



ACADÉMIE

POUR UN PROGRÈS
RAISONNÉ
CHOISI
PARTAGÉ

DES TECHNOLOGIES

IL FAUT AGIR !

L'Académie des technologies est un établissement public placé sous la protection du Président de la République.

Ses réflexions sont collectives et visent à l'utilisation des technologies pour un **progrès raisonné, choisi et partagé**.

Elle participe bien volontiers au débat public pour une Stratégie française « énergie et climat ».

Elle rappelle cependant que la maison brûle :

- La COP 26 n'a pas obtenu des pays adhérents de sensiblement réduire leurs objectifs d'émissions pour atteindre l'objectif - 1,5°C, ou même l'objectif - 2°C
- Le programme Fit-to-55 de la Commission européenne va rehausser fortement l'objectif français de réduction de ses émissions d'ici 2030
- **Le budget Carbone à dépenser d'ici 2050 est limité ; plus on tarde, plus l'effort sera lourd**

Les élections à venir vont donner lieu à de larges débats sur la transition énergétique.

Dès le 2^{ème} semestre 2022 il faut passer à l'action.

<https://www.academie-technologies.fr/>

SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE OU TECHNOLOGIES NOUVELLES ?

Une opposition simpliste

La plupart des consommateurs d'énergie et tout particulièrement les 11,9 % de la population (3,5 millions de ménages) en situation de précarité énergétique sont sobres, car l'énergie est de plus en plus chère. Si l'appel à la sobriété est donc louable l'impact des modifications de comportements individuels ne peut être que limité, d'autant que les dépenses d'énergie des ménages sont très liées à l'infrastructure dont ils disposent et qu'ils ne maîtrisent généralement pas (qualité et localisation des logements, accès aux transports collectifs, possibilité de mobilités douces, etc.). Quant aux industriels, il y a longtemps qu'ils font des efforts considérables pour réduire leurs consommations notamment en récupérant l'énergie de leurs process.

L'objectif de sobriété de la SNBC 2 (- 40% par rapport à 1990) est extrêmement ambitieux. Il nécessite d'importants investissements dans de nouvelles infrastructures de production, transport, distribution et utilisation d'énergie et fait généralement appel à de nouvelles technologies. Celles-ci permettent une baisse de la consommation d'énergie. On ne peut donc opposer sobriété et recours aux technologies nouvelles.

A noter enfin que le moindre coût pour réduire les émissions de CO₂ n'est pas nécessairement la consommation minimale : il peut être plus efficace d'améliorer raisonnablement l'isolation d'un logement et de l'équiper d'une pompe à chaleur d'excellent rendement plutôt que de le transformer en bouteille Thermos.

Et la « décroissance » ?

La « décroissance » prônée par certaines associations, économistes et philosophes, c'est la limitation, plus ou moins forcée, des consommations et des investissements pour réduire la demande d'énergie bien au-delà de - 40%.

Ce serait un changement de société dont notre Académie n'a pas à juger. Elle se doit cependant d'attirer l'attention sur les conséquences sociales de ce choix économique.

La sortie des énergies fossiles nécessitera des investissements considérables pour reconstruire le système énergétique (plusieurs points de PIB par an) même si l'économie globalement décroît. Donc le partage de la richesse entre consommation et investissements devra se déplacer au profit de ces derniers : les consommateurs subiront une double peine : moindre richesse nationale, moindre part de la consommation dans la richesse.

A moyen terme si la France n'utilise pas son plein potentiel de production, elle sera nécessairement déclassée. Renonçant à la réindustrialisation, sa balance commerciale se dégradera, d'autant qu'elle devra importer des équipements requis par la transition énergétique. Il en résultera inéluctablement une destruction d'emplois. En réalité, seule une croissance responsable peut financer la transition énergétique.

La décroissance enfin pose un problème éthique d'inégalité intergénérationnelle. Elle a en effet comme conséquence de laisser aux générations futures une capacité restreinte de production d'énergie, et donc de leur imposer notre choix de décroissance.

Quelles nouvelles technologies ?

Le débat public tend à se focaliser sur la production d'électricité, dont le développement des énergies solaires et éoliennes.

Pourtant, de nombreuses technologies sont requises pour réussir la transition énergétique ; elles concernent la production et les vecteurs d'énergie et en particulier les biocarburants, les carburants de synthèse, l'hydrogène..., mais la décarbonation passe aussi par la maîtrise des consommations. En particulier il faut mettre fin à l'obsolescence programmée des équipements (voitures, équipements ménagers et électroniques) car leur fabrication peut être fortement consommatrice d'énergie, et l'augmentation de durée de vie peut se faire sans nouvelles technologies et à faible coût.

Cependant certaines technologies doivent jouer un rôle essentiel : le captage et le stockage du CO₂ (CCS) et le nucléaire. L'Agence internationale de l'énergie comme le Giec soulignent qu'on ne pourra

pas s'en passer : seul le CCS permettra de compenser les émissions irréductibles de certains secteurs (agriculture, aviation, etc.) et d'assurer des émissions négatives au-delà de l'objectif Zéro Emission Nette au-delà de 2050, comme requis par les scénarios 1,5°C. La France doit sans délais faire l'inventaire de son potentiel de stockage sur le territoire national et/ou contribuer au développement de stockages dans d'autres pays, notamment en mer du nord.

Corollaire de la sortie des énergies fossiles, la demande d'électricité va fortement croître ; seul le nucléaire pourra assurer la puissance pilotable requise sauf à importer du gaz ou de l'hydrogène, au détriment de l'autonomie énergétique. La sûreté des centrales nucléaires a été fortement accrue et les conséquences environnementales d'accidents graves seraient marginales. L'Autorité de sûreté a approuvé le concept de stockage profond des déchets à vie longue dans des couches géologiques qui garantissent la séquestration des radionucléides à l'échelle de temps géologiques. Les principales critiques à l'énergie nucléaire ont donc reçu des réponses concrètes. Un programme d'une série de centrales permettra de réduire fortement leur coût d'investissement et de contribuer à la réindustrialisation française.

SOUVERAINETÉ ÉCONOMIQUE ET ÉCHANGES INTERNATIONAUX DANS LA TRANSITION : QUEL ÉQUILIBRE ?

L'autonomie stratégique et la sécurité d'approvisionnement européenne se dégradent

L'Europe importe 61% de son énergie primaire (2019) et cette dépendance s'accroît chaque année. La fermeture anticipée de centrales nucléaires en Belgique et en France, et de centrales au charbon ou lignite en Allemagne va encore accroître cette dépendance. Or le potentiel européen d'énergies renouvelables intermittentes (éolien et solaire) est très insuffisant pour satisfaire la demande. Aussi le programme de la nouvelle coalition allemande, outre l'accroissement de la dépendance au gaz russe prévoit l'importation de plusieurs centaines de TWh d'hydrogène du Moyen Orient ou d'Afrique du Nord.

Contribution de l'Académie des technologies – p.2

Cet hydrogène contribuerait à une part significative de l'énergie consommée en Allemagne. A l'opposé de cette politique, il est nécessaire de réduire la dépendance européenne aux importations.

L'Europe a pour vocation d'établir un marché unique de l'énergie ; c'est à son niveau que doivent être définis de nouveaux objectifs. L'objectif européen de « sécurité d'approvisionnement » est insuffisant et de moins en moins respecté avec la dépendance allemande aux importations de gaz et d'hydrogène. Il faut lui substituer un critère d'indépendance qui doit être supérieure à 60% comme elle le fût dans le passé.

La dépendance aux minerais et métaux rares

Les combustibles ne sont pas tout. La transition énergétique requiert des ressources minérales mal réparties sur la planète ; l'Europe est réticente à exploiter les siennes. Et surtout la Chine détient actuellement le monopole de la transformation de nombreux minerais. Le recours à des matériaux de substitution et le recyclage sont possibles. Mais surtout, il faut développer des sites alternatifs d'extraction et de transformation, en Europe (lithium par exemple) ou hors d'Europe, dans des conditions environnementales rigoureuses mais raisonnables.

ÉQUILIBRE ENTRE LES DIFFÉRENTS OUTILS DE POLITIQUE PUBLIQUE ?

Le prix du CO₂ doit être le moyen de rendre cohérents les différents outils

La réglementation, la taxation, la généralisation du marché d'émissions (« *cap and trade* »), ou les mécanismes de soutiens constituent une palette d'outils à adapter aux situations spécifiques. En particulier une réglementation cohérente avec l'objectif de baisse des émissions est indispensable dans les secteurs dont l'élasticité-prix est faible (véhicules légers, aviation, bâtiments). Les subventions sont nécessaires pour faciliter dans une phase de transition le financement des investissements des particuliers (pompes à chaleur, ou véhicule électrique).

Pour assurer une cohérence entre ces différents

outils, il faut systématiquement apprécier leur efficacité à l'aune du prix implicite du CO₂ évité. Seul cet instrument de mesure des politiques publiques permettra d'optimiser l'ensemble de la transition.

La révision du prix du CO₂ (VAC)

Il est nécessaire de réviser la Valeur Action Climat définie en 2019 par France Stratégie : elle est manifestement trop élevée (250 €/t en 2030 et 775 €/t en 2050), alors que les projets de CCS sont rentables pour un prix de CO₂ évité de 100 à 200 €/t. Le maintien de valeurs aussi élevées conduirait à financer des investissements non pertinents, par exemple certaines applications de l'hydrogène (injection dans les réseaux de gaz, ou mobilités légères).

Enfin, l'Europe doit mettre en place un mécanisme d'ajustement aux frontières, pour corriger les distorsions de concurrence de la part de pays dont les prix explicites ou implicites du CO₂ sont très inférieurs aux prix européens. La mise en œuvre de ce mécanisme devra prendre en compte le risque de rétorsion ou de contournement par les pays les plus concernés (Etats-Unis et Chine).

COMMENT BAISSER LES EMISSIONS DU TRANSPORT ?

Véhicules légers : la SNBC 2 « Avec Mesures Supplémentaires » (AMS) sous-estime les progrès possibles par la technologie et leurs conséquences sur la décarbonation des vecteurs de transport : l'objectif était de 35% de véhicules électriques (VE) neufs à batterie en 2030 et 10% de Véhicules Hybrides Rechargeables (VHR) alors que nous sommes passés de moins de 2% au total en 2018 à plus de 18 % en 2021 (dont 9,8% de BEV), plus de 25% en Allemagne et environ 20% en Europe. La proposition du package Fit-to-55 de la Commission européenne nécessite des ventes de 50% voire 60% de nouveaux VE ou VHR (2030) : plusieurs constructeurs ont annoncé des proportions encore supérieures.

Actuellement, la régulation ne différencie pas les véhicules 100% batterie des hybrides rechargeables. Ceux-ci sont cependant

contestables car, dans la pratique, ils émettent beaucoup plus que dans le test WLTP, n'étant pas souvent rechargés et ne roulant donc qu'assez peu en mode électrique tout en déplaçant une masse plus élevée.

L'électrification à 100% du trafic routier nécessitera une augmentation de la demande électrique d'environ 170 TWh, supérieure à l'évaluation récente de RTE (de 77 TWh à 125 TWh).

La réduction des déplacements par le télétravail, l'autopartage et les reports modaux mérite un approfondissement spécifique tenant compte des leçons de 2020-21 et de leurs délais de mise en œuvre pour ce qui est de l'impact des transports en commun et du fret ferroviaire.

Transports terrestres lourds : la SNBC 2 prévoit une majorité de biocarburants alors qu'une autre solution technique, associant batteries et autoroutes électriques est possible (<https://www.ecologie.gouv.fr/lautoroute-electrique>) avec beaucoup moins d'émissions et un modèle économique plus réaliste (infrastructure concédée aux gestionnaires d'autoroute).

Aviation commerciale : la conversion à 100% (et non pas 50%) de biokérosène serait possible si ces derniers étaient bien fléchés en priorité vers ce secteur. Le secteur aérien considère qu'un gain significatif de consommation d'énergie par passager x km est aussi possible avec un avion en rupture dès 2035 et une gestion du trafic aérien optimisée.

Transport maritime : l'ammoniac produit avec de l'hydrogène décarboné semble pouvoir permettre une vraie décarbonation.

Ces transitions technologiques impliquent des investissements majeurs en R&D et en infrastructures qui ne doivent pas être sous-estimés ni différés : **c'est le cumul des émissions de GES envoyées dans l'atmosphère qui compte, pas seulement le « zéro net en 2050 ».**

Il convient de réévaluer le potentiel de production des **hydrocarbures biosourcés**, sans doute surestimé par la SNBC 2 et son scénario AMS.

Actuellement la production de biogaz n'est que de 12 TWh à 99% utilisés hors mobilités) ; celle de biocarburants liquides est de 33 TWh.

L'utilisation dans le trafic routier exigerait une augmentation de capacité supplémentaire peu réaliste (Si PL et VUL étaient propulsés à 50% aux biocarburants, il en faudrait 108 TWh, en supposant que croissance du trafic et amélioration de la consommation se compensent à 1%/an).

Le chauffage des bâtiments et les besoins des turbines à gaz en pointe pourraient consommer la majorité du potentiel additionnel. Cependant les besoins de l'aviation (y compris les vols internationaux partant de la France), sont aujourd'hui de 95 TWh ; ils pourraient plafonner à ce niveau. L'utilisation d'hydrocarbures biosourcés est la solution la plus immédiate et la moins coûteuse pour décarboner l'aviation. Il convient de prioriser les biocarburants pour ce mode de transport et de recourir à des carburants de synthèse. Cependant même avec une incorporation de 100 % (50% dans la SNBC 2), il y aura des émissions résiduelles : des puits de carbone de grande capacité seront nécessaires pour les compenser.

QUELLES EVOLUTIONS POUR LES BATIMENTS NEUFS ET LE PARC EXISTANT ?

Accélérer la décarbonation du parc de bâtiments

Il faut prioritairement traiter les logements (60% des émissions) ET les autres bâtiments en particulier les bâtiments publics. Il faut privilégier la sortie des énergies fossiles et donc l'électrification du parc, avant la stratégie d'isolation des bâtiments. Celle-ci est plus complexe et plus longue et d'ailleurs les objectifs de rénovation du parc de logement n'ont jamais été atteints dans le passé. Elle est aussi plus coûteuse (Coût estimé pour amener les seules passoires thermiques au niveau BBC : au moins 150 milliards d'euros). Enfin l'appareil productif français n'est pas en état aujourd'hui d'augmenter fortement le rythme des rénovations et son adaptation sera longue. Au contraire le passage, suivant les cas, au

chauffage électrique (simple, peu coûteux) ou à la pompe à chaleur (plus coûteuse mais permettant une réduction plus forte des émissions) permet de décarboner rapidement tout en facilitant l'introduction progressive d'énergies renouvelables. L'isolation des bâtiments, certes nécessaire, peut être étalée dans le temps.

Par ailleurs la population française augmentera de 7 millions d'habitants d'ici 2050 mais le besoin de logements pourra diminuer localement : une appréciation fine des besoins et une politique régionalisée peuvent amener à privilégier la démolition de certaines passoires thermiques plutôt que leur rénovation.

Réduire l'impact carbone des constructions

La RE2020 qui impose pour la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ des objectifs de résultat et non de moyens est sur le principe préférable à des impositions de matériaux ou de solutions techniques ; elle permet aux entreprises de s'adapter et favorise l'innovation. La performance étant très liée aux choix techniques mais aussi aux conditions de mise en œuvre, des bilans de suivi doivent être mis en place pour mesurer la performance énergétique et en émissions carbone réelles et l'impact sur les coûts de construction afin de la faire évoluer si nécessaire. La création de labels est aussi une mesure efficace.

Efficacité énergétique, construction et habitat

Les hypothèses de la SNBC 2 procèdent d'un raisonnement logique mais leur niveau de crédibilité est variable et nécessitera en tout état de cause des politiques publiques vigoureuses et constantes dans la durée. La baisse des constructions est plausible et naturelle ; la réorientation vers le collectif ne correspond pas à l'aspiration des Français (49,6% de maisons sur les permis délivrés en 2021) et obéit à des tendances contraires, vieillissement de la population versus télétravail. La baisse des températures de chauffage est peu crédible, la règle actuelle de 19 °C n'étant pas respectée : le

déploiement de systèmes de régulation thermique est à favoriser. La climatisation est à introduire dans les prévisions. Enfin ces objectifs et politiques doivent être régionalisées et adaptés aux situations locales.

QUELLE REPARTITION PAR SECTEUR DE L'EFFORT SUPPLEMENTAIRE POUR LE REHAUSSEMENT DE L'OBJECTIF CLIMATIQUE A L'HORIZON 2030 ?

Avant de répartir l'effort, est-il permis de le discuter ? Depuis trente ans (1990-2020), les émissions de CO₂ allemandes par habitant sont à peu près le double des émissions françaises alors même que l'Allemagne bénéficiait d'un point de départ très favorable en opérant sa réunification : les émissions de l'Allemagne de l'Est étaient extrêmement élevées, et les réductions faciles à obtenir.

Le programme européen Fit-to-55 prévoit de porter les objectifs de réduction (1990-2030) de - 40% à - 55% ; c'est le total des émissions qui est considéré et non les émissions par tête. Dans la période 1990-2020, la population établie en France a augmenté de 15% contre 5% pour la population allemande : ne faudrait-il pas en tenir compte ?

L'Allemagne s'apprête à entreprendre sa sortie du charbon, que la France a faite dans la décennie 1980. L'Allemagne va pouvoir remplacer – exercice assez facile – des centrales fortement émettrices de CO₂ par des centrales à gaz 60% moins émettrices par kWh. Mais ce sera encore beaucoup : son mix électrique qui est actuellement quatre fois plus carboné que le mix français descendra au double. Est-il normal que la France qui a déjà effectuée cette étape de la transition ait à réduire ses émissions dans le même pourcentage que les pays européens très carbonés qui jusqu'à présent n'ont fait que peu d'efforts ?

L'objectif « - 55 % en 2030 » en lieu et place de l'objectif antérieur de - 40% serait inaccessible pour la France ! De 1990 à 2019 (2020 fût une année exceptionnelle) les émissions françaises n'ont baissé que de 20%. Est-il sérieux de penser qu'après - 20 % en trente ans, on puisse atteindre

– 55 % en huit années supplémentaires ? Avant de répartir la réduction entre secteurs et sauf à organiser le rationnement, la France doit discuter l'objectif global.

COMMENT ORGANISER LA FIN DES ENERGIES FOSSILES A L'HORIZON 2050 ?

En guise de conclusion

Sortir des énergies fossiles nécessite de promouvoir l'électrification de nombreuses activités et de modifier profondément l'infrastructure énergétique française : la production, les réseaux de transport, les terminaux d'utilisation sont à remplacer, renforcer ou renouveler. Ce n'est pas une simple transition mais une révolution, qui sera coûteuse et peut-être douloureuse. Il faut le dire pour obtenir l'adhésion : l'État ne peut pas avancer avec un masque sur ce thème. Une communication lénifiante « c'est facile et ça créera beaucoup d'emplois » comme celle de la Commission européenne est contreproductive, d'autant que cette sortie des énergies fossiles détruira des emplois si elle est conduite en s'affranchissant des considérations techniques et économiques. Elle peut au contraire en créer si la France veut se situer au cœur de l'Europe de l'électricité.

La transition énergétique présente un paradoxe : les consommations d'énergie primaires fossiles doivent baisser ; mais les énergies primaires décarbonées doivent croître fortement. Il ne faut guère compter sur les biocarburants dont le potentiel est plus limité que les hypothèses SNBC (cf. récente étude de France Stratégie) et qui seront réservés à des usages pour lesquels ils ne sont pas substituables (aviation, ...). Et donc l'électricité décarbonée doit

prendre une place prépondérante parmi les énergies primaires de demain (les deux tiers alors qu'elle n'en représente qu'un quart aujourd'hui).

Le marché potentiel d'électricité décarbonée, exportations comprises, est supérieur d'au moins 70% au marché actuel. De surcroît une stratégie de surinvestissement en électricité pilotable est une stratégie « no regret », car des excédents, s'il y en avait, trouveraient facilement une demande dans les pays voisins : ils déclarent dès aujourd'hui se placer en importateurs nets à moyen terme. En outre un marché considérable de carburants de synthèse, en particulier pour l'aviation, est devant nous : il nécessite beaucoup d'électricité.

Un mix 100 % renouvelable pour les quantités visées, outre les défis techniques à résoudre, serait très coûteux. Il nécessite en effet de lui associer une chaîne de lissage des périodes peu ensoleillées ni venteuses, de forte capacité (des dizaines de GW), mais de faible facteur de charge (un peu plus de 10%).

De multiples techniques d'ores et déjà disponibles sont à mobiliser pour réussir la transition énergétique. Deux sont essentielles, et apportent de façon certaine un bénéfice :

1. Le captage et le stockage du CO₂ (CCS).
2. La réalisation en série de centrales nucléaires.

