



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

T

H



Analyse

É



M

A

**Quelle valeur accorder au CO<sub>2</sub> pour  
parvenir à la neutralité carbone en 2050 ?**  
Une estimation à partir du modèle ThreeME

JUILLET 2020

## sommaire

# Quelle valeur accorder au CO<sub>2</sub> pour parvenir à la neutralité carbone en 2050 ?

Une estimation à partir du modèle ThreeME

## 5 - Messages clés / Key messages

## 15 - Introduction

Un signal prix fictif visant à éclairer la politique environnementale

## 19 - Cadrage

La valeur « de l'action pour le climat » correspond à un prix théorique appliqué aux émissions de CO<sub>2</sub>, calculé de façon à modifier les comportements et favoriser les investissements de transition énergétique. La Commission Quinet « 2018 » a demandé à l'Ademe, au CGDD et à l'OFCE de réaliser des simulations macroéconomiques avec le modèle ThreeME, sur la base d'un cadrage et un jeu d'hypothèses particulier.

## 29 - Résultats quantitatifs

La valeur de l'action pour le climat serait revue à la hausse par rapport aux travaux conduits en 2008, et atteint 500 €<sub>2015</sub> la tonne de CO<sub>2</sub> en 2050 dans l'hypothèse haute de puits, contre 2380 €<sub>2015</sub> avec la fourchette basse.

## 43 - Impact macroéconomique

La valeur de l'action pour le climat ne générerait ni récession, ni double dividende. À court terme le premier effet serait plutôt positif sur le PIB, mais à plus long terme, l'effet sur la croissance et l'emploi serait légèrement positif ou légèrement négatif en fonction du niveau de puits de carbone retenu.

## 55 - Annexes

Description générale du modèle ThreeME donnant une approche macroéconomique de la transition énergétique et tables sectorielles détaillées des simulations.

## 67 - Bibliographie

Document édité par :  
**Le service de l'économie verte et solidaire**

**Remerciements** : nous remercions **Pierre Vannetzel** pour sa contribution déterminante à l'analyse développée dans ce Théma, **Martin Becuwe** pour sa contribution au développement du module de demande automobile notamment de véhicule électrique, **Elsa Pivard** également pour sa contribution au développement du modèle de parc automobile, **Hugo Bailly** pour sa contribution au développement de la modélisation de la demande de transport, **Amandine Schall** pour son aide dans la simulation des différents scénarios et enfin **Hervé Gouëdard** qui a participé au calibrage des mesures et à la réalisation des tests de sensibilité.

## contributeurs

GC

**Gaël Callonnec**  
Economiste (Ademe)

Courriel :  
gael.callonnec@ademe.fr

RC

**Raphaël Cancé**  
Économiste (CGDD)

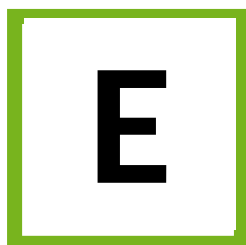
sdee.sevs.cgdd@developpement-  
durable.gouv.fr

AS

**Aurélien Saussay**  
Économiste (OFCE)

aurelien.saussay@sciences-po.fr

## avant-propos



n signant l'Accord de Paris en décembre 2015, la France s'est fixé comme objectif la neutralité carbone. Cet objectif signifie qu'à terme nos émissions de gaz à effet de serre ne dépasseront plus la capacité de notre territoire à absorber du CO<sub>2</sub>, au moyen de ce que l'on appelle les puits de carbone (la forêt notamment).

Le Premier ministre a mandaté Alain Quinet pour évaluer avec France Stratégie le niveau de la valeur tutélaire du carbone, dite valeur de l'action pour le climat correspondant à la neutralité carbone, en mobilisant plusieurs modèles technico-économiques et macroéconomiques. Dans ce cadre, le CGDD, l'Ademe et l'OFCE ont contribué aux travaux pour estimer la valeur de l'action pour le climat, avec le modèle macroéconomique ThreeME.

Les valeurs obtenues au terme de cette évaluation varient significativement en fonction des différentes hypothèses retenues sur les puits de carbone. L'étude conduit à envisager une valeur élevée du carbone, qui serait de nature à provoquer des investissements et des changements de comportement importants mais qui aurait toutefois, d'après le modèle utilisé, un faible impact sur la hausse du PIB.

**- Thomas Lesueur**

COMMISSAIRE GÉNÉRAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE (CGDD)

À noter : la valeur de l'action pour le climat ne détermine pas le montant de la taxe carbone. En effet, l'action pour le climat peut être impulsée de différentes manières, pas seulement fiscale, mais aussi à travers des mesures publiques réglementaires, de sensibilisation, des choix d'investissements publics, de subventions ou d'incitations à modifier les comportements.

messages clés



# Messages clés

**La « valeur de l'action pour le climat », ou « valeur tutélaire » du carbone estime le prix des actions permettant d'atteindre le nouvel objectif de neutralité carbone.**

La lutte contre le réchauffement climatique impose de limiter la concentration de gaz à effet de serre (GES) présents dans l'atmosphère. Pour honorer l'engagement inscrit dans l'Accord de Paris de 2015 d'atteindre la neutralité carbone, la France accentue ses efforts avec le plan Climat de 2017, puis la loi énergie-climat de novembre 2019, visant un objectif de zéro émission nette d'ici 2050.

Pour parvenir à réduire les émissions, il faut modifier les choix d'investissement, de consommation et les comportements. À cette fin, il est pertinent d'introduire un certain prix à la tonne de CO<sub>2</sub> évitée dans le calcul de la rentabilité de ces choix. Il s'agit de la « valeur tutélaire » du carbone ou valeur « de l'action pour le climat », qui correspond à un prix théorique appliqué au contenu en équivalent CO<sub>2</sub> de toutes les consommations énergétiques et activités qui génèrent des GES, de sorte que l'objectif de neutralité carbone soit atteint. Plus ce prix est élevé, plus le nombre d'actions rentables sera important et plus les émissions seront réduites. L'estimation de ce prix permet dans le même temps d'envisager la répartition sectorielle optimale de l'effort à réaliser.

Il ne s'agit pas d'un niveau de taxe carbone. En effet, l'action pour le climat peut être impulsée de différentes manières, pas seulement fiscale, mais aussi à travers des mesures publiques réglementaires, de sensibilisation, des choix d'investissements publics, de subventions ou incitations à modifier les comportements.

**Une estimation de la « valeur de l'action pour le climat » avec le modèle macroéconomique ThreeME**

La Commission Quinet organisée par France Stratégie afin de donner une valeur à l'action pour le climat s'est appuyée sur plusieurs modèles technico-économiques ou macroéconomiques dont ThreeME. L'étude présentée ici relate les travaux théoriques conduits dans ce cadre avec des hypothèses spécifiques. En particulier, le prix des émissions carbonées s'applique à toute l'économie, y compris au secteur industriel. Aucune mesure

écologique autre que le prix du carbone n'est prise en compte. Le produit de la valeur de l'action pour le climat est intégralement redistribué. Par ailleurs, seule la France fait varier le prix du carbone : le reste du monde est supposé non coopératif. Cette dernière hypothèse forte conduit à surévaluer les effets négatifs de la valeur du carbone sur la compétitivité des entreprises et la croissance, tout en négligeant les possibles émissions importées. Elle a cependant été retenue dans cet exercice collectif pour sa simplicité. En outre, le taux d'intérêt réel est supposé exogène et fixe, ce qui tend à l'inverse à surestimer les effets sur la croissance, car on considère que malgré les importants investissements provoqués par la transition énergétique il n'y a pas d'éviction et les conditions de financement des autres secteurs ne changent pas.

**Compte tenu d'un objectif plus ambitieux, la valeur de l'action pour le climat est revue à la hausse, avec un écart important selon les deux hypothèses retenues de puits de carbone**

Le niveau de la valeur « théorique » tutélaire du carbone pour la neutralité carbone dépend fortement du niveau estimé du puits de carbone en 2050 qui permettra d'absorber les émissions résiduelles. Deux hypothèses de puits de carbone ont été retenues dans l'exercice : une hypothèse haute de 95 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>eq) et une basse de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, avec un point d'ancrage de la valeur tutélaire en 2030 identique pour les deux scénarios. Le niveau de ce point de passage n'est pas neutre sur la valeur du carbone à l'horizon de la simulation, l'effet de la valeur du carbone agissant avec retard sur les émissions. Une valeur d'étape plus élevée dès 2030 permet ainsi d'obtenir une cible avec une valeur du carbone moins élevée en 2050. Dans l'hypothèse du puits le plus large, la valeur tutélaire du carbone déterminée par ThreeME s'élèverait à 500 €<sub>2015</sub> la tonne de CO<sub>2</sub> en 2050, contre 2 380 €<sub>2015</sub> avec le puits étroit. À titre illustratif, cela représenterait 1,3 € ou 6,5 € par litre d'essence. Néanmoins, compte tenu des hypothèses de progression du taux d'incorporation des biocarburants prévus dans la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) et pour lesquels la valeur carbone ne s'applique pas, cela serait plutôt de l'ordre de 0,2 € ou 1,0 € par litre de carburant à l'horizon 2050.

Ces niveaux élevés de valeur tutélaire traduisent la difficulté à atteindre ce degré de décarbonation. La forte variation en fonction de la taille du puits semble signifier également qu'on atteint ainsi les limites de représentativité du modèle à de tels niveaux de réduction. La fourchette de valeurs obtenue est très large, car pour atteindre la neutralité carbone dans l'hypothèse du puits le plus étroit, il serait nécessaire de réduire certaines émissions de GES liées aux transports de marchandises et aux processus industriels dont le coût marginal d'abattement, c'est-à-dire le coût pour réduire les émissions d'une tonne supplémentaire, est élevé.

### **Les secteurs résidentiels et les services sont les premiers secteurs contributeurs de la baisse**

Concernant la composition de l'offre énergétique qui n'est pas endogène dans le modèle, les travaux ont été cadrés par des hypothèses de montée en charge du taux d'incorporation des biocarburants et des énergies renouvelables au rythme prévu par la SNBC. La valeur carbone est appliquée à la seule partie carbonée de ce mix énergétique. La demande d'énergie est quant à elle déterminée par le modèle et résulte des choix optimaux d'investissement et de consommation réalisés par les entreprises et les ménages sur la base du prix du CO<sub>2</sub>. L'évolution de la consommation énergétique en niveau dans les simulations ThreeME est donc endogène et peut *a priori* s'écarter de la trajectoire SNBC, qui prend en compte d'autres contraintes.

Dans le cas du puits le plus large, compte tenu de l'hypothèse de montée en charge du taux d'incorporation des biocarburants et des énergies renouvelables au rythme prévu par la SNBC, la neutralité est obtenue sans baisse sensible de la consommation d'énergie. En revanche, le puits étroit nécessiterait un effort de sobriété, avec une baisse de la consommation d'énergie d'un tiers en 2050 par rapport à aujourd'hui (une baisse moins forte que celle de 50 % retenue dans la SNBC « 2019 » pour une estimation du puits de carbone encore plus étroite à 67 MTCO<sub>2</sub> eqhors capture et stockage du carbone).

Du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>, ce sont les secteurs résidentiels et les services, c'est-à-dire les secteurs où les besoins de chauffage sont importants, qui sont les principaux contributeurs de la baisse, avec une chute de plus de 90 % des émissions par rapport au niveau de 2015 dans les deux scénarios. Ensuite, pour passer du puits large au puits étroit, ce sont le transport (- 94 %) et l'industrie (- 79 %) qui sont alors mis à contribution. L'industrie a du mal à baisser davantage ses émissions, en raison des consommations incompressibles de combustibles à usage non énergétique dans les processus de production (acier, plastique...) ou à la décarbonation des produits minéraux non métalliques (ciment, céramique...).

### **Les deux scénarios de réduction auraient peu d'effet macroéconomique sur la croissance et l'emploi**

Dans un souci de neutralité vis-à-vis du choix des politiques publiques qui permettront d'atteindre la neutralité carbone, dans le modèle, la valeur carbone agit comme un signal prix virtuel : son produit est intégralement redistribué aux ménages et aux entreprises.





## messages clés / key messages

---

Quelle que soit l'hypothèse de puits retenue, l'augmentation de la valeur tutélaire a d'abord un premier effet plutôt positif sur le PIB. En effet, le signal prix qu'elle envoie fait bondir les investissements d'efficacité énergétique et les achats de véhicules propres ce qui stimulerait la croissance et l'emploi. Cet effet serait atténué par l'effet négatif de la hausse des coûts unitaires de production sur les exportations nettes. Ce sont principalement les investissements induits (et non la taxe directement) qui dégradent la compétitivité-coût des entreprises en renchérissant leurs coûts unitaires de production. Par ailleurs, l'inflation générée par la croissance de la demande intérieure grève davantage la compétitivité prix. Les gains de PIB s'élèveraient à 0,5 point en 2030 par rapport au scénario sans valeur du carbone, permettant une création de 110 000 emplois.

À plus long terme, l'effet sur la croissance et l'emploi serait faible, avec un impact plutôt positif ou plutôt négatif en fonction des hypothèses retenues sur le puits de carbone. En effet, avec le puits étroit de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, il faudrait réaliser des investissements dont la rentabilité est décroissante. *In fine*, avec l'hypothèse haute de puits de carbone à 95 MTCO<sub>2</sub>, le PIB serait supérieur de 0,4 % en 2050 par rapport au niveau qu'il aurait atteint dans le scénario sans valeur tutélaire, et 170 000 emplois supplémentaires seraient créés. Au contraire, avec l'hypothèse basse de puits de carbone à 75 MtCO<sub>2</sub>eq, le PIB serait inférieur de 0,6 % au niveau du scénario de référence, avec une perte de 190 000 emplois.

Dans les deux variantes, le déficit public se dégrade à long terme sous l'effet conjugué de la hausse des investissements publics et d'une diminution des recettes de fiscalité énergétique liée à la baisse de la consommation. Les gains en matière de TVA ne permettraient pas de compenser complètement le creusement du déficit.

# Key messages

## Estimation of the French “value for climate action” with the ThreeME model

### Foreword

By signing the Paris Agreement in December 2015, France has set itself a new greenhouse gas (GHE) emissions target, which is more ambitious than the factor 4 objective: “carbon neutrality”. This value for climate action mirrors the level of effort required to decarbonize the economy. Ten years after the publication of the first Quinet report, Prime Minister Edouard Philippe mandated Alain Quinet to evaluate with France Stratégie the level of the shadow price of carbon consistent with this objective. In this context, CGDD, Ademe and OFCE contributed to the estimation of this price, now called the value for climate action, using the ThreeME model. The new values obtained are much higher than those consistent with the previous factor 4 objective and vary strongly depending on the underlying assumptions concerning the carbon sink. Despite its high level, the shadow price would have a limited impact on GDP.

**The “value for climate action” or “shadow price” of carbon, measures the price of actions to achieve the carbon neutrality new objective.**

The fight against global warming imposes the limitation of greenhouse gases concentration. To meet the 2015 Paris agreement and achieve carbon neutrality, France has stepped up its efforts with the 2017 Climate Plan to reach the goal of zero net emissions by 2050.

To reduce emissions, investment and consumption choices, as well as behaviours must be changed. For this purpose, introducing a carbon price for each tonne of CO<sub>2</sub> emissions avoided is relevant to calculate the sustainable profitability or cost of these choices. This price called the value for climate action or the shadow price of carbon stands for a theoretical price, applied to all the CO<sub>2</sub> equivalent content of all energy consumption and activities generating GHG, so as to reach Carbon neutrality. The higher the price, the greater the number of profitable actions and the lower the emissions. In addition, the estimate of this price allows for the optimal distribution of efforts among sectors.

This is not a carbon tax level at all. Indeed, climate action can be promoted through different ways, not only taxation, but also through public regulatory measures, awareness-raising, public investment choices, subsidies or incentives aiming at changing behaviours.

### **An estimation of the “value for climate action” with the macroeconomic model ThreeME**

The Quinet Commission, which has been organized by France Stratégie in order to estimate the value for climate action, relied in its analysis on several technical-economic or macroeconomic (among them Three ME) models. This study presents the works implemented within this framework using specific assumptions. In particular, the price of carbon emissions is applied to the whole economy, including the industrial sector. No ecological measure other than the price of carbon is taken into account. The income yielded from the value of climate action is fully redistributed. Furthermore, only France pushes up the price of carbon: the rest of the world is assumed to be non-cooperative. This last assumption is strong and leads to overvalue the negative effects of the carbon value on French firms' competitiveness and on economic growth, while neglecting the possible imported emissions. However, it is retained in this collective exercise for its simplicity. In addition, the real interest rate is assumed to be exogenous and fixed, which means that despite the large investments caused by the energy transition, there is no crowding-out effect, and financing conditions of the other sectors remain unchanged.

### **With a more ambitious target, the value for climate action is revised upwards, with a significant gap depending on the assumptions adopted for the carbon sink**

The level of the "theoretical" shadow price for carbon neutrality strongly depends on the estimated level of the carbon sink in 2050. Two carbon sink assumptions are used in the exercise, a low range of the sink of 75 MTCO<sub>2</sub>eq and a higher one of 95 MTCO<sub>2</sub>eq, with a similar shadow price anchor point in 2030 for both scenarios. With the large sink, the shadow price of carbon would amount to €<sub>2015</sub> 500 per tonne of CO<sub>2</sub> in 2050, compared to €<sub>2015</sub> 2 380 with the narrow sink. By way of example, this would represent €1.3 or €6.5 per litre of petrol. Nevertheless, given the assumptions of the increasing inclusion rates of biofuels and biogas as anticipated by the French National Low Carbon Strategy in 2019 (SNBC 2019), for which the carbon value is not relevant, the shadow price would rather be in the order of an additional €0.2 or € 1.0 per litre of fuel respectively by that time.

These high levels of carbon shadow values reflect the difficulty of achieving this degree of decarbonization. The large variation depending on the size of the sink assumption seems to mean that the limits for representativeness of the model are reached at such reduction levels. The range of values obtained is very wide, because in order to achieve carbon neutrality under the narrowest carbon sink assumption, it would be necessary to reduce some GHG emissions

related to freight transport of goods and industrial processes whose marginal cost of abatement, that is, the cost of reducing emissions by an additional tonne is high.

### **The residential and services sectors are the main contributors to the reduction**

Regarding the composition of the energy supply, which is not endogenous in the model, the work took into account the increasing incorporation rate of biofuels and renewable energies as assumed by the SNBC. The carbon value is only applied to the carbon part of the energy mix. Energy demand is determined by the model and results from optimal investment and consumption choices made by businesses and households based on carbon price. Therefore, the evolution of energy consumption levels in ThreeME simulations is endogenous and can deviate a priori from the SNBC trajectory, which takes other constraints into account.

In the case of the larger sink, neutrality should not require a significant reduction in energy consumption, but would rather be achieved by the decarbonisation of the energy mix, that is the rise in biofuels and in renewable energies. On the other hand, the narrow sink would require a sobriety effort, with a decrease in energy consumption by one third by 2050 (a less significant drop than that of 50% adopted in the SNBC 2019 consistent with a narrower estimate of the French carbon sink at 67 MtCO<sub>2</sub>eq), excluding carbon capture and storage).

Regarding CO<sub>2</sub> emissions, the residential and services sectors are the main contributors to the decrease, with emissions falling by more than 90% compared to the 2015 level in both scenarios, i.e. sectors where heating needs are important. Then, to move from the wide sink to the narrow one, it is the transport (-94%) and the industry (-79%) that have to be involved. The industry will encounter difficulties in further reducing its emissions, due to the irreducible emissions in production processes linked to non-fuel uses (steel, plastic...) or decarbonation of non-metallic mineral products (cement, ceramic...).

### **The two reduction scenarios would have limited macroeconomic impact on growth and employment**

In order to remain neutral with regard to which political choices could make carbon neutrality achievable, the value of climate action is considered in the model as a virtual price signal whose income is fully redistributed to households and businesses.

Regardless of the assumption considered for the level of the carbon sink, the increase in the shadow price, has rather a first positive effect on GDP. Indeed, the price signal boosts energy



## messages clés / key messages

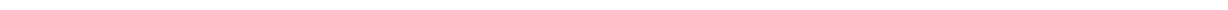
---

efficiency investments and purchases of clean vehicles in the first instance, hence stimulating growth and employment. This impact would be mitigated by the negative effect of higher unit cost of production on net exports. It is mainly the induced investments (and not the direct tax) that degrade the cost competitiveness of companies by increasing their unit production costs. Besides, the inflation generated by the rise in domestic demand further affects price competitiveness. GDP gains should amount to 0.5 pp in 2030 compared to the carbon value-free scenario, allowing for the creation of 110 000 jobs. In the long run, the effect on growth and employment would be very limited, with a slight positive or negative impact depending on the assumptions used for the level of the carbon sink. Indeed, with the narrow sink of 75 MtCO<sub>2</sub>eq, investments with decreasing profitability would have to be made. Ultimately, with the wide carbon sink of 95 MTCO<sub>2</sub>, GDP would be 0.4% higher in 2050 than under the no shadow price scenario, and 170 000 additional jobs would be created. On the contrary, with the narrow carbon sink of 75 MtCO<sub>2</sub>eq, GDP would be 0.6% lower than in the baseline scenario and 190 000 jobs would be lost.

In both scenarios, the public deficit deteriorates in the long term under the combined effect of the rise in public investment and a decrease in energy tax revenues excluding the carbon component. VAT gains would not fully offset the rise in public deficit.



**messages clés / key messages**



introduction

# Un signal prix fictif visant à éclairer la politique environnementale

- La valeur « de l'action pour le climat » ou « valeur tutélaire » du carbone correspond à un prix théorique appliqué à toutes les émissions de GES, calculé de façon à ce que les modifications de comportements et les investissements de transition énergétique induits permettent d'atteindre les objectifs de réduction des émissions.



## **1. LA VALEUR DE L'ACTION POUR LE CLIMAT EST UN SIGNAL PRIX FICTIF**

La valeur de l'action pour le climat est une valeur de référence permettant de guider les choix budgétaires, réglementaires et d'investissements de la politique publique. Évaluée selon une logique « coût-efficacité », elle correspond à la valeur minimale d'une tonne de CO<sub>2</sub> permettant de réaliser tous les investissements et changements de comportements pour atteindre les nouveaux objectifs de baisse d'émissions de CO<sub>2</sub>, visant la neutralité carbone à horizon 2050. Il s'agit d'un prix fictif du carbone (*shadow price of carbon*) appliqué à toutes les consommations de combustibles fossiles, multiplié par leur contenu en CO<sub>2</sub>. Toutes les consommations de combustibles fossiles sont couvertes, pour tous les usages, énergétiques ou industriels, et dans tous les secteurs, sans aucune exonération ni réduction. Cette valeur ne correspond en aucun cas à un niveau de taxe carbone, d'autant qu'elle est calculée sans tenir compte des autres mesures de politique énergétique, comme le système européen de quotas ETS (*European Trading Scheme*) fixant un plafond d'émissions et d'échange de quotas de CO<sub>2</sub>, le crédit d'impôt transition énergétique (CITE) ou le bonus-malus écologique. Elle résume le niveau d'effort global nécessaire pour atteindre l'objectif de neutralité carbone, quels que soient les moyens employés (réglementation, subventions, taxes, incitations...).

Plus la valeur de l'action pour le climat est élevée, plus le nombre d'actions rentables sera important et plus les émissions seront réduites. D'un point de vue microéconomique, les agents peuvent réduire leur consommation d'énergie par un effet de sobriété ou chercher à maximiser leur utilité ou leur profit en réalisant les investissements correspondant à des coûts par tonne de CO<sub>2</sub> évitée inférieurs à la valeur tutélaire. Cette valeur équivaut donc au coût marginal d'abattement de la tonne de CO<sub>2</sub>. Autrement dit, il s'agit de la borne haute de la dépense additionnelle nécessaire effectuée par les agents pour réduire leurs émissions d'une tonne supplémentaire de CO<sub>2</sub>. Il est théoriquement optimal d'assigner aux secteurs des efforts de réduction tels que leur coût marginal d'abattement soit inférieur ou égal à cette valeur. En pratique, les objectifs pourront ensuite être atteints de façon différenciée suivant les secteurs, par des mesures réglementaires, fiscales ou des incitations.

Cette approche est différente de l'approche « coût-bénéfice, où on s'intéresse à la valeur d'une tonne de CO<sub>2</sub> non-émise mesurée au travers des dommages évités (les externalités). Cette seconde méthode ne permet pas de s'assurer qu'on atteint le niveau d'émissions souhaité. Accessoirement, il est très difficile d'identifier et de chiffrer toutes ces externalités.

## **2. LA COMMISSION QUINET MISE EN PLACE PAR FRANCE STRATEGIE, A ETE MANDATEE POUR REEVALUER LA VALEUR DU CARBONE**

Le Premier ministre a demandé à Alain Quinet, qui avait déjà eu la responsabilité d'un premier rapport sur le sujet en 2008, de réunir une commission pour réviser la valeur tutélaire, avec l'appui des équipes de France Stratégie, en tenant compte des nombreuses évolutions qui ont





## introduction : un signal prix fictif visant à éclairer la politique environnementale

---

eu lieu au cours des dix dernières années, et du nouvel objectif de neutralité carbone fixé pour 2050.

Dans ce cadre, la Commission Quinet a mobilisé différents modèles techniques, comme *Pole* ou *Times* et des modèles macroéconomiques, tels que *Imacli*m et *ThreeME*, de plusieurs institutions (Cired...) pour donner une mesure convergente de la valeur pour la collectivité des actions permettant d'atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050, sur la base d'un cadrage et d'hypothèses communes. Ce cadrage est en particulier cohérent avec la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) qui fixe les grandes orientations stratégiques pour mettre en œuvre la transition vers une économie décarbonée.

Les résultats de ce travail sont difficilement comparables avec ceux de la précédente Commission Quinet de 2008. En effet, l'étude porte sur une actualisation de l'estimation de la valeur tutélaire du carbone correspondant à la neutralité carbone à horizon 2050, alors que l'exercice de 2008 visait la division par quatre des émissions de GES (facteur 4). D'autre part, certaines hypothèses ont été modifiées. Notamment, les coûts des énergies et les choix de mix énergétique ont été mis à jour, et les prévisions de l'avancée des technologies et de comportement des agents ne sont plus les mêmes.

Comme évoqué plus haut, la valeur de l'action pour le climat n'est pas un niveau de taxe. En effet, la fiscalité n'est qu'un des leviers disponibles pour parvenir à des réductions d'émissions, et quand bien même on peut choisir de recourir à un instrument fiscal pour certains secteurs, le niveau de la taxe doit être fixé en prenant en compte d'autres enjeux, tels que la précarité énergétique ou la compétitivité des entreprises.



**introduction : un signal prix fictif visant à éclairer la politique environnementale**

---

partie 1

# Cadrage

- En vue de réévaluer la valeur tutélaire du carbone, en prenant notamment en compte le nouvel objectif de neutralité carbone, la Commission Quinet a demandé en 2018 à l'Ademe, au CGDD et à l'OFCE de réaliser des simulations macroéconomiques avec le modèle ThreeME, sur la base d'un cadrage et d'un jeu d'hypothèses communs, dont les principaux éléments sont inspirés de la SNBC.



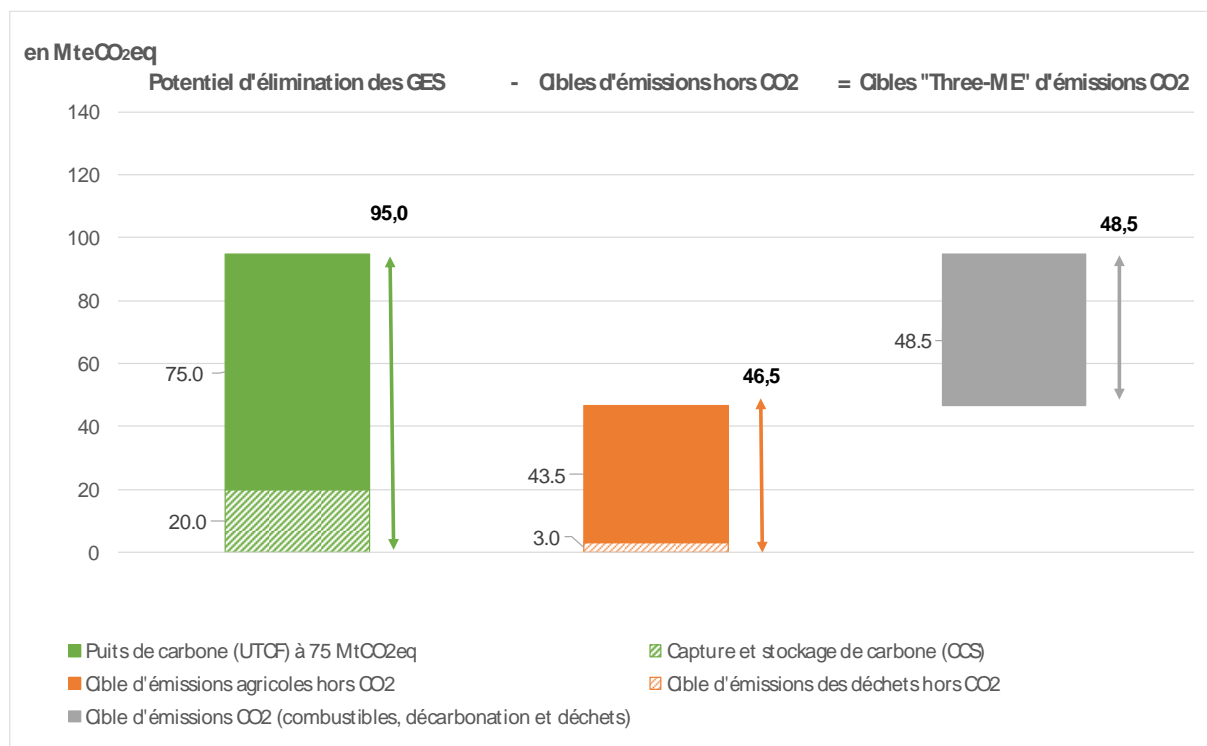
## 1. LE NOUVEL OBJECTIF DE « NEUTRALITE CARBONE »

Le mandat de la Commission Quinet de 2019 vise la neutralité carbone à horizon 2050. Il s'agit donc d'un nouvel objectif bien plus ambitieux que l'engagement précédent pris par la France devant la communauté internationale en 2003 de « diviser par un facteur 4 les émissions nationales de gaz à effet de serre du niveau de 1990 d'ici 2050 ». La neutralité désigne l'objectif selon lequel les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont compensées par les quantités absorbées par les puits de carbone. Le puits de carbone français évalué au moment de la Commission Quinet a une capacité comprise entre 75 et 95 MtCO<sub>2</sub>eq par an en 2050 (*figures 1a et 1b*). À ce puits de carbone est ajouté le potentiel technologique annuel de capture et stockage de carbone estimé à 20 MtCO<sub>2</sub>eq pour obtenir un potentiel d'élimination annuelle des gaz à effet de serre compris entre 95 et 115 MtCO<sub>2</sub>eq, soit un niveau sensiblement plus haut que celui de 80 MtCO<sub>2</sub>eq retenu dans la SNBC (avec capture et stockage). Si l'on déduit de ce potentiel les objectifs d'émissions de GES autres que le CO<sub>2</sub>, tels que le méthane, les oxydes d'azote générés par l'agriculture et les gaz fluorés issus des procédés industriels, qui ne sont pas couverts par ThreeME, l'objectif de neutralité carbone se traduit pour le modèle par une cible d'émissions de CO<sub>2</sub> de 48,5 MtCO<sub>2</sub>eq dans l'hypothèse basse et 68,5 MtCO<sub>2</sub>eq dans l'hypothèse haute. Ce périmètre inclut non seulement les émissions de CO<sub>2</sub> à usage énergétique, mais aussi celles à usage non énergétique. Ainsi, les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux processus industriels sont incluses, notamment pour la fabrication de l'acier avec du charbon, du plastique avec du pétrole, ou encore les émissions générées par la décarbonation liée à la fabrication de produits minéraux non métalliques (ciment, chaux, plâtre, céramique et verre).



partie 1 : cadrage

Figure 1a : périmètre des émissions CO<sub>2</sub> correspondant au puits de carbone de 75 MtCO<sub>2</sub>eq

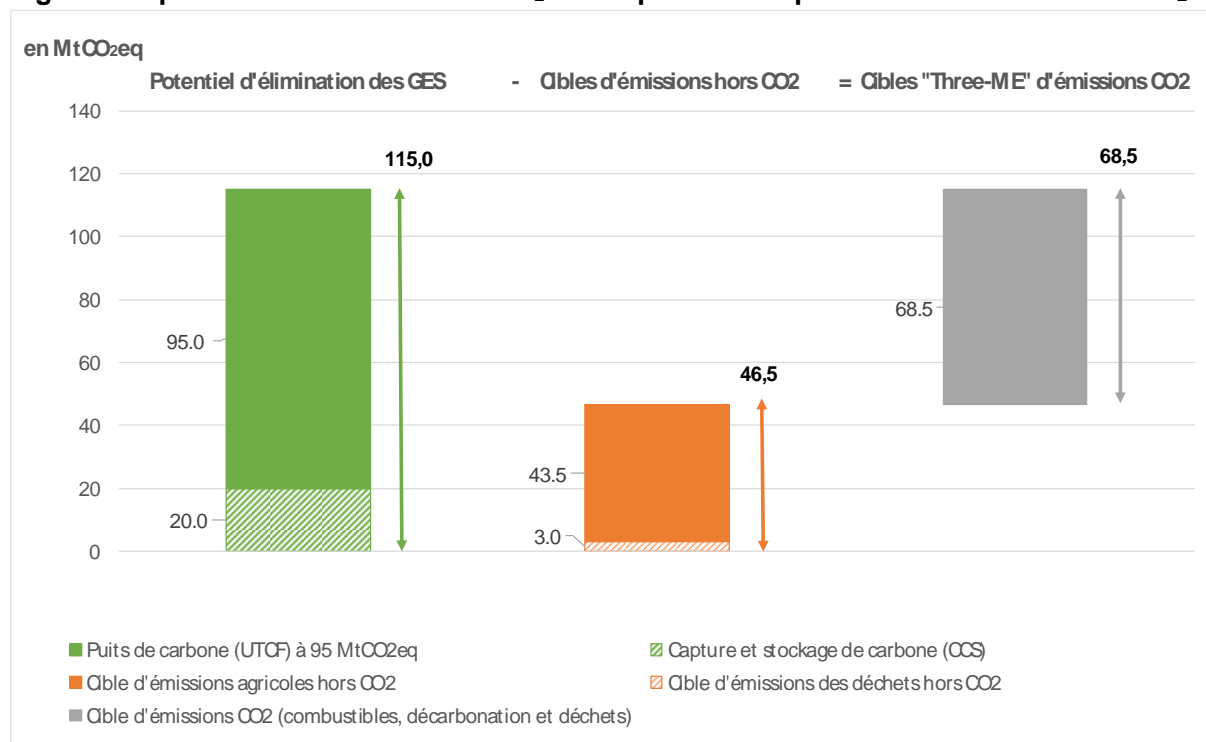


Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## partie 1 : cadrage

---

**Figure 1b : périmètre des émissions CO<sub>2</sub> correspondant au puits de carbone de 95 MtCO<sub>2</sub>eq**



**Source** : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## 2. L'ESTIMATION DE LA VALEUR DE L'ACTION POUR LE CLIMAT REPOSE SUR UN CADRAGE ET UN JEU D'HYPOTHESES COMMUNS

L'estimation de la valeur de l'action pour le climat est obtenue avec la comparaison de deux scénarios. Le premier est le scénario « de référence » sans signal prix sur le carbone, dans lequel la valeur du carbone n'évolue pas, et où la croissance croît à son niveau potentiel estimé à 1,6 % par an en moyenne. À l'inverse, dans le second scénario, dit de « neutralité carbone », on fait évoluer la valeur du carbone jusqu'à atteindre la neutralité. En dehors de cette valeur de l'action climat, il existe d'autres différences entre les deux scénarios détaillées ci-dessous, notamment en termes de mix énergétique (côté offre).

### 2.1. Le cadrage Quinet

- Le prix des émissions carbonées s'applique à toute l'économie

L'estimation est un exercice purement théorique, dans le sens où le prix du carbone est appliqué à toutes les consommations de combustibles fossiles, multiplié par la quantité de CO<sub>2</sub> qu'elles émettent, de sorte que l'objectif de neutralité carbone soit atteint. La même valeur est attribuée à tous les types d'émissions de CO<sub>2</sub>, quelle qu'en soit l'origine. Les secteurs soumis au système de quotas ETS sont assujettis à ce prix comme les autres secteurs. En conséquence, dans cet exercice de simulation, les entreprises industrielles paient le prix du carbone et ne sont pas soumises aux quotas ETS.

- Aucune mesure écologique autre que le prix du carbone n'est prise en compte

La valeur de l'action pour le climat ne correspond en aucun cas à un niveau de taxe carbone. En effet, l'action pour le climat peut être impulsée de différentes manières, pas seulement fiscale, mais aussi par des mesures réglementaires, des investissements publics ou encore des incitations à modifier les comportements non pris en compte dans ce calcul. Or, ici, aucune autre mesure environnementale n'est prise en compte, ni le CITE, ni le bonus-malus par exemple. Les mesures actuelles sont donc supprimées à partir de 2019, dans le scénario de référence comme dans le scénario de neutralité carbone. En revanche, la TICPE (hors composante carbone) qui n'est pas considérée comme une mesure environnementale est maintenue dans l'exercice, figée à son niveau actuel.

- Le produit de la valeur de l'action pour le climat est intégralement redistribué

La valeur prélevée aux agents leur est intégralement redistribuée. Celle prélevée sur les ménages leur est reversée via un crédit d'impôt sur le revenu (IR) forfaitaire, tandis que la redistribution aux entreprises est réalisée via un crédit d'impôt sur les sociétés (IS), calculé au prorata du chiffre d'affaires. Ce mécanisme de redistribution a l'avantage de la simplicité, mais pénalise les secteurs les plus vulnérables face à la concurrence internationale, comme les industries ETS, au profit des secteurs plus « protégés ».

- Le reste du monde est supposé non coopératif : seule la France fait varier le prix du carbone

À l'inverse de l'évaluation de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC), l'environnement international est supposé ici inchangé. Les partenaires européens de la France et le reste du monde ne font pas évoluer le prix du carbone pour diminuer ses émissions. Cette hypothèse conduit à surévaluer les effets négatifs de la valeur du carbone sur la compétitivité des entreprises et les échanges extérieurs tout en négligeant les possibles émissions importées, mais elle a été retenue dans cet exercice collectif pour sa simplicité. Si l'on avait supposé un contexte international plus favorable avec un effort mieux partagé, en cohérence avec l'Accord de Paris, où les pays développés coopèrent en faisant évoluer la valeur du carbone de concert, la montée en charge de la valeur tutélaire du carbone aurait également renchéri les prix des exportateurs étrangers. Cela aurait permis d'éviter les pertes de compétitivité des entreprises françaises et aurait eu des effets plus favorables sur la croissance à long terme.

- Le taux d'intérêt réel reste fixe



## partie 1 : cadrage

---

Le taux d'intérêt réel est supposé exogène et fixe, ce qui signifie que les investissements dans la transition énergétique ne conduisent pas à une raréfaction des fonds disponibles générant des possibles effets d'éviction susceptibles de pénaliser la croissance des autres secteurs.

- La trajectoire d'émissions de CO<sub>2</sub> : un point de passage en 2030 similaire dans tous les scénarios

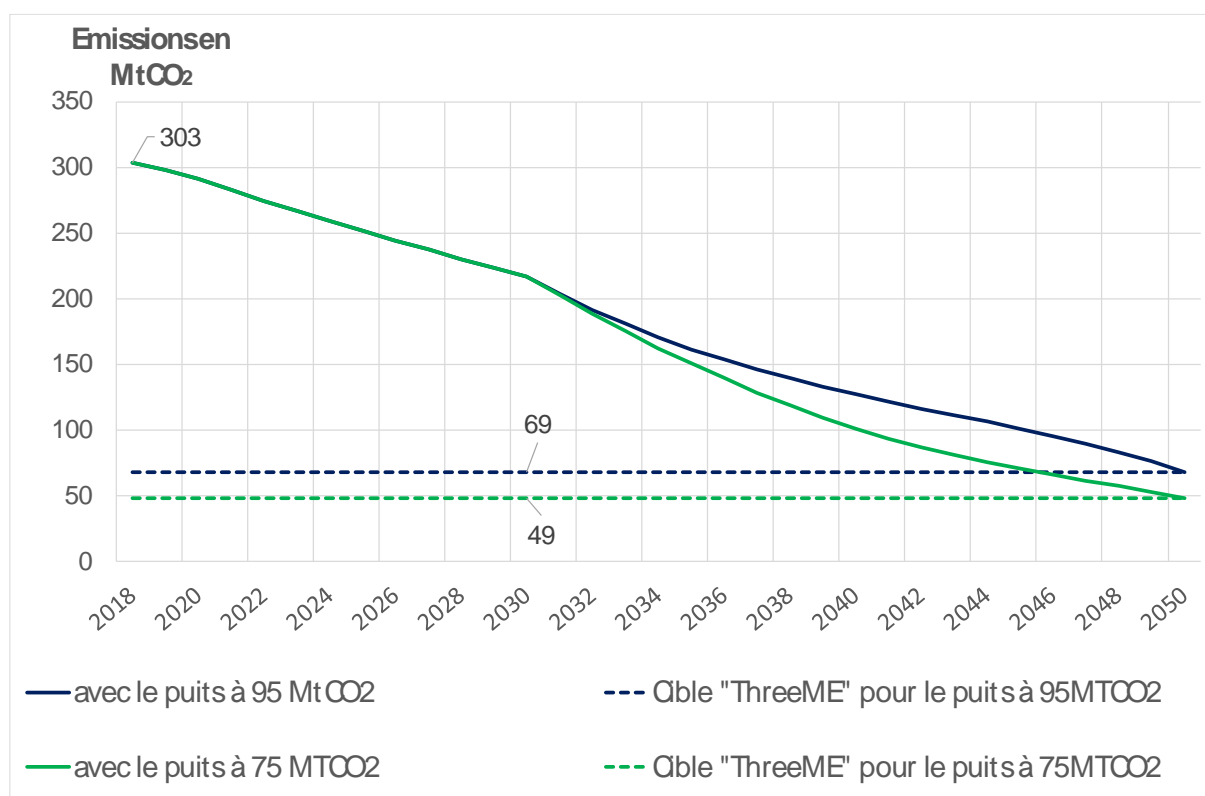
Le cadrage Quinet prévoyait pour les deux puits une même cible intermédiaire de 40 % de baisse des émissions en 2030. En conséquence, dans notre simulation, l'écart d'émissions entre les deux cibles n'est pas significatif à moyen terme, mais se creuse à partir des années 2030 (*figure 2*).

Il est important de noter ici qu'une même cible d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2050 peut être obtenue avec différentes trajectoires de valeur de l'action pour le climat. Il existe une « dépendance au sentier ». Le modèle prend en compte des retards d'ajustement du comportement des agents au niveau des prix, qui influent sur la dynamique de baisse des émissions. Surtout, les consommations d'énergie découlent de la nature des parcs de logements et de véhicules de transport, qui se renouvellent lentement (ils sont bien pris en compte dans la composante « hybride » du modèle qui décrit finement l'évolution des stocks de logement et de véhicules des ménages). En conséquence, une action modérée mais précoce sur le prix du carbone peut avoir autant d'effet sur les émissions qu'un geste plus important mais plus tardif. Par ailleurs, elle limite la probabilité de coûts échoués.

Ainsi, une montée en charge plus rapide de la valeur de l'action pour le climat permet d'obtenir une même cible d'émissions en 2050 avec une valeur plus faible en fin de période. Avec un scénario encore plus volontariste de baisses d'émissions de GES dès 2030 correspondant à une cible supérieure à celle de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, nous pouvons obtenir une valeur moins élevée en 2050. Ce résultat suggère un arbitrage entre les efforts demandés à moyen terme et les ambitions à long terme.



Figure 2 : trajectoires des émissions de CO<sub>2</sub> pour atteindre la neutralité carbone en 2050



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## 2.2. Le cadrage SNBC

Un certain nombre d'hypothèses spécifiques au scénario SNBC ont également été retenues, notamment en termes de trajectoire de mix énergétique. Il s'agit ici d'une contrainte en part et non en niveau.

- Les mix énergétiques sont fixés en parts mais pas en niveau

Le mix électrique est fixé avec une montée en charge graduelle des énergies renouvelables (EnR) plus marquée dans le scénario avec valeur carbone que dans le scénario de référence sans valeur.

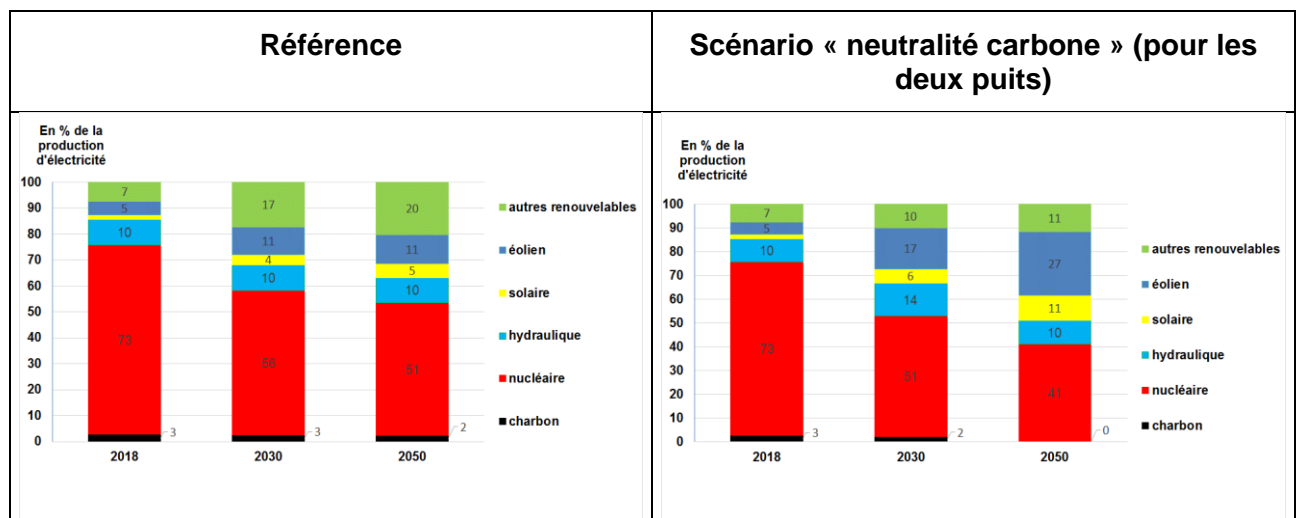


partie 1 : cadrage

Elles atteindraient 47 % de la production électrique en 2030, puis 54 % en 2050<sup>1</sup> (figure 3) contre 51 % pour le nucléaire en 2030 et 41 % en 2050, tandis que dans le scénario de référence elles représenteraient 42 % de la production d'électricité en 2050 contre 51 % de nucléaire.

Par hypothèse, le taux d'incorporation des biocarburants dans les carburants devrait monter en charge progressivement jusqu'à atteindre 85 % en 2050 dans le scénario de neutralité carbone correspondant aux deux puits, tandis qu'il resterait stable à 8 % dans le scénario de référence (figure 4). De même, le taux d'incorporation du biogaz atteindrait 100% de la production en 2050 dans les deux scénarios de neutralité carbone, mais resterait stable à 8 % dans le scénario de référence (figure 5).

Figure 3 : hypothèses de mix électrique dans les deux scénarios



Note : les autres énergies électriques renouvelables correspondent à la géothermie et la cogénération.

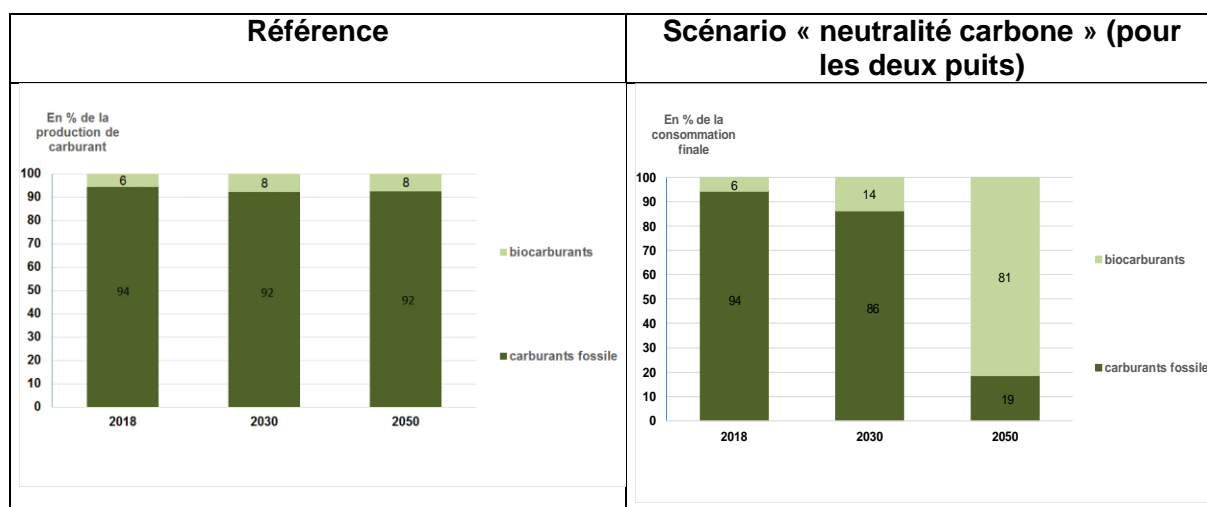
Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

<sup>1</sup> Les hypothèses de mix électrique à l'horizon 2050 sont des hypothèses ad hoc retenues pour l'exercice, la SNBC ne donnant pas de mix électrique au-delà de 2030.



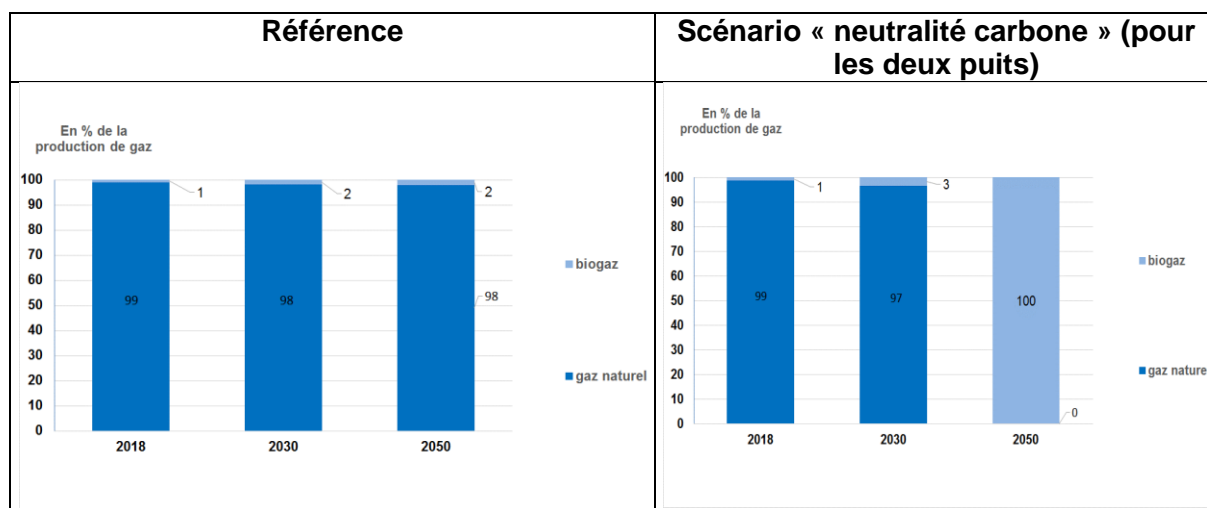
partie 1 : cadrage

Figure 4 : taux d'incorporation des biocarburants dans le scénario de référence et celui de la neutralité carbone



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

Figure 5 : taux d'incorporation du biogaz dans les deux scénarios



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## partie 1 : cadrage

---

- Les trajectoires de prix des énergies ont été fixées par le cadrage SNBC, en cohérence avec les projections de prix des énergies estimées par l'Agence internationale de l'énergie

Le prix de l'électricité, très peu affecté par la valeur du carbone compte tenu d'un mix électrique décarboné, est le même dans les deux scénarios de neutralité carbone, que dans celui de référence. Il est important de noter que les hypothèses de mix énergétique ont un effet sur les émissions, mais aussi sur le puits de carbone. Par exemple, une augmentation du taux d'incorporation des biocarburants et l'utilisation de la biomasse peuvent conduire à une réduction du couvert forestier et des prairies.

## partie 2

# Résultats quantitatifs

- Compte tenu d'un objectif plus ambitieux, la valeur de l'action pour le climat serait revue à la hausse, et atteint dans nos estimations 500 €<sub>2015</sub> la tonne de CO<sub>2</sub> en 2050 dans l'hypothèse haute de puits, contre 2 380 €<sub>2015</sub> avec la fourchette basse. Ce sont les secteurs résidentiel et services qui sont les principaux contributeurs de la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> pour le puits large à 95 MtCO<sub>2</sub>eq, c'est-à-dire les secteurs qui ont d'importants besoins de chauffage. Ensuite, pour passer du puits large au puits étroit de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, ce sont le transport et l'industrie qui doivent être mis à contribution.





## partie 2 : résultats quantitatifs

### 1. LES RESULTATS POUR LA VALEUR TUTELAIRE DU CARBONE

La cible de réduction du CO<sub>2</sub> de 88 % en 2050, qui correspond au puits de carbone étroit de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, serait atteinte selon le modèle ThreeME (voir description en annexes) avec une valeur tutélaire qui s'élèverait à 2 380 €<sub>2015</sub> la tonne de CO<sub>2</sub> en 2050 (figures 1 et 2).

Du point de vue des ménages, les baisses d'émissions sont obtenues dans le bloc « hybride » du modèle (voir annexes) grâce aux investissements de transition énergétique, avec la rénovation des logements ou l'achat de véhicules particuliers plus propres. Les entreprises, quant à elles diminuent leurs émissions en substituant du capital à l'énergie dans leur fonction de production au sein du bloc macroéconomique standard du modèle.

La fourchette basse correspondant à un puits élargi de carbone à 95 MtCO<sub>2</sub>eq se traduirait par une valeur de l'action pour le climat beaucoup plus faible à 500 €<sub>2015</sub> la tonne de CO<sub>2</sub> en 2050. Au regard des hypothèses de coûts et de mix énergétiques, la cible basse (- 84 %) apparaît ainsi plus facilement atteignable.

L'écart entre les deux scénarios est important : il s'explique par un coût marginal de réduction des émissions, appelé coût marginal d'abattement, devenu, dans le modèle, extrêmement important pour passer du puits large au puits étroit. La forme de la trajectoire obtenue, avec une croissance plus importante en fin de période, est due au cadrage énergétique de l'exercice, avec un même point d'ancrage obligé pour les deux scénarios en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2030. Le niveau de ce point de passage n'est pas neutre sur la valeur du carbone à l'horizon de la simulation. En effet, la valeur du carbone agissant avec retard sur les émissions, un point d'ancrage plus élevé dès 2030 permet de réduire la valeur du carbone en 2050 pour atteindre le même niveau d'émissions.

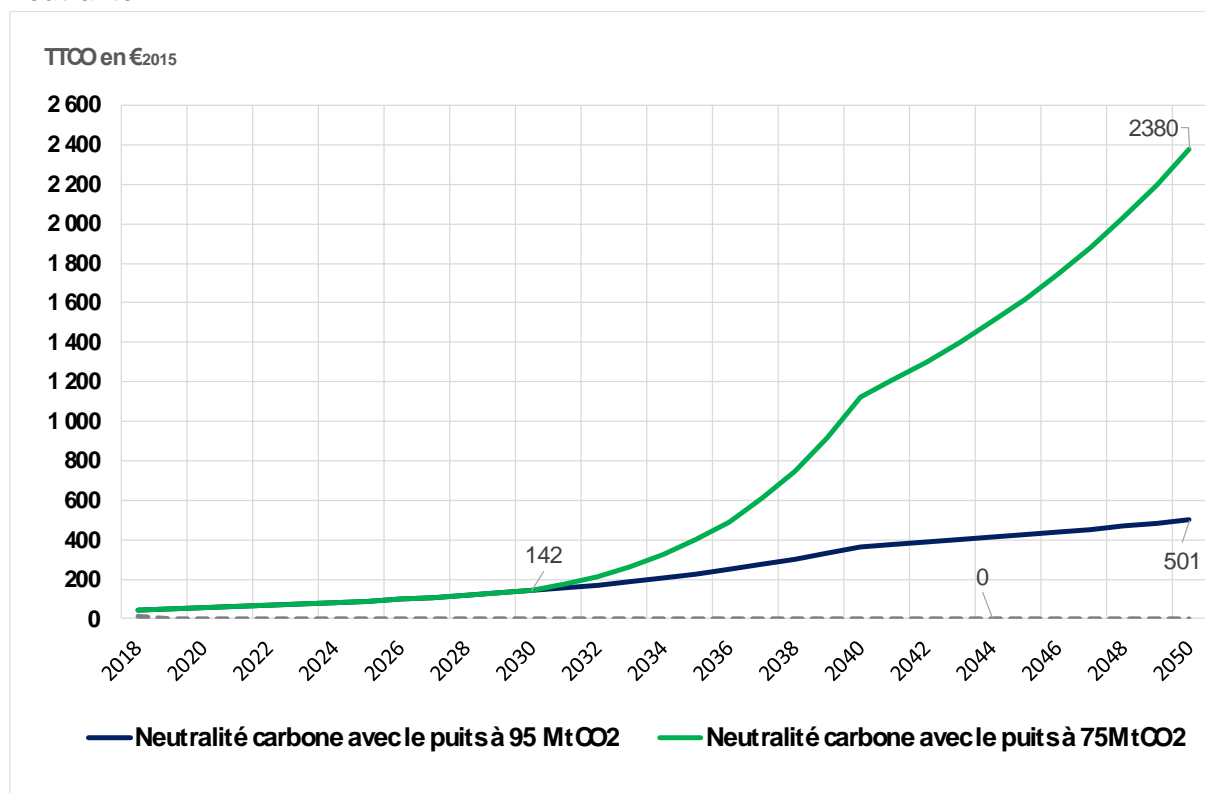
**Figure 1 : valeurs tutélaires du CO<sub>2</sub> correspondant à l'objectif de neutralité**

Valeur tutélaire en € <sub>2015</sub> par tonne de CO <sub>2</sub>	2030	2050
Fourchette haute avec puits à 75 MtCO <sub>2</sub> eq (- 88 %)	140 €	2 380 €
Fourchette basse avec puits à 95 MtCO <sub>2</sub> eq (- 84 %)	140 €	500 €

**Source** : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## partie 2 : résultats quantitatifs

Figure 2 : les sentiers des valeurs tutélaires du carbone correspondant à l'objectif de neutralité



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

La valeur de l'action pour le climat retenue finalement par la commission Quinet est celle associée au puits de 95 MtCO<sub>2</sub>eq. Elle s'élève 775 €<sub>2018</sub> en 2050 avec un point d'ancrage à 250 €<sub>2018</sub> en 2030. Ce niveau de valeur tutélaire légèrement supérieur à celui obtenu avec ThreeME a été choisi en prenant en compte les résultats des différents modèles (figure 3).

Figure 3 : valeurs du carbone définies par les modèles

		Valeur tutélaire du carbone pour des puits compris entre 75 MtCO <sub>2</sub> e (en orange) et 95 MtCO <sub>2</sub> e (en bleu) (€ <sub>2016</sub> /tCO <sub>2</sub> e)									
		2030		2035		2040		2045		2050	
Technico-économiques	TIMES	322	288	293	285	375	465	661	1 054	1 365	2 451
	POLES	253	351	384	547	575	845	907	1 400	1958	3 513
Macro-économiques sectoriels	IMACLIM*	168	168	168	168	168	168	440	489	1 453	3 132
	IMACLIM (myope)**	228	--	288	--	537	--	1 337	--	3 328	--
	ThreeME	143	143	226	402	363	1 128	428	1 626	511	2 389
	NEMESIS	185	185	360	393	655	784	1 358	1934	--	--
	Moyenne	221		319		551		1 058		2 233	
	Minimum-maximum	143	351	168	547	168	1 128	428	1 934	511	3 513

\* Modèle ayant tourné sans hypothèse d'anticipation parfaite sur la VTC pour des valeurs pour des puits de 95 MtCO<sub>2</sub>e

\*\* Modèle ayant tourné avec une hypothèse d'anticipation parfaite sur la VTC pour des valeurs pour des puits compris entre 85 MtCO<sub>2</sub>e et 95 MtCO<sub>2</sub>e.

Note : pour chaque date, la colonne de gauche correspond à l'hypothèse de puits la plus favorable (95 MtCO<sub>2</sub>e) et la colonne de droite à l'hypothèse de puits la moins favorable (75MtCO<sub>2</sub>e)<sup>2</sup>

La moyenne des résultats des modèles est à considérer avec précaution au vu des différences structurelles de fonctionnement de ces modèles.

Source : Rapport Quinet 2019

Ces résultats ne sont absolument pas comparables aux estimations du premier rapport Quinet de 2008, dont la cible d'émission, le facteur 4, était nettement moins ambitieuse. Ils ne sont pas non plus directement comparables à ceux publiés par l'Ademe en 2014, qui reposaient sur un jeu d'hypothèses très différent notamment en termes de coût de l'énergie et de prix du pétrole, nettement révisés à la baisse par l'AIE depuis lors.

## 2. LES RESULTATS EN TERMES D'EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> PAR SECTEUR

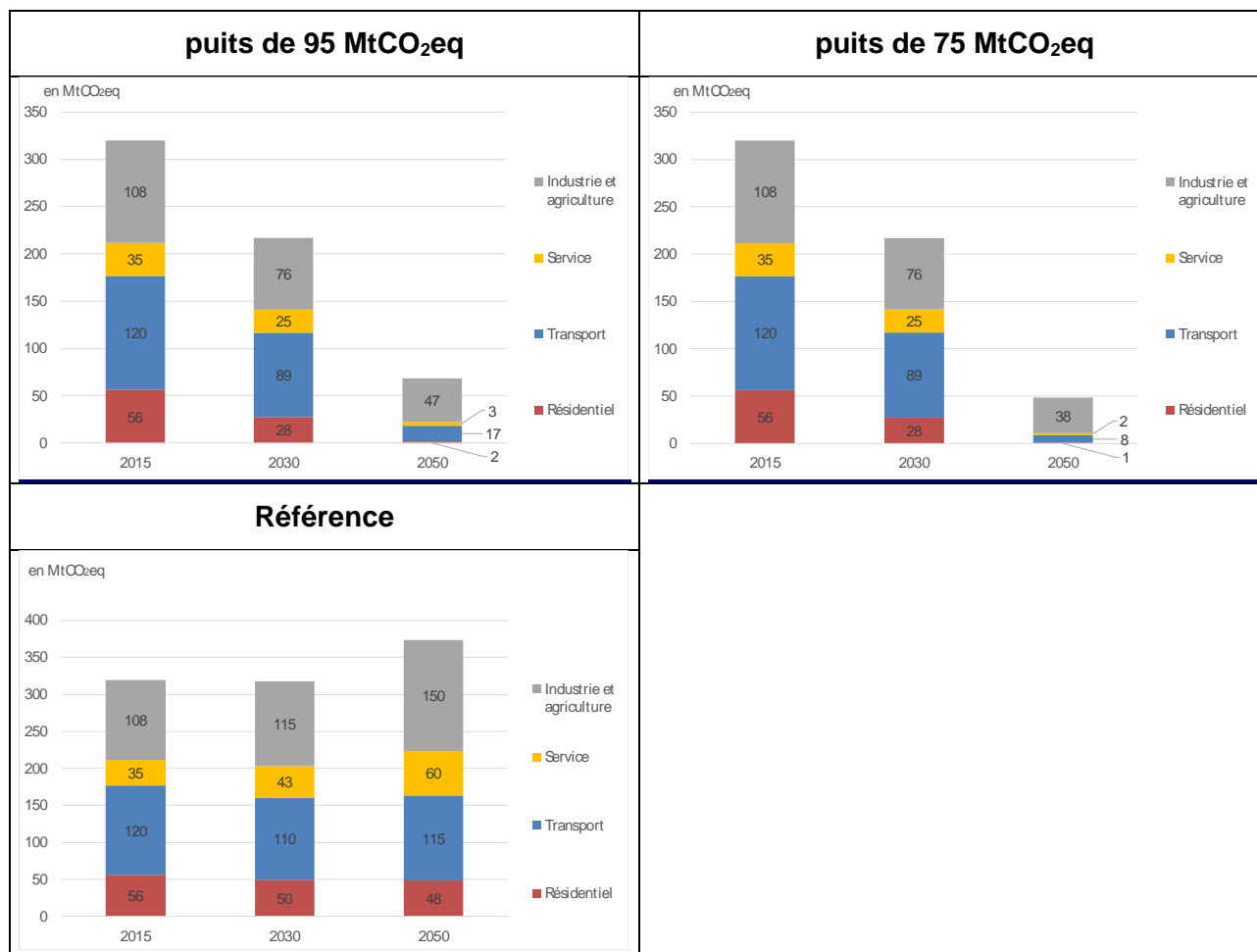
Du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>, ce sont les secteurs résidentiels et les services qui sont les principaux contributeurs à la baisse, avec une chute de plus de 90 % des émissions par rapport au niveau de 2015 (figure 4), c'est-à-dire les secteurs où les besoins de chauffage sont importants. Ensuite, pour passer du puits large au puits étroit, ce sont le transport et l'industrie qui sont mis à contribution. L'industrie a du mal à baisser davantage ses émissions, en raison des consommations incompressibles de combustibles dits à « double usage » qui sont incorporés dans le bien, comme le charbon pour l'acier ou le pétrole pour le plastique. La fabrication des produits minéraux non métalliques implique nécessairement des émissions de CO<sub>2</sub>, indépendamment du mode de cuisson choisi en provoquant la décarbonation des matières premières utilisées (ciment, chaux, plâtre, céramique, verre). Ces émissions sont également incompressibles, à moins de réduire l'activité de ces secteurs.





## partie 2 : résultats quantitatifs

Figure 4 : évolutions des émissions de CO<sub>2</sub> par secteur



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

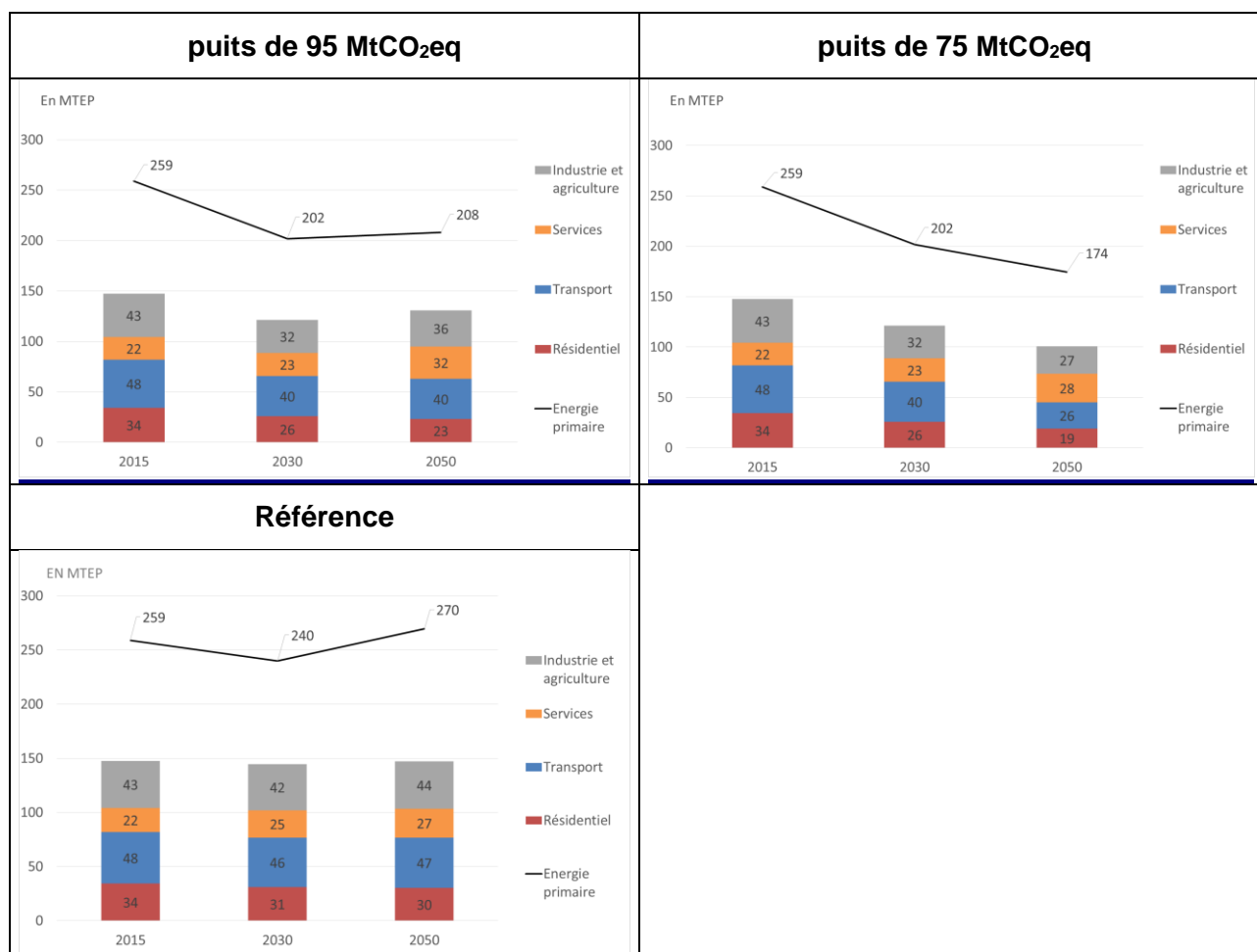
### 3. LES RÉSULTATS EN MATIÈRE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR SECTEUR

Dans le cas du puits le plus large, la neutralité est obtenue avec une baisse sensible des consommations primaires d'énergie, qui prennent en compte les consommations propres du secteur énergétique, mais excluent les consommations du secteur industriel à usage non énergétique. Le puits large de 95 MtCO<sub>2</sub>eq nécessiterait un effort de sobriété, avec une baisse de la consommation primaire d'énergie d'un cinquième en 2050 par rapport à aujourd'hui, principalement (figure 5), tandis que le puits étroit supposerait une baisse d'un tiers, principalement dans les secteurs résidentiels et le transport dont la consommation baisserait de moitié.



partie 2 : résultats quantitatifs

Figure 5 : évolutions des consommations finales d'énergie par secteur et du total des consommations d'énergie primaire\* en Mtep



Note : Les consommations primaires d'énergie sont les consommations totales d'énergie à usage énergétique, incluant les consommations propres et pertes du secteur énergétique et excluant les consommations du secteur industriel à usage non énergétique.

Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## partie 2 : résultats quantitatifs

### 4. LES RÉSULTATS EN MATIÈRE DE CONSOMMATION, D'ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> ET DE VECTEUR ÉNERGETIQUE, PAR SECTEUR

Pour chaque secteur, le niveau des consommations finales d'énergies (hors consommations propres du secteur énergétique mais avec les consommations industrielles de combustibles à usage non énergétique) n'est pas proportionnel au niveau des émissions (*figures 6a, 6b et 6c*). En effet, avec la pénétration des énergies renouvelables, biocarburants et biogaz précisées plus haut dans le cadrage SNBC, le niveau des émissions de CO<sub>2</sub> est de plus en plus découplé du niveau des consommations d'énergie.

**Figure 6a : évolutions des consommations finales d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> (puits de carbone à 95 MtCO<sub>2</sub>eq)**

Consommation d'énergie en Mtep

2015					
	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>48</b>
Personal vehicles	0	24	0	0	24
Public and freight transport	0	22	1	0	23
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>34</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>22</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>47</b>
Industry	4	15	10	12	40
Industry non energetic uses	1	2	0	2	4
Agriculture	0	2	0	0	3
<b>Total Final Mtep</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>152</b>

2030					
	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>40</b>
Personal vehicles	0	21	0	0	21
Public and freight transport	0	17	1	0	18
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>26</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>23</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>36</b>
Industry	2	10	9	8	30
Industry non energetic uses	0	1	0	1	3
Agriculture	0	2	0	0	2
<b>Total Final Mtep</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>124</b>

2050					
	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>40</b>
Personal vehicles	0	14	2	0	15.8
Public and freight transport	0	22	2	0	24
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>23</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>32</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>40</b>
Industry	1	11	9	11	32
Industry non energetic uses	0	2	0	2	5
Agriculture	0	3	0	0	3
<b>Total Final Mtep</b>	<b>1</b>	<b>62</b>	<b>42</b>	<b>30</b>	<b>135</b>

Émissions en MtCO<sub>2</sub>eq

2015						
	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>119</b>	<b>0</b>	<b>0.8</b>	<b>0</b>	<b>120</b>
Personal vehicles	0	74	0	0	0	74
Public and freight transport	0	45	0	0.8	0	47
<b>Residential</b>	<b>1</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<b>Service</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>108</b>
Industry	20	32	5	30	12	99
Agriculture	0	8	0	1	0	9
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub>eq</b>	<b>24</b>	<b>190</b>	<b>18</b>	<b>76</b>	<b>12</b>	<b>320</b>

2030						
	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>89</b>
Personal vehicles	0	58	0	0	0	58
Public and freight transport	0	30	1	0.5	0	31
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>28</b>
<b>Service</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>76</b>
Industry	11	22	4	14	17	69
Agriculture	0	6	0	0	0	6
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub>eq</b>	<b>13</b>	<b>136</b>	<b>17</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>217</b>

2050						
	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>
Personal vehicles	0	8	0	0	0	9
Public and freight transport	0	8	0	0.0	0	8
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>47</b>
Industry	6	11	0	5	23	45
Agriculture	0	2	0	0	0	2
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub>eq</b>	<b>7</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>69</b>

*Note : les consommations finales d'énergie excluent les consommations propres du secteur énergétique, mais incluent les consommations industrielles de combustibles à usage non énergétique utilisés lors du processus industriel, comme le charbon dans la fabrication d'acier ou le pétrole dans la fabrication de plastique, dont les émissions de CO<sub>2</sub> sont prises en compte. La*

## partie 2 : résultats quantitatifs

colonne « décarb. » (décarbonation) correspond aux émissions de CO<sub>2</sub> générées par la fabrication de produits minéraux comme le ciment, la céramique ou le verre.

**Source** : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

**Figure 6b : évolutions des consommations finales d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> (puits de carbone à 75 MtCO<sub>2</sub>)**

### Consommation d'énergie en Mtep

2015	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	0	46	1	0	48
Personal vehicles	0	24	0	0	24
Public and freight transpo	0	22	1	0	23
<b>Residential</b>	0	6	13	14	34
<b>Service</b>	0	5	12	6	22
<b>Industry and agriculture</b>	5	18	11	13	47
Industry	4	15	10	12	40
Industry non energetic use	1	2	0	2	4
Agriculture	0	2	0	0	3
<b>Total Final Mtep</b>	5	76	37	34	152

2030	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	0	38	2	0	40
Personal vehicles	0	21	0	0	21
Public and freight transpo	0	17	1	0	18
<b>Residential</b>	0	4	13	9	26
<b>Service</b>	0	5	13	6	23
<b>Industry and agriculture</b>	3	13	10	10	36
Industry	2	10	9	8	30
Industry non energetic use	0	1	0	1	3
Agriculture	0	2	0	0	2
<b>Total Final Mtep</b>	3	60	37	25	124

2050	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	0	21	4	0	26
Personal vehicles	0	9	3	0	12.0
Public and freight transpo	0	12	2	0	14
<b>Residential</b>	0	1	12	6	19
<b>Service</b>	0	6	15	8	28
<b>Industry and agriculture</b>	0	10	9	12	31
Industry	0	7	8	10	25
Industry non energetic use	0	2	0	2	4
Agriculture	0	1	0	0	2
<b>Total Final Mtep</b>	0	38	40	26	105

### Emissions en MtCO<sub>2</sub>eq

2015	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	0	119	0	0.8	0	120
Personal vehicles	0	74	0	0	0	74
Public and freight transport	0	45	0	0.8	0	47
<b>Residential</b>	1	19	7	30	0	56
<b>Service</b>	4	11	6	14	0	35
<b>Industry and agriculture</b>	20	40	5	31	12	108
Industry	20	32	5	30	12	99
Agriculture	0	8	0	1	0	9
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub>eq</b>	24	190	18	76	12	320

2030	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	0	88	1	0.5	0	89
Personal vehicles	0	58	0	0	0	58
Public and freight transport	0	30	1	0.5	0	31
<b>Residential</b>	0	10	6	11	0	28
<b>Service</b>	1	10	6	8	0	25
<b>Industry and agriculture</b>	11	28	4	15	17	76
Industry	11	22	4	14	17	69
Agriculture	0	6	0	0	0	6
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub>eq</b>	13	136	17	35	17	217

2050	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	0	8	0	0.0	0	8
Personal vehicles	0	5	0	0	0	5
Public and freight transport	0	3	0	0.0	0	3
<b>Residential</b>	0	1	0	0	0	1
<b>Service</b>	0	2	0	0	0	2
<b>Industry and agriculture</b>	1	10	0	5	22	38
Industry	1	9	0	5	22	37
Agriculture	0	1	0	0	0	1
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub>eq</b>	2	20	0	5	22	49

**Source** : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## partie 2 : résultats quantitatifs

**Figure 6c : évolutions des consommations finales d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> (scénario de référence)**

### Consommation d'énergie en Mtep

2015	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>48</b>
Personal vehicles	0	24	0	0	24
Public and freight transpo	0	22	1	0	23
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>34</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>22</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>47</b>
Industry	4	15	10	12	40
Industry non energetic use	1	2	0	2	4
Agriculture	0	2	0	0	3
<b>Total Final Mtep</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>152</b>

2030	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>46</b>
Personal vehicles	0	22	0	0	22
Public and freight transpo	0	22	1	0	24
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>31</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>25</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>46</b>
Industry	5	14	10	11	40
Industry non energetic use	1	1	0	1	4
Agriculture	0	2	0	0	3
<b>Total Final Mtep</b>	<b>6</b>	<b>72</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>148</b>

2050	coal	oil	elec	gas	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>47</b>
Personal vehicles	0	21	0	0	21
Public and freight transpo	0	24	1	0	25
<b>Residential</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>30</b>
<b>Service</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>27</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>48</b>
Industry	5	14	10	11	41
Industry non energetic use	1	2	0	1	4
Agriculture	0	2	0	0	3
<b>Total Final Mtep</b>	<b>6</b>	<b>73</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>151</b>

### Émissions en MtCO<sub>2</sub>eq

2015	coal	oil	elec	gas	biogas	biomass	decarb	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>119</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>120</b>
Personal vehicles	0	74	0	0	0	0	0	74
Public and freight transp	0	45	0	1	0	0	0	47
<b>Residential</b>	<b>1</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<b>Service</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>
Industry	20	32	5	30	12	0	0	99
Agriculture	0	8	0	1	0	0	0	9
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub> eq</b>	<b>24</b>	<b>189</b>	<b>18</b>	<b>76</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>320</b>

2030	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>108</b>	<b>2</b>	<b>0.9</b>	<b>0</b>	<b>110</b>
Personal vehicles	0	65	0	0.0	0	65
Public and freight transp	0	43	1	0.9	0	45
<b>Residential</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Service</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>43</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>115</b>
Industry	25	31	10	24	17	106
Agriculture	0	8	0	1	0	9
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub> eq</b>	<b>31</b>	<b>171</b>	<b>38</b>	<b>61</b>	<b>17</b>	<b>318</b>

2050	coal	oil	elec	gas	decarb	Total
<b>Transport</b>	<b>0</b>	<b>110</b>	<b>3</b>	<b>1.1</b>	<b>0</b>	<b>115</b>
Personal vehicles	0	50	1	0	0	52
Public and freight transp	0	61	2	1	0	63
<b>Residential</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>48</b>
<b>Service</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>60</b>
<b>Industry and agriculture</b>	<b>37</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>150</b>
Industry	37	38	11	29	22	137
Agriculture	0	12	0	1	0	13
<b>Total Final MtCO<sub>2</sub> eq</b>	<b>47</b>	<b>191</b>	<b>46</b>	<b>67.5</b>	<b>22</b>	<b>373</b>

**Source** : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## 5. LES RÉSULTATS EN MATIÈRE DE DEMANDE DE TRANSPORT ET DE LOGEMENT

Les ménages réagissent au prix des énergies (incluant le prix « fictif » du CO<sub>2</sub>) de plusieurs façons, d'abord avec un effet sobriété en réduisant leurs consommations et leurs déplacements, mais aussi en modifiant leur mode de transport, notamment en achetant des véhicules moins émetteurs, et en rénovant leurs logements. L'effet sobriété serait peu marqué pour le scénario au puits large. En effet, en 2050, la demande en déplacement est réduite de 7 milliards voy/km pour le puits à

## partie 2 : résultats quantitatifs

95 MtCO<sub>2</sub>eq par rapport au scénario de référence, soit une baisse de 0,3 % (figure 7). Avec le puits étroit de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, la baisse de demande en déplacement totaliserait 79 milliards voy/km par rapport à la référence, soit une baisse un peu plus sensible de 3,4 %, essentiellement liée aux déplacements en voiture particulière et en avion. Le bus ne bénéficierait pas du report modal, car le prix de carburant renchérirait son coût.

Figure 7 : impact sur la demande de transport

puits de 95 MtCO <sub>2</sub> eq				puits de 75 MtCO <sub>2</sub> eq			
Demande de transport (en milliers de km voyageurs en écart au scénario de référence)				Demande de transport (en milliers de km voyageurs en écart au scénario de référence)			
	2018	2030	2050		2018	2030	2050
Total	-2 345	-13 831	-7 460	Total	-2 345	-13 831	-79 105
Avion (France + Reste du monde)	327	3 642	7 485	Avion (France + Reste du monde)	327	3 642	-12 739
Longue distance (LD)	-836	-5 843	-5 224	Longue distance (LD)	-836	-5 843	-22 533
Voiture LD	-1 031	-6 650	-5 564	Voiture LD	-1 031	-6 650	-23 280
Train	199	817	363	Train	199	817	857
Courte distance (CD)	-1 837	-11 630	-9 721	Courte distance (CD)	-1 837	-11 630	-43 832
voiture CD	-1 784	-11 217	-9 106	voiture CD	-1 784	-11 217	-41 346
Bus	-52	-411	-613	Bus	-52	-411	-2 479
voiture CD+LD	-2 815	-17 868	-14 669	voiture CD+LD	-2 815	-17 868	-64 627

Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

Le parc de véhicules particuliers nécessaire pour satisfaire la demande serait réduit de 400 000 avec le puits large (- 1 %) - (figure 8) et de 1 700 000 avec le puits étroit (- 4 %), par rapport au scénario sans valeur tutélaire. En outre, la hausse de la valeur tutélaire induit un changement de vecteur énergétique du parc de véhicules au profit de l'électricité. Les véhicules électriques représenteraient 90 % des achats de véhicules en 2050 avec le puits étroit, 63 % avec le puits large, contre 50 % dans le scénario de référence. *In fine*, 58 % du parc de véhicules serait électrique en 2050 avec le puits étroit, 40 % avec le puits large, contre 31 % dans le scénario de référence (figure 9).

Figure 8 : la demande de voitures particulières

puits de 95 MtCO <sub>2</sub> eq				puits de 75 MtCO <sub>2</sub> eq			
	2018	2030	2050		2018	2030	2050
Parc (en milliers)	30 465	32 809	39 507	Parc (en milliers)	30 465	32 809	38 132
Flux (en milliers)	2 472	2 761	3 518	Flux (en milliers)	2 472	2 761	3 654
Dont électriques (%)	1.9%	13.1%	63.0%	Dont électriques (%)	1.9%	13.1%	89.9%
thermiques	98.1%	86.9%	37.0%	thermiques	98.1%	86.9%	10.1%
dont faiblement émettrices	24.1%	27.9%	15.0%	dont faiblement émettrices	24.1%	27.9%	4.6%
modérément émettrices	69.3%	56.1%	21.0%	modérément émettrices	69.3%	65.3%	5.3%
fortement émettrices	4.7%	2.9%	1.0%	fortement émettrices	4.7%	2.9%	0.3%
Référence							
	2018	2030	2050		2018	2030	2050
Parc (en milliers)	30 547	33 326	39 871				
Flux (en milliers)	2 529	2 835	3 434				
Dont électriques (%)	1.9%	11.9%	50.1%				
thermiques	98.1%	88.1%	49.9%				
dont faiblement émettrices	23.9%	25.2%	18.5%				
modérément émettrices	69.5%	59.4%	29.9%				
fortement émettrices	4.7%	3.5%	1.4%				

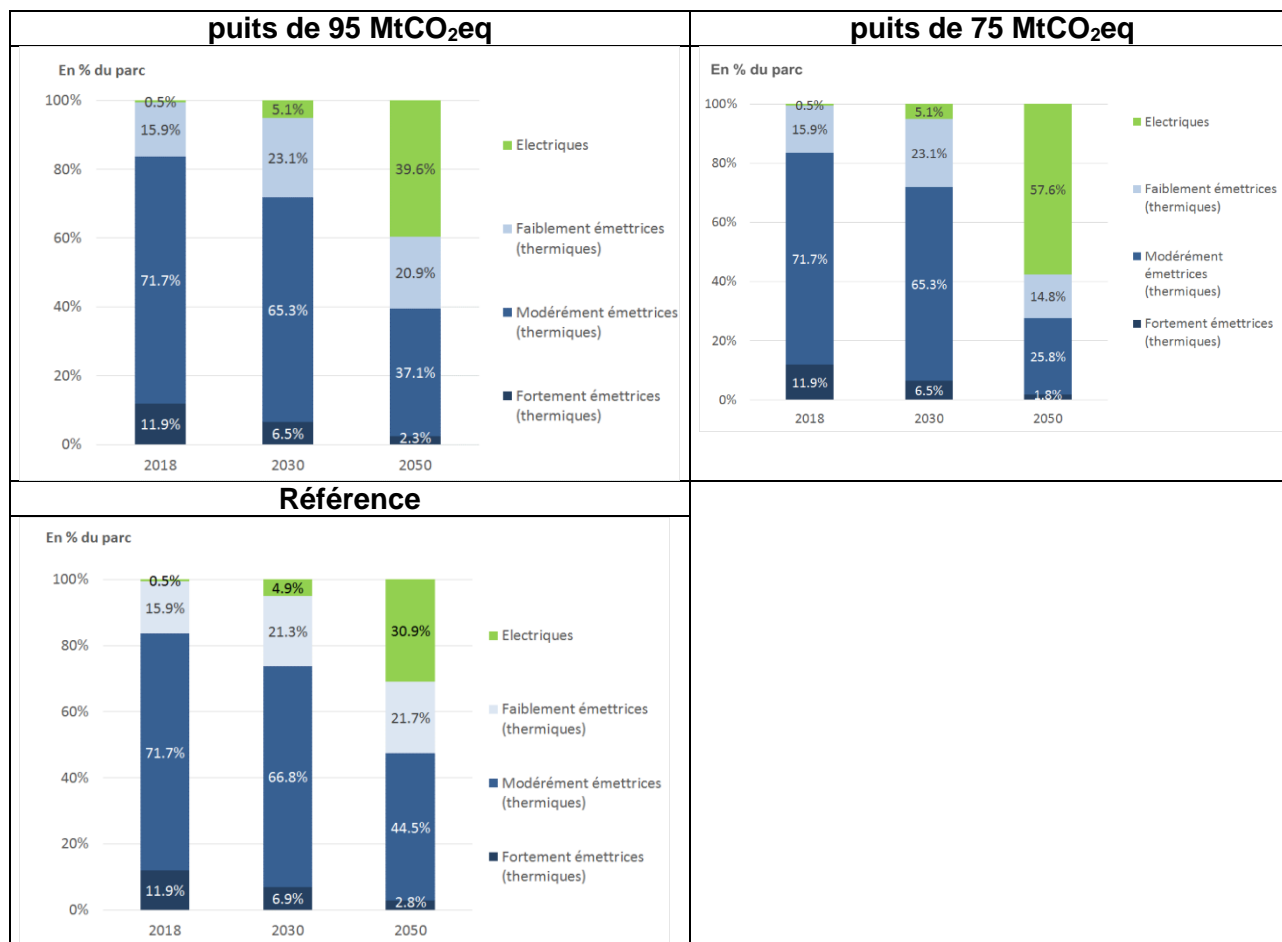
Note : les automobiles « faiblement émettrices » sont celles appartenant aux classes d'émissions A et B (inférieur à 120 g/km), celles « modérément émettrices » regroupent les classes B, C et D (121 à 200 g/km) et les voitures « fortement émettrices » désignent les classes E et G (plus de 201 g/km).

Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)



partie 2 : résultats quantitatifs

Figure 9 : le parc automobile



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

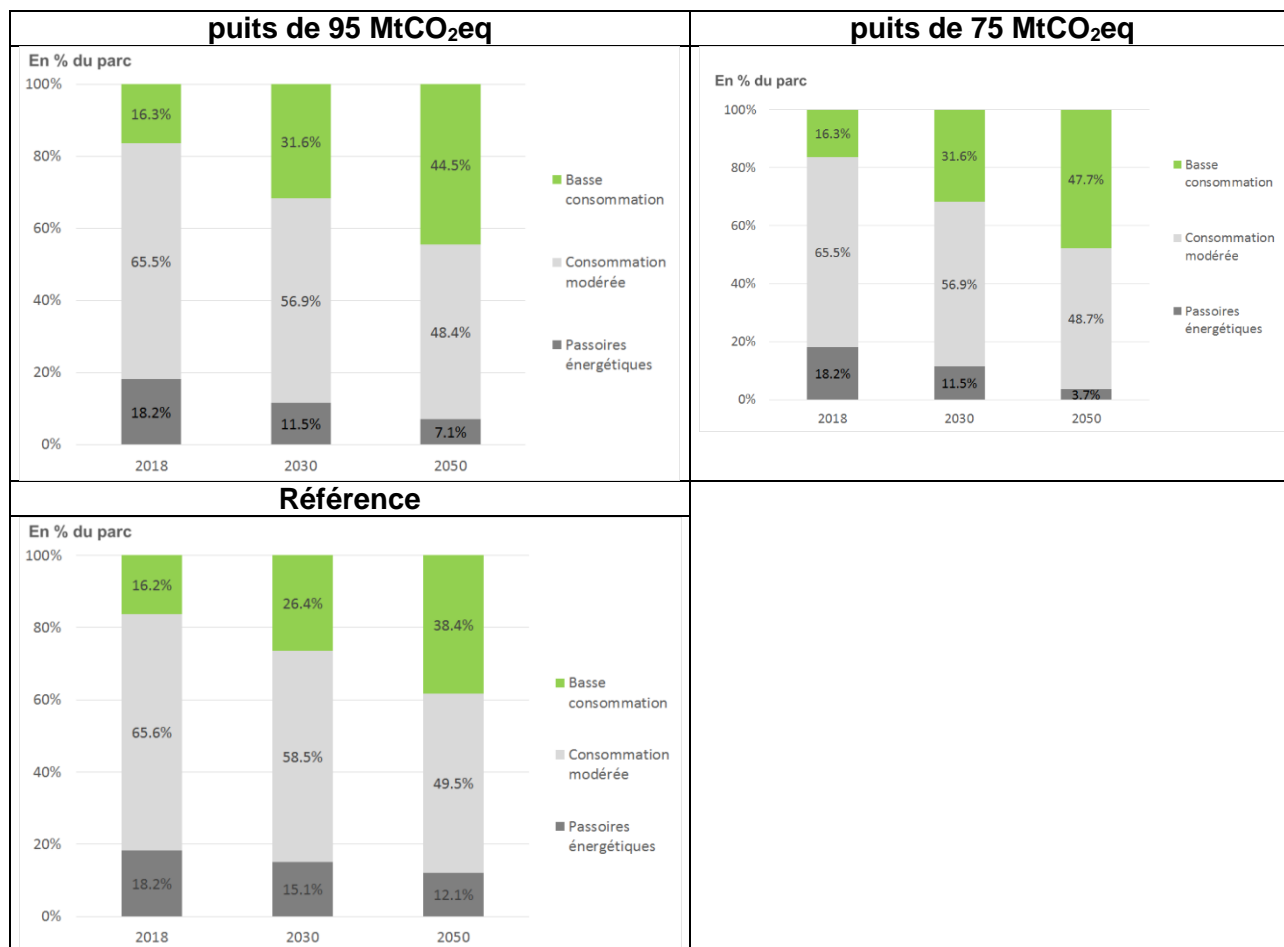
De même, la rénovation des logements porterait la part des logements basse consommation, soit de norme « BBC », c'est-à-dire de classe d'efficacité énergétique A ou B à près de la moitié du parc (48 % avec le puits étroit et 45 % avec le puits large) – (figure 10), contre 38 % dans le scénario de référence. À l'inverse, les passoires thermiques du parc immobilier, correspondant aux classes F et G, seraient marginalisées au sein du parc (4 % avec le puits étroit et 7 % avec le puits large, contre encore 12 % dans le scénario de référence),





## partie 2 : résultats quantitatifs

Figure 10 : le parc de logements



Note : les logements « basse consommation » sont ceux appartenant aux classes énergétiques A et B (inférieure à 90 kWh énergie finale/m<sup>2</sup>.an), ceux labélisés « consommation modérée » regroupent les classes B, C et D (91 à 330 kWh énergie finale/m<sup>2</sup>.an) et les « passoires énergétiques » désignent les classes E et G (plus de 331 kWh énergie finale/m<sup>2</sup>.an).

Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)



**partie 2 : résultats quantitatifs**



### partie 3

# Impact macroéconomique

- Quel que soit le puits retenu, la prise en compte de la valeur de l'action pour le climat ne générerait ni récession, ni double dividende significatifs selon le modèle. À court terme, son effet serait plutôt positif sur le PIB, mais à plus long terme, l'effet sur la croissance et l'emploi serait faible, de l'ordre de 0,4 % avec 170 000 emplois supplémentaires créés avec le puits large de MtCO<sub>2</sub>eq par rapport au nombre d'emplois qui serait atteint dans le scénario sans valeur tutélaire, c'est-à-dire sans effort collectif supplémentaire pour lutter contre le changement climatique. Au contraire, avec l'hypothèse basse de puits de carbone à 75 MtCO<sub>2</sub>eq, le PIB serait inférieur de 0,6 % au niveau du scénario de référence, avec une perte de 190 000 emplois.



### 1. NI EFFET RECESSIF SUR LA CROISSANCE, NI « DOUBLE DIVIDENDE »

Pour les deux hypothèses de puits, l'impact macroéconomique serait relativement limité, avec un faible gain de 0,4 % de PIB en 2050 avec le puits large et une faible perte de - 0,6 % de PIB avec le puits étroit, par rapport au scénario sans valeur tutélaire (*figures 1, 2a et 2b*). Cela signifie d'une part que la transition énergétique impulsée par le seul signal prix du carbone reversé intégralement aux agents ne générerait pas vraiment de « double dividende », à la fois écologique et économique, d'autre part qu'elle ne pèserait pas non plus sur la croissance ni sur l'emploi au niveau macroéconomique. En effet, les contraintes qu'elle fait peser sur l'économie seraient largement compensées par les effets multiplicateurs des investissements, amplifiés par les baisses de factures énergétiques des agents, et la disparition de la dépendance énergétique de l'économie nationale.

L'effet net diffère légèrement dans les deux scénarios à plus long terme au-delà de 2040. L'écart de résultat entre les deux scénarios provient de la nécessité de réaliser des investissements dont la rentabilité décroît au fur et à mesure que le gisement s'épuise. Avec un puits de carbone à 95 MtCO<sub>2</sub>eq, l'effet macroéconomique serait légèrement positif, le PIB serait supérieur de 0,4 % par rapport au niveau qu'il aurait atteint en 2050 dans le scénario sans valeur tutélaire, ce qui se traduirait par la création de 166 000 emplois sur 35 ans, et une baisse du taux de chômage de 0,4 point par rapport à son niveau dans le scénario de référence. Parallèlement, les échanges extérieurs atténueraient les gains de PIB en raison d'une fuite par les importations et une dégradation de la compétitivité externe.

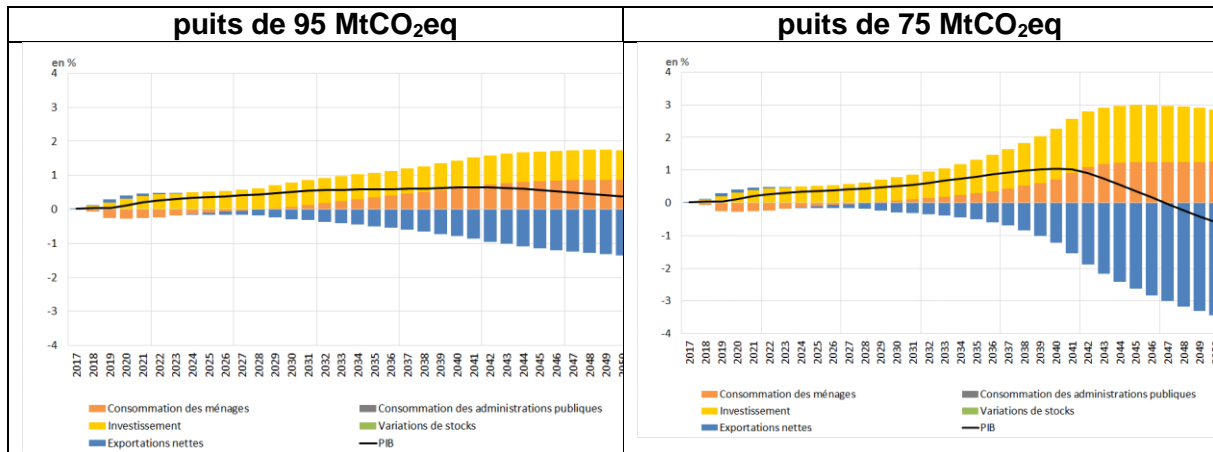
Au contraire, dans la variante avec un puits de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, le PIB serait inférieur de 0,6 % au niveau du scénario de référence, avec une perte de 191 000 emplois et une hausse du chômage de 0,5 point. Dans ce scénario, les pertes de compétitivité externe et la chute des exportations nettes l'emporteraient à terme sur le stimulus domestique.

Dans les deux variantes, les effets sur la croissance sont dégradés par les hypothèses retenues de comportement du reste du monde supposé « non coopératif ». À l'inverse, les effets sur la croissance ne prennent pas en compte les conséquences négatives du changement climatique. En effet, il est supposé ici que le reste du monde ne prend aucune mesure pour réduire ses émissions de CO<sub>2</sub>. Cette hypothèse pénalise la compétitivité française et accentue le déficit de la balance commerciale. Par ailleurs il peut être souligné que le coût des dommages climatiques n'est pas pris en compte dans le scénario de référence.

Il est important de rappeler ici que l'évaluation de l'impact macroéconomique correspondant aux deux simulations doit être interprétée avec la plus grande précaution, car la cible de neutralité carbone est très ambitieuse. Elle mobilise le modèle au-delà de sa zone de confiance en ne prenant pas en compte tous les bouleversements industriels qui seraient générés par la transition énergétique, ni tous les sauts technologiques potentiels.

partie 3 : impact macroéconomique

Figure 1 : évolution du PIB en écart au scénario de référence



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

Figure 2a : évolution du PIB avec l'hypothèse de puits de 95 MtCO<sub>2</sub>eq, en écart au scénario de référence

Choc macroéconomique	Ecart relatif neutralité carbone / référence en %	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050
<b>PIB</b>	PIB	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4
<b>Ecart relatif en %</b>	VA du secteur marchand	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.5
<b>Composantes :</b>	Consommation des ménages	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	0.8	0.9
<b>Contribution à l'écart de PIB (volume)</b>	dont consommation automobile	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4
	Consommation des administrations publiques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Investissement	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9
	dont entreprises	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.9	0.9
	ménages	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
	investissement public	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Variations de stocks	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Exportations nettes	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4
<b>Variations des composantes</b>	Consommation des ménages	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.6	1.1	1.4	1.5
<b>Ecart relatif en % (volume)</b>	dont consommation automobile	-2.1	-5.9	-5.0	-4.4	-4.0	-3.7	-3.6	-3.5	-3.4	-3.3	-3.1	-2.9	-2.6	-2.2	3.1	9.1	12.3
	Consommation des administrations publiques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Investissement	0.5	1.0	1.5	2.0	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	3.6	4.1	4.5	4.6
	dont entreprises	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	4.6	6.0	7.0	7.3
	ménages	1.5	3.2	5.1	6.4	6.8	6.7	6.6	6.4	6.2	6.1	6.1	6.1	6.1	2.9	1.0	-0.2	-0.8
	investissement public	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2
	Exportations	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0	-1.2	-1.9	-2.7	-3.6	-4.3
	Importations	-0.2	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.4	0.5
<b>Ménages</b>	Revenu disponible réel des ménages en %	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	1.0	1.0	0.9
<b>Ecart relatif en %</b>	Revenu disponible réel des ménages en Mds€2015	0	-2	-1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	16	20	22	21
	Revenu disponible réel par tête	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.3
	Taux d'épargne	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.3	-0.5
<b>Prix</b>	Prix à la consommation des ménages	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.8	3.9	4.7	5.2
<b>Ecart relatif en %</b>	Prix à la production marchande	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	2.4	3.5	4.7	5.7
	Prix des exportations	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	2.5	3.6	4.8	5.8
	Prix des importations	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.7	1.2	2.0	2.7
<b>Travail</b>	Salaire net réel (hors cotisations employeurs et employés, unitaire)	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	0.2	0.6
<b>Ecart relatif en %</b>	Coût réel du travail (yc. Cotisations employeurs et employés, unitaire)	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3
	Emploi en %	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
	Emploi en millier	7	8	16	30	44	55	66	72	79	85	92	99	106	120	132	145	166
	Taux de chômage (en point)	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4
<b>Solides</b>	Balance commerciale (X-M)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	-0.2	-0.4
<b>en % de PIB</b>	Facture énergétique (M-X)	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1
<b>(en valeur)</b>	Solde public primaire	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1
	Solde public	0.1	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5
	Dettes publiques	-0.5	-0.4	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	4.2	5.8	7.5	8.5

Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## partie 3 : impact macroéconomique

**Figure 2b : Evolution du PIB avec l'hypothèse de puits de 75 MtCO<sub>2</sub>eq, en écart au scénario de référence**

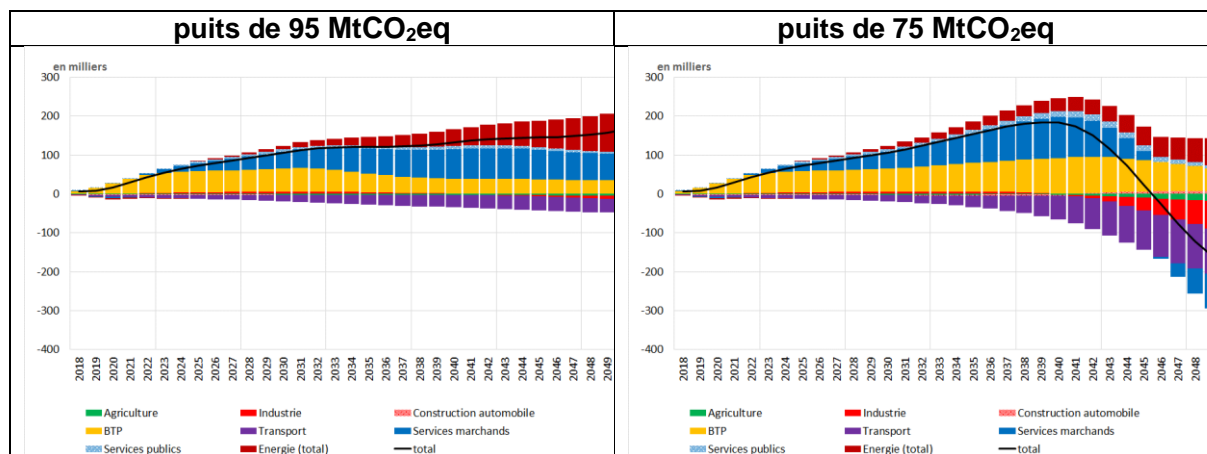
Choix macro	Ecart relatif neutralité carbone / référence en %	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050
<b>PIB</b>	<b>PIB</b>	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.8	1.0	0.4	0.6
<b>Ecart relatif en %</b>	<b>VA du secteur marchand</b>	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	1.0	1.2	0.2	-0.9
<b>Composantes:</b>	<b>Consommation des ménages</b>	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.7	1.3	1.3
<b>Contribution à l'écart de PIB (volume)</b>	<i>dont consommation automobile</i>	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	1.0	1.4
	<b>Consommation des administrations publiques</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>Investissement</b>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	1.0	1.6	1.7	1.6
	<i>dont entreprises</i>	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.7	1.2	1.6	1.6
	<i>ménages</i>	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0
	<i>investissement public</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>Variations de stocks</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>Exportations nettes</b>	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-1.2	-2.6	-3.4
<b>Variations des composantes</b>	<b>Consommation des ménages</b>	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.5	1.2	2.2	2.2
<b>Ecart relatif en % (volume)</b>	<i>dont consommation automobile</i>	-2.1	-5.9	-5.0	-4.4	-4.0	-3.7	-3.6	-3.5	-3.4	-3.3	-3.1	-2.9	-2.6	-4.5	0.0	27.8	38.3
	<b>Consommation des administrations publiques</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>Investissement</b>	0.5	1.0	1.5	2.0	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	5.1	7.9	8.9	8.3
	<i>dont entreprises</i>	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	5.5	9.8	12.9	13.2
	<i>ménages</i>	1.5	3.2	3.1	6.4	6.8	6.7	6.6	6.4	6.2	6.1	6.1	6.1	6.1	6.9	7.3	3.1	-1.0
	<i>investissement public</i>	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	1.0	1.2	1.3	1.2
	<b>Exportations</b>	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0	-1.2	-2.2	-4.2	-7.3	-8.6
	<b>Importations</b>	-0.2	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	0.1	1.8	2.4
<b>Ménages</b>	<b>Revenu disponible réel des ménages en %</b>	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	1.0	1.4	1.0	0.4
<b>Ecart relatif en %</b>	<b>Revenu disponible réel des ménages en Mds€2015</b>	0	-2	-1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	19	28	21	9
	<b>Revenu disponible réel par tête</b>	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	0.8	0.9	1.1
	<b>Taux d'épargne</b>	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-1.3	-1.6
<b>Prix</b>	<b>Prix à la consommation des ménages</b>	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	3.7	6.9	9.9	11.8
<b>Ecart relatif en %</b>	<b>Prix à la production marchande</b>	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	2.7	5.3	9.4	12.7
	<b>Prix des exportations</b>	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	2.9	5.6	10.3	13.8
	<b>Prix des importations</b>	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.9	2.4	5.5	7.7
<b>Travail</b>	<b>Salaire net réel (hors cotisations employeurs et employés, unitaire)</b>	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-1.0	-2.2	-1.8	-1.0
<b>Ecart relatif en %</b>	<b>Coût réel du travail (yc. Cotisations employeurs et employés, unitaire)</b>	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	-0.3	-1.2
	<b>Emploi en %</b>	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.1	-0.7
	<b>Emploi en millier</b>	7	8	16	30	44	55	65	72	79	85	92	94	94	155	183	23	-191
	<b>Taux de chômage (en point)</b>	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.1	0.5
<b>Saldes</b>	<b>Balances commerciales (X-M)</b>	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	-0.1	-1.2	-1.7
<b>en % de PIB</b>	<b>Facture énergétique (M-X)</b>	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.9	-1.3	-1.4	-1.3
<b>(en valeur)</b>	<b>Solde public primaire</b>	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.9	-1.1	-1.1
	<b>Solde public</b>	0.1	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-1.0	-1.8	-2.2	-2.1
	<b>Dettes publiques</b>	-0.5	-0.4	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	4.2	7.3	13.0	19.6

Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## 2. PEU D'EFFETS ATTENDUS SUR L'EMPLOI EN 35 ANS

En cohérence avec l'impact sur la croissance, les effets de la valeur de l'action pour le climat sur l'emploi seraient faibles. Dans le scénario au puits large, 166 000 emplois seraient créés à horizon 2050 (figure 3), soit un gain de 5 000 emplois par an. L'essentiel de ces créations seraient des emplois directs dans le secteur de l'énergie (+ 108 000 postes) et des emplois indirects créés dans les services à l'issue du bouclage macroéconomique (+ 66 000 postes). Inversement, 190 000 emplois seraient détruits dans le scénario au puits étroit, soit une perte de 5 000 emplois par an en moyenne. Les pertes d'emplois seraient principalement observées dans les transports (- 117 000 postes), les services marchands (- 113 000 postes) et l'industrie (- 78 000 postes), tandis que l'énergie et le bâtiment créeraient des emplois directs (respectivement + 79 000 et + 50 000 postes).

Figure 3 : évolution de l'emploi par secteur en écart au scénario de référence



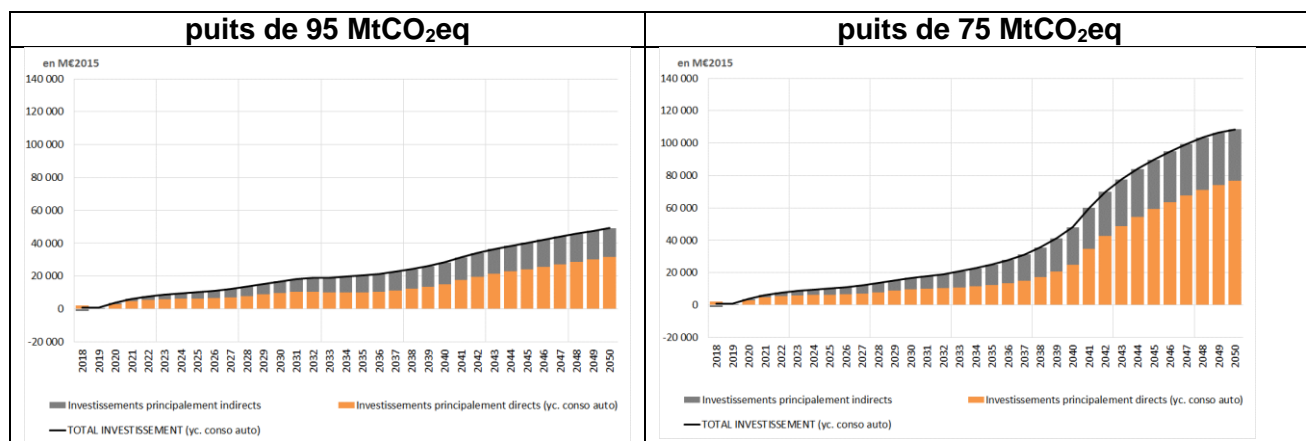
Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

### 3. UN PREMIER EFFET MULTIPLICATEUR DES INVESTISSEMENTS DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

L'augmentation de la valeur tutélaire intégralement distribuée aux ménages et aux entreprises a d'abord un premier effet positif sur le PIB dans les deux variantes, en générant des investissements d'efficacité énergétique et des achats de véhicules plus « propres » (figure 4). Ces investissements directs de transition énergétique stimulent la production, l'emploi et le revenu des ménages.

## partie 3 : impact macroéconomique

**Figure 4 : investissements directs dans la transition énergétique, et indirects (scénario de neutralité carbone en écart au scénario de référence)**



*Note : les investissements directs dans la transition énergétique correspondent aux investissements des secteurs du bâtiment, de l'énergie, aux investissements logements des ménages et à leurs achats de véhicules particuliers.*

**Source :** CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

### 4. LES INVESTISSEMENTS PERMETTENT DES ECONOMIES D'ENERGIE QUI ACCROISSENT LE REVENU DES MENAGES

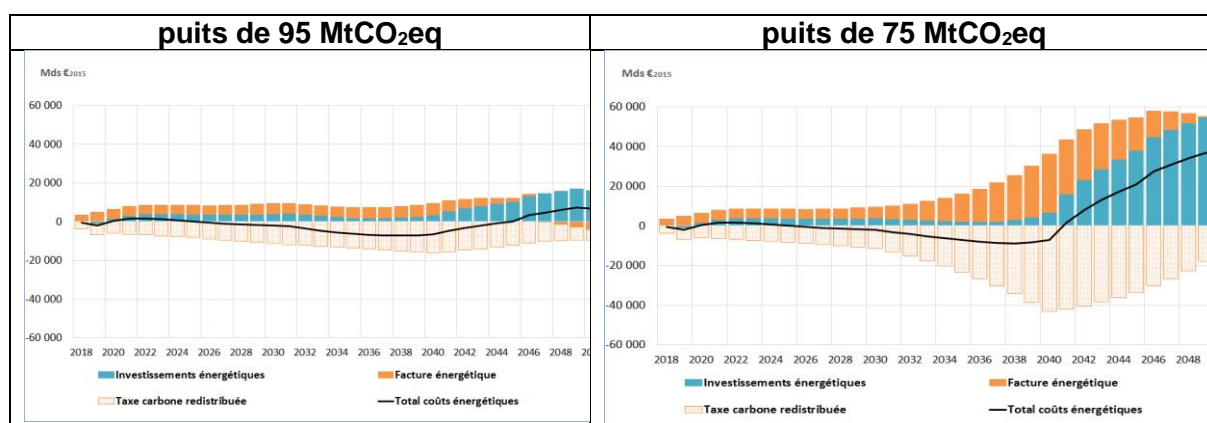
L'accroissement des investissements de transition énergétique est graduel. Ceci s'explique par le cadrage donné, exigeant un point de passage obligé en 2030 pour les émissions de CO<sub>2</sub>. Cette trajectoire d'investissement est différente de celle observée pour la SNBC qui croît plus rapidement en début de période. En effet, le signal prix, pris isolément, génère des investissements plus tardivement que lorsqu'il est mis en place en complément d'autres mesures comme la réglementation. Ces investissements bondissent à partir de 2040 dans le scénario au puits étroit de 75 MtCO<sub>2</sub>eq en raison du basculement technologique du parc automobile vers l'électricité (figure 5). Avec ce puits, les cibles d'émissions ne peuvent être atteintes que grâce à une chute massive des émissions du transport et donc à une montée en charge accélérée des véhicules électriques.

Ces investissements vont diminuer la consommation d'énergie des ménages en améliorant l'efficacité énergétique de leurs logements et véhicules, et contenir l'effet du renchérissement des prix sur la facture énergétique. Cet effet sera par ailleurs renforcé par deux autres éléments du cadrage SNBC. D'abord, l'incorporation croissante des biocarburants permet de réduire l'assiette de la taxe carbone. En outre, le prix de ces biocarburants est supposé devenir de plus en plus compétitif par rapport à leur équivalent fossile.



Parallèlement, le reversement de la taxe permet aux ménages de maintenir leur niveau de consommation. Le total des coûts énergétiques, correspondant aux dépenses d'investissements d'efficacité énergétique et à la facture énergétique nette des remboursements de taxe, diminuerait à moyen terme jusqu'en 2040 dans les deux scénarios. À partir de 2040 en revanche, ces coûts énergétiques augmenteraient de nouveau avec les nouveaux investissements nécessaires notamment pour électrifier le parc automobile. Il faut ici remarquer que le rebond de ces coûts énergétiques peut être tronqué par l'horizon de prévision. En effet, ces investissements généreraient des bénéfices au-delà de l'horizon de simulation fixé à 2050, qui ne sont pas pris en compte dans la simulation.

Figure 5 : les coûts énergétiques des ménages (en écart au scénario de référence)



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

En réalité, les investissements des ménages ne sont pas payés comptant. Ceux-ci ont recours à l'emprunt, au moins en partie. Par conséquent, leurs dépenses énergétiques réelles sont lissées, avec un profil moins heurté que les coûts énergétiques tels que présentés ici. Grâce à l'emprunt et à la progressivité de son remboursement, l'effort d'investissement est réalisé de manière plus douce sur la période. Par conséquent, les ménages ne sont pas perdants dès le durcissement de l'effort. D'autre part, ils parviennent à maintenir la baisse des dépenses énergétiques au delà de 2050.

Après bouclage macroéconomique et effets d'entraînement du stimulus des investissements de la transition énergétique, le revenu disponible brut (RDB) des ménages, incluant l'ensemble des revenus nets des impôts et des charges, augmenterait en termes réels dans les deux scénarios. Il croîtrait à horizon 2050 de 21 Mds €<sub>2015</sub> avec le puits large et de 9 Mds€<sub>2015</sub> avec le puits étroit. Cependant, cette variable n'est pas la plus pertinente pour mesurer l'impact de la transition énergétique sur la situation financière des ménages. En effet un RDB plus élevé n'augmente pas leur niveau de vie s'il est compensé par un surcroît de coûts énergétiques. Il faut prendre en compte les dépenses des ménages en transport et logement chaque année, et regarder plutôt le RDB réel,

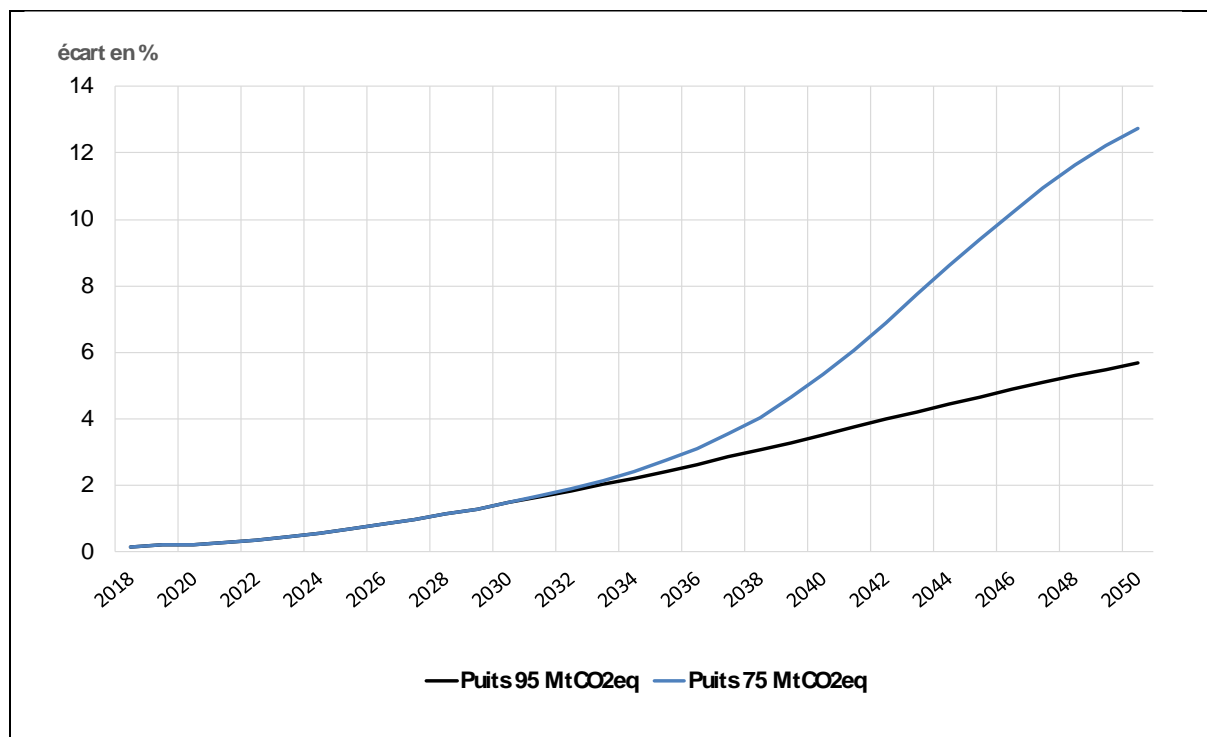
en incluant la facture énergétique, la part des investissements payés au comptant et les annuités de remboursement de l'emprunt.

De ce point de vue, l'analyse diffère selon le scénario. Avec le puits large de carbone à 95 MtCO<sub>2</sub>eq, les ménages seraient gagnants car leurs revenus après ces dépenses de transport et logement et effets de bouclage macroéconomique (RDB moins les remboursements d'emprunts) seraient accrus. Ces gains de pouvoir d'achat « résiduels » permettraient alors aux ménages d'accroître leurs dépenses de consommation. La consommation prendrait alors le relai de l'investissement pour soutenir le niveau de la demande intérieure, ce qui se traduirait par un effet multiplicateur vertueux et de relatifs gains de croissance s'élevant à 0,4 point de PIB en 2050 par rapport au scénario de référence. À l'inverse, avec le puits étroit, l'impact sur le pouvoir d'achat résiduel des ménages serait plutôt négatif en fin de période, et le stimulus sur la consommation demeurerait insuffisant pour compenser les pertes de compétitivité, d'où une relative perte de croissance en 2050 par rapport au scénario de référence sans valeur tutélaire.

#### 5. LES PRESSIONS INFLATIONNISTES AURAIENT UN EFFET NEGATIF SUR LA COMPETITIVITE DES ENTREPRISES

La hausse des coûts unitaires de production a un effet négatif sur la compétitivité et les exportations nettes en volume (*figure 6*). Ce sont principalement les investissements induits (et non la valeur de l'action pour le climat directement) qui dégradent la compétitivité-coût des entreprises en renchérissant leurs coûts unitaires de production. Par ailleurs, l'inflation générée par le boom de la demande intérieure grève davantage la compétitivité prix. Cela pénalise particulièrement l'industrie, en particulier dans le champ ETS, qui est le principal secteur exportateur et aussi le principal secteur émetteur. Dans le scénario avec le puits étroit, la perte de compétitivité serait aggravée par la nécessité de réaliser des investissements moins rentables et par les coûts échoués résultant de la nécessité de renouveler plus vite des équipements qui n'ont pas été totalement amortis. Il faut souligner que toutes ces simulations sont réalisées avec un reste du monde supposé non coopératif qui ne fait pas bouger le prix du carbone, ce qui est une hypothèse forte qui conduit à surestimer la perte de compétitivité des entreprises et à sous-estimer les gains de PIB. Enfin, la méthode de redistribution de la valeur de l'action pour le climat aux entreprises via un crédit d'impôt calculé au prorata du chiffre d'affaire pénalise les secteurs émetteurs (industries ETS) qui sont également les plus vulnérables face à la concurrence internationale, au profit des secteurs plus « protégés ».

Figure 6 : prix de production du secteur marchand en écart au scénario de référence

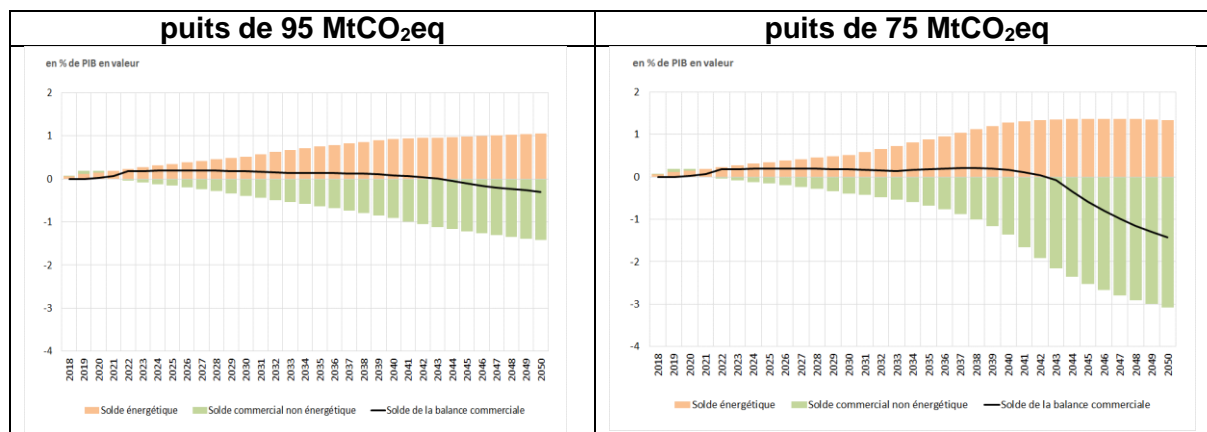


Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## 6. LES TERMES DE L'ÉCHANGE ATTENUERAIENT LES EFFETS NÉGATIFS SUR LA BALANCE COMMERCIALE EN VALEUR

L'effet sur la balance commerciale en valeur est moins négatif qu'en volume, car il est compensé par un effet « termes de l'échange ». En effet, le prix des combustibles augmentant, selon les projections de l'AIE, plus vite que les prix domestiques sur la période, la diminution des importations de pétrole et de gaz en valeur compense la baisse des exportations françaises (figure 7). À moyen terme, jusqu'au début de la décennie 2040, il s'améliorerait légèrement, mais se dégraderait ensuite. Avec le puits large, la chute de la facture énergétique extérieure s'élevant à 1,4 point de PIB en valeur en 2050 compenserait le déficit de la balance commerciale non énergétique. La balance commerciale se dégraderait à horizon de prévision d'à peine 0,4 point de PIB. À l'inverse, dans le scénario au puits étroit, la balance commerciale serait significativement dégradée, à hauteur de - 1,7 pt de PIB.

Figure 7 : la balance commerciale en valeur (en écart au scénario de référence)



Source : CGDD-Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

### 7. LE DÉFICIT PUBLIC SE DÉGRADERAIT DANS LES DEUX SCÉNARIOS EN RAISON DES PERTES DE RECETTES DE TICPE

Dans les deux variantes, le déficit public se dégrade à long terme sous l'effet conjugué de la hausse des investissements publics, d'une diminution des recettes de fiscalité énergétique hors composante carbone (-7 Mds€<sub>2015</sub> en 2050 dans le scénario ambitieux correspondant au puits de carbone étroit à 75 MtCO<sub>2</sub>eq, et - 4 Mds€<sub>2015</sub> avec un puits de carbone élargi à 95 MtCO<sub>2</sub>eq (figures 8a et 8b) et de l'augmentation des charges de la dette. Dans le scénario au puits large, les recettes supplémentaires de TVA (3 Mds€) ne suffisent pas à compenser la baisse des recettes de TICP.





**partie 3 : impact macroéconomique**

---

## Annexes

### **Annexe 1**

Description générale du modèle ThreeME : une approche macroéconomique de la transition énergétique

### **Annexe 2**

Tables détaillées des simulations par secteur



# Annexe 1

## Description générale du modèle ThreeME : une approche macroéconomique de la transition énergétique

### 1. UN MODELE D'EQUILIBRE GENERAL CALCULABLE

Le modèle ThreeME, développé depuis 2008 par l'OFCE et l'Ademe, et par le ministère de la Transition énergétique et solidaire depuis 2013, est un modèle d'équilibre général calculable (*voir encadré*) qui représente une vue d'ensemble de l'économie au moyen d'un système complet de marchés (biens et services, travail et monétaire) où les agents interagissent en prenant des décisions fondées microéconomiquement par la maximisation de leur profit ou de leur utilité. Ces modèles sont conçus en particulier pour évaluer les effets de la politique économique de façon pertinente en prenant en compte la critique de Lucas (*voir encadré*) dans la mesure où les comportements des agents sont modifiés par la politique économique. Ainsi, par exemple, avec un modèle macroéconométrique, l'instauration d'une taxe carbone se traduit à la fois par une baisse de la consommation d'énergie et de l'activité car il postule une évolution interdépendante de ces deux variables. Tandis qu'avec ThreeME, la taxe carbone a non seulement un premier effet de sobriété, mais elle incite aussi les agents à investir pour réduire leur facture énergétique et/ou substituer une source d'énergie à une autre.

### 2. UN MODELE KEYNESIEN

Le modèle ThreeME est un modèle keynésien au sens où la dynamique des prix et de l'offre de monnaie rend compte de déséquilibres transitoires sur les marchés. Le modèle est d'inspiration néokeynésienne : à la différence des modèles walrassien, les prix ne s'ajustent pas instantanément pour équilibrer l'offre et la demande sur les marchés. Sur le marché des biens, le prix notionnel est obtenu en appliquant un taux de marge sur les coûts unitaires de production (théorie du *mark-up*). Les marges elles-mêmes dépendent de la variation de la demande en volume adressée aux entreprises. Sur le marché du travail, le salaire n'ajuste pas instantanément l'offre et la demande d'emploi. Il peut donc exister un équilibre de sous-emploi chronique et du chômage involontaire. Le salaire est déterminé par une courbe *Wage-Setting*. Elle suppose que la rémunération du travail dépend du pouvoir de négociation des salariés qui dépend du taux d'inflation, de l'évolution du taux de chômage et de la productivité du travail. Sur le marché du capital, les taux d'intérêts n'équilibrent pas l'épargne et l'investissement car il est supposé que les investissements peuvent être non seulement financés par l'épargne mais aussi par des crédits bancaires, autrement dit par de la création monétaire. Cette caractéristique peut conduire à sous-estimer les possibles effets d'éviction des investissements de transition énergétique sur les autres investissements, les possibles



tensions sur les marchés financiers ou l'éventuelle dégradation des conditions de crédit. À l'inverse, un modèle walrassien conduirait à surestimer ces effets d'évictions, car pour un montant donné d'épargne, la hausse des investissements des uns est financée au détriment des autres. Implicitement, les modèles walrassiens supposent que les investissements sont exclusivement financés sur le marché obligataire et qu'il n'existe pas de crédit bancaire ni de capacité d'intervention de la banque centrale. Dans ThreeME, les taux d'intérêts sont fixés par les autorités monétaires avec une règle de Taylor<sup>1</sup>, en fonction de l'évolution de l'inflation et de l'activité économique. Implicitement l'offre de monnaie s'ajuste à la demande de monnaie en fonction de la valeur du taux d'intérêt.

Dans cet exercice d'estimation de la valeur tutélaire, il a été supposé que le taux d'intérêt réel resterait fixe par souci de simplicité. Dans le cas où ce taux serait endogénéisé avec une règle de Taylor, les résultats auraient été un peu moins favorables à la croissance en prenant mieux en compte de possibles effets d'évictions. Avec le puits large, les gains de croissance se seraient réduits à 0,1 point de PIB au lieu de + 0,4 point. Avec le puits étroit, les pertes de PIB auraient été quasi similaires, s'élevant à - 0,7 point au lieu de - 0,6 point. Sans surprise, plus la croissance est élevée plus il y a des effets d'éviction, car la croissance supplémentaire tend à relever le coût du crédit, au détriment des autres investissements non énergétiques.

### **3. UN MODELE HYBRIDE AVEC UN TRAITEMENT SPECIFIQUE DE LA DEMANDE D'ENERGIE**

Le modèle ThreeME est un modèle hybride au sens où il juxtapose une approche macroéconomique « top-down » avec une approche sectorielle « bottom-up » ou technico-économique pour déterminer la consommation d'énergie (*figure 1*). La représentation standard du comportement de maximisation de l'utilité du consommateur utilisée dans la plupart des modèles macroéconomiques suppose que les sources d'énergie fournissent une utilité. Or cela ne permet pas de prendre en compte le caractère particulier de l'énergie qui n'est jamais demandée pour elle-même, car elle ne procure d'utilité qu'en complément d'une autre demande, de transport ou de chauffage. Les ménages achètent de l'énergie pour assurer certains services de logement (chauffage et équipements) ou de transport. Par conséquent, la quantité d'énergie consommée pour le chauffage est davantage liée à la taille de la maison qu'au revenu des ménages. Certes, les ménages riches ont généralement des maisons plus grandes et leur consommation d'énergie sera donc généralement plus élevée, tandis que les ménages pauvres sont plus enclins à limiter leur température de chauffage. La consommation d'énergie par m<sup>2</sup> augmente avec le revenu mais toujours sans dépasser certaines limites.

---

<sup>1</sup> La règle de Taylor est une règle de politique monétaire, énoncée en premier lieu par l'économiste John B. Taylor, en 1993. Elle relie le taux d'intérêt décidé par la banque centrale au taux d'inflation de l'économie et à l'écart entre le niveau du PIB et son niveau potentiel.



## Annexes

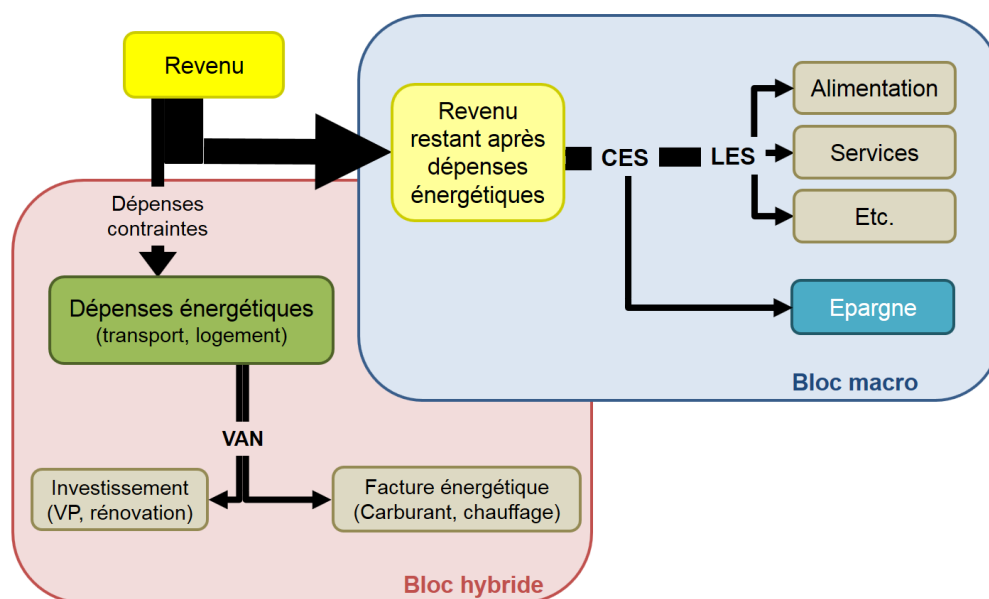
---

L'énergie est davantage un bien de nécessité qu'un bien de luxe. Aucun ménage, aussi riche soit-il, ne souhaite une température de chauffage de 35°C.

Pour représenter ceci, les modélisateurs de ThreeME ont choisi de modéliser certains services tels que le logement et la mobilité comme étant directement produits par les ménages plutôt qu'achetée à l'extérieur, ceci afin de mieux tenir compte des arbitrages effectués par les ménages. Par conséquent, nous spécifions explicitement la fonction de production du ménage pour les services de logement et de mobilité dans un bloc dédié à la représentation de la demande d'énergie. Ce bloc a deux composantes principales, le logement et le transport. Nous supposons en outre que les dépenses liées à cette fonction de production sont prioritaires, c'est-à-dire que les ménages consacrent leur revenu disponible en premier lieu pour se nourrir, se loger et se déplacer, et utilisent dans un second temps le revenu restant pour les autres dépenses (*figure 1*). Celles-ci sont représentées par une équation linéaire standard (LES) qui permet de modéliser de manière simple la distinction entre biens de nécessité et autres produits plus accessoires. Dans cette section, nous ne présentons que les principales équations de notre modèle hybride de bloc de ménages.

La demande d'énergie évolue en fonction des besoins de transport ou de chauffage et selon la variation des performances énergétiques du parc immobilier et automobile. Les ménages réalisent des arbitrages entre diverses classes énergétiques de bâtiments et de véhicules en fonction de leurs coûts d'usage respectifs. Ce choix de modélisation permet de mesurer finement les émissions de CO<sub>2</sub> de l'économie, qui dépendent des stocks de bâtiments et de véhicules, et non des flux.

Figure 1 : la structure de consommation des ménages



Source : CGDD – Ademe

#### 4. UN MODÈLE MULTISECTORIEL

Le modèle ThreeME est multi sectoriel : il considère 24 secteurs économiques (agriculture, sidérurgie, production d'énergie, transport ferroviaire, services non marchands, etc.), ce qui permet d'analyser les effets des transferts d'activité d'un secteur à un autre (en termes d'emploi, d'investissement, d'importations, etc.). Enfin, le modèle ThreeME considère quatre facteurs de production, le capital, le travail, l'énergie et les consommations intermédiaires (KLEM) et 17 types d'énergies, pétrole, biocarburant, nucléaire, gaz, géothermie, éolien, etc. plus ou moins substituables.

## 5. UN MODÈLE RICHE DE 14 000 ÉQUATIONS ET 70 000 PARAMÈTRES

Le modèle est caractérisé par les équations suivantes :

- **les prix** : le prix notionnel est obtenu en appliquant un taux de marge, lui-même variable, sur les coûts unitaires de production (théorie du *mark-up*) ;
- **les taux d'intérêts réels** : ils sont fixés par les autorités monétaires, de manière exogène dans l'exercice de simulation SNBC ;
- **l'investissement** : il dépend de la production anticipée, de sa dynamique passée, des substitutions entre facteurs de production. À court terme, le stock de capital est déduit de l'investissement selon l'équation standard d'accumulation du capital, et résulte à long terme de l'optimisation des facteurs de production ;
- **le salaire** : il est déterminé par la courbe *Wage-Setting* qui établit une relation entre le taux de chômage et le niveau des salaires réels, en tenant compte également du prix à la consommation anticipée et de la productivité du travail ;
- **le commerce extérieur** : l'imparfaite substitution entre les produits domestiques et les produits importés (*cf.* Armington) est caractérisée par les prix relatifs, une élasticité de substitution et le niveau de demande agrégée. Les agents peuvent substituer des produits importés aux produits domestiques et vice versa, en fonction des écarts de prix, conformément à la théorie d'Armington.
- **l'État** : il a un comportement exogène, ce qui l'amène à dépenser au prix de marché, à payer ses salariés au salaire du marché ou encore à subventionner un secteur selon une dynamique prédéfinie ;
- **la fonction de production** : les entreprises minimisent leurs coûts à partir de fonction CES (*Constant Elasticity of Substitution*) « généralisée » et de trois arbitrages : entre les différents facteurs de production, entre les différents types de biens et les différents vecteurs énergétiques (le mix électrique étant exogène) et entre les produits domestiques et les produits importés ;
- **la fonction de consommation** : les ménages arbitrent d'abord leurs investissements en logement et voiture, en tenant compte des coûts d'usage associés (amortissement du prix d'achat net des aides, part d'autofinancement et d'emprunt, coût de la consommation d'énergie, etc.). En particulier, la demande totale de logement (en m<sup>2</sup>) croît comme la population et celle de transport croît avec le revenu et les prix relatifs des carburants. La consommation des biens autres que l'énergie est modélisée à travers une fonction d'utilité de type *Linear Expenditure System* (LES) généralisée qui tient compte d'une consommation incompressible et d'un arbitrage optimisé entre les différents biens de consommation.

### Encadré : Les modèles d'équilibres général calculables (MGEC)

Un modèle macroéconomique est une représentation réduite et quantifiée de la réalité permettant, à l'échelle d'un pays ou d'une région, de tenir compte de la simultanéité des interactions entre les grandes variables économiques (PIB, chômage, balance commerciale, déficit public, etc.) et d'étudier la possibilité d'un équilibre général instantané sur tous les marchés (biens, services, capital et travail) entre les différents acteurs et les différentes activités économiques.

Les modèles macroéconomiques se distinguent fondamentalement en deux grandes familles caractérisées par l'approche des comportements des acteurs économiques : les modèles macroéconométriques et les modèles d'équilibre général calculable (MEGC) considèrent des agents représentatifs donnant un fondement microéconomique à leurs décisions.

Les modèles macroéconométriques tels que Mésange (DG Trésor - Insee) représentent les comportements des agents à l'aide d'équations économétriques, en régressant par exemple la consommation des ménages sur le revenu disponible et les effets de confiance ou de richesse. Ces outils ont l'avantage de donner une image relativement exacte des interactions en jeu au sein d'une économie au moment présent, mais selon la critique de Lucas (1976), ils ne peuvent pas être mobilisés pour évaluer l'impact à long terme de politiques structurelles visant précisément à modifier le comportement des agents.

Les modèles d'équilibre général calculable (MEGC) sont conçus pour permettre d'interpréter les effets de la politique économique en donnant une vue d'ensemble de l'économie au moyen d'un système complet de marchés (biens et services, travail et financier) où les agents représentatifs interagissent en prenant des décisions fondées microéconomiquement par la maximisation de leur profit ou de leur utilité. Par exemple l'entreprise représentative détermine ses facteurs de production de façon à minimiser ses coûts de production. Le fondement microéconomique permet de prendre en compte la critique de Lucas dans la mesure où les comportements des agents sont modifiés par la politique économique.

Dans ce groupe, on distingue les modèles « walrassiens » qui modélisent la formation des prix comme un équilibre atteint sur tous les marchés, y compris le taux d'intérêt obtenu par la confrontation de l'épargne et de l'investissement sur le marché financier. Dans ces modèles, les investissements dans un secteur, notamment dans la transition énergétique conduisent à une hausse des taux d'intérêt générant un effet d'éviction susceptible de pénaliser la croissance des autres secteurs. Or cet effet d'éviction peut être surestimé, car les investissements ne sont pas seulement financés par l'épargne, mais aussi par le crédit bancaire. Pour les modèles keynésiens comme ThreeME, le taux d'intérêt est plutôt soit déterminé par l'offre et la demande de monnaie, soit fixé par la banque centrale. Pour rappel, on suppose dans le cadre de cette estimation, qu'elle maintient les taux d'intérêts réels constants selon le cadrage fixé par la SNBC. La limite de ces modèles à l'inverse est qu'ils peuvent sous-estimer les tensions sur le marché financier et les effets d'éviction. Les deux approches sont dignes d'intérêt dès lors que les hypothèses sous-jacentes sont rappelées. Il est intéressant de noter à ce sujet que la Commission européenne, consciente de ces débats, a sollicité les deux types de modèles pour simuler l'impact des objectifs européens en matière d'efficacité énergétique, et obtenu un impact positif en matière de croissance et d'emploi avec le modèle keynésien (E3ME), alors que c'est l'inverse pour le second (GEM-E3).



**Annexes**



## Annexe 2

### Tables détaillées des simulations par secteur

Figure 1a : impact de la neutralité carbone sur la valeur ajoutée détaillée par secteur (en écart au scénario de référence)

<b>Scénario de neutralité carbone avec puits de 95 MtCO<sub>2</sub>eq</b>																		
VA: écart scénario de neutralité carbone (puits 95MtCO <sub>2</sub> ) - référence en M€zans	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050	VA par an
Agriculture	43	77	126	171	208	240	268	293	317	342	369	397	428	628	926	1 027	718	31
Industrie (hors automobile)	212	300	541	787	964	1 096	1 197	1 278	1 361	1 442	1 523	1 606	1 690	1 592	1 377	875	396	17
dont IAA	22	-4	5	36	70	103	132	157	181	202	223	243	262	372	423	424	467	20
Produits minéraux non-métalliques	50	96	145	183	205	220	231	241	251	262	274	286	299	286	288	267	199	9
Papier	10	17	26	35	42	47	50	52	54	56	57	57	58	49	31	3	-37	-2
Plasturgie & chimie	10	14	27	40	46	49	50	49	47	44	41	37	31	-3	-30	-11	128	6
Sidérurgie	37	77	117	153	180	201	218	232	246	258	270	282	294	345	383	421	482	21
Métallurgie métaux non ferreux	1	3	5	7	8	8	8	8	8	7	6	6	5	-7	-23	-40	-53	-2
Autres industries	83	97	215	332	412	467	507	538	574	612	652	695	740	549	306	-189	-790	-34
Construction automobile	-54	-166	-81	-65	-64	-65	-68	-71	-74	-77	-80	-81	-82	-79	-43	80	110	5
BTP	721	1 398	2 190	2 729	2 936	3 016	3 059	3 099	3 164	3 270	3 408	3 574	3 760	2 940	2 803	2 763	2 960	129
Transport	-54	-106	-56	-21	-7	-10	-27	-55	-88	-126	-167	-210	-255	-576	-865	-1 166	-1 918	-83
dont ferroviaire	22	37	52	66	77	88	98	107	117	127	138	150	163	261	403	449	314	14
bus	-6	-15	-15	-14	-13	-12	-13	-14	-16	-19	-22	-25	-29	-53	-79	-92	-116	-5
fret terrestre	45	93	177	242	291	328	357	380	401	422	443	466	491	618	793	842	335	15
fret maritime	-146	-269	-345	-415	-484	-555	-627	-703	-782	-866	-954	-1 048	-1 148	-1 784	-2 513	-2 964	-2 913	-127
aérien	30	47	75	100	122	141	159	175	192	209	227	246	267	381	530	599	463	20
Services marchands	364	-291	12	734	1 502	2 225	2 880	3 476	4 061	4 641	5 229	5 836	6 469	9 212	11 492	12 195	11 844	515
Services publics	101	144	207	280	351	417	479	537	595	653	711	771	833	998	1 099	1 146	1 192	52
Energie (total)	-224	-479	-712	-693	-746	-793	-830	-863	-903	-954	-1 016	-1 090	-1 176	731	1 475	1 027	-259	-11
Charbon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carburants	-61	-92	-84	-104	-127	-151	-176	-203	-232	-261	-293	-327	-363	-688	-1 111	-1 664	-2 604	-113
dont carburants fossiles	-60	-90	-84	-120	-141	-161	-183	-205	-230	-257	-285	-315	-346	-658	-1 017	-1 526	-2 365	-103
biocarburants	-2	-2	-1	16	14	10	6	2	-1	-5	-9	-12	-16	-29	-94	-139	-239	-10
Electricité	161	141	-23	-25	-98	-166	-227	-286	-353	-428	-510	-598	-692	-564	-648	-907	-1 336	-58
dont nucléaire	118	102	-15	-271	-361	-464	-567	-674	-863	-1 052	-1 250	-1 456	-1 668	-1 177	-1 667	-2 270	-3 032	-132
fuel	-1	-1	0	-9	-16	-20	-21	-20	-15	-10	-7	-4	-2	4	8	12	14	1
gaz	7	6	-2	-148	-262	-381	-506	-637	-767	-905	-1 049	-1 201	-1 359	-1 710	-1 734	-1 791	-1 876	-82
charbon	1	0	-1	-3	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-5	-5	-6	-22	-25	-26	-27	-1
éolien	8	8	-1	24	65	110	162	220	362	507	663	832	1 014	1 297	1 790	2 317	2 898	126
solaire	1	1	-1	6	14	21	29	38	50	63	77	93	110	73	154	229	315	14
hydraulique	24	22	-1	357	421	498	576	652	705	752	792	825	849	646	416	141	-176	-8
cogénération	3	3	0	18	44	71	103	138	178	222	268	318	370	324	408	481	548	24
gaz et chaleur	-323	-528	-604	-563	-521	-476	-426	-374	-318	-264	-213	-165	-121	1 983	3 234	3 598	3 681	160
dont gaz naturel	-177	-258	-254	-394	-485	-575	-662	-749	-833	-917	-1 001	-1 083	-1 164	-2 052	-2 361	-2 502	-2 632	-114
biogaz	-5	-9	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-11	391	1 276	2 573	3 939	171
bois	-76	-155	-218	-55	56	172	290	411	530	650	769	887	1 002	2 697	2 584	1 192	-509	-22
déchets	-17	-31	-38	-44	-49	-55	-61	-68	-75	-84	-93	-103	-114	-236	-349	-414	-451	-20
géothermie	-4	-6	-6	-5	-3	-2	0	1	2	3	4	5	5	237	787	1 740	2 970	129
cogénération	-44	-70	-77	-55	-30	-6	18	41	68	93	118	140	161	946	1 287	1 009	365	16
<b>total</b>	<b>1 109</b>	<b>878</b>	<b>2 228</b>	<b>3 921</b>	<b>5 143</b>	<b>6 126</b>	<b>6 957</b>	<b>7 695</b>	<b>8 433</b>	<b>9 190</b>	<b>9 978</b>	<b>10 803</b>	<b>11 667</b>	<b>15 446</b>	<b>18 264</b>	<b>17 947</b>	<b>15 043</b>	<b>654</b>

Source : CGDD – Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## Annexes

Figure 1b : impact de la neutralité carbone sur la valeur ajoutée détaillée par secteur (en écart au scénario de référence)

Scénario de neutralité carbone avec puits de 75 MtCO <sub>2</sub> eq																		
VA: écart scénario de neutralité carbone (puits 75MtCO <sub>2</sub> eq) - référence en M€ <sub>2015</sub>	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050	VA par an
Agriculture	43	77	126	171	206	240	268	293	317	342	369	397	428	911	1 179	1 179	956	42
Industrie (hors automobile)	212	300	541	787	964	1 096	1 197	1 278	1 361	1 442	1 523	1 606	1 690	2 140	1 662	-2 794	-7 629	-332
dont IAA	22	-4	5	36	70	103	132	157	181	202	223	243	262	445	478	-205	-797	-35
Produits minéraux non-métalliques	50	96	145	183	205	220	231	241	251	262	274	286	299	408	523	416	188	8
Papier	10	17	29	35	42	47	50	52	54	56	57	57	58	61	39	-69	-196	-9
Plasturgie & chimie	10	14	27	40	46	49	50	48	47	44	41	37	31	9	-145	-413	-597	-26
Siderurgie	37	77	117	153	180	201	218	232	246	258	270	282	294	322	36	-401	-600	-26
Métallurgie métaux non ferreux	1	3	5	7	8	8	8	8	8	7	6	6	5	-6	-33	-84	-130	-6
Autres industries	83	97	215	332	412	467	507	538	574	612	652	695	740	919	765	-2 038	-5 497	-239
Construction automobile	-54	-166	-81	-65	-64	-65	-68	-71	-74	-77	-80	-81	-82	-181	-88	575	692	30
BTP	721	1 398	2 190	2 729	2 936	3 016	3 059	3 098	3 164	3 270	3 406	3 574	3 760	5 064	6 770	5 570	3 521	153
Transport	-54	-106	-86	-21	-7	-10	-27	-55	-88	-128	-167	-210	-255	-673	-2 576	-6 419	-9 716	-422
dont ferroviaire	22	37	52	66	77	88	98	107	117	127	138	150	163	375	833	1 102	869	38
bus	-6	-15	-15	-14	-13	-12	-13	-14	-16	-19	-22	-25	-29	-71	-177	-287	-378	-16
fret terrestre	45	93	177	242	291	328	357	380	401	422	443	466	491	732	412	-1 351	-2 990	-130
fret maritime	-146	-269	-345	-415	-484	-555	-627	-703	-782	-866	-954	-1 048	-1 148	-2 291	-4 563	-6 910	-7 929	-345
aérien	30	47	75	100	122	141	159	175	192	209	227	245	267	512	919	1 029	703	31
Services marchands	364	-291	12	734	1 502	2 225	2 880	3 476	4 061	4 641	5 229	5 836	6 469	11 670	17 391	7 494	-9 098	-396
Services publics	101	144	207	280	351	417	479	537	595	653	711	771	833	1 255	1 766	1 589	1 116	49
Energie (total)	-224	-479	-712	-693	-746	-793	-830	-863	-903	-954	-1 016	-1 080	-1 176	246	400	-609	-2 068	-90
Charbon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carburants	-61	-92	-84	-104	-127	-151	-176	-203	-232	-261	-293	-327	-363	-830	-1 481	-1 864	-2 526	-110
dont carburants fossiles	-60	-90	-84	-120	-141	-161	-183	-205	-230	-257	-285	-315	-346	-732	-1 324	-1 791	-2 469	-108
biocarburants	-2	-2	-1	16	14	10	6	2	-1	-5	-9	-12	-16	-38	-97	-74	-38	-2
Electricité	161	141	-23	-25	-98	-166	-227	-286	-353	-428	-510	-598	-692	-472	-696	-1 374	-1 978	-86
dont nucléaire	118	102	-15	-271	-361	-464	-567	-674	-803	-1 052	-1 250	-1 456	-1 668	-1 130	-1 690	-2 487	-3 315	-144
fuel	-1	-1	0	-9	-16	-20	-21	-23	-15	-10	-7	-4	-2	4	8	12	14	1
gaz	7	6	-2	-148	-262	-381	-506	-637	-767	-905	-1 049	-1 201	-1 359	-1 707	-1 735	-1 809	-1 901	-83
charbon	1	0	-1	-3	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-5	-5	-6	-22	-25	-26	-27	-1
éolien	8	8	-1	24	65	110	162	220	302	507	663	832	1 014	1 313	1 781	2 211	2 735	119
solaire	1	1	-1	6	14	21	29	38	50	67	77	93	110	75	153	217	297	13
hydrolique	24	22	-1	357	421	498	576	652	705	752	792	825	849	665	407	59	-282	-12
cogénération	3	3	0	18	44	71	103	138	178	222	269	318	370	330	405	448	500	22
gaz et chaleur	-323	-528	-604	-563	-521	-476	-426	-374	-318	-264	-213	-165	-121	1 548	2 518	2 629	2 439	106
dont gaz naturel	-177	-258	-254	-394	-485	-575	-662	-749	-833	-917	-1 001	-1 083	-1 164	-2 088	-2 367	-2 513	-2 646	-115
biogaz	-5	-9	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-11	361	1 170	2 320	3 474	151
bois	-76	-155	-218	-55	56	172	290	411	530	650	769	887	1 002	2 431	2 223	840	-767	-33
déchets	-17	-31	-38	-44	-49	-55	-61	-68	-75	-84	-93	-103	-114	-245	-354	-416	-462	-20
géothermie	-4	-5	-5	-5	-3	-2	0	1	2	3	4	5	5	221	725	1 576	2 629	114
cogénération	-44	-70	-77	-55	-30	-6	18	41	68	93	118	140	161	847	1 122	822	201	9
total	1 109	878	2 228	3 921	5 143	6 126	6 957	7 695	8 433	9 190	9 976	10 803	11 667	20 431	27 105	7 182	-22 227	-966

Source : CGDD – Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)



## Annexes

**Figure 2a : impact de la neutralité carbone sur l'emploi détaillé par secteur (différence en écart au scénario de référence en milliers d'emplois)**

Scénario de neutralité carbone avec puits de 95 MtCO <sub>2</sub> eq																		
Emploi : écart scénario de neutralité carbone (puits 95 MtCO <sub>2</sub> eq) - référence (en milliers)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050	Emplois par an
<b>Agriculture</b>	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-5	0
<b>Industrie (hors automobile)</b>	1	0	1	2	3	4	5	5	6	6	7	7	7	5	2	-4	-10	0
dont IAA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	4	4	4	0
Produits minéraux non-métalliques	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0
Papier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0
Plasturgie & chimie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Sidérurgie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-3	0
Métallurgie métaux non ferreux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
Autres industries	0	0	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	2	-1	-5	-11	0
<b>Construction automobile</b>	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
<b>BTP</b>	6	15	27	38	46	51	54	55	55	56	57	58	60	48	38	36	35	1
<b>Transport</b>	-1	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-14	-15	-16	-24	-32	-36	-34	-1
dont ferroviaire	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	5	5	4	0
bus	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-3	-3	0
fret terrestre	-1	-2	-3	-4	-5	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-11	-16	-22	-25	-22	-1
fret maritime	-1	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-10	-12	-14	-13	0
aérien	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<b>Services marchands</b>	2	-2	-4	-1	3	9	15	20	25	30	35	39	43	64	76	76	66	2
<b>Services publics</b>	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	7	8	7	5	0
<b>Energie (total)</b>	0	-1	-2	-2	-2	-1	0	1	2	4	6	8	10	23	43	68	108	3
<b>Charbon</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Carburants</b>	0	0	-1	0	0	1	1	2	3	4	5	5	6	16	28	48	84	3
dont carburants fossiles	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-4	-6	0
biocarburants	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	5	6	7	17	31	53	90	3
<b>Électricité</b>	0	1	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	5	8	11	14	0
dont nucléaire	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-5	-6	-4	-5	-7	-8	0
fuel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gaz	0	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-6	-5	-5	-5	0
charbon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-1	0
éolien	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	0
solaire	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	6	8	12	16	0
hydrolique	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
cogénération	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	0
<b>gaz et chaleur</b>	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	3	7	9	10	0
dont gaz naturel	0	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-9	-10	-10	-10	0
biogaz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	10	0
bois	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	7	7	3	-1	0
déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0
géothermie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	9	0
cogénération	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	1	0
<b>total</b>	7	8	16	30	44	55	65	72	79	85	92	99	106	120	132	145	166	5

Emploi : écart scénario de neutralité carbone (puits 95 MtCO <sub>2</sub> eq) - référence (en milliers)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050	moyenne par an
Emplois principalement directs	4	10	19	29	36	40	43	44	45	46	48	50	52	47	49	69	110	3
Emplois principalement indirects	3	-1	-2	1	8	15	22	28	34	39	44	49	54	73	83	76	56	2
<b>Création totale d'emplois</b>	7	8	16	30	44	55	65	72	79	85	92	99	106	120	132	145	166	5

Source : CGDD – Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## Annexes

**Figure 2b : impact de la neutralité carbone sur l'emploi détaillé par secteur (différence en écart au scénario de référence en milliers d'emplois)**

Scénario de neutralité carbone avec puits de 75 MtCO <sub>2</sub> eq																			
Emploi : écart scénario de neutralité carbone (puits 75 MtCO <sub>2</sub> eq) - référence (en milliers)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050	Emplois par an	
<b>Agriculture</b>	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-10	-20	-1
<b>Industrie (hors automobile)</b>	1	0	1	2	3	4	5	5	6	6	7	7	7	8	2	-38	-86	-3	
dont IAA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	4	-2	-8	0	
Produits minéraux non-métalliques	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	-1	0	
Papier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-4	0	
Plasturgie & chimie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-3	-5	0	
Sidérurgie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-4	-9	-11	0	
Métallurgie métaux non ferreux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	
Autres industries	0	0	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	1	-23	-57	-2	
<b>Construction automobile</b>	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	6	8	0	
<b>BTP</b>	6	15	27	38	46	51	54	55	55	56	57	58	60	73	92	80	50	2	
<b>Transport</b>	-1	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-14	-15	-16	-30	-61	-101	-117	-4	
dont ferroviaire	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	4	9	12	10	0	
bus	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-6	-9	-9	0	
fret terrestre	-1	-2	-3	-4	-5	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-11	-21	-45	-75	-85	-3	
fret maritime	-1	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-11	-20	-29	-32	-1	
aérien	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	0	
<b>Services marchands</b>	2	-2	-4	-1	3	9	15	20	25	30	35	39	43	76	105	24	-113	-3	
<b>Services publics</b>	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	9	16	14	7	0	
<b>Energie (total)</b>	0	-1	-2	-2	-2	-1	0	1	2	4	6	8	10	21	33	47	79	2	
<b>Charbon</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Carburants</b>	0	0	-1	0	0	1	1	2	3	4	5	5	6	14	20	32	61	2	
dont carburants fossiles	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-4	-5	-7	0	
biocarburants	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	5	6	7	16	24	37	68	2	
<b>Électricité</b>	0	1	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	6	8	9	11	0	
dont nucléaire	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-5	-6	-4	-5	-7	-9	0	
fuel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
gaz	0	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-6	-5	-5	-5	0	
charbon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-1	0	
éolien	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	7	8	9	11	0	
solaire	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	6	9	11	15	0	
hydrolique	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	-1	0	
cogénération	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	
<b>gaz et chaleur</b>	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	5	6	6	0	
dont gaz naturel	0	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-9	-10	-10	-10	0	
biogaz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	9	0	
bois	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	6	6	3	-1	0	
déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	
géothermie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	8	0	
cogénération	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	3	1	0	
<b>total</b>	7	8	16	30	44	55	65	72	79	85	92	99	106	155	183	23	-191	-6	
<b>Emploi : écart scénario de neutralité carbone (puits 75 MtCO<sub>2</sub>eq) - référence (en milliers)</b>	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050	moynne par an	
Emplois principalement directs	4	10	19	29	36	40	43	44	45	46	48	50	52	63	62	32	20	1	
Emplois principalement indirects	3	-1	-2	1	8	15	22	28	34	39	44	49	54	92	121	-10	-211	-6	
<b>Création totales d'emplois</b>	7	8	16	30	44	55	65	72	79	85	92	99	106	155	183	23	-191	-6	

Source : CGDD – Ademe (ThreeME/cadrage Commission Quinet - France Stratégie)

## Bibliographie



## Bibliographie

Aldy J., Ley E., Parry I. (2010), « What is the role of carbon taxes in climate change mitigation », *PREMnotes, The World Bank*.

Armington P. (1969), « A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production », *International Monetary Fund Staff Papers*, XVI.

Bass F. (1969), « A new product growth model for consumer durables », *Management Science*, vol. 15, no 5, p215–227.

Callonnec G., Cals G., Nauleau M-L., Saussay A., Reynes F., Landa G., Malliet P, (2013) « Un mix électrique 100 % renouvelable ? Analyse et optimisations », *Ademe, OFCE*.

Callonnec G., Landa G., Malliet P., Reynes F., Yeddir-Tamsamani Y. (2013), « A full description of the ThreeME model : Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy », *Ademe, OFCE*.

Callonnec G., Landa G., Malliet P., Saussay A., Reynès F. (2016), « Les propriétés dynamiques et de long terme du modèle ThreeME : Un cahier de variantes », *OFCE, Sciences-Po*.

Callonnec G., Combaud M. (A paraître), « Les effets macroéconomiques et environnementaux de la fiscalité carbone » *Ademe, DG Trésor, Rapport particulier*.

Callonnec G., Baiz G. (2016), « SNBC : Une évaluation macroéconomique », *Théma, CGDD, Ademe*.

Ceci-Renaud N., Guillot L., Thao Khamsing W. (2016), « Simuler l'impact social de la fiscalité énergétique : le modèle Prometheus », *Etudes et documents, Commissariat général au développement durable*.

Dufernez A-S., Elezaar C., Leblanc P., Masson E., Partouche H., Bardaji J., Campagne B., Khder M-B., Lafféter Q., Simon O. (2017), « Le modèle macroéconomique Mésange : réestimation et nouveautés », *Cahiers, Documents de travail de la DG Trésor*.

Holmstrom B., Tirole J., « Financial Intermediation, Loanable Funds, and the Real Sector », *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 112, No. 3. (Aug., 1997), pp. 663-691.

Phillips W., (1958), « The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom », *Economica*.

Quinet A. et al. (2019), "La valeur de l'action pour le climat : une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques », *France Stratégie*.

Reynès F. (2006), « La formation des salaires et le concept de taux de chômage d'équilibre : une tentative de réconciliation des courbes Wage Setting et de Phillips », *Science Po publications*.

---

## bibliographie

---

« La stratégie nationale bas-carbone (SNBC) », (2018), *ministère de la Transition écologique et solidaire*.

« Projet de Stratégie Nationale Bas-Carbone » : la transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone », (2018), *ministère de la Transition écologique et solidaire*.

« Évaluation Environnementale Stratégique de la Stratégie Nationale Bas-Carbone » (2018), Rapport d'évaluation environnementale stratégique (2018), Ministère de la transition écologique et solidaire.

« Klimapfade für Deutschland » (Les trajectoires climats pour l'Allemagne), (2018), *Bundesverband der deutschen Industrie (BDI), BCG (Boston) – Prognos (Bâle)*

« The UK's draft integrated national energy and climate plan (NECP) », (2019), Department for business, energy and industrial strategy (BEIS).

« Une planète propre pour tous, une vision européenne stratégique à long terme pour une économie prospère, moderne, compétitive et neutre pour le climat », (2018), *Commission Européenne*.

Rapport de la Cour des comptes, « La fiscalité environnementale au défi de l'urgence climatique », Conseil des prélèvements obligatoires (2019).

---

## **bibliographie**

---

### **Conditions générales d'utilisation**

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille — 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 — art. L.122-4 et L.122-5 du code de la propriété intellectuelle).

**Directeur de la publication :** Thomas Lesueur

**Dépôt légal :** juillet 2020

**ISSN :** 2552-493X



La France s'est engagée à atteindre la « neutralité carbone » ou « zéro émission nette » à l'horizon 2050, c'est-à-dire que ses émissions de gaz à effet de serre devront être compensées par les capacités de capture du CO<sub>2</sub> des « puits de carbone ».

On appelle valeur « de l'action pour le climat » un prix théorique qu'il faudrait appliquer aux émissions de CO<sub>2</sub>, pour modifier les comportements des acteurs économiques et favoriser les investissements de transition énergétique, de façon à atteindre l'objectif de neutralité carbone.

À l'aide d'un modèle macroéconomique, appelé ThreeME, le CGDD, l'Ademe et l'OFCE ont contribué aux travaux de la Commission Quinet pour estimer la valeur de l'action pour le climat.

Les valeurs élevées obtenues, de 500 à plus de 2000 euros la tonne de CO<sub>2</sub>, en fonction des hypothèses sur la taille des puits de carbone, montrent la difficulté de parvenir à une décarbonation complète de l'économie.

**Quelle valeur  
accorder au CO<sub>2</sub>  
pour parvenir  
à la neutralité  
carbone en 2050 ?**

Une estimation à  
partir du modèle  
ThreeME

**Service de l'économie verte et solidaire**

Sous-direction de l'économie et de l'évaluation

Tour Séquoia - 92055 La Défense Cedex

Courriel : [diffusion.cgdd@developpement-durable.gouv.fr](mailto:diffusion.cgdd@developpement-durable.gouv.fr)