TWh (27% de la consommation d'énergie finale) et en a exporté 45 TWh vers ses voisins européens¹⁶. Ces valeurs ont été quelque peu perturbées par la pandémie du COVID 19 en 2020 et 2021 et la hausse des prix en 2022 (baisse de la consommation) ainsi que par l'arrêt d'un certain nombre de réacteurs nucléaires en 2022 (baisse de la production). Le remplacement des équipements thermiques par des équipements électriques réclamera à l'horizon 2050 une demande électrique de **800 TWh** soit **66%** (contre 26% aujourd'hui) des 1200 TWh d'énergie finale. Le plan RTE publié début 2022 et repris par le Président de la République dans son discours de Belfort⁸¹ donne les bases du mix électrique 2050. Est-il pour autant réaliste ? Les hypothèses dont les suivantes :

Figure 13 – Puissance résiduelle du nucléaire historique

Source des données : RTE

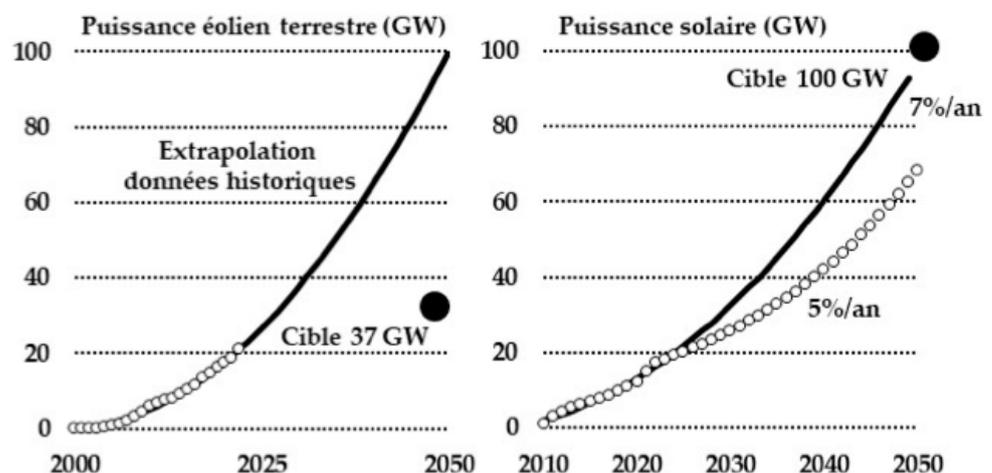


¹⁶ La différence entre production, consommation et exportations sont les pertes en ligne de l'ordre de 5% de la production

- Le plan de carénage (5 milliards d'euros par an) permettra de prolonger la durée de vie des réacteurs existant à **60 ans**. Aussi, seuls **16 GW** de nucléaire historique subsisteront en 2050 (**Figure 13**). Il serait possible d'accroître significativement cette puissance en portant cette durée de vie à **80 ans**, scénario envisagé aujourd'hui aux Etats-Unis⁸² mais pas en France. L'institut Sapiens conseille vivement d'étudier cette option.
- Accroissement marginal de la capacité hydroélectrique de 26 GW à **28 GW**
- Porter à **37 GW l'éolien terrestre** (contre 21 GW en 2022) paraît accessible au vu de la croissance passée (**Figure 14 - gauche**). Le problème sera surtout sociétal vis-à-vis de collectifs de riverains dont il faudra compenser la perte de la valeur foncière. Nous retiendrons ce chiffre de 37 GW.
- Porter à **100 GW le solaire photovoltaïque** (contre 17 GW en 2022) impliquerait un accroissement moyen de 7% par an (Figure 14 - droite). Malgré la croissance enregistrée au cours des dix dernières années, l'objectif paraît trop ambitieux sur le long terme. Une puissance de 70 GW correspondant à une croissance de 5% par an paraît plus raisonnable. Nous retiendrons le chiffre de **70 GW**.

Figure 14 – Cibles des puissances éoliennes terrestre (37 GW) et solaire (100 GW) à l'horizon 2050

Source des données : Energy Institute



- Porter à 40 GW l'**éolien marin** (et même 45 GW annoncés en novembre 2023 par le Président lors des dernières assises de la Mer⁸³) sachant qu'en 2023, le seul parc opérationnel - 0,48 GW - est celui de Saint Nazaire. 40 GW représenterait l'équivalent de **80 Saint-Nazaire soient trois par an** d'ici 2050. L'objectif n'apparaît pas atteignable d'autant que, compte tenu de l'étroitesse du plateau continental (<50 m d'eau) entourant les côtes françaises, le potentiel de l'éolien posé est au maximum de 15 GW⁸⁴. Au-delà, il faut recourir à l'éolien flottant deux fois plus coûteux que l'éolien posé. En accélérant les procédures et la fabrication on peut espérer au mieux une quinzaine de GW mais guère plus. D'autant que la durée de vie des éoliennes pose de sérieux problèmes techniques surtout en mer où les problèmes de corrosion sont particulièrement marqués (référence aux déboires de Siemens principal constructeur européen⁸⁵). Nous retiendrons donc **15 GW** d'éolien marin.
- Construire d'ici 2050 **14 EPR** (6 décidés + 8 en projet - **23 GW**) est un second défi considérable : cela fera en moyenne un EPR tous les deux ans à partir de 2037 (date de première mise en service) à comparer avec l'EPR de Flamanville (tête de série) qui aura demandé plus de 15 ans pour être opérationnel. L'excès de normes, les pertes de compétences et le manque crucial de ressources humaines (ingénieurs, soudeurs, tuyauteurs) sont les causes principales de ces retards. La reconstitution de la filière d'excellence demandera de nombreuses années d'autant que nombre d'écoles d'ingénieur sont gangrénées par les mouvements anti-nucléaires⁸⁶.
- Maintenir les 2 GW actuels de biomasse et développer 4 GW de SMR (petits réacteurs nucléaires – voir paragraphe suivant)

Considérant les facteurs de charge des différentes sources¹⁷ on arrive à satisfaire en lissage annuel des consommations finales respectives de 732 TWh (hypothèses de Belfort) et de **600 TWh** (hypothèses conservatrices de Sapiens sur le solaire et l'éolien marin) d'électricité décarbonée. En retenant les hypothèses Sapiens, les 800 TWh demandent donc **200 TWh** d'électricité gazière additionnelle (**Figure 15 haut**).

A cette puissance de base¹⁸, il faudra rajouter un back-up pilotable minimum pour satisfaire les pointes de consommation hivernales. Le doublement de la consommation ne signifie pas un doublement de la puissance, une partie significative des consommations nouvelles (hydrogène, industrie, véhicules électriques) pouvant s'effacer à la

17 Solaire 15%, éolien terrestre 24%, éolien marin 42%, hydroélectricité 27%, nucléaire historique 75%, EPR 80%, SMR 85% et gaz 70%

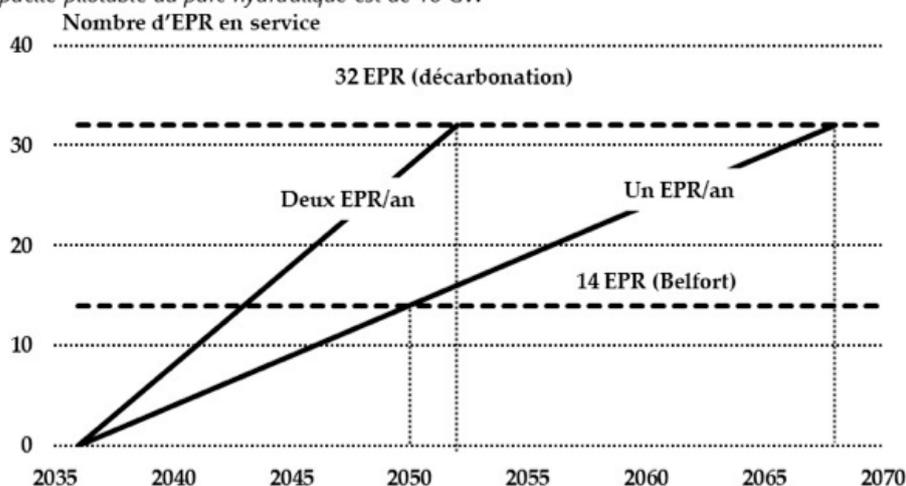
18 La capacité de pilotage de base = 16 GW hydraulique + nucléaire + biomasse + gaz

pointe. Dans la situation actuelle, les pointes hivernales dépassent couramment 80 GW (pointe historique de 102 GW en février 2012).

Figure 15 – Haut - Mix électrique 2050 : scénarios Belfort & Sapiens
Bas - Cible de décarbonation suivant la mise en service des EPR

Scénario	Belfort		Scénarios Sapiens			
	Capacité GW	Production TWh	Belfort ENR réduits Capacité GW	Belfort ENR réduits Production TWh	Décarbonation Capacité GW	Décarbonation Production TWh
	Production					
Hydraulique*	28	66	28	66	28	66
Biomasse	2	10	2	10	2	10
Eolien terrestre	37	81	37	81	37	81
Eolien marin	40	147	15	55	15	55
Solaire	100	131	70	92	70	92
Total renouvelables	207	436	152	304	152	304
Nucléaire historique	16	105	16	105	16	105
EPR	23	161	23	161	52	361
SMR	4	30	4	30	4	30
Total nucléaire	43	296	43	296	72	496
Total décarboné		732		600		800
Gaz	18	108	39	240	7	40
Total production		840		840		840
Dont pertes en ligne		40		40		40
Capacité pilotable base	79		100		97	
Back up pointe 110 GW	31		10		13	
	Consommation					
Finale		800		800		800
Dont gaz		68		200		0

* la capacité pilotable du parc hydraulique est de 16 GW



Principalement portée par les Pompes à Chaleur, la pointe hivernale accrue de 20% demanderait une capacité pilotable maximum de 110 GW (soit 10 GW supplémentaires). Cette puissance pilotable viendrait de Turbines Gaz Vapeur additionnelles. La demande 2050 nécessiterait donc 49 GW (39 GW de base + 10 GW de pointe) de TGV gaz.

Satisfaire une décarbonation totale nécessiterait en revanche de mettre en œuvre **32 EPR** (soit 52 GW) une cible aujourd'hui très éloignée des 14 EPR inscrites dans le plan actuel. Comme le montre la **Figure 15 bas**, Belfort correspond au rythme d'**une mise en service par an** à partir de 2037. En poursuivant sur cette lancée, la décarbonation totale ne serait pas atteinte avant 2068. Atteindre la neutralité électrique un peu après 2050, réclamerait de doubler ce rythme avec **deux mises en service par an**. Ce troisième scénario n'échappera pas à un reliquat de 40 TWh de gaz indispensable pour assurer les pointes hivernales.

Développer les SMR. Relancer le nucléaire de 4^{ème} génération

L'espoir se situe du côté des SMR⁸⁷, ces petits réacteurs à eau pressurisée (technologie commune aux réacteurs actuels et aux EPR) semblables à ceux qui propulsent les sous-marins et les porte-avions nucléaires.

La miniaturisation dans le civil ne pose pas de problème technologique particulier et on ne peut pas proprement parler d'une nouvelle génération de réacteurs. Les SMR permettent une production locale d'électricité et pourraient intervenir en lieu et place du gaz pour pallier les intermittences des renouvelables tout en produisant une électricité totalement décarbonée. Mais surtout, par rapport aux gros réacteurs nucléaires, ils permettent de passer du **mode projet** (construire un EPR sur site requiert des travaux titanesques de génie civil, de câblage et de tuyautage) au **mode industriel**. Les réacteurs étant directement assemblés en usine, les travaux sur site sont fortement simplifiés. Ils peuvent par ailleurs être produits à la chaîne. C'est d'ailleurs sur ce mode de production manufacturière que repose leur économicité. La création rapide d'un ou plusieurs champions accélérerait la décarbonation, limiterait les besoins en gaz et renforcerait la sécurité énergétique de la France.

L'initiative NUWARD⁸⁸ lancée par EDF en 2019 avec le CEA et Westinghouse Electric Company est certes une bonne nouvelle. Mais son ambition reste pour l'instant beaucoup trop timide notamment en termes de budget⁸⁹ (par rapport aux sommes colossales investies dans les énergies renouvelables). Par ailleurs, le segment de puissance (300 à 400 MW) en fait davantage un réacteur réseau qu'un réacteur totalement décentralisé. Bien que beaucoup plus simples par rapport aux EPR, les travaux sur site restent conséquents.

L'autre option concerne le nucléaire de **4^{ème} génération** (surgénération à neutrons rapides) abandonné à deux reprises sous la pression des Verts (projets Superphénix et Astrid). La surgénération utilise du **combustible usé** dont la France regorge à l'usine de retraitement de **la Hague**. Malheureusement, comme les EPR, la construction d'une centrale à surgénération est une opération de grande envergure nécessitant des travaux de génie civil et de tuyautage longs et coûteux. Aussi, même si la filière était relancée rapidement (ce qui n'est pas le cas aujourd'hui), les premiers MWh commerciaux seraient au plus tôt disponibles dans les années 2040 et ne pourraient que marginalement contribuer à la réduction de la part gazière. D'où l'intérêt d'associer **surgénération** et **SMR**.

Tel est le projet du **micro-surgénérateur à neutrons rapides** NAAREA⁹⁰. D'une puissance de 40 MW, il utilise du combustible nucléaire usagé de très longue vie (Uranium 238 et Plutonium 239). Produisant de l'électricité et/ou de la chaleur pilotable, il ferme complètement le cycle du combustible transformant le nucléaire en véritable **économie circulaire** : en réduisant très significativement la durée de vie du combustible usagé, il résout en grande partie la problématique cruciale du **stockage des déchets radioactifs** qui, sans surgénération, devront être enfouis dans le sous-sol pendant plusieurs milliers d'années (site CIGEO de l'ANDRA⁹¹).

La France a un avantage stratégique par rapport à ses voisins européens : les déchets radioactifs entreposés sur le site de la Hague pourraient satisfaire les besoins électriques de l'Hexagone durant plusieurs dizaines d'années. Au-delà de la décarbonation et du traitement des déchets, la surgénération permettrait à la France de recouvrer une partie de son indépendance énergétique. Enfin, refroidi par du sel fondu, il n'utilise pas d'eau ce qui exclut le risque d'explosion en cas de sous refroidissement.

Permettant de produire de l'énergie décentralisée, les micro-surgénérateurs ont vocation à être installés au plus près des entreprises voire des consommateurs. Pourraient-ils pour autant devenir les **meilleurs amis des renouvelables** ?

Le **PPE** ne considère aujourd'hui que **4 GW** de **SMR** (**Figure 15 - haut**). Si les premiers exemplaires sortent d'usine avant 2030, la micro-surgénération pourrait devenir une solution rapide et fiable pour réduire la part gazière dans la génération électrique. Pour autant, ils ne pourront pas mailler l'ensemble du territoire et prévenir la construction d'EPRs supplémentaires sur des sites déjà existants. Ainsi, l'emprise au sol de plusieurs gros SMR de type NUWARD peut s'avérer supérieure à celle d'un EPR. En dehors de leur fabrication se posera inéluctablement un problème crucial d'**acceptabilité sociétale** à laquelle il faut dès à présent réfléchir.

Quel rôle pour la biomasse et la cogénération ?

L'électricité couvrant à l'horizon 2050 800 TWh, les 400 TWh¹⁹ restants demeureront thermiques. Ils seront pour l'essentiel affectés à (1) du transport difficilement électrifiable/hydrogénable comme l'aérien et le maritime (2) de la chaleur dans l'habitat et le tertiaire là où les PACs ne s'appliquent pas et (3) des applications industrielles non électrifiables. Se pose donc la question cruciale de la part de la biomasse solide/liquide/gazeuse) dans cette énergie thermique résiduelle :

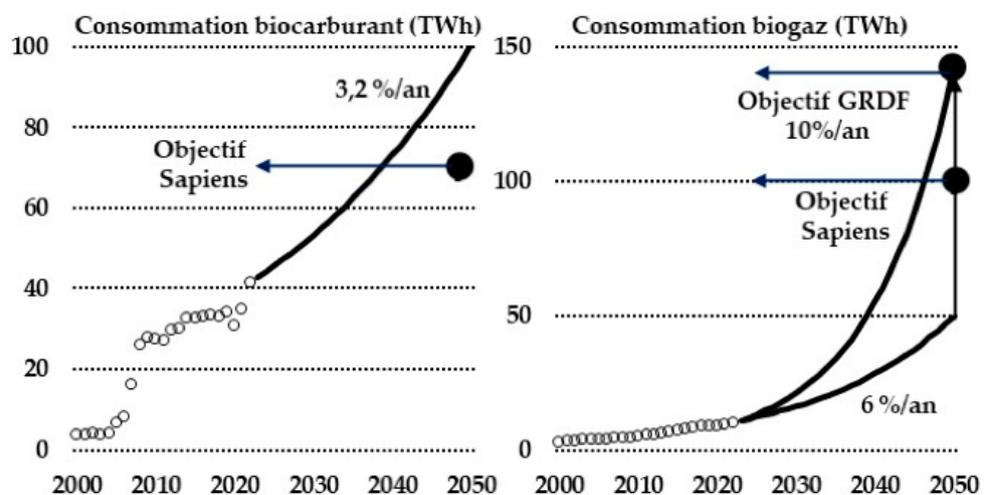
- au cours des 10 dernières années, la France a consommé en moyenne **120 TWh/an** de **biomasse solide** (bois et dérivés) utilisée essentiellement pour produire de la chaleur dans le bâti. Compte tenu de la nouvelle directive européenne et considérant qu'un excès de biomasse solide pourrait entraîner une déforestation non souhaitable nous avons baissé la contribution du bois à 100 TWh
- la **biomasse liquide** (bioéthanol, biodiesel) ou les **carburants synthétiques** fabriqués à partir d'hydrogène et de CO₂) seront principalement dédiés aux transports non électrifiables (poids lourds/bateaux/avions/engins agricoles et de travaux publics). En 2022, la France a consommé 40 TWh de biocarburants (dont une partie significative importée)⁹². Atteindre 100 TWh à l'horizon 2050 (objectif gouvernemental de 64 TWh⁹³ en 2030) nécessiterait d'accroître la production de 3,2% par an (**Figure 16 - gauche**) alors que les productions sont maintenant régulées par la Directive Européenne RED II⁹⁴. Nous retiendrons une cible de 70 TWh dont une partie sera probablement importée.
- le **gaz renouvelable** peut être obtenu par trois méthodes différentes : la **méthanisation** de déchets organiques (déchets agricoles, industriels et domestiques), la **pyro-gazéification** du bois et la **méthanation** (réaction à haute température entre l'hydrogène vert produit par électrolyse de l'eau et le dioxyde de Carbone). L'étude conjointe publiée par GRDF et l'ADEME en 2019⁹⁵ fait état d'un potentiel théorique 2050 de 360 TWh dont 40% de méthanisation (145 TWh), 35 % de pyrolyse et 25% de méthanation. Ces chiffres paraissent démesurément élevés. Pour la seule méthanisation (10 TWh en 2022 **Figure 16 - droite**), il faudrait une croissance de 10% par an. Nous avons retenu dans cette étude 100 TWh de biogaz et 30 TWh de pyrolyse et de méthanation soit un total de 130 TWh de gaz décarboné. D'autant que le biométhane reste très onéreux (80 €/MWh à 110 €/MWh) par rapport au gaz naturel historiquement entre 20 €/MWh et 30 €/MWh exception faite de l'envolée des cours après

19 Hors fossiles destinés à la pétrochimie

le déclenchement du conflit Russo-Ukrainien. Si nos hypothèses s'avéraient trop conservatives, le gaz vert additionnel se substituerait alors au gaz naturel nécessaire à la génération électrique.

Limitée, la ressource en biomasse devra être priorisée en fonction de son utilité. Le bioéthanol produit à partir de plantes sucrières sera dédié aux voitures individuelles tandis que le biodiesel produit à partir de plantes oléagineuses affecté en priorité aux machines agricoles, aux bateaux de pêche, aux engins de travaux publics ainsi qu'à la fabrication de carburants aériens. Les carburants synthétiques dont l'économicité reste à démontrer devraient être en priorité affectés aux transports aériens. Les carburants verts ne remplaceront pas pour autant en totalité le besoin résiduel en carburants thermiques. Durant les deux prochaines décennies, le pétrole devrait persister dans la mobilité.

*Figure 16 – Historiques et extrapolation 2050 de consommation française de biocarburants (gauche) et de biogaz (droite)
Source des données – Energy Institute 2023*



Si le biogaz est adapté pour les poids lourds et (sous forme liquéfiée) pour le transport maritime, il sera surtout utilisé pour produire de la chaleur dans le bâti et l'industrie. Nous avons toutefois retenu dans notre scénario 30 TWh de GNV dédié aux transports.

Les difficultés quant à la production massive des biocarburants dans les transports du futur montrent combien la décision de l'Union Européenne d'interdire la construction de véhicules thermiques neufs après 2035 est bien trop brutale et son échéance prématurée. De même, si l'arrêt des chaudières au fioul (et au charbon) acté le 1^{er} juillet 2022⁹⁶ est une décision cohérente, l'arrêt des chaudières

à gaz (12 millions de ménages français chauffés au gaz en 2022) initialement prévue en 2026 et maintenant reporté serait une grave erreur⁹⁷. Qu'il soit vert ou naturel, le gaz continuera de jouer un rôle essentiel dans le bâti du futur.

La cogénération nucléaire représente un énorme gisement d'énergie non utilisé à ce jour. Elle pourrait permettre de récupérer une partie significative de la chaleur fatale considérable (plus de 700 TWh de chaleur rejetés dans les rivières) des centrales pour ensuite être distribuée à l'industrie ou aux bâtiments résidentiels et tertiaires via des réseaux de chaleur. La chaleur se transportant mal, le demandeur doit être aussi proche que possible de la source. Ceci pourrait encourager la création de **pôles industriels** en proximité des centrales nucléaires fournissant de la chaleur quasi gratuite. La cogénération pourrait permettre de récupérer une centaine de TWh destinée en priorité à l'Industrie. Un tel aménagement n'est pour l'instant intégré ni dans le Plan Pluriannuel pour l'Energie ni dans le plan de réindustrialisation du pays. Nous avons retenu dans notre plan 100 TWh de chaleur issu de la cogénération.

Bien que surtout pensés pour produire de l'électricité décentralisée, les petits **SMR** pourraient aussi être utilisés comme générateurs de **chaleur** dans les transports maritimes (porte-conteneurs), le bâti et l'industrie.

En résumé (**Figure 17**), une progression accélérée des biocarburants, du biogaz et de la cogénération devrait permettre d'atteindre les 400 TWh requis pour décarboner totalement la partie non électrifiable du mix énergétique 2050. Un reliquat de gaz n'est toutefois pas à exclure.

Figure 17 – Comparaison du mix 2021 ENR thermiques et du mix prospectif décarboné 2050

Type	2021 TWh	2050 TWh
Biocarburants	40	70
Bio GNV	0	30
Bois	120	100
Biogaz	10	70
Pyrolyse	0	15
Méthanation	0	15
Cogénération	40	100
Déchets NR	20	0
Total	230	400

Reliquat d'émissions et compensation

Le reliquat de fossiles 2050 se composera d'une part de pétrole non énergétique (et donc non émettrice) destinée à la pétrochimie, peut-être d'un reliquat de pétrole dans les transports et de gaz dans la chaleur mais surtout de 330 TWh de gaz naturel destiné à la génération électrique. Ces 330 TWh de gaz seront responsables d'émissions résiduelles de l'ordre de **70 Mt_{CO2}** soit une réduction de 83% par rapport à 2022⁹⁸. Le plan proposé n'est donc pas un plan NZE (Net Zero Emissions). L'hypothétique **neutralité carbone** 2050 ne pourrait alors être satisfaite qu'en plantant des arbres (bio-séquestration) ou en réinjectant le CO₂ dans le sous-sol (CCS - Carbon Capture & Storage).

Les émissions résiduelles pourraient être revues à la hausse (non-réalisation dans les temps des programmes éolien, solaire et EPR) ou à la baisse (EPR additionnels, mise en œuvre rapide de la filière SMR ou production supérieure de gaz vert). Le gaz naturel sera donc la **variable d'ajustement** du futur mix énergétique français.

L'Exécutif a comme projet de renouveler 10 % de la forêt française (soit 1,5 millions d'hectares) en plantant 1 milliard d'arbres d'ici à 2032⁹⁹. Il ne s'agit pas de créer de nouveaux espaces forestiers mais de reconstituer des espaces sinistrés (incendies, dépérissement sous l'effet de vagues de chaleur) ainsi que d'introduire des espèces plus résistantes séquestrant davantage de carbone. Compte tenu de la substitution d'espèces, il est difficile d'estimer la quantité de carbone supplémentaire que cette action serait capable de séquestrer¹⁰⁰ à échéance d'une vingtaine d'années.

5. Sur l'adaptation au réchauffement climatique

Compte tenu du temps de résidence (100 ans +) des GES envoyés dans l'atmosphère au cours des 60 dernières années, les mesures d'atténuation visant à réduire les émissions de GES aujourd'hui à peine engagées, n'auront pas d'impact avant plusieurs dizaines d'années. De nombreux climatologues considèrent que le proche avenir climatique du pays (d'ici à 2050) est pour l'essentiel déjà écrit¹⁰¹. Et, sauf à espérer une coopération mondiale que personne ne voit venir, les politiques aujourd'hui engagées nous emmènent vers un **réchauffement moyen de 2,7°C en 2100**. Parallèlement aux mesures d'atténuation, il est donc crucial de développer une **politique efficace d'adaptation**.

Le rapport « *Adaptation de la France aux dérèglements climatiques à l'horizon 2050* »¹⁰² reprend en détails les conséquences à moyen/long terme du dérèglement climatique et propose de nombreuses mesures pragmatiques pour s'en protéger le mieux possible sur le territoire Français. Car, contrairement à l'atténuation qui devrait être mondiale (les GES n'ont pas de frontières !), l'adaptation a l'avantage d'être **territoriale** et ce même si une mutualisation des moyens d'intervention (i.e. les moyens d'intervention contre les feux de forêt) peut avoir un intérêt régional. Ce rapport juge aujourd'hui la **mobilisation** beaucoup trop **modeste** et le **portage** politique beaucoup trop **timide**. Ce faible engagement s'explique par la complexité des enjeux d'adaptation (défi transverse et incertain réclamant une forte solidarité entre territoires) mais aussi sur le fait que l'on mise aujourd'hui principalement sur l'atténuation. Le financement doit se concentrer sur l'accompagnement des territoires les plus exposés (littoraux et bordure de rivière, montagne), sur l'adaptation du bâti (face aux inondations et aux vagues de chaleur), la réduction des tensions sur les ressources hydriques et la transformation systémique du secteur agricole. Les chiffres incitent toutefois à l'optimisme.

Confrontée au réchauffement, l'humanité résiste pourtant de mieux en mieux aux aléas climatiques. L'Histoire du climat recense ainsi de nombreux événements dramatiques bien antérieurs au réchauffement actuel comme la terrible canicule de 1540¹⁰³ ou encore la méga sécheresse planétaire de 1876 à 1878¹⁰⁴ qui fit entre 30 et 50 millions de morts. Notre capacité d'adaptation aux aléas climatiques et aux événements météorologiques extrêmes est sans comparaison avec ce qu'elle était il y a un demi-siècle. Si les dégâts

climatiques se sont modérément accrus, le nombre de victimes s'est réduit de façon substantielle au cours des dernières décennies. Concernant les aléas climatiques, l'Organisation des Nations Unies a montré que les dégâts matériels provenaient principalement des inondations et des tempêtes tandis que les victimes humaines étaient principalement liées aux sécheresses et aux vagues de chaleur. L'adaptation doit être mise en œuvre dans ce sens : ainsi, financer la **climatisation des EHPADS** et autres lieux d'accueil des personnes seniors devrait être une grande cause nationale.

S'adapter efficacement requiert deux types de mesures : (1) des mesures préventives permettant notamment un meilleur aménagement du territoire (respect strict des zones rouges inondation et feux) et une meilleure gestion des ressources comme l'eau (2) des mesures réactives appropriées (avec si possible des moyens mutualisés) en cas de crise majeure pour limiter les dégâts matériels et les pertes en vies humaines.

Mesures préventives : exemple de l'agriculture

L'agriculture est un excellent exemple quant à l'adaptation préventive. Vagues de chaleur, sécheresses, gels tardifs, inondations, développement de parasites différents mais plus nombreux ont un impact majeur (souvent négatif mais aussi parfois positif) sur les rendements (baisse pour le maïs, hausse pour le blé) mais aussi sur la qualité (vins plus alcoolisés et plus acides) des produits agricoles. Le réchauffement **a déplacé** l'agriculture dans l'**espace** (des espèces du sud poussent au nord – courgettes à Orléans, pois chiches et amandes dans le sud de la France) mais aussi dans le **temps** (courbe temporelle des vendanges).

L'agriculture demanderait de modifier profondément la **géographie des cultures** (adaptation territoriale) mais aussi les **habitudes alimentaires** de la population. Or, la demande ne se modifiant pas et l'Etat ne jouant pas son rôle fédérateur, le modèle stagne. Au contraire, les mesures régulatrices Européennes apparaissent souvent contre productives. Promotion d'une agriculture biologique aux rendements catastrophiques, interdiction des herbicides (glyphosate)¹⁰⁵, restriction de terres cultivables dédiées aux OGM et aux MGT (espèces résistantes au stress hydrique) sont autant de **décisions idéologiques** qui vont à l'encontre du bon sens.

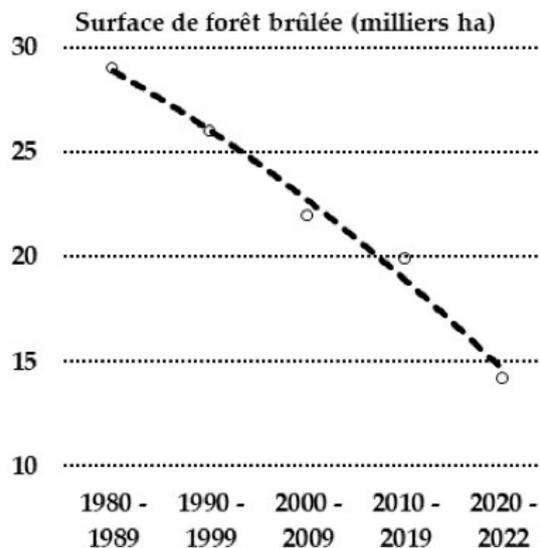
Mesures réactives : exemple des feux de forêt

Au même titre que les autres aléas climatiques, les sociétés humaines se défendent beaucoup mieux aujourd'hui que par le passé contre les incendies de forêt¹⁰⁶. Si les sécheresses et les

vagues de chaleur liées au réchauffement climatique assèchent la végétation et renforcent la probabilité et la gravité des feux de forêts elles n'en sont pas la cause première. 95% des feux de forêt sont d'origine humaine¹⁰⁷. 80% se déclenchent à moins de 50 mètres des habitations et sont principalement dus à des **négligences** et/ou des **malveillances** (conflits d'occupation du sol ou intérêts particuliers).

Figure 18 – Incendies de forêt en France

Historique des surfaces brûlées



Si les feux de forêt font très peu de victimes et peu de dégâts matériels, leurs conséquences environnementales sont majeures avec une double peine : émissions et perte de puits de carbone. Ainsi les méga incendies Canadiens de l'été 2023 ont détruit plus de 15 Mha (soit l'équivalent de la surface boisée française) et émis plus de 1 Gt_{CO2} (soit deux fois et demie les émissions françaises)¹⁰⁸. C'est essentiellement avec des mesures de **prévention** (information sur les risques, interdiction d'accès à certains domaines, obligation de débroussaillage, bornes incendies dans les endroits critiques), de **détection précoce** (observation continue des surfaces à risques) et d'**interventions rapide** des moyens de lutte terrestre et aérienne (véhicules légers avec réserve d'eau, canadiens, hélicoptères bombardiers d'eau) que l'on combat les feux de forêt.

Mis en place après de nombreux incendies dévastateurs, cette politique efficace a permis une baisse du nombre de feux ainsi qu'une diminution spectaculaire des surfaces totales brûlées (**Figure 18**) passées de 20 000 ha au début du siècle à 10 000 ha au cours des dernières années (hors 2022 où plus de 50 000 ha ont brûlé). Pour autant, ces chiffres flatteurs masquent certaines réalités : 95% de la surface brûlée est causée par seulement 5 % de très grands feux

apparaissant en conditions de sécheresse sévère et très difficiles à contrôler. L'exemple canadien 2023 en est malheureusement une éclatante démonstration.

L'accès à l'eau

Le rapport « *Explore 70* »¹⁰⁹ publié par le BRGM en 2012 est toujours le document de base concernant le niveau des cours d'eau et le taux de charge des **nappes phréatiques** attendus à l'horizon 2050. Le rapport établit sans concession une baisse significative de la recharge des nappes, du **débit moyen** des cours d'eau ainsi que des **débites d'étiages**²⁰ plus sévères, plus longs et plus précoces, avec des débits estivaux réduits de 30 à 60 %. Cette **raréfaction** des ressources hydriques se traduira par la détérioration des milieux aquatiques, des contraintes accrues sur l'approvisionnement en eau potable et des perturbations sévères pour l'agriculture et le tourisme. Dans les territoires en situation de stress hydrique, les **conflits d'usages** pourraient se multiplier.

La France prélève annuellement¹¹⁰ un peu moins de 30 milliards de mètres cubes dans les milieux aquatiques et en consomme (prélevé mais non restitué) de l'ordre de 5 milliards. 57 % sont dévoués à l'agriculture, 26 % aux usages domestiques (eau potable) et 18 % à l'industrie. La politique idéologique consistant à s'attaquer en priorité à des symboles comme les **piscines privées ou les golfs**¹¹¹ (leur approvisionnement représente 0,1% de la consommation annuelle) n'est certainement pas la meilleure des stratégies. Même si les économies d'eau à titre individuel sont évidemment à encourager, le stress hydrique futur ne pourra se solutionner sans une vision globale incluant l'agriculture et l'industrie. D'autant que la volonté affichée du pays de se réindustrialiser ne se fera pas sans accroissement de la consommation d'eau.

En revanche¹¹², le **rendement moyen** des réseaux de distribution d'eau potable n'est que **de 80 %**. En d'autres termes, pour 5 litres d'eau mis en distribution, 1 litre d'eau est perdu dans milieu naturel sans passer par le consommateur. Les pertes par fuites représentent donc près d'un milliard de mètres cubes par an. Elles sont souvent dues à la vétusté des canalisations ou à une pression trop élevée. Si atteindre 100 % apparaît irréaliste, un rendement de 90% à 95% est une cible atteignable à condition de lancer un **grand plan de réhabilitation du réseau** : recherche systémique et réparation des fuites, renouvellement de conduites usagées. Ce plan aura inéluctablement un impact sur le prix de l'eau.

20 L'étiage est, en hydrologie, le débit minimal d'un cours d'eau. Il correspond statistiquement, sur plusieurs années, à la période de l'année où le niveau d'un cours d'eau atteint son point le plus bas.

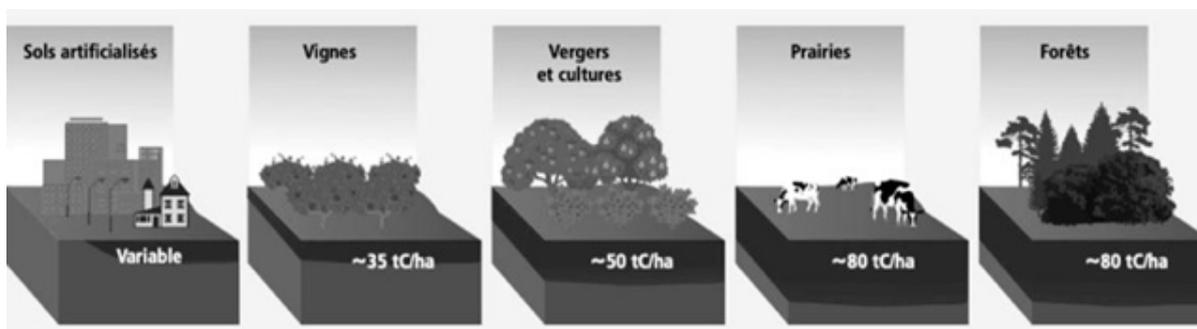
Le cancer de l'artificialisation des sols

L'artificialisation des sols empêchant l'eau de percoler joue un rôle majeur en cas d'inondation. Mais surtout, parallèlement à d'autres activités humaines dégageant de la chaleur (transports, chauffage, climatisation), elle représente un facteur prépondérant à la création d'îlots de chaleur dans les grandes métropoles. La thermographie satellitaire est sans appel : les températures en ville sont généralement beaucoup plus élevées que celles dans les espaces verts et campagnes environnantes. Lors d'une journée de moyenne chaleur, alors que les températures excèdent 23° dans la métropole Parisienne, elles sont inférieures de 5° dans le Bois de Vincennes et le Bois de Boulogne et de 7° inférieures autour des étendues d'eau.

Les causes sont simples à comprendre : les surfaces d'asphalte et de bâtiments absorbent la chaleur à la façon d'un Corps Noir. Dans les zones fortement urbanisées, **l'énergie naturelle** entièrement absorbée est donc principalement utilisée pour **chauffer** les surfaces bâties et donc l'air ambiant. En revanche dans les espaces verts urbains ou à la campagne, la végétation utilise l'eau et l'énergie solaire pour la photosynthèse¹¹³. Les sols perméables non artificialisés vont aussi utiliser l'énergie solaire pour évaporer l'eau qu'ils contiennent. **Végétaux et sols** n'accumulent donc pas l'énergie solaire qu'ils reçoivent mais la **consomment** jouant de ce fait un rôle de régulateur de température. Le phénomène est encore plus marqué autour d'étendues d'eau : en cas de forte chaleur, l'eau réfléchissant une partie du rayonnement et utilisant l'autre partie pour se vaporiser, la température de l'air s'accroît beaucoup moins que dans les zones urbanisées. Enfin, l'artificialisation des sols éliminant tout bio-absorbeur de CO2 est aussi un contributeur méconnu mais important aux émissions de GES dans la mesure où, contrairement aux espaces verts, elle empêche toute bio-séquestration (**Figure 19**).

Figure 19 – Impact de l'artificialisation des sols sur le captage de CO₂ (absorption exprimée en tonnes de CO₂ par hectare)

Source des données – ADEME



Le réchauffement climatique accélère évidemment le phénomène : voilà donc un moyen efficace et insuffisamment utilisé d'adaptation. Les quelques exemples d'écoquartiers de fraîcheur comme la rue Garibaldi à Lyon, l'écoquartier¹¹⁴ de Clichy Batignolles et le pôle multimodal de Saint-Augustin à Nice couplant des chaussées réfléchissantes de couleur claire, une densification des masses végétales et une gestion pertinente de l'eau (fossés récupérant l'eau, humidification de l'air et des sols, arrosage de la chaussée et pavés à rétention d'eau) restent malheureusement beaucoup trop ponctuels.

6. Sur le système électrique européen

Résultant d'un mouvement d'électrons, l'électricité ne peut être **stockée**. Sous peine d'être perdue, il faut l'utiliser dès que produite. Cette **instantanéité** implique une **offre** en permanence **alignée sur la demande**. Or, cette dernière varie fortement avec l'heure de la journée, la saison et la latitude. A cette grande variabilité se superpose un impératif sociétal : disposer d'électricité **100% du temps**. Une offre répondant à la demande sans aucun « *blackout* », requiert la mise en œuvre de sources multiples à la fois pilotables (charbon, gaz, nucléaire, biomasse) pouvant produire de l'électricité entre 80% et 90% du temps mais aussi intermittentes disponibles entre 24% (éolien terrestre) et 15% (solaire)¹⁵. Si l'hydroélectricité est pilotable, en revanche sa disponibilité n'est que de 27% dépendant du remplissage du lac de retenue.

Certaines sources comme le **gaz** ou l'**hydroélectricité** bénéficient d'avantages concurrentiels importants : elles sont mises en œuvre très rapidement comparé au charbon et au nucléaire réclamant plusieurs heures pour stabiliser le cycle vapeur. Les avantages/inconvénients peuvent aussi être économiques. Ainsi le nucléaire est une filière au coût marginal faible, où les investissements (prix fixe) priment largement sur les coûts de fonctionnement (l'Uranium compte pour quelques % dans le prix du MWh). Le **gaz** est au contraire une source au **coût marginal élevé** : le combustible représente parfois jusqu'à 90% du prix du MWh.

Ordre du mérite, monopole et marché

Compte tenu de leur complémentarité, les sources sont appelées dans un certain ordre selon leur mérites respectifs²¹. Ainsi, les unités à forte disponibilité, haut prix fixe et faible prix variable (**nucléaire, hydraulique au fil de l'eau, charbon**) constituent le **socle** de la demande et sont appelées à produire toute l'année. En revanche, le **gaz** à faible prix fixe, à haut prix variable et à la mise en œuvre très rapide est une excellente **source de pointe** en complément de l'hydraulique de barrage.

Non stockabilité, instantanéité de la décision, sources de productions multiples aux coûts moyens et marginaux très différents, l'**électricité** est **peu compatible** avec le concept classique de **marché**. Aussi, le modèle économique le plus efficace consiste à concentrer l'ensemble de la chaîne (production/transport/distribution) dans une seule entreprise publique non concurrentielle : le **monopole naturel**. Ce

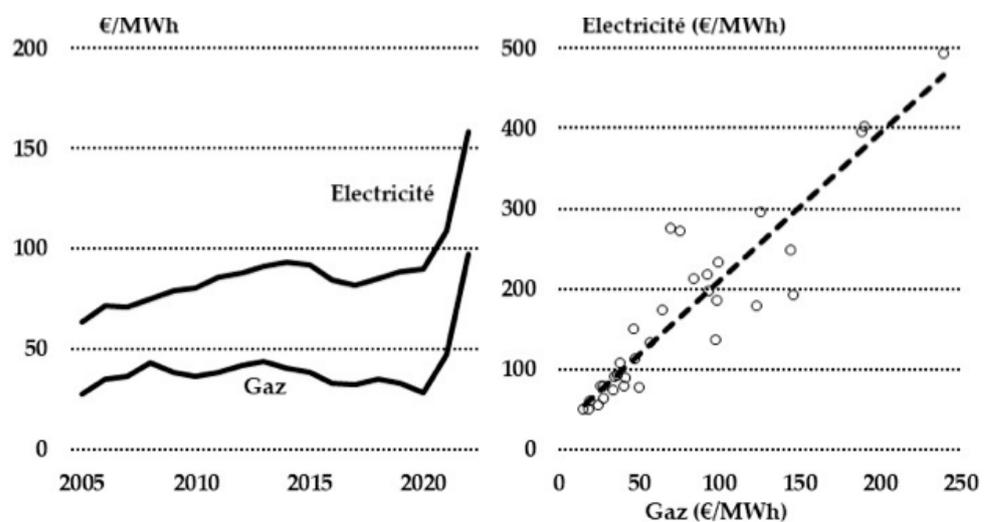
21 D'où son nom de « loi de l'ordre du mérite » ou « merit order » en anglais

dernier peut s'affranchir du coût marginal de la dernière source (généralement le gaz) et proposer au consommateur un **prix moyen régulé** garantissant une production d'électricité économique, continue et rentable. Succès des trente glorieuses et des deux décennies qui suivirent, le monopole naturel a été mis à mal à partir du milieu des années 1980.

Initié en Grande Bretagne par Mme Thatcher, le **grand marché européen** devait sécuriser l'offre tout en proposant des prix attractifs aux usagers. De facto il transforma l'électricité en commodité et l'utilisateur en client. Mais, en multipliant les fournisseurs dans un marché **concurrentiel** (tout en conservant un Monopole Naturel pour le transport et la distribution), ce nouveau modèle imposa de facto l'alignement des prix non plus sur les coûts moyens mais sur le **coût marginal** de la dernière source appelée. S'il n'en était pas ainsi, cette dernière ne serait jamais appelée et il en résulterait des coupures récurrentes lors des demandes de pointe. Dans un marché concurrentiel, la loi de l'ordre du mérite est comparable à une **assurance tous risques sans blackout**. Tant que le gaz se vendait à des prix acceptables, le système était supportable. Mais, mi 2021, quand les prix du gaz se sont mis à flamber, la fin de la récréation a été sifflée. Le prix du gaz fait aujourd'hui loi sur le prix de l'électricité (**Figure 20**).

Figure 20 – Gauche : prix du gaz et de l'électricité en 2021¹¹⁶

Droite : corrélation prix gaz/électricité depuis début 2021^{117, 118}



La surenchère des sources renouvelables

Mis en œuvre au milieu des années 1980, le marché de l'électricité avait été pensé avec 100% de sources pilotables. A partir des années 2000, la montée en puissance des ENR intermittents posa la question cruciale de leur introduction dans la loi de l'ordre du mérite. D'une part leur coût de l'époque ne leur permettait pas de challenger les sources infra-marginales du socle (hydro, charbon, nucléaire). D'autre part, compte tenu des intermittences, impossible de les utiliser comme sources marginales. Pour éviter d'être perdue quand elle arrive, l'électricité renouvelable est ainsi injectée en priorité dans l'ordre du mérite grâce à un système de **prix garantis** avec **obligation d'achat**¹⁹. EDF est ainsi tenu d'acheter aux fournisseurs alternatifs leur énergie renouvelable à un prix défini à l'avance qui, jusqu'à la récente flambée des prix, était généralement supérieur au prix du marché. Néanmoins, pour les grands parcs éoliens et solaires, l'obligation d'achat a été remplacée par des **contrats par différence** l'électricité étant commercialisée sur le marché avec un prix garanti qui génère subventions ou remboursements (voir paragraphe suivant). Grâce à ce dispositif, le total des aides reste raisonnable : le cumul depuis 2006 s'élevait en 2022 à 38 milliards d'Euros dont 25 milliards pour le solaire et 13 milliards pour l'éolien. Néanmoins, l'éolien en mer programmé dans le PPE pourrait changer la donne. Entre le scénario Sapiens (15 GW dont 12 GW de posé et 3 GW de flottant) et les hypothèses de Belfort (12 GW de posé et 28 GW de flottant) l'éolien flottant pourrait conduire à d'énormes surcoûts. Ceci confirme la validité de nos hypothèses et l'**irréalisme des 40 GW d'éolien marin** tant sur le plan du planning que sur le plan économique.

L'ARENH : un système hybride aux impossibles paradoxes

Souhaitant maintenir le nucléaire dans l'escarcelle d'EDF, la France négocia avec l'UE une position très **colbertiste**. Amorti depuis longtemps par des fonds publics, le nucléaire (représentant entre 70% et 75% de sa production d'électricité) donnait à l'ancien monopole naturel un avantage concurrentiel inacceptable pour les nouveaux entrants. Mis en place en 2010 dans le cadre de la loi NOME²², l'**ARENH**²³ impose à EDF de vendre 100 TWh (environ le quart de sa production nucléaire) à prix coûtant (42 €/MWh) aux distributeurs alternatifs, ces derniers revendant cette électricité sans spéculer directement à leurs clients. Ce seuil de 42 € qui aurait dû être légalement réévalué est aujourd'hui totalement insuffisant pour couvrir les investissements lourds nécessaires à la sécurité et à la prolongation de la durée de réacteurs nucléaires. En

22 Nouvelle Organisation du Marché de l'Électricité

23 Accès Régulé à l'Électricité Nucléaire Historique

conséquence et malgré sa position dominante, EDF avait contracté fin 2022 une dette de 60 milliards d'euros¹²⁰. L'ARENH arrivant à terme fin 2025 sera remplacé par un nouveau mécanisme négocié avec l'Union Européenne et censé protéger à la fois l'électricien et le consommateur (voir paragraphe suivant).

Sortir du système électrique européen ?

De nombreuses personnalités politiques critiquent à juste titre un système électrique européen devenu absurde. Indexé sur le prix du gaz, le prix du MWh s'est complètement déconnecté du coût moyen de production. Faut-il pour autant, comme le réclament certains, sortir du système électrique européen ?

S'affranchir totalement du prix de la source marginale demande de remplir deux conditions : (1) se déconnecter du réseau européen grâce à des capacités nationales suffisantes (2) éliminer tout fournisseur alternatif en revenant à un Monopole National non concurrentiel susceptible de pratiquer un prix moyen.

Excepté le cas d'un mix électrique national sans gaz (tous les pays européens utilisent le gaz comme source marginale) la première condition est insuffisante pour s'affranchir du coût marginal. Ce dernier continuerait en effet de s'appliquer au marché domestique au sein duquel de multiples acteurs publics et privés coexistent. Le cas de la péninsule ibérique ayant obtenu une dérogation de l'UE en 2022 est un cas d'école. En dépit de leur quasi-autonomie électrique, pour faire baisser le prix du MWh électrique, Madrid et Lisbonne ont plafonné prix de l'électricité en subventionnant massivement le prix du gaz.

Pour l'Hexagone, **aucune des deux conditions** n'est **remplie**. Principalement exportateur mais aussi parfois importateur d'électricité, l'Hexagone n'a pas intérêt à sortir à moyen terme du système électrique européen. Et à plus long terme, compte tenu de l'accroissement de la demande électrique et de l'augmentation de la part des sources intermittentes dans le mix électrique européen, le système évoluera inexorablement vers une **grille davantage intégrée**. Le retour au nationalisme électrique d'antan géré par un monopole naturel non concurrentiel n'apparaît donc pas crédible tout comme d'ailleurs un monopole naturel supranational régulant l'électricité à l'échelle de l'UE. La solution passe donc par une révision des mécanismes communautaires.

Subventionner le gaz

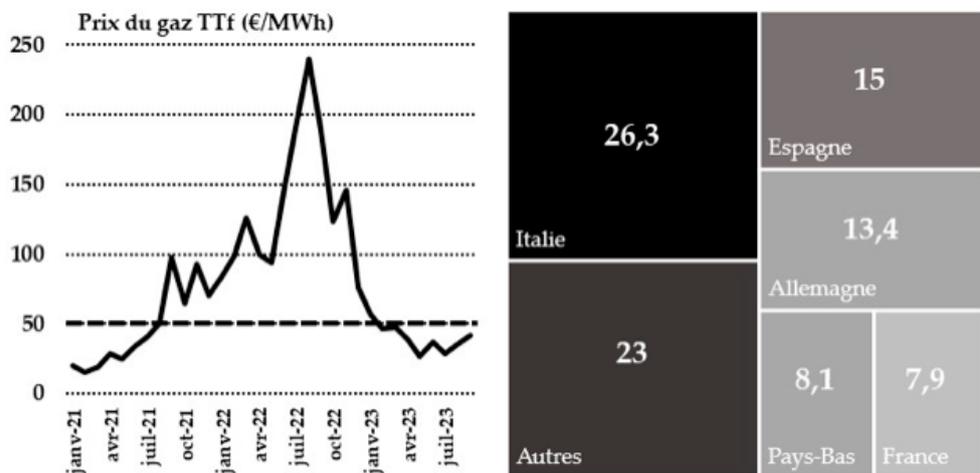
Le MWh électrique étant indexé sur le prix du gaz, en plafonnant ce dernier, on réduit mécaniquement le prix de l'électricité. Ainsi, pour

plafonner le MWh électrique à 140 €, il faudrait que le prix du MWh gazier ne dépasse pas 50 €.

Au cours des deux dernières années (**Figure 21 - gauche**), le coût de cet écrêtement aurait coûté à 94 milliards d'euros à l'ensemble des pays de l'UE. Mais, pour un bénéfice commun, la facture s'avère extrêmement hétérogène (**Figure 21 - gauche**) : l'Italie, l'Espagne et l'Allemagne dont la part d'électricité gazière est bien supérieure¹²¹ supporteraient les deux tiers de l'effort.

On comprend donc pourquoi les Allemands et les Italiens n'ont pas supporté cette mesure qui aurait donné implicitement un avantage concurrentiel à certains pays moins gaziers comme la France. En dehors des aspects financiers, certains craignaient aussi qu'une telle mesure encourage le recours au gaz redevenu artificiellement compétitif par rapport aux autres sources de génération électrique¹²². Un phénomène bien palpable en Espagne et au Portugal où le « *tope del gas* » a inexorablement entraîné une hausse significative de l'utilisation des centrales à gaz, un message on ne peut plus négatif sur le plan climatique.

*Figure 21 – Gauche - Prix du gaz européen depuis mi 2021
Droite - Coût du plafonnement à 50 €/MWh (en milliards d'euros)
Source des données : investing.com et Energy Institute*



Les contrats bidirectionnels par différence (ou CfD²⁴)

Lorsque le gaz tire les prix de l'électricité vers le haut les producteurs non gaziers (nucléaire, hydraulique, éolien, solaire), dont le coût de production est bien inférieur (coût d'investissements quasi fixe et presque indépendant du prix du combustible) engrangent des profits

24 Contracts for Differences

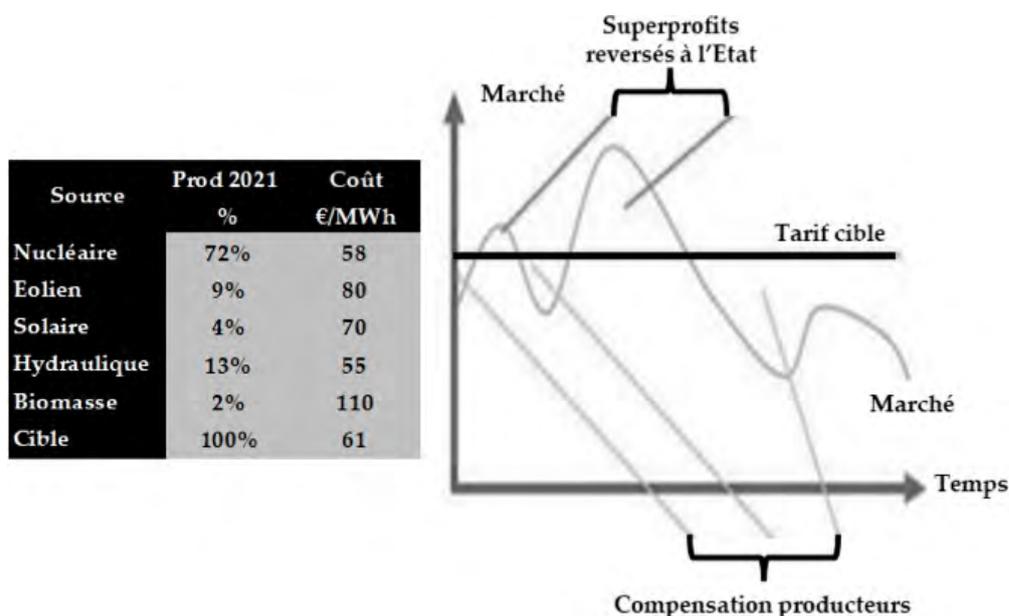
très significatifs. Appelés **rentes infra-marginales** ils sont mieux connus dans le jargon médiatique sous le nom de **superprofits**.

Ainsi en moyenne, le coût pondéré des sources décarbonées françaises (elles produisent plus de 90% de notre électricité) est d'environ 61 €/MWh (**Figure 22 - gauche**), une valeur bien évidemment sans aucun rapport avec les prix (250 €/MWh à 500 €/MWh) pratiqués durant l'hiver 2022.

Figure 22 – Gauche - Coût moyen 2023 du MWh électrique

Droite - Principe du contrat par différence (CfD)

Source des données – RTE



Les CfD¹²³ reposent sur un accord long terme **bidirectionnel** entre Etats et producteurs d'électricité (**Figure 22 - droite**). Ces derniers se mettent d'accord sur **un prix cible** du MWh correspondant au coût moyen de production plus une marge bénéficiaire. Si, compte tenu du prix du gaz, les prix du marché sont supérieurs au prix cible, l'État récupère la rente infra-marginale pour ensuite la redistribuer aux consommateurs (ménages et/ou industriels). À l'inverse, si les prix du marché sont inférieurs au prix cible, l'État indemnise le producteur. Les revenus des producteurs infra-marginaux deviennent ainsi indépendants de la volatilité des prix du gaz à la hausse (superprofits en 2022) comme à la baisse (lourdes pertes lors des confinements de 2020 et 2021).

Les CfD ont de nombreux avantages. Tout en ne modifiant pas le fonctionnement du marché, ils décorrèlent implicitement le prix du MWh électrique du prix du gaz. L'électricité produite est ainsi

vendue hors marché à un prix stable au consommateur tout en donnant au producteur de la visibilité sur le long terme. Toutefois si, en fixant un prix cible, les CfD couvrent le **risque marché**, ils ne couvrent pas nécessairement les **risques projet** et notamment la possible dérive des coûts et des délais de construction de centrales nucléaires. Les investissements doivent alors être dé-risqués via des taux de financement élevés (>10%) ce qui augmente de façon significative le coût du MWh. Ceci est particulièrement vrai pour les projets nucléaires. Ainsi, à titre d'exemple l'EPR de Hinkley Point (Royaume-Uni) a été financé par un CfD bidirectionnel sur 35 ans avec un prix cible du MWh très élevé (110 €). En revanche ils sont adaptés au financement de projets ENR voire SMR dont la durée et le risque projet sont beaucoup plus faibles. Ce type de contrat a ainsi été appliqué avec succès depuis 2016 aux parcs éoliens et solaires français.

Pérennisant un système étatique de subvention/redistribution, les CfD sont surtout intéressants pour les pays faiblement gaziers au sein desquels les producteurs d'électricité réalisent des bénéfices infra-marginaux très importants.

Le texte de compromis validé le 17 octobre 2023 par le Conseil Européen¹²⁴ a pour objectif d'étendre les **CfD** (qui ne s'appliquent aujourd'hui qu'aux ENR) à l'ensemble des sources infra-marginales décarbonées (**ENR + nucléaire**) à l'exception de l'hydraulique de barrage utilisé comme source marginale. Il s'appliquera aux **nouveaux projets** mais aussi aux **centrales existantes** (nécessitant des investissements pour prolonger leur durée de vie - grand carénage du nucléaire historique français) à partir du premier janvier 2026. C'est sur ce point une **victoire stratégique** de la France face à l'Allemagne ayant toujours refusé ce compromis vis-à-vis d'un parc nucléaire français qu'elle jugeait amorti depuis longtemps.

La France n'a pas attendu que la directive du Conseil Européen soit validée par le Parlement. Le 14 novembre 2023 l'Etat et EDF se sont accordés pour remplacer l'ARENH à partir du premier janvier 2026 par un CfD **hybride** appliquant un prix cible de 70 €/MWh sur 15 années à l'ensemble de la production nucléaire. **Hybride** car CfD **monodirectionnel** à la hausse (pas de compensation de l'Etat à la baisse) avec un mécanisme de redistribution de 50 % de la différence à partir de 80 euros puis de 90 % à partir de 110 euros¹²⁵. Ce modèle est un peu une victoire à la Pyrrhus : il permettra à EdF de dégager des fonds pour financer le grand carénage mais ne pourra pas en revanche financer les futurs EPR¹²⁶.

Les contrats d'achat long terme (CLT)

Parallèlement aux CfD, l'UE encourage les électriciens à passer des Contrats Long Terme avec les grands industriels. Similaires aux contrats régissant les projets très capitalistiques de Gaz Naturel Liquéfié¹²⁷, les CLT sont des contrats privés entre un producteur d'électricité et un client. L'électricité produite est vendue **hors marché** à un prix décidé (qui peut selon les modalités du contrat être actualisé suivant certains critères). Les CLT garantissent au fournisseur une stabilité des prix sur le long terme (15 à 20 ans) et apportent en contrepartie une garantie de débouché à un prix connu au producteur. Comme pour les CfD, ils couvrent le **risque marché** mais pas le **risque projet** sauf si le client accepte de participer à l'investissement avec partage du risque en échange d'un droit de tirage. Enfin, les contrats long terme s'appliquant sur des gros volumes et de longues périodes, ils concernent les acteurs majeurs (EDF, TotalEnergies, Engie¹²⁸). En revanche ils mettent implicitement hors-jeu les petits fournisseurs sauf si ces derniers décident de s'associer en consortium. Si les CLT peuvent constituer une **partie de la solution** pour financer les futurs EPR, le seul mode de financement permettant de dé-risquer à la fois le risque marché et le risque projet sur le très long terme (>50 ans) reste un **prix régulé** représentatif des coûts appliqués sur la durée et garanti par l'Etat. Ce mécanisme retenu pour les futurs projets EPR en Grande-Bretagne (libérée du carcan Européen depuis le Brexit) ne figure pas pour l'instant dans la boîte à outil de l'Accord Européen. L'autosatisfaction affirmée par l'Exécutif¹²⁹ autour de ces différents Accords cache un peu une victoire à la Pyrrhus !

7. Sur la stratégie européenne : le Pacte Vert

Les baby-boomers européens ont eu la double chance d'avoir grandi dans une société de croissance et de plein emploi mais aussi d'avoir vécu, depuis 80 ans, dans un espace de paix. Une première dans l'Histoire d'une Europe des Nations qui s'est déchirée pendant quinze siècles laissant toujours derrière elle oppression, violence, ravage et désolation.

De l'espoir à la déception

L'Union Européenne est née dans un continent dévasté par un conflit ayant fait plus de 50 millions de morts. Aussi, son dessein initial fut de rendre la guerre matériellement impossible en créant un marché unique du **charbon** et de l'**acier** (la **CECA**¹³⁰), *les principaux ingrédients requis pour fabriquer des chars et des canons*¹³¹. Des premiers pas réussis grâce à un projet structurant de paix et de stabilité.

Germant à la fin du XX^{ème} siècle à la suite de l'éclosion économique des pays émergents, le nouvel ordre mondialisé a profondément *affaibli les formes classiques d'organisation intermédiaire et en particulier les Etats Nations*¹³². Il a renforcé le besoin de coopération entre les Nations Européennes dont la **granulométrie** ne leur permet plus de peser sur l'organisation du Monde. En 1990, la richesse cumulée de l'Allemagne et de la France comptait pour 13,5% du PIB mondial et celui de la Chine en représentait 1,5%. Les courbes se sont croisées en 2010. Aujourd'hui la Chine compte pour 18 % du PIB mondial, la France et l'Allemagne pour 7 %. En revanche, même si son poids relatif s'est réduit significativement, l'Europe produisait toujours en 2022 14% de la richesse mondiale.

Régulièrement élargie, l'UE fût graduellement consolidée sur les plans économique et monétaire. Les débuts de l'**Euro** furent une **réussite**. Malgré l'hétérogénéité des revenus et des dettes, les marchés perçurent l'Euroland comme un espace politique solidaire et responsable. Durant les premières années du XXI^{ème} siècle, les écarts de richesse entre les pays du Nord et du Sud se réduisirent de façon spectaculaire : début 2008, le Grec avait réduit de moitié son retard par rapport à l'Allemand et le revenu de l'Espagnol n'était plus que 20% inférieur.

Hélas, en 2008 la terrible crise des **subprimes** qu'il fallut encadrer en laissant filer les **dettes souveraines** agit comme un détonateur. Elle démontra la légèreté avec laquelle les critères de convergence avaient été appliqués. Elle fut aussi révélatrice d'un **manque de**

solidarité au sein de l'Union, les plus vertueux rechignant de porter secours aux mauvais élèves qui avaient laissé filer leur dette. L'écart relatif de richesses entre le Nord et le Sud s'inversa rapidement : en 2015 la Grèce et le Portugal étaient pratiquement revenus à leur situation de la fin des années 1990.

Contrairement à la CECA, la monnaie unique n'a pas consolidé cette **communauté de destin** rêvée par Giscard, Schmitt, Mitterrand et Kohl. En revanche, elle a révélé au grand jour la **faillite** d'un modèle sans légitimité démocratique, sans leadership et sans moyen dégageant une image d'**impuissance** : une structure technocratique produisant une batterie de normes souvent inutiles, un Parlement sans réel pouvoir agissant dans l'opérationnel¹³³, un conseil incapable de répondre collectivement aux grands enjeux économiques (mondialisation) et sécuritaires (montée de l'intégrisme, problème des migrants) du XXI^{ème} siècle.

Du fait de son impact social, environnemental et économique, la transition énergétique aurait pu s'inscrire comme un projet structurant capable de relancer une Europe en panne. Hélas, reposant principalement sur une somme d'**égoïsmes nationaux**, instrumentalisée par une Cancel Culture décroissantiste devenant progressivement discours dominant¹³⁴, la transition énergétique européenne navigue à vue tel un **Titanic** fonçant droit sur son iceberg¹³⁵.

L'obsession des agendas inversés

La **planification** fait partie intégrante de notre vie quotidienne. Sans planification aucune chance de respecter la qualité, le timing et le budget d'un projet. Respecter un planning requiert une règle essentielle : s'assurer que l'objectif est cohérent avec la durée des tâches et les ressources disponibles (humaines, technologiques et financières). L'objectif final est donc un **délivrable** et non un **prérequis**. Compte tenu de son périmètre (régional voire mondial) et de sa durée (plusieurs dizaines d'années) la transition écologique ne peut échapper à une planification rigoureuse. Encore faut-il qu'elle s'inscrive dans les règles édictées ci-dessus.

Hélas entre la planification au sens noble du terme et le sens que les politiques lui ont donné à travers l'Histoire, il y a malheureusement un fossé béant¹³⁶. Nos démocraties occidentales ont inventé les **agendas inversés** : on se donne des objectifs peu crédibles et on se pose ensuite la question de leur réalisation. L'opposé de la démarche d'un ingénieur. Faisant fi de tout réalisme, la **planification politique** ne coche aucune case d'une véritable **planification écologique** réaliste dans ses objectifs et durable dans le temps. Sans aucune

réflexion préalable, on se donne des objectifs politiques qui à terme s'avèrent dans 90% des cas inatteignables.

Ainsi, selon Carlos Tavares, patron de Stellantis, *l'Europe a tout fait à l'envers*^{137,138} : interdire la vente de voitures thermiques neuves à partir de 2035 est *un choix politique et non pas industriel*¹³⁹. A l'encontre de toute logique, cet agenda inversé pourrait s'avérer suicidaire pour l'industrie automobile européenne¹⁴⁰.

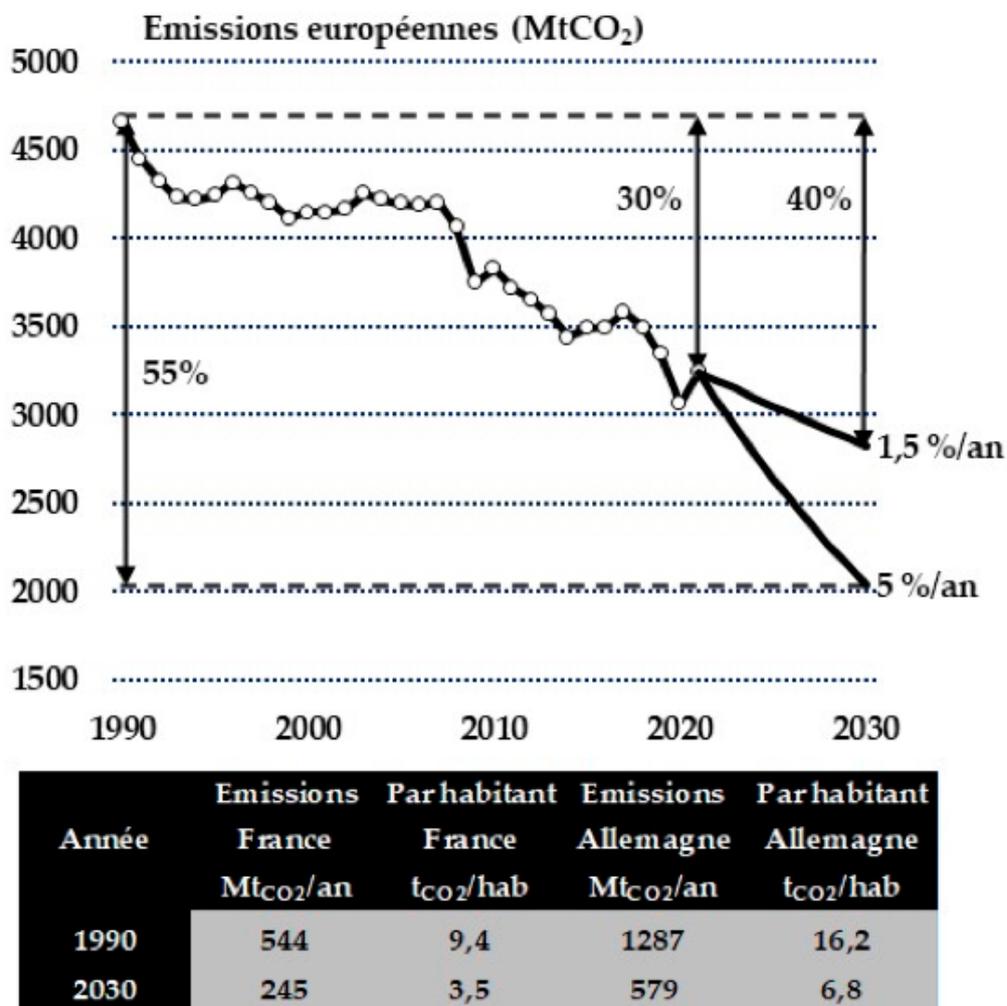
Le Pacte Vert européen

Présenté par la Commission en décembre 2019 puis gravé dans la loi Climat en juin 2021, le **Pacte Vert**¹⁴¹ (**Green Deal** dans sa version anglophone) a l'ambition de faire de l'Europe un continent neutre en carbone à l'horizon 2050. Pour ce faire, chaque nation européenne est tenue de réduire d'ici 2030 ses émissions de **55 % par rapport aux niveaux de 1990**. Pour atteindre cet objectif, le Pacte Vert mobilise l'ensemble des forces vives (recherche, industrie, énergie) capables d'atténuer le réchauffement et renforce les politiques d'adaptation.

Le Pacte Vert est-il réaliste ?

Le Pacte Vert est un incorrigible agenda inversé. Rappelons que le texte initial, ciblait 40% mais que l'objectif a été relevé à 55% en 2021. Depuis 1990 (**Figure 23 - haut**) les émissions européennes se sont réduites de 30%. Pratiquement stables jusqu'en 2010, la réduction s'est amorcée à un rythme moyen de 1,5% par an. Prolonger ce rythme jusqu'en 2030 nous conduirait à une réduction de 40 % en accord avec la cible initiale mais 15 points en dessous de la cible actuelle. Pour atteindre les 55%, le rythme annuel de réduction devrait passer à 5 %/an. Un objectif irréaliste surtout si l'Europe souhaite se réindustrialiser.

Figure 23 – Haut - Emissions²⁵ UE depuis 1990
 Bas - Efforts requis par la France et l'Allemagne
 Source des données : EA greenhouse gases



Le Pacte Vert est-il juste ?

La règle des 55% introduit une **injustice notoire entre nations européennes**, défavorisant de façon cynique ceux qui se sont décarbonés les premiers. D'une part elle ignore la **démographie** (entre 1990 et 2022 la population Française s'est accrue de 11 Millions d'habitants contre 6 pour l'Allemagne et 2 pour l'Italie) mais surtout elle considère de façon homogène les émissions 1990 alors qu'à cette époque le Français, grâce à son nucléaire, émettait déjà deux fois moins que l'Allemand.

En conséquence, on demande aux Français de réduire leurs émissions individuelles 2030 à 3,5 t_{CO2}/an alors que les Allemands seront toujours autorisés à émettre 6,8 t_{CO2}/an (**Figure 23 - Bas**). Non seulement les Allemands sont récompensés de leurs émissions

25 Hors UTCATF - Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et forêts

passées mais surtout on leur demande un effort bien moindre, l'objectif de 55% réclamant aux Français d'énormes efforts marginaux de sobriété dans les transports, l'habitat et l'industrie. On peut donc s'interroger sur les compétences des dirigeants ayant accepté une règle aussi absurde !

L'Union Européenne doit impérativement **revoir sa stratégie** et proposer une règle plus juste en imposant à l'ensemble des pays européens une cible identique d'**émissions moyennes par habitant** : 40% de décarbonation (poursuite de la tendance actuelle) conduirait pour le Français à une cible de 6,3 t_{CO2}/hab et les 55% à 4,5 t_{CO2}/hab. Contrairement à l'Allemagne, **la France a déjà atteint la cible des 40%**.

Le Pacte Vert est-il soutenable ?

Le rapport Pisani-Ferry¹⁴² publié par France Stratégie en juin 2023 a estimé le coût économique et sociétal du Pacte Vert pour la France à 66 milliards d'euros par an soit environ 2,2% de PIB. Compte tenu de l'urgence (passer d'un rythme de décarbonation de 1,5% à 5%), le plan repose sur la mise en œuvre accélérée d'équipements électriques (voiture électriques, pompes à chaleur) couplée à une réduction de la consommation à la fois technique (isolation thermique, fret ferroviaire, télétravail) et comportementale (sobriété thermique dans l'habitat, transports en commun, mobilité physique, remplissage des voitures, tourisme local, circuits courts).

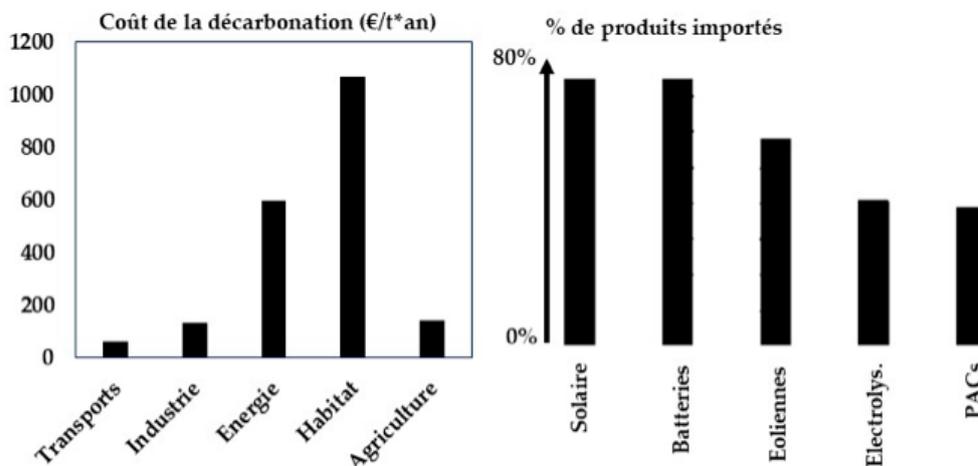
Si le coût apparaît démesuré, c'est surtout la clé de répartition entre secteurs qui est singulière (**Figure 24 - gauche**). Ainsi le poids financier affecté aux transports n'est que de 3 milliards d'euros par an (on mise sur un transfert massif de la mobilité individuelle devenue trop onéreuse vers les transports en commun) alors que 48 milliards sont affectés à l'habitat (résidentiel + tertiaire). Si on peut priver les Français de **voiture individuelle** on peut difficilement les priver de chauffage dans leurs **logements**. Cette stratégie coûteuse et injuste n'apporte en retour qu'une faible plus-value à la décarbonation avec un coût aberrant de la tonne décarbonée qui, dans le bâti, dépasse les 1000 €.

Satisfaire le Pacte Vert européen demandera des investissements non seulement **colossaux** mais surtout **faiblement productifs**. Ainsi, hormis la main d'œuvre liée à la rénovation du bâtiment, 60 % à 70% des équipements verts seront importés de Chine (**Figure 24 - droite**).

Figure 24 – Gauche - Coût de la décarbonation par secteur

Droite – Pourcentage de produits verts importés

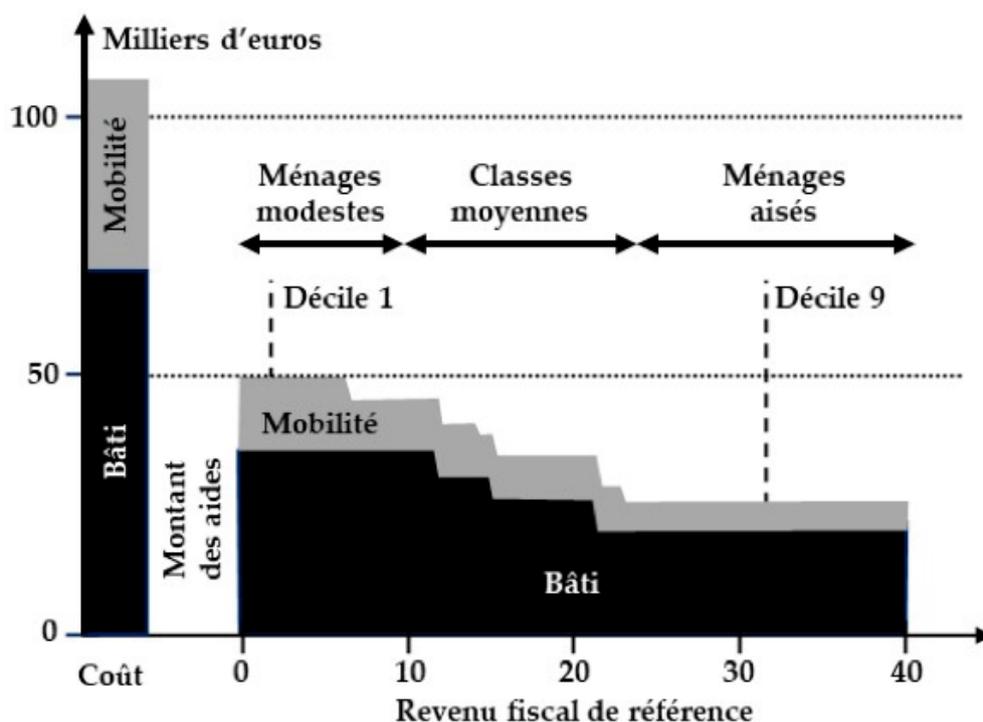
Sources des données : France Stratégie



Selon France Stratégies, le Pacte Vert ne pourra se faire qu'au prix d'une forte augmentation de la **dette** (+25% en 2040), du déficit de la **balance commerciale** et de l'accroissement de la fiscalité notamment via la mise en œuvre d'une **ISF climatique**. A court et moyen terme, il en résultera un accroissement significatif des prix à la consommation imposant la sobriété surtout aux plus démunis. Pour au moins deux décennies, le Pacte Vert serait générateur de davantage de **pauvreté**. Pour des raisons de justice sociale, les prix ne pouvant à eux seuls imposer la sobriété, l'Etat devra l'imposer par la contrainte. France-Stratégie reconnaît l'extrême difficulté d'une telle démarche dont les principaux gains se feront au profit des générations futures et non des générations courantes.

Figure 25 – Coût et montant des aides en faveur des ménages

Sources des données : I4CE 2023



Une étude récente¹⁴³ de l'I4CE²⁶ alerte quant au **coût insoutenable** de cette transition forcée. Accéder au graal des 55% coûtera (bâti + mobilité) aux ménages français plus de 100 000 € soit 2,5 années de revenus d'un ménage situé dans le neuvième décile (**Figure 25**). L'étude pointe également l'**insuffisance des aides** avec un reste à charge de 50% pour les plus modestes. Ce constat débouche sur une conclusion implacable : *la transition énergétique demeure trop coûteuse pour les classes populaires et moyennes*¹⁴⁴.

Le Pacte Vert est-il utile ?

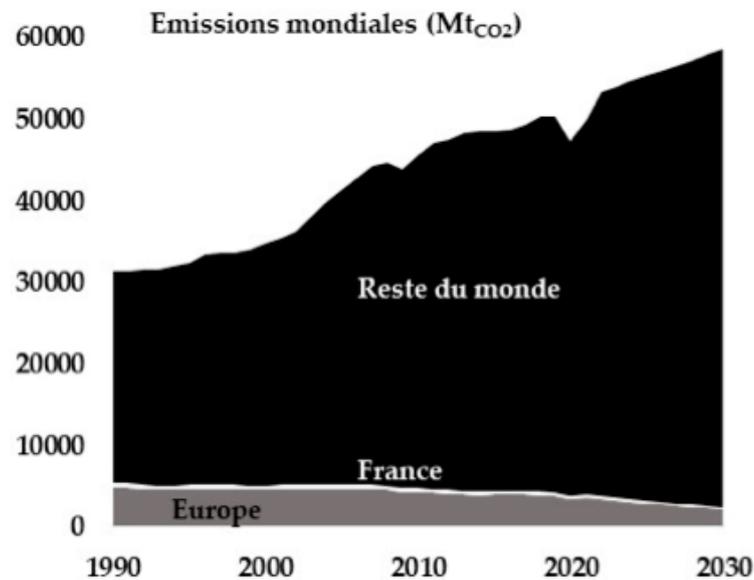
Les émissions de GES et le réchauffement climatique qui en découle étant des phénomènes globaux indépendants du lieu d'émission, des approches nationales voire régionales resteront peu efficaces si elles ne s'intègrent pas dans une politique mondiale.

A l'horizon 2030 (**Figure 26**), les émissions mondiales totales (incluant les émissions industrielles, l'agriculture et la déforestation) devraient frôler les 60 Gt_{CO2}. Accélérer les politiques aujourd'hui engagées pour baisser les émissions européennes de 55% (au lieu de 40%) n'aura qu'une incidence marginale sur le réchauffement. Dans cet océan de CO₂ émergent, la réduction des émissions françaises conséquentes au Pacte vert se réduit à **un filet à peine visible** !

26 Institut de l'économie pour le climat

Figure 26 - Emissions européenne, françaises et mondiales

Source des données : Energy Institute



Justifier le Pacte Vert, nécessite de quitter la **logique climatique** et de transposer le problème sur le **terrain moral** : *racheter nos émissions passées en conformité avec la morale kantienne*. En d'autres termes le Pacte Vert est un projet purement moral demandant au Vieux Continent de se suicider sur l'« autel de la vertu ».

Le rôle équivoque de l'Allemagne

Tournant le dos à son à son propre **Livre Vert**¹⁴⁵ publié en 2000 et basé sur une stratégie pertinente de **sécurité énergétique** et de diversité de ses sources d'approvisionnement, l'Europe a foncé tête baissée dans le **Pacte Vert** et implicitement adhéré à l'**Energiewende** allemand imposé par die **Groenen**. Promouvant pour des raisons politiques et idéologiques un 100% renouvelables intermittent associé à la sortie du nucléaire, l'Allemagne s'est jetée implicitement dans les bras du gaz Russe. Cette stratégie tacitement entérinée par la Commission était par ailleurs contradictoire avec le respect du traité Euratom.

Même si la France a imposé aux forceps le nucléaire dans la taxonomie verte et dans le nouveau mécanisme du marché de l'électricité, l'atome n'est toujours pas le bienvenu dans la stratégie européenne. Malgré un niveau de décarbonation sans comparaison avec celui de l'Allemagne, la France subit le dictat communautaire des ENR : le 12 septembre 2023¹⁴⁶, l'Europe a décidé de contraindre les Etats Membres de porter à 42,5% la part de renouvelables (électricité + chaleur) dans leur consommation d'énergie finale d'énergie.

Dans ces 42,5% figurent le solaire, l'éolien mais aussi la biomasse¹⁴⁷ dont le bois (**Figure 17**) première source d'énergie renouvelable française devant l'hydraulique. Or ce dernier n'a pas le vent en poupe dans la mesure où¹⁴⁸ *le contenu carbone du MWh bois...est supérieur à celui du charbon, du pétrole et du gaz*¹⁴⁹. Ce n'est en fait que par un mécanisme de compensation (les émissions de l'arbre brûlé est compensé par un nouvel arbre planté) que l'on arrive à considérer le bois comme pratiquement neutre en carbone. Pour cette raison, le bois est dans le collimateur des trois principaux groupes du Parlement européen désirant arrêter toute subvention à la combustion de biomasse ligneuse. Cette volonté pourrait priver la France de sa première source d'énergie renouvelable et l'obliger à développer de façon encore plus frénétique l'éolien et le solaire.

Pour l'Hexagone dont 90% de la génération électrique est déjà décarbonée grâce au nucléaire, la **situation** est **kafkaïenne** : on impose implicitement à la France de remplacer du décarboné nucléaire pilotable par du décarboné renouvelable non pilotable. Peu motivée, la France est très en retard par rapport aux objectifs intermédiaires¹⁵⁰ imposés par Bruxelles (directive 2009/28/CE¹⁵¹) : ainsi en 2021 la part de renouvelables (incluant l'hydroélectricité) n'était que de 19,3% pour une cible de 23%.

Aussi, la France est-elle mise à l'**amende** et contrainte de racheter via un mécanisme de **transfert statistique** des TWh excédentaires à d'autres Etats Membres ayant dépassé leurs objectifs. Pour la seule année 2020, nous sommes redevables de 960 M€. L'accumulation prévisible du retard au cours des prochaines années nous imposera de réguliers transferts faute de quoi nous nous exposons à des astreintes financières et à des difficultés pour accéder à certains fonds européens. L'évolution progressive des esprits par rapport au nucléaire devrait toutefois inciter le gouvernement français à renégocier des accords qui lui sont profondément défavorables.

Europe et tentation décroissantiste

Non contente d'imposer aux Etats Membres en général, à la France en particulier des objectifs suicidaires, l'Europe répond positivement aux **chantres du décroissantisme**.

Du 15 au 17 mai 2023, un grand séminaire sponsorisé par OXFAM, Les Amis de la Terre et la Fondation de l'Ecologie Politique a été organisé à Bruxelles sur la thématique de la **décroissance économique**¹⁵². La brochette des speakers donne le ton quant à la pluralité de l'évènement : des parlementaires européens issus à une écrasante majorité (>70%) de gauche (S&P) et d'extrême-gauche (Greens et Left), des intervenants académiques sans

exception économistes décroissantistes assumés issus du GIEC, du Club de Rome ou de mouvements écologistes militants. On y trouvait aussi des collapsologues comme le cybernéticien français Aurélien Barreau¹⁵³ considérant que *nous sommes face à une extinction massive de la vie sur Terre*. L'évènement fut pourtant **adoubé par la Commission** (introduction d'U. Von der Layen), le Conseil (conclusion de C. Michel) et le Parlement (intervention de R. Metsola).

De la théorie, Bruxelles est passé à la pratique en octroyant dix millions d'Euros à trois étoiles montantes du décroissantisme¹⁵⁴ dont un membre éminent du GIEC¹⁵⁵. Gérés par les Universités de Lausanne et de Barcelone, les fonds sont officiellement destinés à formuler des paquets de politiques post-croissance un concept conduisant selon ses protagonistes à une prospérité universelle libérée de la croissance économique. Une société sans création de richesses mais plus stable sur le plan écologique et plus juste sur le plan social. Quand on s'intéresse d'un peu plus près aux CVs des trois protagonistes, on observe que le climat n'est pas leur préoccupation principale. Aussi peut-on craindre que ces fonds soient en partie utilisés à rédiger un programme idéologique anticapitaliste aux frais du contribuable européen.

Bien que le rapport **Pisani-Ferry** rejette toute option décroissantiste indiquant que *ce n'est pas la décroissance qui décarbonera la société car elle supposerait d'annuler la majeure partie des gains de revenus des derniers siècles*, il en adopte les **leviers** (baisse de la production et de la consommation) et le **vocabulaire**. Ainsi remet-il en cause l'indicateur de PIB/hab au profit du concept de bien-être *valorisant les avantages non monétaires induits par la transition comme les effets sur la santé, la réduction des pollutions locales, une alimentation plus saine ou encore la pratique de la marche ou du vélo*. **Le verdissement de la société réduirait aussi l'éco-anxiété des jeunes générations tandis que la sobriété favorable au bien-être permettrait de sortir d'une surconsommation générant davantage de frustration que de bien être.**

8. Sur le lancement de projets alternatifs

L'Institut Sapiens propose ci-dessous trois projets alternatifs stratégiques indispensables pour limiter la future dépendance énergétique européenne.

Sécuriser les approvisionnements gaziers européens

Miser sur une décarbonation totale du mix thermique et électrique 2050 paraît aujourd'hui très risqué. Selon l'estimation Sapiens, l'Hexagone importerait encore en 2050 330 TWh de gaz naturel primaire (**Figure 15**). L'Europe en général, la France en particulier doivent donc sécuriser leur approvisionnement à moyen/long terme. Dans la mesure où la Russie (40 % de notre approvisionnement gazier avant 2022) n'est plus considérée comme un partenaire fiable, un certain nombre d'actions devront être lancées :

- Sécuriser notre approvisionnement par gazoduc en regardant notamment vers l'Est Méditerranéen (Egypte, Israël, Liban, Chypre et Turquie) et en encourageant la construction du pipeline EASTMED¹⁵⁶ reliant ces champs au sud de l'Italie via Chypre et la Grèce,
- Compte tenu du temps requis pour construire de nouveaux gazoducs, la sécurisation court/moyen terme reposera essentiellement sur le Gaz Naturel Liquéfié. Rappelons que la baisse de plus de 60% de nos importations de gaz Russe (de 160 à 60 milliards de mètres cubes¹⁵⁷) en 2022 a été en grande partie compensées par du GNL (gaz de schiste) américain¹⁵⁸ (60 milliards de mètres cubes d'importations). Sécuriser nos importations de Gaz Naturel Liquéfié demandera aussi d'accélérer la construction des nombreux terminaux de regazéification aujourd'hui en projet (**Figure 27**). Rappelons que l'Allemagne souffre particulièrement de l'absence de terminaux que les Verts ont toujours refusé de construire sur son territoire. La crise ukrainienne les a poussés à prendre d'assaut les quelques terminaux flottant¹⁵⁹ disponibles.

Figure 27 – Terminaux de regazéification européens existant et en projet ¹⁶⁰



- Relancer la production domestique européenne de gaz. Après les Pays-Bas et l'Allemagne décidant conjointement de relancer au nord de la Frise un projet gazier gelé par les écologistes depuis dix ans¹⁶¹, c'est au tour des Britanniques de relancer l'exploitation gazière en Mer du Nord¹⁶². La France pourrait regarder du côté de son potentiel gaz de schistes reconnu (mais à vérifier) comme l'un des plus importants d'Europe¹⁶³. Le sujet reste toutefois socialement explosif alors que pourtant l'Hexagone importe ce même gaz de schiste aux prix fort des Etats-Unis.
- Planifier la construction de 50 GW de Turbines Gaz/Vapeur (coût unitaire de 0,5 G€ soit un coût global de l'ordre de 25 milliards d'euros non aujourd'hui intégrés à la planification gouvernementale). Ce nombre pourrait évidemment être modulé voire fortement réduit si l'Etat décidait rapidement la mise en œuvre d'EPR supplémentaires en passant au rythme de deux EPR/an (**Figure 15**)

Un raisonnement similaire s'applique à la mutualisation des achats, proposition d'Emmanuel Macron à la Commission¹⁶⁴. Grouper les achats est une stratégie pertinente quand l'offre est abondante car les producteurs désireux d'écouler leur gaz sont alors disposés à concéder de gros rabais en échange de l'achat de volumes

conséquents. Tel était d'ailleurs l'idée maitresse de Donald Tusk quand il créa en 2015 l'Europe de l'Energie¹⁶⁵. En revanche, quand la demande domine l'offre, les producteurs rechignent à concéder des rabais et ce même en cas d'achats groupés.

Reste la piste diplomatique destinée à convaincre les pays producteurs de réduire leurs prix tout en maintenant les flux afin de soulager quelque peu la souffrance énergétique européenne. Ainsi, en septembre 2022, les régulateurs européens de l'énergie se sont rendus en toute discrétion à Washington *pour tenter de négocier à la baisse des prix du GNL américain, dont les importations en Europe ont doublé et les prix quadruplé*¹⁶⁶. La valse des chefs d'Etats Européens en Algérie au cours des mois précédents poursuivait un objectif similaire. Gaz américain en échange de la soumission européenne, gaz algérien en échange de l'annulation des OQTF et de la restauration des visas français, une négociation n'est jamais gratuite ! Les contrats militaires récemment passés par les Allemands¹⁶⁷ et les Polonais¹⁶⁸ avec l'Oncle Sam en sont une preuve tacite.

L'Europe qui est un **price taker** et non un **price maker** ne peut que constater son impuissance à impacter les prix du gaz. Tel n'aurait été le cas si nous avions maintenu, au moins en partie, notre production domestique comme les Américains grâce à leurs gaz de schistes. Le marché y est captif et le prix du gaz dix fois moins élevé qu'en Europe !

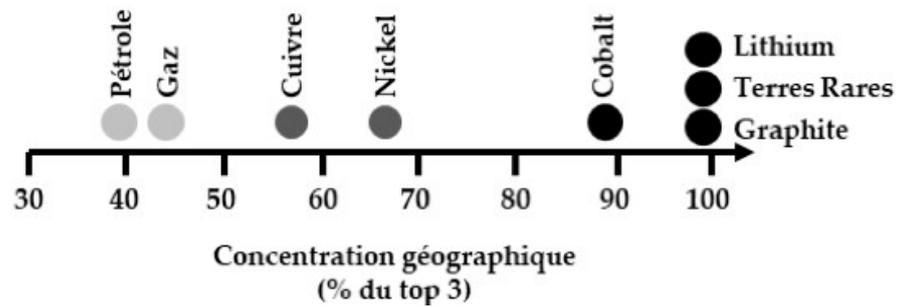
L'Europe est-elle prête à abandonner idéologie et naïveté au nom du pragmatique ? Rien n'est moins sûr. Le Pacte Vert supposé conduire à un Net Zéro Emissions à l'horizon 2050 élude tout débat gazier. Ainsi, s'étant fixé une échéance Net Zéro Emissions en 2045, Engie négocie aujourd'hui des contrats gaziers sur une durée maximum de 15 ans¹⁶⁹ alors que les pays asiatiques, Chine en tête, négocient sur 40 ans avec à la sortie un accès à la ressource préférentiel et beaucoup plus compétitif.

Relancer l'activité minière

Si le vent et le soleil appartiennent à tout le monde, il n'en est pas de même des métaux critiques (on parle abusivement de métaux rares) nécessaires à la fabrication des équipements verts (nacelles d'éoliennes, panneaux solaires, batteries, électrolyseurs, piles à combustible) mais aussi à la multiplication des éoliennes et des panneaux solaires dont la dispersion sur le territoire ou l'éloignement en mer fait appel à d'énormes quantités de cuivre pour les relier au réseau de distribution.

Figure 28 – Concentrations des énergies fossiles, métaux critiques et terres rares

Source des données WEO 2023⁷⁰



52% de la production mondiale de cuivre provient du Chili, du Pérou et de la Chine. Le Cuivre pourrait être le premier goulot d'étranglement de la transition énergétique. Les batteries ion-lithium requièrent du Cobalt (64% de la production mondiale provient de RDC), du Lithium (53% est produit en Australie et le reste au Chili et en Argentine) et du graphite (60% provient de Chine). Quant aux terres rares ou métaux précieux plus de 60% de leur production est concentrée en Chine. Chine, Chili, et RDC détiennent dans leurs sous-sols plus de la moitié de la production et des réserves de métaux critiques nécessaires à la croissance verte (**Figure 28**).

A cette *bande des trois* s'ajoute la Bolivie recelant dans son Salar d'Uyuni des réserves colossales de Lithium inexploitées à ce jour. La croissance verte nous donne l'illusion d'une indépendance énergétique retrouvée. Dans les faits elle ne fera que déplacer notre **dépendance pétrolière** vers une **dépendance minière** encore plus marquée. Pour éviter les pièges monopolistiques et diversifier sa chaîne d'approvisionnement, l'UE a adopté le **critical raw material act**¹⁷¹ encourageant notamment la production et le recyclage domestique. Ce constat sans appel doit pousser l'Europe à relancer son activité minière, une tendance qui s'amorce hélas beaucoup trop timidement.

Ainsi dès 2027, l'ancienne carrière de Beauvoir dans l'Allier (qui produisait du kaolin jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle) pourrait produire 34 000 tonnes de Lithium par an durant 25 ans¹⁷². Depuis la déclaration d'intérêt, les ONGs sont vent debout contre le projet¹⁷³ : processus d'extraction énergivore, demande de quantités gargantuesques d'eau et utilisation de produits chimiques.

Parallèlement des réserves gigantesques de terres rares (>million de tonnes) ont été découvertes près de Kiruna au nord de la Suède¹⁷⁴. Toutefois leur mise en exploitation pourrait prendre plus de dix

ans. En cause notamment la présence de peuples autochtones et de rennes sauvages.

Face à ces initiatives louables on peut craindre des réactions en chaîne de mouvements écologistes¹⁷⁵ pointant du doigt la demande en eau, les résidus en métaux lourds après séparation, les excavations dans les paysages et la forte consommation énergétique pour extraire les faibles concentrations métalliques de la gangue. Ainsi le média Reporterre titrait récemment¹⁷⁶ *Titane, lithium : l'Europe ouvre un open bar pour l'industrie minière* expliquant qu'à travers un principe d'intérêt stratégique supérieur l'Europe limitait les motifs d'objection juridique des populations et reléguant les lois environnementales et démocratiques.

Une mine propre n'a malheureusement jamais existé ! La mine (spécialement à ciel ouvert) est tout sauf écologique et dans une large mesure bien plus agressive pour l'environnement que l'extraction pétrolière et gazière. Sans s'y opposer, il y a donc un risque évident que les Gouvernements empilent une série de normes rendant en Europe l'extraction non économique par rapport à des pays tiers.

Accélérer la production des réacteurs nucléaires

Dans un rapport récent¹⁷⁷, Greenpeace France tente de convaincre le Gouvernement d'arrêter la construction des 6 EPR programmés pour investir le budget dédié (52 milliards d'euros) dans l'éolien et le solaire. Compte tenu des délais de construction des EPR, le nouveau nucléaire ne produira pas d'électricité avant 2037/2038 et n'aura de ce fait qu'un faible impact sur la décarbonation contrairement aux éoliennes et aux panneaux solaires beaucoup plus rapides à mettre en œuvre. Si l'argument paraît recevable en première lecture, Greenpeace¹⁷⁸ fait l'impasse sur un point critique : non seulement cette stratégie priverait la France 2050 de 10 GW d'électricité pilotable mais surtout elle n'absoudra pas la mise en œuvre de Turbines Gaz Vapeur en support des ENR additionnels.

Le rapport met toutefois l'accent sur un point critique tout à fait pertinent : les très longs délais de mise en œuvre des EPR (voire de réacteurs de 4^{ème} génération) pénalisent lourdement la décarbonation moyen terme en imposant de facto le gaz naturel comme énergie de transition. La décarbonation du mix électrique français à l'horizon 2050 repose donc pour l'essentiel dans **l'accélération** de la production de réacteurs nucléaires de 3^{ème} voire de 4^{ème} génération avec la mise en service de 2 réacteurs par an au lieu d'un envisagé au mieux aujourd'hui.

En théorie rien d'impossible quand on se remémore qu'entre 1974 et 2001¹⁷⁹ la France a mis en service 56 réacteurs (soient 2,5 réacteurs par an). Mais, les pionniers du plan Messmer¹⁸⁰ peuvent-ils

réellement renaître de leurs cendres ? Opposition sociétale, pertes de compétences d'une filière en jachère depuis 20 ans et surcroît de normes sont autant de facteurs rendant ce planning peu crédible sans une volonté politique que l'on ne voit pas venir.

L'évolution des mentalités depuis début 2022 souffle toutefois un vent d'optimisme : discours de Belfort, nucléaire intégré à la taxonomie et considéré par l'UE comme énergie verte, volonté affichée à la COP28 de tripler le nucléaire dans le monde d'ici 2050¹⁸¹, pays réfractaire comme l'Allemagne en plein doute sur l'atome, message récent¹⁸² du numéro un d'EDF Luc Rémont souhaitant passer de 1 à 1,5 réacteur par an sont autant de messages positifs qu'il faudra rapidement concrétiser. Pour l'heure, seuls 6 EPR sont lancés et 8 autres en attente de lancement. Dans les faits, on est loin des deux par an réclamés par la décarbonation.

Propulser massivement les petits réacteurs modulaires

Remplacer le plus rapidement possible le gaz utilisé dans l'électricité mais aussi dans la chaleur demande de trouver une source d'énergie :

- Décarbonée et pilotable (et donc nucléaire)
- Aux délais de production raccourcis pour permettre une mise en œuvre rapide
- Permettant de découpler électricité et chaleur
- Permettant de rapprocher la production de chaleur du consommateur
- Possiblement utilisables dans la mobilité forte puissance (trains, bateaux, avions)
- A la fois utilisable comme source électrique de base et de pointe
- Peu dépendante de la volatilité des matières premières
- Réduisant les risques sécurité/indépendance énergétique inhérents au gaz
- Réduisant l'impact du prix du gaz sur le prix du MWh électrique
- Minimisant les 3 externalités du nucléaire : déchets/accident nucléaire/abandon

Et c'est évidemment ici que les petits réacteurs modulaires pourraient jouer un rôle clé en réduisant significativement les délais. Rappelons en effet que le passage du mode projet (réacteur construit sur place associé à des travaux titanesques de génie civil)

au mode industriel (réacteurs assemblés en usine et travaux de génie civil se réduisant à couler une dalle de béton) réduit de façon très significative les délais²⁷.

Ainsi les deux projets NUWARD (mini réacteur de moyenne puissance à eau pressurisée) et NAAREA (micro surgénérateur nucléaire de faible puissance) pourraient produire des SMR à la chaîne à partir de 2030 et même avant si les budgets étaient renforcés et surtout si l'ASN²⁸ traitait leurs dossiers priorité. On peut en effet se demander si l'effectif global (516 personnes) et le budget (70 M€) de l'Autorité sont à la hauteur des enjeux. D'autant que la plupart des ONGs continuant¹⁸³ d'assimiler nucléaire militaire et nucléaire civil tentent par tous les moyens de retarder les processus en imposant des règles contraignantes¹⁸⁴ pour ensuite démontrer que les technologies sont non seulement immatures mais aussi non économiques¹⁸⁵.

Parmi les deux projets, NAAREA coche davantage de cases que NUWARD : il permet (grâce à son cycle au CO₂ supercritique) de produire de l'électricité à la fois en base et en pointe et surtout de palier à la principale externalité du nucléaire à savoir de réduire significativement les déchets de longue vie.

Nous saluons l'appel de douze États Membres¹⁸⁶ (Bulgarie, Croatie, Finlande, France, Hongrie, Pays-Bas, Pologne, République tchèque, Roumanie, Slovaquie, Slovénie et Suède) appelant la Commission à créer une alliance industrielle en faveur des petits réacteurs modulaires qui pourraient être *une solution pour la production d'une électricité sans énergie fossile dès le début des années 2030*. La PPE ne considère aujourd'hui que 4 GW de SMR dans le mix Français 2050 (**Figure 15**). Un message fort, rapide et conséquent de l'Europe sera indispensable pour transformer les bonnes volontés en réelle stratégie industrielle.

L'adaptation des réseaux de transport et de distribution d'électricité n'a pas été abordée dans ce rapport. Leur impact est cependant capital dans le cas d'un développement massif des sources diffuses comme les ENR et les SMR. En se basant sur les données disponibles d'EDF, nous estimons que les politiques actuelles conduisent à un surcoût d'investissements de l'ordre de 5 milliards d'Euros par an un ordre de grandeur similaire à celui du Grand Carénage du parc nucléaire existant.

27 Voir aussi section 4

28 Autorité de Sûreté Nucléaire

Annexe – Sur le fonctionnement du GIEC

Le GIEC¹⁸⁷ n'est ni un laboratoire, ni une structure de recherche ni comme le suggère son acronyme français un Groupe International d'**Experts** sur le Climat. C'est un organisme synthétisant des travaux menés dans les laboratoires du monde entier. L'acronyme anglais IPCC (International **Panel** on Climate Change) apparaît beaucoup plus adapté.

Le GIEC est constituée de scientifiques, d'économistes et de représentants des États. La présence de ces derniers a été voulue par le G7 sous la pression de Ronald Reagan et de Margaret Thatcher qui souhaitaient un contrôle des gouvernements sur les rapports scientifiques. Sans en rien remettre en cause la validité scientifiques des travaux présentés, les travaux du GIEC sont aussi influencés par la politique.

Même si une part écrasante de la communauté scientifique s'accorde sur le fait **que le réchauffement observé depuis un demi-siècle est en grande partie attribuable à l'activité humaine** le GIEC étant gouverné par l'ONU et ses travaux validés par l'ensemble de ses membres (soit 195 pays) le **consensus** est bien hybride.

Par ailleurs, certains anciens membres éminents du GIEC comme le climatologue Richard Lindzen pointent les différences notables entre les **rapports techniques** (4000 pages que très peu de personnes lisent) et le **rapport** de synthèse destiné aux **décideurs** : *le résumé à l'intention des décideurs est sujet à deux phases de relecture par les gouvernements et les experts extérieurs au GIEC, puis par les gouvernements seuls*. Il est enfin soumis à l'approbation des États membres du GIEC en séance plénière. Ce résumé à destination des décideurs utilisé notamment par de nombreux influenceurs climatiques sur les réseaux sociaux n'est donc pas, loin de là, déconnecté de toute pression politique.

Enfin, si l'impartialité de la majorité des chercheurs travaillant pour le GIEC ne peut être mise en cause, certains de ses membres éminents sont aussi connus pour leur militantisme et leur implication politique marqués à Gauche et à l'Extrême-Gauche. On peut aussi regretter que le GIEC n'intègre pas dans ses rapports des opinions contradictoires ou minoritaires comme peuvent le faire d'autres organismes.

Pour davantage légitimer ses remarquables travaux, le GIEC aurait tout avantage à accepter davantage les débats contradictoires et à se déconnecter de personnalités dont les convictions militantes l'emportent parfois sur l'action scientifique.

Références

- 1 O. Postel Vinay (2022) « Sapiens et le climat. Une histoire bien chahutée » Presses de la Cité
- 2 https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/mains2-3.html
- 3 https://www.citepa.org/wp-content/uploads/Citepa_2021_09_d01_INT_GIEC_AR6_Vol1_09082021_VF.pdf
- 4 https://www.science.org/content/article/after-40-years-researchers-finally-see-earths-climate-destiny-more-clearly?fbclid=IwAR3pYBzCFs6Nvk9vcbO8ZXrc_URISINGipG5VXvC_rMsSmOAsB9OPVMBi6s
- 5 https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_French.pdf
- 6 <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/tempete-ciaran-sur-le-nord-ouest-entre-mercredi-soir-et-jeudi-midi>
- 7 <https://news.un.org/fr/story/2021/09/1102862>
- 8 <https://korii.slate.fr/biz/economie-5-dollars-jour-et-personne-vrai-prix-guerre-conflits-insecurite-dans-monde>
- 9 <https://www.20minutes.fr/monde/1844075-20160511-corruption-coute-pres-2000-milliards-dollars-chaque-annee-monde>.
- 10 <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/ebe56168-fr/index.html?itemId=/content/component/ebe56168-fr>
- 11 <https://www.who.int/fr/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2022/questions-and-answers>
- 12 <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death#:~:text=Responsables%20de%2016%20%25%20de%20tous,8%2C9%20millions%20en%202019>.
- 13 <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/sondage-opinion-37-des-francais-se-considerent-climato-sceptiques>
- 14 T. Parrique (2022) « Ralentir ou périr » Le Seuil
- 15 Mario Bonaiuti, «A la conquête des biens relationnels», in M. Bernard/V. Cheynet/B. Clémentin (dir.), op. cit., pp. 28 et suiv
- 16 https://www.afri-ct.org/wp-content/uploads/2015/02/99_BLANC-NOEL-AFRI_2010.pdf
- 17 Serge Latouche (2009) « Oublier Marx », Revue du MAUSS, n° 2, 2009
- 18 I. Illich (1971) « Une société sans école » Editions du Seuil
- 19 I. Illich (1975) « Némésis médicale » Editions du Seuil

- 20 Dennis Meadows, Donella Meadows and Jorgen Randers (1972) The limits of growth Version Française L'écopoche
- 21 J. Lecomte (2023) « Rien n'est joué. La science contre la théorie de l'effondrement » Editions Les Arènes
- 22 <https://bonpote.com/>
- 23 https://www.blast-info.fr/emissions/2023/catastrophe-climatique-plus-de-11-000-morts-en-libye-0wmPzU5tQKWLEUWGeXmP_g
- 24 <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/la-terre-au-carre/la-terre-au-carre-du-vendredi-08-septembre-2023-7027100>
- 25 <https://www.quotaclimat.org/notre-proposition-de-loi>
- 26 <https://reporterre.net/Climatoscepticisme-dans-les-medias-des-deputes-planchent-sur-une-loi>
- 27 <https://www.valeursactuelles.com/clubvaleurs/societe/rechauffement-climatique-le-climatoscepticisme-va-t-il-devenir-un-delit-dopinion>
- 28 <https://www.contrepoints.org/2023/05/08/455864-comptabilisation-des-emissions-de-co2-une-question-de-responsabilite-partagee>
- 29 <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lempreinte-carbone-de-la-france-de-1995-2021>
- 30 <https://pan.be/article/oxfam-inegalites-et-emissions-mondiales-chronique-dune-supercherie-862>
- 31 <https://www.lefigaro.fr/vox/economie/inegalites-et-emissions-de-co2-la-grande-supercherie-des-chiffres-d-oxfam-20230919>
- 32 <https://wid.world/document/climate-change-the-global-inequality-of-carbon-emissions-1990-2020-world-inequality-lab-working-paper-2021-21/>
- 33 https://fr.wikipedia.org/wiki/World_Inequality_Database
- 34 https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- 35 <https://www.iea.org/commentaries/the-world-s-top-1-of-emitters-produce-over-1000-times-more-co2-than-the-bottom-1>
- 36 Le Monde 8-9 octobre 2023. L'Afrique affamée par le dérèglement mondial
- 37 <https://www.letemps.ch/sciences/environnement/a-la-cop28-le-methane-accede-au-devant-de-la-scene>
- 38 <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/cop-28-5-questions-sur-le-methane-enjeu-majeur-de-la-lutte-contre-le-rechauffement-climatique-2038788>
- 39 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17006511/>

40 <https://votreimpact.org/gaz-a-effet-de-serre/sources-du-methane>

41 https://hal.inrae.fr/hal-02620071_animale/article/209020/adapter-les-rations-pour-reduire-les-rejets-de-methane

42 https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/P%C3%A2torage_tournant_dynamique

43 <https://ts2.space/fr/les-meilleurs-drones-pour-la-detection-de-fuite-de-gaz/>

44 <https://www.francaisedelenergie.fr/>

45 <https://ef4india.wordpress.com/tag/human-development-index/>

46 <https://hdr.undp.org/content/energising-human-development>

47 <https://www.populationdata.net/palmares/idh/>

48 <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Fertility/>

49 <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>

50 <https://www.institutsapiens.fr/observatoire/demographie-et-climat-limpossible-equation/>

51 <https://www.carbone4.com/publication-faire-sa-part>

52 <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021/scenario-trajectories-and-temperature-outcomes>

53 <https://www.latribune.fr/economie/international/les-pays-du-sud-doivent-trouver-2-400-milliards-de-dollars-par-an-pour-financer-leur-action-climatique-939865.html>

54 « Un G20 pour rien ? Ces facteurs qui entravent la coopération internationale à l’heure où la planète n’en a jamais eu autant besoin » Atlantico.fr

55 https://www.lemonde.fr/climat/article/2020/09/24/la-chine-surprend-en-s-engageant-a-atteindre-la-neutralite-carbone-d-ici-a-2060_6053402_1652612.html

56 <https://www.latribune.fr/climat/energie-environnement/climat-l-inde-est-encore-loin-d-atteindre-ses-objectifs-en-matiere-de-mix-energetique-978498.html>

57 Adel El Gammal (2023) Geopolitics : Friend or foe of Climate Action - 25 Congrès des Économistes - Commission 6 : Action Climatique dans un monde globalisé

58 <https://www.latribune.fr/economie/international/la-russie-renforce-ses-liens-avec-la-coree-du-nord-sur-tous-les-plans-983491.html>

59 <https://www.lalibre.be/debats/opinions/2022/06/14/la-naivete-strategique-de-lue-finance-lemergence-dune-otan-asiatique-YZUBONPLLBA7XKIBCACTN5UBSU/>

- 60 <https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/02/24/resolution-sur-la-russie-a-l-onu-quels-pays-ont-change-de-position-depuis-mars-2022>.
- 61 F. Fukuyama (2008) « La fin de l'Histoire et le dernier homme » Editions Champs Essais
- 62 <https://www.grasset.fr/livre/comment-les-democraties-finissent-9782246286318/>
- 63 <https://reporterre.net/L-ultraliberal-et-climatosceptique-Javier-Milei-elu-president-de-l-Argentine>
- 64 <https://reporterre.net/Aux-Pays-Bas-l-extreme-droite-climatosceptique-aux-portes-du-pouvoir>
- 65 <https://www.lopinion.fr/economie/les-verites-de-lincroyable-patrick-pouyane>
- 66 <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>
- 67 <https://www.lefigaro.fr/sciences/climat-bras-de-fer-entre-jean-jouzel-et-le-medef-20230905>
- 68 <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- 69 [https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-energetique-de-la-france-pour-2021#:~:text=La%20consommation%20d%C3%A9nergie%20par,2019%20\(2%20851%20TWh\)](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-energetique-de-la-france-pour-2021#:~:text=La%20consommation%20d%C3%A9nergie%20par,2019%20(2%20851%20TWh))
- 70 <https://mail.google.com/mail/u/0/?pli=1#inbox/FMfcgzGwHpXLDsLVRIjbTmKFPNFGHfDx?projector=1&messagePartId=0.2>
- 71 <https://www.institutsapiens.fr/observatoire/quelle-strategie-pour-decarboner-le-tertiaire/>
- 72 <https://www.gouvernement.fr/actualite/interdiction-a-la-location-des-logements-avec-une-forte-consommation-d-energie-des-2023>
- 73 Ph. Charlez (2021) « L'utopie de la croissance verte. Les lois de la thermodynamique sociale » Editions JM Laffont
- 74 <https://www.linfodurable.fr/environnement/voitures-thermiques-ces-lieux-ou-vous-ne-pourrez-plus-circuler-en-2030-7037>
- 75 <https://www.automobile-magazine.fr/voitures-electriques/article/39019-voitures-electriques-la-donne-change-sur-autoroute>
- 76 mobiliteverte.engie.fr/conseils-et-actualites/transition-energetique/Quel-est-le-prix-d-une-voiture-a-hydrogene-modeles-couts.html
- 77 <https://www.automobile-propre.com/dossiers/le-top-10-des-voitures-electriques-les-moins-cheres-en-2023/>

78 <https://www.ssab.com/fr-fr/acier-sans-energie-fossile/pour-aller-plus-loin/hybrid-un-nouveau-procede-siderurgique-revolutionnaire>

79 <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2015823#:~:text=Lecture%20%3A%20en%202022%2C%20la%20production,Champ%20%3A%20France.>

80 <https://www.economie.gouv.fr/industrie-verte-presentation-projet-loi>

81 https://www.gouvernement.fr/upload/media/default/0001/01/2022_02_nucleaire_belfort.pdf

82 https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull58-4/5840405_fr.pdf

83 <https://www.capital.fr/economie-politique/carburants-eolien-offshore-ce-quil-faut-retenir-des-annonces-demmanuel-macron-1486931>

84 <https://www.lemondedelenergie.com/eolien-maritime-france/2022/02/08/>

85 <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/eolien-les-pertes-de-siemens-energy-grimpent-a-3-milliards-1968493>

86 <https://www.lefigaro.fr/conjoncture/ingenieurs-techniciens-ces-profils-dont-la-filiere-nucleaire-a-plus-que-jamais-besoin-pour-se-relancer-20220211>

87 <https://atlantico.fr/article/decryptage/les-mini-reacteurs-nucleaires-piste-prometteuse-pour-verdir-notre-production-d-energie--philippe-charlez-loik-le-floch-prigent->

88 <https://www.cea.fr/presse/Pages/actualites-communiques/energies/nuward-smr.aspx>

89 <https://absiskey.com/plan-france-2030-1-milliard-deuros/>

90 <https://www.naarea.fr/fr/projet>

91 <https://www.andra.fr/cigeo>

92 [El-stats-review-all-data.xlsx \(live.com\)](#)

93 <https://www.gouvernement.fr/upload/media/content/0001/06/b2be9a22d052f9e36065e4a6ad765c6536942939.pdf>

94 <https://www.ecologie.gouv.fr/durabilite-des-bioenergies>

95 <https://france-biomethane.fr/wp-content/uploads/2020/09/france-independante-mix-gaz-renouvelable-010503-synthese.pdf>

96 <https://www.gouvernement.fr/actualite/fin-des-nouvelles-chaudieres-au-fioul-ou-au-charbon-au-1er-juillet-2022>

97 <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/interdiction-des-chaudieres-a-gaz-le-gouvernement-fait-marche-arriere-1966165>

98 https://www.citepa.org/wp-content/uploads/CP- Citepa_Barometre_Emissions_GES_mars2023_VF.pdf

99 <https://www.gouvernement.fr/politiques-prioritaires/planifier-et-acceler-la-transition-ecologique/accompagner-le-programme-visant-a-planter-1-milliard-darbres-dici-2032>

100 <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abl4649>

101 <https://www.senat.fr/rap/r18-511/r18-511-syn.pdf>

102 https://www.senat.fr/rap/r18-511/r18-511_mono.html

103 <https://www.contrepoints.org/2020/08/02/213214-la-terrible-canicule-de-lete-1540>

104 <https://www.science-et-vie.com/article-magazine/la-catastrophe-climatique-oubliee-30-millions-de-morts-entre-1876-et-1878>

105 <https://www.bvoltaire.fr/point-de-vue-glyphosate-principe-de-precaution-ou-benefice-risque/>

106 https://www.academie-agriculture.fr/sites/default/files/publications/encyclopedie/02.05.r04_evolution_surfaces_incendiees_et_nombre_feux_de_foret_france_metropolitaine.pdf

107 https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2020.06.19-DP_Feux_foret_campagne_2020_vf.pdf

108 https://www.liberation.fr/environnement/climat/facture-climatique-les-feux-au-canada-ont-libere-35-fois-les-emissions-annuelles-de-co2-de-la-france-20230803_5EB3Q7TWMZBCTJWAW64U5AHRM/

109 <https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/explore-2070-relever-defi-changement-climatique>

110 <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/leau-en-france-ressource-et-utilisation-synthese-des-connaissances-en-2021>

111 <https://www.ladepeche.fr/2022/08/24/vrai-ou-faux-interdire-les-piscines-privees-serait-il-vraiment-utile-pour-lutter-contre-la-secheresse-10501868.php>

112 <https://www.eaufrance.fr/repere-rendement-des-reseaux-deau-potable>

113 <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/magazine/pourquoi-fait-il-plus-chaud-en-ville-qua-la-campagne-la-nuit>

114 <https://www.cerema.fr/fr/actualites/ilots-chaaleur-agir-territoires-adapter-villes-au-changement>

115 <https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-synthese>

116 <https://www.insee.fr/fr/statistiques/7631039#tableau-figure1>

117 <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/fr/monthly/?dd=FR&view=table>

- 118 <https://fr.investing.com/commodities/dutch-ttf-gas-c1-futures-historical-data>
- 119 <https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/soutien-a-la-production/financement-du-soutien-aux-enr>
- 120 <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/renationalisation-d-edf-tout-comprendre-en-sept-questions-926260.html>
- 121 <https://www.edf.fr/origine-de-l-electricite-fournie-par-edf>
- 122 <https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.latribune.fr%2Fentreprises-finance%2Findustrie%2Fenergie-environnement%2Fplafonner-le-prix-de-l-electricite-issu-du-gaz-un-cadeau-en-trompe-l-oeil-pour-les-consommateurs>
- 123 <https://www.vie-publique.fr/en-bref/291458-reforme-du-marche-europeen-de-lelectricite-accord-du-conseil-de-lue#:~:text=Le%2017%20octobre%202023%2C%20les,de%20nouvelles%200capacit%C3%A9s%20bas%20carbone.>
- 124 <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2023/10/17/reform-of-electricity-market-design-council-reaches-agreement/>
- 125 <https://www.leparisien.fr/economie/electricite-le-gouvernement-et-edf-s'accordent-sur-le-prix-de-70-euros-le-megawattheure-14-11-2023-DRRRRA5YAVPFIUGIX2WFPWUXY.php>
- 126 <https://www.contrepoints.org/2023/10/27/465879-le-compromis-de-la-reforme-des-marches-europeens-de-lelectricite-est-il-une-victoire-a-la-pyrrhus>
- 127 <https://www.sefe-energy.fr/gazmagazine/2016/10/contrats-long-terme/>
- 128 <https://www.expertise-energie.fr/electricite-des-contrats-de-long-terme-pour-preserver-les-entreprises-francaises/>
- 129 <https://www.journaldunet.com/patrimoine/finances-personnelles/1526257-systeme-electricite/>
- 130 <https://www.touteurope.eu/histoire/qu-est-ce-que-la-ceca/>
- 131 V. Giscard d'Estaing (2016) Rencontre et discussion personnelle
- 132 E. Macron (2016) « Révolution » Editions XO
- 133 J. Arthuis (2016) « Club perspectives et réalités » L'île aux Moines Août 2016
- 134 <https://www.breizh-info.com/2023/05/01/219345/wokisme-cancel-culture-lunion-europeenne-a-la-derive-lagora/>

- 135 <https://www.lopinion.fr/international/sebastien-abis-leurope-est-a-bord-dun-titanic-geopolitique>
- 136 <https://www.valeursactuelles.com/clubvaleurs/societe/philippe-charlez-planification-ecologique-ou-politique>
- 137 <https://www.automobile-magazine.fr/economie-politique/article/36313-voiture-electrique-carlos-tavares-leurope-a-tout-fait-a-lenvers>
- 138 <https://www.contrepoints.org/2022/09/10/433183-interdiction-des-vehicules-thermiques-neufs-un-suicide>
- 139 <https://www.automobile-magazine.fr/toute-l-actualite/article/34670-interdiction-du-thermique-en-2035-carlos-tavares-ils-decident-nous-executons>
- 140 <https://www.institutsapiens.fr/observatoire/interdiction-des-vehicules-thermiques-neufs-en-2035-dans-lue-une-decision-eclairée/>
- 141 <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/#:~:text=En%20juin%202021%2C%20le%20Conseil,et%20%C3%A0%20l'horizon%202050.>
- 142 <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/2023-incidences-economiques-rapport-pisani-5juin.pdf>
- 143 <https://www.i4ce.org/publication/transition-est-elle-accessible-a-tous-les-menages-climat/>
- 144 <https://www.lopinion.fr/economie/pour-eviter-le-retour-des-gilets-jaunes-il-va-encore-falloir-faire-de-gros-cheques>
- 145 <https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/0ef8d03f-7c54-41b6-ab89-6b93e61fd37c/language-fr>
- 146 <https://www.touteleurope.eu/environnement/l-union-europeenne-verse-425-d-energies-renouvelables-a-l-horizon-2030/>
- 147 <https://www.europeanscientist.com/fr/opinion/energie-objectifs-contrainants-et-traite-de-lisbonne/>
- 148 <https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/fr/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/euratom-treaty>
- 149 <https://www.zerocombustible.fr/dessous-bilan-carbone-providentiel-bois-energie/>
- 150 https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2023-10/20231017-S2023-0909-Soutiens-eolien_0.pdf
- 151 <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:F R:PDF>
- 152 <https://www.beyond-growth-2023.eu/about-beyond-growth/>

- 153 <https://www.dirigeant.fr/planete/aurelien-barrau-les-vraies-realites-sont-biologiques-climatiques-geologiques-et-elles-se-rappellent-a-nous/>
- 154 <https://doorbraak.be/europese-commissie-gaf-10-miljoen-euro-aan-degrowth-goeroes/>
- 155 <https://www.unil.ch/gse/fr/home/menuinst/vie-facultaire/promotions--nominations/steinberger-julia.html>
- 156 <https://www.euractiv.fr/section/energie-climat/news/eu-welcomes-eastmed-deal-but-highlights-further-cost-benefit-analysis/>
- 157 <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- 158 <https://www.europeanscientist.com/fr/opinion/leurope-nest-pas-a-labris-dune-nouvelle-crise-gaziere-en-cas-dhiver-rude-philippe-charlez-interview/>
- 159 <https://www.usinenouvelle.com/article/les-terminaux-flottants-de-regazification-de-gnl-pris-d-assaut-pour-replacer-le-gaz-russe-en-europe.N1797437>
- 160 <https://www.devizu.news/gaz-russe-lenjeu-des-terminaux-gnl-en-europe/>
- 161 https://www.latribune.fr/economie/union-https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1661euro-peenne/pour-sortir-du-gaz-russe-les-pays-bas-et-l-allemagne-vont-lancer-des-forages-gaziers-dans-la-mer-du-nord-920256.html
- 162 <https://www.latribune.fr/economie/international/royaume-uni-londres-veut-relancer-l-exploitation-gaziere-et-petroliere-en-mer-du-nord-971567.html>
- 163 Philippe Charlez (2014) Gaz et pétroles de schistes en questions Editions Technip
- 164 <https://www.bvoltaire.fr/emmanuel-macron-veut-mutualiser-les-achats-de-gaz-ne-nous-faisons-pas-dillusions/>
- 165 <https://www.lecho.be/opinions/carte-blanche/donald-tusk-la-pologne-et-l-energie/9544099.html>
- 166 <https://www.euractiv.fr/section/energie/news/les-europeens-se-rendent-discretement-a-washington-pour-negocier-la-baisse-des-prix-du-gaz-importe/>
- 167 <https://www.publicsenat.fr/article/politique/en-achetant-des-avions-de-combats-americains-l-allemagne-met-elle-un-terme-au>
- 168 <https://www.latribune.fr/economie/international/l-americain-general-dynamics-vend-250-chars-de-combat-a-la-pologne-912876.html>
- 169 <https://www.capital.fr/entreprises-marches/engie-signe-un-contrat-pour-du-gaz-naturel-liquefie-americain-et-suscite-la-colere-des-ong-1435382>

170<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2022/6-emissions-de-co2-hors-utcatf>

171https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1661

172<https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/allier/lithium-l-un-des-plus-gros-gisements-d-europe-bientot-exploite-en-auvergne-2641592.html>

173<https://reporterre.net/Mine-de-lithium-en-France-Un-casse-tete-environnemental>

174<https://www.latribune.fr/economie/union-europeenne/terres-rares-cet-enorme-gisement-decouvert-en-suede-qui-permettrait-a-l-europe-de-s-affranchir-de-la-chine-947740.html>

175<https://www.slate.fr/story/241147/relance-mines-union-europeenne-decouverte-gisements-terres-rares-suede-materiaux-lithium-industrie-opposition-ecologistes-population>

176<https://reporterre.net/Titane-lithium-l-Europe-ouvre-un-open-bar-pour-l-industrie-miniere>

177https://cdn.greenpeace.fr/site/uploads/2023/10/Rapport-lenteur-du-nouveau-nucleaire-vs-triptyque-SEENR-1.pdf?_ga=2.11652348.935694054.1696777606-1422015833.1696671288

178<https://www.valeursactuelles.com/clubvaleurs/societe/greenpeace-et-les-renouvelables-quand-on-aime-on-ne-compte-vraiment-pas>

179<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/parc-nucleaire-francais>

180<https://www.sfen.org/rgn/naissance-parc-nucleaire-francais-plan-messmer/>

181<https://www.lopinion.fr/economie/a-t-on-les-moyens-de-tripler-le-nucleaire-mondial-dici-a-2050>

182<https://www.latribune.fr/climat/energie-environnement/nucleaire-construire-jusqu-a-1-5-epr-par-an-l-objectif-tres-ambitieux-d-edf>

183<https://www.greenpeace.fr/greenpeace-contre-arme-atomique/>

184<https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/l-asn-fait-un-point-de-situation-des-sujets-de-surete-nucleaire-avec-l-association-greenpeace>

185<https://reporterre.net/Le-petit-reacteur-atomique-SMR-fait-rever-les-nuclearistes>

186<https://www.latribune.fr/economie/union-europeenne/ue-les-pays-pro-nucleaires-reclament-une-alliance-pour-le-developpement-des-petits-reacteurs-modulaires-smr-982418.html>

187<https://www.ecologie.gouv.fr/comprendre-giec>

Liste des acronymes

AIE	Agence Internationale de l'Énergie
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs
ARCOM	Autorité de Régulation de la COMmunication audiovisuelle et numérique
ARENH	Accès Régulé à l'Électricité Nucléaire Historique
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BRICS	Brésil Russie Inde Chine Afrique du Sud
CCS	Carbon Capture Storage
CECA	Communauté Economique du Charbon et de l'Acier
CfD	Contrat pour Différence
CIGEO	Centre Industriel de stockage GEOlogique
CLT	Contrat Long Terme
COP	Conférence des Parties
EDF	Electricité de France
EHPAD	Établissement Hébergement Personnes Agées Dépendantes
ENR	ENergies Renouvelables
EPR	European Pressurized Reactor
G7	Groupe des 7 pays les plus riches du monde
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GNV	Gaz Naturel pour Véhicules

ISF	Impôt Sur la Fortune
MEDEF	Mouvement des Entreprises DE France
NGT	New Geonomic Technique
NOME	Nouvelle Organisation des Marchés de l'Electricité
NZE	Net Zero Emissions
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OCS	Organisation de Coopération de Shangai
OMG	Organismes Génétiquement Modifiés
ONG	Organisations Non Gouvernementales
ONU	Organisation des Nations Unies
OQTF	Obligation de Quitter le Territoire Français
OTAN	Organisation du Traité Atlantique Nord
PAC	Pompe A Chaleur
PIB	Produit Intérieur Brut
PPE	Plan Pluriannuel pour l'Energie
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
SMR	Small Modular Reactor
TGV	Turbine Gaz Vapeur
TOE	Taux d'Occupation Energétique
UE	Union Européenne
WEO	World Energy Outlook
WIL	World Inequality Lab