

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur : ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite de ce travail expose à des poursuites pénales.

Contact : portail-publi@ut-capitole.fr

LIENS

Code la Propriété Intellectuelle – Articles L. 122-4 et L. 335-1 à L. 335-10

Loi n°92-597 du 1^{er} juillet 1992, publiée au *Journal Officiel* du 2 juillet 1992

<http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg-droi.php>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITY OF TOULOUSE CAPITOLE
TOULOUSE SCHOOL OF ECONOMICS

HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

Discipline : Sciences Economiques

présentée et soutenue publiquement le 17/06/2015 par

Guy MEUNIER

Incertitude et politique environnementale

JURY

- Stéfan Ambec, Directeur de recherche INRA, LERNA - TSE
- Mireille Chiroleu Assouline, Professeur, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
- Matthieu Glachant, Professeur, MINES ParisTech
- Michel Moreaux, Professeur, Université Toulouse 1 Capitole - TSE.
- Jean-Pierre Ponsard, Directeur de recherche CNRS, Ecole Polytechnique

L'Université de Toulouse n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Table des matières

1	Parcours	7
2	Incertitude et mix technologique	9
2.1	Survol de la littérature	9
2.2	Mix technologique et marchés de l'électricité	10
2.3	Incertitude et importation	12
3	Réglementation environnementale et incertitude	13
3.1	Intégration de marché de permis, Hayek et la pollution	14
3.2	Fuite de carbone	16
3.3	Recherches en cours	18
4	Innovation et environnement	21
4.1	Tension entre innovation "verte" et environnement	21
4.2	Transition sectorielle	23
4.3	Learning-by-doing	24
5	Conclusion	26
	Référence	35
	Curriculum Vitae	37

1 Parcours

L'objectif du présent texte est de présenter mes recherches et quelques réflexions et perspectives. La colonne vertébrale de ces recherches porte sur l'influence de l'incertitude sur les décisions d'investissement et la politique environnementale. Plusieurs articles ont été publiés sur ce thème, d'autres concernent des sujets plus satellites. Dans cette partie, ces recherches sont résumées de façon chronologique.

Je me suis intéressé à l'organisation des marchés de l'électricité lors de ma thèse ; aux réglementations environnementales, essentiellement celles concernant les émissions de gaz à effet de serre à partir de mon post-doc ; et depuis mon recrutement à l'INRA, aux politiques nutritionnelles. Ce sont souvent les aspects normatifs qui m'attirent : le choix de critère d'évaluation et le design de politique optimale. Le rôle de l'incertitude et les questions d'investissement et d'innovation sont une préoccupation récurrente. Travailler sur des questions relativement appliquées amène naturellement à devoir mobiliser plusieurs littératures en économie industrielle, économie de l'environnement et économie publique.

Ma thèse (Meunier, 2008) portait sur les marchés de l'électricité et les questions d'investissement. Un problème fondamental des systèmes électriques, qu'ils soient régulés ou libéralisés, est la détermination d'un mix-technique optimal pour satisfaire une demande variable. Avec la libéralisation, les débats ont notamment porté sur les éventuelles causes d'un sous-investissement : pouvoir de marché, gestion du risque, mauvais design. J'ai écrit trois articles sur ces questions (Meunier, 2010, 2013, 2014b).

Ensuite, avec Jean-Pierre Ponsard, nous avons travaillé sur les conséquences de la mise en place d'une réglementation domestique sur les émissions de CO₂, nous avons travaillé sur les problèmes d'équité internationale et de fuite de carbone. Le premier sujet a donné lieu à un article sur les accords sectoriels comme potentiels compromis à un ensemble de verrous dans les négociations internationales (Meunier et Ponsard, 2012). Sur le deuxième sujet, les fuites de carbone, nous nous sommes intéressés aux questions d'investissement en capacité de production et de relocalisation. Notre modèle de commerce international ressemble au modèle de mix-optimal, les importations jouant le rôle de la pointe. L'incertitude sur la demande de bien polluant joue un rôle central. Nous avons étudié de façon descriptive ce modèle (Meunier et Ponsard, 2014), puis, avec Philippe Quirion, en avons étudié les conséquences pour le design de l'EU-ETS (Meunier et al., 2014). Cette dernière analyse a fait apparaître un mécanisme qui semble généralisable sur les

réglementations environnementales dans l'incertain notamment, car il ré-apparaît dans des recherches en cours. Par ailleurs, nous avons procédé à une validation empirique de notre modèle avec Catherine Thomas (LSE) (Meunier et al., 2015).

En parallèle, à la fin de ma thèse, j'ai travaillé sur la fusion de marchés de permis d'émission en situation de concurrence imparfaite et d'incertitude (Meunier, 2011). Travail qui m'a familiarisé avec l'article de Weitzman (1974) sur la comparaison d'instruments, et la défense faite par Hayek (1945) des marchés comme moyens d'exploiter une information dispersée. L'article de Weitzman (1974) m'a inspiré un article plus récent, en révision, dans lequel j'applique la méthodologie dans un cadre avec fuite de carbone.

Par ailleurs mes recherches en cours sur les politiques nutritionnelles partagent des similarités conceptuelles avec celles sur la réglementation environnementale dans l'incertain. L'hétérogénéité des consommateurs est au centre de ces recherches, et elle est relativement similaire à une incertitude pour un régulateur qui ne peut pas fixer des taxes individuelles.

Le progrès technique est très présent dans mes recherches reflétant sa place dans les débats de politiques publiques. J'ai travaillé sur différents aspects du développement et de la diffusion de technologies moins polluantes parfois en lien avec l'incertitude. Avec Dominique Finon (CNRS, CIRED), nous avons étudié la valeur d'option associée au développement d'une technologie propre immature (Meunier et Finon, 2013). Avec Thierry Bréchet (CORE), nous nous sommes intéressés à l'adoption d'une technologie moins polluante par des firmes en concurrence (Bréchet et Meunier, 2014), et l'influence d'une myopie du régulateur.

Ensuite, je me suis intéressé à certains aspects stratégiques. Avec Claire Chambole (INRA, AliSS) et Clémence Christin (Université de Caen) nous avons travaillé sur l'interaction entre innovation et stratégie d'outsourcing ou d'intégration verticale pour le développement de marque de distributeur. Avec Jean-Philippe Nicolai (ETH-Zurich), c'est l'effet sur le profit des firmes d'une taxe environnementale et l'influence de la technologie d'abattement que nous avons étudié (Nicolai et Meunier, 2014). Avec Francisco Ruiz-Aliseda (Ecole Polytechnique) et Jean-Pierre Ponsard, nous étudions l'influence de la politique antitrust sur la probabilité d'entrer des firmes sur un nouveau marché. L'incertitude émerge des problèmes de coordination entre les firmes.

Plus récemment, ce sont les aspects dynamiques à plus long terme qui ont retenu mon attention et nourrissent des recherches actuelles et des perspectives. Ces recherches ont été initiées par une collaboration avec Adrien Vogt-Shilb (CIRED,

Banque Mondiale) et Stéphane Hallegate (banque Mondiale). Nous avons étudié les dynamiques de transition d'un secteur et réfléchi à la notion de coût marginal d'abattement dans un cadre dynamique (Vogt-Schilb et al., 2012).

2 Incertitude et mix technologique

2.1 Survol de la littérature

Que cela soit dans les discussions sur le fonctionnement des marchés de l'électricité ou celles sur les réglementations environnementales, la question de l'influence de l'incertitude ou du risque sur les incitations des firmes à investir est récurrente et importante. Il peut s'agir d'investissement en capacité de production ou en R&D. Les risques ou incertitudes concernés peuvent être associés aux conditions de marchés (ex : prix de l'énergie, niveau de la demande) ou à l'évolution des règles (ex : fonctionnement de l'EUETS post 2030).

Il existe plusieurs canaux par lesquels l'incertitude peut influencer les décisions d'investissement de firmes dans un secteur donné. Il me semble que les grilles d'analyses proposées dans la littérature peuvent être rassemblées en trois groupes. J'associe un groupe à un facteur explicatif d'une éventuelle influence de l'incertitude sur un choix, les groupes peuvent se superposer et différents facteurs être mobilisés dans certains articles.

Le premier groupe est constitué d'analyses reposant sur la forme de la fonction de production et la notion de flexibilité. La firme prend une décision irréversible (ex : capital) puis, sur le court terme, connaissant le niveau de la demande et du prix des inputs variables, choisit ces inputs (ex : travail). Selon la forme de la fonction de production, l'incertitude sur les divers éléments va jouer sur la décision irréversible. Le choix du capital et du travail d'une firme est l'un des exemples étudié dans l'article fondateur de Rothshild et Stiglitz (1971). Les analyses de mix-technologique optimal appartient à ce groupe.

Le deuxième groupe rassemble les analyses introduisant l'aversion au risque des firmes. Les analyses sont alors proches de la micro-économie du risque (cf Gollier, 2004) et renvoient à la notion de couverture de risque (cf Dhrymes, 1964; Baron, 1970, 1971; Leland, 1972, pour les travaux fondateurs). Il faut noter que dans le cadre de l'équilibre général le rapport au risque des firmes n'est pas déterminant car leur profit est sûr si les marchés sont complets.

Finalement, le troisième est associé à la notion de valeur d'option. Cette notion

a été initiée dans le domaine de l'économie de l'environnement (Arrow et Fisher, 1974; Henry, 1974b,a) dans une perspective d'économie publique, elle a ensuite été utilisée en économie industrielle (McDonald et Siegel, 1986; Pindyck, 1988; Dixit et al., 1994), avec une définition légèrement différente (Mensink et Requate, 2005). La valeur d'option est la valeur associée à l'obtention d'information demain sur la valeur d'un bien que je peux détruire aujourd'hui *ou demain*. Cette valeur peut m'inciter à renoncer à détruire le bien aujourd'hui¹. Le succès de cette notion vient sûrement du fait qu'elle modélise l'idée intuitive qu'en présence d'incertitude il peut être opportun de reporter des décisions irréversibles.

Ces analyses peuvent être mobilisées pour comprendre l'effet de l'incertitude ou de la structure informationnelle sur les décisions des firmes. D'un point de vue normatif, aucune défaillance de marché n'est clairement associée à ces différentes situations, si ce n'est dans le cas de l'aversion au risque qui sous-entend une incomplétude des marchés ou un dysfonctionnement du marché du capital. Ainsi, l'incertitude en soi ne justifie pas une intervention publique mais elle va potentiellement modifier une intervention motivée par ailleurs. L'exemple emblématique étant l'influence de l'incertitude ou de l'asymétrie d'information sur le choix de l'instrument entre une taxe et un système de quota (Weitzman, 1974).

Pendant ma thèse, travaillant sur les marchés de l'électricité je me suis intéressé à l'effet de l'incertitude ou des variations de la demande sur le choix de mix technologique. Puis progressivement je me suis intéressé aux questions de réglementations environnementales dans divers contextes de second rang, et notamment en présence d'incertitude sur la demande de bien polluant. Ces dernières recherches sont toujours en cours.

2.2 Mix technologique et marchés de l'électricité

Un problème fondamental des systèmes électriques, quelque soit leur mode de gestion, est la satisfaction d'une demande variable pour un bien non (ou peu) stockable via un réseau qui ne souffre pas de déséquilibre entre production et consommation. Ainsi, s'est développée une théorie du mix-technologique optimal, et de la tarification de pointe, pour produire une quantité variant dans le temps (voir Crew et al., 1995, pour une synthèse).

1. Au sein de cette littérature les auteurs se demandent notamment qu'elle est l'effet de la précision de l'information à la Blackwell (1951) reçue demain sur la décision d'aujourd'hui (voir Salanié et Treich, 2009, pour une récente tentative de synthèse).

Dans cette littérature, une technologie est caractérisée par un coût irréversible d'investissement et un coût variable de production. Une technologie de base a un coût d'investissement élevé et un coût variable faible, et inversement pour une technologie de pointe. Cette littérature s'inscrit dans le premier groupe de travaux mentionné au dessus : la flexibilité étant liée aux technologies disponibles dans le mix, une technologie de pointe est plus "flexible" qu'une technologie de base car une part moins importante de ses coûts est irréversible.

Avec la libéralisation des systèmes électriques, le choix du mix technologique a été confié aux forces plus ou moins encadrées du marché, et il est devenu essentiel de comprendre à quel point l'équilibre de marché allait s'écarter de l'optimum². Plusieurs arguments justifient une sous-optimalité de cet équilibre : i) l'exercice de pouvoir de marché, ii) le risque et l'incomplétude des marchés et iii) un mauvais design (prix plafond, rémunération de la réserve).

Dans un article constituant un chapitre de ma thèse et publié en 2010 (Meunier, 2010), j'étudie l'influence du pouvoir de marché et de la structure industrielle sur la capacité totale construite et sa composition entre deux technologies. Je construis un modèle relativement standard avec une demande variable et deux technologies (base/pointe). Faisant l'hypothèse de comportement non stratégique sur le court terme mais stratégique sur le long terme, j'isole l'influence du pouvoir de marché sur les décisions d'investissement et obtiens un modèle facile à manipuler. Cette hypothèse m'empêche cependant de considérer la dimension stratégique de la flexibilité (Boyer et Moreaux, 1997).

Je considère que les firmes sont soit spécialisées dans une des technologies soit généralistes et étudie l'influence de la composition de l'oligopole sur l'investissement et le bien-être. Je m'intéresse notamment aux situations dans lesquelles une augmentation du nombre de firmes spécialisées dans une des techniques va induire une déformation du mix technologique telle que le bien-être va diminuer, malgré l'intensification de la concurrence et l'augmentation de la capacité totale (donc du surplus des consommateurs)³.

Dans deux articles écrits après ma thèse (Meunier, 2013, 2014b), inspirés de débats sur la situation du nucléaire vis-à-vis du gaz, c'est l'influence de l'aversion

2. Le contexte est : la crise Californienne de 2001, et le besoin de renouvellement d'une grande partie du parc Européen. Les gouvernements européens continentaux sont assez sceptiques quant aux bénéfices de la libéralisation et de la concurrence et privilégient l'émergence de "champions".

3. Ce résultat peut se rapprocher des résultats sur l'effet d'une augmentation du nombre de firmes inefficaces dans un oligopole de Cournot "standard" (Lahiri et Ono, 1988; Zhao, 2001). Une différence notable étant qu'ici les deux technologies sont efficaces et utilisées à l'optimum.

au risque sur l'investissement et la composition du mix-technologique que j'étudie. Les deux articles ne sont pas paru dans leur ordre de conception. Dans ces deux articles les firmes sont averses au risques et vont choisir leur mix ou portefeuille technologique en intégrant des aspects de diversification.

Dans le premier article (Meunier, 2014b), je cherche à comprendre si le risque seul peut expliquer que des firmes averses au risque n'investissent pas dans une technologie rentable en espérance. Le modèle est standard et général : il y a deux technologies disponibles avec des coûts incertains, les firmes choisissent leur production avant la réalisation de l'incertitude. L'une des technologies a une espérance de coût plus faible que l'autre, et devrait être la seule utilisée si les marchés étaient complets. Le risque incite une firme averse au risque à se diversifier dans la technologie chère. Et dans certaines configurations, lorsque la technologie la moins chère (en espérance) est très risquée et les risques associés aux deux technologies suffisamment corrélés, la technologie la moins chère (en espérance) n'est pas utilisée alors que la technologie chère l'est.

Dans le second article (Meunier, 2013), je reprends un modèle avec une demande variable et deux technologies disponibles similaire à celui développé dans l'article de 2010 (Meunier, 2010). J'introduis dans ce cadre une incertitude sur le coût variable de la technologie de pointe et considère des firmes averses au risque (mais sans pouvoir de marché). Ici, je distingue les variations de la demande, bien anticipées et non risquées, du risque sur le coût de la technologie de pointe (le gaz). En l'absence de risque les deux technologies sont utilisées, et c'est l'influence du risque sur le mix qui est étudié.

Le phénomène mis en exergue est que le risque sur le coût de la technologie de pointe se transmet au prix de l'électricité quand cette technologie est marginale. Ainsi, la technologie de base (le nucléaire ou les renouvelables) est contaminée par le risque provenant de technologie de pointe via le prix de l'électricité. Alors, selon les caractéristiques des coûts, et la forme de la distribution de la demande, deux situations peuvent se produire. Dans la situation intuitive le risque va induire les firmes à réduire leur investissement total et augmenter la part de la technologie de base. Mais dans d'autres situations, il est possible que le contraire se réalise, les firmes augmentent leur capacité totale et la part de la technologie de pointe dont provient le risque.

2.3 Incertitude et importation

Finalement, avec Jean-Pierre Ponsard et Catherine Thomas, économètre à la LSE, à partir de l'observation de certains secteurs polluants, nous avons développé un modèle original de commerce international fondé sur l'irréversibilité et les variations de la demande. Ce modèle s'inspire des modèles de mix-technologique évoqués plus haut, les importations jouant le rôle d'une technologie de pointe⁴. Dans un article à paraître (Meunier et al., 2015), nous étudions théoriquement et empiriquement l'influence de l'incertitude sur l'investissement en capacité de production lorsque les firmes peuvent importer. Nous explicitons dans un tel modèle l'ambiguïté théorique de l'effet d'une augmentation de risque à la Rothshild et Stiglitz (1970) sur l'investissement. Nous montrons comment cette relation dépend du prix des importations.

Le résultat théorique peut être mis en parallèle avec les résultats obtenus dans la littérature sur la valeur d'option (Abel et al., 1996) : la possibilité d'importer joue un rôle similaire à la possibilité d'étendre sa capacité demain, alors que la possibilité de produire moins que sa capacité joue le rôle d'une possibilité à désinvestir demain. Nous utilisons des données sur le marché du ciment aux Etats-Unis, pour valider nos prédictions en exploitant le fait que le ciment se transporte bien par voie maritime mais mal par voie terrestre.

3 Réglementation environnementale et incertitude

A la fin de ma thèse et lors de mon post-doc à l'Ecole polytechnique, j'ai travaillé sur les réglementations des gaz à effet de serre au sein d'une équipe constituée autour de Jean-Pierre Ponsard et liée à la chaire Développement Durable entre EDF et l'Ecole Polytechnique. Ces recherches continuent aujourd'hui. Je commence par quelques éléments du contexte motivant ces recherches avant de les décrire.

Nos réflexions se sont développées à partir de l'observation des négociations climatiques internationales et de la situation européenne. Il semble entendu que l'avenir des négociations climatiques n'est pas un accord type Kyoto, proche de la

4. Ce modèle permet d'expliquer le commerce intra-industrie sans avoir recours aux hypothèses de substituabilité imparfaite, de concurrence imparfaite et d'économie d'échelle communes dans la nouvelle économie internationale (Krugman, 1979, 1980; Helpman, 1981; Lancaster, 1980).

solution textbook, avec un marché mondial de permis ou une taxe mondiale, mais plutôt un patchwork d'initiatives unilatérales plus ou moins coordonnées entre elles.

La mise en place d'une réglementation environnementale provoque souvent des débats sur la concurrence internationale et la compétitivité de l'industrie domestique. Ces débats sont associés à des critiques du bilan environnemental de telles réglementations unilatérales. Les efforts, réalisés en réduisant la production polluante locale, seraient compensés par la hausse de la pollution associée aux importations. Ainsi, la réglementation environnementale ne ferait qu'induire une délocalisation de la pollution et des pertes d'emplois.

Par ailleurs, le marché de permis d'émission de CO₂ européen, l'EU-ETS, est un élément central de la politique climatique européenne. D'autres marchés de permis sont mis en place dans le monde (Californie-Québec, RGGI, Australie, Nouvelle-Zélande, Chine). Le design de l'EU-ETS est débattu et évolue. Il y a une incertitude sur la pérennité à très long-terme du système et sur l'évolution des règles : évolution du plafond d'émissions (quantité totale de permis), liens entre les différentes phases,⁵ règles d'allocations des permis, encadrement du prix. Les prix de l'EU-ETS sont variables et ont chuté lors de chacune des trois phases, témoignant de l'incertitude sur la valeur d'une émission de CO₂. Ces variations du prix des émissions de CO₂ semblent problématiques et sont critiquées.⁶

3.1 Intégration de marché de permis, Hayek et la pollution

La justification d'un prix mondial du CO₂ ou d'un marché unique de permis d'émission est fondée sur un cadre d'analyse de premier rang : l'ensemble des marchés sont supposés bien fonctionner. Dans le dernier chapitre de ma thèse (Meunier, 2011), j'étudie l'intégration de deux marchés de permis d'émission lorsque les secteurs concernés sont oligopolistiques. Les firmes sont preneuses de prix sur les marchés de permis mais exercent leur pouvoir de marché sur le marché du bien. Alors qu'il est toujours bénéfique d'intégrer des marchés de permis en situation

5. l'EU-ETS est dans sa troisième phase qui doit durer de 2013 à 2020. La première phase pilote a duré de 2005 à 2007 et la deuxième phase de 2008 à 2012.

6. Il n'est pas évident de savoir si les critiques de l'incertitude ne sont pas en fait des critiques des prix bas observés. Les firmes prétendent avoir besoin de stabilité et de prédictibilité pour réaliser des investissements de long-terme. A priori, elles ont surtout besoin d'un prix du carbone actuel et futur élevé et il n'est pas évident que les hésitations actuelles soient plus liées à l'incertitude qu'à, plus simplement, l'anticipation d'un prix espéré du CO₂ bas.

de concurrence pure et parfaite ce n'est plus le cas en situation de concurrence imparfaite. Si le pouvoir de marché n'est pas directement corrigé, il faut conserver deux marchés distincts dont il faut attentivement fixer les plafonds respectifs⁷.

En présence d'incertitude la fixation optimale des plafonds d'émissions locaux n'est pas possible. L'intégration des marchés de permis peut alors être intéressante car elle assure que l'information sur les niveaux de demande et de coûts locaux soit exploitée dans l'allocation (par le marché de permis) du plafond global. Même si le marché de permis intégré alloue mal le plafond global (à cause d'imperfections locales), le fait que l'allocation soit conditionnelle à l'information disponible (dans mon cadre les niveaux de demande des biens) peut justifier l'intégration des marchés de permis.

Outre le résultat relatif à l'intégration de permis de marchés d'émission, il me semble qu'un message plus général sur les analyses de réglementations environnementales peut être retiré. Dans de nombreux articles, divers ingrédients sont introduits dans un modèle (ex : concurrence imparfaite) et aboutissent à des prescriptions de politiques publiques (ex : ne pas intégrer les marchés de permis) parfois très sophistiquées (ex : fixer les plafonds locaux selon telle règle). Mais pour tirer des conclusions pratiques il est indispensable de penser la base informationnelle nécessaire. En plus des incertitudes sur les fondamentaux, il y a même une incertitude sur le modèle pertinent pour représenter la concurrence. Évidemment, si le régulateur sait tout il n'a pas à se demander comment fonctionnent les marchés qu'il régule, il lui suffit de fixer des quotas de production à toutes les firmes concernées.

Il me semble que l'attrait de l'analyse de Weitzman (1974), plutôt que de fournir un argument décisif en faveur d'un instrument prix ou quantité, est d'offrir un cadre d'analyse pour penser cette asymétrie informationnelle. Le régulateur ne connaît qu'imparfaitement les goûts des consommateurs, les coûts des entreprises, les futures technologies disponibles, les substitutions possibles. La mise en place d'une réglementation a des effets plus ou moins bien anticipés. On comprend bien que face à cette incertitude un régulateur puisse préférer à une taxe des instruments plus directifs, comme des quotas ou des normes techniques, pour garantir le résultat. Mais ces instruments en contraignant les acteurs ont un coût, difficile à

7. Ce résultat est bien connu (Malueg, 1990; Hung et Sartzetakis, 1998; Sartzetakis, 2004), il est lié au fait que la taxe Pigouvienne est inefficace en présence d'un monopole (Buchanan, 1969; Barnett, 1980), et que des taxes différentes devraient être utilisées en présence de firmes hétérogènes (Innes et al., 1991; Requate, 1993).

anticiper, lié à la non-exploitation d'information dispersée. C'est ce dilemme que l'analyse de Weitzman (1974) permet de représenter⁸.

En ce sens l'analyse de Weitzman (1974) rappelle la justification de Hayek (1945) de l'économie de marché comme moyen d'utiliser l'information dispersée parmi les individus, l'information sur les circonstances particulières, dans l'allocation des ressources. Les prix jouent un rôle central, un prix résume toute l'information relative à la valeur d'un bien. Et dans mon article je regarde dans quelles circonstances, un marché même quand il alloue mal les ressources peut dominer un système plus centralisé en situation d'incertitude.

3.2 Fuite de carbone

Avec Jean-Pierre Ponsard, nous avons travaillé sur les effets de la mise en place d'une réglementation des émissions de firmes domestiques en concurrence avec des firmes étrangères non régulées. Le phénomène de fuite de carbone fait référence aux émissions associées à l'augmentation de la production étrangère non régulée induite par la réduction de la production domestique. Nous nous sommes intéressés au rôle de l'investissement en capacité de production alors que la demande du bien polluant est variable et que les importations, non régulées, peuvent être utilisées pour satisfaire des pics de consommation.

Dans un premier article (Meunier et Ponsard, 2014), nous procédons à une analyse descriptive de l'effet de la mise en place d'une taxe sur les émissions de CO₂. Nous distinguons les effets de court terme (à capacité fixée) des effets de long-terme (à capacité variable), et soulignons le rôle de l'incertitude sur la demande. Dans un second article (Meunier et al., 2014) écrit en collaboration avec Philippe Quirion (CNRS-CIRED), nous abordons le problème de façon normative. Nous étudions quel instrument doit compléter le prix du CO₂ pour faire face au phénomène de fuite de carbone. Évidemment, l'idéal serait de taxer les émissions étrangères et c'est précisément parce que cela n'est pas possible qu'existe le problème des fuites de carbones.

Nous montrons que les fuites de carbone induisent une externalité *positive* associée à la *production*, et non aux émissions, domestique. Une augmentation de la production domestique induit une réduction des émissions étrangères ce qui est

8. L'étude des marchés de l'électricité fournit nombre d'exemples allant dans ce sens. Si l'on ne prend pas en compte les questions informationnelles, la libéralisation n'a aucun intérêt par rapport à un monopole régulé, et nombre de discussions sur les effets potentiellement pervers de certaines règles de fonctionnement des marchés de l'électricité, inutiles.

bénéfique. Ainsi, le meilleur moyen de corriger ce problème est de compléter la taxe sur les émissions par une subvention à la production. Celle-ci peut prendre la forme d'un système d'allocations gratuites de permis d'émission proportionnelles à la production, appelé OBA (Output Based Allocation). C'est selon nous la meilleure justification théorique des OBA ⁹.

La présence d'incertitude sur le niveau de la demande va perturber ce résultat. La subvention optimale dépend du niveau de la demande et si le régulateur fixe la subvention sans connaître ce niveau, cela influence le choix de subvention optimale et peut justifier de compléter la subvention à la production par une subvention à l'investissement. Cette subvention à la capacité ne fait pas partie du mix réglementaire optimal en absence d'incertitude, mais elle peut être bénéfique avec de l'incertitude si elle agit sur la production domestique d'une façon non parfaitement synchronisée avec la subvention sur la production. Ce second instrument permet de discriminer, quoiqu' imparfaitement, entre les états de la demande ¹⁰. A partir de ce résultat nous discutons la pertinence du design actuel du marché de permis d'émission européen, l'EU-ETS. Ce design est une sorte d'hybride entre la subvention à la production et la subvention à la capacité.

En Europe, le choix d'un système de permis d'émission semble irréversible. Le fait qu'une taxe aurait été plus efficace reste une question ouverte, que je pose dans un article récent (en révisions dans le JPET), en m'appuyant sur une analyse à la Weitzman (1974) et en introduisant des fuites de carbone, ou plus généralement une source de pollution hors du périmètre de la réglementation considérée ¹¹. La présence de cette pollution non régulée, qui se substitue (ou est complémentaire)

9. La plupart des articles sur les fuites de carbone ou les OBA ne cherchent pas à déterminer la politique d'OBA optimale mais étudie l'effet de propositions existantes, comme un recyclage complet des permis, ou une allocation selon une règle ad-hoc (Fischer et Fox, 2007, 2012).

10. Si l'industrie produit à pleine capacité quand elle importe (car la demande est élevée) alors qu'elle est surcapacitaire quand la demande est très basse, subventionner la production a un coût en situation surcapacitaire, car il n'y a pas d'importation donc aucun bénéfice à subventionner la production, alors que subventionner les capacités n'a d'effet sur la production que précisément dans les situations d'importations.

11. Cet article est au croisement de trois littératures : la littérature sur la comparaison d'instruments initiée par Weitzman (1974), la littérature sur la réglementation de polluants multiples (von Ungern-sternberg, 1987; Moslener et Requate, 2007), et plus indirectement la littérature sur la fiscalité optimale en présence d'une externalité et d'une contrainte de redistribution (Sandmo, 1975; Bovenberg et de Mooij, 1994). Ambec et Coria (2012) procèdent à une analyse à la Weitzman avec deux polluants régulés, ils étudient notamment les situations de coexistence entre prix et quantités.

à la pollution régulée modifie la comparaison habituelle car le résultat environnemental d'un système de quota devient variable, ainsi, une partie de l'avantage d'un système de contrôle par les quantités disparaît.

Dans le cas de l'EU-ETS, l'Union Européenne peut contrôler ses émissions domestiques mais pas celle du reste du monde, et la mise en place d'un système de quotas ne garantit plus le résultat environnemental. Les difficultés à quantifier les fuites de carbone associées aux deux premières phases de l'ETS et prévoir les fuites de carbone à venir, illustrent bien cette incertitude sur le bénéfice environnemental global du système européen de permis échangeables. L'analyse montre que lorsque l'incertitude sur la demande ou les coûts du bien hors périmètre (la production étrangère) est importante une taxe domine quelque soit la pente de la fonction de dommage marginal.

3.3 Recherches en cours

Le système d'OBA semble sur le point de faire partie de la boîte à outils de référence des marchés de permis d'émissions. Une difficulté de ce système est que le montant d'émissions allouées gratuitement va dépendre de la production future et est donc incertain. Or, si les quantités de permis vendus aux enchères sont fixées, l'incertitude sur les allocations gratuites crée une incertitude sur le plafond. Avec Juan-Pablo Montero (PUC Chili) et Jean-Pierre Ponsard nous étudions ce défaut apparent d'un système d'OBA.

Sans défaillance de marché, comme avec des fuites de carbone ou de la compétition imparfaite, un mécanisme d'allocations OBA est a priori distorsif¹² : il subventionne la production et va induire une mauvaise allocation du plafond d'émissions¹³. Nous montrons qu'en présence d'incertitude la flexibilité du plafond avec un système OBA peut être un avantage, et un tel système peut être justifié en présence d'incertitude et en absence de fuite de carbone et de pouvoir de marché.

12. Des allocations gratuites proportionnelles à la production sont similaires à une subvention à la production et peuvent donc être utilisées pour corriger soit l'externalité positive associée aux fuites de carbone (Meunier et al., 2014) soit l'exercice de pouvoir de marché (Fischer, 2011).

13. Si l'on considère un seul secteur soumis à un marché de permis, l'effort de réduction d'émissions s'alloue entre une réduction de la production et une réduction de l'intensité en polluant, et avec un mécanisme OBA la technologie sera trop propre et la production trop importante. Si plusieurs secteurs sont sous le même plafond, le secteur bénéficiant des OBAs (par ex le ciment en Europe) ne fera pas assez d'efforts et les autres secteurs (comme l'électricité en Europe) trop.

Avec un système d'allocation OBA, le plafond va dépendre de la production qui va dépendre du niveau de la demande et des coûts. Si la demande est incertaine, et non les coûts, le plafond sera d'autant plus élevé que la demande sera importante. Cette flexibilité du plafond joue dans le bon sens car quand la demande est haute, les émissions sont très valorisées et l'on gagne à relâcher le plafond (le prix des permis est supérieur au dommage marginal). Ainsi, même si un mécanisme OBA est distorsif car il subventionne la production sans corriger de défaillance de marché, la flexibilité qu'il introduit justifie sa mise en place. Par ailleurs, nous montrons que ce résultat reste vrai lorsqu'un couloir de prix (prix plancher et prix plafond) est mis en place.

Le mécanisme est proche de celui identifié dans l'article de 2014 sur les allocations en fonction de l'investissement (Meunier et al., 2014). Il semble que plus généralement, en présence d'incertitude un second instrument peut être introduit pour compléter l'instrument principal (une taxe, un système de quotas) servant à corriger une externalité. En absence d'incertitude seul l'instrument principal est nécessaire. L'instrument secondaire jouera un rôle en présence d'incertitude si son effet sur l'externalité n'est pas parfaitement synchronisé avec l'influence de l'instrument principal.

Depuis mon recrutement à l'INRA je me suis intéressé aux politiques nutritionnelles et à leurs justifications. Le fait qu'il puisse s'agir d'une externalité permet de mobiliser les outils développés en économie de l'environnement. Je me suis intéressé aux effets de l'hétérogénéité des consommateurs, situation qui partage des similarités avec une incertitude sur les goûts des consommateurs. Ce qui est clef c'est que la politique nutritionnelle n'agit pas directement sur le bien responsable d'une externalité, qui est la santé, mais indirectement via des aliments.

Il existe plusieurs justifications des politiques nutritionnelles¹⁴. Certaines politiques semblent répondre à un problème d'asymétrie d'information et d'autres à corriger une externalité. Deux types d'externalités sont mobilisés : une première externalité serait due à la mutualisation des coûts de la santé¹⁵. Une seconde

14. Plusieurs économistes questionnent le fondement même d'une intervention publique en matière de nutrition (par ex Philipson et Posner, 2008) en raison de l'absence de défaillance de marché correctement identifiée.

15. Par exemple, dans le rapport de l'inspection générale des finances sur la taxation nutritionnelle (Hespel et Berthod-Wurmser, 2006), il est précisé : "il s'agit d'une mesure de rééquilibrage de l'assurance maladie, dont l'originalité repose sur l'introduction d'une variable comportementale à but préventif dans le financement de l'assurance maladie" (P52). Ce qui laisse entendre que l'objectif est non seulement de financer la sécurité sociale (ce qui pourrait être fait par d'autres

externalité serait une “internalité” (Herrnstein et al., 1993) entre l’agent et son incarnation future. Les agents feraient des choix sous-optimaux pour eux-mêmes, pour leurs incarnations futures, et la puissance publique devrait les protéger d’eux-mêmes¹⁶. En pratique, la frontière entre asymétrie d’information et biais comportemental est floue : dire qu’un individu ne prend pas en compte l’effet du sucre sur sa santé peut être interprété comme un problème informationnel ou un problème de cohérence temporelle des préférences.

Dans un travail en cours j’étudie la coordination entre une politique de taxation et une politique de sensibilisation ou d’information des consommateurs (le nudging cher aux soft-paternalistes peut parfois s’apparenter à cette dernière option) lorsque ceux-ci intègrent mal l’effet nocif d’un bien. Ce travail est en parti inspiré de l’observation de données sur la consommation de soda qui révèle l’hétérogénéité des consommateurs. Qu’un individu boive beaucoup de coca parce qu’il aime ça ou parce qu’il ne se rend pas compte qu’il augmente sa probabilité de mourir d’un A.V.C., peut difficilement se discerner dans les données mais devrait avoir des conséquences sur le niveau de taxe optimale. De plus, les individus n’ont pas tous la même sensibilité au sucre, en raison de différences de métabolisme ou d’activité physique, ce qui devrait aussi influencer le niveau de taxe optimal.

Ainsi, je montre qu’une politique de taxation est d’autant plus efficace, et la taxe élevée, que les consommateurs sont homogènes (si des taxes individualisées ne sont pas possibles). Une campagne de sensibilisation peut augmenter l’hétérogénéité des consommateurs si elle n’est pas vue ou perçue par tous, ce qui va réduire l’efficacité de la taxe et potentiellement le bien-être. Une campagne informationnelle seule augmente le bien-être en incitant les consommateurs à mieux internaliser le coût de santé ; mais, combinée avec une politique de taxation elle peut être contre-productive.

Enfin, un travail plus prospectif, élaboré avec Louis-George Soler (INRA ALISS) porte sur hétérogénéité des consommateurs et les stratégies de marketing des

taxes) mais aussi de modifier le comportement des individus de façon à prévenir l’occurrence de maladies, ce qui semble être équivalent à ”internaliser l’externalité Sécu”.

16. Cette justification s’appuie sur les résultats de l’économie expérimentale et comportementale et fonde la récente justification d’un soft-paternalisme ou paternalisme libertarien (Thaler et Sunstein, 2003; Camerer et al., 2003) ; Saint-Paul (2011) fait une présentation exhaustive du lien entre incohérence des préférences, éthique welfariste et paternalisme. Il souligne que la liberté n’est qu’instrumentale dans une approche utilitariste et l’incohérence des préférences remet en question l’efficacité de cet instrument. Sugden (2004, 2008) ainsi que McQuillin et Sugden (2012) présentent les difficultés associées au concept.

firmes agro-alimentaires. Il se base sur l'observation que les produits transformés, généralement moins sains, sont plus mis en avant dans les publicités et sujets à diverses stratégies de marketing (emballage, sponsoring) influençant de façon plus ou moins consciente les consommateurs. Une taxe nutritionnelle influence la stratégie de publicité et de prix d'une firme. Nous étudions dans quelles circonstances une taxe peut entraîner une hausse de la publicité et des prix de façon à mieux segmenter les consommateurs ou au contraire une réduction de la publicité et des prix associé à un développement de la clientèle. Dans ces deux cas, la taxe nutritionnelle quoi qu'entraînant une baisse de la consommation globale peut causer une hausse de la consommation chez certains consommateurs.

4 Innovation et environnement

Le progrès technique est central dans les débats de politiques publiques et occupe une position ambiguë. L'innovation et les nouvelles technologies sont soit des solutions miracles, soit, au contraire, des causes de catastrophes en puissance (OGM, nucléaire, clonage). Pour réduire les émissions polluantes d'un secteur il est possible soit de réduire sa production soit de réduire l'intensité de cette production en émission. Le progrès technique correspondrait à la seconde option, et permettrait de réduire la pollution tout en préservant la production donc les consommateurs, raisonnement qui néglige les effets d'équilibre général et les surcoûts liés à l'innovation¹⁷. Par ailleurs, il est vrai que pour réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre, des substitutions entre biens plus ou moins polluants, comme entre le charbon et le gaz, ne suffisent pas et des changements de technologies sont nécessaires¹⁸. Sur le long terme, les principaux bénéfices d'une politique environnementale devraient alors venir de son effet sur l'innovation et non d'effets de court terme de substitution entre biens plus ou moins polluants.

En théorie il n'y a pas d'antagonismes entre les effets de réduction de la pro-

17. Par exemple, à propos de la taxe carbone en France, Ségolène Royal déclara : *De quel droit un gouvernement va-t-il assommer d'impôts les familles alors qu'elles n'ont pas le libre choix de rouler propre ? Retirez cet impôt, M. Fillon, et mobilisez votre énergie pour la montée en puissance de l'industrie automobile française pour mettre massivement sur le marché des voitures électriques pas chères pour que les familles puissent choisir.*

18. De la même manière, pour que les politiques nutritionnelles soient efficaces pour réduire l'obésité et l'incidence des maladies chroniques, Réquillart et Soler (2014) suggèrent qu'il faut plus que les politiques actuelles de promotion de substitution entre produits mais une reformulation de l'offre qui nécessite des innovations dans le secteur agro-industriel.

duction polluante sur le court terme et de changement technique sur le long terme. Si la seule défaillance de marché est l'externalité associée à la pollution, mettre un prix sur celle-ci suffit pour réaligner les incitations des acteurs, firmes et consommateurs, dans le bon sens. L'innovation dans des technologies propres et leur déploiement ne nécessite pas d'interventions supplémentaires. En présence d'imperfections multiples, notamment dans le secteur de la R&D et de l'accumulation de la connaissance, de telles interventions peuvent se justifier.

4.1 Tension entre innovation “verte” et environnement

Dans un article co-écrit avec Thierry Bréchet nous étudions un cadre canonique d'innovation incrémentale sur le marché d'un bien polluant (Bréchet et Meunier, 2014). Dans ce cadre où l'innovation n'est pas sujette à une défaillance de marché, nous étudions les antagonismes possibles entre innovation “verte”, production et politique environnementale. Nous identifions deux effets remarquables : un effet rebond, l'adoption de la technologie verte pouvant augmenter la pollution via une hausse de la production, et une relation en cloche entre le niveau de l'instrument et la dissémination de la technologie verte.

Nous étudions ensuite les conséquences d'une “myopie” du régulateur : celui-ci n'anticipe pas le processus d'innovation lorsqu'il choisit le niveau de l'instrument réglementaire. En raison de cette myopie, l'instrument est mal fixé et les niveaux de pollution et d'innovation vont être différents des niveaux optimaux. Les erreurs vont dépendre de l'instrument utilisé, prix ou quantité.

Ce travail se situe à l'intersection de plusieurs littératures. Les articles qui comparent les instruments selon le niveau d'innovation considèrent des firmes qui produisent de la dépollution (de l' “abattement”) (Milliman et Prince, 1989; Jung et al., 1996; Requate et Unold, 2003). Quatre articles publiés en 2008 (Amir et al., 2008; Bauman et al., 2008; Baker et al., 2008; Brechet et Jouvét, 2008) montrent qu'une des hypothèses fondant ces discussions n'est pas valable si l'innovation réduit l'impact environnemental de la production d'un bien polluant. C'est l'hypothèse selon laquelle l'innovation réduit le coût marginal d'abattement. Notre article intègre cette critique et ce faisant nous ajoutons un nouvel ingrédient en considérant des firmes qui inter-agissent les unes avec les autres ce qui induit une interdépendance de leur courbe abattement.

Un résultat intéressant de cette étude concerne l'agrégation des courbes d'abattement (relations entre le niveau de pollution et le niveau de taxe), dans un modèle

d'équilibre partiel relativement standard, on observe que le passage de la firme au secteur modifie considérablement la courbe d'abattement. La courbe d'abattement sectorielle est sinueuse alors que les courbes d'abattement individuelles sont linéaires. Et alors que l'on aurait pu penser que la possibilité d'adopter une technologie moins polluante réduise la pente de la courbe d'abattement, ce n'est pas le cas au niveau du secteur. Ce résultat peut être vu comme une prolongation de la critique élaborée dans les quatre articles de 2008 mentionnés plus haut, et il pose des questions sur certaines analyses de l'effet de l'innovation¹⁹.

La méthodologie de comparaison des instruments, prix et quantités, utilisée considère une myopie du régulateur, et diffère de la méthodologie employée par Weitzman (1974). Dans la première, le régulateur n'anticipe pas le processus d'innovation alors que dans la seconde, il ignore la valeur précise d'un paramètre. Un régulateur myope est incompetent, il commet une erreur de premier ordre, chaque instrument est mal fixé, alors que le régulateur incertain fixe de façon optimale l'instrument étant donné son incertitude. La méthodologie de la myopie semble assez intuitive mais elle est un peu désuète par rapport aux canons académiques qui demandent de fonder des erreurs sur des aspects informationnels comme dans Weitzman (1974). Il n'est cependant pas évident de déterminer laquelle est la plus pertinente pour discuter de choix politiques réels. Ce qui est d'autant plus gênant qu'elles peuvent aboutir à des résultats opposés dans des situations non pathologiques.

Plus récemment, dans le cadre de l'ANR OCAD, j'ai travaillé sur les potentiels bénéfiques environnementaux de l'agriculture intensive (Meunier, 2014a). Inspiré d'un débat au sein des biologistes de la conservation (Green et al., 2005; Godfray, 2011) j'ai étudié sous quelles conditions il pouvait être optimal d'intensifier l'agriculture quitte à augmenter son coût environnemental local pour réduire la surface agricole (stratégie de land-sparing mise en opposition avec une stratégie de land-sharing). La stratégie optimale dépend de la forme de la relation entre biodiversité et rendement agricole. Après avoir caractérisé la stratégie optimale dans un cadre de premier rang j'étudie des situations où une réglementation incomplète est mise en place. L'instrument de politique publique disponible (subvention à l'agriculture,

19. Par exemple Weber et Neuhoﬀ (2010) étudient l'effet de l'innovation sur la comparaison des instruments prix et quantité en situation d'incertitude, en supposant que la pente de la courbe d'abattement serait réduite sur le long-terme en raison de l'innovation, nous montrons que c'est faux. Selon notre étude, la comparaison des instruments va dépendre de l'endroit précis où l'on se trouve le long de la courbe d'abattement sectoriel, la pente de celle-ci variant beaucoup.

taxe sur les intrants, ou zones protégée) a alors une influence sur la technique agricole optimale. Ainsi, par exemple, s'il est optimal dans un cadre de premier rang d'intensifier l'agriculture cela peut être faux dans un cadre de second rang, et notamment, il ne faut pas nécessairement subventionner l'agriculture intensive.

4.2 Transition sectorielle

Les aspects dynamiques à plus long terme sont importants, notamment pour réfléchir aux “transitions” d'un secteur d'un état polluant vers un état non polluant. L'essentiel de la dépollution d'un secteur nécessite un renouvellement de son capital physique et humain, et ce renouvellement prend du temps. De nombreuses politiques environnementales sont associés à des choix irréversibles de long terme et un renouvellement du capital productif : développement des énergies renouvelables, isolement de bâtiments, planification urbaine, promotion de la voiture électrique et à hydrogène.

Avec Adrien Vogt-Schilb (CIRED & Banque Mondiale) et Stéphane Hallegatte (Banque Mondiale), dans un article en cours de soumission (Vogt-Schilb et al., 2012), nous montrons, théoriquement et à l'aide de simulations, que *l'inertie* liée à la dé-carbonisation d'un secteur justifie d'investir tôt pour mettre en place une trajectoire de transition lisse. L'idée initiale était de représenter le raisonnement intuitif suivant : il faut du temps pour renouveler le capital d'un secteur car la vitesse de l'investissement est limitée, et cela justifie d'investir tôt et ce d'autant plus dans les secteurs les plus polluants. La contrainte sur la vitesse d'investissement est représentée par des rendements décroissants dans la production de capital propre. Nous obtenons alors un modèle comprenant les ingrédients minimaux permettant d'expliquer un profil de transition : une dynamique d'investissement d'abord croissante puis décroissante et un remplacement progressif du capital polluant par du capital propre²⁰.

Un problème assez pratique motiva ce travail : pour évaluer les politiques publiques liées à des investissements des coûts d'abattements sont calculés à l'aide de coûts annualisés²¹, calculs qui suggèrent que certaines tonnes de CO₂ évitées

20. La convexité des coûts de production du capital est nécessaire pour expliquer que les coûts soient étalés dans le temps. Par exemple, le phénomène de learning-by-doing ne suffit pas en soi à justifier une trajectoire de déploiement progressif, en absence de convexité il y a tout intérêt à retarder les coûts associés à l'apprentissage et développer brutalement la technologie le plus tard possible (voir notamment Bramoullé et Olson, 2005; Amigues et al., 2014).

21. Par exemple, pour calculer le coûts d'abattement associé à une voiture électrique : on fait

coûtent beaucoup plus chères que d'autres. Mais cette méthodologie n'est valable que dans certaines circonstances notamment quand les coûts sont stables dans le temps. Si le coût du capital varie dans le temps il faut aussi considérer le gain ou le coût à reporter l'investissement²² pour calculer un "vrai" coût d'abattement théoriquement valable. Le long d'une trajectoire de déploiement optimale, les coûts marginaux d'abattement apparents peuvent être supérieurs au prix de la tonne de CO₂ évitée et différents entre les secteurs, ce qui n'est pas le cas des vrais coûts marginaux d'abattement.

4.3 Learning-by-doing

Lorsqu'une technologie jeune, fraîchement sortie des laboratoires est sur le point de se développer à une échelle industrielle, elle peut être sujette à des phénomènes d'apprentissage par la pratique, ou "learning-by-doing". La production des premières unités va coûter cher mais la pratique permettrait de réduire progressivement ces coûts. Il est assez largement admis que les énergies renouvelables sont sujettes au learning-by-doing mais aussi d'autres technologies comme la capture et la séquestration du carbone, ou les voitures électriques et à hydrogène. Le phénomène de learning-by-doing associé à des externalités de savoir faire peut justifier les politiques de soutien à certains technologies (Arrow, 1962). Deux autres aspects du phénomène ont retenu mon attention.

Il n'est a priori pas évident de déterminer si l'incertitude et l'obtention d'information favorise le développement d'une technologie sujette au learning-by-doing. Le fait de développer une technologie permet de la préparer au cas où elle s'avère nécessaire par la suite. Cet argument suggère que l'incertitude concernant le coût des émissions de CO₂ justifie un développement tôt d'une technologie verte sujette au learning-by-doing. Mais, d'un autre côté l'incertitude incite à la prudence et le fait que la technologie puisse être moins utile que prévue pourrait motiver une réduction de son développement aujourd'hui. Avec Dominique Finon (CIRED) nous résolvons cette tension apparente en étudiant la valeur d'option associée au développement d'une technologie sujette au learning-by-doing, l'analyse est appliquée au cas de la capture et séquestration du carbone.

la différence entre les coûts annualisé d'une voiture électrique et d'une voiture essence que l'on divise par les économies d'émissions annuelles.

22. Comme l'expliquent Mensink et Requate (2005), ce gain à attendre est une des composante de la valeur d'option à la Dixit et al. (1994), qui n'est pas présente dans la définition de Arrow et Fisher (1974).

Nous montrons qu'en présence de learning-by-doing il est important de distinguer deux décisions, une décision discrète de déploiement ou non de la technologie (est-ce que la technologie est utilisée ?) et une décision continue d'échelle de déploiement (combien produire aujourd'hui ?). En situation d'incertitude, le fait d'apprendre demain le vrai coût des émissions de CO₂ a des effets opposés sur les deux décisions : cela augmente l'incitation à déployer la technologie aujourd'hui mais cela réduit l'échelle de déploiement. Ainsi, le résultat va dépendre de la situation de référence dans laquelle je n'apprends rien demain. Si dans cette situation, je ne développe pas la technologie, la perspective d'apprendre la vraie valeur du CO₂ demain augmente mon incitation à déployer la technologie, il faut se préparer au cas où le CO₂ coûterait cher. Par contre, si je développe la technologie sans information, la perspective d'obtenir de l'information, et éventuellement apprendre que la technologie est inutile, va m'inciter à réduire l'échelle du déploiement²³.

Le phénomène d'apprentissage et plus généralement celui de "changement technique induit" soulève aussi des questions pratiques d'évaluation des coûts d'abattement associés à une option technique jeune. En présence d'effets d'apprentissage, il n'est pas évident de savoir comment prendre en compte les gains associés à l'apprentissage dans le calcul du coût de la tonne de CO₂ évitée. Il n'y a pas de difficulté théorique, il est possible de décrire les caractéristiques d'une trajectoire optimale de déploiement et à chaque instant, le long de cette trajectoire, le prix du CO₂ serait égalisé avec un coût d'abattement pertinent intégrant les gains d'apprentissage (voir notamment Goulder et Mathai, 2000; Bramoullé et Olson, 2005; Amigues et al., 2013).

Il y a deux difficultés pour opérationnaliser ces études théoriques, la plus importante conceptuellement est que le coût d'abattement pertinent à une date donnée va dépendre de l'ensemble de la trajectoire, et notamment du futur. Une seconde difficulté est liée aux limites analytiques. Dans la pratique, une trajectoire de déploiement technique consiste à développer en parallèle plusieurs éléments soumis aussi à des phénomènes d'apprentissage et d'inertie. L'étude théorique de l'ensemble de ces éléments est difficile voire hors de portée. Par exemple, dans le cas

23. Techniquement, la résolution de la tension repose sur l'existence d'une non-convexité associée au learning-by-doing. Cette non-convexité explique l'existence de plusieurs optimums locaux dont un sans déploiement. La décision discrète revient à déterminer quel optimum local est global. Lorsque l'information est disponible, il est possible que l'on saute d'un optimum en coin sans déploiement à un optimum intérieur avec déploiement, par contre l'optimum local avec déploiement est associé à un déploiement plus petit.

de la voiture à hydrogène, il faut non seulement déterminer la dynamique de production de voitures à hydrogène mais aussi le développement de la technologie de production d'hydrogène, du parc électrique correspondant, et de l'infrastructure de transport et de distribution.

Avec Anna Creti, Alena Kotelnikova et Jean-Pierre Ponsard en essayant d'évaluer le coût de la tonne de CO₂ abattue par le déploiement de la voiture à hydrogène en Allemagne, nous avons élaboré une méthodologie permettant de lier les discussions pratiques avec des experts sectoriels à une approche théorique de second rang. Cela nécessite de changer d'échelle et de considérer une trajectoire, a priori sous-optimale, comme un tout dont il faut décider de la date de lancement, le prix du CO₂ à cette date peut être interprété comme le coût d'abattement de l'option technique, sous certaines conditions (Creti et al., 2015). Ces réflexions sont au cœur de recherches en cours sur les stratégies de déploiements de technologies jeunes.

5 Conclusion

Ma thèse portait sur le fonctionnement des marchés de l'électricité et l'investissement en capacité de production. Progressivement j'ai travaillé sur les réglementations environnementales et leurs relations avec les stratégies d'investissement et d'adoption de nouvelles technologies. C'est l'observation des politiques climatiques, notamment le système européen de marché de permis d'émission qui a inspiré ces recherches. Plus récemment, je me suis intéressé aux politiques nutritionnelles. Un sujet transversal est l'influence de l'incertitude sur les décisions d'investissement des firmes et le choix de politiques optimales. L'incertitude et l'asymétrie d'information influence le niveau optimal des instruments de politiques environnementales mais aussi le choix de ces instruments et peuvent justifier la mobilisation d'instruments a priori inefficaces.

Sur le moyen terme j'envisage de continuer à travailler sur les marchés de permis d'émission et leur design pour faire face à l'incertitude. Il semble important de comprendre comment trouver un compromis entre une flexibilité nécessaire pour faire face aux aléas et un besoin, notamment exprimé par les industriels, de visibilité sur le long terme. Il semble en effet crucial aujourd'hui de trouver un moyen de couvrir les risques associés au développement de nouvelles technologies, et ainsi d'engager le régulateur futur à une politique environnementale cohérente avec les choix actuels.

Par ailleurs, mes recherches sur les réglementations environnementales dans l'incertain et la comparaison des différents types d'instruments, soulèvent des questions quant à la robustesse de certains résultats standards. Il est évident que la politique environnementale doit prendre en compte l'incertitude, le choix de l'instrument et son niveau dépendant d'anticipations sur des variables fondamentales : les goûts et les coûts. Un autre type d'incertitude porte sur le modèle pertinent pour représenter le comportement des marchés et les éventuelles imperfections. Le modèle utilisé a des conséquences sur la politique optimale et sur l'évaluation des politiques réelles. Cela suggère qu'il faille trouver un critère d'évaluation des politiques environnementales robuste à ces différents niveaux d'incertitude.

Ensuite, je souhaiterais poursuivre mes recherches sur l'innovation et le déploiement de technologies vertes. D'une part, je souhaite travailler sur la concurrence entre technologies vertes dans le prolongement du travail sur la voiture à hydrogène et inspiré de sa compétition actuelle avec la voiture électrique. Sur ce sujet, j'aimerais réfléchir à la sélection de technologies par le marché ou par la puissance publique. Une critique fréquente des politiques industrielles concerne leurs influence sur le processus de sélection technologique et en misant sur le mauvais cheval elles pourraient mettre l'économie sur de mauvais rails. Alors que la littérature en économie représente généralement le rôle du marché dans l'allocation des ressources rares, son rôle comme force de sélection, quoique souvent mentionné, n'est pas souvent représentée. Mobiliser la littérature en économie évolutionnaire (Nelson et Winter, 1982, 2002) semble une piste prometteuse.

Enfin, je souhaiterais travailler sur la co-évolution entre préférences et technologies. En parallèle à mes réflexions sur les biais comportementaux et le paternalisme, je me suis intéressé aux biais de perception des risques et notamment ceux associés à de nouvelles technologies. Les débats de société sur certaines technologies (OGM, agriculture Bio, aspartam, nucléaire) mettent en évidence un désaccord plus profond qu'une asymétrie d'information entre les différents intervenants. Ces désaccords jouent sur la sélection de technologies et les trajectoires de progrès techniques. Les préférences des consommateurs et des citoyens sont influencées par les technologies existantes, et exhibent des phénomènes d'apprentissage et d'inertie qui devraient être mis en regard des phénomènes dynamiques associés au progrès technique. De plus, les préférences des consommateurs peuvent être influencées par des politiques publiques et par les stratégies de marketing des firmes. Cette inter-dépendance mérite d'être étudiée pour mieux comprendre les phénomènes de transitions et les choix de sociétés associés.

Références

- Abel, A., A. Dixit, J. Eberly, et R. Pindyck (1996). Options, the value of capital, and investment. *The quarterly Journal of economics* 111(3), 753–777.
- Ambec, S. et J. Coria (2012). Prices vs quantities with multiple pollutants. *Journal of Environmental Economics and Management, forthcoming* (0), –.
- Amigues, J.-P., A. Ayong Le Kama, et M. Moreaux (2013). Equilibrium transitions from non renewable energy to renewable energy under capacity constraints. Technical report, Institut d'Économie Industrielle (IDEI), Toulouse.
- Amigues, J.-P., G. Lafforgue, et M. Moreaux (2014). Optimal timing of ccs policies under decreasing returns to scale. Technical report, Toulouse School of Economics (TSE).
- Amir, R., M. Germain, et V. Van Steenberghe (2008). On the Impact of Innovation on the Marginal Abatement Cost Curve. *Journal of Public Economic Theory* 10(6), 985–1010.
- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *The review of economic studies* 29(3), 155–173.
- Arrow, K. et A. Fisher (1974). Environmental preservation, uncertainty, and irreversibility. *The Quarterly Journal of Economics* 88(2), 312–319.
- Baker, E., L. Clarke, et E. Shittu (2008). Technical change and the marginal cost of abatement. *Energy Economics* 30(6), 2799–2816.
- Barnett, A. (1980). The Pigouvian Tax Rule under Monopoly. *American Economic Review* 70(5), 1037–41.
- Baron, D. P. (1970). Price uncertainty, utility, and industry equilibrium in pure competition. *International Economic Review* 11(3), 463–480.
- Baron, D. P. (1971). Demand uncertainty in imperfect competition. *International Economic Review* 12(2), 196–208.
- Bauman, Y., M. Lee, et K. Seeley (2008). Does technological innovation really reduce marginal abatement costs? Some theory, algebraic evidence, and policy implications. *Environmental and Resource Economics* 40(4), 507–527.

- Blackwell, D. (1951). Comparison of experiments. In *Proceedings of the second Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, Volume 1, pp. 93–102. University of California Press.
- Bovenberg, A. L. et R. A. de Mooij (1994). Environmental taxes and labor-market distortions. *European journal of political economy* 10(4), 655–683.
- Boyer, M. et M. Moreaux (1997). Capacity commitment versus flexibility. *Journal of Economics & Management Strategy* 6(2), 347–376.
- Bramoullé, Y. et L. J. Olson (2005). Allocation of pollution abatement under learning by doing. *Journal of Public Economics* 89(9), 1935–1960.
- Brechet, T. et P. Jouvet (2008). Environmental innovation and the cost of pollution abatement revisited. *Ecological Economics* 65(2), 262–265.
- Bréchet, T. et G. Meunier (2014). Are clean technology and environmental quality conflicting policy goals? *Resource and Energy Economics* 38, 61–83.
- Buchanan, J. (1969). External Diseconomies, Corrective Taxes, and Market Structure. *American Economic Review* 59(1), 174–177.
- Camerer, C., S. Issacharoff, G. Loewenstein, T. O’donoghue, et M. Rabin (2003). Regulation for conservatives : Behavioral economics and the case for” asymmetric paternalism”. *University of Pennsylvania Law Review*, 1211–1254.
- Creti, A., A. Kotelnikova, G. Meunier, et J.-P. Ponsard (2015). A cost benefit analysis of fuel cell electric vehicles. Technical report.
- Crew, M., C. Fernando, et P. Kleindorfer (1995). The theory of peak-load pricing : a survey. *Journal of Regulatory Economics* 8(3), 215–248.
- Dhrymes, P. J. (1964). On the theory of the monopolistic multiproduct firm under uncertainty. *International Economic Review* 5(3), 239–257.
- Dixit, A., R. Pindyck, et G. Davis (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton University Press Princeton, NJ.
- Fischer, C. (2011). Market power and output-based refunding of environmental policy revenues. *Resource and Energy Economics* 33(1), 212–230.
- Fischer, C. et A. Fox (2007). Output-Based Allocation of Emissions Permits for Mitigating Tax and Trade Interactions. *Land Economics* 83(4), 575–599.

- Fischer, C. et A. K. Fox (2012). Comparing policies to combat emissions leakage : Border carbon adjustments versus rebates. *Journal of Environmental Economics and Management* 64(2), 199 – 216.
- Godfray, H. C. J. (2011). Food and biodiversity. *Science* 333(6047), 1231–1232.
- Gollier, C. (2004). *The economics of risk and time*. MIT press.
- Goulder, L. H. et K. Mathai (2000). Optimal co 2 abatement in the presence of induced technological change. *Journal of Environmental Economics and Management* 39(1), 1–38.
- Green, R. E., S. J. Cornell, J. P. Scharlemann, et A. Balmford (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science* 307(5709), 550–555.
- Hayek, F. A. (1945). The use of knowledge in society. *The American economic review*, 519–530.
- Helpman, E. (1981). International trade in the presence of product differentiation, economies of scale and monopolistic competition : A chamberlin-heckscher-ohlin approach. *Journal of International Economics* 11(3), 305 – 340.
- Henry, C. (1974a). Investment decisions under uncertainty : The "irreversibility effect". *The American Economic Review* 64(6), 1006–1012.
- Henry, C. (1974b). Option values in the economics of irreplaceable assets. *The Review of Economic Studies* 41, 89–104.
- Herrnstein, R. J., G. F. Loewenstein, D. Prelec, et W. Vaughan (1993). Utility maximization and melioration : Internalities in individual choice. *Journal of behavioral decision making* 6(3), 149–185.
- Hung, N. et E. Sartzetakis (1998). Cross-Industry Emission Permits Trading. *Journal of Regulatory Economics* 13(1), 37–46.
- Innes, R., C. Kling, et J. Rubin (1991). Emission permits under monopoly. *Natural Resource Modelling* 5(3), 321–343.
- Jung, C., K. Krutilla, et R. Boyd (1996). Incentives for advanced pollution abatement technology at the industry level : An evaluation of policy alternatives. *Journal of environmental economics and management* 30(1), 95–111.

- Krugman, P. (1980). Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade. *The American Economic Review* 70(5), pp. 950–959.
- Krugman, P. R. (1979). Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. *Journal of International Economics* 9(4), 469 – 479.
- Lahiri, S. et Y. Ono (1988). Helping minor firms reduces welfare. *The economic journal*, 1199–1202.
- Lancaster, K. (1980). Intra-industry trade under perfect monopolistic competition. *Journal of International Economics* 10(2), 151 – 175.
- Leland, H. (1972). Theory of the firm facing uncertain demand. *The American Economic Review* 62(3), 278–291.
- Malueg, D. (1990). Welfare consequences of emission credit trading programs. *Journal of Environmental Economics and Management* 18(1), 66–77.
- McDonald, R. et D. Siegel (1986). The value of waiting to invest. *The Quarterly Journal of Economics* 101(4), 707–727.
- McQuillin, B. et R. Sugden (2012). Reconciling normative and behavioural economics : the problems to be solved. *Social Choice and Welfare* 38(4), 553–567.
- Mensink, P. et T. Requate (2005). The dixit–pindyck and the arrow–fisher–hanemann–henry option values are not equivalent : a note on fisher (2000). *Resource and Energy Economics* 27(1), 83–88.
- Meunier, G. (2008). *Concurrence oligopolistique et investissement : application aux marchés électriques*. Ph. D. thesis, Paris, EHESS.
- Meunier, G. (2010). Capacity choice, technology mix and market power. *Energy Economics* 32(6), 1306–1315.
- Meunier, G. (2011). Emission permit trading between imperfectly competitive product markets. *Environmental and Resource Economics* 50(3), 347–364.
- Meunier, G. (2013). Risk aversion and technology mix in an electricity market. *Energy Economics* 40, 866–874.
- Meunier, G. (2014a). Land-sparing vs land-sharing with incomplete policies. Technical report, Alimentation et Sciences Sociales.

- Meunier, G. (2014b). Risk aversion and technology portfolios. *Review of Industrial Organization* 44(4), 347–365.
- Meunier, G. et D. Finon (2013). Option value in low-carbon technology policies. *Climate Policy* 13(1), 1–19.
- Meunier, G. et J.-P. Ponsard (2012). A sectoral approach balancing global efficiency and equity. *Environmental and Resource Economics* 53(4), 533–552.
- Meunier, G. et J.-P. Ponsard (2014). Capacity decisions with demand fluctuations and carbon leakage. *Resource and Energy Economics* 36(2), 436–454.
- Meunier, G., J.-P. Ponsard, et P. Quirion (2014). Carbon leakage and capacity-based allocations : Is the {EU} right ? *Journal of Environmental Economics and Management* 68(2), 262 – 279.
- Meunier, G., J.-P. Ponsard, et C. Thomas (2015). Capacity investment under demand uncertainty : The role of imports in the us cement industry. *Journal of Economics and Management Strategy forthcoming*, 00.
- Milliman, S. et R. Prince (1989). Firm incentives to promote technological change in pollution control* 1. *Journal of Environmental Economics and Management* 17(3), 247–265.
- Moslener, U. et T. Requate (2007). Optimal abatement in dynamic multi-pollutant problems when pollutants can be complements or substitutes. *Journal of Economic Dynamics and Control* 31(7), 2293–2316.
- Nelson, R. R. et S. G. Winter (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Nelson, R. R. et S. G. Winter (2002). Evolutionary theorizing in economics. *Journal of Economic Perspectives*, 23–46.
- Nicolai, J. P. et G. Meunier (2014). Higher costs for higher profits : A general assessment and an application to environmental regulations. *CER-ETH–Center of Economic Research at ETH Zurich, Economic Working Paper 14*, 191.
- Philipson, T. J. et R. A. Posner (2008). Is the obesity epidemic a public health problem ? a review of zoltan j. acs and alan lyles’s” obesity, business and public policy”. *Journal of Economic Literature*, 974–982.

- Pindyck, R. (1988). Irreversible investment, capacity choice, and the value of the firm. *The American Economic Review* 78(5), 969–985.
- Requate, T. (1993). Equivalence of effluent taxes and permits for environmental regulation of several local monopolies. *Economics Letters* 42(1), 91–95.
- Requate, T. et W. Unold (2003). Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology : Will the true ranking please stand up? *European Economic Review* 47(1), 125–146.
- Réquillart, V. et L.-G. Soler (2014). Is the reduction of chronic diseases related to food consumption in the hands of the food industry? *European Review of Agricultural Economics* 41(3), 375–403.
- Rothschild, M. et J. Stiglitz (1970). Increasing risk i : A definition. *Journal of Economic Theory* 2, 225–243.
- Rothschild, M. et J. Stiglitz (1971). Increasing risk ii : Its economic consequences. *Journal of Economic Theory* 3, 66–84.
- Saint-Paul, G. (2011). *The tyranny of utility : Behavioral social science and the rise of paternalism*. Princeton University Press.
- Salanié, F. et N. Treich (2009). Regulation in happyville*. *The Economic Journal* 119(537), 665–679.
- Sandmo, A. (1975). Optimal taxation in the presence of externalities. *The Swedish Journal of Economics* 77(1), pp. 86–98.
- Sartzetakis, E. (2004). On the Efficiency of Competitive Markets for Emission Permits. *Environmental and Resource Economics* 27(1), 1–19.
- Sugden, R. (2004). The opportunity criterion : consumer sovereignty without the assumption of coherent preferences. *The American Economic Review* 94(4), 1014–1033.
- Sugden, R. (2008). Why incoherent preferences do not justify paternalism. *Constitutional Political Economy* 19(3), 226–248.
- Thaler, R. H. et C. R. Sunstein (2003). Libertarian paternalism. *The American Economic Review* 93(2), 175–179.

- Vogt-Schilb, A., G. Meunier, et S. Hallegatte (2012). How inertia and limited potentials affect the timing of sectoral abatements in optimal climate policy. *World Bank Policy Research Working Paper* (6154).
- von Ungern-sternberg, T. (1987). Environmental protection with several pollutants : On the division of labor between natural scientists and economists. *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE) / Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 143(4), pp. 555–567.
- Weber, T. et K. Neuhoff (2010). Carbon markets and technological innovation. *Journal of Environmental Economics and Management*.
- Weitzman, M. (1974). Prices vs. Quantities. *Review of Economic Studies* 41(4), 477–491.
- Zhao, J. (2001). A characterization for the negative welfare effects of cost reduction in cournot oligopoly. *International Journal of Industrial Organization* 19(3), 455–469.

Curriculum Vitae

Situation professionnelle

Chargé de recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique, Département *Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement*, Unité de recherche *Alimentation et Sciences Sociales*.

Intérêts de recherche

Economie de l'environnement

Réglementation et concurrence imparfaite

Investissement et innovation

Formation

2008-2010 Post-doctorat à l'Ecole Polytechnique.

2004-2008 Doctorant au CIRED sous la direction de Dominique Finon.

Thèse CIFRE CIRED-EDF R&D, soutenue à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

Concurrence oligopolistique et investissement : application aux marchés de l'électricité.

2003-2004 Master, Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles, Université Paris Ouest Nanterre La Defense (Paris X).

2002-2003 Ingénieur, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts.

1999-2002 Ingénieur, Ecole Polytechnique (Mathématiques, Ecosciences).

Enseignements

2012-2015 Valorisation et gestion des patrimoines environnementaux, Master 1, à l'Ecole Polytechnique.

Introduction à l'Economie Industrielle, License 2, à Sciences Po-Paris.

2010-2012 Chargé de travaux dirigés à l'Ecole Polytechnique, cours d'Economie de l'innovation, Master 1.

2008-2009 Chargé de travaux dirigés à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, cours de micro-économie, License 2.

2005-2006 Chargé de travaux dirigé à l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée, cours d'économie publique, License 1.

Publications

Revues à comité de lecture

Capacity investment under demand uncertainty : The role of imports in the US cement industry, Journal of Economics and Management Strategy, à paraître. Co-auteurs : Jean-Pierre Ponsard et Catherine Thomas.

Optimal production channel for private labels : Too much or too little innovation ? Journal of Economics and Management Strategy, à paraître. Co-auteurs : Claire Chambolle et Clémence Christin.

2014, *Carbon leakage and capacity-based allocations : Is the EU right ?* Journal of Environmental Economics and Management, 68(2), 262-279. Co-auteurs : Jean-Pierre Ponsard et Philippe Quirion.

2014, *Are clean technology and environmental quality conflicting policy goals ?* Resource and Energy Economics, 38, 61-83. Co-auteur : Thierry Bréchet.

2014, *Risk aversion and technology portfolio*, Review of Industrial Organization, 44(4), 347-365.

2014, *Capacity decisions with demand fluctuations and carbon leakage*, Resource and Energy Economics, 36, 436-454. Co-auteur : Jean-Pierre Ponsard.

2013, *Risk aversion and technology mix in an electricity market*, Energy Economics, 40, 866-874.

2013, *Option values of low carbon technologies policies*, Climate Policy, 13(1), 1-19. Co-auteur : Dominique Finon.

2012, *A sectoral approach balancing global efficiency and equity*, Environmental and Resource Economics, 53(4), 533-552. Co-auteur : Jean-Pierre Ponsard.

2011, *Emissions permits trading and imperfect competition*, Environmental and Resource Economics, 50(3), 347-364.

2010, *Capacity choice, technological mix and market power*, Energy Economics, 32(6), 1306-1315.

2008, *Strategic commitment in a mixed oligopoly*, Research in Economics, 62(2),

92-100.

2008, *The social efficiency of long-term capacity reserve mechanisms*, Utilities Policy, 16(3), 202-214. Co-auteurs : Dominique Finon et Virginie Pignon.

Chapitres d'ouvrages

Equité et efficacité pour la production décentralisée d'un bien collectif l'enjeu de la non-séparabilité, dans "Economie du climat, pistes pour l'après Kyoto", 2011, p. 87-104, Godard et Ponssard eds, Editions de l'Ecole Polytechnique. Co-auteur : Jean-Pierre Ponssard.

Compétitivité et fuites de carbone dans le cadre de politiques climatiques unilatérales, dans "Economie du climat, pistes pour l'après Kyoto", 2011, p. 147-176, Godard et Ponssard eds, Editions de l'Ecole Polytechnique. Co-auteurs : Stéphanie Monjon et Jean-Pierre Ponssard.

Les approches sectorielles et les enjeux d'équité et de compétitivité, dans "Economie du climat, pistes pour l'après Kyoto", 2011, p. 243-262, Godard et Ponssard eds, Editions de l'Ecole Polytechnique. Co-auteur : Jean-Pierre Ponssard.

Imperfect competition and long-term contracts in electricity markets : some lessons from theoretical models, dans "Competition, contracts and electricity markets", 2011, p. 159-176, J.-M. Glachant, D. Finon et A. de Hauteclocque eds, Edward Elgar Publishing Ltd.

Documents de travail

Should Marginal Abatement Costs Differ Across Sectors? The Effect of Low-Carbon Capital Accumulation. World Bank, Policy Research Working Paper 6415. Co-auteurs : Adrien Vogt-Schilb et Stéphane Hallegatte.

How Inertia and Limited Potentials Affect the Timing of Sectoral Abatements in Optimal Climate Policy. World Bank, Policy Research Working Paper 6154. Co-auteurs : Adrien Vogt-Schilb et Stéphane Hallegatte.

Land-sparing vs Land-sharing with incomplete policies. AliSS WP 2014-05.

Higher costs for higher profits : A general assessment and an application to environmental regulations. CER-ETH Zurich, Economic Working Paper 14/191. Co-auteur : Jean-Phillipe Nicolai.

Antitrust versus industrial policies, entry and welfare. AliSS WP 2015-01. Co-auteurs : Francisco Ruiz-Aliseda et Jean-Pierre Ponsard.