

LES INCIDENCES ÉCONOMIQUES DE L'ACTION POUR LE CLIMAT

Inflation

Rapport thématique

Stéphane Dees (coord.)



LES INCIDENCES ÉCONOMIQUES DE L'ACTION POUR LE CLIMAT

Inflation

Rapport thématique

Coordinateur

Stéphane Dees (Banque de France)

Elie Bellevrat (RTE), Annabelle de Gaye (Banque de France),
François Geerolf (OFCE), Matthieu Lequien (Insee),
Romain Schweizer (France Stratégie), Athiana Tettaravou (PIIE)
et Oriane Wegner (Banque de France)



Présentation

Par une lettre du 12 septembre 2022, la Première ministre a confié à Jean Pisani-Ferry une mission d'évaluation des impacts macroéconomiques de la transition climatique, afin que ces incidences soient mieux prises en compte par les décideurs dans l'ensemble des politiques publiques. Selma Mahfouz, inspectrice générale des finances, est la rapporteure générale de la mission. Le secrétariat est assuré par France Stratégie.

Une première note de cadrage est parue en novembre 2022 sous le titre « [L'action climatique : un enjeu macroéconomique](#) » (Note d'analyse, n° 114, France Stratégie).

Remis à la Première ministre en mai 2023, le rapport final intitulé [Les incidences économiques de l'action pour le climat](#) présente la synthèse des travaux de la mission.

Ces travaux ont également donné lieu à la publication de onze rapports thématiques, rédigés par des équipes issues de différentes institutions. L'ensemble de ces documents sont disponibles sur le site de France Stratégie :

- [Bien-être](#), coordonné par Didier Blanchet,
- [Compétitivité](#), coordonné par Lionel Fontagné,
- [Dommages et adaptation](#), coordonné par Xavier Timbeau,
- [Enjeux distributifs](#), coordonné par Vincent Marcus,
- [Indicateurs et données](#), coordonné par Nicolas Carnot et Nicolas Riedinger,
- [Inflation](#), coordonné par Stéphane Dees,
- [Marché du capital](#), coordonné par Pierre-Louis Girard,
- [Marché du travail](#), coordonné par Carole Hentzgen et Michaël Orand,
- [Modélisation](#), coordonné par Jérôme Trinh,
- [Productivité](#), coordonné par Anne Epaulard,
- [Sobriété](#), coordonné par Aude Pommeret.

Ce rapport thématique consacré à l'impact du changement climatique sur les prix et l'inflation était placé sous la direction de Stéphane Dees (Banque de France), en collaboration avec Elie Bellevrat (RTE), Annabelle de Gaye (Banque de France), François Geerolf (OFCE), Matthieu Lequien (Insee), Romain Schweizer (France Stratégie), Athiana Tettaravou (PIIE) et Oriane Wegner (Banque de France). Ce travail a bénéficié des retours et de l'expertise des contributeurs suivants : Pauline Lesterquy (Banque de France) et Adrian Penalver (Banque de France).

Ce document reflète les idées personnelles de leurs auteurs et n'exprime pas nécessairement la position de la Banque de France ou de l'Eurosystème.



SOMMAIRE

Synthèse.....	5
Introduction.....	7
Chapitre 1 – Effets directs de la transition sur les prix des commodités et de l'énergie.....	11
1. Impact sur les matières premières énergétiques.....	11
1.1. Évolutions historiques des prix des matières premières énergétiques	11
1.2. Quelle contribution des matières premières énergétiques dans l'inflation historique ? ...	13
1.3. Scénarios d'évolution à moyen et long terme des prix des matières premières énergétiques	14
1.4. La transition environnementale implique de rendre plus coûteuse l'utilisation des énergies fossiles	16
2. Rôle des matériaux critiques.....	17
2.1. Une demande tirée par la transition	17
2.2. Une offre soumise à de multiples risques	18
3. Implications en termes de coût du système électrique.....	21
3.1. Le coût du capital : un paramètre déterminant pour la comparaison des scénarios	21
3.2. Des besoins d'investissement en forte croissance dans les scénarios de décarbonation	22
3.3. L'analyse en coûts complets, reflet des évolutions de prix futurs de l'électricité.....	23
Chapitre 2 – Effets prix des politiques de transition.....	27
1. Mécanismes de diffusion aux prix.....	27
2. Le rôle des frictions dans les mécanismes de transmission.....	31
3. Différences entre mesures par les prix et par les normes	33

4. Identifier les chocs de « greenflation »	34
4.1. Chocs d'offre <i>versus</i> chocs de demande et leurs effets sur le niveau des prix	34
4.2. Revue de la littérature empirique	36
4.3. Ordres de grandeur (simulations de modèles)	37

Chapitre 3 – Implications en termes de conduite de la politique monétaire et réflexions stratégiques

1. Limites des politiques de « look through »	41
2. Politiques de transition et effet de premier tour	43
2.1. Volatilité et crédibilité	43
2.2. Ancrage et persistance des anticipations d'inflation	43
3. Politiques de transition et effet de second tour	44
3.1. Désancrage des anticipations d'inflation à court terme	44
3.2. Désancrage des anticipations d'inflation à long terme	45
4. Implications stratégiques	45
4.1. Mesure de l'inflation	45
4.2. Niveau et cible d'inflation	46
4.3. Horizon de la cible d'inflation	47

ANNEXES

Annexe 1 – Coûts des différentes énergies	51
Annexe 2 – Détails des hypothèses de coût et d'investissement pour l'électricité	59
Bibliographie	63



SYNTHÈSE

- Les effets directs de la transition climatique sur l'inflation proviennent d'abord des changements que cette transition va induire sur l'équilibre mondial du marché de l'énergie. De ce point de vue, il paraît assuré que l'on va faire face dans les années à venir à :
 - *une volatilité accrue des prix mondiaux*, en raison des contraintes sur l'offre induites d'une part par la brusque montée de la demande en métaux critiques, d'autre part par l'insuffisance de l'investissement en énergies renouvelables ;
 - *une hausse du coût complet de l'électricité* (de l'ordre de 15 % à l'horizon 2050) résultant de la combinaison d'une baisse tendancielle du coût des renouvelables et d'un besoin accru de capacités de substitution pour répondre au problème d'intermittence ;
 - *une diminution progressive de la demande d'énergies fossiles* dans les pays les plus avancés dans la transition. Ce phénomène pourrait se traduire dans le cas très favorable d'une action mondiale coordonnée (dès avant 2050) par une baisse des prix du pétrole, du gaz et du charbon. Néanmoins, ces transformations ne peuvent exclure totalement des chocs d'offre d'énergies fossiles pouvant temporairement créer une configuration des marchés énergétiques mondiaux propice à l'inflation.
- Ces évolutions seraient prises en compte dans l'inflation mesurée par la statistique publique. D'autres évolutions pourront passer par un effet qualité et non par un surcroît (ou une baisse) de prix. Par exemple, un véhicule électrique représente dans l'indice des prix un produit différent d'une voiture thermique équivalente dans l'indice des prix : autrement dit, le remplacement des véhicules thermiques par des véhicules électriques plus chers n'augmente pas l'indice des prix. Au contraire, la baisse probable du prix des véhicules électriques contribuera négativement à l'indice des prix.
- D'un point de vue interne, la transition s'analyse *a priori* comme un choc macroéconomique portant simultanément sur l'offre (choc négatif) et sur la

demande (choc positif via la hausse de l'investissement). Aux effets inflationnistes des déséquilibres sur le marché mondial de l'énergie s'ajouteront donc dans chaque pays des effets d'ordre purement macroéconomiques, qui pourront amplifier l'inflation importée.

- À l'horizon 2030, ces chocs seront d'autant plus pénalisants qu'ils seront brutaux et que les frictions sur les marchés du travail et du capital seront fortes. À plus long terme (2050 et au-delà), on ne peut exclure des effets d'offre positifs, si les énergies renouvelables s'avèrent compétitives et que l'innovation verte stimule la productivité.
- Comme les incertitudes autour de la transition sont susceptibles de générer une inflation à la fois plus élevée et plus volatile, la politique monétaire sera confrontée à de nouveaux défis. Une question difficile serait de savoir dans quelle mesure les banques centrales devraient « regarder à travers » la volatilité de l'inflation générée par le changement climatique sans compromettre l'ancrage des anticipations d'inflation à leur cible. Il y aura des compromis à trouver car la stabilité des prix – et donc la politique monétaire – est susceptible d'avoir un impact positif sur la transition en favorisant les investissements verts. Comme l'inflation a tendance à fausser les décisions d'investissement, la stabilité des prix reste essentielle pour assurer une bonne allocation des investissements dans les secteurs clés de la transition vers une économie bas carbone.



INTRODUCTION

Le retard pris ces dernières années en matière d'action climatique risque de transformer la transition écologique en une transition abrupte – et potentiellement désordonnée. L'accélération nécessaire de la transformation de l'économie mondiale en une économie neutre en carbone pourrait avoir des conséquences économiques importantes sur le niveau de croissance et sur la stabilité des prix, du fait de la hausse des prix des matériaux critiques à la transition. La hausse de la tarification carbone pourrait également avoir une influence sur le prix de l'énergie en France et en Europe, tout comme la mise en œuvre de réglementations visant à décarboner la production.

La hausse du prix des biens et services carbonés par rapport aux prix des autres biens et services est souhaitable pour envoyer un signal dissuasif au consommateur et favoriser la substitution de ces produits par des alternatives décarbonées, faiblement productrices de gaz à effet de serre. Toutefois, elle pourrait aussi se traduire par davantage d'inflation. Ce phénomène, appelé « inflation verte » ou « greenflation », reflèterait la difficulté de réorienter à court et moyen terme les ressources vers des activités durables, mais également l'effet persistant sur les anticipations d'inflation d'une succession de chocs sur le prix de l'énergie.

Les prix à la consommation sont affectés directement via les prix de l'énergie et indirectement via la hausse des coûts de biens intensifs en carbone. L'effet final dépendra notamment du degré de transmission du prix carbone aux prix de l'électricité. De même, les réglementations sur les émissions de carbone peuvent faire augmenter les prix des produits concernés par les nouvelles normes : par exemple, une hausse du coût des véhicules peut être anticipée si on assiste à une interdiction de la commercialisation de moteurs à combustion d'ici 2035. Néanmoins, malgré le renchérissement des biens bénéficiant d'une amélioration de leur qualité environnementale, la mesure de l'inflation (indice des prix à la consommation) inclura ces biens comme des nouveaux produits, ne prenant pas en compte leur effet potentiel en termes de pertes de pouvoir d'achat (voir Encadré 1 page suivante).

Outre les effets directs de la hausse des prix de l'énergie, le processus de transition peut entraîner des impacts sur l'inflation en raison de frictions dans les ajustements de prix relatifs des différents marchés (travail, capital, biens et services) ou d'importantes

perturbations économiques liées aux restructurations et adaptations de l'appareil productif rendues nécessaires par le changement climatique.

La combinaison des effets – directs et indirects – des politiques de transition climatique nécessite une compréhension des mécanismes de transmission à l'ensemble de l'économie. L'impact total sur l'inflation de ces chocs combinés pourrait être significatif mais il pourrait être inflationniste ou désinflationniste selon la trajectoire de transition. Si les facteurs liés à la transition climatique jouent actuellement un rôle limité dans les pressions inflationnistes, à l'avenir, les politiques de transition pourraient être source de chocs macroéconomiques importants. Il est ainsi possible que la transition climatique se traduise par un choc stagflationniste ou, au contraire, par un choc d'offre positif et désinflationniste. Il est cependant plus probable qu'elle combinera certains aspects inflationnistes avec des réactions de contraction ou d'expansion de l'offre et de la demande, certaines spontanées, d'autres déclenchées par de nouvelles incitations et réglementations publiques.

Ce rapport cherche à déterminer les conséquences de la transition écologique et énergétique sur la stabilité des prix. Le premier chapitre est consacré aux effets directs, notamment via la hausse de la demande en matières premières nécessaires aux technologies vertes, qui risque d'entraîner une pression à la hausse sur leur prix à court terme. Le deuxième chapitre analyse les effets macroéconomiques indirects qui pourraient affecter le niveau d'inflation, notamment grâce à des scénarios macroéconomiques à court et moyen terme permettant d'évaluer l'incertitude autour des effets sur l'inflation. Enfin, le troisième chapitre étudie les implications que les risques inflationnistes de la transition pourraient avoir pour la conduite de la politique monétaire et le cadre stratégique des banques centrales.

Encadré 1 – Définitions et mesures de l'inflation

L'indice des prix à la consommation (IPC) publié par l'Insee est un indice de Laspeyres chaîné annuellement : il reflète l'évolution chaque mois des prix d'un panier fixe et représentatif de biens et services marchands consommés sur l'ensemble du territoire national. Les pondérations utilisées pour agréger les prix sont les poids de ces produits dans les dépenses de consommation des ménages de l'année précédente ; elles sont mises à jour chaque année pour refléter les évolutions de la consommation des ménages et assurer sa représentativité. Les modes de collecte des prix sont variés : par des enquêteurs de l'Insee dans les points de vente physique, sur internet manuellement par des agents de l'Insee ou assistés par robot, et par transmission des données de caisse pour les supermarchés et hypermarchés.

Comment l'évolution de la qualité environnementale des produits se reflète-t-elle dans l'indice des prix ?¹ L'indice des prix à la consommation suit des produits ou des prestations aux caractéristiques très précises. Quand une caractéristique attachée à un produit évolue, par exemple sa qualité environnementale, la statistique publique considère alors le plus souvent qu'il s'agit d'un nouveau produit. L'évolution de prix liée à ce changement de caractéristique ne se verra donc pas sur l'indice des prix. En revanche, il sera reflété dans l'évolution du volume de la consommation des ménages, puisque les dépenses de consommation finale des ménages sont généralement déflatées par les résultats détaillés de l'IPC. Le manuel méthodologique sur l'indice des prix à la consommation harmonisé ou IPCH (Eurostat, 2018) considère qu'un changement de qualité a lieu lorsque des caractéristiques du produit de substitution qui importent au consommateur diffèrent de celles du produit remplacé.

Si l'évolution de la qualité environnementale des produits n'affecte pas au premier ordre le niveau des prix, elle peut être visible sur l'évolution des prix. Prenons l'exemple de la hausse prévisible de la part des véhicules électriques dans les ventes automobiles. Quand la voiture électrique intègre l'IPC, cela n'a pas d'effet sur l'IPC car elle est considérée comme un nouveau produit. Elle y entre avec un prix *a priori* élevé, sa technologie étant encore immature à ce stade, et son prix a tendance à baisser ensuite, au fur et à mesure des économies d'échelle et de l'amélioration des technologies de production. Ainsi, alors même que le prix moyen d'une voiture neuve augmente quand le parc bascule des véhicules thermiques aux électriques, la contribution des véhicules à l'indice des prix à la consommation serait plutôt baissière. Derrière ce paradoxe apparent se cache l'amélioration de la qualité environnementale des véhicules. En effet, un véhicule n'est pas simplement un moyen pour se déplacer, il a beaucoup d'autres caractéristiques, dont son impact sur le climat à travers les émissions de gaz à effet de serre tout au long de la vie du véhicule. Ce mécanisme n'est pas propre à la transition écologique, il est visible de la même façon avec tout autre produit dont le prix baisse tendanciellement (par exemple un ordinateur).

Le choix de l'instrument de politique publique mobilisé – une taxe ou une norme environnementale – affecte-t-il l'indice des prix ? Oui, d'un côté, une taxe environnementale renchérit un produit et est donc *a priori* considérée comme une hausse de prix dans l'IPC. D'un autre côté, une norme environnementale sera le plus souvent considérée comme un effet qualité, dans la mesure où elle

¹ Le rapport thématique *Bien-être* aborde de façon complémentaire ces questions, en interrogeant le lien entre la transition écologique et le bien-être des consommateurs, dont le prix des biens consommés n'est qu'un aspect. Voir France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Bien-être*, rapport thématique coordonné par Didier Blanchet, mai.

s'accompagne d'une modification d'une caractéristique d'un produit *a priori* valorisée par le consommateur, comme indiqué ci-dessus. Ceci dit, il peut y avoir des nuances dans le traitement d'une même norme selon le pays. En effet, Eurostat (2018) précise la façon dont ces changements de caractéristiques environnementales doivent être intégrés à l'indice des prix. Il arrive que des catégories de produits soient soumises à de nouvelles exigences légales en matière de sécurité, de santé ou de protection de l'environnement et que leurs caractéristiques soient modifiées en conséquence. Ces modifications sont des changements de qualité dans la mesure où elles entraînent des changements dans la fonctionnalité de l'utilisateur, telle qu'elle est perçue par les consommateurs au moment de l'achat. Si les modifications sont d'un type qui n'intéresse pas beaucoup les consommateurs, elles sont alors moins importantes en tant que changements de qualité. Il pourrait être utile d'adopter une convention selon laquelle, en cas de doute, les modifications du produit dues à des exigences légales ne doivent pas faire l'objet d'un ajustement de la qualité. Selon que le consommateur (ou le producteur de l'indice des prix) valorise ou non une caractéristique environnementale donnée, il y a donc lieu de considérer l'évolution de cette caractéristique comme un effet qualité ou un effet prix.

La construction des indices de production obéit à la même logique. Ainsi et à titre d'exemple, le calcul de l'indice du coût de la construction mobilise un modèle hédonique rassemblant un grand nombre de caractéristiques des logements, dont leur performance énergétique. L'amélioration de la qualité des logements n'est donc pas visible dans les prix, mais dans les volumes.



CHAPITRE 1

EFFETS DIRECTS DE LA TRANSITION SUR LES PRIX DES COMMODITÉS ET DE L'ÉNERGIE

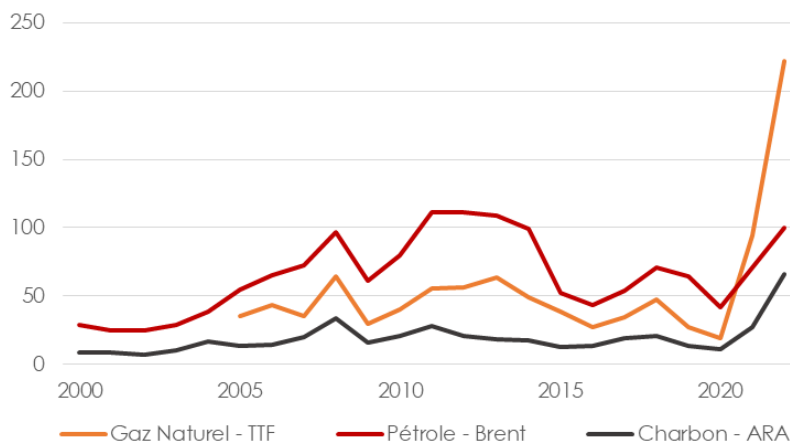
Ce premier chapitre se concentre sur les effets *directs* des politiques de transition via les prix de l'énergie et des matières premières. Qu'il s'agisse des matières premières énergétiques ou des matériaux critiques, avec leur implication dans les systèmes électriques, la transition écologique aura une influence sur la trajectoire de leurs prix. Face à une réorientation de la demande vers les technologies vertes couplée à une offre relativement rigide, le risque de hausses de prix est probable.

1. Impact sur les matières premières énergétiques

1.1. Évolutions historiques des prix des matières premières énergétiques

Les prix internationaux des énergies fossiles sont historiquement très volatils, à commencer par le prix du pétrole. Celui-ci est de longue date une ressource géostratégique, contrôlée en partie par les décisions politiques des pays producteurs rassemblés au sein de l'OPEP. Mais de nombreux autres éléments d'ordre technique, économique, juridique ou politique peuvent affecter ses variations de cours à plus ou moins brève échéance. Si les évolutions du prix du pétrole ont un impact immédiat sur la conjoncture économique, en retour les perspectives macroéconomiques impactent fortement l'évolution du prix du pétrole à court terme, comme en témoignent les chutes brutales en 2009 ou en 2020 (voir Graphique 1).

Graphique 1 – Évolution historique des prix internationaux des énergies fossiles, en dollar/baril équivalent



Sources : S&P IHS Markit, conversions des auteurs

Plus récemment, on a pu constater à quel point le prix du gaz était également très volatil et impactant pour l'économie en général – et l'inflation en particulier –, notamment lorsqu'il est utilisé comme arme économique dans un conflit majeur sur le continent européen¹. Si historiquement le prix du gaz naturel était en Europe relativement corrélé au prix du pétrole via l'indexation explicite des contrats d'approvisionnement à long terme, la libéralisation du marché gazier européen et le développement croissant du gaz naturel liquéfié (GNL) ont progressivement rendu possible une formation du prix du gaz naturel plus indépendante de celui du pétrole. La crise traversée actuellement en Europe en est l'illustration la plus frappante, le prix du gaz ayant été plus du double de celui du pétrole, exprimé dans la même unité énergétique, en 2022. Cette très forte hausse du prix du gaz naturel en Europe est apparue encore plus spectaculaire après deux années de prix extrêmement bas dus à un excès de capacité de production au niveau mondial² (voir Graphique 2).

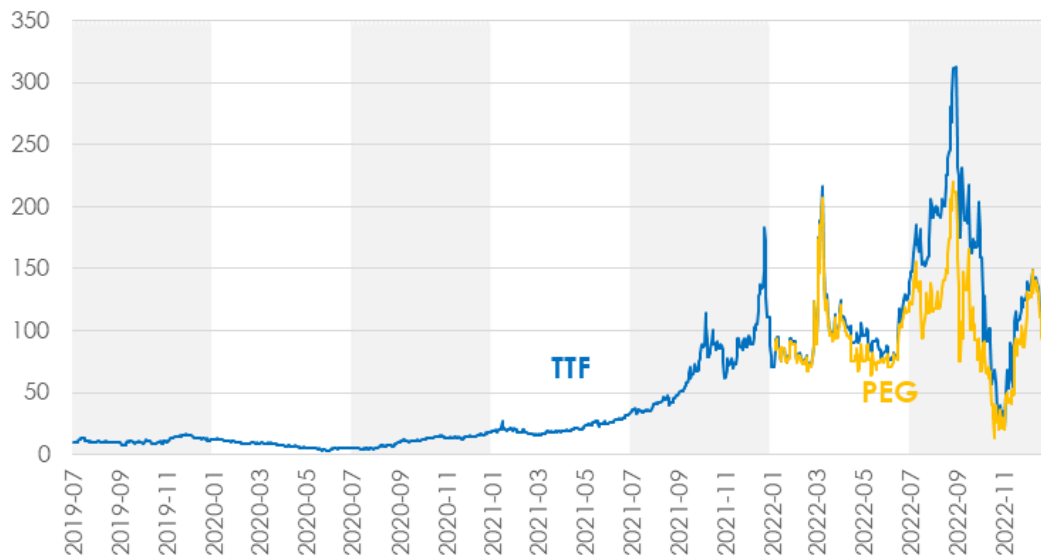
Le gaz naturel est donc devenu une source d'incertitudes et de volatilité à part entière dans l'approvisionnement énergétique européen. Or une très forte hausse du prix du gaz naturel en Europe et en France est doublement « pénalisante », comme on a pu le constater récemment, via un effet direct sur les consommateurs de cette commodité mais également

¹ La précédente crise russo-ukrainienne du gaz en 2014, bien qu'ayant suscité de fortes inquiétudes sur les risques liés à la souveraineté énergétique de l'Europe, ne s'était pas traduite de façon aussi importante sur les prix d'import du gaz naturel en Europe que la guerre actuelle.

² Avec l'entrée en production massive de productions de gaz naturel liquéfié (GNL) aux États-Unis, en Russie et en Australie.

via son impact majeur sur le prix de l'électricité de gros¹, affectant lui-même à terme les prix finaux de l'électricité.

Graphique 2 – Prix de marché européen (TTF) et français (PEG) du gaz naturel, en €/MWh



Source : EEX

1.2. Quelle contribution des matières premières énergétiques dans l'inflation historique ?

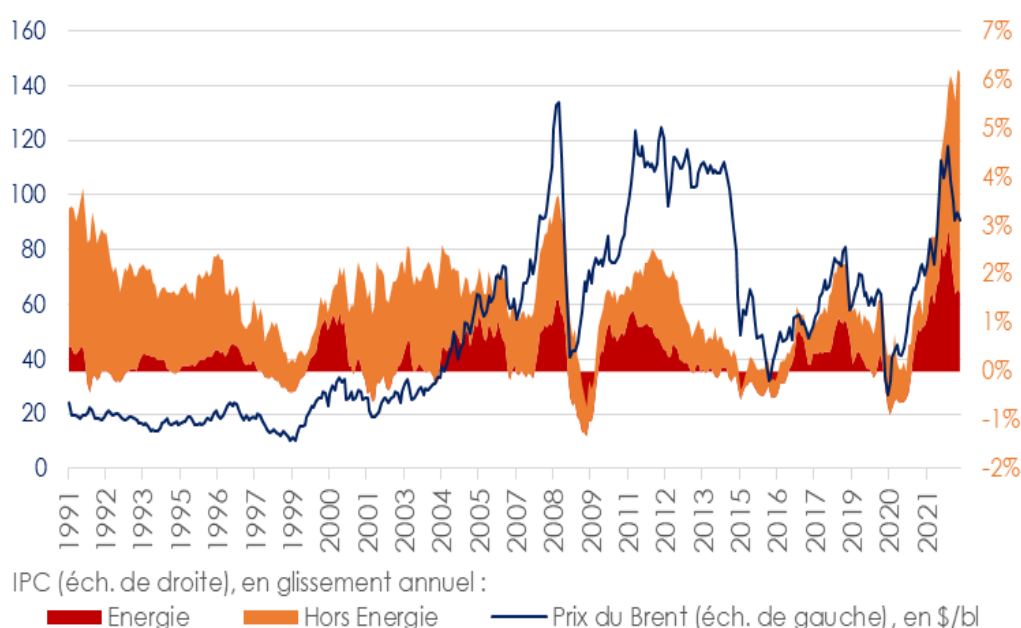
L'énergie en général, sous sa forme de consommation finale, est un contributeur important de l'inflation (voir Graphique 3). Depuis mi-2021, malgré d'autres facteurs entrant en jeu tels que les contraintes sur les chaînes d'approvisionnement, un très fort rebond de la demande post-Covid, l'effet de politiques monétaires accommodantes ou bien encore une baisse structurelle du chômage, l'énergie reste l'un des inducteurs importants de l'inflation totale, ayant diffusé progressivement à l'ensemble de l'économie via les mécanismes décrits dans le Chapitre 2. Ce sont tout d'abord des niveaux de prix du pétrole et surtout du gaz naturel très élevés, qui se sont transmis aux prix de gros de l'électricité, puis aux coûts de production et enfin à l'ensemble de l'économie. Historiquement, la relation entre prix des matières premières énergétiques et inflation a toujours été très forte. En témoignent notamment les chocs pétroliers de 1973 (réduction de l'offre de l'OPEP en réaction à la Guerre du Kippour) et de 1979 (faisant suite à la révolution iranienne). Plus récemment,

¹ Le gaz naturel est en effet très souvent le moyen de production marginal du système électrique européen et son prix a donc un effet direct sur la formation du prix de gros de l'électricité sur les différents marchés européens et donc en France.

les pics d'inflation sont toujours restés assez fortement corrélés aux prix des énergies fossiles, et à celui du pétrole en particulier qui impacte fortement les ménages via l'effet direct sur les prix des carburants.

Cette relation historique forte entre prix des énergies et inflation conduit à s'interroger sur la transmission future des prix des commodités énergétiques sur l'inflation – dans un contexte de transition énergétique et de décarbonation profonde de l'économie qui, par définition, sera beaucoup moins dépendante des énergies fossiles qu'aujourd'hui.

**Graphique 3 – Contribution de l'énergie à l'inflation française :
IPC et prix du pétrole (Brent)**



Sources : Insee, Rexecode

1.3. Scénarios d'évolution à moyen et long terme des prix des matières premières énergétiques

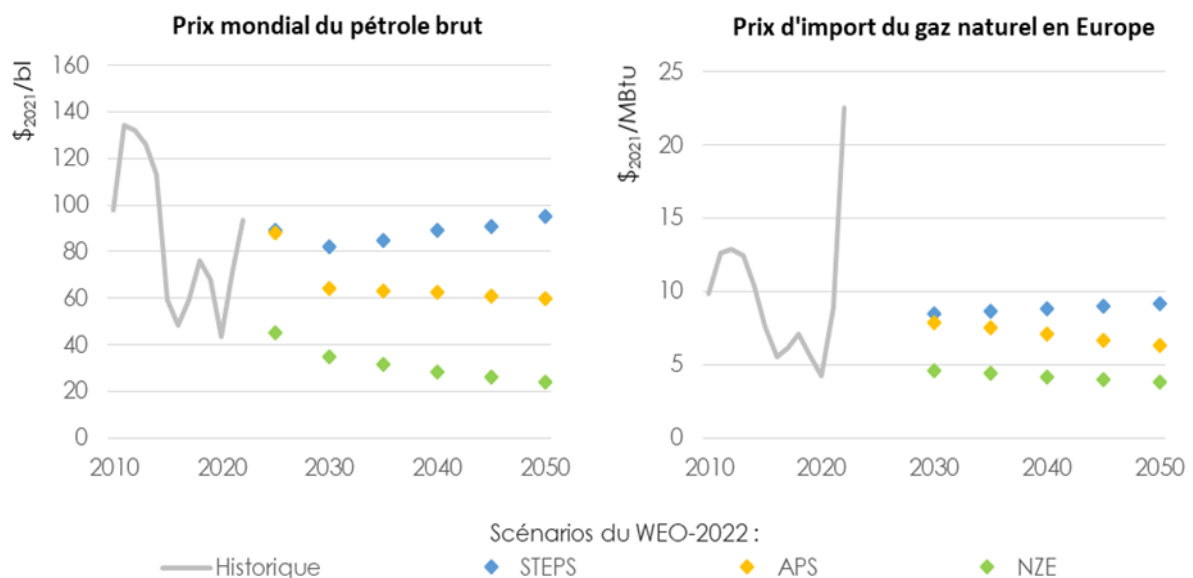
Pour l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les projections de prix des énergies fossiles sont le reflet à la fois des politiques énergétiques et climatiques, de l'évolution des coûts et de la disponibilité des ressources sur les équilibres offre-demande au niveau international.

Par exemple, dans le scénario « Zéro émission nette à l'horizon 2050 » (NZE), toute tension sur les marchés pétroliers est immédiatement soulagée par les efforts importants de réduction de la demande de pétrole au niveau mondial, inhérents à l'hypothèse de décarbonation profonde de ce scénario. La même logique s'applique aux autres énergies

fossiles, charbon et gaz naturel. Au premier ordre donc, la transition énergétique aurait un effet dépressif sur la demande en énergies fossiles, conduisant à une baisse des prix à long terme (voir Graphique 4).

Il est important de noter que les scénarios de l'AIE ne font pas d'hypothèses spécifiques sur les comportements d'acteurs, liées par exemple à une concentration de l'offre dans quelques pays, et ne différencient pas les déterminants macroéconomiques sous-jacents¹. Ils ne sont que le reflet de marchés énergétiques supposés « à l'équilibre » à moyen et long terme, offre et demande s'ajustant dynamiquement autour de prix d'équilibre. En d'autres termes, l'AIE n'intègre pas d'aléas exogènes (crises géopolitiques majeures, par exemple) et autres chocs d'offre ou de demande qui pourront, dans la réalité, se traduire par des changements de régimes de prix ou par des évolutions différenciées de la volatilité.

Graphique 4 – Projections du prix du pétrole dans les scénarios du *World Energy Outlook*



Note : les trois scénarios du WEO se distinguent principalement par leurs hypothèses concernant les politiques publiques. Le scénario « Politiques annoncées » (Stated Policies Scenario, STEPS) montre la trajectoire qu'impliquent les politiques publiques actuelles. Le scénario « Nouveaux engagements annoncés » (Announced Pledges Scenario, APS) suppose que toutes les cibles ambitieuses annoncées par les gouvernements sont atteintes dans les temps et dans leur intégralité, y compris les objectifs à long terme de neutralité carbone. Le scénario « Zéro émission nette à l'horizon 2050 » (Net Zero Emissions by 2050, NZE) cartographie la trajectoire permettant de stabiliser à 1,5 °C l'élévation des températures moyennes mondiales.

Source : Agence internationale de l'énergie (AIE), *World Energy Outlook 2022*

¹ Par exemple, l'AIE utilise les mêmes hypothèses de croissance économique dans tous ses scénarios alors même que les contextes énergétiques et climatiques sont très différenciés.

Plus spécifiquement concernant le gaz naturel, les risques et les impacts de court terme liés au conflit russo-ukrainien¹ l'emportent sur toute autre considération. Cependant, les événements récents et les prix actuellement élevés pourraient induire un recul encore plus rapide des prix du gaz naturel à moyen et long terme. Côté demande, la réaction européenne est d'accélérer la baisse du gaz naturel dans son approvisionnement énergétique. Côté offre, les prix actuels élevés ont pour effet de déclencher et d'anticiper encore plus d'investissements dans des infrastructures, notamment du GNL, qui produiront une offre supplémentaire au niveau international d'ici quelques années.

Cependant, on l'a vu historiquement et ce sera toujours le cas dans le futur, c'est surtout la volatilité des prix des matières premières énergétiques qui a un effet majeur sur l'inflation à court terme, lorsque l'offre disponible devient brutalement inférieure ou supérieure à la demande effective. Par exemple, les impacts sur l'offre ne peuvent être écartés, si les producteurs sous-investissent ou réduisent volontairement leurs niveaux de production, soit dans une logique de cartels pour soutenir les prix, soit par anticipation d'une baisse de la demande globale (si la trajectoire de transition est effectivement crédible au niveau mondial), soit encore dans le cadre d'une approche purement géostratégique. L'offre et la demande pour les énergies fossiles ou les matériaux liés à la transition énergétique vont probablement évoluer plus rapidement que d'habitude. Il est possible que des déséquilibres se forment et perdurent quelques trimestres ou quelques années, avec une demande (ou une offre) en excès, ce qui pourrait entraîner les prix à la hausse (ou à la baisse), d'autant plus fortement que les élasticités de la demande et de l'offre sont faibles à court terme.

Mais, dans l'ensemble, il en va ainsi des effets macroéconomiques de la transition énergétique que les politiques de décarbonation auraient plutôt tendance à faire baisser les prix des matières premières énergétiques fossiles à moyen et long terme.

1.4. La transition environnementale implique de rendre plus coûteuse l'utilisation des énergies fossiles

La transition environnementale implique de rendre plus coûteuses l'utilisation des énergies fossiles et les méthodes de production polluantes. Ceci requiert une hausse du prix des produits carbonés relativement aux autres biens et services. Lorsque cette hausse du prix des produits carbonés provient de mesures fiscales comme une taxe carbone, il en résulte une hausse directe des prix de consommation.

¹ Le quasi-arrêt des flux gaziers russes à destination de l'Europe depuis mi-2022 s'est traduit par une rareté apparente de l'offre dans cette région.

La transition implique ainsi une hausse du coût de l'énergie, ainsi que des produits dont la production est fortement consommatrice d'énergie. Tant que le coût des énergies alternatives reste élevé, le prix de l'énergie est exposé à une pression haussière, ainsi qu'à une forte volatilité au gré des « chocs ».

Pour être crédible et guider efficacement les actions des ménages, des entreprises et des administrations publiques, une politique environnementale qui veut mobiliser le signal prix requiert que l'énergie carbonée, et le carbone plus généralement, doivent rester chers pour les utilisateurs même quand les prix de marché sont bas. La taxation doit alors être élevée sur les produits carbonés. Si les prix hors taxe deviennent plus volatils, la taxation peut aussi être contra-cyclique, même s'il est toujours difficile d'identifier en temps réel dans l'évolution des prix ce qui relève du cycle de ce qui relève d'une tendance de fond. L'État apparaît mieux équipé que les ménages pour supporter une forte volatilité des prix de l'énergie et des matières premières. L'argument général sous-tendant l'utilisation des signaux prix dans la transition est le suivant : la théorie pointe vers un prix de l'énergie carbonée hors taxe faible (pour désinciter sa production) et un prix TTC élevé (pour désinciter sa consommation).

2. Rôle des matériaux critiques

2.1. Une demande tirée par la transition

Le déploiement à grande échelle des technologies bas carbone (panneaux solaires, infrastructures de réseau, etc.) est central dans la majorité des scénarios permettant d'atteindre l'objectif « Net Zéro » à l'horizon 2050. Mais ces technologies requièrent davantage de matériaux que celles, plus émissives en gaz à effet de serre (GES), aujourd'hui en place. Leur développement devrait ainsi entraîner une forte augmentation de la demande, notamment pour des métaux comme le cuivre, le lithium, le nickel, le cobalt et les terres rares, ce qui conduit certains prospectivistes à affirmer que ces matériaux pourraient jouer, au cours du XXI^e siècle, un rôle similaire à celui des hydrocarbures au XX^e siècle¹. Cette hausse de la demande sera néanmoins hétérogène et fonction d'un ensemble de facteurs sur lesquels subsistent de nombreuses incertitudes : substituabilité de certaines matières, progrès technique, vitesse et trajectoire de la transition, déploiement de technologies concurrentes pour les usages (numérique, militaire, aérospatiale, etc.). Mal anticipée, cette augmentation de la demande pourrait créer des

¹ Vakulchuk R., Overland I. et Scholt D. (2020), « [Renewable energy and geopolitics: A review](#) », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 122(109547), janvier.

goulets d'étranglement potentiellement générateurs de phénomènes inflationnistes temporaires.

Plusieurs études récentes ont cherché à quantifier ces augmentations de demande pour différentes catégories de métaux et différentes technologies. Nous en donnons quelques illustrations ci-dessous.

En premier lieu, la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables (ENR) en elle-même devrait avoir un fort effet sur la demande de métaux. Le nickel, le chrome, le manganèse, le zinc, le cuivre et les terres rares magnétiques sont ainsi utilisés en quantités importantes, notamment pour les mâts et les génératrices d'éoliennes. De la même façon, les panneaux solaires nécessitent principalement de l'argent et du silicium. Du côté des réseaux électriques, ce sont surtout le cuivre et l'aluminium qui devraient être concernés, avec les nouveaux besoins en lignes électriques pour raccorder les unités de production renouvelable, moins concentrées que les centrales thermiques. La multiplication des batteries enfin, nécessaire notamment pour la mobilité électrique, devrait également entraîner une forte hausse de la demande en lithium, cobalt et nickel, bien que des substitutions soient possibles.

Au-delà de ces premières conclusions sectorielles portant sur certains matériaux ou certaines technologies, plusieurs institutions ou universitaires ont cherché à quantifier ces effets via de grands scénarios modélisant la demande dans sa globalité. Par exemple, selon Miller *et al.* (2023)¹, la demande de neuf matériaux critiques pour la transition, suivant le scénario Net Zéro du NGFS², devrait plus que doubler entre 2025 et 2035, et être multipliée par 7 entre 2021 et 2040. Pour cet horizon temporel plus long, les deux matériaux relativement les plus touchés sont le vanadium et le lithium, pour lesquels la demande est environ 6 et 4 fois plus élevée en 2035 par rapport à 2025, respectivement. En outre, le nickel et le cobalt voient leur demande quadrupler sur la même période.

2.2. Une offre soumise à de multiples risques

Si des incertitudes demeurent sur l'ampleur de la hausse de la demande, la relative convergence des études a poussé de nombreuses institutions à s'intéresser aux risques pouvant peser sur l'offre. En effet, si la plupart des matériaux concernés sont relativement abondants dans la croûte terrestre, et donc *a priori* disponibles en quantité suffisante pour

¹ Miller H., Dikau S., Svartzman R. et Dees S. (2023), « [The stumbling block in “the race to our lives”: transition-critical materials, financial risks and the NGFS Climate Scenarios](#) », Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper 417 et Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Working Paper n° 393, Londres, London School of Economics and Political Science.

² Le Network for Greening the Financial System, en français « réseau pour le verdissement du système financier », réunit banques centrales et superviseurs financiers.

réaliser la transition, plusieurs facteurs pourraient venir altérer ce premier constat optimiste. Ce qui, en retour, pourrait être à l'origine de mécanismes inflationnistes à même de se transférer à tout ou partie de l'économie.

Le premier facteur est d'ordre économique et s'explique par la relative inélasticité de l'offre de matériaux à court terme. En effet, si les matériaux sont disponibles, ils ne le sont pas toujours dans des concentrations permettant leur extraction aux prix actuels ou même dans des conditions économiquement viables. La concentration en matériaux des gisements baisse tendanciellement depuis le début de leur exploitation, ce qui, toutes choses égales par ailleurs, augmentent le prix de leur extraction, même si le progrès technique contrecarre en partie cette tendance¹. Par ailleurs, le développement de nouveaux projets miniers est un processus généralement long pouvant s'étaler sur une vingtaine d'années entre les premières phases de prospection et la mise en exploitation, ce qui pourrait générer des tensions de plusieurs années sur les prix.

Ces délais relativement longs de développement des nouveaux projets miniers expliquent par ailleurs l'importance du risque géopolitique pouvant peser sur l'offre, en particulier pour les économies fortement dépendantes des importations (mais également pour les investisseurs qui financent ces projets). Dans ce domaine, si la répartition géographique des sites miniers est à prendre en compte pour l'évaluation du risque, il en va de même des capacités de raffinage. La domination de la Chine sur certains matériaux – extraction et raffinage – constitue à ce titre un exemple quasi paradigmatique².

Enfin, troisième et dernier type de facteurs pouvant peser sur l'offre, les risques environnementaux et sociaux. Sur les questions environnementales, les atteintes à la biodiversité³ et la disponibilité des ressources en eau⁴ pour le bon fonctionnement des activités minières comptent parmi les enjeux les plus importants. Les risques sociaux regroupent, eux, les aspects associés aux grèves, au rejet des projets par les populations locales (*NIMBY*) ou à la dégradation de réputation des entreprises extractives. Seuls ou combinés, ces phénomènes peuvent entraîner des fermetures temporaires de sites de

¹ Rötzer N. et Schmidt M. (2018), « [Decreasing metal ore grades. Is the fear of resource depletion justified?](#) », *Resources*, vol. 7(4).

² Voir Bonnet T., Grekou C., Hache E. et Mignon V. (2022), « [Métaux stratégiques : la clairvoyance chinoise](#) », *La lettre du Cepii*, n° 428, juin. En 2010, la Chine appliquait des quotas et des restrictions sur l'export de 38 métaux et 10 produits minéraux. En 2011, à la suite d'un contentieux, elle a momentanément stoppé toutes ses exportations de terres rares vers le Japon. On trouvera l'ensemble des mesures de restriction aux exportations en vigueur sur [la page dédiée](#) du site de l'OCDE.

³ Sonter L., Dade M., Watson J. et Valenta R. (2020), « [Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity](#) », *Nature Communication*, vol. 11(4174).

⁴ Northey S. et al. (2017), « [The exposure of global base metal resources to water criticality, scarcity and climate change](#) », *Global Environmental Change*, vol. 44, p. 109-124.

production ou retarder le lancement de nouveaux projets – accentuant ainsi la volatilité des prix – voire, à l'extrême, réduire l'offre globale.

En réponse à ces exercices de prospective soulignant les goulets d'étranglement susceptibles de renchérir la transition dans les cas les plus adverses, plusieurs gouvernements ont mis en place ou planifié des mesures pour garantir leurs approvisionnements et se soustraire à certains des risques évoqués plus haut. Dans le cas de l'Union européenne en général, et de la France en particulier, deux grandes catégories peuvent être retenues. La première concerne le redéploiement, à plus ou moins brève échéance, d'une industrie minière pour les matériaux dont elle dispose dans son sous-sol ou dans ses fonds marins. La seconde concerne le recyclage. Aujourd'hui, les taux de recyclage de nombreux matériaux identifiés comme critiques sont relativement faibles, ce qui laisse un potentiel de croissance important¹, malgré de nombreux obstacles techniques et des conséquences en termes d'externalités environnementales parfois négatives. La réduction de la demande est ainsi également une façon de minimiser les risques d'approvisionnement en matériaux.

Dans tous les cas, il s'agirait, dans le cadre de l'analyse menée ici², de réduire les risques inflationnistes (de courte voire moyenne durée) que de telles pénuries pourraient impliquer. Dans un scénario particulièrement adverse, la hausse des prix sur les matériaux tirée par la décarbonation d'une partie du monde – l'Europe –, pourrait ne pas coïncider avec une détente des prix des énergies carbonées, qui verraient leur demande tirée par d'autres parties du monde, en particulier pour le pétrole dont le marché est mondial.

Il s'agit là d'un des risques d'inflation temporaire caractéristiques – susceptible de se propager d'abord au secteur de l'énergie puis au reste de l'économie – auxquels pourraient avoir à faire face les institutions monétaires dans le cadre de la transition climatique. Limités dans le temps, ces risques n'appelleraient pas de réponse de la politique monétaire ; mais s'ils venaient à se prolonger, ils pourraient impliquer une réaction de la part des banques centrales (voir *infra*).

¹ Fizaine F. et Galiègue X. (2021), *L'Économie des ressources minérales et le défi de la soutenabilité, tome 2. Enjeux et leviers d'action*, Londres, ISTE Éditions.

² En ce qui concerne l'approvisionnement en métaux, les problèmes inflationnistes pourraient se doubler de problèmes géostratégiques, dont l'éventualité est explorée dans le rapport thématique consacré aux dimensions internationales de la transition climatique. Voir France Stratégie/Banque de France (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Compétitivité*, rapport thématique coordonné par Lionel Fontagné, mai.

3. Implications en termes de coût du système électrique

L'évolution des coûts du système électrique est peu dépendante du prix des matières premières énergétiques, compte tenu de la proportion écrasante de production bas-carbone dans le mix français de production électrique – plus de 90 %, une proportion qui continuera de croître dans les scénarios de transition énergétique.

RTE a en effet montré que la décarbonation complète de la génération d'électricité est atteignable dans tous les scénarios d'ici 2050, sur la base d'un système 100 % renouvelables ou d'un système « renouvelables + nucléaire ». La neutralité carbone reposera donc sur la baisse des émissions dans les autres secteurs, entre autres via l'électrification des usages (avec de l'électricité décarbonée).

Si les prix du gaz naturel, du charbon et du CO₂ jouent effectivement dans l'interclassement des moyens de production dans la préséance économique (*merit order*), donc sur la production marginale et le prix en résultant sur les marchés de gros, à long terme ce sont bien les coûts d'investissement ainsi que leurs coûts de financement (plus que les coûts variables de production électrique), qui auront des implications sur l'évolution du coût du système électrique.

Au contraire, les prix des ressources critiques ont le potentiel d'infléchir, tout au moins transitoirement et dans des proportions qui restent à analyser, l'évolution des coûts de technologies de la transition énergétique, ces dernières faisant un usage intensif en matières premières (lithium, cobalt, nickel, terres rares, cuivre, etc.) comme nous l'avons vu précédemment.

Outre les évolutions des coûts d'investissement envisagés pour les principales technologies de la transition énergétique¹, il est important de prendre en compte les coûts de financement, afin de faire une évaluation complète de l'évolution prospective des coûts complets du système électrique.

3.1. Le coût du capital : un paramètre déterminant pour la comparaison des scénarios

Dans le cas d'infrastructures intensives en capital et à durée de vie longue, le coût du capital joue un rôle structurant dans l'annualisation des coûts d'investissement. En l'absence de consensus sur l'évolution du coût du capital des différentes technologies et au vu des incertitudes sur l'évolution du cadre de régulation et de financement, différentes variantes sur le coût du capital sont considérées dans les *Futurs énergétiques 2050* de

¹ Voir détail en [Annexe 1](#).

RTE¹, dans la fourchette [1 %-7 %], avec une hypothèse de référence de coût du capital de 4 % uniforme pour toutes les technologies.

Le coût du capital a un impact majeur sur le coût complet des scénarios mais influe plus faiblement sur l'écart de coûts des scénarios, sauf dans une configuration où le coût du capital diffère entre les filières (voir détails en [Annexe 2](#)). Ceci met en évidence l'intérêt de disposer d'un soutien public fort pour « dérisquer » l'investissement dans les énergies bas-carbone.

Le coût du nouveau nucléaire est particulièrement sensible aux conditions de financement du fait de durées de construction longues (qui engendrent d'importants intérêts intercalaires et des coûts de financement élevés). Selon l'hypothèse de coût du capital, le coût de production du nucléaire peut varier d'un facteur 2 à 3 (voir détails en [Annexe 2](#)).

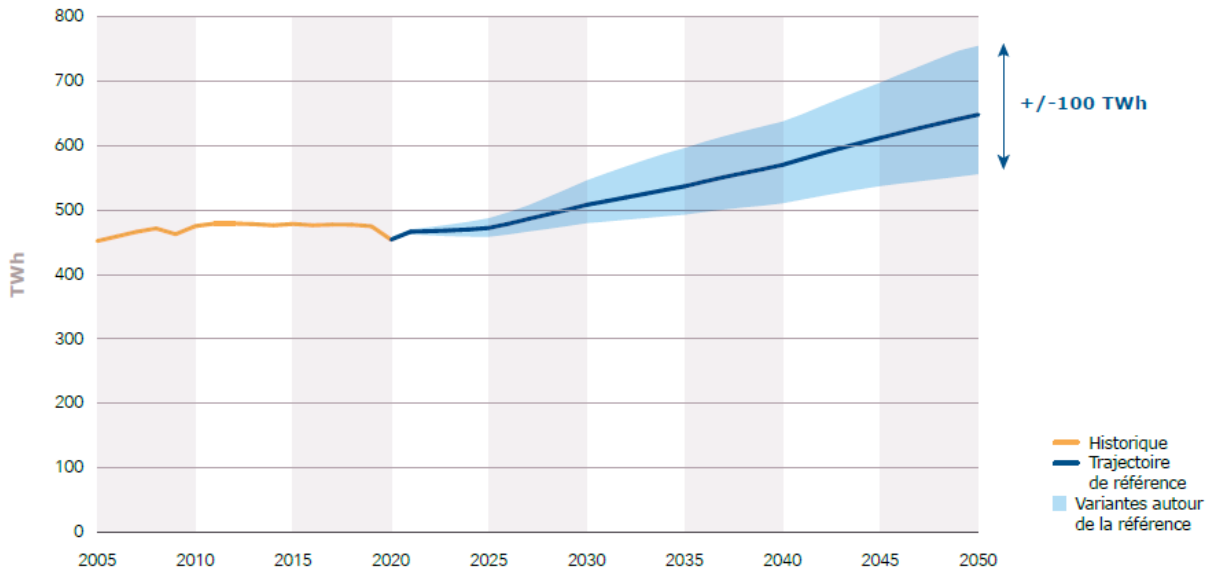
Des modes de régulation et de sécurisation des revenus ou encore le financement d'une partie des investissements par l'État pourraient favoriser l'accès à des coûts du capital plus faibles. De même, l'inclusion du nucléaire dans la taxonomie européenne permettra à terme des conditions de financement plus favorables.

3.2. Des besoins d'investissement en forte croissance dans les scénarios de décarbonation

Un nouveau cycle d'investissement sera nécessaire pour atteindre la neutralité carbone et sortir des énergies fossiles, tout en assurant le remplacement des infrastructures existantes. En effet, les perspectives de consommation d'électricité sont en croissance forte dans tous les scénarios des *Futurs énergétiques 2050* (+35 % d'ici 2050 dans le scénario de référence), pour sortir des énergies fossiles et ainsi contribuer à décarboner l'ensemble des usages finaux de l'énergie (industrie, bâtiment, transport). La demande d'électricité pourrait atteindre environ 645 TWh, +/- 100 TWh selon les scénarios en 2050. La perspective d'une augmentation de la part de l'électricité dans le mix de consommation finale d'énergie est également largement consensuelle. L'électricité représente 25 % des besoins énergétiques de la France aujourd'hui mais devrait dépasser les 50 %, voire davantage en intégrant la production d'électricité nécessaire à la décarbonation des vecteurs gazeux et liquide.

¹ RTE (2022), [Futurs énergétiques 2050. Rapport complet](#), février.

Graphique 5 – Cône de variation des trajectoires de consommation des *Futurs énergétiques 2050*



Source : RTE

Cette croissance de la demande d'électricité implique des besoins d'investissement dans les différents scénarios estimés à environ 750 à 1 000 milliards d'euros₂₀₂₁ sur l'ensemble de la période 2020-2060 (20 à 25 Md€₂₀₂₁/an en moyenne, voir détails en [Annexe 2](#)). L'effort d'investissement devra être considérablement accéléré par rapport aux tendances récentes, estimées à environ 13 Md€₂₀₂₁/an sur la décennie passée.

3.3. L'analyse en coûts complets, reflet des évolutions de prix futurs de l'électricité

L'analyse économique pose en premier lieu une question de méthode : plusieurs types d'indicateurs économiques sont comparés dans le débat public, avec des conclusions qui peuvent être différentes. Le coût actualisé de l'énergie produite (ou LCOE) est un indicateur largement utilisé : il permet de comparer le coût de production (en €/MWh) de technologies possédant des structures de coût, des durées de vie ou des facteurs de charge différents. Le LCOE ne suffit toutefois pas à déterminer les options d'évolution du mix électrique les moins coûteuses, car il ne prend pas en compte les besoins de flexibilité et de réseau, et il est calculé sur la base d'hypothèses normatives sur le facteur de charge (voir annexes).

La méthode retenue par RTE dans les *Futurs énergétiques 2050* est celle de l'analyse économique en coût complet des scénarios, tenant compte des taux de charge des actifs

tels qu'ils résultent de la modélisation du système électrique et qui intègre les coûts liés à la flexibilité et les coûts de réseau, traduisant le coût collectif d'utilisation du système électrique en 2060, et non seulement le coût des nouvelles installations à cette échéance. Cette approche robuste sur le long terme permet une analyse à l'échelle de la collectivité pour les prises de décisions publiques. Les *Futurs énergétiques 2050* mettent ainsi en évidence une augmentation du coût complet annualisé du système électrique au périmètre production-flexibilité-réseau sur les prochaines décennies et dans tous les scénarios. À l'horizon 2060, le coût complet du système électrique atteindrait ainsi de l'ordre de 60 à 80 Md€₂₀₂₁/an selon les scénarios, soit une hausse de l'ordre de 15 à 40 Md€₂₀₂₁/an par rapport à aujourd'hui (voir détails en [Annexe 2](#)).

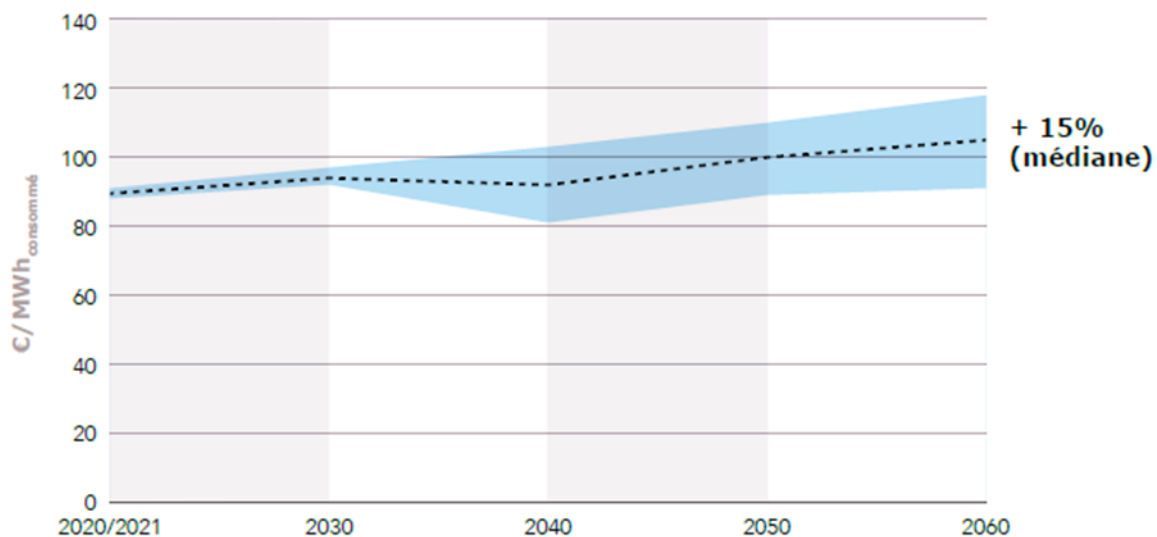
Rapportés au mégawattheure d'électricité consommée, les coûts complets du système électrique pourraient augmenter de l'ordre de 15 % hors inflation, en vision médiane, à un horizon de quarante ans (voir Graphique 6). L'évolution des coûts suit une tendance haussière, maîtrisable, mais est différenciée selon les scénarios. Toutefois, la borne basse de la fourchette peut être atteinte uniquement dans une configuration très favorable et dans les scénarios avec la construction de nouveaux réacteurs nucléaires dans le cas où un grand nombre de conditions sont atteintes de manière simultanée.

La croissance modérée des coûts du système électrique ne doit pas masquer qu'une part importante des coûts de la transition énergétique se situe à l'aval du système électrique, dans la transformation des usages (rénovation, remplacement des équipements et des véhicules, etc.).

Par ailleurs, à plus long terme, le système électrique devra compter avec de nouveaux besoins de flexibilité. Il s'agit en particulier de flexibilités de consommation (des électrolyseurs, des consommations industrielles, tertiaires, résidentielles, du pilotage des véhicules électriques) qui sont fonction de l'acceptabilité des consommateurs ; mais également des batteries présentant spécifiquement un intérêt dans les scénarios à fort taux de renouvelable (notamment solaire photovoltaïque) ; ou bien de nouvelles STEP¹ dans le gisement disponible. Du fait de ces nouvelles flexibilités, en particulier des différents couplages (gaz-électricité, mobilité électrique), les prix ne seront plus uniquement déterminés par l'offre, mais aussi largement par la demande. La proportion de prix nuls ou très bas dépendra ainsi de la part de consommation flexible capable de capter la production fatale, et les épisodes de prix plus élevés seront pour leur part largement déterminés par les prix des gaz décarbonés.

¹ Station de transfert d'énergie par pompage.

Graphique 6 – Évolution du coût complet du système électrique rapporté au volume d'électricité consommé, avec les hypothèses de coût de référence



Note : l'aire représente l'ensemble des scénarios de mix considérés.

Source : RTE (voir Annexes 1 et 2 pour les hypothèses)



CHAPITRE 2

EFFETS PRIX

DES POLITIQUES DE TRANSITION

Le chapitre précédent sur les effets directs se concentre sur la transmission des chocs de transition via les prix de l'énergie. En omettant d'autres canaux de transmission, cette approche peut sous-estimer l'impact macroéconomique de la transition bas-carbone. Au-delà de la production d'énergie décarbonée, la transition nécessite en effet des adaptations majeures du système économique. Avant l'achèvement de la transition, à des horizons assez longs – par exemple, l'objectif net zéro a pour horizon 2050 –, les transformations structurelles sous-jacentes peuvent être entravées par certains obstacles qui auront des impacts significatifs sur les variables macroéconomiques et notamment sur l'inflation.

1. Mécanismes de diffusion aux prix

Si la transition écologique affecte directement les prix, en particulier ceux liés à l'énergie et aux matières premières, elle a aussi des effets sur les autres prix de l'économie par bouclage macroéconomique. Tout d'abord, le renchérissement de l'énergie et des matières premières augmente les coûts des entreprises, qui répercutent, au moins en partie, ces hausses sur leurs propres prix de vente. Ces ventes peuvent être destinées aux ménages ou à d'autres entreprises, mais dans ce dernier cas, les hausses de coût continuent de se transmettre en aval de la chaîne de valeur et finissent par affecter l'indice des prix à la consommation.

D'après Bourgeois et Lafrogne-Joussier (2022)¹, la hausse des prix de l'énergie (gaz, électricité et produits pétroliers) entre le deuxième trimestre 2021 et le deuxième trimestre 2022 a ainsi contribué à 3,1 points d'inflation en France, sur un total de 5,3 %. Les deux

¹ Bourgeois A. et Lafrogne-Joussier R. (2022), « [La flambée des prix de l'énergie : un effet sur l'inflation réduit de moitié par le "bouclier tarifaire"](#) », *Insee Analyses*, n° 75, septembre.

tiers de cet effet reflètent le renchérissement de l'énergie consommée par les ménages eux-mêmes pour se déplacer et se chauffer. Le tiers restant provient des répercussions, dans les prix des autres produits, des hausses de coût de l'énergie pour les entreprises. Le poste de dépenses le plus affecté est le transport, qui contribue pour moitié à l'effet total de 3,1 points ; le logement avec des coûts du chauffage en forte hausse est le deuxième poste le plus affecté, avec une contribution d'un quart à l'effet total (voir Encadré 2 page suivante).

Des effets de « second tour » sont aussi susceptibles d'intervenir, dans la mesure où les différents acteurs, entreprises et salariés notamment, s'efforcent de maintenir la valeur réelle de leurs revenus. Ainsi, la rémunération des facteurs de production, travail et capital, devrait réagir à terme à la hausse des prix de façon à préserver, pour chaque acteur, la part de la valeur ajoutée lui revenant. En particulier, les hausses de prix sont de nature à stimuler les revalorisations salariales, l'indexation du salaire minimum étant du reste automatique. Ces hausses de coûts de production peuvent à leur tour être répercutées sur les prix de vente des entreprises, y compris dans les services. Par ailleurs, les prix de certains biens et services sont parfois indexés directement sur l'inflation totale, ce qui contribue également à la diffusion des chocs de prix de l'énergie : par exemple, l'indice des loyers est calculé en référence à l'indice des prix hors loyers, hors tabac (même si celui-ci a récemment été gelé pour que la hausse n'excède pas 3,5 % sur décision gouvernementale). Autre exemple : les prix des péages autoroutiers qui sont également indexés sur l'inflation, comme stipulé dans les contrats autoroutiers.

Au-delà des effets directs (sur l'énergie et les matières premières) et de ces effets indirects sur les prix, les transformations structurelles induites par la hausse du coût des biens et techniques carbonés peuvent aussi contribuer indirectement à une pression inflationniste (produits moins carbonés plus chers à produire, coût du logement plus élevé, coût des investissements nécessaires à la décarbonation). Par ailleurs, la transition écologique s'accompagne de frictions et de coûts d'ajustement ou de réallocations (voir section 2 ci-dessous). Toutes ces diverses hausses de prix et de coûts peuvent aussi se diffuser au sein du tissu productif, par accroissement du coût de certains intrants intermédiaires et par indexation salariale.

La transition environnementale s'accompagne aussi de certains effets désinflationnistes : sobriété, effet demande de la taxation ou des réglementations environnementales, subventions aux énergies renouvelables ou à des technologies moins intensives en énergie qui visent à rendre celles-ci moins chères.

Encadré 2 – Hétérogénéité des prix selon les catégories de ménages

Les chiffres de l'inflation peuvent masquer un effet différencié selon la catégorie de ménages. En effet, la composition du panier de consommation des ménages diffère selon les caractéristiques du ménage (niveau de vie, âge de la personne de référence, catégorie socioprofessionnelle, etc.). L'Insee propose d'ailleurs un simulateur d'indice de prix personnalisé, dans lequel chacun peut définir la part d'une vingtaine de produits dans les dépenses¹. Selon que le ménage habite en ville ou non, dispose de moyens de transport collectif ou non, se chauffe aux énergies fossiles, à l'électricité ou avec une pompe à chaleur, une hausse des prix de l'énergie aura des effets très différents sur le montant moyen de ses dépenses.

Ainsi, en 2017, les dépenses d'énergie représentent 12,7 % des dépenses de consommation des 10 % des ménages aux revenus les plus faibles, contre 9,5 % pour les 10 % de ménages aux revenus les plus élevés. Plus la part de produits affectés par une forte hausse de prix est importante dans le panier, plus le ménage est affecté par cette inflation. Tandis que l'effet moyen documenté par Bourgeois et Lafrogne-Joussier (2022) est de 3,1 points, l'inflation augmente de 3,3 points pour les ménages du premier décile, contre 2,7 points pour ceux du décile le plus élevé. Des écarts similaires se retrouvent entre professions : les cadres sont moins affectés (+2,7 points) que les ouvriers (+3,6 points), les employés et les agriculteurs (+3,3 points).

L'hétérogénéité des hausses de prix, mais aussi des situations, peut entraîner des réactions hétérogènes. Adam *et al.* (2022)² mesurent la précarité financière d'un ménage en construisant trois indicateurs à partir de ses données bancaires : est-il à découvert en fin de mois ? Est-il à découvert plus de cinq jours par mois ? Son patrimoine brut est-il inférieur à trois fois le montant du seuil de pauvreté mensuel ? Ils en concluent que la précarité financière des ménages n'augmente que faiblement en 2022 et reste inférieure à son niveau de 2019, même parmi les ménages grands consommateurs d'énergie et de carburant. Par ailleurs, les comportements s'ajustent : les dépenses en énergie et en carburant, dont les prix augmentent fortement entre 2021 et l'été 2022, baissent en volume, notamment pour les ménages aux revenus les plus faibles et ayant une consommation élevée de carburant et d'énergie.

¹ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2418131>.

² Adam M., Bonnet O. et Loisel T. (2022), « Avec l'inflation, une précarité financière en légère hausse, mais inférieure en août 2022 à son niveau d'avant-crise sanitaire », *Insee Analyses*, n° 76, octobre.

L'évolution prévisible du mix énergétique devrait modérer l'inflation à travers deux canaux :

- le remplacement dans le panier de biens de l'énergie carbonée par l'énergie renouvelable – par ailleurs moins soumise aux taxes carbone qu'on attend en hausse – entraîne un effet en niveau ;
- le différentiel d'inflation entre les sources d'énergie, avec les prix des énergies renouvelables en baisse tendancielle, contrairement à ceux des énergies fossiles (du moins à court terme), s'accompagne d'un effet en taux de croissance.

En tendance, ces effets devraient pousser l'inflation à la baisse, dans la mesure où les prix des énergies éolienne et solaire deviennent inférieurs à ceux des énergies fossiles. Mais tant que les énergies fossiles conservent une part élevée dans la consommation d'énergie, leurs évolutions de prix continuent d'exercer un effet majeur sur les prix, comme on l'observe sur les trimestres récents.

Même si la transition a une incidence inflationniste *ex ante*, l'inflation effective *ex post* dépend des politiques économiques, notamment de la réaction de politique monétaire (voir Chapitre 3). Les politiques budgétaires et fiscales ont aussi une incidence potentielle sur l'inflation, via divers canaux : orientation globale de la politique budgétaire, choix des mesures mises en place, rôle de l'endettement public, mode de recyclage des éventuels revenus d'une fiscalité carbone, etc.

Encadré 3 – Le marché du carbone européen

Créé en 2005, le système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne (SEQUE) couvre environ 40 % des émissions de gaz à effet de serre en Europe. Le SEQUE est un système d'échange de crédit-carbone avec un plafond déterminant la quantité totale de gaz à effet de serre que les entreprises peuvent émettre. Par rapport à ce plafond qui se réduit chaque année, les entreprises reçoivent ou achètent des quotas d'émissions qu'elles peuvent échanger selon leurs besoins. Depuis le début, le SEQUE a souffert d'un excédent de quotas d'émissions, ce qui a entraîné un prix trop bas pour inciter à une transition climatique. Le paquet « Fit for 55 » présenté le 14 juillet 2021 par la Commission européenne inclut une proposition de réforme du marché ETS prévoyant d'abaisser ponctuellement le plafond des quotas d'émissions dès l'entrée en vigueur du texte puis de 4,2 % par an, contre 2,2 % actuellement. Bien qu'il ait commencé à fournir un signal prix significatif, le SEQUE risque toujours de connaître une offre excédentaire et les prix n'ont pas encore atteint des niveaux compatibles avec l'accord de Paris (environ 87 euros la tonne de CO₂ en décembre 2022).

Par ailleurs, un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) sera mis en place avec le paquet « Fit for 55 » afin d'éviter que la divergence avec le niveau de tarification carbone des pays tiers ne s'accroisse et ne fasse peser sur l'UE un risque accru de fuites de carbone (augmentation des émissions dans les pays tiers après la mise en œuvre de politiques climatiques plus ambitieuses), qui nuirait à l'efficacité des politiques climatiques. Ce mécanisme permettra également de tenir compte du fait que les émissions de carbone territoriales de l'UE enregistrent une baisse effective au cours des dernières décennies (-32 % pour l'UE-27 depuis 1990), mais que l'UE est la première importatrice mondiale de gaz à effet de serre (environ un tiers de son empreinte de carbone).

Le MACF sera mis en place progressivement, de 2023 à 2026, et s'appliquera aux produits importés, notamment aux secteurs présentant un risque élevé de fuite de carbone. Les surcoûts prévus par le MACF sont calqués sur les cours du système d'échange des quotas d'émissions carbone (ETS ou SEQUE). Les simulations d'un modèle d'équilibre général dynamique montrent que le MACF aurait des effets négatifs sur la compétitivité-prix des industriels européens, un effet modéré sur les prix à la consommation¹, notamment en raison d'effets de substitution entre consommations intermédiaires. En raison du niveau d'agrégation des données, il se peut que certaines limites à la substitution ne soient pas représentées, en particulier pour certains produits exclusivement produits à l'étranger. Par ailleurs, l'augmentation du prix de la tonne de carbone pourrait également renforcer les effets sur les prix à la consommation.

2. Le rôle des frictions dans les mécanismes de transmission

Sur le chemin de la transition, des frictions peuvent entraver les mécanismes de réallocation des ressources et ainsi ralentir voire faire obstacle à l'ajustement de l'économie vers une économie décarbonée.

Le Tableau 1 page suivante propose une revue des mécanismes de réallocation, des risques associés aux frictions et les politiques d'accompagnement qui pourraient être mises en œuvre pour les atténuer. Sur le marché du travail, la réallocation de la main-

¹ Simulations réalisées avec le modèle MIRAGE-VA. Pour plus de détails, voir Bellora C. et Fontagné L. (2022) « L'UE en quête d'un mécanisme d'ajustement carbone compatible avec l'OMC », le Blog du Cepii, 12 avril ; et le rapport thématique dédié aux dimensions internationales de la transition : France Stratégie/Banque de France (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Compétitivité*, op. cit.

d'œuvre vers les secteurs bas-carbone peut faire face à des problèmes de pénuries de main-d'œuvre et générer à la fois ajustements de salaires et chômage structurel. Sur le marché des biens, la transition peut générer à court et moyen terme des pressions inflationnistes, dues notamment à des pénuries de certains biens face à des chocs de demande ou à des pertes de productivité dans les secteurs exposés. Enfin, sur le marché du capital, la transition peut provoquer l'obsolescence anticipée d'une partie du stock de capital, et les actifs échoués peuvent créer des risques financiers potentiellement systémiques.

Tableau 1 – Réallocation sectorielle, frictions et politiques d'accompagnement

	Marché du travail	Marché des biens	Marché du capital
<i>Mécanismes de réallocation</i>	• Réallocation de la main-d'œuvre vers les secteurs verts • Ajustement des salaires	• Ajustement des prix relatifs • Changement des préférences des consommateurs • Production de nouveaux biens décarbonés	• Réallocation des financements • Remplacement des machines et équipements
<i>Risques associés aux frictions de réallocation</i>	• Pénuries de compétences • Difficultés de recrutement • Chômage structurel	• Pénuries de biens de consommation • Inflation de l'IPC • Pertes de productivité	• Actifs échoués • Obsolescence du stock d'équipements • Absence d'alternatives technologiques vertes
<i>Politiques d'accompagnement</i>	• Formation aux métiers verts et de la transition • Accompagnement de la reconversion • Mobilité régionale	• Prix du carbone • Mécanisme d'ajustement aux frontières • Réglementation • Incitations à la R & D et aux infrastructures vertes • Investissement public en infrastructures et soutien ciblé	• Prix du carbone • Investissement public • Soutien financier et technique à l'investissement privé • Incitations réglementaires • Surveillance prudentielle et transparence de marché (reporting, taxonomie, etc)

Source : auteurs

À noter que l'effet de la transition dépend de la stratégie employée par les entreprises, qui peuvent réduire leurs émissions de différentes manières ou les exporter (hypothèse du « havre de carbone »), auquel cas le carbone est importé et l'effet sur les prix dépend des effets de débordement des politiques climatiques des autres économies.

Du côté de la demande, les préférences des ménages peuvent changer et entraîner des réallocations de la demande de biens et services, et des flux financiers. Le changement du panier de consommation avec un report de la demande sur des biens et services « verts » peut engendrer des mutations sectorielles, et accroître la volatilité de la consommation. L'impact sur la consommation totale est incertain. Une réallocation du crédit peut également s'opérer pour des raisons de comportement des consommateurs.

3. Différences entre mesures par les prix et par les normes

Dans le contexte de la mise en place de politiques de transition écologique, les mérites comparés de mesures passant par les prix (du type « taxe carbone ») et de mesures passant par des normes environnementales ont été longuement discutés. Pour résumer à grands traits, la taxe carbone aurait un avantage du côté de l'efficacité économique, notamment car elle permet la réduction des émissions de CO₂ au moindre coût, là où c'est d'abord le plus facile et le moins coûteux. Les normes quant à elles auraient l'inconvénient d'aboutir à des coûts de la tonne de carbone évitée potentiellement plus élevés, notamment parce que les moyens les moins coûteux d'éviter ces tonnes de carbone ne seraient pas forcément mobilisés en premier, pour des questions de manque d'information de la puissance publique, par exemple ; mais elles seraient plus indolores et auraient un avantage en termes d'acceptabilité.

Prix et normes impliquent également des différences dans le contexte de la « greenflation », qui ne sont pas forcément intuitives. Comme détaillé dans l'Encadré 1, l'instauration d'une taxe carbone a un effet inflationniste (mesuré) très supérieur à celui passant par des mesures réglementaires sous la forme de normes environnementales. Celles-ci n'aboutissent pas aux mêmes résultats en termes de « greenflation », pour des raisons qui tiennent à la manière dont est mesurée l'inflation par les instituts statistiques. Ainsi, lorsque les caractéristiques environnementales d'un nouveau produit sont supérieures, et que le statisticien considère que le consommateur valorise ces plus grandes caractéristiques (notamment lorsque le produit permet une moindre consommation d'énergie), la hausse de prix du produit propre n'est pas interprétée comme résultant d'un effet prix mais comme résultant d'un effet qualité. Elle est donc enregistrée comme une hausse des volumes achetés, et non comme de l'inflation. Dans ce cas, on n'observe pas de « greenflation », même dans le cas où la hausse de prix est supérieure aux économies d'énergie réalisées. En d'autres termes, on peut se retrouver avec une baisse du pouvoir d'achat supérieure dans le deuxième cas, alors que cette baisse de pouvoir d'achat ne transparaît pas dans l'inflation.

Les conséquences de ces différences entre prix et normes peuvent être potentiellement importantes. D'abord, il faudra garder en tête dans les années à venir cette difficulté que le traitement des normes environnementales peut être légèrement hétérogène au niveau

européen, de sorte que les différences de taux d'inflation pourraient refléter des différences méthodologiques. Si des normes étaient plus fréquemment appliquées, on pourrait également aboutir à une sous-estimation globale de l'effet inflationniste des normes environnementales, donc à une sous-estimation de la « greenflation » sous-jacente. Au-delà de la mesure de l'inflation, cette différence entre prix et normes n'est pas non plus sans conséquence pour ce qui est de la répartition du coût de la transition écologique dans la population. En particulier, les bénéficiaires de minima indexés (allocations), les travailleurs au salaire minimum (Smic), et les retraités sont *a priori* exemptés des coûts des mesures passant par les prix. En revanche, le coût des normes environnementales portera davantage sur ces populations, si rien n'est fait pour compenser. Ceci dit, rien n'empêche une telle compensation, et c'est d'ailleurs ce qui est déjà fait pour la subvention de moyens de transports plus écologiques sous conditions de ressources.

4. Identifier les chocs de « greenflation »

L'évaluation des politiques de transition vers une économie bas carbone se concentre souvent sur un horizon de long terme. Ces scénarios à long terme n'analysent pas en général la dynamique jusqu'au point d'arrivée et les risques en termes de stabilisation macroéconomique sur un horizon de plus court terme. Toutefois, au cours de la transition, des évolutions de forte ampleur peuvent survenir sur des périodes plus courtes, en cas de bifurcation rapide ou de changements de politique inattendus.

Ces chocs sur le court/moyen terme – augmentation du prix du carbone et des énergies, montée en charge de l'investissement public ou privé dans la transition bas carbone, augmentation du coût du capital due à l'incertitude, détérioration de la confiance, obsolescence accélérée d'une partie du capital installé, etc. – ont des implications sur la dynamique de l'activité et de l'inflation que doivent expertiser les banques centrales. En particulier, la transition implique une combinaison de chocs d'offre et de demande dont l'impact total sur l'inflation est potentiellement important mais surtout incertain.

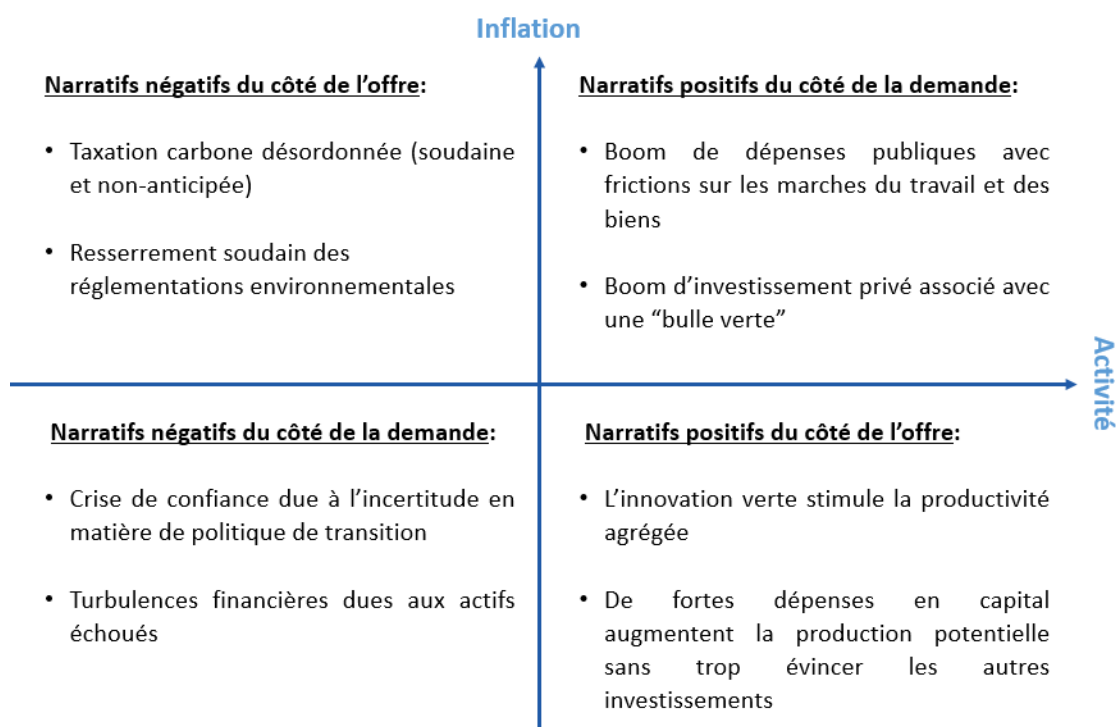
4.1. Chocs d'offre *versus* chocs de demande et leurs effets sur le niveau des prix

À court terme, sous l'effet d'une transition désordonnée ou de changements de politique imprévus, des effets macroéconomiques peuvent apparaître, notamment une « inflation verte ». Une typologie des chocs potentiels – liés à l'offre et à la demande – est nécessaire pour évaluer correctement les implications des risques de transition sur la stabilité des prix et la croissance. De tels chocs pourraient avoir un impact inflationniste, tout particulièrement dans le cas d'un choc d'offre négatif, notamment s'il se produit de façon désordonnée comme c'est le cas actuellement avec la guerre en Ukraine. À l'inverse,

certaines chocs pourraient avoir un effet désinflationniste, en cas d'incertitude accrue ou de perturbations financières liées à des actifs dévalorisés (*stranded assets*).

Les scénarios proposés dans cet exercice correspondent à des cas représentatifs de « famille de chocs » liés à la transition (choc de politique, choc de marché, choc technologique, etc.), avec parfois des cas polaires. Ils font donc reposer respectivement les hypothèses de choc sur des jeux de variables réduits. De manière pratique, certains scénarios pourraient donc être combinés. Chaque scénario peut néanmoins mobiliser différents canaux de transmission macroéconomique, avec des effets qui peuvent être amplificateurs ou au contraire se compenser.

Graphique 7 – Quatre catégories de scénarios de court et moyen terme



Source : auteurs

Les évolutions liées à la transition peuvent être classées en chocs d'offre ou de demande, qui peuvent être à la fois positifs et négatifs. Un choc de demande positif – celui qui est généralement présenté dans les scénarios ordonnés/optimistes – pourrait avoir un effet positif sur l'activité économique mais aussi des implications inflationnistes. En revanche, les chocs de demande négatifs – déclenchés par l'incertitude ou les turbulences sur les marchés financiers – pourraient être désinflationnistes et récessifs. Du côté de l'offre, les chocs positifs pourraient stimuler la croissance économique et réduire l'inflation s'ils stimulent l'innovation et la productivité. Au contraire, s'ils sont négatifs, déclenchés par

exemple par des coûts plus élevés dus à la taxation du carbone ou à des actifs échoués, des épisodes stagflationnistes pourraient apparaître.

D'un point de vue interne, la transition s'analyse donc *a priori* comme un choc macroéconomique portant simultanément sur l'offre (choc négatif) et sur la demande (choc positif via la hausse de l'investissement). Aux effets inflationnistes des déséquilibres sur le marché mondial de l'énergie s'ajouteront donc dans chaque pays des effets d'ordre purement macroéconomiques, qui pourront comme c'est le cas aujourd'hui amplifier l'inflation importée.

4.2. Revue de la littérature empirique

La littérature empirique actuelle, principalement axée sur les effets inflationnistes des taxes sur le carbone, n'a pas montré jusqu'à présent d'effet significatif sur l'inflation.

Des exercices contrefactuels sur la réaction des prix à la consommation après la mise en œuvre des taxes sur le carbone ne laissent pas présager une inflation rapide, suggérant même des effets déflationnistes (Konradt et Weder di Mauro, 2021)¹. De plus, les prix de l'énergie ont tendance à augmenter légèrement dans les économies soumises à la taxe carbone, avant d'osciller autour de zéro. À l'inverse, les prix des denrées alimentaires connaissent une baisse modeste et l'inflation sous-jacente (*core CPI*) diminue de manière persistante.

Une autre étude (McKibbin, Konradt et Weder di Mauro, 2021)² s'intéresse à l'interaction entre les politiques de lutte contre le changement climatique et la politique monétaire dans la zone euro. Dans le cadre de la politique monétaire actuelle, les effets inflationnistes de la taxe carbone dans les pays de la zone euro ont été contenus. La seule augmentation significative de l'IPCH³ (d'environ 0,8 point d'indice) est observée au cours des deux premières années. Dans le même temps, cependant, l'impact sur l'inflation *core* a eu tendance à être négatif. Ainsi, les taxes sur le carbone ont principalement affecté les prix relatifs plutôt que le niveau général des prix. Les producteurs semblent avoir absorbé une partie de la taxe carbone dans leurs marges puisque l'inflation des prix à la consommation était inférieure à celle des prix à la production.

¹ Konradt M. et Weder di Mauro B. (2021), « Carbon taxation and greenflation. Evidence from Europe and Canada », *IHEID Working Papers*, vol. 17-2021, The Graduate Institute of International Studies, mars.

² McKibbin W., Konradt M. et Weder di Mauro B. (2021), « [Climate policies and monetary policies in the Euro Area](#) », document préparé pour l'European Central Bank 2021 Sintra Forum, 29 septembre.

³ Indice des prix à la consommation harmonisé.

Une dernière étude (Ciccarelli et Marotta, 2021)¹ associe les risques de transition à des chocs technologiques réduisant à la fois le niveau des émissions et les dommages économiques au cours du cycle économique. Les effets de ce choc montrent que le prix de l'énergie augmente plus rapidement et plus fortement avec un pic entre un et deux ans, les prix des denrées alimentaires ont un pic au bout d'un an et enfin l'IPC sous-jacent ne réagit que marginalement au cours des premières années.

Si les différentes études empiriques minimisent les risques inflationnistes liés au processus de transition, ces évaluations empiriques reposent sur des observations passées sur des périodes au cours desquelles la transition n'a été que modeste et les augmentations des prix du carbone limitées. Elles peuvent ainsi ignorer des mécanismes de transmission qui se manifesteront à l'avenir lorsque les risques de transition seront beaucoup plus matériels. L'objectif de l'exercice suivant est d'étudier des scénarios de transition plus extrêmes générant des effets macroéconomiques importants sur le court et moyen terme.

4.3. Ordres de grandeur (simulations de modèles)

L'évaluation de la SNBC 2² envisage des effets positifs de la stratégie de transition à long terme accompagné d'un regain d'inflation. Conformément à la loi de l'offre et de la demande sur les marchés du travail et des biens et services, le regain d'activité économique s'accompagnerait de nettes pressions inflationnistes. Les prix à la consommation seraient ainsi supérieurs de 14,8 % à leur niveau dans le scénario de référence en 2050. En effet, l'augmentation de la demande domestique inciterait les entreprises à accroître davantage leurs marges en renchérissant leurs prix.

Pour aller au-delà de ces évaluations tendancielles et éclairer les potentielles conséquences de la transition écologique sur l'inflation et la croissance du PIB sur des horizons de court terme, quatre scénarios ont été calibrés qui illustrent différents types de transitions désordonnées³. Leurs principaux paramètres sont fondés sur des scénarios plausibles (par exemple, le niveau de taxe carbone est aligné avec les scénarios NGFS, les montants d'investissement prévus sont cohérents avec les études déjà réalisées), mais la mise en œuvre de ces scénarios est anticipée et les effets sont concentrés sur de courtes périodes de temps.

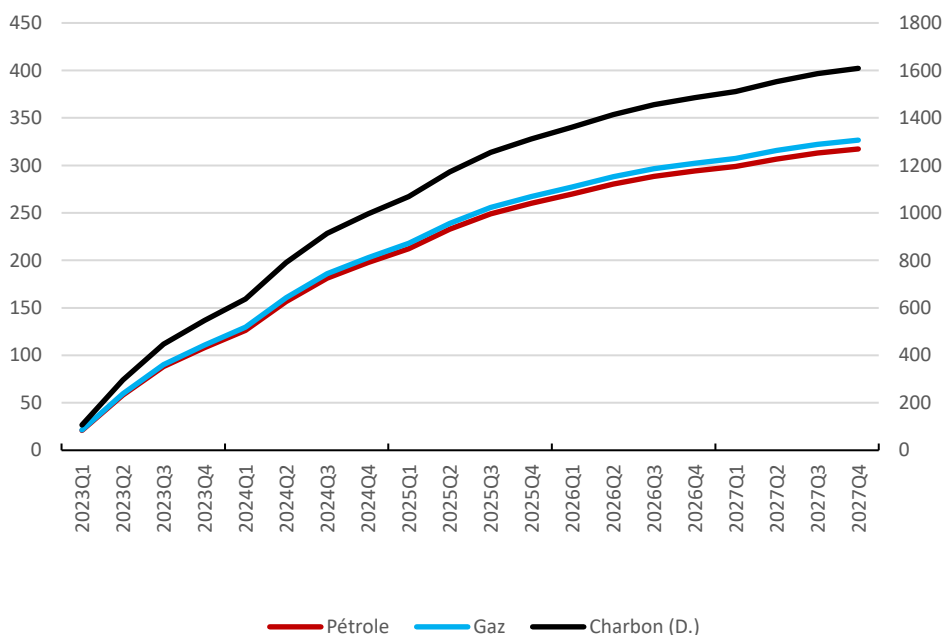
¹ Ciccarelli M. et Marotta F. (2021), « [Demand or supply? An empirical exploration of the effects of climate change on the macroeconomy](#) », ECB Working Paper, n° 2021/2608, octobre.

² Callonec G. et R. Cancé (2022), « [Évaluation macroéconomique de la Stratégie nationale bas-carbone \(SNBC2\) avec le modèle ThreeME](#) », Document de Travail, ministère de la Transition écologique.

³ Une description plus détaillée de ces scénarios est disponible dans Dees S., Wegner O., de Gaye A. et C. Thubin (2023), « [Transition vers la neutralité carbone : quels effets sur la stabilité des prix ?](#) », *Bulletin de la Banque de France*, n° 245-3, mars-avril.

Le **scénario 1** illustre un choc d'offre négatif déclenché par une augmentation soudaine de la taxe carbone de 400 dollars/tonne concentrée sur les trois premières années, qui conduit à taux d'augmentation annuelle rapide de l'inflation en France jusqu'à 1,75 point de pourcentage (voir Graphique 9, scénario 1). La calibration de l'augmentation de la taxe carbone provient initialement des scénarios Net Zéro NGFS dont la dynamique a été modifiée pour illustrer un choc plus rapide et brutal. Le canal du commerce extérieur exerce un fort effet amplificateur et domine même l'impact du choc de prix du pétrole (voir Graphique 8 pour les effets détaillés sur les prix de l'énergie). Ce narratif illustre également l'effet récessif de la taxe carbone, pendant les deux premières années, par un effet positif sur le revenu des ménages lié à la redistribution du produit de la taxe sous forme de transferts. Les conséquences défavorables sur l'offre dans la deuxième moitié de l'horizon de projection soulignent l'importance de mettre en œuvre la taxation carbone de manière progressive pour diminuer ses effets inflationnistes, ainsi que la nécessité de l'accompagner de politiques redistributives en faveur des ménages les plus modestes, ainsi que de mesure en soutien de l'activité tels que des investissements publics et privés en faveur d'économie d'énergie.

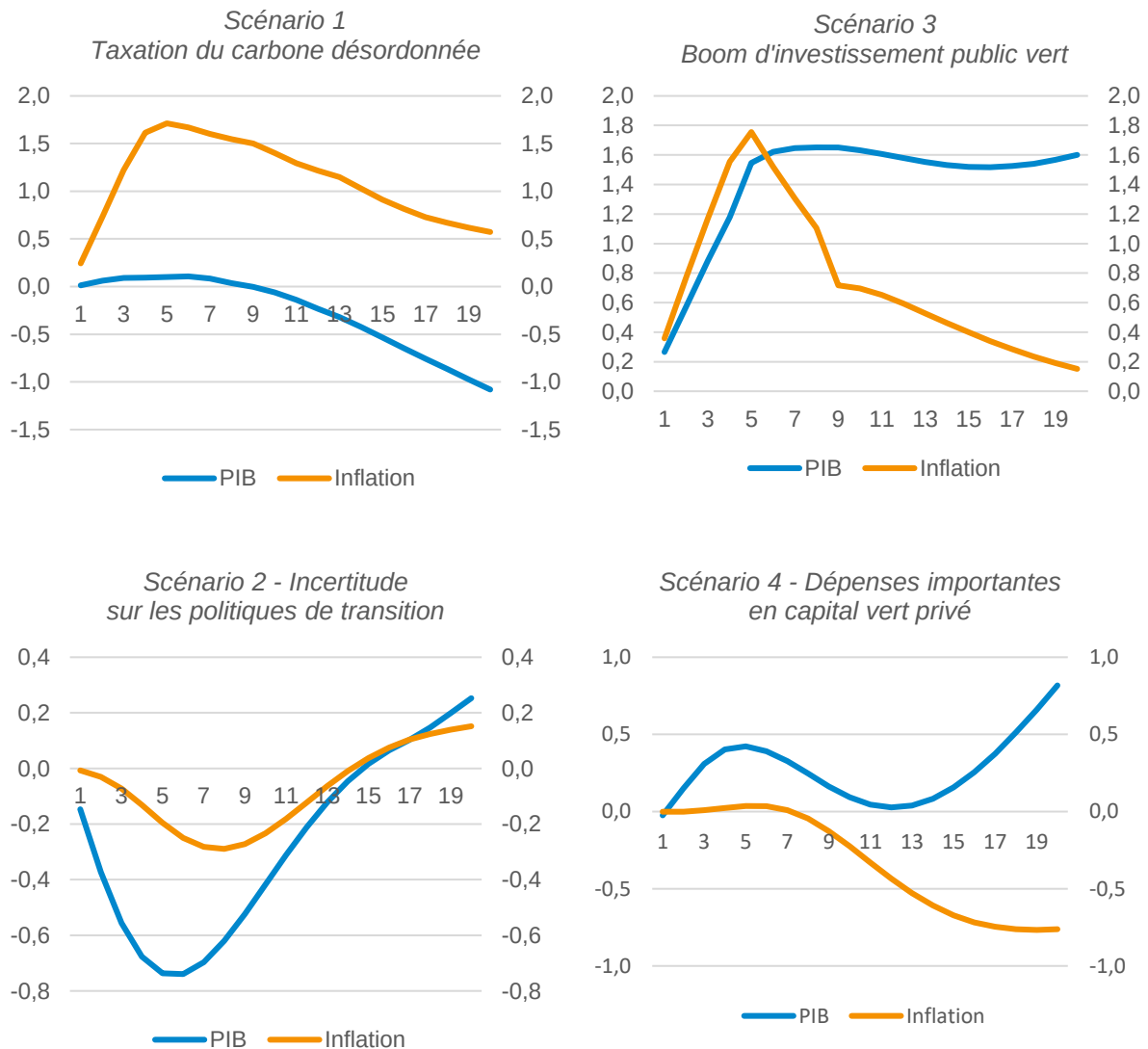
Graphique 8 – Impact du scénario de taxe carbone sur les prix domestiques de pétrole, gaz et charbon en France (TTC, écart au scénario de référence en %)



Source : simulations NiGEM

Graphique 9 – Effets sur l’inflation et sur le PIB de la France des quatre scénarios de court et moyen terme

(déviations du PIB, en pourcentage, et du glissement annuel de l’IPC, en points de pourcentage, par rapport à un scénario de référence sans transition ; données trimestrielles)



Lecture : par exemple, dans le scénario 1, l’impact maximal sur l’inflation serait de + 1,7 point après cinq trimestres. Il serait légèrement inférieur à – 1,0 % pour le PIB au bout de vingt trimestres.

Source : Banque de France

Le **scénario 3** est également inflationniste, du fait d’un choc de demande positif typique conduisant à une augmentation de la croissance, et à une hausse transitoire de l’inflation. Ce scénario d’investissement public est fondé sur les besoins d’investissement supplémentaires estimés pour la France et supposés couverts par les dépenses publiques

(autour de 27 milliards d'euros¹). Cette trajectoire de transition entraîne une hausse de 1,75 point de pourcentage de l'inflation (voir Graphique 9, scénario 3), puis une baisse rapide du fait des gains de productivité générés par l'investissement. Contrairement au premier scénario où la taxe carbone est redistribuée sous forme de transferts aux ménages, ce scénario comporte une taxe carbone servant uniquement à financer les investissements publics nécessaires. Les niveaux de taxe carbone sont ici nettement plus faibles que ceux du scénario 1, de sorte que l'impact du scénario 3 sur l'activité est plus favorable.

Les deux scénarios suivants illustrent des effets désinflationnistes, dus à des mécanismes distincts. Le **scénario 4** illustre un choc d'investissement calibré sur des besoins d'investissements similaires au scénario 3, mais financé par des ressources privées. Ce scénario engendre des gains d'efficacité provenant du choc d'offre positif, ainsi qu'une relative sobriété de consommation forcée par une hausse de l'impôt sur le revenu des ménages pour financer des crédits d'impôt aux entreprises afin de favoriser l'investissement privé. Un tel scénario serait désinflationniste et expansionniste : le PIB France serait supérieur de 0,8 % au bout de cinq ans et l'inflation serait inférieure de - 0,8 points de pourcentage en glissement annuel. Le **scénario 2** illustre également une baisse de la demande, mais celle-ci provient d'une plus grande incertitude concernant les politiques de transition. Le scénario prévoit que le choc d'incertitude soit temporaire, et celui-ci est calibré en combinant une augmentation de 100 points de base des primes de risque avec une baisse de la consommation privée due à un choc de confiance. La conjonction de ces deux facteurs fait baisser initialement la demande agrégée (le taux de croissance annuel est réduit de 0,7 point de pourcentage en début de période) ainsi que l'inflation (jusqu'à -0,3 point). Bien que cet effet soit suivi d'un certain rebond du PIB et de l'inflation, ce scénario montre que plus l'incertitude sur la politique de transition est longue, plus les pressions à la baisse sur les prix et le PIB seraient durables.

¹ Ces scénarios s'appuient sur les estimations des besoins annuels mondiaux d'investissement additionnels de l'AIE dans les secteurs clés de la transition sur la période 2020-2030 pour un scénario net zéro (soit 2 690 milliards d'euros), répartis par bloc régional selon les dernières estimations du NGFS pour le secteur de l'énergie sur la période 2020-2025. Sur la France, les montants obtenus sont dans la fourchette des estimations de l'Institut Rousseau, d'I4CE et de Rexecode.



CHAPITRE 3

IMPLICATIONS EN TERMES DE CONDUITE DE LA POLITIQUE MONÉTAIRE ET RÉFLEXIONS STRATÉGIQUES

Les simulations précédentes montrent qu'une transition désordonnée déclenchée par une augmentation très brutale, car trop tardive, du prix du carbone ou par une substitution trop faible des produits carbonés par des technologies vertes pourrait être inflationniste à moyen terme. Si elle est mal anticipée, la transition vers la neutralité carbone pourrait également entraîner une succession rapide de ces chocs, et provoquer ainsi une augmentation de la volatilité des prix. Cette volatilité accrue pourrait perturber les décisions des agents économiques, fragiliser les anticipations d'inflation et constituer donc un vrai défi pour la conduite d'une politique monétaire adaptée aux enjeux de la transition.

1. Limites des politiques de « *look through* »

Compte tenu de l'ensemble des risques mentionnées ci-dessus, il a déjà été établi très clairement la nécessité de prendre des mesures ambitieuses afin de garantir une transition soutenable dans l'atténuation des effets du changement climatique. Un consensus naturel s'observe et se confirme : les banques centrales ne peuvent rester inactives. Toutefois, il n'est pas question que le changement climatique devienne la priorité d'une banque centrale dans l'élaboration de sa politique monétaire. La mission première de la Banque centrale européenne (BCE), commune à une grande majorité des banques centrales, est la stabilité des prix : c'est parce que cet objectif sera affecté par les risques (physiques, de transition) associés au changement climatique que la politique monétaire doit intégrer, répondre et agir afin de continuer à accomplir ces objectifs de stabilité des prix et de stabilité financière.

Le changement climatique est une tragédie des horizons. Ses effets entraîneront des bouleversements structurels à long terme, au-delà des cycles économiques, au-delà des

cycles politiques et enfin, au-delà de l'horizon de la politique monétaire. Bien qu'il faille ajouter à cela incertitude (des impacts économiques et financiers) et imprévisibilité (entre autres, des accidents climatiques), il semble essentiel que les banques centrales adaptent leurs instruments afin d'intégrer davantage les risques climatiques dans les opérations de la politique monétaire.

De manière générale, les décisions de politique monétaire nécessitent l'identification de trois canaux : la nature, la persistance et l'ampleur des chocs auxquels fait face l'économie. Sur l'identification de la nature, un choc de demande (hausse de l'investissement « vert », incertitude des politiques de transition) garantit en théorie¹ l'obtention de prix stables pour une réduction de l'output gap (« coïncidence divine »). En revanche, un choc d'offre (taxe carbone mise en place de façon désordonnée) est jugé plus délicat à résoudre car la politique monétaire doit faire face à un dilemme entre stabiliser les fluctuations de l'output gap et stabiliser l'inflation. Sur la persistance du choc, un choc temporaire, c'est-à-dire peu probable d'affecter l'inflation à moyen terme, devrait de la même manière ne pas engendrer de réaction de la politique monétaire. À la différence d'un choc permanent, où ses effets pourraient se propager sur le reste de l'économie sur un horizon de moyen à long terme, un choc temporaire est un choc de court terme, pour lequel la politique monétaire ne dispose ni des instruments adéquats, ni d'une politique adaptée pouvant répondre à ces effets. Enfin, concernant l'ampleur des chocs, plus la taille du choc est importante, plus la politique monétaire est susceptible d'agir. En résumé, la politique monétaire peut se permettre de regarder « à travers » ou « au-delà » d'un quelconque choc si celui-ci est considéré comme temporaire, de faible ampleur et sans arbitrage entre stabilité des prix et croissance de l'activité économique.

En revanche, si la banque centrale estime que le choc est plus persistant et qu'il risque d'avoir des effets de second tour sur les salaires et l'inflation et de désancrer les anticipations d'inflation, il pourrait devenir de plus en plus difficile de regarder « à travers » ce type de chocs.

¹ Dans la pratique, quelques expériences récentes peuvent toutefois soulever de premières interrogations. De plus, cette « divine coïncidence » peut disparaître dès lors que la relation directe entre l'inflation et l'écart de production est rompue dans la courbe de Phillips.

2. Politiques de transition et effet de premier tour

2.1. Volatilité et crédibilité

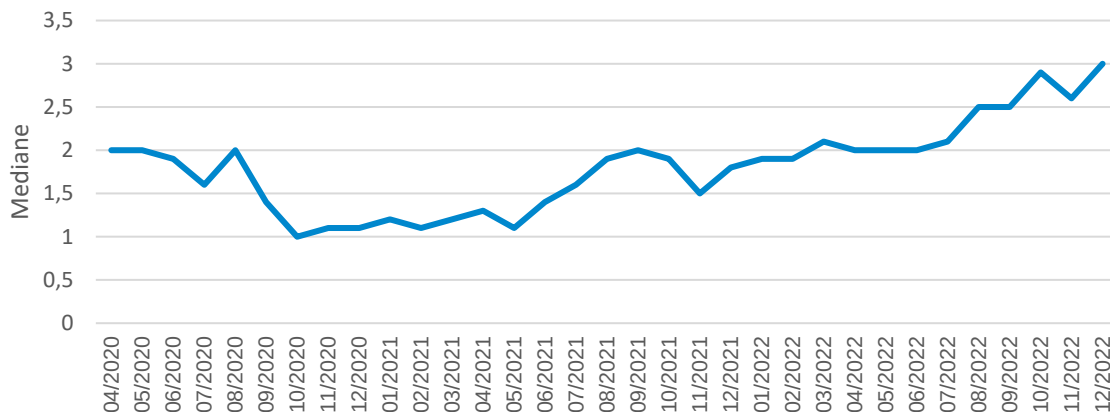
Les besoins certains de financement liés à la transition, couplés aux potentielles améliorations de l'efficacité énergétique et/ou à d'éventuelles baisses du prix des énergies renouvelables, ont une incidence directe sur la dynamique de l'inflation. S'il est difficile de prédire avec certitude qu'il s'agira d'un effet inflationniste ou non, il est déjà plus probable d'anticiper une volatilité accrue de l'inflation. La crédibilité de la banque centrale à maintenir la stabilité des prix peut être mise en difficulté par une inflation plus volatile, notamment si elle est couplée à un environnement incertain, où les agents économiques ne disposent pas d'éléments suffisants pour évaluer correctement la situation économique. L'ensemble de ces éléments reposent sur un alliage délicat entre une bonne communication et une importante crédibilité des banques centrales. Dans l'éventualité où l'économie ferait face à une succession de chocs d'offre négatifs (de transition ou liés à une fréquence et à une sévérité plus élevées des catastrophes naturelles), les effets sur la volatilité de l'inflation pourraient ainsi menacer la confiance dans l'engagement des banques centrale à garantir la stabilité des prix.

2.2. Ancrage et persistance des anticipations d'inflation

L'objectif principal de stabilité des prix est une partie importante de la communication des banques centrales. Ceci permet, entre autres, de renforcer la responsabilité, la crédibilité de la politique monétaire et l'ancrage des anticipations d'inflation à leur cible. En particulier, un maintien de ces anticipations d'inflation a pour vocation d'accroître l'efficacité des instruments de la politique monétaire. Parce que les politiques de transition peuvent affecter directement la formation des anticipations d'inflation, celles-ci feront l'objet d'une surveillance très étroite par les banques centrales. Les mesures d'anticipation d'inflation, évaluées généralement par le biais d'enquêtes, aident à comprendre les attentes des agents économiques sur l'inflation future. Adressées aux entreprises comme aux ménages, ces enquêtes sont un élément important pour s'assurer que la banque centrale peut se permettre de regarder « au-delà » de la volatilité des prix. Par exemple, les résultats récents d'une étude visant à étudier les perceptions d'inflation des ménages faite par la BCE¹ montrent que l'inflation anticipée par les ménages est actuellement plus élevée que celle réalisée ou prévue (voir Graphique 10).

¹ *Consumer Expectation Survey* (2022). Les données CES ne sont encore pas suffisamment longues pour être pleinement exploitées. De plus, elles ne contiennent pas d'éléments visant directement à mesurer les anticipations d'inflation liées aux mesures prises pour la transition climatique. L'analyse de ce type d'enquêtes

Graphique 10 – Médiane anticipations d'inflation au cours des douze prochains mois



Source : ECB, Consumer Expectation Survey 2021

Enfin, il convient de rappeler que la communication des banques centrales est un facteur important pour maintenir l'ancrage des anticipations des ménages et des entreprises¹. Les banques centrales devront donc être vigilantes afin de maintenir un ancrage solide des anticipations d'inflation de long terme, en dépit d'une volatilité plus forte.

3. Politiques de transition et effet de second tour

3.1. Désancrage des anticipations d'inflation à court terme

À court terme, lorsque l'inflation est caractérisée par une importante volatilité, les agents économiques peuvent prévoir une inflation sensiblement éloignée de sa cible dans le futur : on parle alors de désancrage des anticipations d'inflation. Les anticipations de court terme dépendent davantage de l'inflation passée que l'inflation cible. Lorsqu'il y a désancrage des anticipations d'inflation, dans un cas où les chocs seraient de nature persistante, ces mêmes chocs entraînent des effets de « second tour », contribuant alors à une hausse des pressions inflationnistes : on parle de « *salient inflation* ».

peut comporter des biais (l'anticipation d'un ménage dépend fortement de ses habitudes de consommation et reflète son expérience personnelle).

¹ Voir Bernanke B. S. (2007), « Globalization and monetary policy », remarks at the Fourth Economic Summit, Stanford Institute for Economic Policy Research, 2 mars ; Karadi P. et Jarocinski M. (2020), « Deconstructing monetary policy surprises – the role of information shocks », *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 12, n° 2, avril, p. 1-43.

3.2. Désancrage des anticipations d'inflation à long terme

À long terme, une inflation élevée, désancrée des anticipations d'inflation, induit des risques d'une persistance de l'inflation : on parle alors de « *sustained inflation* ». Si les chocs se dissipent, l'ancrage n'affectera pas le sentier des anticipations. En revanche, il devient plus probable que des anticipations d'inflation à long terme, désancrées de leur cible, engendrent des effets de second tour plus importants, par le biais notamment d'une boucle salaire-prix. Les ajustements à la hausse des anticipations de long terme créent les conditions d'un cercle vicieux où la trajectoire des prix s'éloigne durablement de la cible.

4. Implications stratégiques

4.1. Mesure de l'inflation

Les banques centrales commencent à intégrer les risques climatiques dans leurs opérations de politique monétaire. Mais la politique monétaire fait également face à de nombreux défis. La banque centrale doit pouvoir évaluer l'impact de la transmission de sa politique, comprendre la nature des chocs et ses effets sur l'inflation, afin d'évaluer « l'espace » pour agir et orienter sa politique. Agir sur le changement climatique ne nécessite pas une nouvelle doctrine, mais suppose d'affiner, d'étendre et d'adapter des mesures existantes, tout en respectant le mandat principal de la banque centrale, à savoir garantir la stabilité des prix. Quand bien même il serait encore délicat d'en tirer des conclusions, il paraît judicieux d'ouvrir le débat sur de potentiels arbitrages auxquels pourrait faire face les banques centrales¹. D'une manière générale, un premier axe concerne la mesure de l'inflation. L'inflation sous-jacente, qui exclut l'évolution des prix alimentaires et de l'énergie, est par nature considérée comme moins volatile. Elle semble demander une attention et une évaluation particulières car elle réagit fortement aux mesures de la politique monétaire. Une inflation globale, à l'inverse, est davantage volatile et réagit moins aux mesures de la politique monétaire. Elle permet un meilleur ancrage des anticipations à sa cible. Le changement climatique pourrait conduire les banques centrales à l'éventualité de revoir leur mesure d'inflation afin d'anticiper les risques associés aux évolutions des agrégats macroéconomiques causés par la transition climatique. Plus concrètement, ce premier axe porte sur la crédibilité de la banque centrale, en accord avec son mandat, et selon les objectifs fixés en matière de transition climatique. Adopter une mesure d'inflation basée sur l'inflation sous-jacente en tant que

¹ Voir Boneva L., Ferrucci G. et Mongelli F. P. (2021), « [To be or not to be "green": how can monetary policy react to climate change?](#) », *ECB Occasional Paper*, n° 285 et Dees S. et Weber P. F. (2020), « [Les conséquences du changement climatique pour la politique monétaire](#) », *Revue d'économie financière*, n° 2, p. 243-257.

politique optimale de premier rang ne doit être que sous réserve que les anticipations sont ancrées, afin de pouvoir regarder « au-delà » de la greenflation. Si ce critère n'est pas satisfait, la politique optimale de second rang tombe sous la mesure de l'inflation basée sur l'inflation globale. La Banque centrale européenne a écarté à ce jour l'hypothèse d'une cible inflation basée sur l'inflation sous-jacente. Or les tensions à la hausse de l'inflation hors produits alimentaires pourraient rouvrir ces questions autour d'une mesure alternative de la cible d'inflation. Un risque déjà anticipé est l'écart croissant constaté entre inflation globale et inflation sous-jacente¹.

4.2. Niveau et cible d'inflation

Dans le cadre de la zone euro, la BCE est en charge de veiller à ce que le taux global de variation des prix des biens et services soit faible, stable, prévisible, visant un taux d'inflation de 2 % à moyen terme. Cet objectif est symétrique : toute inflation en dessous ou au-delà de la cible demande à être corrigée. Cependant, cette cible d'inflation est flexible et la banque centrale peut se permettre de regarder « au-delà » de la volatilité des prix à court terme. Parce qu'une banque centrale se doit d'être crédible dans le respect de ses engagements, vouloir questionner le niveau cible de l'inflation peut paraître hasardeux. Lorsque celui-ci a été mis en vigueur, il avait vocation à laisser suffisamment « d'espace » pour que la politique monétaire puisse être en mesure de diminuer ses taux d'intérêts sans atteindre le taux plancher. Bien que les banques centrales disposent d'autres instruments, tolérer une inflation au-delà d'un niveau strict de 2 % pourrait permettre, par une cible d'inflation plus élevée, un taux d'intérêt nominal en moyenne plus élevé et ainsi, une probabilité plus faible d'atteindre le taux plancher². Ces conditions permettraient de donner une plus grande flexibilité à la politique monétaire, sans perdre significativement en crédibilité et en gardant un meilleur contrôle des anticipations d'inflation. Celles-ci devraient davantage régir les décisions économiques des banques centrales, d'où une nécessité éventuelle à l'adaptation d'une nouvelle cible d'inflation. Cependant, il convient de rappeler les positions récentes de la BCE : une inflation cible qui ne prendrait pas en compte le prix relatif de l'énergie pourrait induire en erreur les dynamiques d'inflation perçues. En outre, la banque centrale peut également définir sa cible d'inflation « en niveau » ou « en intervalle ». Ce choix, même s'il paraît de second ordre, peut avoir une influence directe sur la perception et les anticipations des agents économiques. Une cible en niveau envoie un signal clair aux acteurs et agents économiques, qui peuvent ajuster leurs anticipations d'inflation sur cette base. Une cible en intervalle est moins coûteuse en crédibilité et offre davantage de flexibilité car elle tolère une variation plus grande de

¹ Lisack N., Marx M., Matheron J. et Dupraz S. (2022), « Greenflation, price stability and the decarbonization of the economy », mimeo.

² Blanchard (2022), « It is time to revisit the 2% inflation target », *Financial Times*, 28 novembre 2022.

l'inflation autour de sa cible, permettant ainsi un meilleur pilotage et *in fine* une meilleure stabilisation de l'activité économique. Si les chocs liés au changement climatique sont plus fréquents et plus importants, l'intérêt d'utiliser un mécanisme d'ancrage de l'inflation qui combine un niveau de cible et un intervalle de tolérance pourrait ainsi être renforcé. La dynamique inflationniste autour de la cible dépendra également des outils budgétaires utilisés, qui contribueront à la convergence de l'inflation vers sa cible.

4.3. Horizon de la cible d'inflation

Une politique incorporant une montée en charge progressive des mesures prises pour la transition climatique permettrait d'éviter de déstabiliser l'économie, en minimisant les coûts de transition. Pour la banque centrale, le changement climatique pourrait également influencer sur le choix concernant l'horizon auquel la cible d'inflation doit être atteinte. On distingue ainsi entre l'objectif d'atteindre la cible sur un horizon donné (ou en moyenne) ou à « chaque instant ». Afin de permettre un meilleur contrôle de la dynamique de l'inflation, les agents économiques ne connaissent généralement pas la durée exacte de cet horizon de cible d'inflation, pour offrir la flexibilité de régler la vitesse de convergence de l'inflation vers sa cible, en tenant compte de la nature des chocs. Sachant que les chocs liés au changement climatique peuvent avoir des conséquences économiques plus ou moins persistantes, les banques centrales pourraient adapter la durée de l'horizon. Plus l'horizon de la cible d'inflation est allongé, plus la volatilité des variables macroéconomiques devrait se stabiliser. En revanche, si l'horizon temporel pour atteindre l'objectif est trop long, la crédibilité des banques centrales pourrait être menacée si, au cours de cet horizon, l'inflation observée est régulièrement perçue comme étant considérablement éloignée du niveau cible. Des travaux supplémentaires en termes de modélisation pourraient permettre de définir plus précisément la durée de l'horizon sur lequel les banques centrales communiquent.

En résumé, le changement climatique entraîne une augmentation de l'incertitude à laquelle les banques centrales devront faire face pour mener leur politique monétaire. Cette incertitude est notamment due aux futures décisions politiques relatives à l'atténuation du changement climatique. Des recherches supplémentaires seront cependant nécessaires pour mieux comprendre la manière dont la transition affecte l'économie et comment les banques centrales peuvent adapter la conduite de la politique monétaire à ces nouveaux enjeux.



ANNEXES



ANNEXE 1

COÛTS DES DIFFÉRENTES ÉNERGIES

Nucléaire historique : des coûts de prolongation très compétitifs¹

La prolongation de l'exploitation du parc nucléaire est conditionnée à une autorisation de l'Autorité de sûreté nucléaire et à des investissements permettant d'améliorer le niveau de sûreté dans le cadre des visites décennales des réacteurs. Ces investissements sont rassemblés dans le programme industriel du Grand Carénage. Les hypothèses retenues par RTE dans les *Futurs énergétiques 2050* reposent sur les éléments fournis par EDF et par la Cour des comptes, qui donnent des références comparables sur les prochaines années (environ 650 €/kW en moyenne pour prolonger de dix ans). À partir de 2035, les visites décennales pourraient être moins coûteuses (de l'ordre de 450 €/kW) en raison de différents facteurs :

- les investissements post-Fukushima auront été en majorité consentis ;
- les gros changements de composants auront été réalisés ;
- les visites décennales concerneront des réacteurs de plus grande taille.

Selon RTE, les coûts restant à engager (coûts des visites décennales, coûts de maintenance sur la période et coûts associés aux combustibles nucléaires) pour les prolongations à cinquante et soixante ans s'élèvent entre 30 et 40 €/MWh et font de la prolongation des réacteurs actuels une solution compétitive. La prolongation au-delà de soixante ans, considérée pour quelques réacteurs dans le scénario 3 présente plus d'incertitudes² : à défaut de référence, les coûts associés sont alignés sur les coûts de l'EPR2.

¹ Les unités monétaires s'entendent ici en monnaie constante de 2021.

² Le scénario 3 correspond à un boom de l'investissement public vert, voir Chapitre 2, section 4.3.

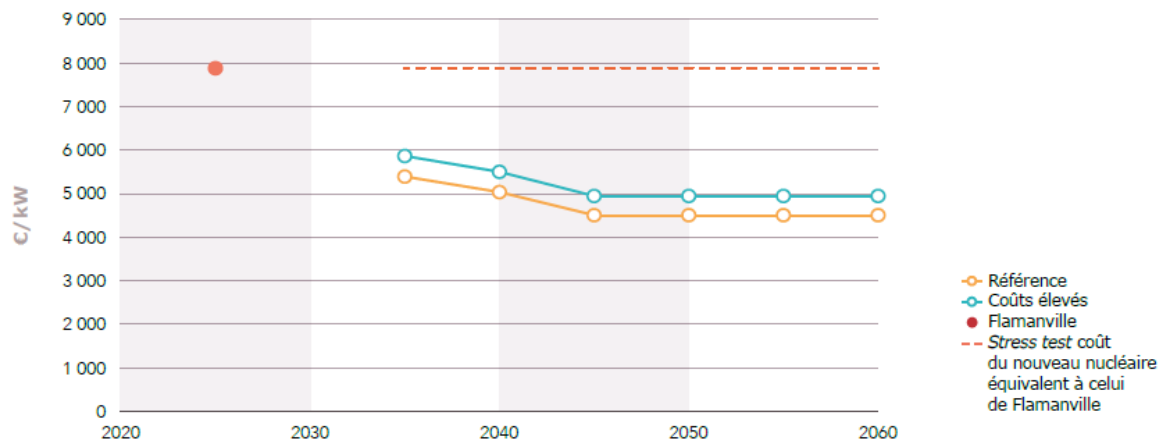
Nouveau nucléaire : des coûts orientés à la baisse par rapport aux coûts des têtes de série

Pour le nouveau nucléaire, ou EPR2, les coûts pris en compte couvrent l'ensemble des composantes sur le cycle de vie : construction, exploitation et maintenance, provision pour démantèlement et gestion à long terme des combustibles usés et des déchets. Les trajectoires de coûts retenues se fondent sur les informations transmises par les pouvoirs publics et issues d'audits successifs réalisés à partir des coûts estimés par EDF. De façon générale, il est considéré que les coûts seront orientés à la baisse par rapport aux coûts des têtes de série, en lien avec des hypothèses d'apprentissage et d'effet de série. Néanmoins, la dynamique de diminution des coûts ne pouvant être observée actuellement, RTE a introduit dans ses perspectives un stress test conduisant à retenir les coûts aux niveaux de ceux de Flamanville 3.

S'agissant des SMR (*Small modular reactors*, présents uniquement dans le scénario 3 de RTE), l'état de maturité étant moins avancé, les hypothèses sont fondées sur les coûts des premiers EPR2 (têtes de série).

Par ailleurs, s'agissant du nucléaire, l'intégration des coûts des composants liés à l'aval du cycle combustible, traitement et recyclage des combustibles usés, gestion des déchets radioactifs (y compris le stockage final sur le long terme), sont à intégrer. La Cour des comptes souligne d'ailleurs l'importance d'une bonne intégration de ces postes de coûts dans les études économiques, malgré le degré d'incertitude qui les caractérise. Ainsi les *Futurs énergétiques 2050* de RTE se fondent sur des données recueillies auprès des opérateurs concernés (EDF, Orano, ANDRA) mais également sur des analyses propres dans le cadre d'une approche prudente (hypothèses les plus hautes retenues, intégration de majorants pour les composantes de coût les plus incertaines). Dans les scénarios à plus forte part de nucléaire dans le mix électrique (scénarios 2 et 3), le coût complet des charges de traitement-recyclage dépasserait 1 milliard d'euros par an en 2060, à ramener à la production de l'ensemble du parc de réacteurs à cet horizon.

Graphique A1 – Évolution du coût d'investissement (dont coût de développement et démantèlement) des EPR2 en fonction de la date de mise en service

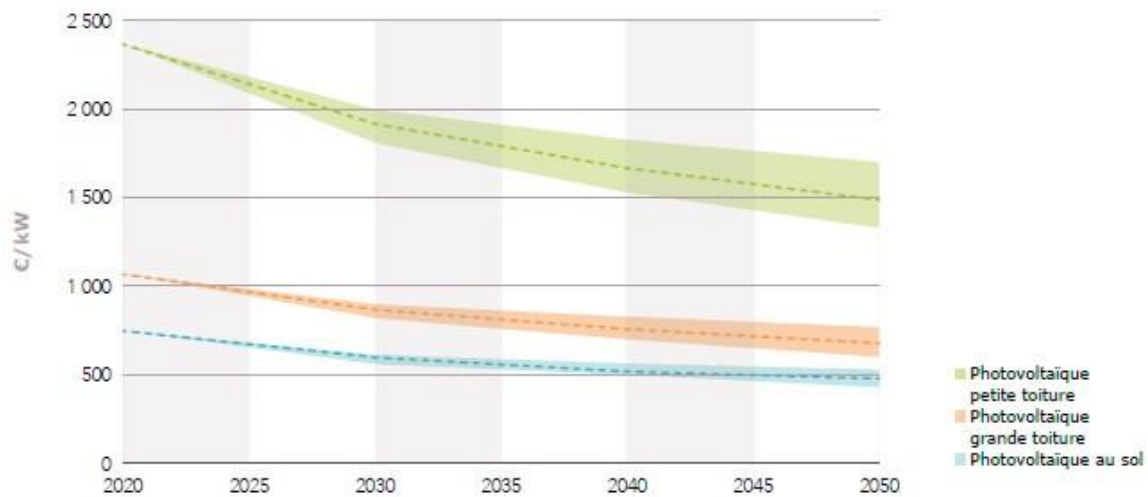


Source : RTE

Photovoltaïque : des coûts en baisse grâce à l'amélioration des rendements et aux effets d'échelle

La filière photovoltaïque a connu des baisses de coûts considérables sur la décennie écoulée : -85 % entre 2010 et 2020 pour les centrales au sol d'après l'IRENA. Avant la crise énergétique, la poursuite de cette baisse faisait l'objet d'un relatif consensus : elle sera tirée par la réduction des besoins en matières (polysilicium notamment), par le développement de cellules à haut rendement et par de nouveaux effets d'échelle liés à l'accélération mondiale du déploiement. Dans les *Futurs énergétiques 2050*, RTE retient une hypothèse de réduction des CAPEX de l'ordre de 35 % à 40 % à l'horizon 2050. Mais les coûts sont très différenciés selon le type d'installation, avec un facteur de 1 à 3 entre les installations au sol et celles sur petite toiture. Compte tenu des tensions internationales et des contraintes d'approvisionnement en différents matériaux, la poursuite de la tendance de baisse des coûts du photovoltaïque fait l'objet d'interrogations au sein du secteur dont l'effet reste à évaluer.

**Graphique A2 – Évolution des coûts d'investissement en photovoltaïque à l'horizon 2050
(hors raccordement)**



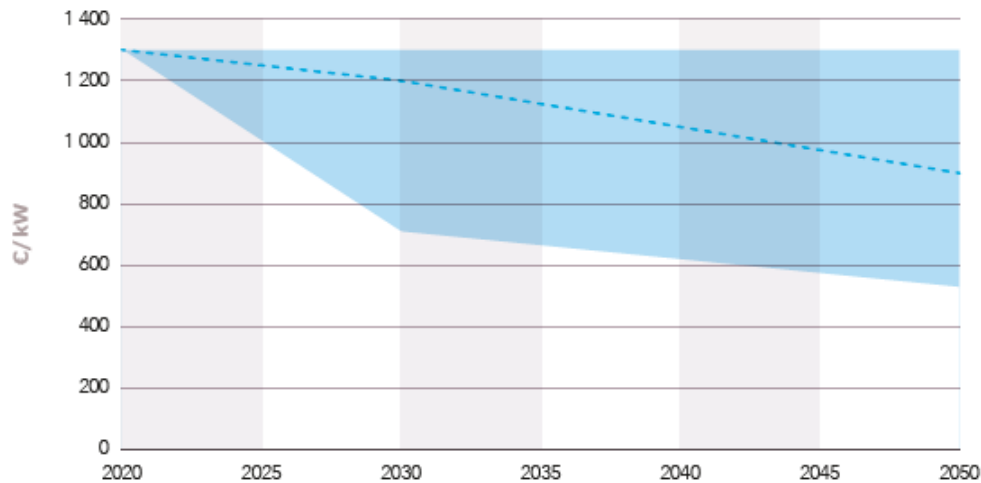
Source : RTE

Éolien terrestre : des coûts en baisse, mais avec de fortes incertitudes

L'éolien terrestre a connu des baisses de coûts importantes sur la décennie écoulée : -34 % entre 2010 et 2019 selon l'IRENA. Avant la crise énergétique, il était généralement convenu que des baisses de coûts étaient encore accessibles grâce aux effets d'apprentissage et d'échelle, notamment en déployant des nouveaux modèles de mâts de grande hauteur. Cependant, de nouvelles contraintes réglementaires ou des enjeux d'acceptabilité pourraient rendre impossible le développement de ce type de modèles. Par ailleurs, l'Agence internationale de l'énergie a récemment montré que les capacités industrielles de construction d'éoliennes pourraient se trouver en tension par rapport au besoin des systèmes électriques à l'échelle mondiale.

L'incertitude sur la taille des éoliennes est importante et des interrogations existent quant à la poursuite de la tendance historique de la baisse des coûts. Le contexte politique autour de l'éolien terrestre ne jouera pas seulement sur le rythme de développement mais aussi sur son coût. Dans les *Futurs énergétiques 2050*, RTE retient une fourchette de baisse des CAPEX entre -60 % et -0 % avec une hypothèse de référence de baisse de -30 % à l'horizon 2050 (conduisant à un LCOE de ~40 €/MWh, hors besoins de flexibilité et réseaux à évaluer à l'échelle du système pour un mix de production et une consommation donnés). L'effet sur les coûts de la tension sur la capacité industrielle à disposer de suffisamment d'éoliennes reste à évaluer.

Graphique A3 – Évolution des coûts d'investissement dans l'éolien terrestre à l'horizon 2050 (hors raccordement)



Source : RTE

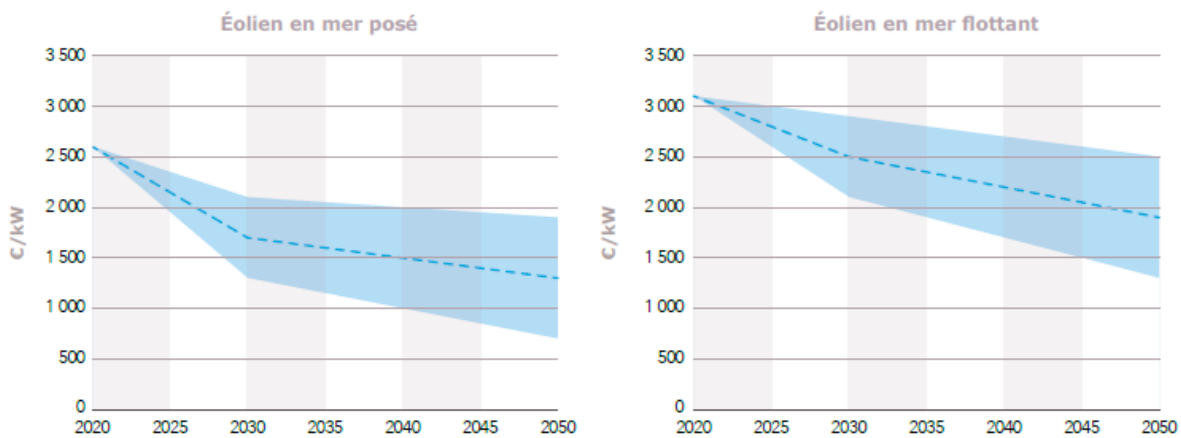
Éolien en mer : des coûts en baisse, avec des trajectoires fortement différenciées entre le posé et le flottant

L'éolien en mer (posé) a connu des baisses de coûts importantes sur la décennie écoulée. Par exemple, le coût de production pour les parcs attribués au début des années 2010 était de 130-150 €/MWh hors raccordement (après renégociation). Il n'était plus que de 44 €/MWh pour l'appel d'offres de Dunkerque.

Les projections de coûts de l'éolien offshore dépendent de la technologie employée. Les trajectoires de coûts de l'éolien en mer posé sont en nette baisse, grâce à des effets d'échelle et au déploiement d'éoliennes de très grande puissance, mais avec un gisement limité. Dans l'hypothèse de référence de RTE, les coûts se situent à ~30 €/MWh (hors raccordement) en 2050. En revanche, les trajectoires de coûts de l'éolien en mer flottant sont beaucoup plus incertaines, du fait d'une moindre maturité (et de la quasi-absence de parc de taille commerciale en service à l'heure actuelle). L'hypothèse de référence se situe à ~45 €/MWh (hors raccordement et besoins de flexibilité et réseau à évaluer à l'échelle du système pour un mix de production et une consommation donnés) en 2050 dans les *Futurs énergétiques 2050*.

Comme pour le photovoltaïque et l'éolien terrestre, des incertitudes existent quant à la poursuite de la tendance de baisse des coûts, tant pour des raisons d'accès aux matériaux, en particulier des terres rares et du cuivre que s'agissant de la tension sur la chaîne industrielle de construction des éoliennes en mer.

**Graphique A4 – Évolution des coûts d'investissement de l'éolien en mer
à l'horizon 2050 (hors raccordement)**



Source : RTE

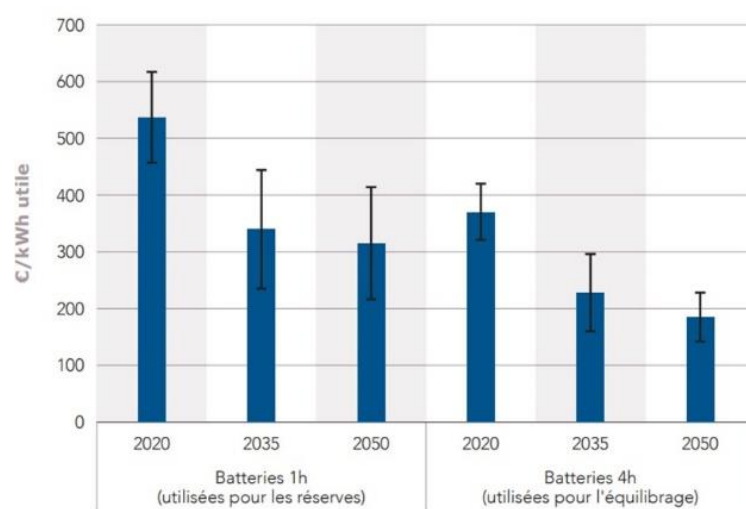
Batteries : d'importantes baisses de coût attendues grâce aux effets d'échelle

Le coût des batteries a d'ores-et-déjà fortement diminué avec le passage à l'échelle de leur fabrication, sous l'effet de l'essor des véhicules électriques. La poursuite à long-terme de cette baisse fait largement consensus du fait de la poursuite de la massification du marché et des effets d'apprentissage qui en découlent.

Néanmoins des incertitudes existent sur l'évolution des coûts de certains matériaux critiques, du fait de l'augmentation de la demande et de l'existence possible de tensions géopolitiques, ainsi que sur les progrès techniques qui permettront de limiter le besoin des matériaux les plus onéreux et les coûts de fabrication.

D'un autre côté, des ruptures technologiques ne sont pas à exclure. Ainsi, et en cohérence avec les projections issues de la littérature, RTE a retenu une division par deux des coûts des batteries à l'horizon 2050 comme hypothèse de référence dans les *Futurs énergétiques 2050*.

Graphique A5 – Évolution du coût des batteries (systèmes intégrés)



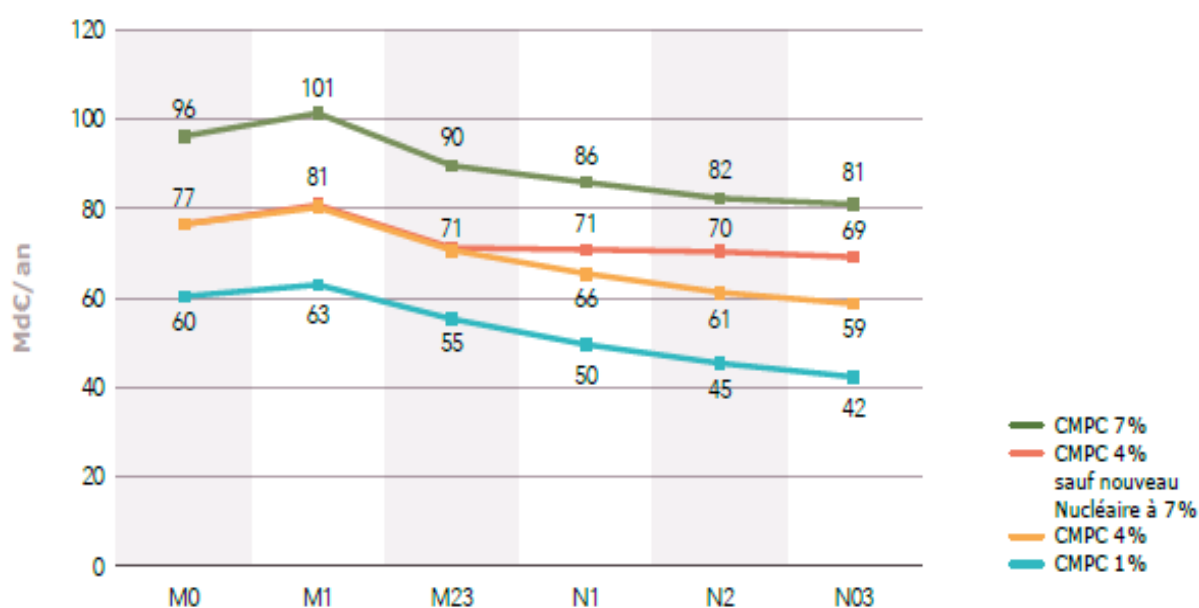
Source : RTE



ANNEXE 2

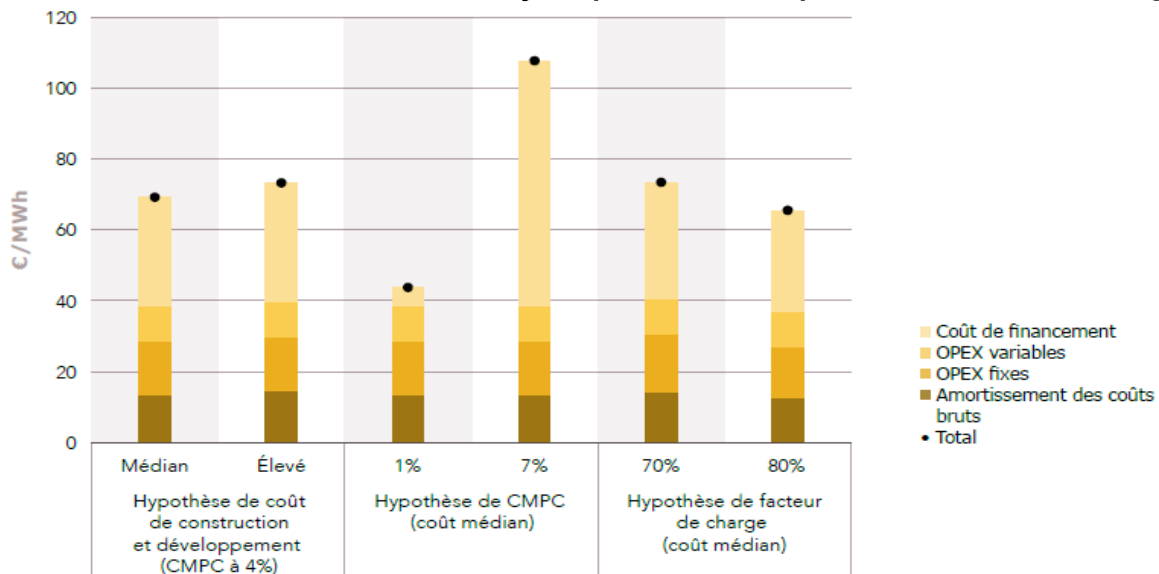
DÉTAILS DES HYPOTHÈSES DE COÛT ET D'INVESTISSEMENT POUR L'ÉLECTRICITÉ

**Graphique A6 – Coûts annualisés des scénarios en 2060,
en fonction du coût moyen pondéré du capital pour les acteurs du système électrique**



Source : RTE, Futurs énergétiques 2050

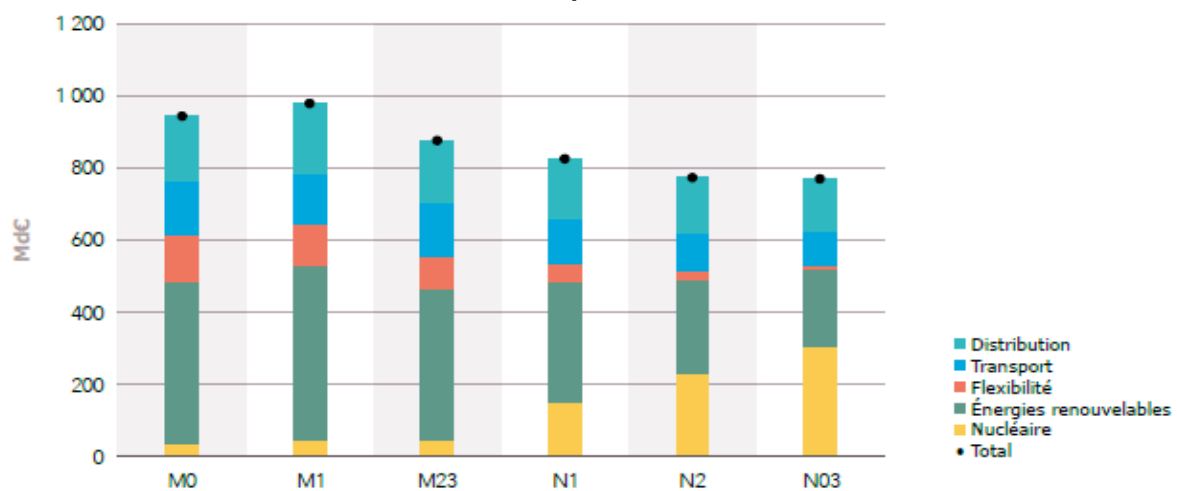
Graphique A7 – Coût complet de production du nouveau nucléaire selon l'hypothèse de coûts d'investissement, de coûts moyens pondérés du capital ou de facteur de charge



Note : évaluation des coûts du système électrique dans différents scénarios

source : RTE, Futurs énergétiques 2050, plus robuste à long terme que l'analyse en « coût actualisé de l'énergie produite » (ou LCOE)¹

Graphique A8 – Dépenses d'investissement dans le système électrique cumulées sur la période 2020-2060

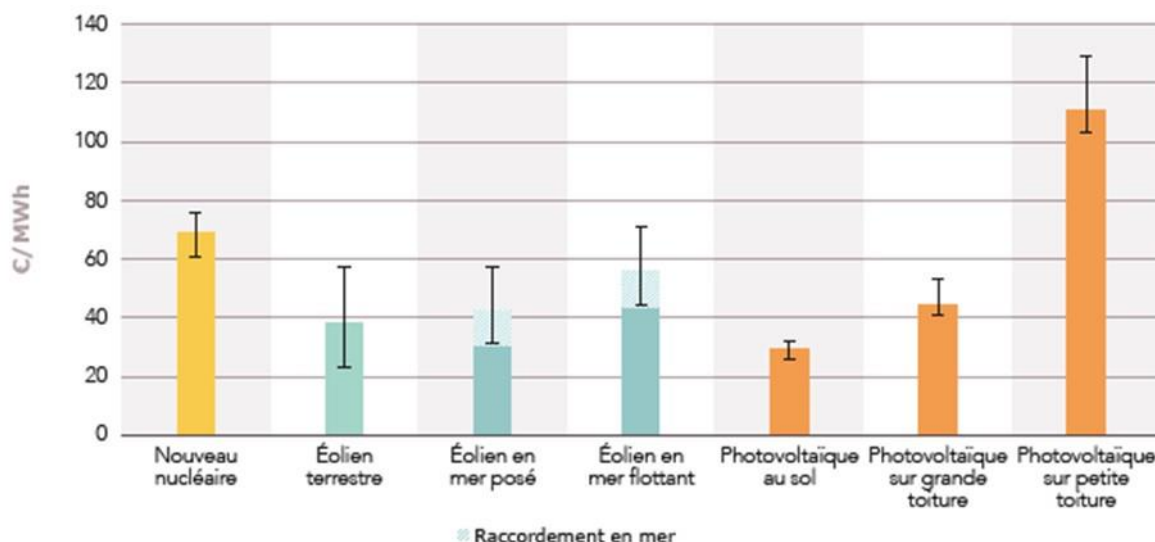


Note : les besoins d'investissement sont fortement différenciés selon les scénarios de mix, avec notamment des investissements sur les réseaux et les flexibilités plus élevés dans les scénarios M et N1.

Source : RTE

¹ Dans ses publications, depuis le *Bilan prévisionnel 2017* jusqu'aux *Futurs énergétiques 2050*, RTE focalise habituellement ses analyses sur les coûts complets. Elles sont en effet plus robustes que des analyses sur les prix ou sur des dispositifs de marché / tarifaires / etc. ou encore des stratégies de couverture.

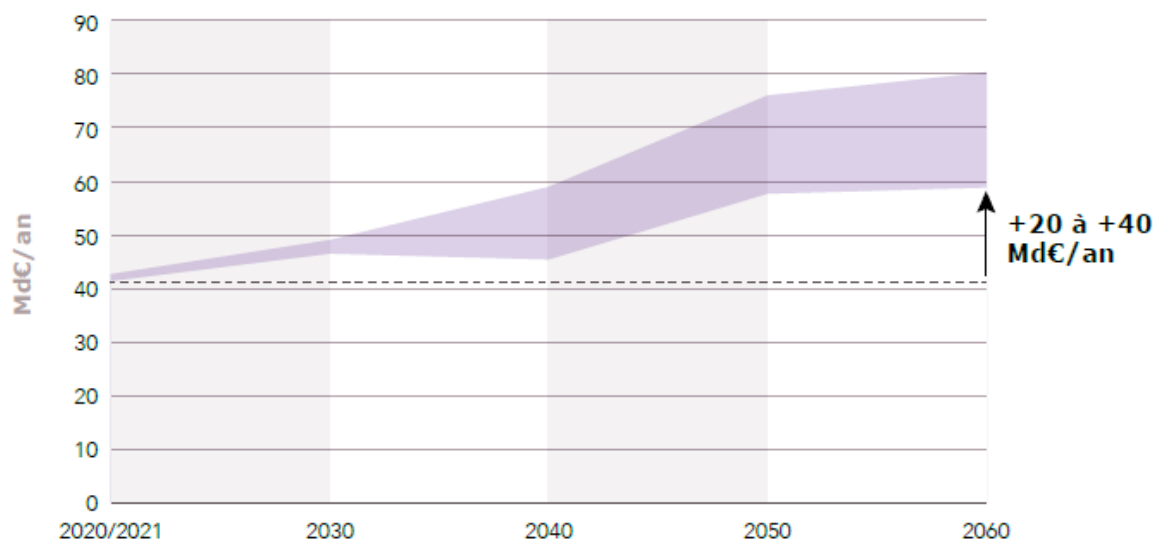
Graphique A9 – Coût des principales filières de production (LCOE) rapporté à l'énergie produite pour des installations mises en service à l'horizon 2050
(taux moyen pondéré du capital en valeur réelle après impôts – WACC – de 4 %)



Note : à coût du capital identique, les coûts de production (hors raccordement) projetés en 2050 et rapportés à la quantité d'énergie produite sont donc plus faibles pour les grandes installations renouvelables (entre 30 et 45 €/MWh) que pour le nouveau nucléaire (entre 60 et 85 €/MWh). Cette analyse comparative montre la tendance à la compétitivité des énergies renouvelables mais ne suffit pas pour conclure sur la pertinence économique des choix de mix de production et sur l'impact potentiel sur les prix de l'électricité.

Source : RTE, Futurs énergétiques 2050

Graphique A10 – Évolution du coût complet du système électrique, avec les hypothèses de coût de référence (l'aire représente l'ensemble des scénarios de mix considérés)



Source : RTE, Futurs énergétiques 2050



BIBLIOGRAPHIE

- Adam M., Bonnet O. et Loisel T. (2022), « [Avec l'inflation, une précarité financière en légère hausse, mais inférieure en août 2022 à son niveau d'avant-crise sanitaire](#) », *Insee Analyses*, n° 76, octobre.
- AIE (2022), *World Energy Outlook 2022*, Paris, Agence internationale de l'énergie.
- AIE (2021), *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, Paris, Agence internationale de l'énergie.
- Bernanke B. S. (2007), « Globalization and monetary policy », remarks at the Fourth Economic Summit, Stanford Institute for Economic Policy Research, 2 mars.
- Blanchard (2022), « It is time to revisit the 2% inflation target », *Financial Times*, 28 novembre 2022.
- Boneva, L., Ferrucci, G. et Mongelli, F. P. (2021), « "To be or not to be "green": how can monetary policy react to climate change? », ECB Occasional Paper, n° No. 285.
- Bonnet T., Grekou C., Hache E. et Mignon V. (2022), « [Métaux stratégiques : la clairvoyance chinoise](#) », *La lettre du Cepii*, n° 428, juin.
- Bourgeois A. et Lafrogne-Joussier R. (2022), « [La flambée des prix de l'énergie : un effet sur l'inflation réduit de moitié par le "bouclier tarifaire"](#) », *Insee Analyses*, n° 75, septembre.
- Carrara S., Alves Dias P., Plazzotta B. et Pavel C. (2020), *Raw Materials Demand for Wind and Solar PV Technologies in the Transition Towards a Decarbonised Energy System*, Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne.
- CGDD (2020), *Les réseaux électriques : choix technologiques, enjeux matières et opportunités industrielles*, rapport du groupe de travail présidé par Dominique Viel, décembre.
- Ciccarelli M. et Marotta F. (2021), « [Demand or supply? An empirical exploration of the effects of climate change on the macroeconomy](#) », ECB Working Paper, n° 2021/2608, octobre.
- Commission européenne (2020), *Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study*, Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne.
- Dees, S. et Weber, P. F. (2020), « Les conséquences du changement climatique pour la politique monétaire », *Revue d'économie financière*, n° 2, p. 243-257.
- Eurostat (2018), Harmonised Index of Consumer Prices (HICP), Methodological manual.

- Fizaine F. et Galiègue X. (2021), *L'Économie des ressources minérales et le défi de la soutenabilité, tome 2. Enjeux et leviers d'action*, Londres, ISTE Éditions.
- Graedel T. et Nuss P. (2014), « Employing considerations of criticality in product design », *JOM: the journal of the Minerals, Metals & Materials Society*, 66(11), pp. :2360-2366.
- Hund K. et al. (2020), *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*, Washington D.C.: The World Bank Group.
- Insee (2020), « Indice des prix à la consommation », Note méthodologique en bref.
- Karadi P. et Jarocinski M. (2020), « Deconstructing monetary policy surprises – the role of information shocks », *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 12, n° 2, avril, p. 1-43.
- Konradt M. et Weder di Mauro B. (2021), « Carbon taxation and greenflation. Evidence from Europe and Canada », *IHEID Working Papers*, vol. 17-2021, The Graduate Institute of International Studies, mars.
- Lisack N., Marx M., Matheron J. et Dupraz S. (2022), « Greenflation, price stability and the decarbonization of the economy », mimeo.
- McKibbin W., Konradt M. et Weder di Mauro B. (2021), « [Climate policies and monetary policies in the Euro Area](#) », document préparé pour l'European Central Bank 2021 Sintra Forum, 29 septembre.
- Miller H., Dikau S., Svartzman R. et Dees S. (2023), « [The stumbling block in “the race to our lives”: transition-critical materials, financial risks and the NGFS Climate Scenarios](#) », London: London School of Economics and Political Science.
- Northey S. et al. (2017), « [The exposure of global base metal resources to water criticality, scarcity and climate change](#) », *Global Environmental Change*, vol. 44, p. 109-124.
- Rötzer N. et Schmidt M. (2018), « [Decreasing metal ore grades. Is the fear of resource depletion justified?](#) », *Resources*, vol. 7(4).
- RTE (2022), *[Futurs énergétiques 2050. Rapport complet](#)*, février.
- Sonter L., Dade M., Watson J. et Valenta R. (2020), « [Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity](#) », *Nature Communication*, vol. 11(4174).
- Vakulchuk R., Overland I. et Scholt D. (2020), « [Renewable energy and geopolitics: A review](#) », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 122(109547), janvier.



Directeur de la publication

Gilles de Margerie, commissaire général

Directeur de la rédaction

Cédric Audenis, commissaire général adjoint

Secrétaire de rédaction

Olivier de Broca

Contact presse

Matthias Le Fur, directeur du service Édition/Communication/Événements

01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



www.strategie.gouv.fr



[@strategie_Gouv](https://twitter.com/strategie_Gouv)



[france-strategie](https://www.linkedin.com/company/france-strategie)



[francestrategie](https://www.facebook.com/francestrategie)



[@FranceStrategie_](https://www.instagram.com/FranceStrategie_)



[StrategieGouv](https://www.youtube.com/StrategieGouv)

Les opinions exprimées dans ce rapport engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



FRANCE STRATÉGIE
ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

Institution autonome placée auprès de la Première ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.