



**HAL**  
open science

# Impact du système d'échange de quotas sur l'efficacité des entreprises françaises

Aimé Okoko

► **To cite this version:**

Aimé Okoko. Impact du système d'échange de quotas sur l'efficacité des entreprises françaises. 2023.  
hal-04199094

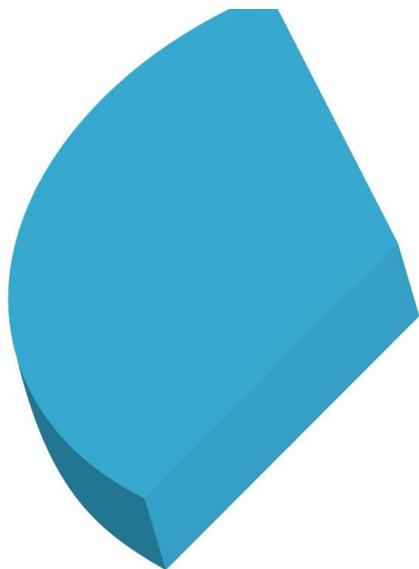
**HAL Id: hal-04199094**

**<https://hal.science/hal-04199094v1>**

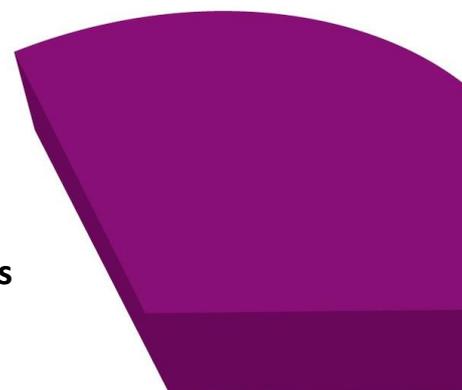
Preprint submitted on 15 Sep 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

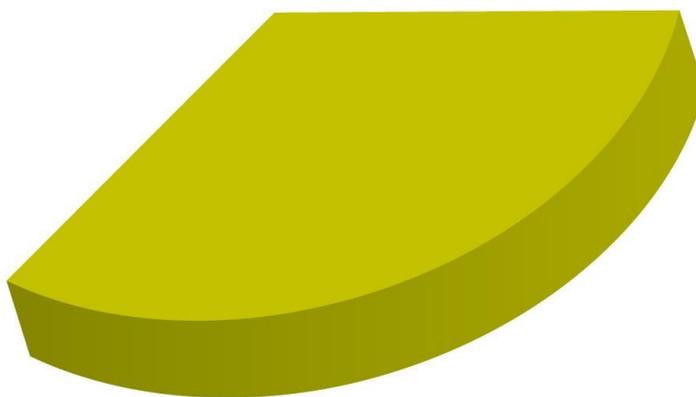
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Impact du système d'échange de quotas  
sur l'efficienne des  
entreprises françaises**



**Aimé OKOKO**



**Mise en ligne / Online : 10/07/2023**

# Impact du système d'échange de quotas sur l'efficacité des entreprises françaises

Aimé OKOKO\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, Université d'Orléans, LEO, 45067 Orléans, France

## Résumé

Cet article analyse l'impact du système d'échange de quotas d'émission de l'Union Européenne (SEQE-UE) sur l'efficacité technique des entreprises françaises sur la période 2005-2018. Nous menons notre analyse en utilisant le score d'efficacité pour mesurer la performance des entreprises et une méthode des doubles différences pour comparer les entreprises concernées (traitées) avec celles qui sont similaires, mais qui ne sont pas concernées (contrôle). Pour ce faire, nous construisons une base de données originale, liant les entreprises françaises du SEQE à leurs données financières. Cette base nous permet de faire une analyse par secteur et donc d'obtenir des résultats désagrégés. Nous constatons que le SEQE n'a pas d'effet sur l'efficacité des entreprises de notre échantillon en général. Il semblerait que la contrainte environnementale n'est pas assez forte pour entraîner une différenciation de l'efficacité entre nos deux groupes. Lorsque nous considérons les secteurs séparément, nous constatons que le SEQE a un effet différent en fonction des secteurs des entreprises de notre échantillon. Ce résultat suggère que la contrainte environnementale a des effets différenciés sur les entreprises en fonction de leur mode de production. Les entreprises traitées dans l'industrie du papier présentent une diminution de l'efficacité technique par rapport au groupe non traité alors qu'une augmentation de l'efficacité apparaît pour les entreprises traitées de l'industrie alimentaire. En revanche, le SEQE ne semble pas avoir d'effet significatif sur l'efficacité du secteur de l'automobile, de la chimie, de la métallurgie et des minéraux.

## Mots clés

Efficacité technique, performance des entreprises, doubles différences, frontière de production stochastique, marché de quotas

## Codes JEL

Q52, D22, Q38, Q48

---

\*Email: [aime.okoko@doctorant.uca.fr](mailto:aime.okoko@doctorant.uca.fr)

# 1 Introduction

En janvier 2005, l'Union Européenne a lancé une expérience très ambitieuse afin de réduire ses émissions de carbone. Elle crée le système d'échange de quotas d'émission (SEQE-UE) qui couvre environ 45% des émissions totales de CO<sub>2</sub> de l'Union Européenne et représente le plus grand système d'échange de quotas de carbone au monde (ICAP, 2020). Ce système est une pierre angulaire de la politique de l'Union Européenne visant à respecter ses engagements de réduction des émissions imposés par le protocole de Kyoto tenu en 1997. Pour sa première phase (2005-2007), le SEQE-UE s'applique aux centrales électriques et autres installations liées à la combustion de combustibles d'une capacité de production supérieure à 20 mégawatts ainsi qu'à un large éventail d'entreprises de secteurs industriels<sup>1</sup> (ICAP, 2020) et inclut l'aviation à partir de la phase II (2008-2012). La phase 3 (2013-2020) intègre principalement le secteur des métaux ferreux et non ferreux et l'aluminium de première fusion et d'affinage. Le cadre législatif du SEQE-UE pour la phase 4 (2021-2030) a été révisé en 2018 afin de garantir des réductions d'émissions à l'appui de l'objectif de l'UE pour 2030 (-40% par rapport au niveau de 1990) et de la contribution de l'UE à l'accord de Paris.

Chaque pays, à travers son Plan National d'Allocation (PNA), fixe la quantité de quotas appelée Allocation de l'Union Européenne (AUE) octroyée à chaque entreprise. Chaque AUE correspond à une tonne d'équivalent carbone. L'objectif de cette politique de marché des quotas est double. Il s'agit d'atteindre un niveau de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> à moindre coût (Montgomery, 1972) et de renforcer l'innovation, de façon à faciliter la transition vers une économie à faible intensité de carbone.

Les entreprises, pour être en conformité, peuvent réduire leurs émissions, acheter des quotas de pollution ou investir dans des technologies moins émettrices de dioxyde de carbone. Même si les marchés de quotas de pollution permettent des réductions d'émission à moindres coûts, ils font toutefois peser des nouveaux coûts sur les entreprises. Cette contrainte environnementale pourrait ainsi diminuer leurs bénéfices et affecter leur compétitivité.

En effet, les entreprises soumises à une forte concurrence internationale pourraient perdre des parts de marché en raison de l'augmentation de leurs charges due à cette contrainte. L'effet du havre de pollution introduit par Copeland and Taylor (2004) stipule que la réglementation en matière de pollution a un effet sur les décisions de localisation des entreprises et les flux commerciaux. McGuire (1982), en considérant les effets d'une politique environnementale unilatérale lorsque les facteurs de production sont mobiles, montre que les entreprises dont la réglementation est relativement plus stricte perdent en compétitivité et les industries réglementées se relocalisent vers l'économie la moins réglementée. Plusieurs études portant sur les États-Unis montrent que les réglementations environnementales ont influencé les décisions de localisation des entreprises (Becker and Henderson, 2000; List et al., 2003), leur activité industrielle (Kahn, 1997), ainsi que leurs décisions d'investissements (Keller and Levinson, 2002).

Cependant, l'idée selon laquelle une réglementation environnementale n'est qu'une source de coûts et entraîne une perte de compétitivité pour les entreprises concernées est controversée. Selon l'hypothèse de Porter, la politique environnementale peut générer des avantages concurrentiels. Porter and Van der Linde (1995) soutiennent que les objectifs de protection de l'environnement et la compétitivité commerciale peuvent se rejoindre sur le long terme. La pollution est un "bi-product" produit par le système de production et devient un coût en présence de politique environnementale. La réduction de la pollution est donc similaire à un perfectionnement du processus de production. Ainsi, les réglementations environnementales peuvent accélérer l'innovation.

---

1. Plus précisément, la phase 1 inclut les secteurs suivants : Électricité et chaleur, raffineries, acier, fer, ciment et chaux, verre, céramique, pâte à papier.

Dans le cas spécifique du SEQE, les études empiriques ne soutiennent pas l'idée selon laquelle le SEQE a eu des conséquences négatives importantes sur les performances économiques des entreprises. Elles montrent davantage une hétérogénéité des résultats en fonction des différents secteurs et pays étudiés (Martin et al., 2014). Par conséquent, davantage d'études sont nécessaires afin de mieux comprendre les conséquences du SEQE, que ce soit au niveau d'un pays, d'un secteur ou d'une entreprise. Une compréhension approfondie de la manière dont les entreprises s'adaptent au SEQE est essentielle, ce qui permettra une meilleure définition de cette politique par les pouvoirs publics, que ce soit au niveau de l'Europe ou dans d'autres régions du monde.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet du SEQE sur l'efficacité technique des entreprises françaises au cours de la période 2005-2018. À notre connaissance, peu d'études s'intéressent au cas des entreprises françaises soumises au SEQE. La France peut constituer un champ d'études intéressant puisqu'elle regroupe 8% du nombre d'entreprises totales soumises au SEQE. Les émissions vérifiées sur la période 2005-2006 s'élèvent à 127 mégatonnes de carbone, soit 6% des émissions totales du SEQE. La France est donc le 6<sup>e</sup> émetteur parmi les pays participant au SEQE (Ellerman and Buchner, 2008). Par ailleurs, la France est un pays souvent considéré comme étant assez strict concernant le droit du travail, ce qui constitue déjà une contrainte pour les entreprises Scarpetta and Tressel (2002). Notre analyse permettra de mieux appréhender les effets du SEQE dans cet environnement économique spécifique.

Pour ce faire, nous avons besoin des entreprises soumises au SEQE ainsi que de leurs données financières. La base EUTL (European Union Transaction Log) et la base DIANE nous fournissent des informations sur ces différents éléments, sans qu'il existe de lien entre ces deux bases. Ainsi, nous construisons une base de données originale, qui contient les données d'entreprises françaises du secteur manufacturier participant au SEQE augmentée de leurs caractéristiques financières. Cette base nous permet de faire une étude de l'effet du SEQE par secteur. Nous menons notre analyse en utilisant le score d'efficacité pour mesurer la performance des entreprises et la méthode des doubles différences pour comparer les entreprises concernées (traitées) avec celles qui sont similaires, mais qui ne sont pas concernées (contrôle). Nous constatons que le SEQE a des effets assez hétérogènes en fonction des secteurs. Les entreprises traitées dans l'industrie du papier présentent une diminution de l'efficacité technique par rapport au groupe non traité alors qu'une augmentation de l'efficacité est constatée pour les entreprises de l'industrie alimentaire. En revanche, le SEQE n'a pas d'effet sur l'efficacité des autres secteurs. Par conséquent, le SEQE peut être considéré globalement comme un système suffisamment flexible pour permettre aux entreprises d'améliorer ou de ne pas subir de baisse d'efficacité. Des analyses ciblées sur le secteur du papier devraient être menées afin d'identifier des éventuels facteurs de blocage de l'amélioration de l'efficacité non forcément liés à la politique environnementale. Ainsi, le régulateur pourrait mettre en place des politiques sectorielles aux côtés de la politique environnementale intersectorielle afin d'accroître davantage l'efficacité technique des entreprises.

L'article est structuré de la façon suivante. La section 2 examine le marché du SEQE et ses interactions avec les entreprises. Les données utilisées seront présentées dans la section 3 et la méthodologie dans la section 4. La section 5 présentera les résultats et nous conclurons dans la section 6.

## 2 Fonctionnement du système de quotas et interaction avec les entreprises

Tout d'abord, le SEQE est présenté. Puis, nous passerons en revue les études analysant les conséquences du SEQE sur les entreprises.

## 2.1 Le SEQE

À l'issue du protocole de Kyoto en 1997, l'Union Européenne s'est engagée à réduire ses émissions de dioxyde de carbone de 8% par rapport aux niveaux de 1990 sur la période 2008-2012. Afin d'atteindre cet objectif, elle adopte en 2003 la directive 2003/87/CE, dite directive quotas (CE, 2003), qui définit le cadre législatif du marché européen du carbone. Il concerne 11500 installations correspondant à environ deux milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>. Ce marché couvre le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) provenant de la production d'électricité et de chaleur, des secteurs industriels à forte intensité énergétique (notamment les raffineries de pétrole, les aciéries et la production de fer, d'aluminium, de métaux, de ciment, de chaux, de verre, de céramique, de pâte à papier, de papier, de carton, d'acides et de produits chimiques organiques en vrac), et de l'aviation commerciale au sein de l'espace économique européen. Il inclut également le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) issu de la production d'acide nitrique, d'acide adipique, de glyoxal et d'acide glyoxylique et les perfluorocarbones (PFC) issus de la production d'aluminium. Ces différents gaz à effet de serre sont convertis en tonne équivalent carbone.

Pour la première phase en 2005, sont concernés 27 pays de l'Union Européenne<sup>2</sup>, qui sont rejoints par la Norvège, l'Islande et le Liechtenstein en 2008 puis la Croatie en 2013 (UE, 2015). Pour la phase 1 et 2, chaque pays européen devait choisir son Plan National d'Allocation (PNA) sous réserve de l'approbation de la commission Européenne. Cela consistait, pour chaque pays, à déterminer quelle quantité de quotas serait attribuée à chacune de ses entreprises afin d'atteindre un objectif de réduction nationale. L'ensemble des AUE constitue donc le plafond de pollution nationale. À partir de 2013 (phase 3), la commission Européenne a décidé de réduire les quantités de quotas distribuées de 1,74% chaque année afin de rendre plus drastique la contrainte environnementale.

La distribution initiale des quotas est principalement gratuite. La quantité de quotas allouée à chaque entreprise est calculée à partir de la part de ses émissions dans son secteur ainsi que de ses émissions historiques. Les pays pouvaient aussi les vendre aux enchères à hauteur de 5% du Plan National d'Allocations dans la phase 1 et 10% dans la phase 2. Toutefois, cette option a été peu utilisée et seulement 0.13% des allocations ont été vendues aux enchères pendant la phase 1 avec une légère augmentation pendant la phase 2 (Ellerman and Buchner, 2007). Le passage d'une distribution gratuite à payante s'opère de façon progressive. Depuis la phase 3, les producteurs d'électricité, étant soumis à une plus faible concurrence, doivent acheter la totalité de leurs quotas et la part des quotas mise aux enchères pour les autres secteurs passe à 57%. Ce taux est maintenu à 57% pour la quatrième phase qui a débuté en 2021 (Parlement, 2018).

Le SEQE couvre plusieurs secteurs. Il s'agit des entreprises de production d'électricité et de chaleur, des entreprises des secteurs industriels à forte intensité énergétique, notamment les installations de combustion dont la puissance thermique nominale est supérieure à 20 mégawatts (à l'exception des incinérateurs de déchets municipaux ou dangereux), des raffineries de pétrole, des fours à coke, des usines de fer et d'acier, de Clinker et ciment, de verre, de chaux, de briques, de céramique, de papier et carton. Ce critère d'inclusion implique que dans un même secteur, des entreprises peuvent être soumises au SEQE et d'autres non. De plus, c'est la puissance thermique maximale qui est considérée ici et non pas la puissance utilisée. Ainsi, deux entreprises du même secteur ayant des caractéristiques assez semblables peuvent ne pas participer toutes les deux au SEQE. L'aviation commerciale au sein de l'espace économique européen est intégrée à partir de 2008, les secteurs de l'aluminium et de la pétrochimie s'ajoutent pour la troisième phase en 2013.

---

2. Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Portugal, Espagne, Suède et le Royaume-Uni appelés EU15. Ils sont rejoints ensuite par la Chypre, la République Tchèque, l'Estonie, la Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, Malte, la Pologne, la Slovaquie et la Slovénie (EU10) puis la Roumanie et la Bulgarie les rejoignent le 1er Janvier 2007.

## 2.2 Les conséquences économiques du SEQE

Les premières études du SEQE (Rennings and Oberndorfer, 2006; Bohringer et al., 2005; Buchner et al., 2006; Quirion and Hourcade, 2004) ont comparé le système d'échange de quotas de l'Union Européenne à d'autres politiques de réduction des émissions. Il s'agit de déterminer quelle politique est la plus appropriée pour atteindre l'objectif de réduction et d'estimer les effets que le système d'échanges de quotas d'émission pourrait avoir sur la compétitivité de l'Union Européenne, en ayant recours à des modèles de simulation. Les modèles d'équilibre général, les modèles d'équilibre partiel et les modèles macro économétriques ont généralement été utilisés pour simuler l'effet du SEQE avant sa mise en œuvre. Ils ont tous produit les mêmes résultats qualitatifs, à savoir que les systèmes d'échange de quotas sont meilleurs que les systèmes sans échange et que le système d'échange de quotas serait plus efficace s'il y avait davantage de pays participants (Rennings and Oberndorfer, 2006). Par conséquent, il serait plus coûteux pour les pays d'atteindre leur engagement pris à Kyoto sans s'engager dans un système d'échange. Ces études justifient donc le recours au marché de quotas.

Cependant, la mise en œuvre du SEQE a fait émerger des questions relatives à son impact sur la compétitivité des entreprises. D'abord, les allocations contraignantes accordées au secteur de l'énergie, étant peu soumises à la concurrence hors Union Européenne, risquent de créer des bénéfices exceptionnels pour les entreprises du secteur énergétique puisqu'elles ont la capacité de transmettre les coûts aux consommateurs. Aussi, la charge soumise aux autres entreprises participantes au SEQE risque de les rendre moins compétitives puisqu'elles sont soumises à une plus forte concurrence, que ce soit de la part des entreprises étrangères que régionales qui ne sont pas soumises au système. Ainsi, plusieurs études se sont penchées sur les potentiels effets négatifs du SEQE sur la compétitivité des entreprises. Les simulations semblent montrer que cet effet est globalement assez faible et que le secteur de l'aluminium est le plus affecté (Rennings and Oberndorfer, 2006; Bohringer et al., 2005; Smale et al., 2006; Reinaud, 2005). Toutefois, les principales raisons des effets négatifs potentiels sur la compétitivité de l'Europe constatés par certaines études sont l'hétérogénéité des plans nationaux d'allocation de quotas et la limitation de l'échange de droits d'émission à une poignée de secteurs (Martin et al., 2014). Demailly and Quirion (2006) utilisent pour chaque secteur le ratio d'ouverture<sup>3</sup> pour vérifier si les secteurs les plus intensifs en dioxyde de carbone sont les plus exposés à la concurrence internationale. Ils démontrent que parmi les secteurs les plus exposés que la moyenne, seul celui des métaux non ferreux est intensif en CO<sub>2</sub>. Tous les autres secteurs plus intensifs en CO<sub>2</sub> sont moins exposés à la concurrence internationale. Par conséquent, les secteurs concernés par le SEQE ne sont pas particulièrement soumis à la concurrence internationale et ne sont donc pas susceptibles de voir leur compétitivité diminuer pour un prix du carbone inférieur à 20 euros par tonne.

Ces études ont pour objectif de conseiller les décideurs politiques sur la mise en œuvre optimale du SEQE, sachant que les décisions doivent prendre en compte à la fois les bénéfices et les coûts encourus par les entreprises et, notamment les éventuelles pertes d'emplois. Le secteur manufacturier est un champ d'étude privilégié en raison de sa position très exposée vis-à-vis de la concurrence étrangère. Selon Abrell et al. (2011), les études empiriques semblent confirmer des prévisions d'impact peu élevées. Une réduction significative, mais faible de l'emploi global dans les entreprises soumises au SEQE est mise en évidence, réduction qui semble être due aux secteurs des minéraux non ferreux. Les auteurs ne trouvent, pour la période 2004-2008, aucun impact du SEQE-UE sur la valeur ajoutée et les marges bénéficiaires.

Commins et al. (2011) étudient l'impact du SEQE-UE sur 162 771 entreprises européennes entre 1996 et

---

3. Ratio d'ouverture utilisé par l'OCDE  $(X/Q + (1 - X/Q) * M/D)$ , avec  $X$  pour les exportations,  $Q$  pour la production,  $M$  pour les importations et  $D$  pour la demande finale intérieure. Le premier élément mesure la concurrence internationale sur les marchés étrangers et le second élément qui agit sur les marchés intérieurs ainsi que le ratio *missions/Chiffred'affaires*

2007. Ils constatent que cette politique environnementale a eu un impact négatif important sur le rendement du capital, mais que les impacts sur l'emploi, la productivité totale des facteurs et l'investissement ne sont pas significatifs. Toutefois, cette étude présente des limites. Notamment, les auteurs comparent les secteurs et non les entreprises, ce qui implique une erreur de mesure concernant le statut de traitement, puisque, à l'intérieur d'un même secteur, il peut y avoir des entreprises soumises et non soumises au SEQE. En matière d'emploi, un risque de réduction des effectifs faible est également constaté par [Martin et al. \(2014\)](#) en interrogeant 761 dirigeants d'entreprises, participantes ou non au SEQE, et ce, dans six pays européens. La majorité des répondants déclarent que le prix du carbone n'a aucune incidence sur leurs décisions de localisation. Toutefois, le risque de réduction des effectifs est plus élevé pour les entreprises participantes et varie fortement selon le secteur et la manière dont les quotas sont distribués.

Des effets très faibles ont été également trouvés en Allemagne pour l'emploi et les entreprises participantes au SEQE présentent une augmentation du chiffre d'affaires et des exportations pendant la première moitié de la phase 2 ([Wagner and Petrick, 2014](#)). Cependant, cette étude ne tient pas compte de l'hétérogénéité des secteurs et l'effet positif semble être mené par le secteur de l'énergie. Ce dernier est le seul secteur où le chiffre d'affaires augmente pendant la phase 2 par rapport au ciment, à l'acier et au fer sur la période 2001-2009 ([Chan et al., 2013](#)). En analysant quatre secteurs séparément, [Löschel et al. \(2019\)](#) ont constaté que l'efficacité technique des entreprises participantes a augmenté pendant la première phase, pour les secteurs de la fabrication du papier et des produits du papier, mais les trois autres secteurs étudiés (Industries alimentaires, Industrie chimique, Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques) présentent une réduction de leur efficacité technique par rapport aux entreprises non soumises. Concernant la France, [Wagner et al. \(2014\)](#) constatent une baisse significative de 8% de l'emploi pendant la phase 2 pour les entreprises du secteur manufacturier (la dernière année incluse est 2010) mais ne trouve aucun impact significatif sur les exportations.

Globalement, il s'avère que ces études se sont concentrées sur le secteur manufacturier, qui est le secteur soumis à une forte concurrence internationale. Si les résultats suggèrent des effets mineurs du SEQE sur l'emploi, la compétitivité ou le chiffre d'affaires, les effets semblent différents en fonction du pays et des secteurs étudiés. La prise en compte de l'hétérogénéité des secteurs et des pays conduit à des résultats plus fins, permettant ainsi une compréhension plus précise du SEQE et la formulation de meilleures recommandations pour les décideurs publics. L'analyse de l'impact du SEQE sur l'efficacité technique des entreprises pourrait être menée, particulièrement dans un pays dit à rigidités du travail élevé comme la France. En effet, [Kumbhakar et al. \(2012\)](#) ont analysé l'efficacité et la productivité totale des facteurs de production en Europe. Il apparaît que cette efficacité est affectée par les réglementations régissant les conditions de travail. Des lois strictes sur l'emploi, le licenciement ou le salaire minimum peuvent constituer des freins à l'innovation et réduisent la capacité des entreprises à réorganiser leur processus de production afin d'utiliser le travail et le capital de la manière la plus efficace. Selon [Tressel and Scarpetta \(2004\)](#), un certain niveau de salaires peut réduire les incitations à l'innovation et à l'adoption de nouvelles technologies, entraînant ainsi une baisse de la productivité. En France, les réglementations du marché du travail sont considérées comme contraignantes ([Van Ark, 2006](#)). Les difficultés d'ajustement de la force de travail peuvent générer une utilisation sous optimale des facteurs de production. Les réglementations du travail semblent donc influencer les capacités de production des entreprises françaises. Cet environnement détermine également la portée de l'innovation des entreprises qui est reconnue comme ayant un effet positif sur l'efficacité ([Klette and Kortum, 2004](#)). Notre étude se propose donc d'analyser l'effet du SEQE dans un tel environnement économique.

## 3 Base de données et statistiques descriptives

Nous développons tout d’abord les étapes de la construction de notre base de données, puis nous présentons des statistiques descriptives de notre base.

### 3.1 Construction de la base de données

Les données utilisées dans notre étude sont constituées à partir des données de l’EUTL et de DIANE qui regroupe les données financières des entreprises françaises. Les données concernant le SEQE sont rendues accessibles au public par l’Union Européenne à travers l’EUTL qui est une base regroupant les données concernant les entreprises participant au SEQE. Cette base contient toutes les entreprises participantes au SEQE, précisant leur pays, leurs allocations initiales, leurs émissions vérifiées pour chaque année de mise en conformité. Les données disponibles sont celles des installations, c’est-à-dire la plus petite unité de production analysée pour la décision d’inclusion dans le SEQE. En effet, le SEQE couvre plusieurs installations qui sont gérées par des comptes. Chaque installation est liée à un seul compte, mais chaque compte peut être lié à plusieurs installations. Ces comptes peuvent aussi bien appartenir à des entreprises possédant des comptes opérateur (Operator Holding Account) qu’à des particuliers possédant des comptes personnels (Personal Holding Account).

Afin de faciliter l’exploitation des données de l’EUTL, [Jaraité et al. \(2014\)](#) font correspondre les informations des installations du SEQE à leurs entreprises gestionnaires respectives et les complètent avec les informations des propriétaires de ces gestionnaires jusqu’au dernier niveau. Soit une entreprise X qui possède une installation et qui est elle-même possédée à 50.01% par une entreprise Y et que Y est également possédée à 50.01% par une entreprise Z, cette dernière est le Global Ultimate Owner (GUO) de l’installation. La base de données ainsi constituée contient les installations, les entreprises gestionnaires des comptes (entreprise X dans notre cas) et les GUO de chaque entreprise. Au total ce sont 13512 comptes opérateurs obtenus, à raison de 1136 pour la France

À partir de la base de [Jaraité et al. \(2014\)](#), nous récupérons les identifiants des entreprises françaises qui sont les numéros SIREN (Système d’identification du répertoire des entreprises). C’est un code Insee (Institut National de la Statistique et des Études Économiques) unique qui sert à identifier une entreprise, un organisme ou une association ayant des activités en France. Nous pouvons ainsi identifier précisément les entreprises retenues. L’objectif de cette étude étant d’analyser l’efficacité technique des entreprises, nous avons besoin de données financières les concernant. Grâce aux identifiants des entreprises, nous ajoutons ces données grâce à la base DIANE. Elle contient des données financières sur les entreprises, des indicateurs de solidité financière, des données se rapportant à l’action pour les sociétés cotées, des scores et évaluations, des originaux des documents déposés/images, des structures capitalistiques détaillées, des études de marché, de l’actualité économique et se rapportant aux sociétés, des opérations et rumeurs de fusion-acquisition ainsi que des cartes et analyses cartographiques

Nous retenons cinq variables financières pour notre étude. Tout d’abord, le *bénéfice* de l’entreprise qui représente la différence entre les recettes et les dépenses. Il détermine la capacité de l’entreprise à obtenir des parts de marchés dans son domaine d’activité et à maîtriser les coûts de sorte à maximiser son profit. Ensuite, la *production de l’exercice*, qui est un indicateur utilisé pour les entreprises qui ont une activité de production, transformation ou de prestations de services. Elle correspond à la somme des productions stockées, vendues et immobilisées. Nous choisissons également les *salaires et traitements*, c’est-à-dire toutes rémunérations dont peut bénéficier l’employé, incluant les primes, les congés payés, les indemnités maladies,

de retraite et également des avantages en nature. Les *capitaux propres* représentent les ressources financières que possède l'entreprise. Ils sont constitués par le capital social (ressources apportées par les entreprises lors de la création) ainsi que les bénéfices non distribués et non mis en réserve. Ils permettent de mesurer la quantité de capital dont dispose une entreprise pour son fonctionnement et rassure les investisseurs quant à la capacité de l'entreprise à faire face à des dépenses exceptionnelles. *L'actif immobilisé net* représente l'ensemble des biens qui seront utilisés pour l'activité de l'entreprise sur le long terme. Il est constitué des immobilisations corporelles (matériel, outillages, installations), des immobilisations incorporelles (fonds de commerce, logiciels) et des immobilisations financières (actions, obligations, prêt). Nous soustrayons ensuite les dépréciations des immobilisations qui représentent la perte de valeur des actifs avec le temps. Pour les entreprises de production, l'actif immobilisé représente une part importante de l'actif de l'entreprise et permet de prendre en compte la taille de l'équipement de l'entreprise dans notre analyse.

Pour constituer notre échantillon final, nous choisissons de nous intéresser aux entreprises appartenant au secteur manufacturier. Grâce aux codes NAF (Nomenclature d'Activités Françaises) nous arrivons à regrouper nos entreprises en secteurs et nous retenons celles appartenant au secteur de l'industrie manufacturière correspondant à la section C et regroupant les secteurs 10 à 33. En plus des entreprises soumises au SEQE, nous récupérons également les entreprises non soumises au SEQE appartenant à la section C afin de constituer un groupe de comparaison. Les données disponibles sur DIANE couvrent la période 2005-2019. Les données de 2019 étant en majorité manquantes, nous gardons la période 2005-2018. Nous obtenons ainsi une base de données originale sur les entreprises françaises du secteur de l'industrie manufacturière appartenant ou non au SEQE.

Ce sont au total 10628 entreprises qui entrent dans la base de données, dont 305 soumises au SEQE et 10323 qui n'y participent pas. La répartition du nombre d'entreprises par secteur au début de chacune des phases (2005, 2008, 2013) est donnée dans le tableau 1. Nous notons que le secteur des industries alimentaires est considéré dans son ensemble. Il prend en compte les activités telles que la production d'engrais, de produits de l'alimentation animale ou phytosanitaires. Notre échantillon est finalement constitué de 19 secteurs classés selon la nomenclature NAF.

## 3.2 Statistiques descriptives

Les statistiques descriptives sont présentées dans le tableau 2. Il indique la moyenne du bénéfice, de la production de l'exercice, des salaires et traitements, du total de l'actif immobilisé et des capitaux propres pour les 305 entreprises appartenant au SEQE (entreprises traitées) et les 10323 non appartenant au SEQE (entreprises non traitées) pour les années de début des trois premières phases, 2005, 2008 et 2013.

Pour chacune des variables financières retenues, nous remarquons des valeurs moyennes plus élevées pour les entreprises traitées que pour les entreprises non traitées. Le test de Student confirme que la différence de moyenne entre les deux groupes est majoritairement significative. Cela peut s'expliquer par le critère d'inclusion au SEQE. Il est basé sur la capacité de production des entreprises. Ainsi, les entreprises appartenant au SEQE sont susceptibles d'avoir une plus grande production en moyenne. Dans la suite de cette étude, nous considérerons seulement les secteurs qui ont un nombre d'entreprises traitées dans notre échantillon supérieur à 5, ce qui correspond à 6 secteurs comme nous le voyons dans le tableau 1. Cela suggère que ce sont les secteurs les plus intensifs en puissance thermique. Nous retenons donc les secteurs de la fabrication du papier et des produits du papier (NAF 17), de l'industrie alimentaire (NAF 10), de l'industrie chimique (NAF 20), de la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques (NAF 23), de l'automobile (NAF 29) et de la métallurgie (NAF 24).

**TABLEAU 1** – Evolution du nombre d'entreprises traitées et non traitées par secteur

NAF	Secteur	2005		2008		2013	
		Contrôle	Traité	Contrôle	Traité	Contrôle	Traité
10	Industries alimentaires	2065	35	2188	42	2108	42
11	Fabrication de boissons	203	1	217	2	223	2
12	Fabrication de produits à base de tabac	2	2	2	2	2	1
13	Fabrication de textiles	361	2	363	2	321	2
16	Fabrication d'articles en bois et en liège	460	5	464	6	403	6
17	Industrie du papier et du carton	395	41	415	40	388	42
19	Cokéfaction et raffinage	20	3	22	4	21	3
20	Industrie chimique	611	39	640	44	617	43
21	Industrie pharmaceutique	164	4	173	4	167	4
22	Produits en caoutchouc et en plastique	1055	5	1110	5	1001	6
23	Autres produits minéraux non métalliques	514	42	520	45	483	39
24	Métallurgie	202	15	217	16	212	17
25	Fabrication de produits métalliques	11	0	14	0	13	0
26	Produits informatiques, électroniques et optiques	225	2	228	2	217	1
27	Fabrication d'équipements électriques	67	1	70	2	66	2
28	Fabrication de machines et équipements n.c.a.	552	4	569	4	554	4
29	Industrie automobile	315	17	335	17	326	18
30	Fabrication d'autres matériels de transport	131	0	144	1	137	1
31	Fabrication de meubles	385	3	406	3	308	3

n.c.a : Non classé ailleurs

Source : Tableau construit par l'auteur à partir des données de l'EUTL

**TABLEAU 2** – Caractéristiques des entreprises traitées et non traitées

Variable (milliers d'euros)	Année	Non traité			Traité			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice	2005	1180	21617	7738	5842	25451	221	0.01
Production de l'exercice		37852	494720	7738	260671	656586	221	0.00
Salaires et traitements		4339	30166	7738	16313	33945	221	0.00
Total de l'actif immobilisé net		13369	176879	7738	66637	129024	221	0.00
Capitaux Propres		11405	85318	7738	58585	148242	221	0.00
Bénéfice	2008	931	28182	8097	1954	23497	241	0.51
Production de l'exercice		43231	478600	8097	239897	497100	241	0.00
Salaires et traitements		4630	28927	8097	18017	43580	241	0.00
Total de l'actif immobilisé net		15580	202851	8097	116527	669563	241	0.02
Capitaux Propres		12410	77215	8097	68093	180973	241	0.00
Bénéfice	2013	559	22176	7567	7142	92081	236	0.27
Production de l'exercice		42429	429278	7567	236199	465099	236	0.00
Salaires et traitements		5016	28626	7567	18481	38428	236	0.00
Total de l'actif immobilisé net		16361	185612	7567	117298	604924	236	0.01
Capitaux Propres		13730	79831	7567	68138	171122	236	0.00

Source : Tableau construit par l'auteur à partir des données de DIANE

Parmi ces 6 secteurs retenus, celui dont la production est la plus élevée est le secteur alimentaire (voir tableaux 8 - 13). Nous retrouvons des entreprises comme *Danone* (4ème plus grande entreprise laitière au monde), *Lesieur* (producteur d’huiles végétales) ou *Kermene* qui est une filiale des centres distributeurs E.Leclerc. Ensuite, nous avons le secteur de la chimie qui est le deuxième plus gros producteur. Il comprend l’entreprise *Lubrizol* (synthétisation et stockage de produits chimiques destinés à être utilisés comme additifs pour lubrifiants) ou *Air liquide France* qui est spécialiste des gaz destinés à l’industrie, la santé, l’environnement et la recherche. En troisième position nous avons le secteur du papier qui contient entre autres l’entreprise française *CONDAT* qui a une capacité de production de 431000 tonnes de papier par an ou la filiale française du leader européen du papier *Smurfit Kappa*. Notre quatrième secteur étudié est celui des minéraux. Nous pouvons retrouver la multinationale *Rockwool* (spécialisée dans la fabrication de laine minérale servant à l’isolation des bâtiments) ainsi que *Pochet du Courval*, une entreprise française spécialisée dans la fabrication de flacons de parfum pour l’industrie du luxe. Le secteur de l’automobile est quant à lui dominé par les entreprises *Peugeot* et *Renault*. Notre dernier secteur d’intérêt qui est celui de la métallurgie, contient des entreprises comme *Arcelormittal* (plus grand producteur d’acier au monde) et *Constellium* (spécialisé dans la fabrication de produits en aluminium). Nous présenterons dans la section suivante la méthodologie utilisée pour déterminer les efficacités des différents secteurs retenus ainsi que l’effet du SEQE sur cette efficacité.

## 4 Méthodologie

L’effet du SEQE sur l’efficacité technique des entreprises est analysé en deux étapes. Tout d’abord, nous utilisons l’efficacité technique de l’entreprise pour définir la performance, puis nous comparons les entreprises qui participent au SEQE à celles qui ne sont pas concernées. Cette efficacité est estimée à l’aide d’un modèle de frontière de production et chaque entreprise est comparée aux entreprises de son secteur. L’effet de la politique sur les scores d’efficacité est ensuite évalué à l’aide de la méthode des doubles différences. La période de référence sera l’année 2005, qui sera considérée comme l’année antérieure au traitement.

La principale difficulté rencontrée par les études précédentes était de séparer clairement les effets du SEQE des effets d’autres politiques sur les variables d’intérêt (Martin et al., 2014). En effet, le chiffre d’affaires, l’emploi ou l’efficacité pourraient être affectés par d’autres phénomènes. Le degré d’agrégation constitue également un élément important à prendre en compte. En effet, les critères d’inclusion des entreprises dans le SEQE prennent en compte le secteur de l’entreprise, mais également sa capacité de production. Ainsi, à l’intérieur d’un même secteur, nous avons des entreprises soumises ou non au système. Commins et al. (2011) comparent les secteurs qui participent au SEQE à ceux qui n’y sont pas soumis. Toutefois, les auteurs soulignent que cette façon de procéder constitue une erreur de mesure du statut de traitement et que les effets obtenus pourraient être biaisés par des chocs sectoriels. Il est toujours difficile de résoudre ce problème d’identification, car il existe plusieurs autres facteurs qui influencent le comportement des entreprises et affectent l’estimation de l’impact. La meilleure méthode consisterait à mener une expérience randomisée pour avoir deux groupes directement comparables. Cependant, cela serait inefficace d’un point de vue environnemental puisque les entreprises participantes seraient choisies de manière aléatoire. c’est pourquoi nous optons pour une méthode d’analyse d’impact qui consiste à comparer les entreprises qui participent, à un groupe d’entreprises qui ne participent pas en supposant qu’elles auraient évolué de la même manière conditionnellement à certaines variables de contrôle. Ainsi, la méthode des doubles différences est souvent utilisée pour estimer l’effet d’une politique lorsque les données sont disponibles avant et après la mise en place d’une politique.

Notre analyse se fera en deux étapes. Nous évaluerons d’abord le score d’efficience (Battese and Coelli, 1992) des entreprises de notre échantillon en comparant chaque entreprise à celles de son secteur, puis nous les séparerons en deux groupes (traités et non traités). Cela nous permettra de mesurer la différence entre leurs différents scores d’efficience grâce à la méthode des doubles différences doublement robustes (Sant’Anna and Zhao, 2018).

## 4.1 Frontière d’efficience

La première étape de notre étude consistera à estimer les scores d’efficience des entreprises françaises afin d’analyser leur évolution sur la période 2005-2018. Pour estimer cette efficience, nous nous appuyons sur l’analyse d’une fonction de frontière de production stochastique. Le modèle de frontière d’efficience a été introduit par Farrell (1957) afin d’optimiser les mesures d’efficience qui étaient jusqu’à ce jour obtenues en utilisant la productivité moyenne. Cependant, l’estimateur ainsi obtenu est presque toujours biaisé et sans connaissance de la distribution des erreurs, il est impossible de supprimer ce biais (Farrell, 1957). Certaines estimations situées au-delà de la frontière de production étaient alors attribuées à des erreurs de mesure. Ainsi Aigner et al. (1977) proposent d’inclure deux termes d’erreur dont l’un représente l’efficience technique et l’autre le terme d’erreur habituel.

Ce modèle est amélioré avec une fonction de production adaptée aux données de panel dans lequel l’efficience des entreprises varie au cours du temps (Battese and Coelli, 1992) :

$$Y_{it} = f(x_{it}; \beta) \exp(V_{it} - U_{it}) \quad (1)$$

$Y_{it}$  représente la production de l’entreprise  $i$  à l’année  $t$

$f(x_{it}; \beta)$  est une fonction d’un vecteur  $x_{it}$  qui correspond aux intrants utilisés pour la production de l’entreprise  $i$  à l’année  $t$  et  $\beta$  un vecteur de paramètres inconnus

$V_{it}$  représente les erreurs aléatoires qui sont supposées être indépendamment et identiquement distribuées  $N \sim (0, \sigma_V^2)$

$U_{it}$  représente les rendements techniques et sont censés être indépendamment et identiquement distribués et appartenir à la partie non négative de la distribution normale  $(N(\mu, \sigma^2))$ .

Afin d’estimer la fonction de production, nous devons faire une hypothèse concernant la relation technologique entre les facteurs de production et la production. La fonction Cobb Douglas (Cobb and Douglas, 1928) est souvent utilisée, mais elle repose sur l’hypothèse d’élasticité de substitution des facteurs de production constante et égale à 1. Cette hypothèse étant restrictive (Heathfield and Wibe, 1987). Arrow et al. (1961) proposent la fonction CES qui permet à l’élasticité de substitution d’être différente de 1, mais cette élasticité reste constante. Une forme plus flexible a été proposée par Christensen et al. (1971) : la fonction logarithmique transcendantale ou translog. Elle permet aux élasticités de substitution de varier en fonction des facteurs de production considérés. Dans notre étude, nous utilisons donc la spécification translog.

Le modèle que nous estimons est alors défini comme suit :

$$\begin{aligned} \log(\text{Production}_{it}) = & \beta_0 + \beta_1 \log(\text{Capital}_{it}) + \beta_2 \log(\text{Travail}_{it}) + \beta_3 \log(\text{Travail}_{it})^2 \\ & + \beta_4 \log(\text{Capital}_{it})^2 + \beta_5 \log(\text{Travail}_{it}) \log(\text{Capital}_{it}) + V_{it} - U_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

La fonction de production incorpore donc la quantité de travail utilisée par l’entreprise. Toutefois, nous

nous heurtons à un problème de manque de données. Nous suivons donc [Aggrey et al. \(2010\)](#); [Lundvall \(1999\)](#); [Ngui-Muchai and Muniu \(2012\)](#) et utilisons les salaires et traitements comme proxy du travail. Toutes les variables sont exprimées en milliers d’euros.

Cette équation sera estimée pour chaque secteur afin de comparer chaque entreprise avec celles de son secteur. La prise en compte des effets temporels nous permet d’avoir les scores d’efficacité pour chaque entreprise et chaque année. Les scores d’efficacité obtenus sont compris entre 0 et 1, 0 représentant les entreprises les moins efficaces et 1 les plus efficaces. Ces scores d’efficacité seront utilisés dans la deuxième partie de notre analyse comme variable dépendante. Cela nous permettra d’évaluer si la différence entre nos deux groupes d’entreprises est significative, c’est-à-dire si l’on observe un effet du SEQE sur l’efficacité technique des entreprises.

## 4.2 Doubles différences

Afin d’obtenir l’effet du SEQE, nous utilisons la méthode des doubles différences qui permet d’estimer l’effet d’un traitement en comparant un groupe qui a reçu le traitement et un autre qui ne l’a pas reçu. Considérons un traitement administré à deux groupes d’individus sur deux périodes différentes et cherchons à mesurer l’effet de ce traitement sur une variable  $Y$ .

Nous définissons  $Y_{it}$  la variable de résultat de l’individu  $i$  au moment  $t$  qui est le score d’efficacité que nous avons calculé à la première étape. Le score d’efficacité de chaque entreprise est disponible pour la période de prétraitement, c’est-à-dire avant la mise en place du SEQE en  $t = 0$  et la période post-traitement en  $t = 1$ . Désignons  $D_i = 1$  si l’individu est traité et  $D_i = 0$  s’il n’est pas traité. Ainsi, les variables de résultat sont notées  $Y_i(1)$  et  $Y_i(0)$  pour les individus traités et non traités respectivement. L’objectif est ensuite d’estimer l’effet moyen du traitement sur les personnes traitées (ATT), qui est défini comme suit :

$$ATT = E[Y_{i1}(1) - Y_{i1}(0) | D = 1], \quad (3)$$

$Y_i(0)$ , qui représente le score d’efficacité des entreprises participantes à  $t = 1$  si elles n’avaient pas participé n’est pas observé et doit donc être estimé. Nous sommes confrontés dans ce cas à un problème de variable inobservée. En plus, nous avons un biais de sélection. Dans une expérience randomisée, les entreprises participantes au SEQE auraient été choisies de manière aléatoire afin de permettre aux deux groupes d’être directement comparables. Cependant, les entreprises soumises au SEQE ont été choisies selon un critère bien défini qui crée de l’hétérogénéité entre les deux groupes, entraînant ce biais de sélection.

Ces deux problématiques peuvent être contrôlées grâce aux méthodes d’estimation d’effet causal de traitement. Une première méthode consiste à estimer notre variable d’efficacité grâce à une régression en la contrôlant par notre variable de traitement ainsi que des covariables ayant un effet sur l’efficacité des entreprises. Cela nous permettrait alors d’isoler l’effet causal du SEQE si le modèle est bien spécifié. Une seconde méthode consisterait à utiliser le score de propension ([Abadie, 2005](#)), qui permet de pondérer les scores d’efficacité en utilisant la probabilité d’une entreprise à être dans le groupe de traitement conditionnellement à nos variables de contrôle. Ainsi, la comparaison des moyennes pondérées de nous permettrait d’avoir l’effet causal du SEQE si le modèle est bien spécifié.

Cependant, ces deux méthodes exigent une bonne modélisation de notre variable d’efficacité ou de la probabilité de participation au traitement. Un choix non approprié des variables de contrôle dans chacun des deux cas expliqués plus haut conduirait à un biais de spécification. La méthode des doubles différences

doublement robustes permet de combiner ces deux approches afin d’obtenir l’effet causal du SEQE même si l’un des modèles est mal spécifié (Sant’Anna and Zhao, 2018). Nous réduisons ainsi le risque de biais de spécification lié à l’utilisation de l’une de ces méthodes. Ainsi, nous pouvons profiter des avantages des deux estimateurs tout en évitant leurs faiblesses.

Pour le cas de la double différence, puisque nous observons une période avant et après la mise en oeuvre du SEQE, l’hypothèse de tendance parallèle inconditionnelle doit être émise. Elle implique que l’efficacité des deux groupes aurait suivi la même tendance en l’absence de traitement. Les entreprises de notre échantillon étant toutes françaises, elles sont soumises aux mêmes réglementations et au même environnement économique. Faisant partie du même groupe d’industries manufacturières, un choc sectoriel les affecterait donc toutes de la même manière. En plus, un même secteur peut contenir des entreprises qui participent et d’autres qui ne participent pas au système. Le critère d’inclusion est la capacité de puissance thermique, mais qui n’est pas forcément la puissance thermique réelle puisqu’une entreprise peut ne pas utiliser sa capacité maximale. Ainsi, deux entreprises peuvent utiliser la même puissance thermique sans être pour autant toutes les deux soumises au SEQE, à cause d’une différence de capacité totale. Tous ces éléments suggèrent que les deux groupes auraient suivi les mêmes tendances sans l’intervention du SEQE. Cependant, ces deux groupes auraient pu suivre des tendances différentes à cause de certaines de leurs caractéristiques pouvant influencer leur efficacité. Nous ajoutons alors des variables de contrôle qui auraient pu avoir un effet sur la participation au traitement ou l’efficacité des entreprises.

L’estimateur doublement robuste pour les données de panel est défini comme suit :

$$\tau^{dr,p} = E \left[ (w_1^p(D) - w_0^p(D, X; \pi)) (\Delta Y - \mu_{0,\Delta}^p(X)) \right] \quad (4)$$

où  $\tau^{dr,p}$  représente l’effet du traitement,  $\pi(x)$  est un modèle permettant d’estimer le score de propension. Dans notre cas, nous utiliserons la loi logistique. où  $w_1^p(D) = \frac{D}{E}$  et  $w_0^p(D, X; \pi) = \frac{\pi(x)(1-D)}{1-\pi(x)} / E \left[ \frac{\pi(x)(1-D)}{1-\pi(x)} \right]$  représentent respectivement les poids accordés au groupe d’entreprises traitées et non traitées.  $\Delta Y = Y_1 - Y_0$  représente les différences d’efficacité entre les deux périodes pour les entreprises traitées.  $\mu_{0,\Delta}^p(X) = \mu_{0,1}^p(X) - \mu_{0,0}^p(X)$  indique la différence d’efficacité entre les deux périodes pour les entreprises non traitées conditionnellement aux variables de contrôle. On suppose que la relation entre les variables est linéaire en paramètres et que le score de propension suit une loi logistique. Les paramètres inconnus sont estimés en utilisant les moindres carrés ordinaires (MCO)

Pour construire nos poids, nous devons utiliser des variables qui sont liées au traitement sans permettre de l’expliquer totalement. Nous retenons des variables ayant un effet sur l’efficacité, en gardant leurs valeurs pendant la période de prétraitement, c’est-à-dire 2005. Ainsi, nous retenons la valeur du score d’efficacité en période de prétraitement. L’estimation de l’effet moyen du traitement peut être entravée par des facteurs liés à la taille de l’entreprise, car la participation au SEQE dépend de la capacité thermique de l’entreprise. Cependant, nous n’observons pas la capacité thermique, c’est pourquoi nous suivons Löschel et al. (2019) en incluant la valeur du stock de capital physique mesuré par le total des immobilisations nettes afin de prendre en compte les effets de taille. Nous considérons aussi le total des bénéfices des entreprises. En effet, les entreprises soumises au SEQE pourraient être différenciées par le bénéfice réalisé puisque le SEQE pourrait augmenter leurs charges. La mise en conformité environnementale implique des coûts de réductions des émissions (changement de technologies, utilisation d’inputs moins polluants) ou le paiement de pénalités en cas de non-respect du quota spécifié. Les variables ainsi choisies permettront de comparer les entreprises

traitées à d'autres entreprises du même secteur ayant la même taille, la même efficacité et les mêmes bénéfices annuels avant la participation au SEQE.

## 5 Résultats

Nous présenterons dans cette section les résultats du modèle de frontière stochastique, nous décrirons l'évolution des différences d'efficacité pour les différents groupes et nous montrerons enfin les effets de traitement estimés.

### 5.1 Frontière de production et efficacité

TABLEAU 3 – Estimation de la frontière de production

	<i>Variable dépendante : log(Production)</i>					
	Minéraux	Papier	Secteurs			Métallurgie
			Chimie	Alimentaire	Automobile	
log(Salaires et traitements)	-0.790*** (0.099)	-0.251** (0.112)	-0.771*** (0.100)	-1.548*** (0.083)	-1.980*** (0.113)	-1.718*** (0.252)
log(Salaires et traitements) <sup>2</sup>	0.058*** (0.004)	0.044*** (0.004)	0.060*** (0.003)	0.093*** (0.003)	0.071*** (0.004)	0.079*** (0.008)
log(Total capitaux.propres)	0.088** (0.044)	-0.048 (0.040)	-0.015 (0.040)	0.009 (0.032)	-0.574*** (0.038)	-0.125 (0.086)
log(Total capitaux.propres) <sup>2</sup>	0.008*** (0.001)	0.009*** (0.001)	0.018*** (0.001)	0.014*** (0.001)	0.020*** (0.001)	0.015*** (0.002)
log(Salaires) × log(capitaux)	-0.018*** (0.002)	-0.012*** (0.002)	-0.028*** (0.002)	-0.025*** (0.001)	0.001 (0.001)	-0.017*** (0.004)
Constante	19.904*** (0.807)	15.048*** (0.923)	20.458*** (0.854)	24.975*** (0.650)	38.756*** (0.726)	30.804*** (2.064)
N	701	592	828	3026	439	311
Nombre d'années	14	14	14	14	14	14
Moyenne de l'efficacité	0.459	0.526	0.407	0.265	0.38	0.471
Effets fixes années	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Note :

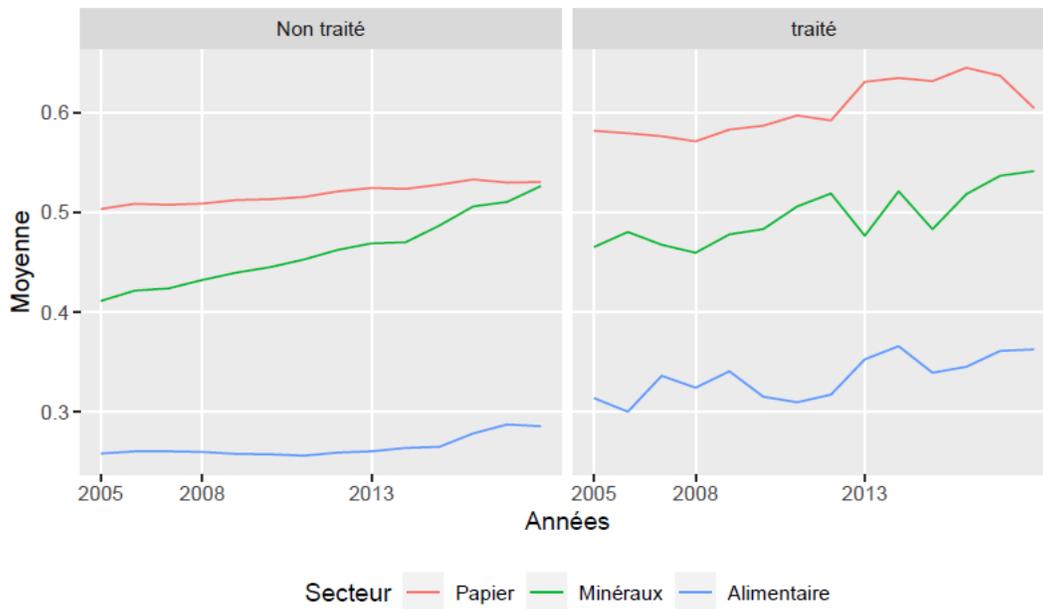
\*p<0.1 ; \*\*p<0.05 ; \*\*\*p<0.01

Nous avons estimé les scores d'efficacité pour chaque secteur pour toute la période d'étude, car ils ont des produits, des performances et une rentabilité différents. Nous présentons les résultats des six secteurs comptant plus de 5 entreprises en 2005. Nos résultats sont indiqués dans le tableau 3. La structure de la fonction translog ne nous permet pas de faire une interprétation directe des coefficients obtenus. Pour chaque facteur de production, les élasticités sont alors calculées et présentées dans le tableau 4.

Nous remarquons des élasticités inférieures à 1 pour le travail qui se situent entre 0.42 et 0.93, laissant percevoir l'excès de charges supporté par les entreprises. Cela confirme l'idée selon laquelle la réglementation

**TABLEAU 4** – Elasticités de production

Secteur	Salaires	Capitaux
Alimentaire	0.913	1.532
Métallurgie	0.589	1.275
Minéraux	0.723	1.024
Automobile	0.424	0.904
Chimie	0.615	0.846
Papier	0.931	0.689



**GRAPHIQUE 1** – Différence d'efficacité par statut de traitement

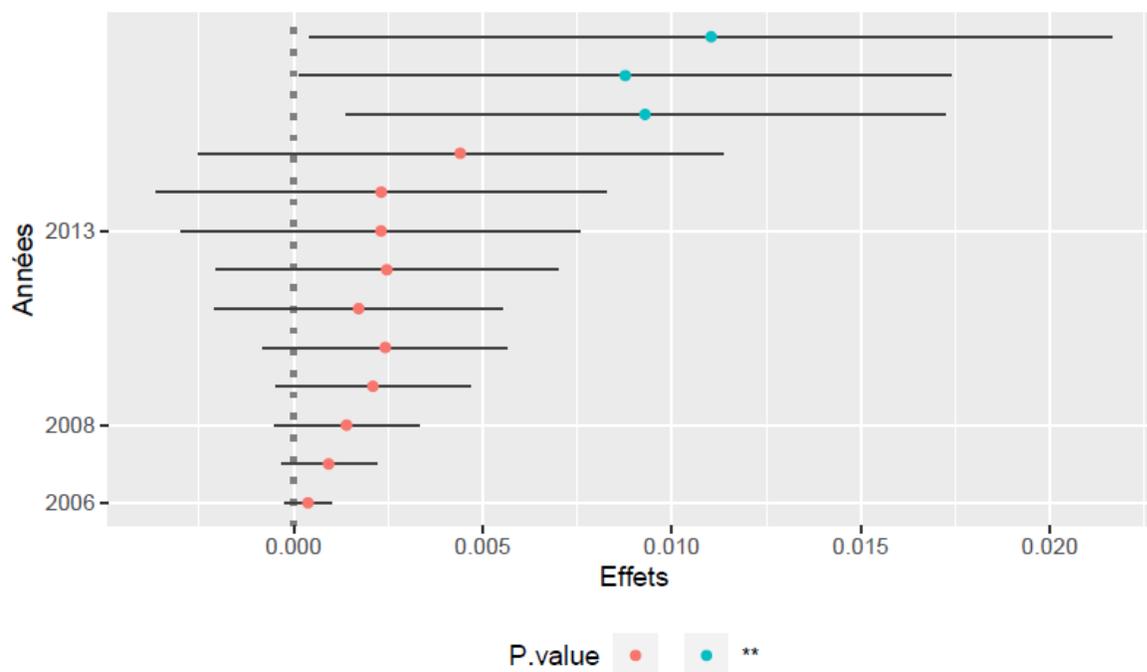
du marché du travail pourrait ralentir l’adaptation des entreprises à un environnement changeant [Tressel and Scarpetta \(2004\)](#). Quant au capital, trois secteurs (Alimentaire, Métallurgie et Minéraux) présentent des élasticités supérieures à 1 qui sont de 1.53, 1.27 et 1.02 respectivement. Les trois derniers secteurs présentent des élasticités inférieures à 1 (Automobile, Chimie, Papier) qui s’élèvent respectivement à 0.90, 0.84 et 0.68. Aussi, lorsque nous comparons les élasticités des facteurs de production, nous remarquons que le secteur du papier est le seul pour lequel les élasticités du capital sont inférieures à celles du travail. Ces résultats mettent en exergue l’importance du capital dans le processus de production des entreprises françaises. Les moyennes d’efficacité obtenues après estimation vont de 0,265 pour l’alimentation à 0,526 pour le papier. Cependant, ces scores ne peuvent pas être comparés entre les secteurs. Nous comparons donc les entreprises traitées et non traitées par secteur en représentant l’évolution de leurs différences dans le graphique 1. Nous remarquons que ces différences sont toutes positives, c’est-à-dire que les entreprises participantes sont en moyenne plus efficaces que celles non soumises au SEQE. Cela pourrait s’expliquer par le critère d’inclusion qui est une capacité thermique supérieure à 20MW. La différence entre les entreprises traitées et non traitées augmente progressivement entre 2005 et 2013 pour le secteur alimentaire. Pour les autres secteurs, la différence a plutôt tendance à se réduire. Cependant, cette comparaison à la moyenne en considérant toutes les entreprises de notre échantillon n’est pas suffisante pour savoir si la variation des différences entre ces deux groupes est attribuable au SEQE. Nous utiliserons donc une méthode d’analyse en doubles différences afin d’avoir des résultats plus robustes.

## 5.2 Doubles différences

Nous présentons d’abord l’effet du SEQE sur l’efficacité technique de toutes les entreprises de notre échantillon. Ensuite, nous mènerons une analyse sectorielle.

### 5.2.1 Analyse globale

Les résultats de notre estimation de doubles différences pour toutes les entreprises sont présentés graphiquement dans le graphique 2 et numériquement dans le tableau 6. Nous avons comparé la différence d’efficacité entre les entreprises traitées et non traitées de tous les secteurs confondus. Nous constatons un effet non significatif sur toute la période d’étude, c’est-à-dire qu’il n’y a pas de différence entre les entreprises traitées et non traitées occasionnée par le SEQE. Ces résultats sont différents de ceux obtenus en Allemagne. En effet, [Lutz \(2016\)](#); [Löschel et al. \(2019\)](#) constatent un effet positif du SEQE sur l’efficacité des entreprises, [Petrick and Wagner \(2014\)](#) constatent un effet positif du SEQE sur la production. Il est admis que la première phase du SEQE était une phase de test pour les entreprises et les régulateurs, et que durant cette période, les PNAQ ont été assez généreux. Même si ces derniers ont été réduits, la phase 2 a connu la crise financière et le prix du quota est resté faible. Depuis la phase 3, les PNAQ sont réduits chaque année et le prix du carbone marque une tendance à la hausse. On pourrait s’attendre alors à une diminution de l’efficacité des entreprises traitées, mais les entreprises françaises semblent être en mesure de s’adapter à ces nouvelles contraintes. Comme test de robustesse, nous considérons également la phase 1 (2005-2007) comme période de prétraitement que nous comparons aux phases 2 et 3. Les résultats du tableau 14 confirment l’effet non significatif du SEQE sur l’efficacité des entreprises françaises.

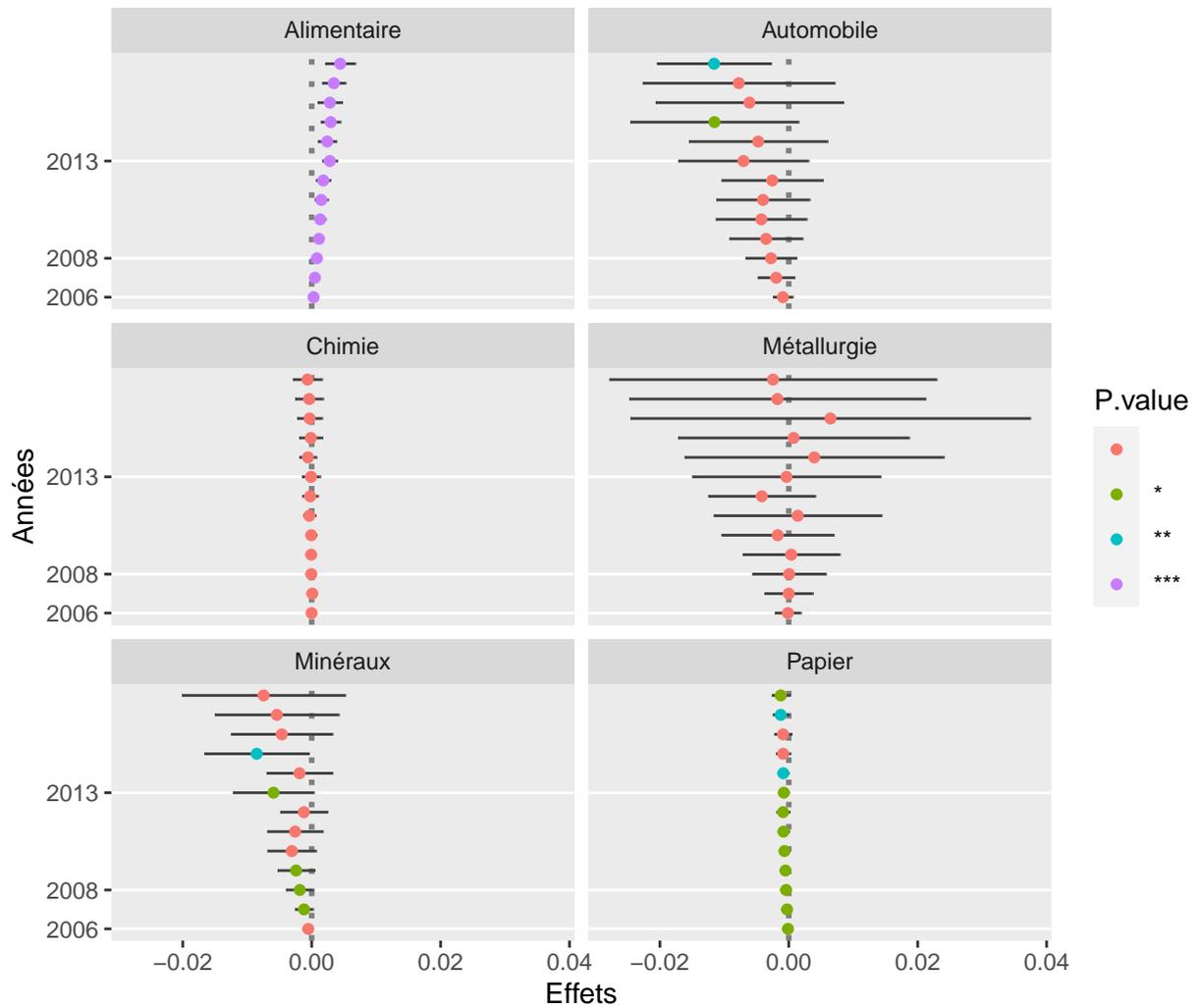


GRAPHIQUE 2 – Effet global du traitement

### 5.2.2 Analyse par secteur

Nous considérons l'effet du SEQE sur l'efficacité technique pour chaque secteur retenu. Le graphique 3 montre l'effet du traitement sur les entreprises de notre échantillon par secteurs. Le secteur alimentaire est le seul pour lequel l'effet du SEQE est positif et significatif, ce qui confirme la tendance observée dans le graphique 1. Les entreprises de ce secteur soumises au SEQE ont alors vu leur efficacité augmenter significativement depuis 2005 par rapport à celles qui n'étaient pas soumises et nous voyons que cette différence s'accroît également avec le temps. Cela suggère que les entreprises du secteur alimentaire ont réussi à s'adapter au SEQE au point d'avoir une évolution de leur efficacité significativement différente. L'effet contraire est remarqué dans le secteur du papier où notre analyse montre un effet négatif sur SEQE sur les entreprises de ce secteur. Cela suggère que les entreprises du secteur du papier arrivent moins à s'adapter à ce système de quotas.

Les différences entre les deux groupes ne sont pas significatives pour la majorité des secteurs (Métallurgie, Chimie, Minéraux et Automobile). D'une manière globale, les effets du SEQE sur l'efficacité technique des entreprises sont donc hétérogènes et certains secteurs arrivent à s'adapter plus rapidement que d'autres. Il semblerait donc que, jusqu'ici, les pouvoirs publics n'aient pas cherché à corriger ces évolutions divergentes. La contrainte environnementale pourrait effectivement se resserrer sur les secteurs dont l'efficacité technique augmente et se desserrer un peu sur les autres. Partant du principe que la dotation finale des quotas est indépendante de la distribution initiale (Montgomery, 1972), le régulateur ne peut utiliser la dotation initiale pour mener cet objectif différencié. Ces résultats pourraient donc être utilisés par les pouvoirs publics pour mener des études par secteur non focalisées sur l'environnement afin de mettre en lumière les facteurs éventuellement bloquants de l'amélioration de l'efficacité. Il s'agirait d'en tirer des conclusions pour mener, aux côtés d'un marché de quotas intersectoriel, des politiques plus sectorielles. Ces politiques seraient alors com-



**GRAPHIQUE 3** – Impact du SEQE sur l’efficacité des entreprises par secteur

plémentaires et permettraient d’améliorer l’efficacité de chaque secteur. Ces travaux permettent de rajouter un critère d’évaluation au marché des quotas d’émission, celui de l’impact de la politique environnementale sur l’efficacité technique des entreprises, en plus du critère très répandu dans la littérature de réduction des émissions à moindre coût.

## 6 Conclusion

Le SEQE est le principal instrument de l'Union Européenne pour lutter contre le changement climatique. Si plusieurs études ont étudié l'impact du SEQE sur les entreprises ou les secteurs, peu se sont intéressées aux secteurs français. Notre étude complète donc la littérature concernant l'évaluation des effets du SEQE sur l'efficacité technique des entreprises françaises sur la période 2005-2018. Pour ce faire, nous construisons une base de données originale et utilisons une mesure d'efficacité qui n'avait pas encore été appliquée aux entreprises françaises. Nous proposons également une méthode d'évaluation d'impact non utilisée jusqu'alors.

L'analyse de frontière stochastique nous a permis de calculer le score d'efficacité des entreprises pour chaque secteur, que nous avons utilisé pour évaluer l'effet du SEQE en utilisant la méthode des doubles différences. Cette méthodologie nous permet d'avoir un résultat plus robuste qu'en utilisant le modèle de régression ou le score de propension. Nous avons choisi six secteurs qui comptent suffisamment de sociétés participantes en 2005 pour nous permettre d'estimer des effets qui pourraient être généralisés à toutes les entreprises de ces secteurs.

Nous trouvons que l'effet du SEQE sur l'efficacité technique des entreprises n'est pas homogène et varie en fonction des secteurs, ce qui suggère que les entreprises ont des modes de fonctionnement différents. Les entreprises du secteur alimentaire ont été positivement affectées, ce qui suggère qu'elles ont pu s'adapter à cette politique environnementale et même devenir plus efficaces, contrairement à celles du secteur du papier. Les entreprises des quatre autres secteurs étudiés ne présentent pas de différence entre les deux groupes. Nous avons mis en lumière l'effet hétérogène du SEQE sur les entreprises françaises et, en couvrant plus de la moitié de la phase 3, nous avons détecté une tendance pour l'effet de traitement du SEQE en France.

Cependant, notre étude pourrait être améliorée. Des effets indirects comme les effets des prix de l'énergie ou l'effet des autres politiques climatiques n'ont pas été pris en compte.

Cet article s'inscrit dans le prolongement de l'hypothèse de Porter. Globalement, nous pouvons déduire de ces résultats que les entreprises disposent d'une flexibilité qui leur a permis de s'organiser afin de maintenir leur efficacité face à la politique environnementale. Par conséquent, dans sa forme actuelle, le SEQE permet d'atteindre des objectifs environnementaux sans pénaliser les entreprises. Les économies sont certainement sur la bonne voie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, les décideurs devraient mener des études par secteurs pour détecter d'éventuels facteurs bloquant l'amélioration de l'efficacité technique. Il s'agirait ensuite de mettre en place des politiques sectorielles au côté du SEQE qui est intersectoriel. Ces politiques complémentaires permettraient d'obtenir des réductions des émissions tout en améliorant l'efficacité technique des entreprises.

## Références

- Abadie, A. (2005). Semiparametric difference-in-differences estimators. *The Review of Economic Studies*, 72(1) :1–19. Publisher : Wiley-Blackwell.
- Abrell, J., Ndoye Faye, A., and Zachmann, G. (2011). Assessing the impact of the EU ETS using firm level data. Technical report, Bruegel working paper.
- Aggrey, N., Eliab, L., and Joseph, S. (2010). Firm size and technical efficiency in east african manufacturing firms. *Current research journal of Economic theory*, 2(2) :69–75.
- Aigner, D., Lovell, C. K., and Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1) :21–37. Publisher : North-Holland.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., and Solow, R. M. (1961). Capital-labor substitution and economic efficiency. *The review of Economics and Statistics*, 43(3) :225–250. Publisher : JSTOR.
- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data : with application to paddy farmers in india. *Journal of productivity analysis*, 3(1) :153–169.
- Becker, R. and Henderson, V. (2000). Effects of air quality regulations on polluting industries. *Journal of political Economy*, 108(2) :379–421.
- Bohringer, C., Hoffmann, T., Lange, A., Loschel, A., and Moslener, U. (2005). Assessing emission regulation in Europe : an interactive simulation approach. *The Energy Journal*, 26(4). Publisher : International Association for Energy Economics.
- Buchner, B. K., Carraro, C., and Ellerman, A. D. (2006). The allocation of European Union allowances : Lessons, unifying themes and general principles. Publisher : FEEM Working Paper.
- CE (2003). DIRECTIVE 2003/87/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN. page 25.
- Chan, H. S., Li, S., and Zhang, F. (2013). *Firm competitiveness and the European Union emissions trading scheme*. The World Bank.
- Christensen, L., Jorgenson, D., and Lau, L. (1971). Duality in the theory of production : Conjugate duality and transcendental logarithmic function. *Econometrica*, 39(4) :255–256.
- Cobb, C. W. and Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American Economic Review*, 18(1) :139–165. Publisher : American Economic Association.
- Commins, N., Lyons, S., Schiffbauer, M., and Tol, R. S. (2011). Climate policy & corporate behavior. *The Energy Journal*, 32(4). Publisher : International Association for Energy Economics.
- Copeland, B. R. and Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic literature*, 42(1) :7–71.
- Demailly, D. and Quirion, P. (2006). CO<sub>2</sub> abatement, competitiveness and leakage in the European cement industry under the EU ETS : grandfathering versus output-based allocation. *Climate Policy*, 6(1) :93–113. Publisher : Taylor & Francis.

- Ellerman, A. D. and Buchner, B. K. (2007). The European Union emissions trading scheme : origins, allocation, and early results. *Review of environmental economics and policy*, 1(1) :66–87. Publisher : Oxford University Press.
- Ellerman, A. D. and Buchner, B. K. (2008). \*\*\*Over-Allocation or Abatement ? A Preliminary Analysis of the EU ETS Based on the 2005–06 Emissions Data. *Environmental and Resource Economics*, 41(2) :267–287.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society : Series A (General)*, 120(3) :253–281.
- Heathfield, D. F. and Wibe, S. (1987). *An introduction to cost and production functions*. Macmillan Education, Basingstoke, Hampshire.
- ICAP (2020). Ets detailed information.
- Jaraitė, J., Jong, T., Kažukauskas, A., Zaklan, A., and Zeitlberger, A. (2014). Matching EU ETS Accounts to Historical Parent Companies A Technical Note. page 16.
- Kahn, M. E. (1997). Particulate pollution trends in the united states. *Regional Science and Urban Economics*, 27(1) :87–107.
- Keller, W. and Levinson, A. (2002). Pollution abatement costs and foreign direct investment inflows to us states. *Review of Economics and Statistics*, 84(4) :691–703.
- Klette, T. J. and Kortum, S. (2004). Innovating firms and aggregate innovation. *Journal of political economy*, 112(5) :986–1018. Publisher : The University of Chicago Press.
- Kumbhakar, S. C., Ortega-Argilés, R., Potters, L., Vivarelli, M., and Voigt, P. (2012). Corporate R&D and firm efficiency : evidence from Europe’s top R&D investors. *Journal of Productivity Analysis*, 37(2) :125–140.
- List, J. A., Millimet, D. L., Fredriksson, P. G., and McHone, W. W. (2003). Effects of environmental regulations on manufacturing plant births : evidence from a propensity score matching estimator. *Review of Economics and Statistics*, 85(4) :944–952.
- Lundvall (1999). ESSAYS ON MANUFACTURING PRODUCTION IN A DEVELOPING ECONOMY : KENYA 1992-94.
- Lutz, B. J. (2016). Emissions trading and productivity : Firm-level evidence from german manufacturing. *ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper*, (16-067).
- Löschel, A., Lutz, B. J., and Managi, S. (2019). The impacts of the EU ETS on efficiency and economic performance—An empirical analyses for German manufacturing firms. *Resource and Energy Economics*, 56 :71–95. Publisher : Elsevier.
- Martin, R., Muûls, M., and Wagner, U. J. (2014). The Impact of the EU ETS on Regulated Firms : What is the evidence after nine years ? *Available at SSRN 2344376*.
- McGuire, M. C. (1982). Regulation, factor rewards, and international trade. *Journal of public economics*, 17(3) :335–354. Publisher : Elsevier.

- Montgomery, W. D. (1972). Markets in licenses and efficient pollution control programs. *Journal of Economic Theory*, 5(3) :395–418.
- Ngui-Muchai, D. M. and Muniu, J. M. (2012). \*\*\*Firm Efficiency Differences and Distribution in the Kenyan Manufacturing Sector. *African Development Review*, 24(1) :52–66. \_eprint : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-8268.2011.00309.x>.
- Parlement, E. (2018). DIRECTIVE (UE) 2018/ 410 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL - du 14 mars 2018 - modifiant la directive 2003/ 87/ CE afin de renforcer le rapport coût-efficacité des réductions d'émissions et de favoriser les investissements à faible intensité de carbone, et la décision (UE) 2015/ 1814. page 25.
- Patrick, S. and Wagner, U. J. (2014). The impact of carbon trading on industry : Evidence from german manufacturing firms. *Available at SSRN 2389800*.
- Porter, M. and Van der Linde, C. (1995). Green and competitive : ending the stalemate. *The Dynamics of the eco-efficient economy : environmental regulation and competitive advantage*, 33.
- Quirion, P. and Hourcade, J.-C. (2004). Does the co2 emission trading directive threaten the competitiveness of european industry? quantification and comparison to exchange rates fluctuations. In *EAERE Conference, Budapest, June (retrievable from <http://eaere2004.bkae.hu/download/paper/quirionpaper.pdf>)*.
- Reinaud, J. (2005). Industrial competitiveness under the european union emissions trading scheme. *Oil, Gas & Energy Law Journal (OGEL)*, 3(1).
- Rennings and Oberndorfer, U. (2006). The impacts of the European Union emissions trading scheme on competitiveness in Europe. *ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper*, (06-051).
- Sant'Anna, P. H. and Zhao, J. B. (2018). Doubly robust difference-in-differences estimators. *Available at SSRN 3293315*.
- Scarpetta, S. and Tressel, T. (2002). Productivity and convergence in a panel of OECD industries : Do regulations and institutions matter? Publisher : OECD Economics Working Paper.
- Smale, R., Hartley, M., Hepburn, C., Ward, J., and Grubb, M. (2006). The impact of co2 emissions trading on firm profits and market prices. *Climate Policy*, 6(1) :31–48.
- Tressel, T. and Scarpetta, S. (2004). *Boosting productivity via innovation and adoption of new technologies : any role for labor market institutions ?*, volume 3273. World Bank Publications.
- UE (2015). ETS handbook. Technical report.
- Van Ark, B. (2006). Europe's Productivity Gap : Catching Up or Getting Stuck? In *Economics Program Working Paper Series June 2006, The Conference Board Europe and Growth and Development Center of the University of Groningen*.
- Wagner, U., Muuls, M., Martin, R., and Colmer, J. (2014). The causal effects of the European Union Emissions Trading Scheme : evidence from French manufacturing plants. In *Fifth World Congress of Environmental and Resources Economists, Istanbul, Turkey*. Citeseer.

Wagner, U. and Petrick, S. (2014). The impact of carbon trading on industry : Evidence from German manufacturing firms. Publisher : Kiel und Hamburg : ZBW-Deutsche Zentralbibliothek für . . .

## Annexes

**TABLEAU 5** – Sections NAF

Code	Libellé
A	Agriculture, sylviculture et pêche
B	Industries extractives
C	Industrie manufacturière
D	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
E	Production et distribution d'eau ; assainissement, gestion des déchets et dépollution
F	Construction
G	Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles
H	Transports et entreposage
I	Hébergement et restauration
J	Information et communication
K	Activités financières et d'assurance
L	Activités immobilières
M	Activités spécialisées, scientifiques et techniques
N	Activités de services administratifs et de soutien
O	Administration publique
P	Enseignement
Q	Santé humaine et action sociale
R	Arts, spectacles et activités récréatives
S	Autres activités de services
T	Activités des ménages en tant qu'employeurs
U	Activités extra-territoriales

**TABLEAU 6** – Effet global du SEQE

Année	ATT
2006	4e-05 (8e-05)
2008	7e-05 (0.00025)
2013	0.00014 (0.00068)
2018	0.001 (0.00111)

**TABLEAU 7** – Effet du SEQE sur l’efficience par secteurs

Année	Alimentaire	Papier	Chimie	Minéraux	Métallurgie	Automobile
2,006	0.00029 (7e-05) ***	-0.00054 (0.00037) *	-0.00012 (7e-05)	-2e-05 (8e-05)	-0.00014 (0.00103)	-0.00091 (0.00078)
2,007	0.00051 (0.00015) ***	-0.00119 (0.00071) *	-0.00026 (0.00015)	9e-05 (0.00018) *	-1e-05 (0.00191)	-0.00195 (0.00145)
2,008	0.00081 (0.00023) ***	-0.00185 (0.00108) *	-0.00041 (0.00023)	-6e-05 (0.00023) *	5e-05 (0.00292)	-0.00276 (0.00202)
2,009	0.00114 (0.00033) ***	-0.00242 (0.00147) *	-0.00052 (3e-04)	-8e-05 (0.00034) *	0.00038 (0.00384)	-0.00352 (0.00289)
2,010	0.00132 (0.00043) ***	-0.00308 (0.00192)	-0.00067 (0.00037)	-7e-05 (0.00042)	-0.00173 (0.00443)	-0.00426 (0.00359)
2,011	0.00149 (0.00053) ***	-0.00257 (0.00219)	-0.00082 (0.00045)	-0.00036 (0.00049)	0.00139 (0.00664)	-0.004 (0.00369)
2,012	0.0018 (0.00057) ***	-0.00121 (0.00187)	-0.00089 (0.00052)	-0.00023 (0.00061)	-0.00418 (0.00423)	-0.00256 (0.004)
2,013	0.00281 (0.00059) ***	-0.00592 (0.0032) *	-0.00077 (4e-04)	-1e-04 (0.00072) *	-0.00035 (0.00745)	-0.00703 (0.00515)
2,014	0.00241 (0.00072) ***	-0.00189 (0.0026)	-0.00085 (0.00043)	-0.00058 (0.00067)	0.00395 (0.01025)	-0.00475 (0.00548)
2,015	0.00296 (0.00077) ***	-0.00853 (0.00413)	-0.00088 (0.00057)	-0.00013 (0.00091) **	0.00075 (0.00914)	-0.01153 (0.00666) *
2,016	0.00283 (0.00096) ***	-0.00463 (0.00402)	-0.00089 (0.00068)	-0.00032 (0.00099)	0.00646 (0.01582)	-0.0061 (0.00743)
2,017	0.00344 (0.00092) ***	-0.00541 (0.0049)**	-0.00125 (0.00063)	-0.00039 (0.00111)	-0.00176 (0.01172)	-0.00776 (0.00759)
2,018	0.00443 (0.00119) ***	-0.00746 (0.00646)*	-0.00124 (0.00071)	-0.00064 (0.00115)	-0.00244 (0.01294)	-0.01158 (0.00451) **

**TABLEAU 8** – Statistiques descriptives du secteur alimentaire

Variable (milliers d’euros)	Année	<i>Non traité</i>			<i>Traité</i>			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice	2005	586	5881	2065	4553	16831	35	0.17
Production de l’exercice		22799	86304	2065	161162	308683	35	0.01
Salaires et traitements		2314	7367	2065	11315	18074	35	0.01
Total de l’actif immobilisé net		6745	36904	2065	40070	70284	35	0.01
Capitaux Propres		5761	29960	2065	36069	55500	35	0.00
Bénéfice	2008	639	7261	2188	3273	11947	42	0.16
Production de l’exercice		28049	116041	2188	201935	342649	42	0.00
Salaires et traitements		2518	7281	2188	14228	21614	42	0.00
Total de l’actif immobilisé net		8129	50347	2188	54752	90603	42	0.00
Capitaux Propres		7072	40561	2188	49193	82604	42	0.00
Bénéfice	2013	754	7699	2108	4146	10131	42	0.04
Production de l’exercice		33543	144469	2108	190743	276480	42	0.00
Salaires et traitements		2984	9297	2108	14717	22426	42	0.00
Total de l’actif immobilisé net		9710	59271	2108	60114	122002	42	0.01
Capitaux Propres		8680	52511	2108	52708	106060	42	0.01

**TABLEAU 9** – Statistiques descriptives du secteur du papier

Variable (milliers d'euros)	Année	<i>Non traité</i>			<i>Traité</i>			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice	2005	312	2833	395	-2529	7592	41	0.02
Production de l'exercice		21490	68425	395	62092	71654	41	0.00
Salaires et traitements		2971	7019	395	8336	8016	41	0.00
Total de l'actif immobilisé net		7089	29930	395	42290	70074	41	0.00
Capitaux Propres		8123	29254	395	39725	84511	41	0.02
Bénéfice	2008	191	2998	415	292	7446	40	0.93
Production de l'exercice		24237	78323	415	79865	85761	40	0.00
Salaires et traitements		3038	6734	415	7981	6792	40	0.00
Total de l'actif immobilisé net		7328	28287	415	45545	63742	40	0.00
Capitaux Propres		8181	28059	415	41276	90399	40	0.03
Bénéfice	2013	118	4534	388	-2586	9227	42	0.07
Production de l'exercice		25345	68906	388	79394	71491	42	0.00
Salaires et traitements		3570	8899	388	8011	5897	42	0.00
Total de l'actif immobilisé net		7062	20864	388	43157	47594	42	0.00
Capitaux Propres		8868	26972	388	31214	58473	42	0.02

**TABLEAU 10** – Statistiques descriptives du secteur de la chimie

Variable (milliers d'euros)	Année	<i>Non traité</i>			<i>Traité</i>			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice	2005	1994	29537	611	5215	16916	39	0.28
Production de l'exercice		47103	217846	611	130727	143353	39	0.00
Salaires et traitements		5078	16720	611	14365	14089	39	0.00
Total de l'actif immobilisé net		17954	83506	611	46761	56143	39	0.00
Capitaux Propres		15448	61622	611	50618	58745	39	0.00
Bénéfice	2008	1183	15940	640	1167	21535	44	1.00
Production de l'exercice		48931	188497	640	146064	201533	44	0.00
Salaires et traitements		5361	16331	640	26072	86107	44	0.12
Total de l'actif immobilisé net		20304	116700	640	285848	1541554	44	0.26
Capitaux Propres		16285	48823	640	88939	279565	44	0.09
Bénéfice	2013	870	19080	617	17371	76621	43	0.17
Production de l'exercice		59715	243197	617	269605	466870	43	0.01
Salaires et traitements		6345	18482	617	27218	70987	43	0.06
Total de l'actif immobilisé net		30537	192382	617	297951	1386275	43	0.21
Capitaux Propres		19984	58144	617	84050	116043	43	0.00

**TABLEAU 11** – Statistiques descriptives du secteur des produits minéraux

Variable (milliers d'euros)	Année	<i>Non traité</i>			<i>Traité</i>			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice	2005	2315	14784	514	1652	3465	42	0.43
Production de l'exercice		27741	88129	514	37975	40518	42	0.17
Salaires et traitements		3922	10409	514	6821	9103	42	0.06
Total de l'actif immobilisé net		18643	99676	514	14622	14389	42	0.41
Capitaux Propres		15477	82650	514	14383	16624	42	0.81
Bénéfice	2008	1345	14343	520	2978	7575	45	0.21
Production de l'exercice		31512	91981	520	44149	51485	45	0.15
Salaires et traitements		3999	10156	520	8102	11304	45	0.02
Total de l'actif immobilisé net		23668	127281	520	26950	51954	45	0.73
Capitaux Propres		15765	85909	520	25018	40135	45	0.19
Bénéfice	2013	553	8748	483	2464	7512	39	0.14
Production de l'exercice		29304	82200	483	53678	59842	39	0.02
Salaires et traitements		4430	11267	483	10008	12990	39	0.01
Total de l'actif immobilisé net		22585	107672	483	28480	41375	39	0.48
Capitaux Propres		16506	78131	483	32616	59576	39	0.12

**TABLEAU 12** – Statistiques descriptives du secteur de la métallurgie

Variable (milliers d'euros)	Année	<i>Non traité</i>			<i>Traité</i>			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice	2005	8988	92902	202	25672	58192	15	0.32
Production de l'exercice		60035	244836	202	331317	442300	15	0.03
Salaires et traitements		7610	23820	202	20741	33799	15	0.16
Total de l'actif immobilisé net		44680	368796	202	109997	155259	15	0.18
Capitaux Propres		32870	229453	202	99522	87748	15	0.02
Bénéfice	2008	7265	93973	217	-1136	45823	16	0.53
Production de l'exercice		73322	353820	217	390989	438975	16	0.01
Salaires et traitements		7797	27881	217	20653	34327	16	0.16
Total de l'actif immobilisé net		42375	351596	217	130809	204688	16	0.13
Capitaux Propres		29685	180513	217	95075	127213	16	0.07
Bénéfice	2013	-17	26203	212	-13855	32090	17	0.10
Production de l'exercice		67354	318034	212	300683	436262	17	0.05
Salaires et traitements		7831	26739	212	18411	27093	17	0.14
Total de l'actif immobilisé net		44122	302762	212	122812	192130	17	0.14
Capitaux Propres		19915	77807	212	53384	57941	17	0.04

**TABLEAU 13** – Statistiques descriptives du secteur de l’automobile

Variable (milliers d’euros)	Année	<i>Non traité</i>			<i>Traité</i>			t.test
		Moyenne	$\sigma$	Nombre	Moyenne	$\sigma$	Nombre	
Bénéfice		1672	29236	315	2698	15543	17	0.81
Production de l’exercice		212558	1976244	315	1666080	1607019	17	0.00
Salaires et traitements	2005	17733	119523	315	23800	37076	17	0.59
Total de l’actif immobilisé net		59040	689028	315	202864	225998	17	0.04
Capitaux Propres		33962	255898	315	44805	67280	17	0.62
Bénéfice		-5966	91008	335	-8594	28764	17	0.76
Production de l’exercice		193695	1672599	335	1343450	1160145	17	0.00
Salaires et traitements	2008	17016	108121	335	22969	34621	17	0.57
Total de l’actif immobilisé net		63082	778461	335	201808	203502	17	0.04
Capitaux Propres		23580	118455	335	42825	82822	17	0.37
Bénéfice		-5285	69195	326	-19574	34065	18	0.12
Production de l’exercice		92644	330834	326	884958	984643	18	0.00
Salaires et traitements	2013	16205	100743	326	20433	31211	18	0.65
Total de l’actif immobilisé net		61919	741844	326	146040	147466	18	0.12
Capitaux Propres		23510	197221	326	23957	178733	18	0.99

**TABLEAU 14** – Phase 1 = Phase de prétraitement

Phase	ATT
P2	0.00019 (3e-04)
P3	4e-05 (0.00069)