

POLICY BRIEF

MARCHÉ CARBONE EUROPÉEN : LES IMPACTS DE LA RÉFORME ET DE LA RÉSERVE DE STABILITÉ A L'HORIZON 2030

Simon QUEMIN¹ et Raphaël TROTIGNON¹

Un ensemble de réformes vient d'être adopté au niveau européen pour définir les règles de fonctionnement du marché carbone à l'horizon 2030. A partir d'une version refondue du modèle ZEPHYR, ce Policy Brief présente une évaluation des impacts de ces réformes sur le prix des quotas et les réductions d'émissions. Quatre messages principaux en ressortent :

- **La coexistence d'un prix du carbone faible et d'une quantité élevée de quotas inutilisés** s'explique par une baisse non anticipée de la demande de quotas entre 2008 et 2017 due à la dégradation de la situation économique et du succès de politiques, non coordonnées avec la gestion du marché, de soutien aux renouvelables et, dans une moindre mesure, d'incitation à l'efficacité énergétique. A ceci s'est ajouté un choc d'offre résultant de l'utilisation rapide du nombre maximal de crédits Kyoto autorisés.
- **En plus du renforcement du facteur annuel de réduction du plafond**, les réformes adoptées conduisent à une forte diminution de l'offre de quotas par la réserve de stabilité sur la période 2018-2030 (entre 2,8 et 3,7 milliards). Ceci entraîne un net redressement du prix du carbone (en moyenne 25€/tCO₂ et 38€/tCO₂ en 2020 et 2030, contre respectivement 9€/tCO₂ et 13€/tCO₂ dans une situation sans réforme). Cette remontée sera plus forte si les entreprises anticipent dès le début de la période les effets induits par la réforme, mais plus faible dans le cas où elles corrigeraient graduellement leurs anticipations.
- **La mise en place de la réforme devrait entraîner une baisse des émissions** du périmètre couvert de l'ordre de 50% en 2030 par rapport à 2005. Cette baisse, supérieure aux objectifs précédemment affichés, suggère qu'il existe un réel potentiel de réévaluation de l'ambition climatique européenne à des coûts relativement modestes.
- **L'une des vertus prêtées à la MSR par les autorités européennes** serait sa capacité à contrôler les impacts de chocs externes non anticipés tels que ceux ayant affecté le marché depuis 2008. Dans les deux scénarios que nous avons testés, cette capacité stabilisatrice de la réserve apparaît des plus limitées.

¹ Chaire Économie du Climat - Université Paris Dauphine – PSL Research University

Un ensemble de réformes vient d'être adopté au niveau européen pour définir les règles de fonctionnement du marché carbone à l'horizon 2030. Ces réformes sont motivées, d'une part, par la coexistence d'un prix du carbone faible (en moyenne 6€/tCO₂ sur les cinq dernières années) et d'une quantité élevée de quotas inutilisés (1,7 milliard, soit l'équivalent d'un an d'émissions du périmètre couvert), et d'autre part, par l'augmentation nécessaire de l'ambition européenne suite à la COP 21. Elles visent donc à réduire la quantité de quotas en circulation sur le marché par l'utilisation de deux leviers de régulation de l'offre :

- un renforcement du facteur linéaire de réduction du plafond de quotas (LRF, passage de 1,74% à 2,2%) qui correspond à un objectif de réduction des émissions du périmètre couvert de -43% en 2030 par rapport à 2005 ;
- la mise en œuvre, à partir de 2019, d'une « réserve de stabilité » (MSR) qui va moduler de façon automatique la quantité de quotas mise aux enchères en fonction de la quantité de quotas en circulation. Dans la situation actuelle, le fonctionnement de cette réserve pourrait conduire à des retraits importants de quotas. Ces retraits et leurs impacts sur le prix et les trajectoires d'émissions demandent à être quantifiés.

Derrière l'objectif explicite mis en avant par les autorités européennes de réduire la quantité de quotas en circulation sur le marché, l'objectif implicite de ces réformes est de conduire à une hausse du prix. Un deuxième objectif de la MSR évoqué par la Commission est de rendre le marché plus résilient aux chocs de demande externes, en ajustant l'offre de quotas aux enchères en conséquence (d'où le nom de réserve de stabilité).

Ce Policy Brief synthétise tout d'abord les mécanismes représentés dans le modèle ZEPHYR qui nous permettent de simuler des trajectoires de prix du quota et d'émissions dans différentes configurations. Nous évaluons alors les différents volets de la réforme et testons en dernière partie deux variantes comportant des chocs importants de demande non anticipés par le marché.

Une modélisation de l'offre et de la demande de quotas qui rend compte des dysfonctionnements apparus depuis 2008

La demande de quotas sur le marché dépend de l'évolution des émissions dites « au fil de l'eau » (*baseline* en anglais), c'est à dire dans un scénario contrefactuel reconstituant les émissions telles qu'elles auraient été en l'absence d'un prix du carbone. La construction de ce scénario fixe *ex ante* la part des réductions d'émissions qui va être dévolue à l'effet du prix du carbone.

La construction du scénario contrefactuel a été effectuée à partir d'une analyse de décomposition qui permet d'expliquer les variations passées des émissions selon trois facteurs :

- les variations de la production industrielle des secteurs couverts ;
- le développement des énergies renouvelables induit par les soutiens *ad hoc* ;
- les gains d'efficacité énergétique non dépendants du prix du carbone.

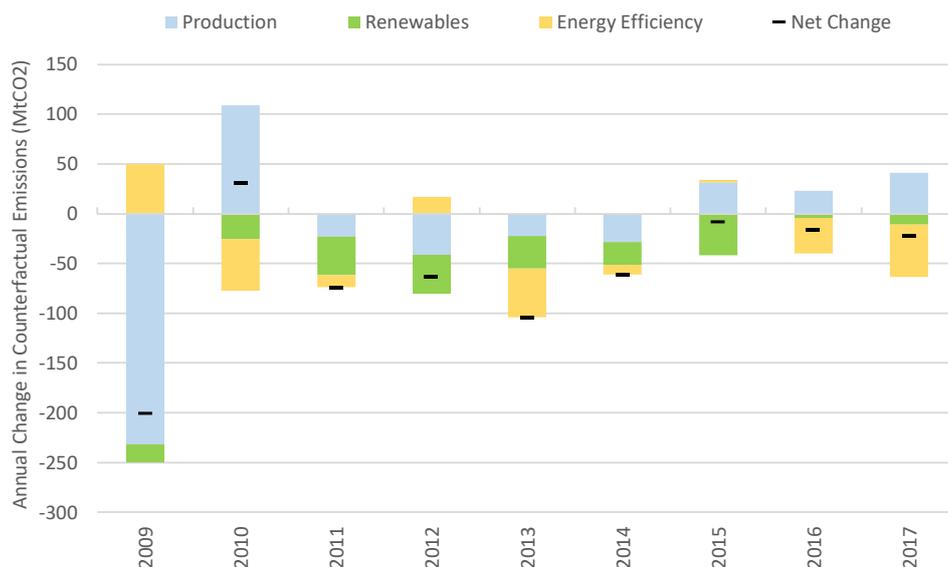


Figure 1 – Décomposition des variations annuelles des émissions contrefactuelles

Sur la période 2009-2017, on constate une forte baisse des émissions contrefactuelles du périmètre couvert. D'une part, la crise économique a fait chuter les émissions et a induit un décalage durable par rapport aux niveaux initialement attendus. Viennent s'ajouter à cela le développement rapide des énergies renouvelables (éolien et solaire principalement) dont l'électricité produite se substitue aux moyens classiques de production plus carbonés couverts par le marché, ainsi que les gains d'efficacité énergétique qui jouent également à la baisse sur les émissions. Parallèlement, l'offre de quotas a varié à la hausse sur la période du fait de l'utilisation massive et rapide de crédits carbone (plus de 1 000 MtCO₂ sur 2008-2012, voir Annexe 1).

La baisse prolongée du prix du carbone et les niveaux élevés de quotas inutilisés, qui sont les deux principaux éléments motivant la réforme, s'expliquent donc par la conjugaison d'une diminution forte et durable des émissions du périmètre couvert et d'un choc d'offre associé à l'utilisation de crédits carbone. Ce constat est largement partagé dans la littérature connexe¹.

Pour simuler la réforme, le modèle ZEPHYR projette les émissions contrefactuelles du périmètre couvert sur la période 2017-2030 en reprenant la technique de décomposition précédemment utilisée avec les hypothèses suivantes :

- une croissance de la production industrielle de 1,8% par an (croissance moyenne pour les industries concernées sur les trois dernières années, tirée d'Eurostat) ;
- un développement de la production d'électricité renouvelable compatible avec les cibles européennes de 20% d'énergie renouvelable en 2020 et 27 % en 2030, supposé indépendant du prix du carbone ;
- une prolongation de la tendance récente des gains d'efficacité énergétique (-0,7%/an en moyenne sur la période 2010-2015), supposée indépendante du prix du carbone.

Cet ensemble d'hypothèses conduit à une baisse tendancielle des émissions contrefactuelles qui atteignent 1 500 MtCO₂ en 2030 (voir Annexe 1).

Sur la base de ces scénarios d'offre et de demande, nous utilisons un modèle d'échange intertemporel de quotas avec minimisation des coûts de conformité dans le temps. Le modèle ZEPHYR constitue ainsi une représentation stylisée de l'EU ETS pouvant incorporer la MSR, avec résolution d'un équilibre de marché annuel pour un agent représentatif ayant un horizon temporel fini. A une année donnée, l'équilibre de marché dépend du *banking* passé (quotas inutilisés) et des anticipations de l'offre et de la demande futures de l'agent représentatif. Ses anticipations peuvent être réajustées sur une base annuelle en fonction des observations des niveaux d'offre effective, de croissance, de pénétration des renouvelables, de gains d'efficacité énergétique, etc. Cette modélisation permet de déterminer des trajectoires de prix, d'émissions et de *banking* au sein de l'EU ETS, ainsi que de mettre en évidence les impacts relatifs de différents designs du marché. Pour plus de détails sur la structure et le calibrage du modèle ZEPHYR, voir Encadré.

D'ici 2030, une réduction importante de l'offre de quotas entraînant un redressement significatif du prix

Nous nous intéressons tout d'abord aux impacts de la réforme sur le prix des quotas. Pour cela, nous comparons les sorties du modèle lorsque nous appliquons pour la période 2018-2030 la continuité des règles de Phase 3 (scénario « LRF 1.74 No Reform ») par rapport à un second scénario avec augmentation du facteur linéaire du réduction du plafond de quotas et mise place d'une réserve de stabilité renforcée (scénario « LRF 2.2 + MSR »). La Figure 2 représente l'évolution du prix du quota simulé en rétrospective sur la période 2008-2017 et en prospective jusqu'en 2030 dans ces deux scénarios.

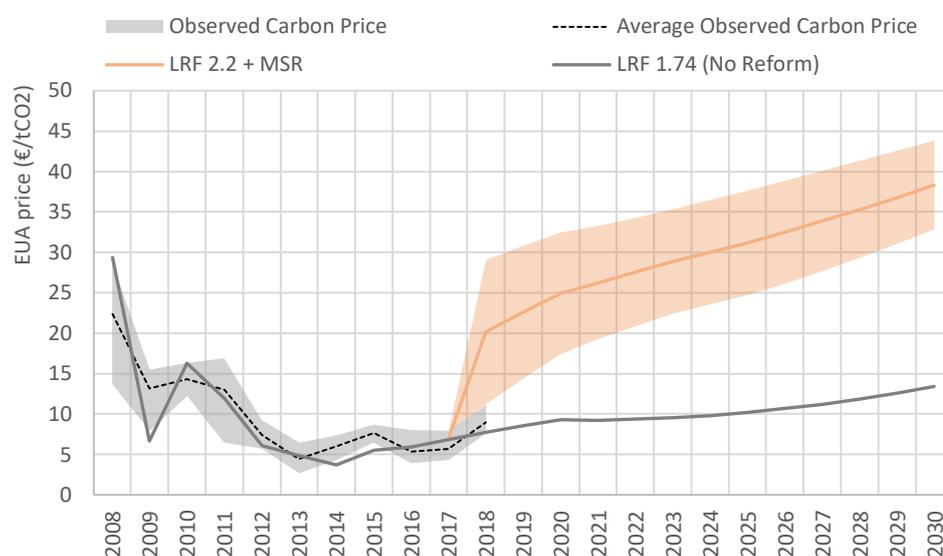


Figure 2 – Évolution du prix du quota simulé, avec et sans réformes

Par rapport au scénario sans réformes, la mise en place de la MSR augmente substantiellement le prix du quota en induisant une restriction additionnelle de l'offre. En effet, la MSR diminue les quantités de quotas mises aux enchères, sans réintroduire ces quotas avant 2030. Ceci se traduit par une augmentation du prix qui passe de 9€/tCO₂ en 2020 et 13€/tCO₂ en 2030 dans le scénario sans réformes à 25€/tCO₂ en 2020 et 38€/tCO₂ en 2030 en moyenne dans le scénario qui tient compte des réformes.

Plusieurs scénarios d'anticipation par le marché des effets de la MSR sont possibles. En effet, l'ajout d'une telle réserve va modifier l'offre future de quotas et cet impact peut être plus ou moins bien anticipé par le marché. Nous matérialisons donc sur le graphique une zone orangée telle que :

- le haut de la fourchette correspond à la situation où les effets de la MSR sur l'offre future de quotas sont anticipés par les acteurs du marché. Autrement dit, ceux-ci prennent en compte dès 2018 et chaque année suivante les augmentations/réductions futures de l'offre de quotas par la MSR sur l'horizon de temps considéré ;
- le bas de la fourchette correspond à la même situation sans cette anticipation. Tout se passe comme si les acteurs du marché découvraient chaque année l'effet de la MSR sur l'offre de quotas (pour plus de détail, se reporter à l'Encadré).

Ces deux situations donnent respectivement le prix maximum et minimum possibles en présence de la MSR. En particulier dans le cas où l'effet de la MSR est anticipé par le marché (haut de la zone orangée), la réduction future de l'offre de quotas par la réserve est perçue comme un signal accru de rareté sur la période considérée, rendant ainsi nécessaires des réductions d'émissions additionnelles. Le prix atteint alors 32€/tCO₂ en 2020 et 44€/tCO₂ en 2030.

On peut également s'intéresser à l'évolution de la quantité de quotas en circulation dans ces différents scénarios (quotas inutilisés ou TNAC dans la Figure 3 ci-dessous). Conformément aux attentes, la MSR réduit bien le nombre de quotas en circulation. En revanche, à l'horizon 2030 cette quantité n'a pas diminué suffisamment pour entrer dans la zone où la MSR serait inactive (entre les seuils en pointillés sur le graphique). La rareté additionnelle créée par la MSR induit des réductions d'émissions supplémentaires qui freinent la diminution de la quantité de quotas inutilisés. Entre 2019 et 2030, la réserve absorbe donc chaque année des quotas. Au total en 2030, entre 3,7 et 4,6 milliards de quotas ont été annulés ou sont encore en réserve (dont 900 milliards provenant du *backloading*, soit un retrait additionnel de la MSR de 2,8 à 3,7 milliards de quotas)².

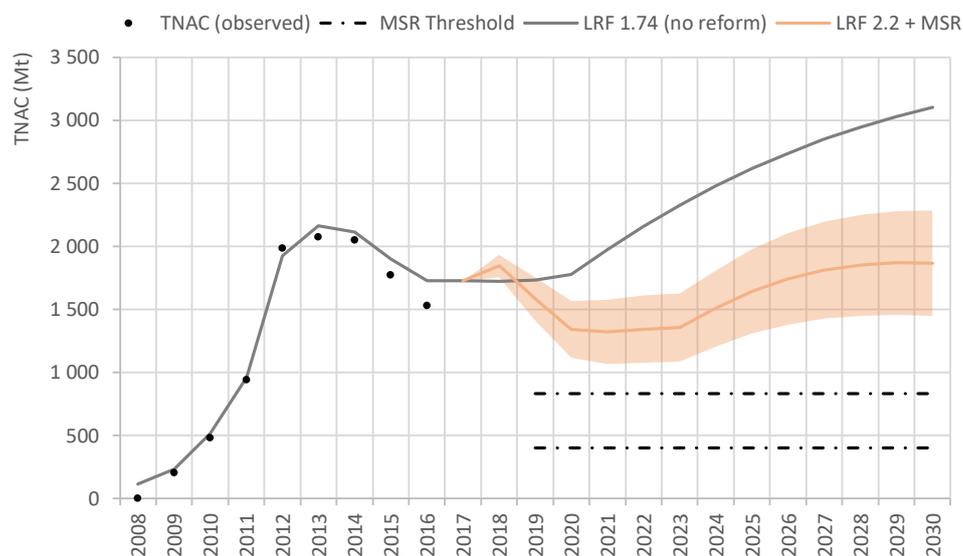


Figure 3 – Évolution du nombre de quotas inutilisés dans différents scénarios

Les retraits de quotas par la MSR s'apparentent donc à une baisse du plafond d'émission à l'horizon 2030. Le tableau ci-dessous présente les chiffres clés issus des différents scénarios testés. On voit que l'adoption de la MSR peut conduire à une baisse d'émissions d'environ 50% en 2030 par rapport à 2005 (l'objectif visé pour le périmètre couvert est de -43%).

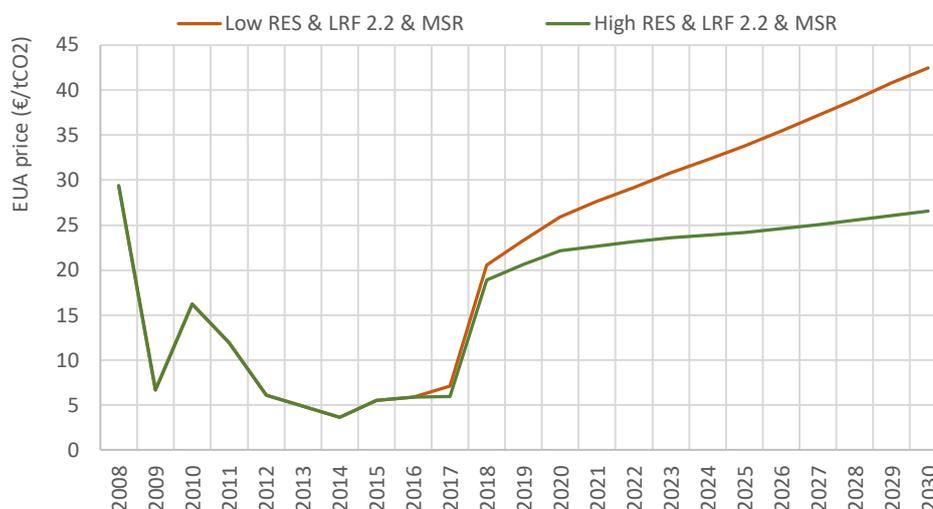
	LRF 1.74 No reform	LRF 2.2 & MSR (low)	LRF 2.2 & MSR (high)
EUA price 2020 (€/tCO ₂)	9	17	32
EUA price 2030 (€/tCO ₂)	13	33	44
Emissions in 2030 (% reduction / 2005)	-38%	-47%	-52%
Total EUAs cancelled or in MSR (MtCO ₂)		3 700	4 600

Tableau 1 – Impacts des réformes adoptées : tableau de synthèse

A la recherche de la capacité « stabilisatrice » de la réserve

L'une des vertus prêtées à la MSR par les autorités européennes serait sa capacité à contrôler les impacts de chocs externes non anticipés tels que ceux ayant affecté le marché depuis 2008, en ajustant de façon rapide et adéquate l'offre de quotas aux enchères (d'où le nom de réserve de stabilité). Nous testons ici cette capacité stabilisatrice dans deux variantes.

Variante 1 : Augmentation/réduction durable de la demande. Nous évaluons tout d'abord l'impact d'un développement des renouvelables plus ou moins prononcé en présence de la MSR.



Note : Nos hypothèses reposent sur la part des sources renouvelables (hors hydraulique) dans la production d'électricité en 2020 (Low RES 20%, High RES 23%) et en 2030 (Low RES 24%, High RES 35%).

Figure 4 – Évolution du prix du quota suivant le développement des renouvelables avec MSR

La Figure 4 représente l'évolution du prix du quota dans ces deux situations avec MSR. Pour simplifier la lecture du graphique, la zone orangée liée à l'anticipation ou non de la MSR n'apparaît plus et nous ne représentons que la trajectoire centrale de prix pour chacun des scénarios. On observe que le fort ou faible développement des renouvelables conduit à des prix nettement différents à l'horizon 2030 (26€/tCO₂ contre 43€/tCO₂), divergence que la MSR ne parvient pas à compenser. De fait, les retraits de quotas par la MSR dans ces deux variantes ne sont pas significativement différents (écart de 200 millions de quotas en 2030, Annexe 2). Ainsi la MSR ne semble pas en mesure de compenser une baisse/hausse prolongée de la demande de quotas.

Variante 2 : Choc de demande à court terme (type crise de 2008). On considère à présent un choc non anticipé sur la croissance de 2022 à 2030 que l'on calque sur les variations observées de croissance à la suite de la crise de 2008 entre 2009 et 2017 (forte diminution la première année, stagnation les suivantes, puis légère reprise).

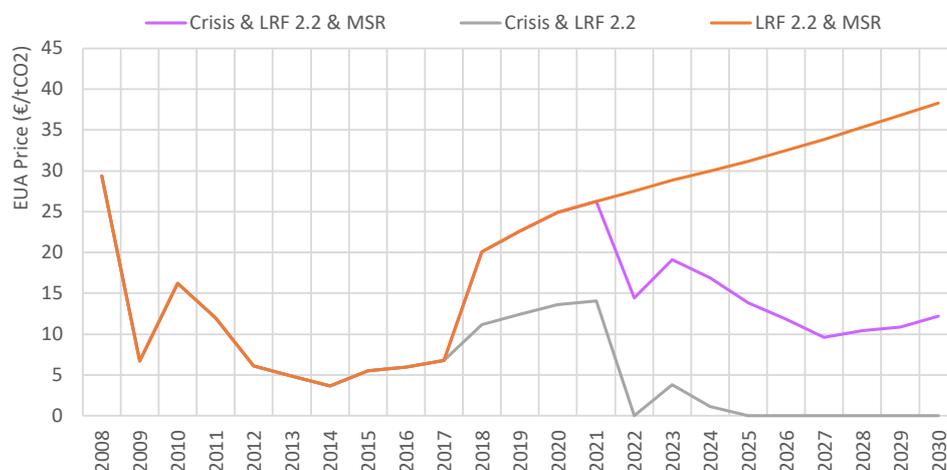


Figure 5 – Effets de la MSR sur le prix du quota en cas de crise

On compare tout d'abord l'effet de la crise sur le prix du quota avec MSR par rapport au scénario sans crise (lignes violettes et oranges sur la Figure 5). La croissance économique étant un facteur déterminant de la demande de quotas, il n'est pas surprenant de constater qu'une crise de cette ampleur entraîne des niveaux de prix beaucoup moins élevés (en 2030, 12€/tCO₂ contre 38€/tCO₂ sans crise). La MSR n'apparaît cependant pas armée pour gommer la divergence de long terme qui s'installe entre le prix sans crise et celui avec crise. Comme dans le cas précédent d'une réduction prolongée de la demande (Variante 1), les retraits de quotas par la MSR avec et sans crise ne sont pas significativement différents (écart de 260 millions de quotas en 2030, Annexe 2).

Enfin, on compare l'effet de la crise sur le prix du quota avec et sans MSR (lignes violette et grise sur la Figure 5). Deux enseignements peuvent en être tirés. Premièrement, la différence en niveau entre ces deux trajectoires de prix s'explique par la restriction de l'offre de quotas qui a été effectuée par la MSR avant la crise. Deuxièmement, les variations relatives de prix au moment du plus fort de la crise sont très similaires. Cela montre que la MSR, en plus d'une faible capacité d'amortissement à moyen terme, a aussi une réactivité limitée à court terme.

Encadré : Structure du modèle ZEPHYR

On considère un marché de quotas d'émission échangeables avec *banking* mais sans *borrowing* pouvant incorporer la MSR telle qu'adoptée en novembre 2017. Il s'agit d'une représentation stylisée de l'EU ETS en temps discret avec pas de temps annuel et un agent représentatif ayant un horizon temporel fini. Le but de la modélisation est de pouvoir, de façon qualitative, déterminer les trajectoires de prix du quota, d'émissions et de *banking* au sein de l'EU ETS ainsi que de mettre en évidence les impacts relatifs de différents designs du marché.

Optimisation inter-temporelle. On considère un marché de quotas en concurrence parfaite et équilibre partiel avec des entreprises couvertes qui minimisent leurs coûts de conformité dans le temps. On peut se ramener l'étude à une firme représentative (Rubin, 1996; Schennach, 2000) ce qui est l'hypothèse dominante dans la littérature académique sur le sujet, en particulier sur les impacts de la MSR (Kollenberg & Taschini, 2016; Perino & Willner, 2016, 2017; Richstein et al., 2015; Salant, 2016)³. Sur un horizon temporel donné, la firme calcule son effort total d'abattement étant données l'offre totale de permis attendue et son anticipation des émissions contrefactuelles. Elle répartit ensuite cet effort d'abattement total sur chaque période de conformité de façon coût efficiente en fonction de ses coûts marginaux d'abattement et du taux d'intérêt qu'elle applique. Chaque année, la firme peut réviser ses anticipations étant données ses observations de niveau de croissance, pénétration des renouvelables, gains en efficacité énergétique, etc⁴.

Equilibre de marché. Chaque année, la demande de quotas de la firme dépend de trois facteurs : le respect du cap annuel (conformité annuelle), un *hedging* à moyen terme et une anticipation de la contrainte à long terme. Pour chacun de ces trois facteurs, la firme calcule son effort d'abattement présent comme décrit dans le paragraphe ci-dessus, et c'est le plus contraignant des trois à la marge qui fait le prix de marché à une année donnée. On considère que le *hedging* se fait sur un horizon temporel de 3 ans avec un taux d'intérêt de 2,5% et que l'anticipation de long terme se fait sur un horizon temporel de 15 ans avec un taux d'intérêt de 5%⁵.

Calibrage. Notre modèle est résolu de 2008 à 2050 avec pas de temps annuel. Nous ne présentons les résultats que jusqu'en 2030 étant donnée la nature du débat actuel et afin d'éviter les effets de bord. Ainsi, le modèle permet de faire de l'ex post sur 2008-2016 puis de l'ex ante sur 2017-2030. En ex post, les anticipations d'offre et de demande de quotas ainsi que leurs révisions ont été décrites à la page 3. Etant donné que le marché s'est avéré amplement long à court terme et ne devient contraignant qu'à long terme, c'est l'anticipation de long terme qui fait le prix sur le marché sur la fenêtre de temps considéré⁶. Notre modélisation nous permet de reproduire de façon qualitativement satisfaisante les variations de prix observés sur le marché (Figure 2) et nous calibrons le coût marginal d'abattement de façon à coller au mieux aux observations en niveau⁷. En ex ante, les anticipations sont parfaites et rationnelles dans notre cadre déterministe excepté à la fin du document où nous introduisons des chocs exogènes non anticipés⁸.

Mise en place de la MSR. La MSR, active dès 2019, est un mécanisme automatique d'ajustement de l'offre de quotas en fonction du nombre total de quotas en circulation, c'est-à-dire du nombre cumulé de quotas distribués mais non encore remis pour conformité (TNAC en anglais). A chaque année t , si le TNAC de l'année $t-1$ est plus grand que 833 millions, alors 24% (sur les 5 premières années) puis 12% (par la suite) de ce TNAC est retiré du volume des enchères annuelles. A contrario, si le TNAC de l'année $t-1$ est plus petit que 400 millions et que la MSR n'est pas vide,

alors 100 millions de quotas sont ajoutés au volume des enchères annuelles. Autrement, la MSR est sans effet. A son démarrage, la MSR est remplie avec 900 millions de quotas correspondant au backloading⁹. Enfin, à partir de 2023 et sur une base annuelle, les quotas présents dans la MSR en dessus du volume des enchères de l'année précédente sont considérés comme annulés.

Anticipation des effets de la MSR. On considère que les effets de la MSR peuvent être anticipés à partir de 2018 car celle-ci a été adoptée fin 2017. Dans le modèle, les anticipations des effets futurs de la MSR sur les décisions présentes se calculent de façon adaptative. Plus précisément, à une année donnée et pour la trajectoire de *banking* donnée sans anticipation des effets de la MSR, la firme est en mesure de calculer l'effet net de la MSR sur l'offre de permis sur son horizon temporel. Ceci lui fait corriger son anticipation de son effort total d'abattement sur la période considérée et donc sa trajectoire de *banking*. Ceci modifie de nouveau l'effet net de la MSR sur l'offre, puis la trajectoire de *banking* de la firme, et ainsi de suite. Puisque le taux d'absorption de la MSR est plus petit que 100%, on approche un point fixe après quelques itérations.

Annexe 1 – Offre de quotas et émissions contrefactuelles

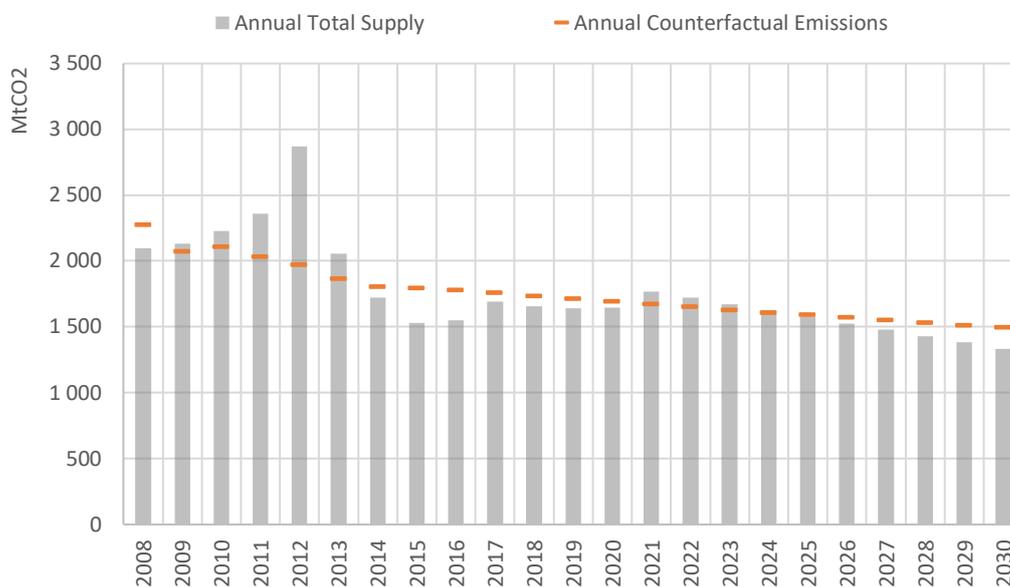
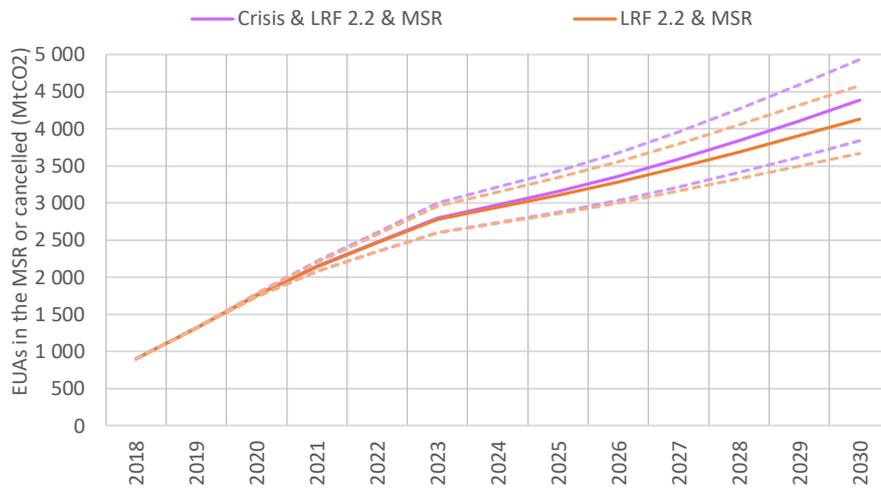
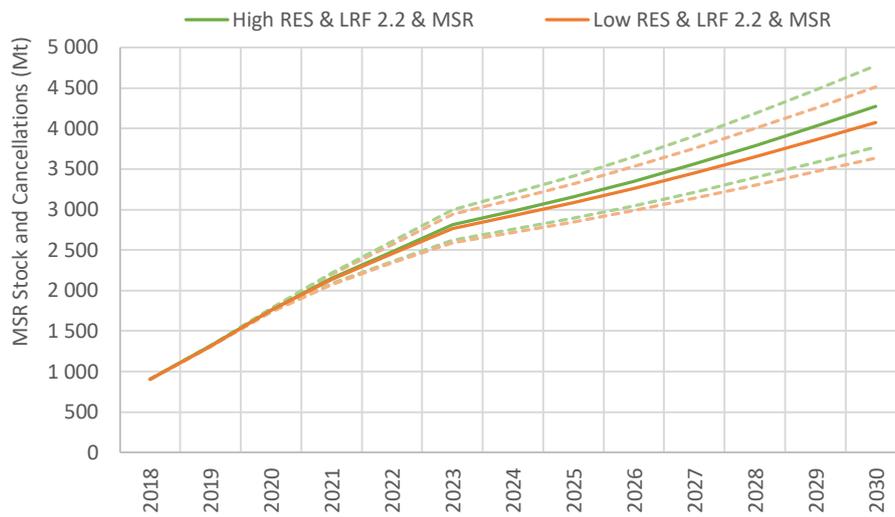
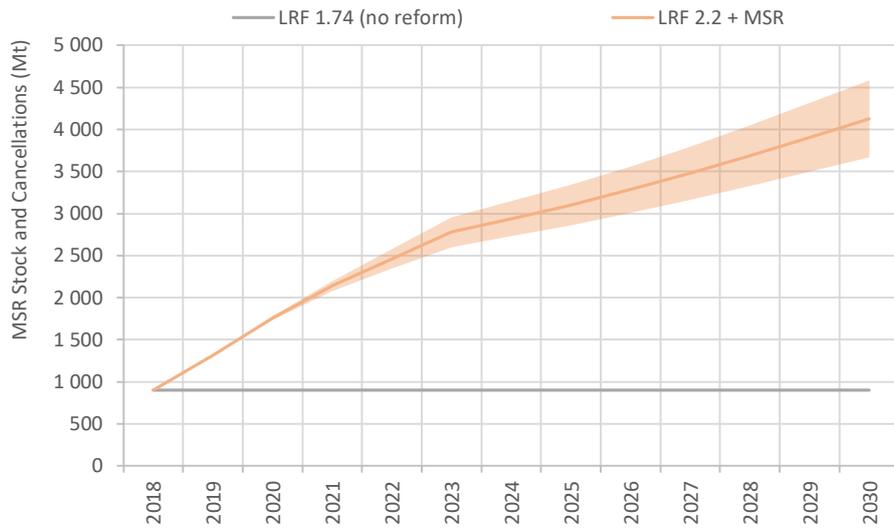


Figure 6 – Offre annuelle de quotas et émissions contrefactuelles

Sur la Figure 6, les traits oranges représentent les émissions contrefactuelles du périmètre couvert. En complément, le graphique représente aussi l'évolution observée de l'offre de quotas. Celle-ci est composée du total des quotas alloués gratuitement, des quantités vendues aux enchères, et des crédits carbone utilisés. Cette quantité a beaucoup varié sur la période 2008-2016. D'une part à la hausse du fait de l'utilisation massive de crédits carbone (plus de 1000 MtCO₂ sur 2008-2012), et d'autre part à la baisse du fait de la mesure dite de *backloading* qui a consisté en une réduction des volumes d'enchère (900 MtCO₂ réparties sur la période 2014-2016).

Annexe 2 – Quotas retirés du marché par la MSR (2019-2030)



Notes

1 Entre autres, le lecteur peut se référer à Borenstein et al. (2016), Ellerman et al. (2016), Fuss et al. (2018), Grosjean et al. (2016), de Perthuis & Trotignon (2014) et Tvinnereim (2014).

2 Dans les scénarios considérés, la MSR ne réinjectant jamais de quotas, le fait que les quotas retirés soient annulés ou non n'impacte pas nos résultats : dans les deux cas, ces quotas ne reviennent pas sur le marché.

3 Voir Chaton et al. (2017) pour une modélisation de la MSR avec concurrence en quantités à la Cournot.

4 Les études empiriques montrent que les entreprises couvertes ont un comportement d'optimisation intertemporelle des coûts de conformité (Hintermann et al., 2016; Koch et al., 2016), même s'il est difficile d'estimer leurs degrés d'optimisation, horizons temporels et niveaux de prospective (*foresight*).

5 Un taux d'intérêt plus élevé (que le taux d'intérêt sans risque) pour l'anticipation de long terme est une façon d'incorporer un biais dans la clairvoyance (*farsightedness*) de la firme ainsi qu'un risque de nature notamment réglementaire (Bredin & Parsons, 2016; Ellerman et al., 2015, Quemin, 2017; Salant, 2016). Notons cependant que nos résultats qualitatifs sont robustes à des changements de taux d'intérêts – nos résultats quantitatifs variant alors de façon prévisible.

6 Tant que l'horizon temporel est en deçà de 10 ans, notre modèle indique un prix nul sur au moins quelques années. Seul un horizon temporel suffisamment allongé permet d'expliquer les niveaux de prix observés. Un horizon temporel de 15 ans donne des variations de prix simulées proches de celles observées.

7 On suppose que le coût marginal d'abattement c est constant et fixe dans le temps, ce qui ne change pas la nature de nos résultats qualitatifs. Afin de reproduire le niveau des prix observés de façon satisfaisante, on détermine par la méthode des moindres carrés que $c=1.10^{-7}\text{€}/(\text{tCO}_2)^2$ environ.

8 En anticipations parfaites et rationnelles (Deaton & Laroque, 1992, 1996; Hotelling, 1931; Samuelson, 1971), soit le prix croît au temps d'intérêt correspondant (celui de *hedging* ou de long terme), soit le cap annuel est contraignant et, le *borrowing* étant proscrit, le prix augmente moins vite que le taux d'intérêt.

9 La MSR pourrait également recueillir les permis non distribués sur la Phase III, c'est-à-dire la différence entre le cap et le nombre de permis réellement distribués, nombre qui se situe dans une fourchette de 500 à 1000 millions. Nous n'incluons pas ces permis dans la MSR et notons que cela ne modifie pas nos résultats.

Références

- Borenstein, S., Bushnell, J., Wolak, F. & Zaragoza-Watkins, M. (2016). *Expecting the Unexpected: Emissions Uncertainty and Environmental Market Design*. Working Paper 20999, National Bureau of Economic Research.
- Bredin, D. & Parsons, J. (2016). Why is Spot Carbon so Cheap and Future Carbon so Dear? The Term Structure of Carbon Prices. *The Energy Journal*, 37(3), 83-107.
- Chaton, C., Creti, A. & Sanin, M-E. (2017). *Assessing the Implementation of the Market Stability Reserve*, Working Paper 2017-08, Chaire Economie du Climat, Paris.
- Deaton, A. & Laroque, G. (1992). On the Behaviour of Commodity Prices. *The Review of Economic Studies*, 59(1), 1-23.
- Deaton, A. & Laroque, G. (1996). Competitive Storage and Commodity Price Dynamics. *Journal of Political Economy*, 104(5), 896-923.
- Ellerman, A. D., Valero, V. & Zaklan, A. (2015). *An Analysis of Allowance Banking in the EU ETS*. Working Paper RSCAS 2015/29, European University Institute.
- Ellerman, A. D., Marcantonini, C. & Zaklan, A. (2016). The European Union Emissions Trading System: Ten Years and Counting. *Review of Environmental Economics & Policy*, 10(1), 89-107.
- Fuss, S., Flachsland, C., Koch, N., Kornek, U., Knopf, B., Edenhofer, O. (2018). An Assessment Framework for Intertemporal Economic Performance of Cap-and-Trade Systems: Lessons from the EU ETS, *Review of Environmental Economics & Policy*, forthcoming.
- Hintermann, B., Peterson, S. & Rickels, W. (2016). Price and Market Behavior in Phase II of the EUETS: A Review of the Literature. *Review of Environmental Economics & Policy*, 10(1), 108-28.
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-75.
- Koch, N., Grosjean, G., Fuss, S. & Edenhofer, O. (2016). Politics Matters: Regulatory Events as Catalysts for Price Formation under Cap-and-Trade. *Journal of Environmental Economics & Management*, 78, 121-39.
- Kollenberg, S. & Taschini, L. (2016). Emissions Trading Systems with Cap Adjustments. *Journal of Environmental Economics & Management*, 80, 20-36.
- Perino, G. & Willner, M. (2016). Procrastinating Reform: The Impact of the Market Stability Reserve on the EU ETS. *Journal of Environmental Economics & Management*, 80, 37-52.
- Perino, G. & Willner, M. (2017). EU-ETS Phase IV: Allowance Prices, Design Choices and the Market Stability Reserve. *Climate Policy*, 17(7), 936-46.
- de Perthuis, C. & Trotignon, R. (2014). Governance of CO₂ Markets: Lessons from the EUETS. *Energy Policy*, 75, 100-6.
- Quemin, S. (2017). *Intertemporal Abatement Decisions under Ambiguity Aversion in a Cap and Trade*, Working Paper 2017-03, Chaire Economie du Climat, Paris.
- Richstein, J. C., Chappin, É. J. L. & de Vries, L. J. (2015) The Market (In-)Stability Reserve for EU Carbon Trading: Why it may Fail and how to Improve it. *Utilities Policy*, 35,1-18.
- Rubin, J. D. (1996). A Model of Intertemporal Emission Trading, Banking and Borrowing. *Journal of Environmental Economics & Management*, 31(3), 269-86.
- Salant, S. W. (2016). What Ails the European Union's Emissions Trading System? *Journal of Environmental Economics & Management*, 80, 6-19.
- Samuelson, P. A. (1971). Stochastic Speculative Price. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 68(2), 335-7.
- Schennach, S. M. (2000). The Economics of Pollution Permit Banking in the Context of Title IV of the 1990 Clean Air Act Amendments. *Journal of Environmental Economics & Management*, 40(3), 189-210.
- Tvinnereim, E. (2014). The Bears are Right: Why Cap&Trade Yields Greater Emission Reductions than Expected, and what that Means for Climate Policy. *Climatic Change*, 127(3), 447-61.

POLICY BRIEF

DERNIÈRES PARUTIONS

- La co-combustion de bois dans les centrales charbon aux États-Unis :
Un moyen détourné de prolonger l'usage du charbon ?** N°2018-02
Vincent BERTRAND
- Loi de finances 2018: Vers une taxe carbone "à la Suédoise"?** N°2018-01
Christian de PERTHUIS, Anouk FAURE
- Climate Policy in the new US Administration** N°2017-02
Jonathan B.WIENER
- Le Winter Package : quelles ambitions pour quelle cohérence ?** N°2017-01
Anna CRETÍ, Jacques PERCEBOIS, Boris SOLIER
- ICAO's global offset mechanism draws worldwide attention to
international aviation emissions** N°2016-02
Shahbano SOOMRO
- Quelle réforme de l'EU ETS après l'Accord de Paris et le Brexit?** N°2016-01
Christian de PERTHUIS, Boris SOLIER, Raphaël TROTIGNON
- Un prix plancher du carbone pour le secteur électrique : quelles
conséquences ?** N°2015-03
Christian de PERTHUIS, Boris SOLIER, Raphaël TROTIGNON
- Prix du carbone : Les pistes pour l'après COP 21** N°2015-02
Christian de PERTHUIS, Pierre-André JOUVET, Raphaël TROTIGNON

Directeur des publications Policy Briefs : Raphaël Trotignon

Les opinions exprimées dans ces documents par les auteurs nommés sont uniquement la responsabilité de ces auteurs.

Ils assument l'entière responsabilité de toute erreur ou omission.

La Chaire Économie du Climat est une initiative de l'Université Paris Dauphine, de la CDC, de Total et d'EDF, sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance.