

Climat et Innovation verte

Partie 1: Introduction

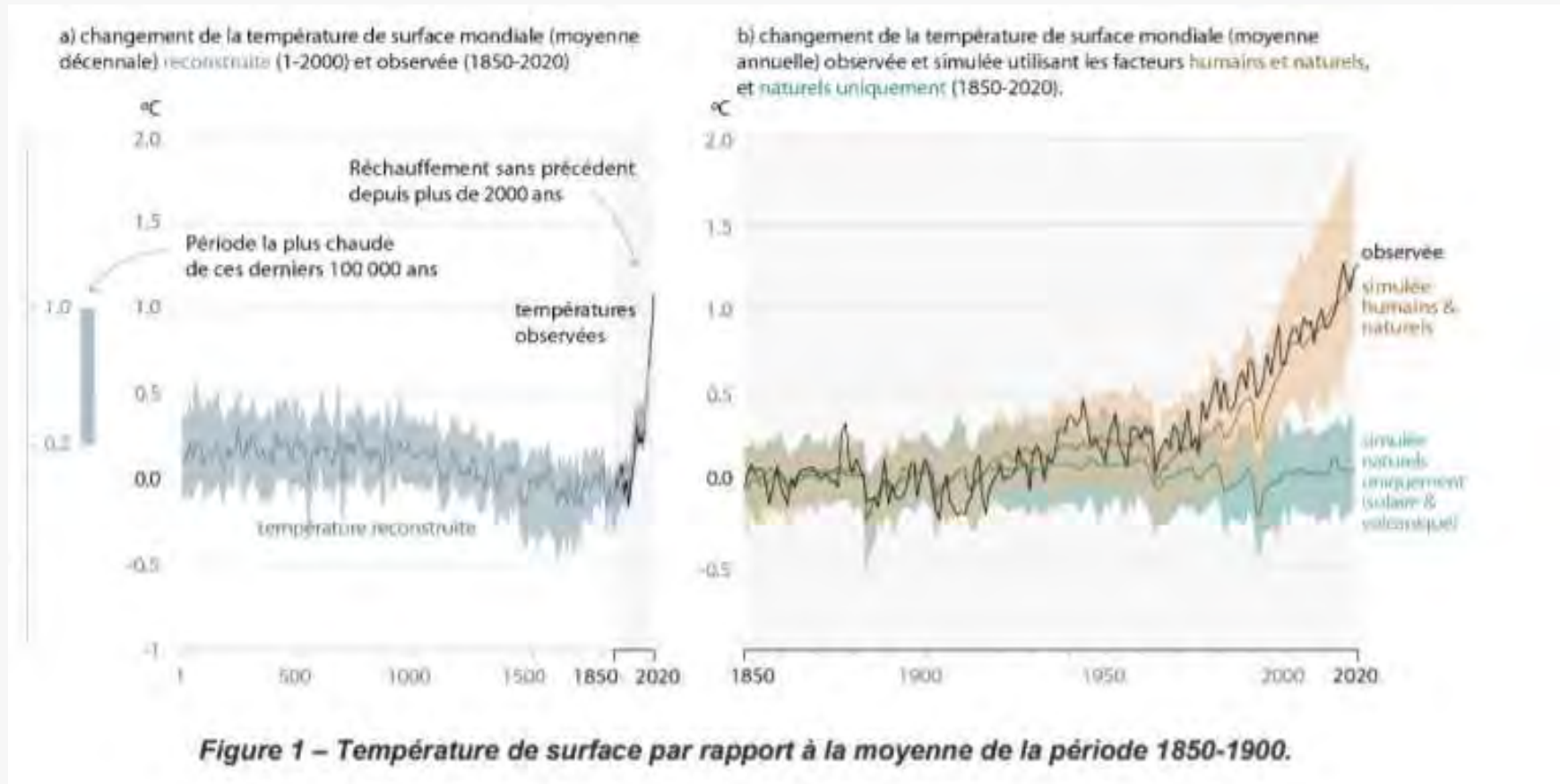
Débat sur la décroissance

Une idée force avancée a l'occasion du débat présidentiel, est celle de la décroissance, autrement dit d'une contraction de l'activité économique et de la consommation, comme meilleure réponse au défi climatique.

Débat sur la décroissance

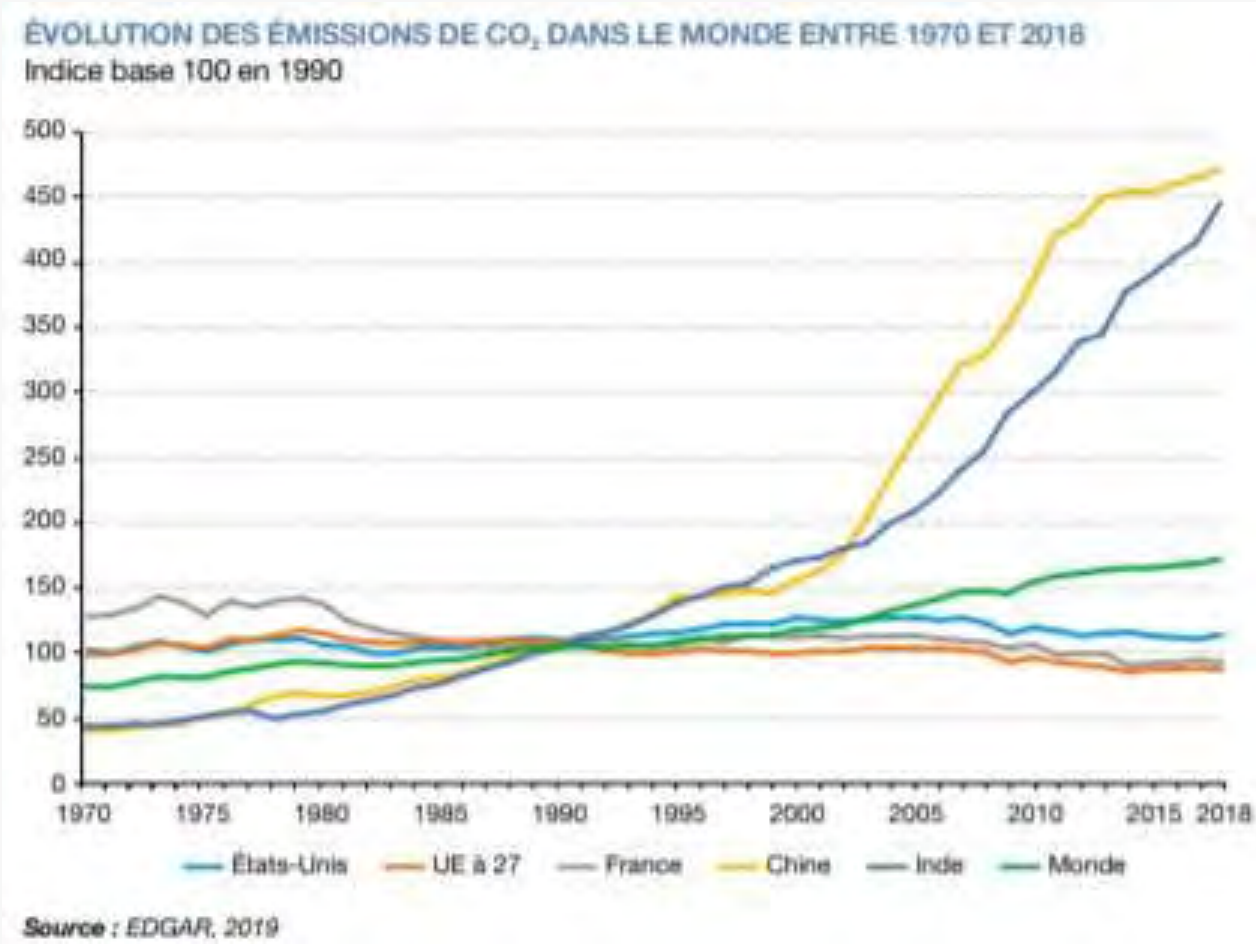
- Jusqu'au début du XIXe siècle, la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est demeurée stable et inférieure à 280 parties par million (ppm). Cependant, le décollage industriel de 1820 et l'exploitation massive du charbon qui s'en est suivie, ont déstabilisé cet équilibre.
- De 280 ppm au début du siècle dernier, la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère n'a cessé d'augmenter pour atteindre 410 ppm en 2018.
- Le ppm est une mesure de concentration utilisée pour calculer le taux de pollution dans l'air, elle permet de savoir combien de molécules de polluant, ici le dioxyde de carbone, se trouvent dans un million de molécules d'air.

Face au changement climatique



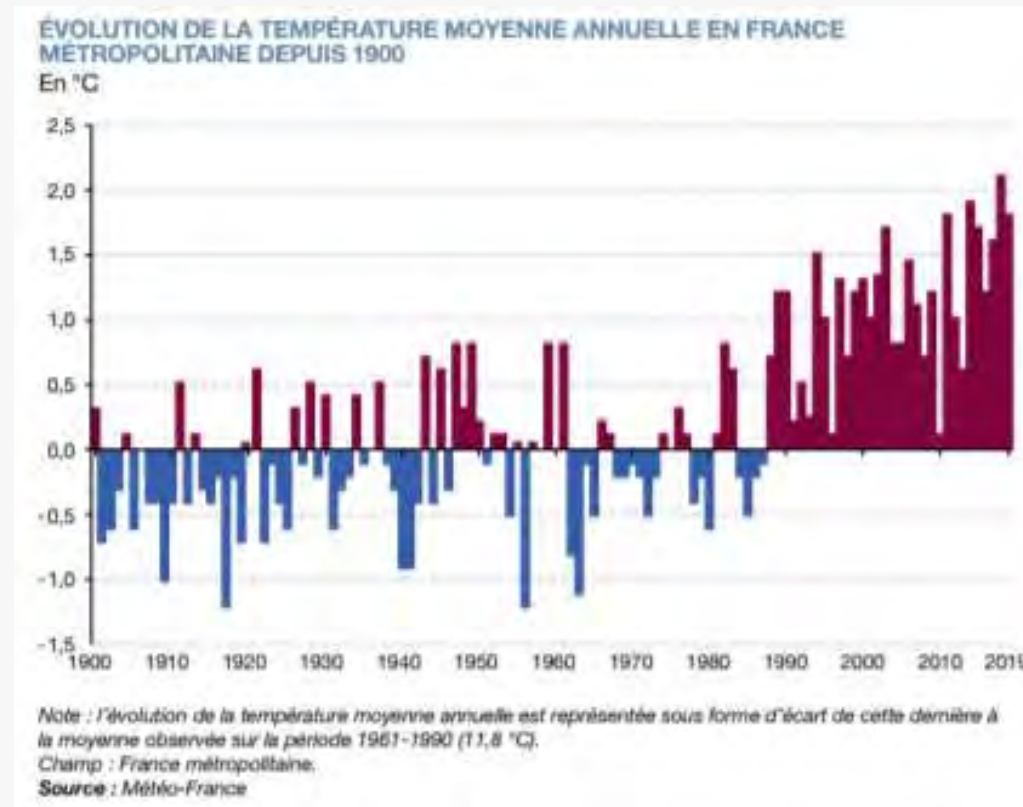
Source : GIEC (2021)

Face au changement climatique



Face au changement climatique

En France



Face au changement climatique

Empreinte carbone: la nécessaire prise en compte des émissions importées

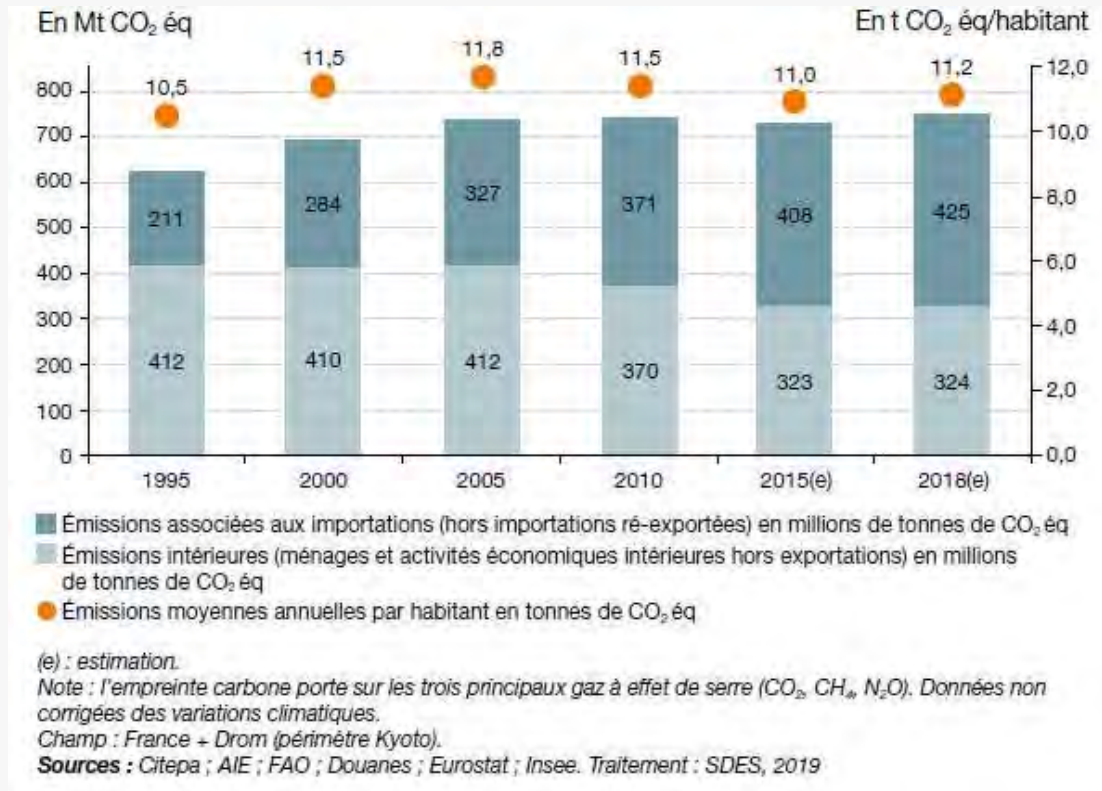


Figure : Emissions intérieures et importées de CO₂, en France

Débat sur la décroissance

- Experience naturelle: le premier confinement: de mars a juin 2020
- PIB francais a baisse de 35%
- Nos emissions de CO2 on baisse de 8%

Alternative

- Innovation: technologique et dans nos modes de vie
- Comment la favoriser?

Face au changement climatique

Investir et innover

- 175 et 290 milliards d'euros d'investissements supplémentaires seraient nécessaires chaque année en Europe entre 2030 et 2050 pour parvenir à des émissions nettes égales à zéro en 2050 (Commission européenne, 2018)

Climat et Innovation verte

Partie 2: Les leviers

Motivation

Climate change policies

- Comment inciter les entreprises a produire et innover “vert”
- Les modeles economiques anterieurs (e.g. Nordhaus, Stern) prennent la technologie comme donnee
- L’approche modern consiste a endogeneiser le progress technique et la nature de l’innovation

Rethinking capitalism

Outline :

- Part 1: Basic framework
- Part 2: From theory to empirics
- Part 3: Energy transition and how to deal with intermediate sources of energy
- Part 4: The role of civil society
- Part 5: Manufacturing versus services

BASIC FRAMEWORK

Basic framework

Basic question :

- Economic costs and benefits of environmental policy or of delaying it

Two types of answers

- Nordhaus approach: intervention should be limited and gradual; small long-run growth costs.
- Stern/Al Gore approach: intervention needs to be large, immediate and maintained permanently; large long-run growth costs

Basic framework

Aghion, Acemoglu, Bursztyn, Hemous (2012) (AABH) :

- factoring in endogenous directed technical progress
 - it makes us reassess the costs of delayed intervention → act now, even under Nordhaus' discount rate
 - it leads to different policy prescriptions, e.g on the optimal mix of instruments
- use both, carbon tax and research subsidies, not just the carbon tax

Basic framework

Aghion, Acemoglu, Bursztyn, Hemous (2012) (AABH) :

- A main ingredient in AABH is the fact that there is path-dependence in the direction of technical change
 - namely, firms that have innovated a lot in dirty technologies in the past will find it more profitable to innovate in dirty technologies today

Basic framework

This path-dependence assumption justifies (prompt) government intervention

- under laissez-faire, firms that have innovated "dirty" in the past will continue to do so in the future
- hence government can improve welfare and avoid an environmental disaster by "redirecting" technical change
- delaying intervention is costly as firms will then continue to innovate dirty under laissez-faire, which in turn will increase the intervention cost tomorrow

Model

- Economy under laissez faire will get to disaster in finite time if clean and dirty energy inputs are sufficiently substitutes and initial productivity on dirty machines sufficiently higher than initial productivity on clean machines

Policy implications

- Government can avoid disaster by redirecting innovation towards clean innovation
- Which instruments can be used for that purpose?

Act now

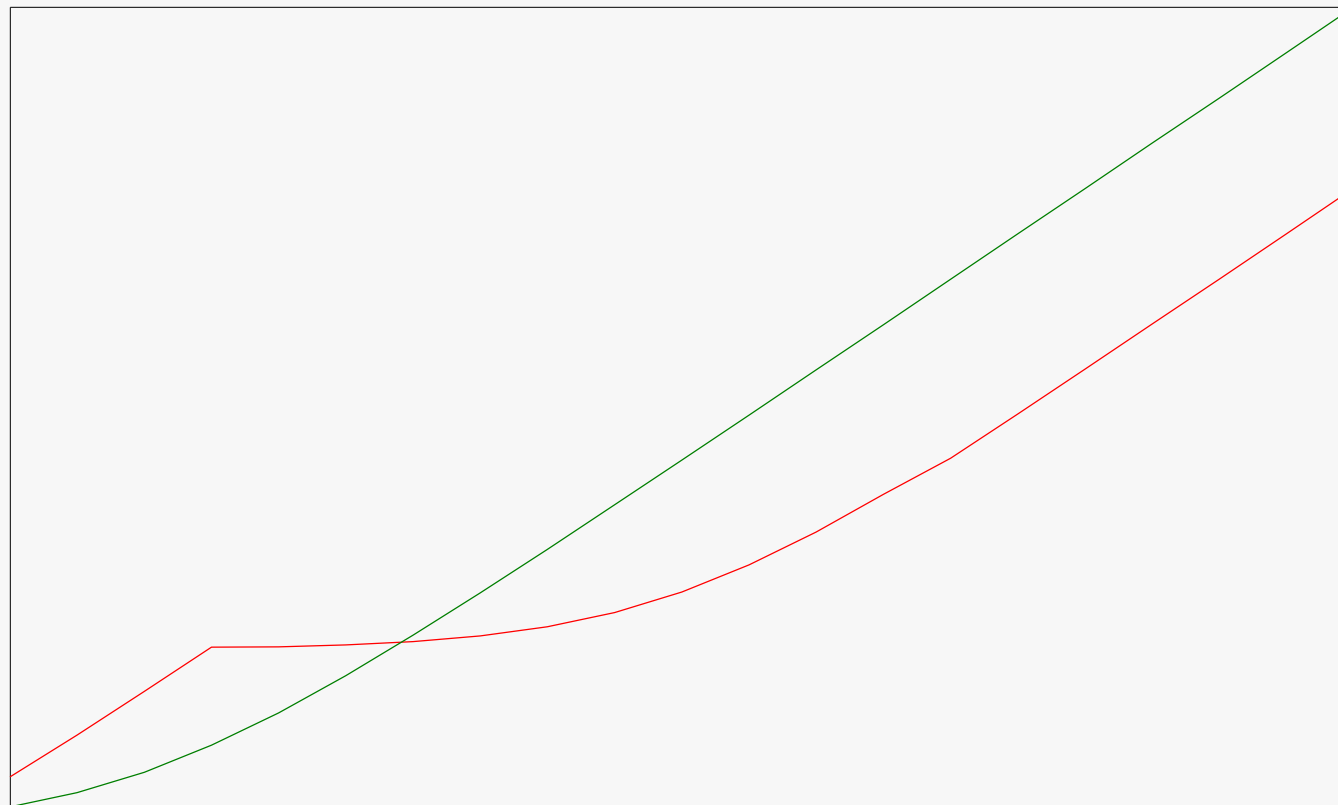
Without intervention, innovation is directed towards dirty sectors

- Thus gap between clean and dirty technology widen
- Hence cost of intervention (reduced growth when clean technologies catch up with dirty ones) increases

Policy implications : act now

Discount rate	1%	1.5%
Lost consumption, delay of 10 years	5.99%	2.31%
Lost consumption, delay of 20 years	8.31%	2.36%

Policy implications : act now



Two instruments, not one

- Optimal policy involves both a carbon tax and a subsidy to clean research to redirect innovation to green technologies
- Carbon tax doesn't need to be as high as without the subsidy—thus smaller distortions and another optimistic conclusion

Two instruments, not one

Discount rate	1%	1.5%
Lost consumption	1.33%	1.55%

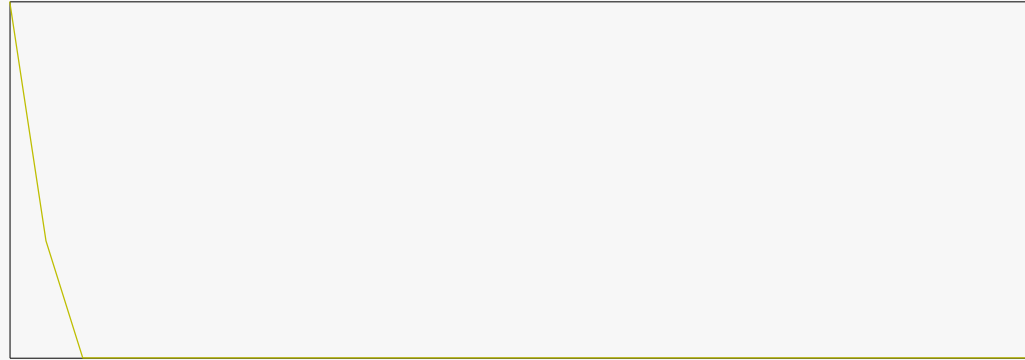
→ using one instrument instead of two, when discount rate of 1 percent, leads to a consumption loss of 1.33 percent...

→or to a carbon tax 15 times higher during first five years and 12 times higher during following five years.

Temporary intervention may be sufficient

- Once government intervention has induced a technological lead in clean technologies, firms will spontaneously innovate in clean technologies (if clean and dirty inputs are sufficiently substitutes).

Temporary intervention may be sufficient



Extension – North-South model

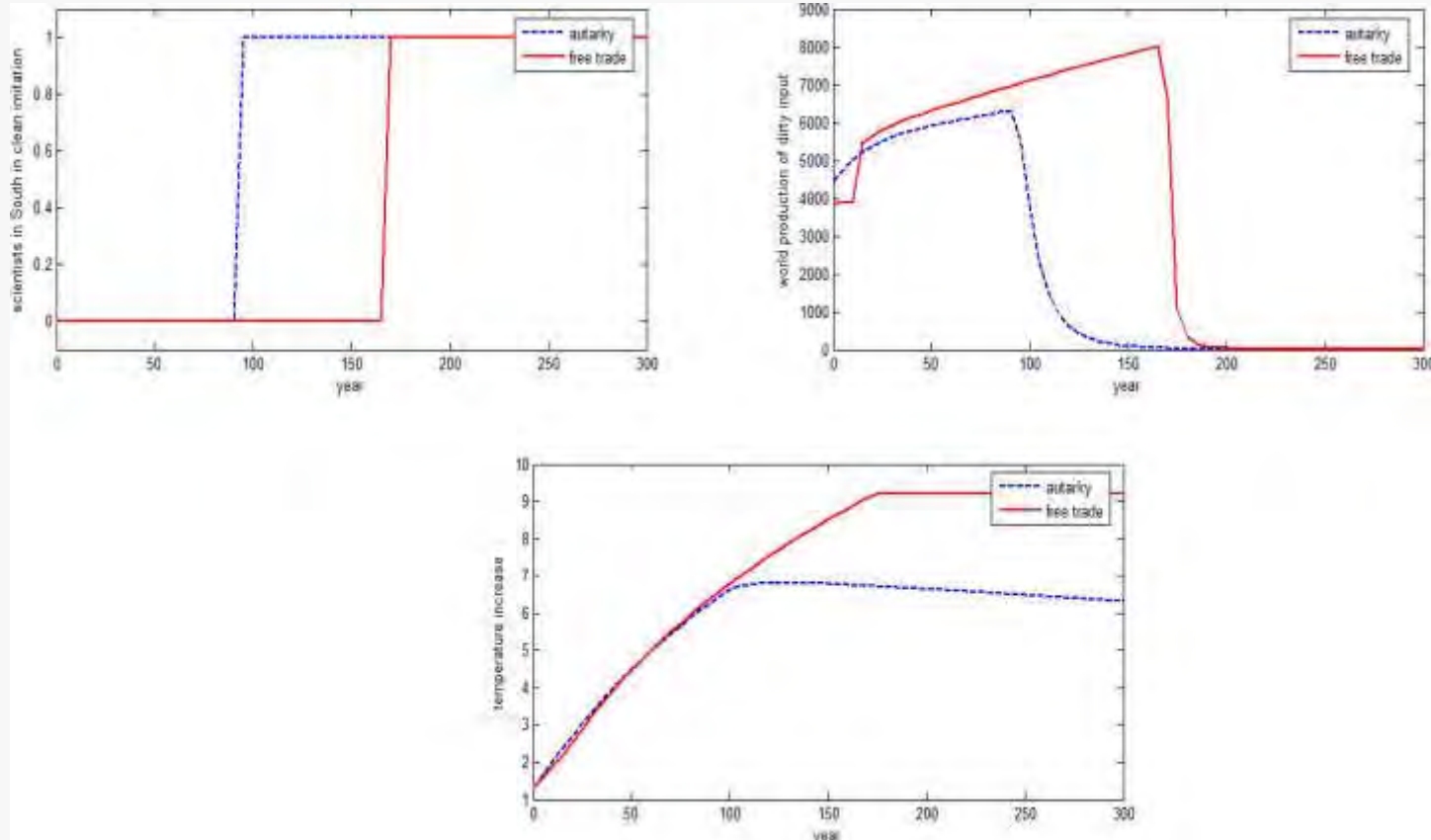
- Both, North and South can produce final output using clean or dirty input
- Knowledge spillovers from North to South (“innovate in North, imitate in South”)

Global Interactions

North-South model:

- Consider a world with North and South:
- environmental externality: dirty input productions by both contribute to global environmental degradation;
- knowledge externality: South imitates North' technologies
- Do we need global coordination to avoid disasters?
- The answer is no again because of directed technical change advances in the North will induce the South to also switch to clean technologies
- But free trade may undermine this result by creating pollution havens.

Illustration



Policy implications on global negotiation

- North should take the lead in moving towards clean production and innovation
- North should facilitate diffusion of new clean technologies...
- ...but at the same time, North should use the threat of carbon tariffs to prevent or mitigate pollution haven effect

Policy implications on global negotiation

- Green innovation in the North has potential to trigger green innovation in South
 - Subsidize technology transfers
- Under free-trade, danger that some countries turn into pollution heavens
 - Role for Carbon Tariffs

Summary: Path-dependence in clean vs dirty innovation calls for...

- Acting now, even with Nordhaus' discount rate for reasonable degree of substitutability between clean and dirty inputs
- Using two instruments, not one: carbon tax and subsidy to clean innovation, not just the former
- Developed countries acting as technological leaders and diffusers worldwide and diffuser on clean technologies to the South

FROM THEORY TO EMPIRICS

Data :

- World Patent Statistical Database (PATSTAT) at European Patent Office (EPO)

All patents filed in 80 patent offices in world (focus from 1965, but goes further back for some countries)

- Extracted all patents pertaining to "clean" and "dirty" technologies in the automotive industry (Table 1 over follows OECD IPC definition)
- Tracked applicants and extracted all their patents. Created unique HAN firm identifier

4.5m patents filed 1965-2005

International Patent Classes (IPC)

Description	IPC code		
Electric vehicles			
Electric propulsion with power supplied within the vehicle	B60L 11	} “Clean”	
Electric devices on electrically-propelled vehicles for safety purposes; Monitoring operating variables, e.g. speed, deceleration, power consumption	B60L 3		
Methods, circuits, or devices for controlling the traction- motor speed of electrically-propelled vehicles	B60L 15		
Arrangement or mounting of electrical propulsion units	B60K 1		
Conjoint control of vehicle sub-units of different type or different function / including control of electric propulsion units, e.g. motors or generators / including control of energy storage means / for electrical energy, e.g. batteries or capacitors	B60W 10/08, 24, 26		
Hybrid vehicles			
Arrangement or mounting of plural diverse prime-movers for mutual or common propulsion, e.g. hybrid propulsion systems comprising electric motors and internal combustion engines	B60K 6		
Control systems specially adapted for hybrid vehicles, i.e. vehicles having two or more prime movers of more than one type, e.g. electrical and internal combustion motors, all used for propulsion of the vehicle	B60W 20		
Regenerative braking			
Dynamic electric regenerative braking	B60L 7/1		
Braking by supplying regenerated power to the prime mover of vehicles comprising engine -driven generators	B60L 7/20		
Fuel cells			
Conjoint control of vehicle sub-units of different type or different function; including control of fuel cells	B60W 10/28	} “Dirty”	
Electric propulsion with power supplied within the vehicle - using power supplied from primary cells, secondary cells, or fuel cells	B60L 11/18		
Fuel cells; Manufacture thereof	H01M 8		
Combustion engines			
Combustion engines	F02 (excl. C/G/ K)		

PART 2: FROM THEORY TO EMPIRICS

Data :

- Since patent values very heterogeneous (Pakes, 1983) main outcome is “triadic” patents filed at all 3 main patent offices: USPTO, EPO & JPO

Screens out low value patents

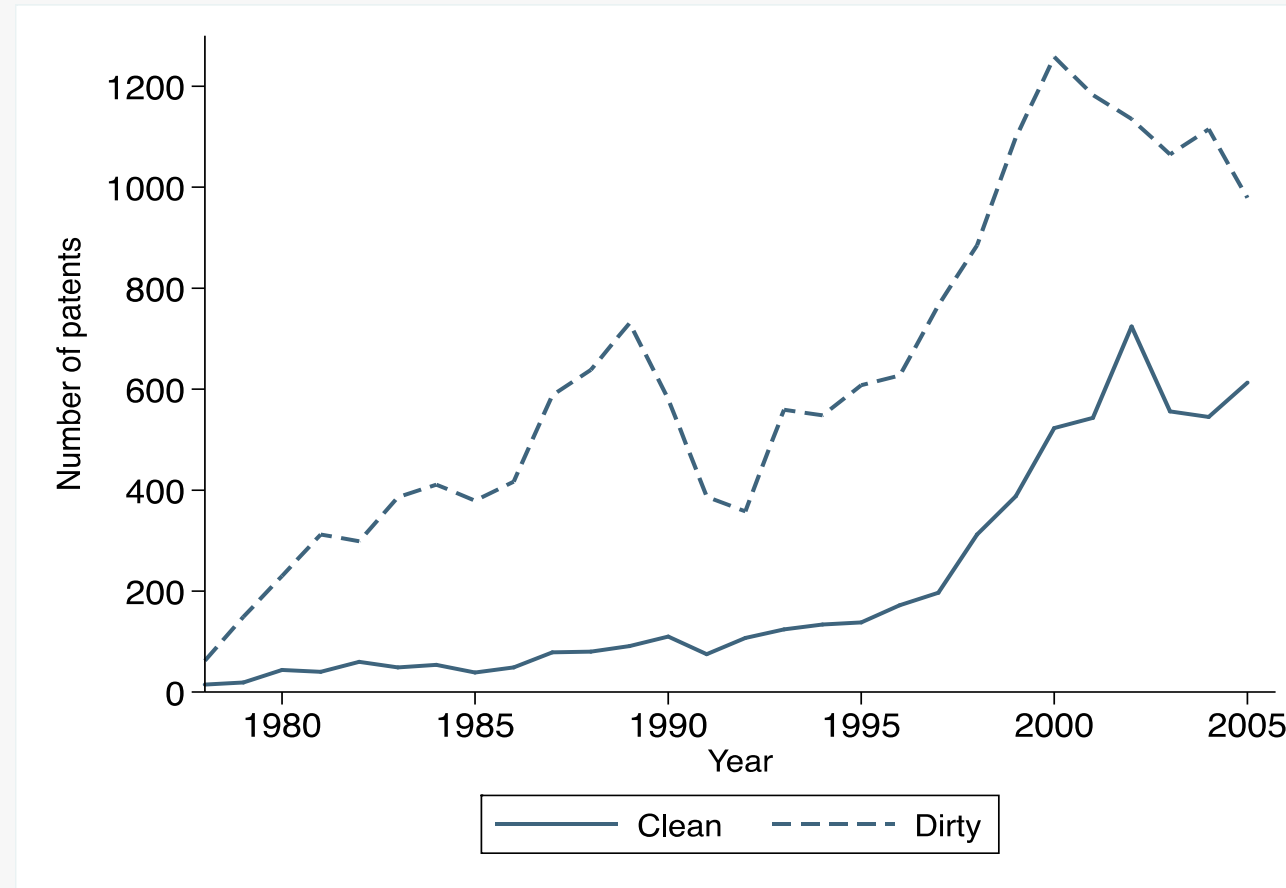
- Over 1978-2005

18,652 patents in “dirty” technologies (related to regular internal combustion engine)

6,419 patents in “clean” technologies (electric vehicles, hybrid vehicles, fuel cells,..)

3,423 distinct patent holders (2,427 firms & 996 individuals)

Aggregate triadic clean and dirty patents per year



Estimation

Number of clean triadic patents by firm i in year t Clean and dirty spillovers

$$\begin{aligned}
 PAT_{CLEAN,it} = & \exp(\beta_{C,P} \ln FP_{it} + \beta_{C,1} \ln SPILL_{C,it} + \beta_{C,2} \ln SPILL_{D,it} \\
 & + \beta_{C,3} \ln K_{C,it} + \beta_{C,4} \ln K_{D,it} \\
 & + \beta_{C,w} w_{it} + \ln \eta_{C,i} + T_{C,t}) + u_{C,it}
 \end{aligned}$$

Other controls
(GDP,
GDP/capita,
other policies)

Firm fixed
effect

Time
dummies

Random
error

Lagged firm's own
innovation stocks

Table 3: main results

	Clean	Dirty
Fuel Price	0.886**	-0.644***
ln(FP)	(0.362)	(0.143)
Clean Spillover	0.266***	-0.058
SPILL _C	(0.087)	(0.066)
Dirty Spillover	-0.160*	0.114
SPILL _D	(0.097)	(0.081)
Own Stock Clean	0.303***	0.016
K _C	(0.026)	(0.026)
Own Stock Dirty	0.139***	0.542***
K _D	(0.017)	(0.020)
#Observations	68,240	68,240
#Units (Firms and individuals)	3,412	3,412

Notes: Estimation by Conditional fixed effects (CFX), all regressions include GDP, GDP per capita & time dummies. SEs clustered by unit.

Simulations

- Take estimated model & aggregate to global level taking dynamics into account (Spillovers & lagged dependent variables)
- Simulate the effect of changes in fuel tax compared to baseline case (where we fix prices & GDP as “today”, 2005)
- At what point (if ever) does the stock of clean innovation exceed stock of dirty innovation
- Just illustrative scenarios – sense of difficulty & importance of path dependence

Figure 5A: baseline: no fuel price increase

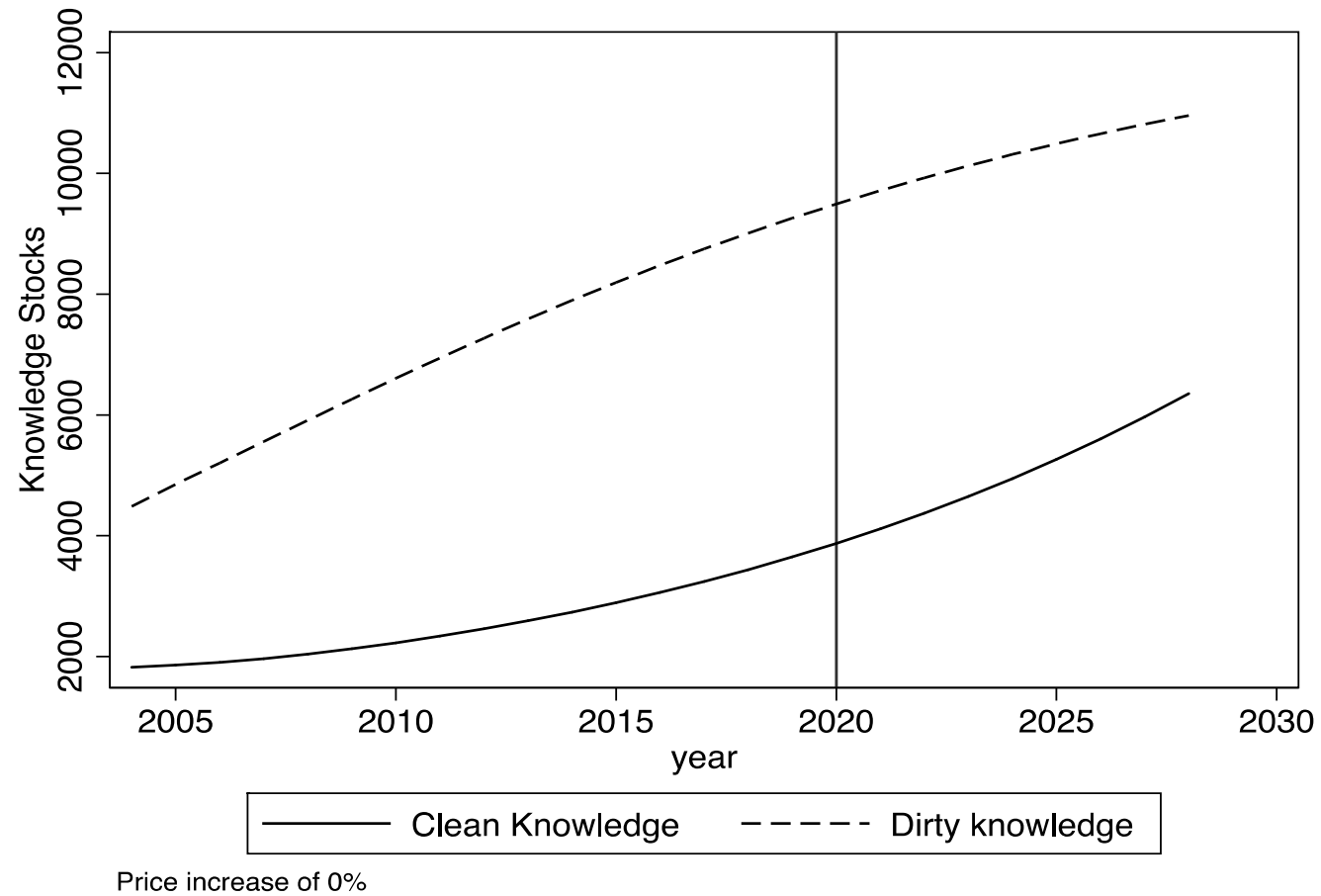


Figure 5B: baseline: 10% increase in fuel price

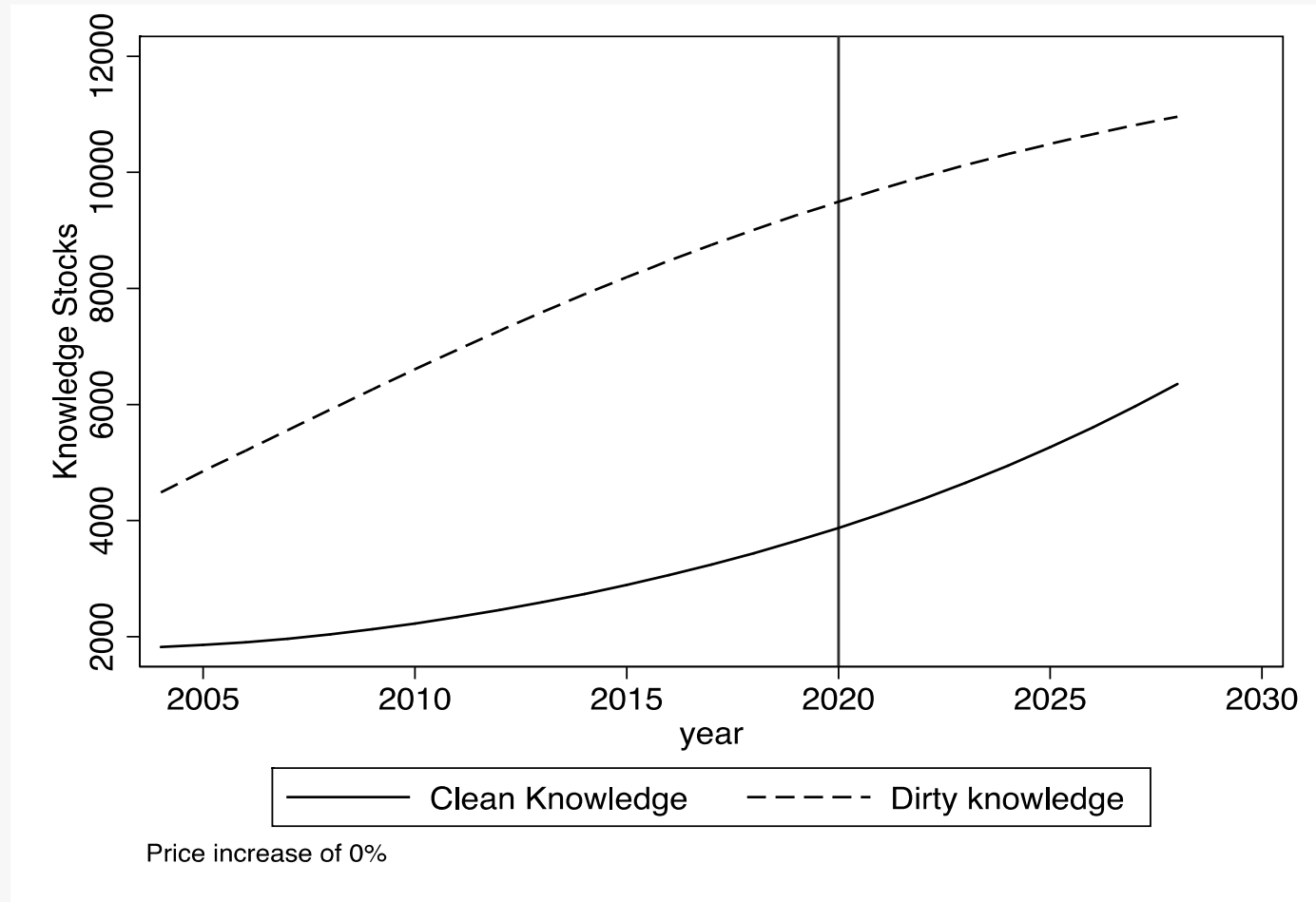


Figure 5B: baseline: 20% increase in fuel price

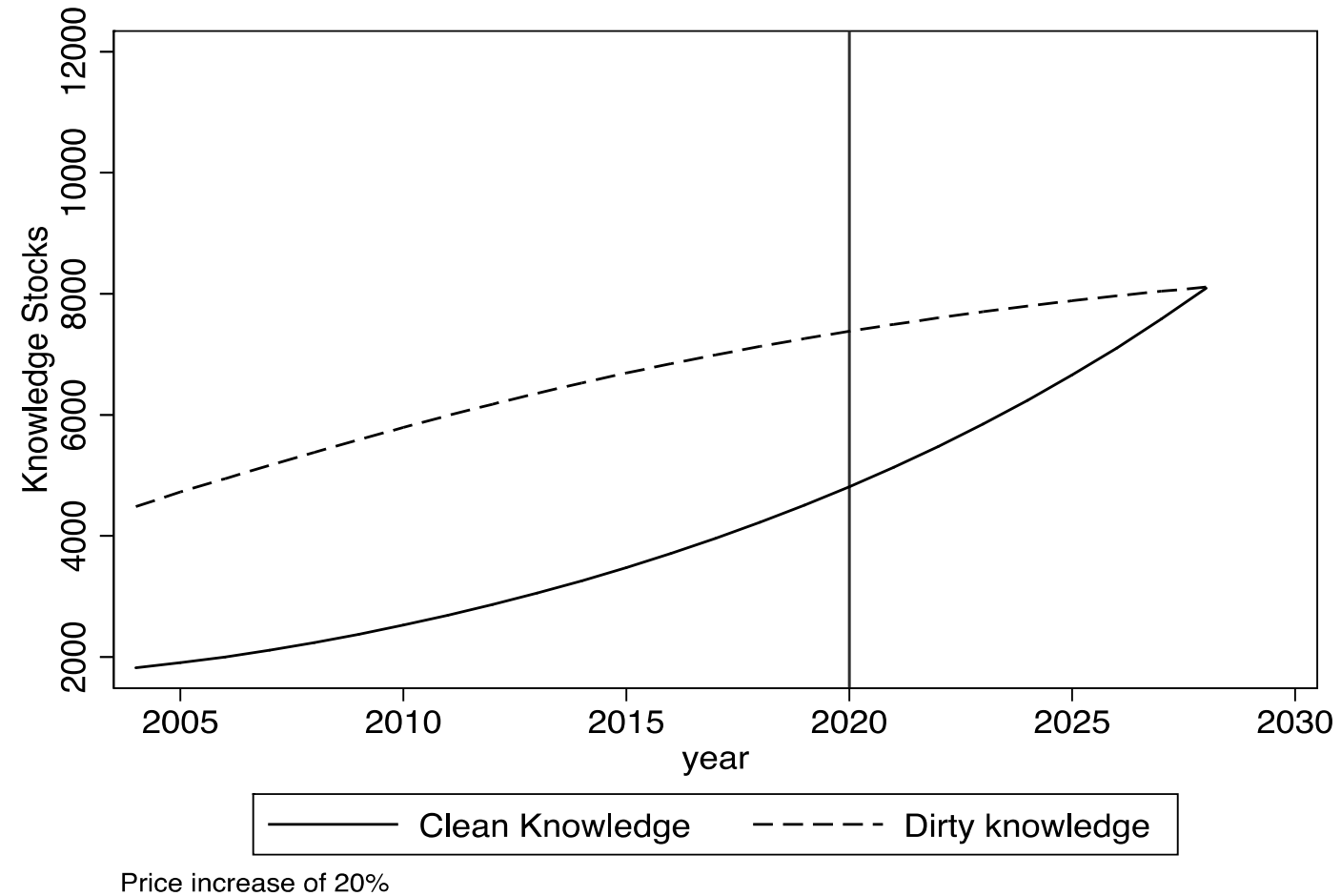
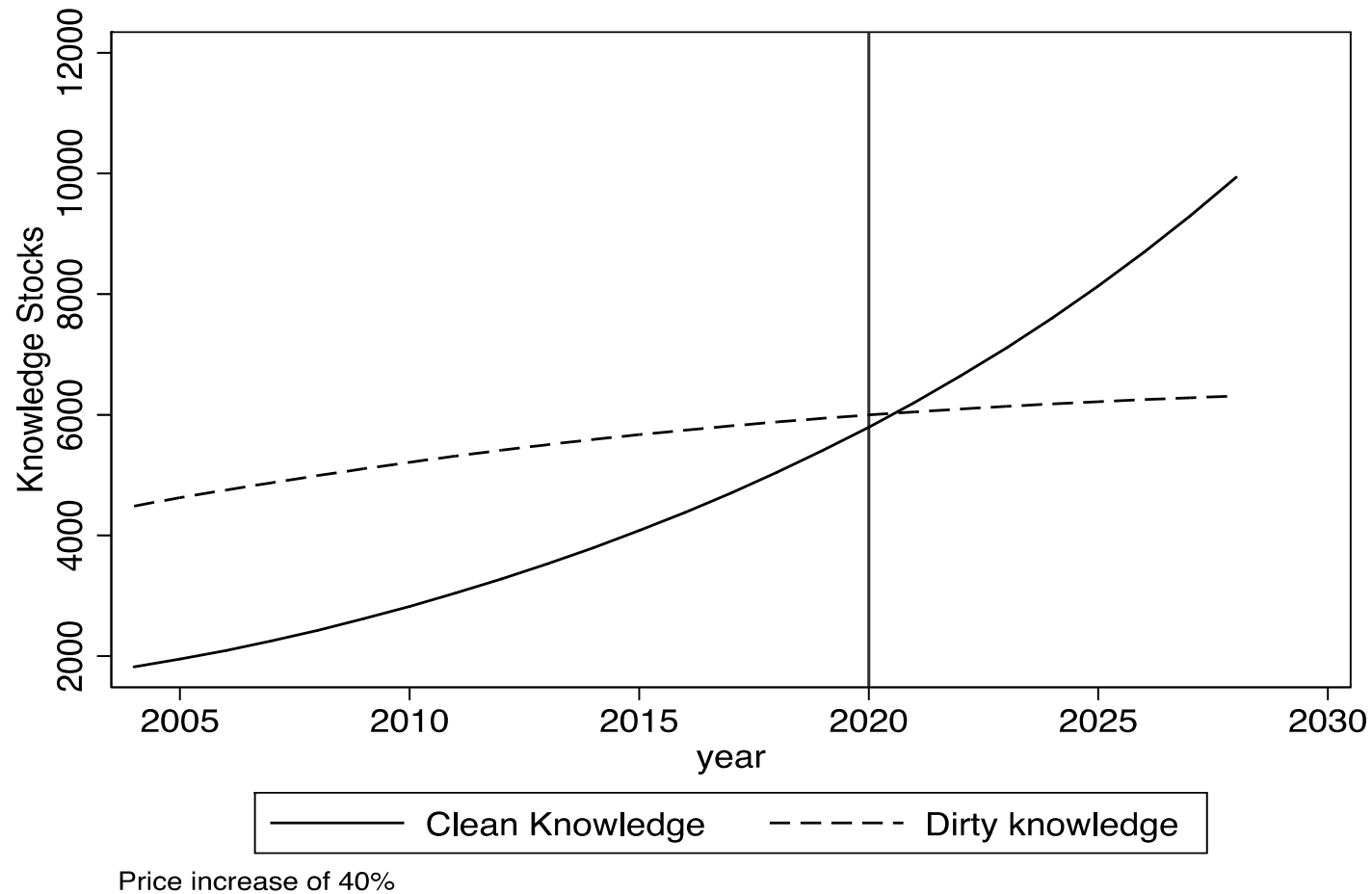


Figure 5B: baseline: 40% increase in fuel price



Summary

- Technical change can be directed towards “clean” innovation through price mechanism
- Path dependence important because of firm-level & spillovers

Bad news that clean stocks may never catch up with dirty without further policy intervention

Good news is that early action now can become self-sustaining later due

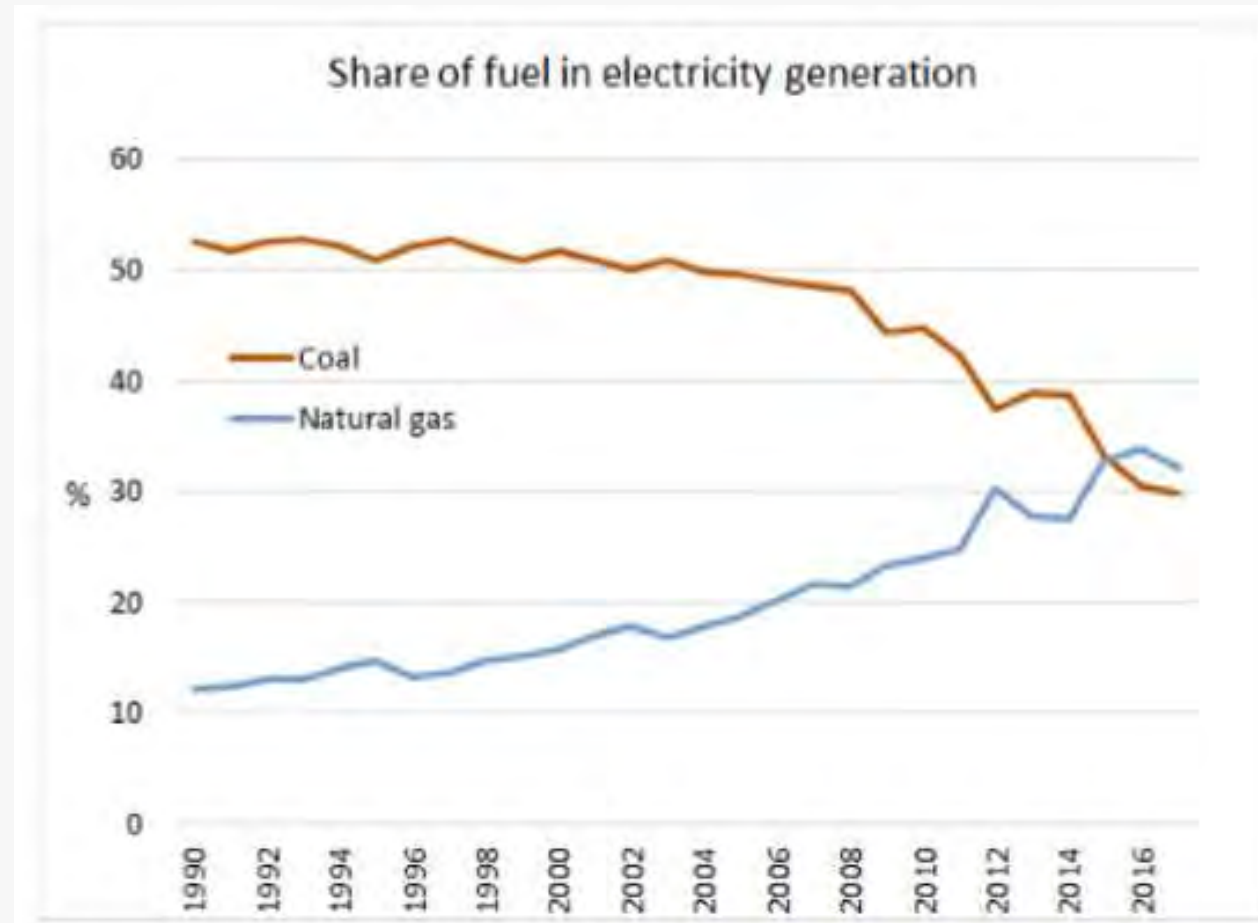
- Simulations suggest that pretty big increases in prices needed to meet goal, so mixture of policies needed

ENERGY TRANSITION

Energy transition :

- Introduce an intermediate source of energy (e.g. shale gas)
- Should we subsidize production and research in that intermediate source?

Rise of gas



Intermediate energy

Climate Change, Directed Innovation and Energy Transition: The Long-run Consequences of the Shale Gas Revolution

Daron Acemoglu (MIT), Philippe Aghion (Collège de France, LSE), Lint Barrage (Brown) and David Hémous (University of Zurich)

Intermediate energy

- Analyze effects of an exogenous improvement in extraction technology for gas (shale gas boom) on aggregate pollution in short run and long run

Intermediate energy

Short-run effects:

- Absent innovation (short-run), there are two opposite effects of shale gas boom:
 - Substitution effect
 - Scale effect
- Substitution effect dominates if gas sufficiently cleaner than coal

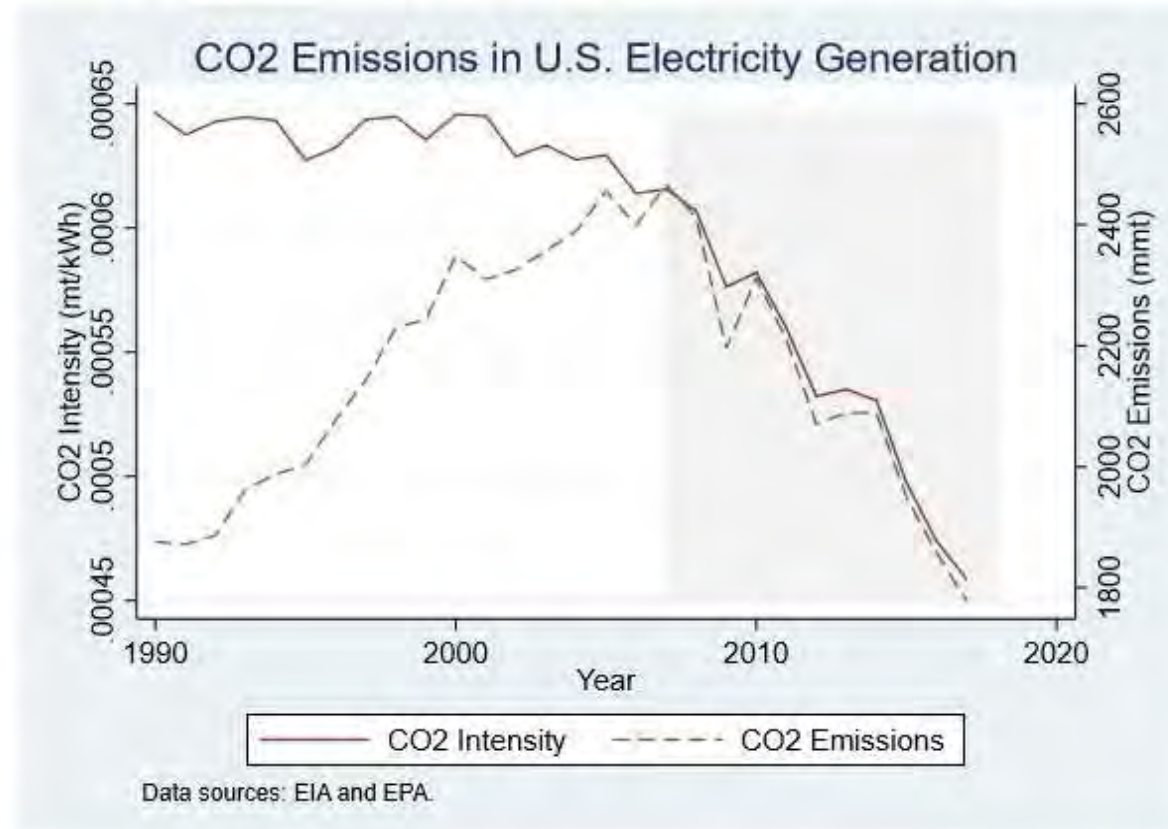
Intermediate energy

Short-Run Impact Estimates

Total Effects of Improved Shale Extraction Technology B_{50}			
	$\% \Delta$ Emiss.	$\% \Delta$ Energy	$\% \Delta$ CO ₂
	Intensity	Consumption	Emissions
Baseline Parameters			
+10% Increase in B_{50}	-16.7%	+5.5%	-12.1%
+50% Increase in B_{50}	-21.0%	+9.6%	-13.4%

Intermediate energy

Emissions and Emissions Intensity



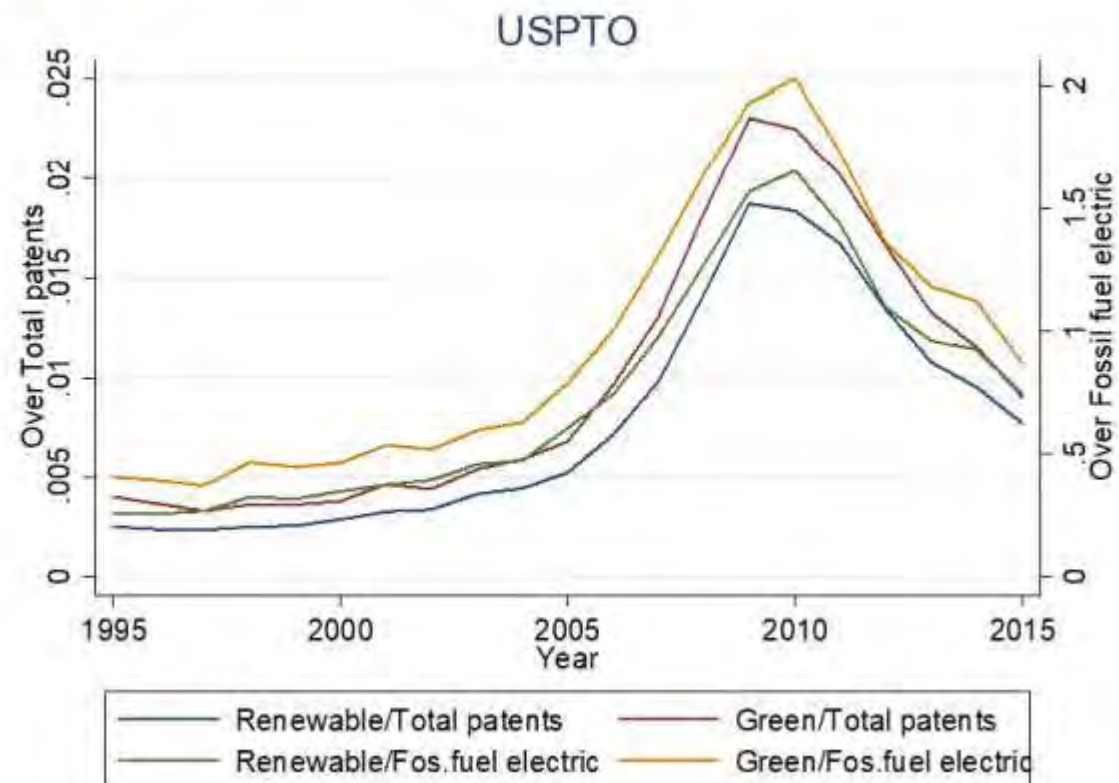
Intermediate energy

Long-run effects:

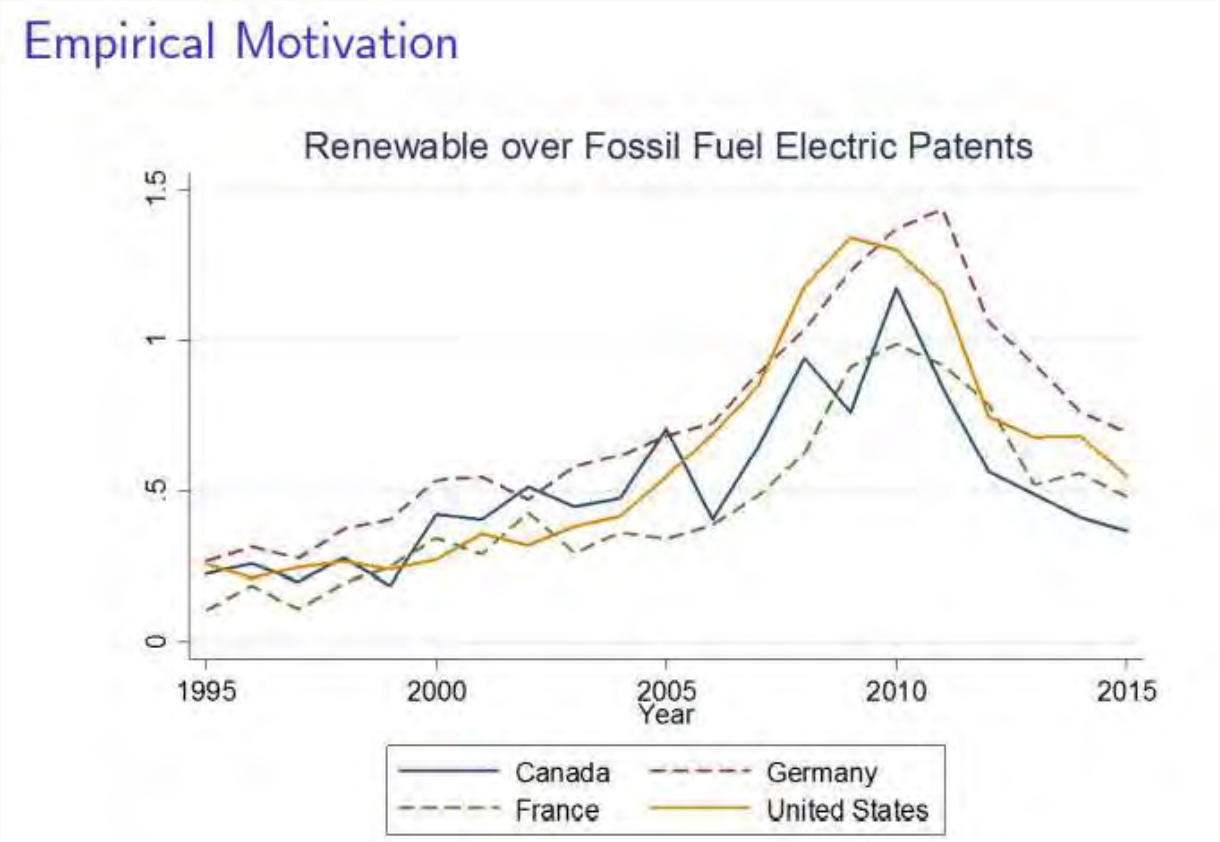
- Assume endogenous innovation on power plant technologies
- Shale gas boom directs innovation away from both, coal and clean production technologies into gas production technologies
- In the long-run, it may move the economy from a path with declining CO2 emissions to a path with increasing CO2 emissions

Discouraging green innovation

Empirical Motivation



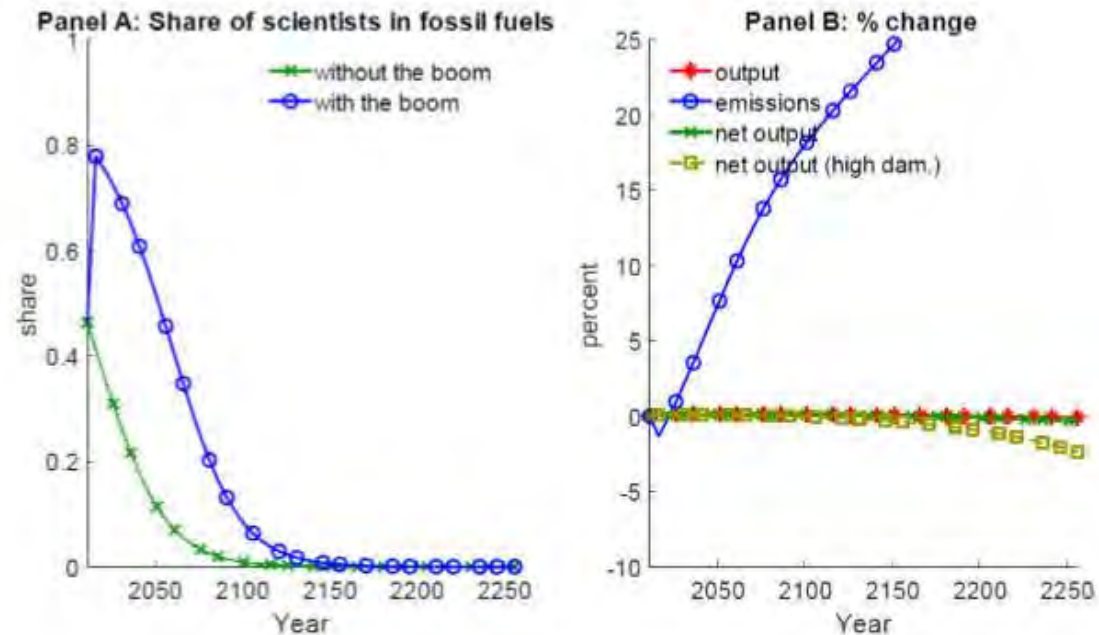
Empirical Motivation



Intermediate energy

Laissez faire results (constant extraction technology)

- Effect of one-time 50% increase in gas extraction technology B_{st} :



Intermediate energy

- Combine pro-intermediate energy policy (shale gas boom) with subsidies to green innovation

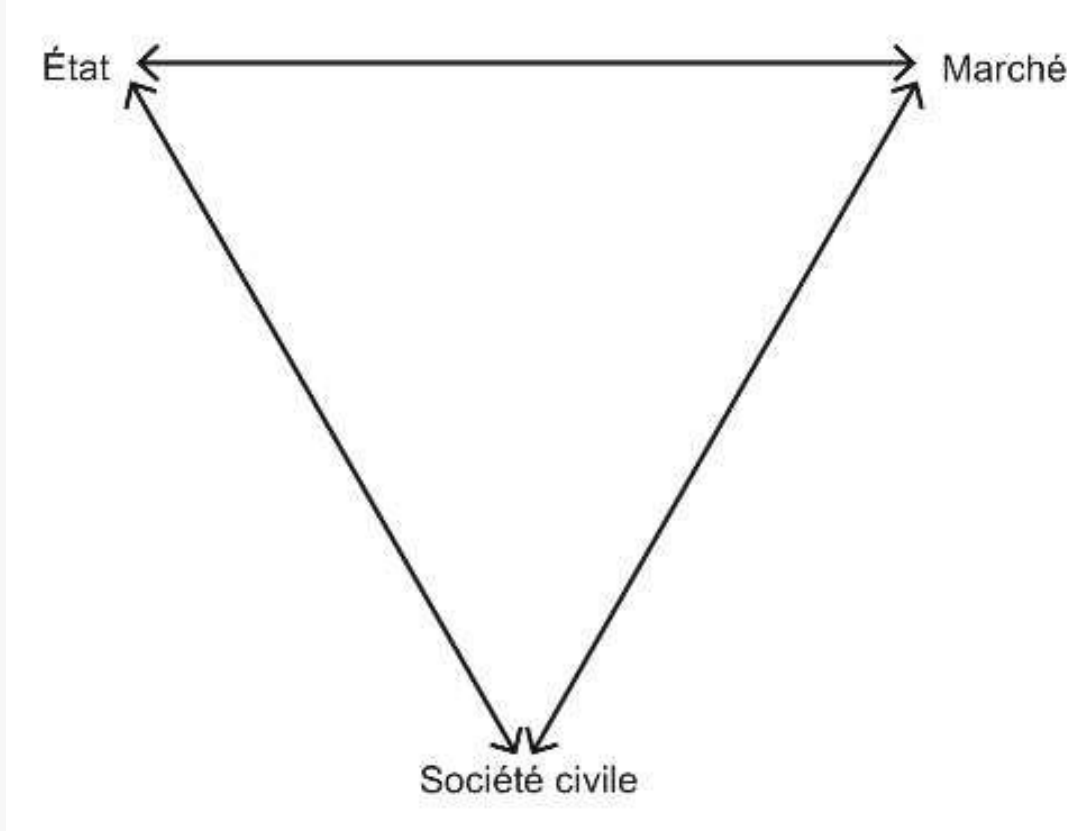
THE ROLE OF CIVIL SOCIETY

Competition and Social Values

- Above analysis suggests a role for the State in directing firms' production and innovation
- Question: Is there also a role for "Civil Society"?

Rethinking capitalism

Magic triangle: Firms/Market – State – Civil Society (Bowles and Carlin)



Rethinking capitalism

Environmental Values and Technological Choices: Is Market Competition Clean or Dirty?

Philippe Aghion ¹ Roland Bénabou ²
Ralf Martin ³ Alexandra Roulet ⁴

¹College de France ²Princeton University

³Imperial College London ⁴INSEAD

The role of civil society

Against Corporate Social Responsibility (CSR): Arthur Pigou (1920) and Milton Friedman (1970)

- Firms must pursue unique objective: profit maximization
- The State is there to deal with externalities, informational asymmetries,...

The role of civil society

However there are limits to what the State can achieve: Benabou-Tirole (2010)

- Lobbying from incumbent firms
- Global warming is a worldwide problem, on which each individual government has little grip

This paper

- We analyze the role of environmental preferences of consumers and their interaction with product market competition
- Main idea: stronger preferences for the environment induces firms to innovate more in green technologies, all the more the higher the degree of product market competition.

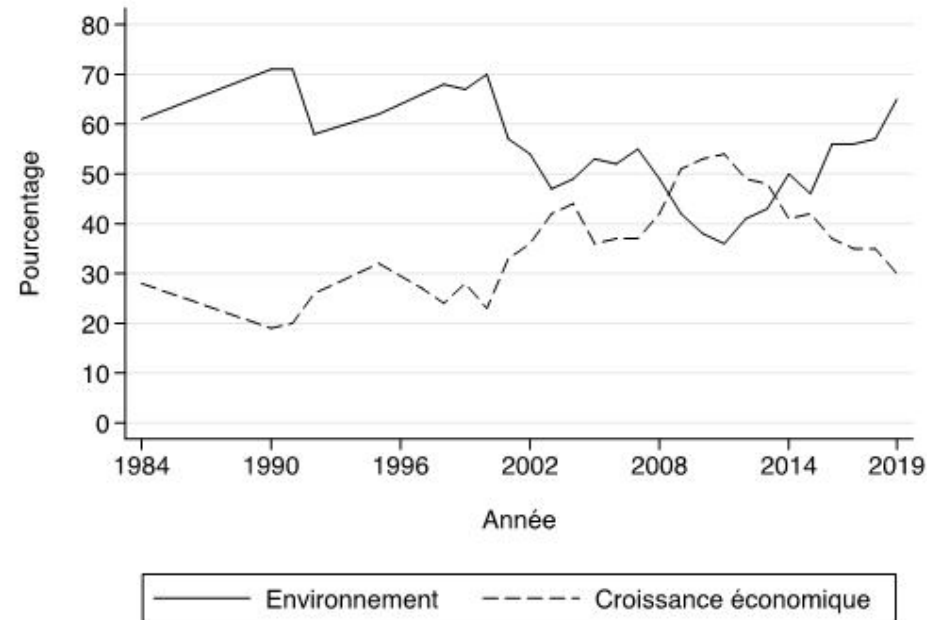
Two opposite effects of competition

More competition:

- **Scale effect:** it increases output, thereby increasing emissions (« Chinese » effect)
- **Innovation effect:** if consumers value the environment, then more competition induces more green innovation, thereby reducing emissions

Two opposite effects of competition

Figure 3 : Préférences des Américains entre environnement et croissance économique



Social values data

Data sources:

- International Social Survey Program, Environment modules 2000 and 2010
- World Value Survey, waves 4 and 5
- Pick the question that maximize coverage in terms of periods and countries:
”How willing would you be to pay much higher taxes in order to protect the environment?”



1=very unwilling 5=very willing

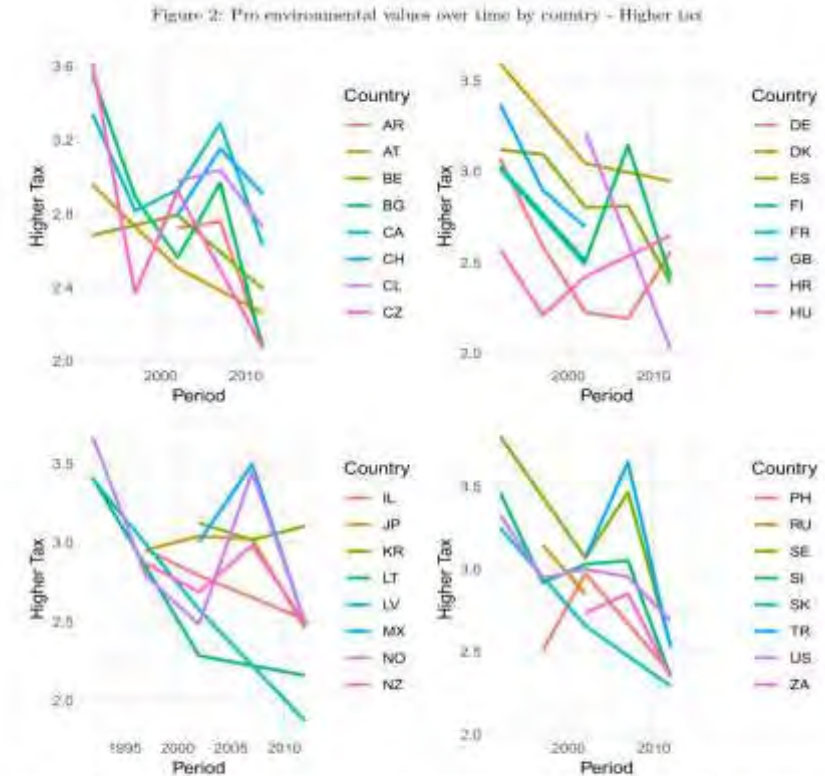
Also look at: “How willing would you be to pay much higher prices in order to protect the environment?”

And: “I would give part of my income if I were certain that the money would be used to prevent environmental pollution”

- Our data cover 60 countries, including the US, European countries, Japan, Korea etc.
- And 2 periods: 1998-2002 and 2008-2012

Collapse in Pro Environmental attitudes

Period	Survey respondents
1998-2002	126,327
2003-2007	83,287
2008-2012	176,070
2013-2017	27,240



Notes: The figure shows the average level of pro environmental support (support for environmental taxes) across 32 countries included in our study. Pro environmental support is measured on a scale from 1=Strongly opposed to environmental measures to 5=strongly supportive of environmental measures.

From countries to firms

$$Values_{j,t} = \sum_{c=1}^{30} \omega_{j,c} \times Values_{c,t}$$

Firm level value exposure

Patent Portfolio shares

- Firm j in period t is exposed to a weighted average of values in period t in the various countries which matter for the firm
- Weights computed using historical patenting activity
- $\omega_{j,c}$ = # of patents deposited by firm j in country c between 1950 and 1995, divided by total number of patents deposited by firm j between 1950 and 1995 in the relevant countries
- We check robustness to alternative weighting definitions and specifications where no weights are needed

Competition indicator

1. OECD Country Level indicator

- Product Market Regulation (PMR) indicator from the OECD Built using a questionnaire of 700 questions
- Questions cover three main areas: state control, barriers to entrepreneurship, and barriers to trade and investment

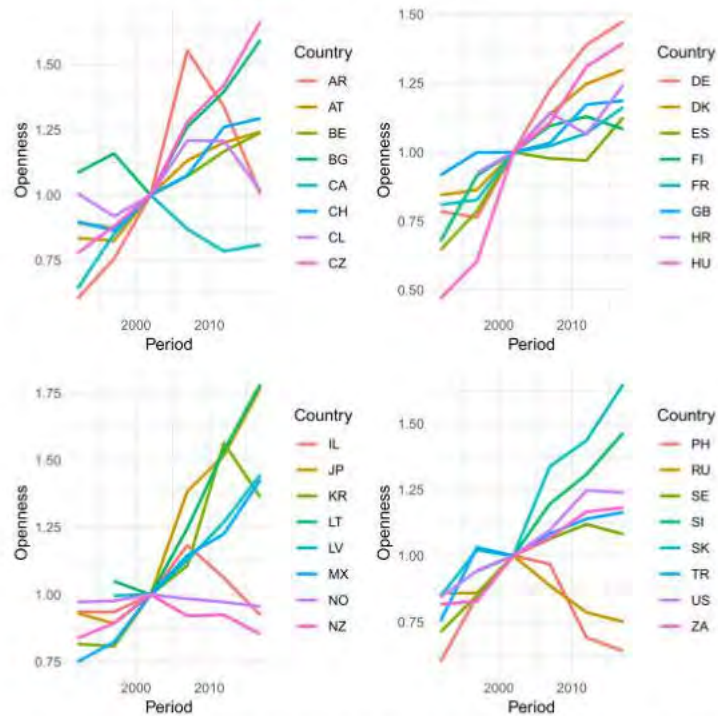
2. Worldbank openness indicator of a country

3. Lerner Index Firm level Competition

Back out inverse markups (μ_{jt}) from structural production function regression

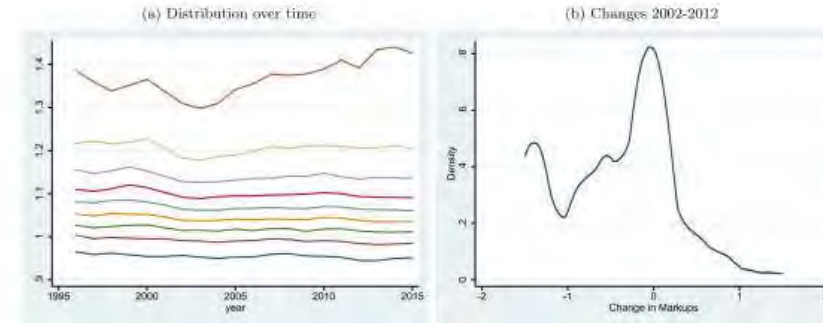
Competition indicators

Figure 6: Competition over time by country - WB Openness indicator



Notes: The figure shows the Worldbank openness index over time (normalised to 2002) across 32 countries included in our study.

Figure 8: Firm level Markups



Notes: Panel (a) shows centiles (10th to 90th percentile) of firm level markups (i.e. inverse of the Lerner index) over time. Panel (b) show the distribution of changes in markups between 2002 and 2012.

Competition mostly increased over our sample period (at least in continuing firms)

Regression specification

Number of dirty innos in period t

$$\ln(1 + \#clean_{jt}) - \ln(1 + \#dirty_{jt}) =$$

$$\beta_V Values_{jt} + \beta_C Competition_{jt} + \beta_{V \times C} Values_{jt} \times Competition_{jt} + \beta_X X_{jt} + J_j + T_t + \epsilon_{jt}$$

Controls include fuel prices, population, GDP all averaged using patent portfolio weights

Firm fixed effects => we id comp and value effects from variation in exposure over time

Results

- Estimates are in line with predictions (at least when significant)
- Notably interaction coefficient is robustly and significantly positive

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	Log (1+#clean)- Log (1+#dirty)			
Values	0.182*** (0.0391)	0.239*** (0.0476)	0.220*** (0.0503)	0.671*** (0.138)
Competition	0.182*** (0.0583)	0.153*** (0.0569)	0.313** (0.133)	-0.0250 (0.0306)
ValuesXcompetition	0.116*** (0.0356)	0.0731*** (0.0220)	0.0852*** (0.0210)	0.0695*** (0.0246)
Log fuel price	0.730*** (0.229)	0.552** (0.237)	0.0495 (0.230)	0.579 (0.634)
Competition measure	OECD	OECD	World Bank	Lerner
Values measure	Higher tax	Index	Higher tax	Higher tax
Observations	17,118	17,118	17,118	2,702
R-squared	0.120	0.121	0.120	0.196
Number of firms	8,559	8,559	8,559	1,852

All variables are standardized; hence: 1 stdev increase in Vaules leads to 18% increase in the clean vs dirty ratio

Results – clean only

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
		Log (1+#clean)		
Values	0.0154 (0.0333)	0.0545 (0.0402)	-0.0419 (0.0402)	0.356*** (0.108)
Competition	0.192*** (0.0510)	0.185*** (0.0490)	0.561*** (0.102)	0.0222 (0.0242)
ValuesXcompetition	0.0752** (0.0295)	0.0540*** (0.0184)	0.0298* (0.0172)	0.0458** (0.0185)
Log fuel price	0.519*** (0.183)	0.423** (0.189)	0.177 (0.194)	1.568** (0.609)
Competition measure	OECD	OECD	World Bank	Lerner
Values measure	Higher tax	Index	Higher tax	Higher tax
Observations	17,118	17,118	17,118	2,702
R-squared	0.181	0.181	0.180	0.297
Number of firms	8,559	8,559	8,559	1,852

Results – dirty only

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	Log (1+#dirty)			
Values	-0.167*** (0.0336)	-0.185*** (0.0403)	-0.262*** (0.0406)	-0.314*** (0.0974)
Competition	0.0103 (0.0546)	0.0326 (0.0506)	0.248** (0.105)	0.0472* (0.0250)
ValuesXcompetition	-0.0406 (0.0315)	-0.0191 (0.0192)	-0.0554*** (0.0166)	-0.0237 (0.0194)
Log fuel price	-0.211 (0.211)	-0.128 (0.220)	0.128 (0.201)	0.989** (0.482)
Competition measure	OECD	OECD	World Bank	Lerner
Values measure	Higher tax	Index	Higher tax	Higher tax
Observations	17,118	17,118	17,118	2,702
R-squared	0.026	0.026	0.028	0.059
Number of xbvdid	8,559	8,559	8,559	1,852

Retrospective

- Consider the two periods 1998-2002 and 2008-2012
- The share of clean innovations increased by 35 percentage points between these two periods
- How can this be reconciled with the fact that citizens in our sample countries became less concerned about environment between 2000 and 2010?

Retrospective

- First, environmental attitudes evolved very differently across countries, and values decreased more for firms exposed to lower levels of competition
- Second, over that period there was a quintupling of tax-inclusive fuel prices

Prospective

- What would happen if, starting from the 2008-2012 values, there was an increase in both, competition and prosocial attitudes?
- To simulate realistic magnitudes, we use the average absolute changes seen between Period 1 and Period 2.
- For values, there was a decrease of 0.78 standard deviation and now simulate a uniform increase of the same magnitude.
- For competition, if we use the Lerner measure, there was an increase of 0.08 standard deviations, and we consider a same-sized uniform increase

Prospective

- We find that the envisioned increase in prosocial attitudes would raise the share of clean innovations by 5.6 points
- We find that the envisioned increase in competition (measured by Lerner index) would have essentially zero effect on the share of clean innovations
- But the combined effect of the increase in values and the increase in competition, would be equivalent to that of a 17% worldwide increase in fuel price

Summarizing

- Pro-environment attitudes and their interaction with product market competition both have a significantly positive effect on firms' incentives to innovate clean
- Policy implications and the triangle between firms, the State, and Civil Society
- Complementarity between competition policy and “education” policy

STRUCTURAL CHANGE AND CO2 EMISSIONS

Philippe Aghion, Timo Boppart, Matthew Schwartzman, Michael Peters and Fabrizio Zilibotti

Summary

We look at the relationship between service employment and emissions across:

- countries
- counties within the US
- CZ within the US
- states with the US

Specification

- Our specification is :

$$\ln E_{rt} = \alpha + \beta s_{rt}^{SER} + \gamma \ln y_{rt} + \phi s_{rt}^{AG} + X'_{rt}\rho + u_{rt}$$

E_{rt} : CO2 emissions

s_{rt}^{SER} : services share in employment

y_{rt} : income

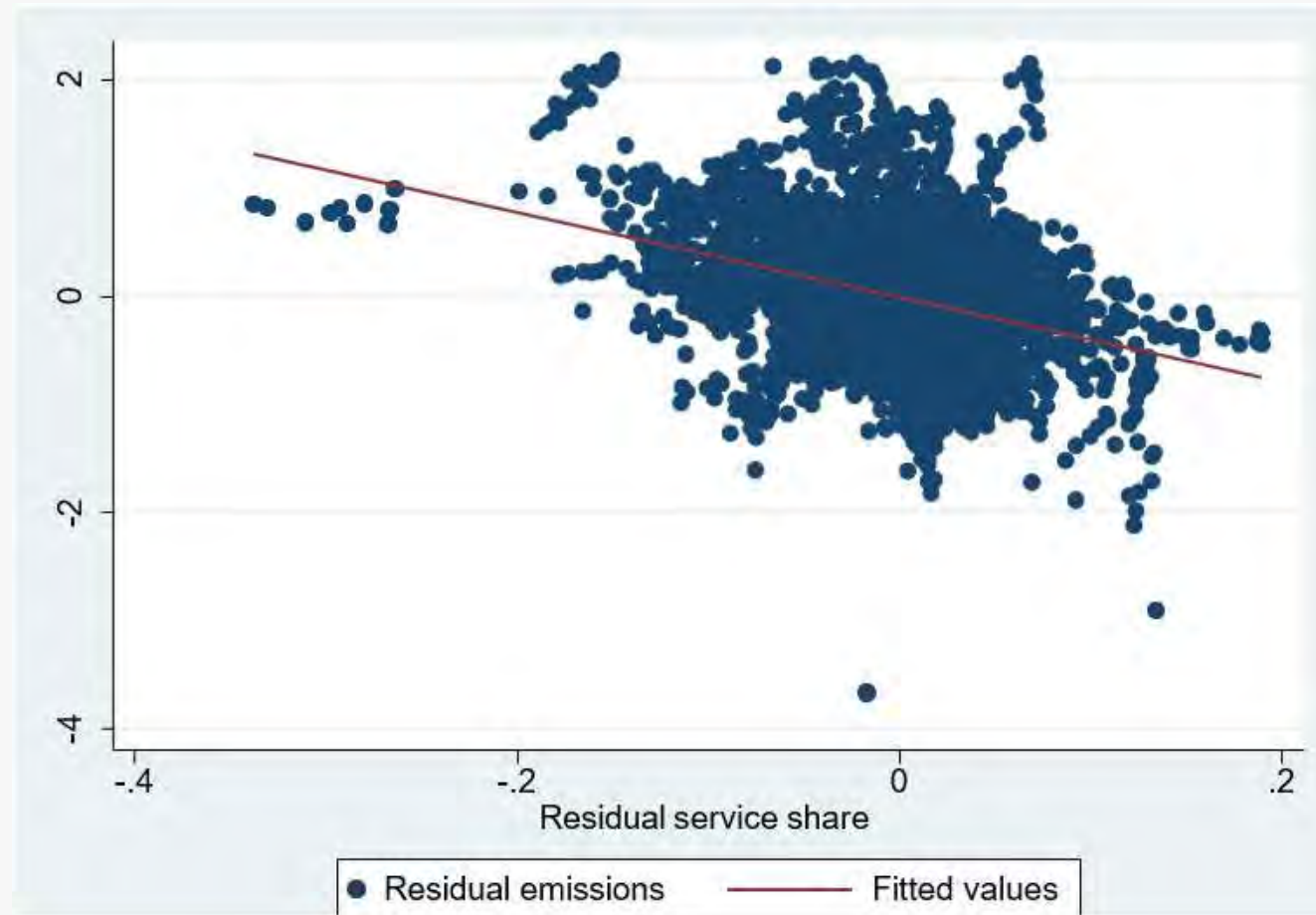
s_{rt}^{AG} : Agriculture share in employment

X_{rt} : other controls

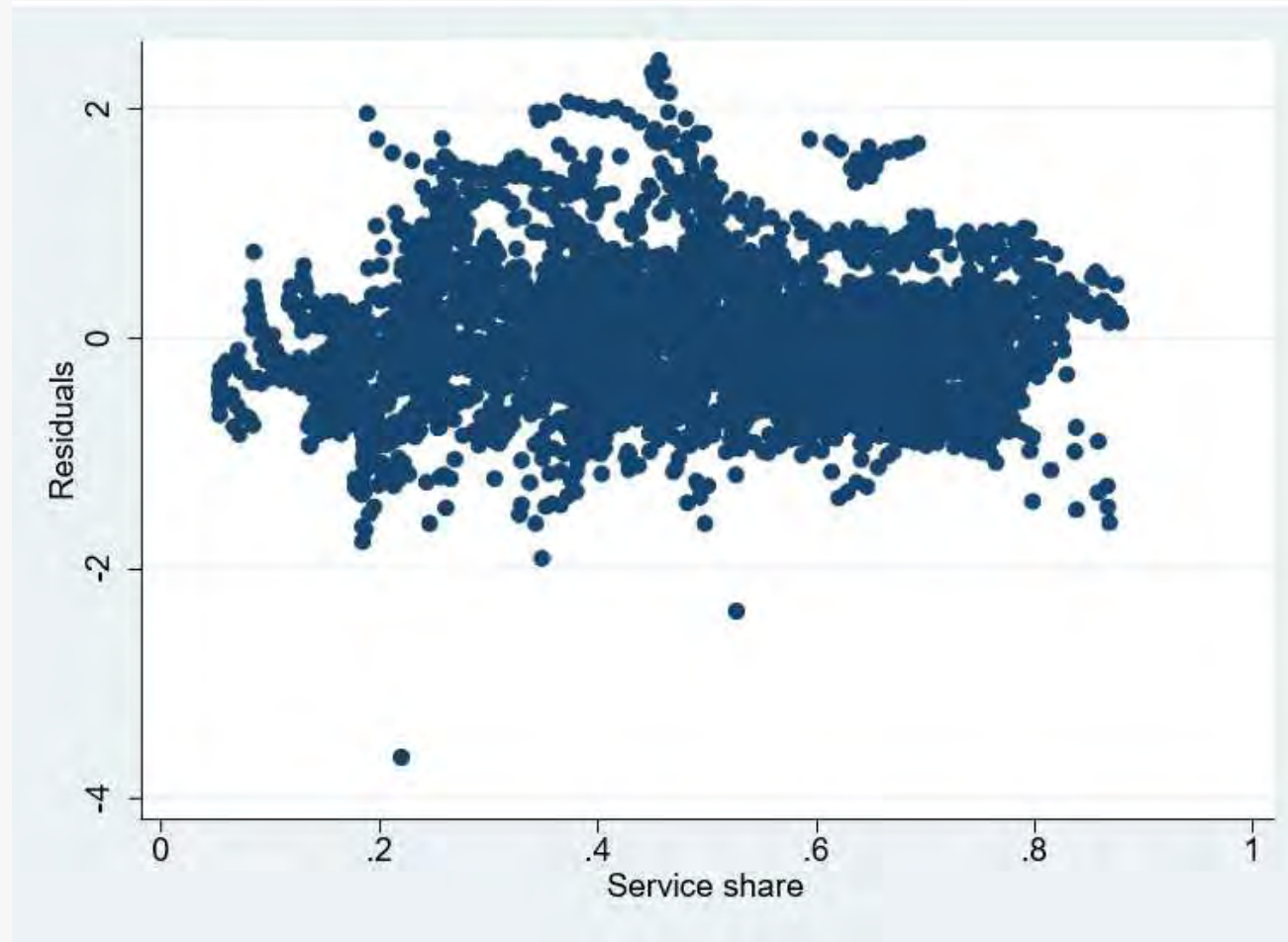
Country variation : results

VARIABLES	(1) Log CO2	(2) Log CO2	(3) Log CO2	(4) Log CO2	(5) Log CO2	(6) Log CO2
Service share	-3.949*** (0.658)	-1.895*** (0.153)	-3.932*** (0.671)	-1.878*** (0.148)	-3.837*** (0.692)	-1.913*** (0.146)
Ag share	-4.826*** (0.617)	-2.820*** (0.137)	-4.831*** (0.621)	-2.598*** (0.133)	-4.693*** (0.599)	-2.697*** (0.129)
Log population	0.949*** (0.0362)	1.510*** (0.0364)	0.949*** (0.0368)	1.348*** (0.0362)	0.958*** (0.0372)	1.243*** (0.0373)
Log land	0.100*** (0.0314)		0.101*** (0.0312)		0.127*** (0.0339)	
Log GDP pc	0.915*** (0.0719)	0.728*** (0.0195)	0.917*** (0.0752)	0.669*** (0.0191)	0.897*** (0.0749)	0.508*** (0.0216)
Urbanization			-0.0362 (0.337)	2.300*** (0.130)	0.0328 (0.364)	2.262*** (0.133)
Trade					0.226*** (0.0704)	-0.0109 (0.0164)
Observations	4,308	4,337	4,308	4,337	4,050	4,079
R-squared	0.942	0.993	0.942	0.993	0.946	0.994
Year F E	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Country F E	No	Yes	No	Yes	No	Yes

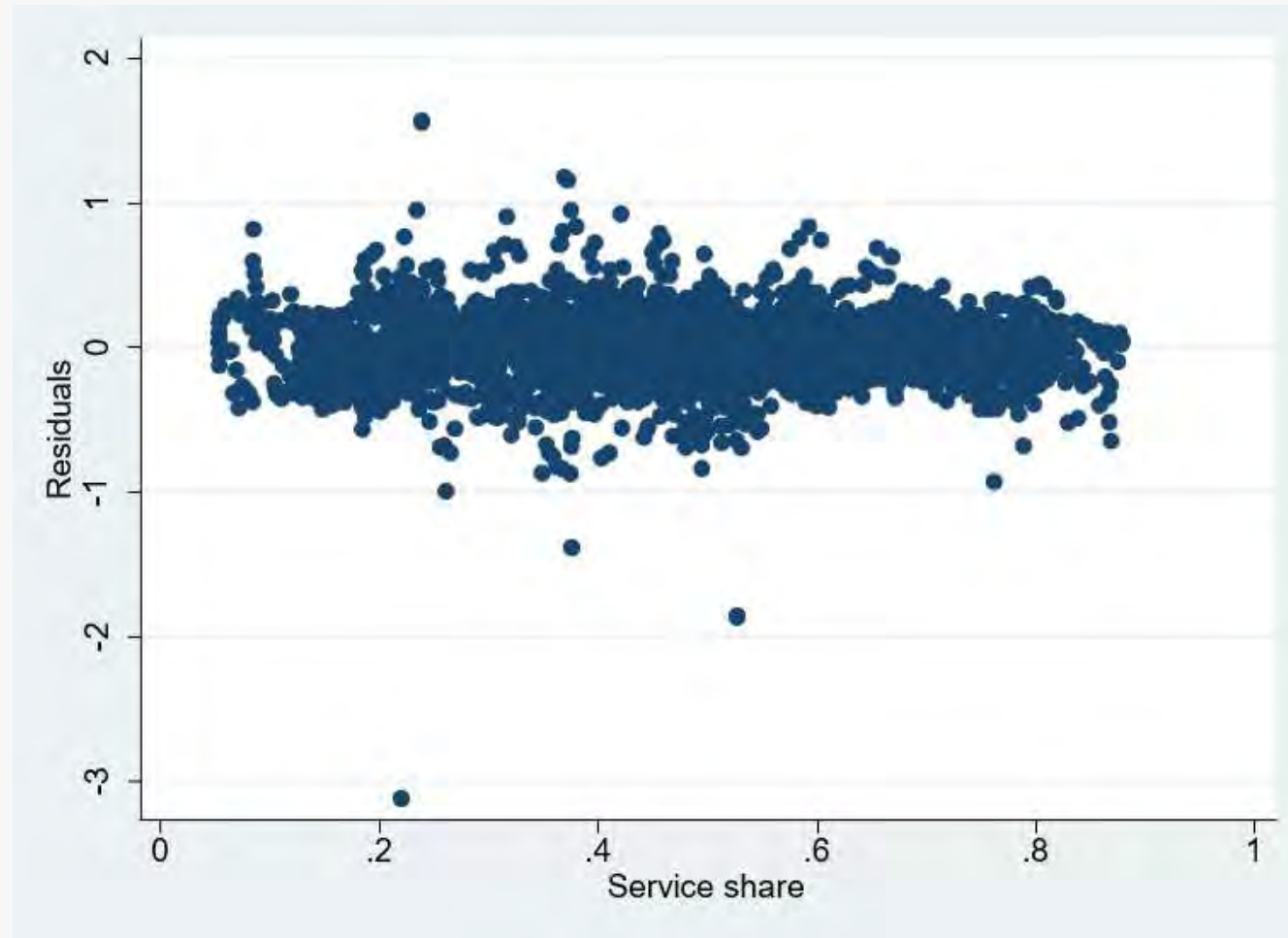
Country variation : residual emissions on residual service share (no country fixed effects)



Country variation : residuals (no country fixed effects)



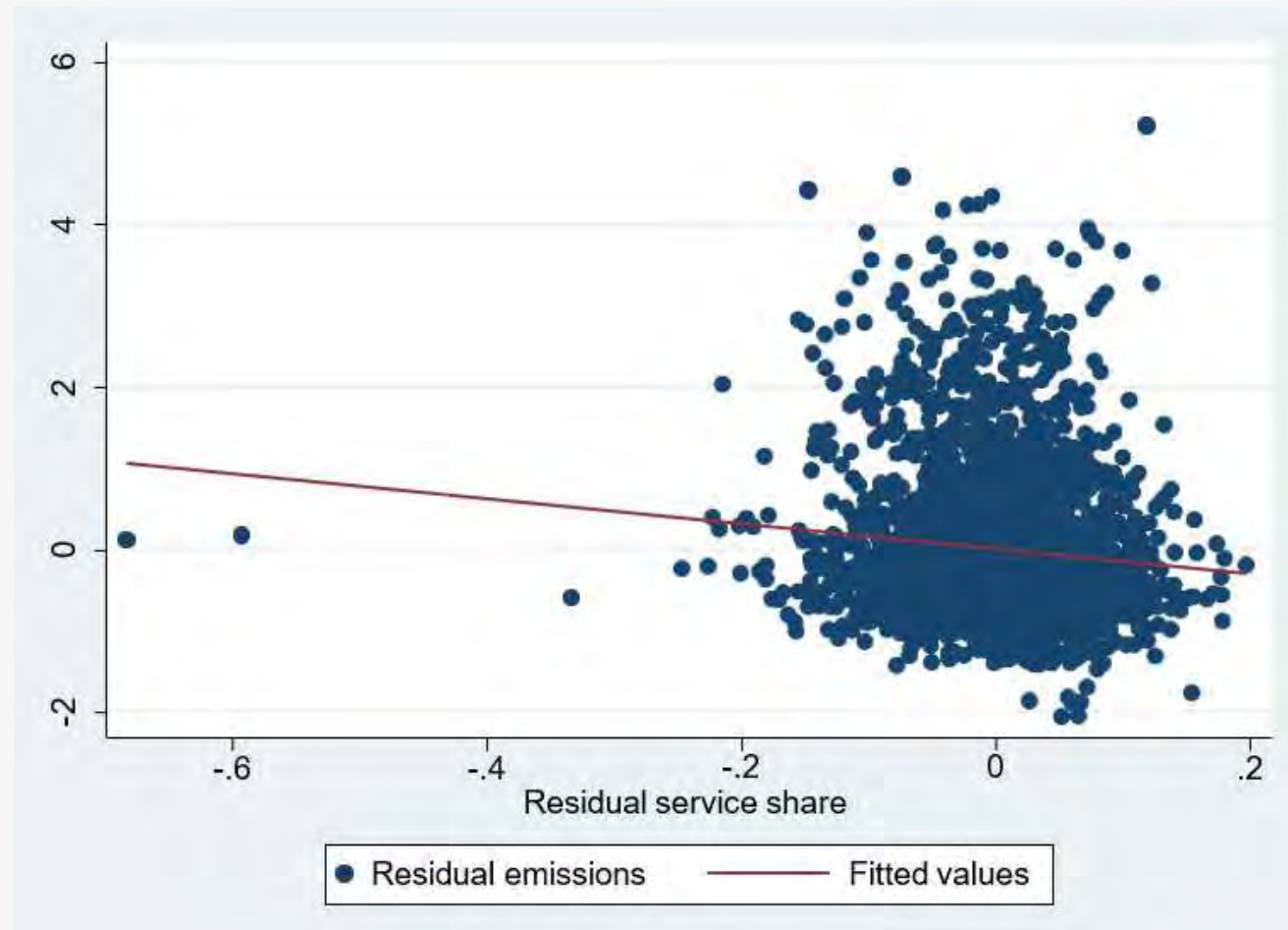
Country variation : residuals (with country fixed effects)



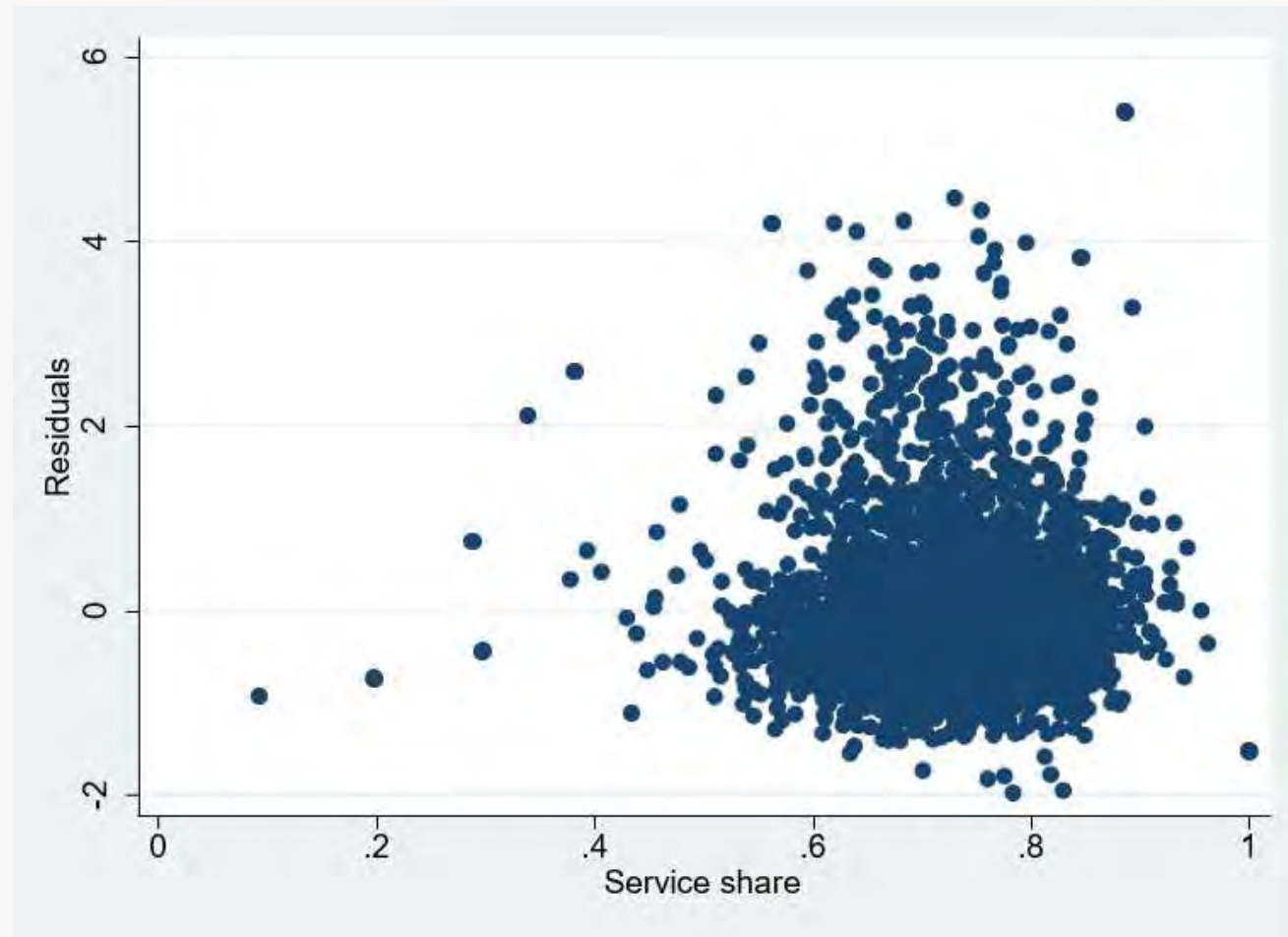
Variation within the US: county variation, results

VARIABLES	(1) Log CO2	(2) Log CO2	(3) Log CO2	(4) Log CO2	(5) Log CO2	(6) Log CO2	(7) Log CO2
Service share	-1.870*** (0.396)	-1.641*** (0.360)	-1.545*** (0.272)	-1.475*** (0.275)	-2.193*** (0.684)	-2.534*** (0.763)	-3.298*** (0.798)
Ag share	-1.148* (0.582)	-1.182* (0.590)	-1.617*** (0.420)	-1.538*** (0.442)	-1.776 (2.027)	-2.123 (2.160)	-1.586 (2.162)
Log income pc	0.304* (0.170)	0.429** (0.173)	0.595*** (0.0939)	0.536*** (0.0936)	-0.122 (0.169)	-0.0238 (0.190)	-0.0666 (0.198)
Log land	0.311*** (0.0334)	0.303*** (0.0341)	0.324*** (0.0281)	0.310*** (0.0276)	0.126** (0.0501)	0.158*** (0.0565)	0.172*** (0.0562)
Log population	0.720*** (0.0394)	0.733*** (0.0380)	0.722*** (0.0239)	0.728*** (0.0237)	0.823*** (0.0569)	0.832*** (0.0635)	0.832*** (0.0483)
Urban share	0.426*** (0.118)	0.383*** (0.118)	0.270*** (0.0902)	0.279*** (0.0910)	0.0168 (0.363)	0.138 (0.387)	
Blue state		-0.275*** (0.0638)					
Metro share							0.365* (0.197)
Observations	3,138	3,138	3,138	3,138	577	426	426
R-squared	0.619	0.626	0.650	0.662	0.553	0.601	0.554
State F E	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Economic data	Census	Census	Census	Census	Census	Census	IPUMS
Weights	No	No	No	Pop.	No	No	No
County subset	All	All	All	All	>100k	IPUMS	IPUMS

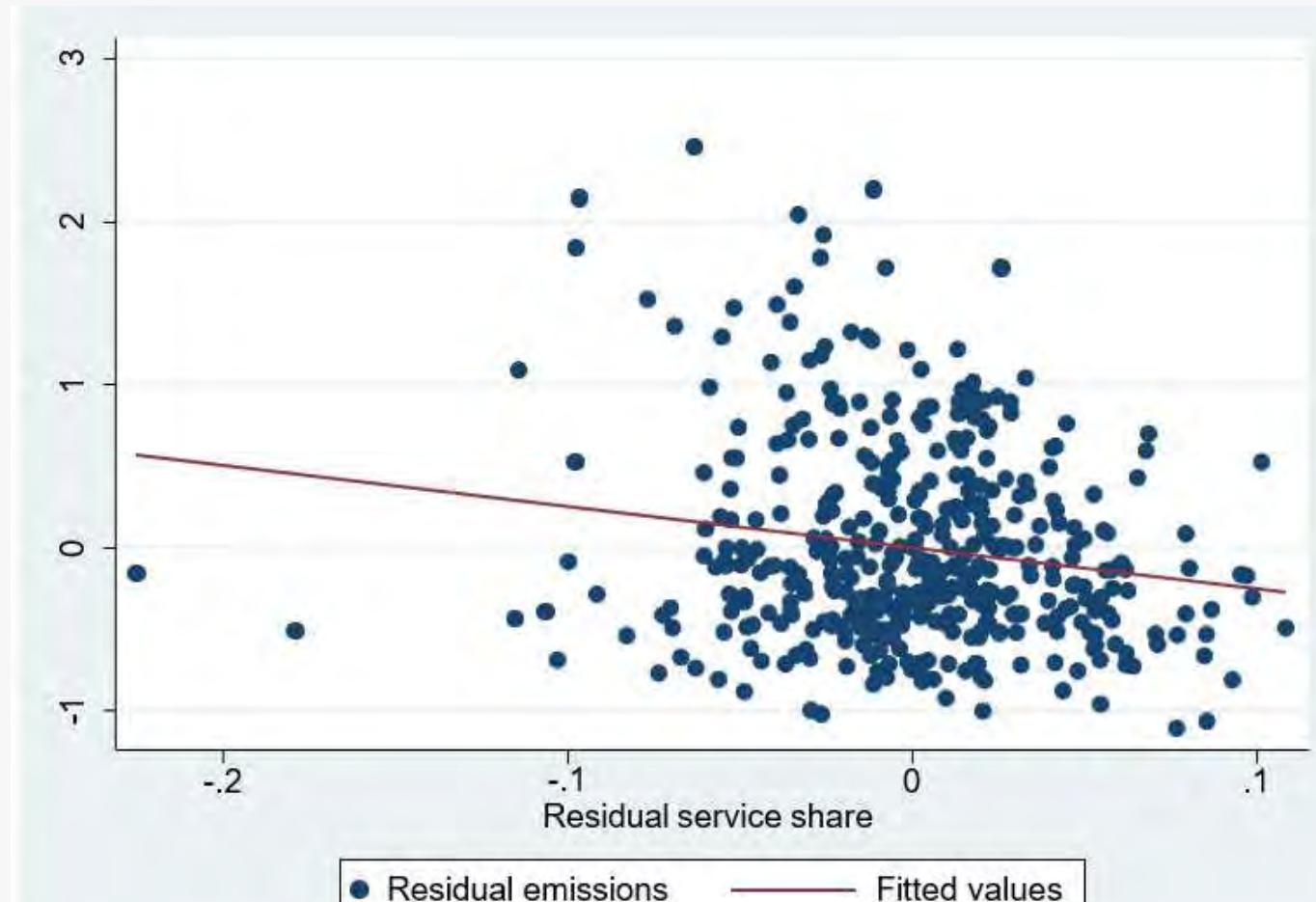
County variation: residual emissions on residual service share



County variation: residuals (full, county fixed-effects)



County variation: residual emissions on residual service share (IPUMS subset, 2010 Census data)

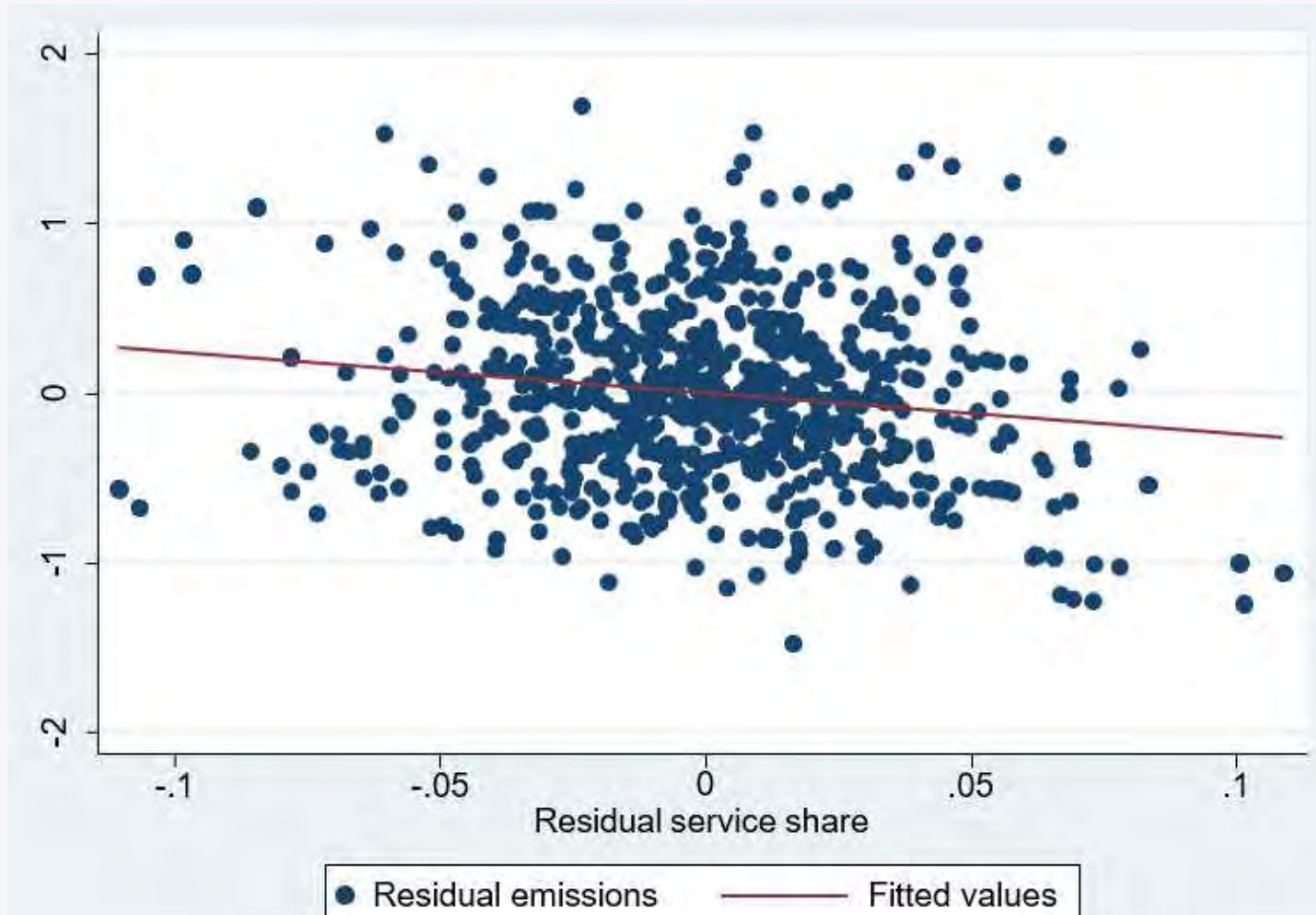


Commuting zone variation: results

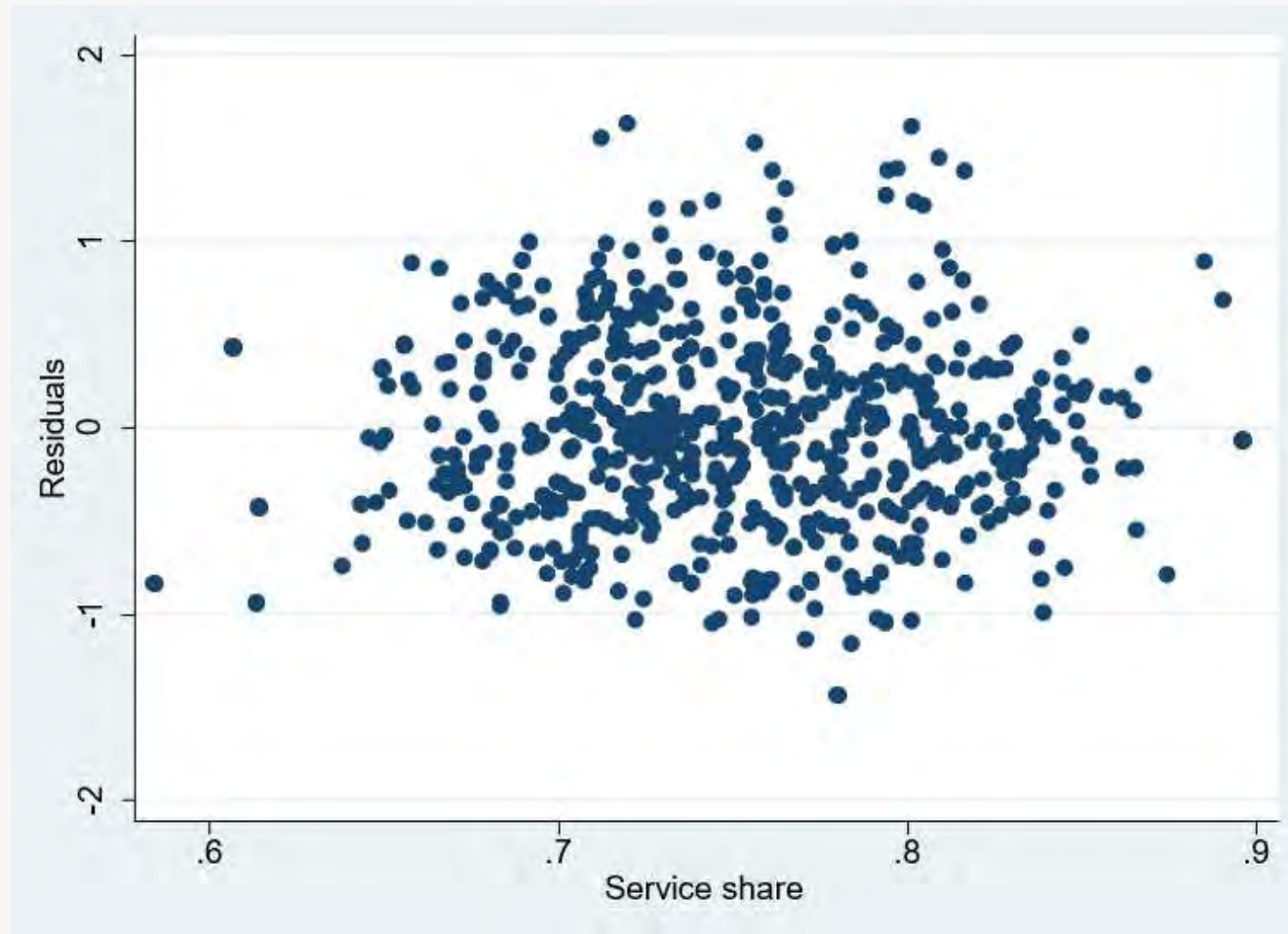
VARIABLES	(1) Log CO2	(2) Log CO2	(3) Log CO2	(4) Log CO2	(5) Log CO2
Service share	-2.532** (1.229)	-2.946** (1.181)	-2.163** (1.020)	-2.453*** (0.629)	-2.312*** (0.671)
Ag share	-5.095** (1.928)	-5.526*** (2.048)	-4.905** (2.039)	-5.458*** (1.340)	-5.231*** (1.391)
Log income pc	0.447 (0.358)	0.338 (0.383)	0.620 (0.370)	0.726*** (0.216)	0.754*** (0.221)
Log land	0.382*** (0.0706)	0.383*** (0.0713)	0.381*** (0.0585)	0.377*** (0.0486)	0.365*** (0.0523)
Log population	0.597*** (0.0645)	0.579*** (0.0734)	0.602*** (0.0624)	0.618*** (0.0370)	0.634*** (0.0449)
Urban share		0.322 (0.301)	0.112 (0.305)		-0.134 (0.218)
Blue state			-0.355*** (0.0922)		
Observations	705	705	705	705	705
R-squared	0.810	0.811	0.824	0.858	0.859
State F E	No	No	No	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

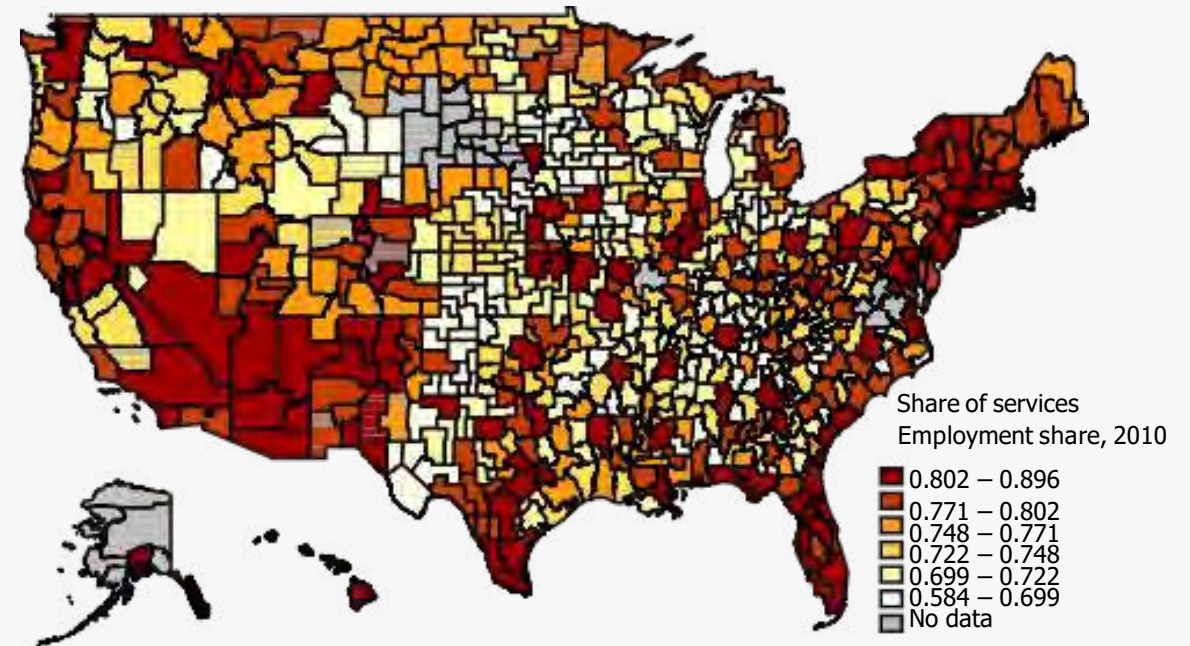
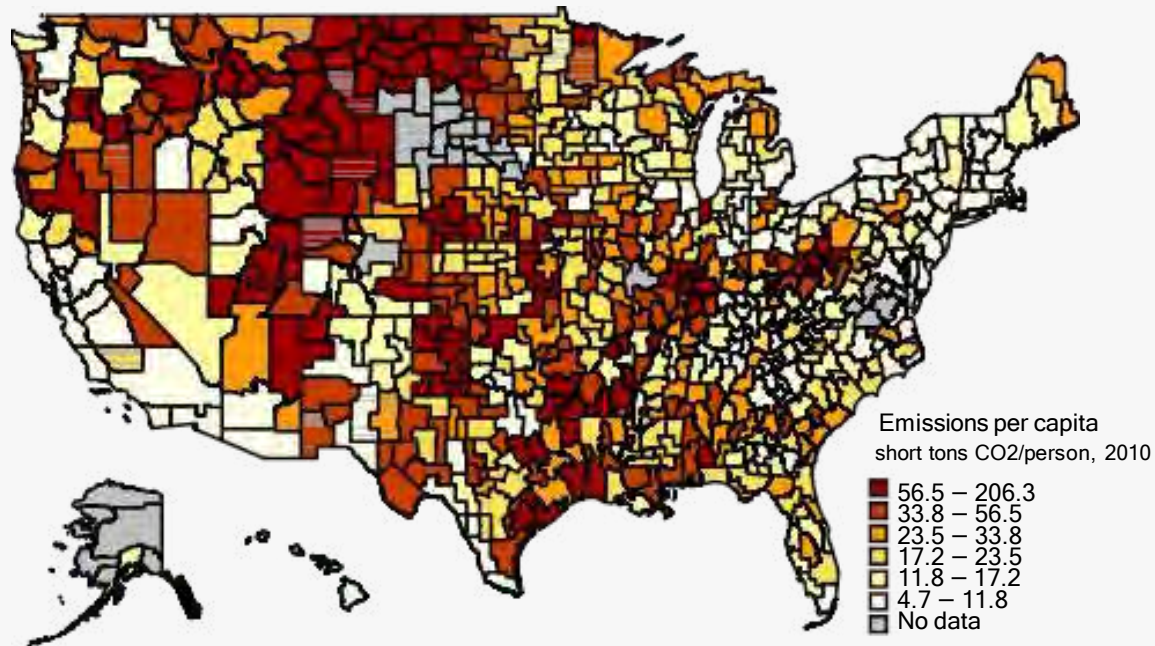
Commuting zone variation: residual emissions on residual service share



Commuting zone variation: residuals



Commuting zone variation: maps



General conclusion

- Innovation-based climate models suggest that action must be taken urgently....
- ... but also suggests multiple instruments besides carbon price which is central:
 - *Investment in green innovation*
 - *Intermediate sources of energy*
 - *Competition policy*
 - *Education policy*
 - *Structural change*

Climat et Innovation verte

Partie 3: Quelle politique climatique?

Face au changement climatique

L'acceptabilité sociale de la politique climatique?

- Perceptions du coût de la transition
- Équité et justice
- Tragédie des horizons
- Tragédie des biens communs et concurrence internationale

Face au changement climatique

Perceptions du coût de la transition

- 91 % des personnes interrogées estimaient qu'il était urgent ou très urgent de lutter contre le changement climatique (Haut Conseil pour le climat, 2020)
- 72 % d'entre elles approuvaient l'idée d'appliquer le principe du pollueur-payeur pour taxer les émissions de carbone, ce qui affecterait leur propre pouvoir d'achat

Face au changement climatique

Equité et justice

- En Europe l'élasticité-revenu de la demande énergétique est inférieure à 1.

Les ménages plus modestes consacrent une part plus importante de leur revenu pour se chauffer et se déplacer.

Face au changement climatique

Tragédie des horizons

- Carney (2015)
- Réduire les émissions aujourd'hui contribue à réduire les dommages à court terme, mais la plupart des bénéfices seront ressentis dans un avenir lointain, cent ans en moyenne.

Face au changement climatique

Tragédie des communs et concurrence internationale

- Une difficile coordination
- La dimension internationale du problème risque de susciter des désaccords quant à ceux qui devraient supporter les coûts de cette transition au niveau mondial

Notre politique climatique?

- Rapport Blanchard-Tirole: Gollier et Reguant
- Rapport CAE
- Rapport RTE
- Taxe carbone: comment et jusqu'ou?
- Politique industrielle et d'innovation?
- Autres acteurs?

TAXE CARBONE

Prix du carbone

Approche:

- Quantifier : donner une « valeur tutélaire » à la tonne de carbone (prix à donner en moyenne) pour atteindre un objectif (ici limiter à 2° d'ici 2050)
- Agir : imposer le prix à tous les acteurs → taxe + ETS. Acceptabilité politique ?
- Subvention à la tonne non-émise : extrêmement cher

Le système d'échanges d'émissions (ETS)

En résumé :

- Lancé en 2005 dans le cadre de la ratification par l'Union Européenne du protocole de Kyoto
- Un nombre de quotas d'émissions de CO2 (droit à émettre) est mis sur le marché et ensuite échangé par les entreprises
- A terme les quotas diminuent

L'augmentation du prix du carbone

Augmenter le prix du carbone : une quantification complexe

Différentes estimations
en France:

→ différents chiffres

+ Rapport du GIEC: pour limiter
d'ici 2050 à:

- 2°C: entre 45 et 1050 €/tCO₂
- 1,5°C: entre 245 et 14300 €/tCO₂

**Tableau 2 – Valeur tutélaire du carbone (en euros 2018 par tonne de CO₂)
en France estimée par trois commissions différentes**

	Boiteux (2001)	Quinet 1 (2009)	Quinet 2 (2019)
2010	32	32	
2020	43	56	69
2030	58	100	250
2050	104	250	775

Source : France Stratégie

Quelles mesures contre le changement climatique ?

Augmenter le prix du carbone

- Les valeurs tutélaires sont trop hautes pour être réalistes
- Mais le prix de l'émission actuelle est trop bas pour inciter

Les prix sont trop bas pour être incitatifs

Graphique 4 – Coût par tonne de CO₂ non émise dans la cimenterie et la sidérurgie



Source : Sartor et Bataille (2019)

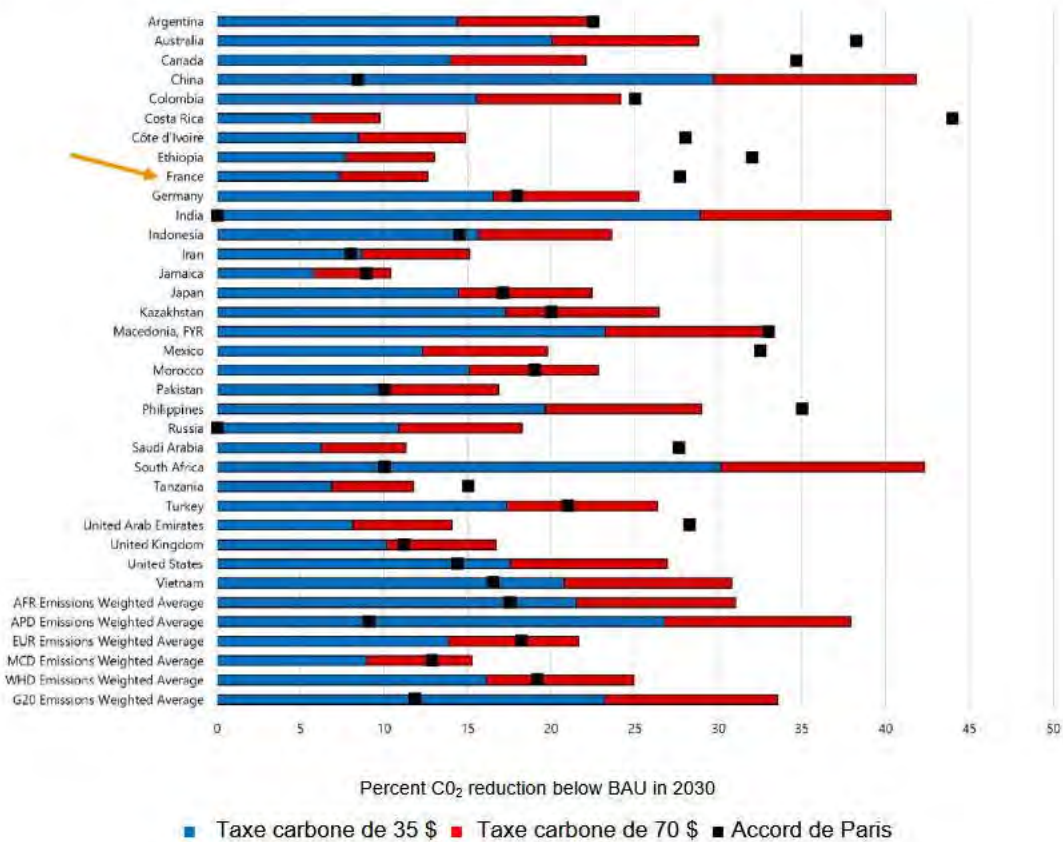
Quelles mesures contre le changement climatique ?

Engagements de l'Union Européenne et place de la France

- En UE : prix unique depuis 2005 (mise en place du Système d'échange des quotas (SEQE-UE/ETS)). 5 €/tCO₂ en 2005 → 25 en 2019 → 38 en 2020.
- La France est déjà plus décarbonée que le reste → moins d'effets
- Metcalf et Stock (2020): analyse économétrique de l'effet d'une taxe carbone de 40€/tCO₂ sur les pays européens, par rapport à l'accord de Paris

Quelles mesures contre le changement climatique ?

Graphique 5 – Impacts sur les émissions de CO₂ d'une taxe carbone de 35 ou 70 \$/tCO₂ et comparaison avec les engagements pris lors de l'Accord de Paris



Taxe carbone en pratique

Deux voies différenciées : entreprise et ménages

- Dans les deux cas, « pollueur-payeur ».
- Tentative échouée de mise en place en 2000 par le gouvernement Jospin
- En 2007, suite au *Grenelle de l'environnement*, la loi est votée au Parlement, mais retoquée par le Conseil constitutionnel
- Mise en place en 2014 sous le gouvernement Valls sous le nom de *contribution climat-énergie (CCE)* : 7€/tCO₂ puis 56 en 2020
- Projet de loi de finance 2018 confirme cette planification → Gilets jaunes

Renforcement du marché de permis SEQE-UE

Objectifs

- Eviter le dumping environnemental entre les Etats-membres
- Renforcer les bénéfices de la coopération
- Unifier la voix de l'Europe à l'international
- Servir d'exemple de coopération climatique entre pays

Renforcement du marché de permis SEQE-UE

Tableau 3 – Synthèse des objectifs visés par une réforme du SEQE-UE

Ambition	<ul style="list-style-type: none">• Niveau du prix : augmenter les prix en accord avec les ambitions de l'UE• Crédibilité à long terme : engagements de prix sur plusieurs décennies
Portée	<ul style="list-style-type: none">• Augmenter la portée sectorielle : couvrir toutes les émissions de l'UE• Augmenter la portée géographique : couvrir toutes les émissions importées• Augmenter la portée temporelle : couvrir toutes les émissions à venir
Incidence	<ul style="list-style-type: none">• Transparence : utilisation transparente de la rente carbone• Progressivité : compensation pour les déciles inférieurs

Source : auteurs

Renforcement du marché de permis SEQE-UE

Accroître le niveau et la prévisibilité des prix

- Passer d'un mécanisme sur les quantités à un mécanisme hybride coûts-quantité (pas de bonne assurance sur prix du carbone)

Tableau 4 – Synthèse des options envisageables pour la réforme du SEQE-UE

Option 1 Corridor de prix sur le SEQE-UE	<ul style="list-style-type: none">• Prix plancher et plafond, augmentant de 5 % par an• Ajustement carbone aux frontières indexé sur ce prix
Option 2 Banque centrale du carbone	<ul style="list-style-type: none">• Banque centrale indépendante, avec un mandat de l'UE• Projection de prix futurs, révision annuelle

Source : auteurs

Renforcement du marché de permis SEQE-UE

Elargissement du champ d'applications sectoriel

- Tarification universelle du carbone → ensemble des émissions européennes dans le moyen terme
- Au lieu de créer ETS sectoriels (en discussion en ce moment) pour mitiger le choc : un seul marché avec taux sectoriels convergeant en quelques années
- Prélèvement à la source → taxer producteurs d'énergie plutôt qu'émetteurs de CO₂. Stavins (2020): permettrait de couvrir 98% des émissions en se focalisant sur peu d'entités
- Inclure également le méthane (extraction du gaz naturel)

Renforcement du marché de permis SEQE-UE

Elargissement du champ d'applications géographique

- Prix du carbone plus élevé → fuite du carbone en économie ouverte
- Pas encore le cas pour le SEQE-UE mais prix faible
- Réponse : faire payer le même prix sur le carbone que les producteurs locaux pour les produits importés via mécanisme d'ajustement carbone aux frontières
- Nécessite la suppression des quotas gratuits pour certains secteurs pour être acceptable à l'OMC
- Procéder produit par produit en supposant sauf preuve de l'importateur pour calculer le taux que la pire technologie est utilisée

Renforcement du marché de permis SEQE-UE

Transparence et redistribution

- Gains européens de la taxe redistribués par pays → qu'en faire en France ?
- → **PAS pour en faire des recettes fiscales**
- Devrait servir à la réduction des inégalités sociales pour 4 Français sur 5 alors que toute augmentation du prix du carbone non compensée est régressive
- Focus: Dominique Bureau, Fanny Henriet et Katheline Schubert, *Note du CAE (Mars 2019), Pour le climat : une taxe juste, pas juste une taxe* : Etudier les effets différenciés de la taxe carbone sur les ménages + deux scénarios permettant d'alléger la charge sur les ménages les plus modestes.

Bureau, Henriet, Schubert (2019)

Effets de la taxe carbone

- Calcul d'élasticités-prix : réduction de consommation d'un bien induite par l'augmentation de son prix.
- Par sous-groupes de ménages, en fonction de
 - leur revenu (par décile)
 - leur zone de résidence (Communes rurales, petites villes, villes moyennes, grandes villes, Paris)

Bureau, Henriet, Schubert (2019)

- Réponse assez homogène : entre -0,4 et -0,6
- Faible pour ménages parisiens du top10% et forte pour villes moyennes, bottom10%
- Donc oriente bien la consommation

Tableau 1. Élasticités prix des ménages pour les carburants, par niveau de vie et type de commune

Déciles	Communes rurales	Petites villes	Villes moyennes	Grandes villes	Paris
1	-0,54	-0,55	-0,58	-0,55	-0,49
2	-0,54	-0,54	-0,56	-0,54	-0,45
3	-0,52	-0,53	-0,56	-0,51	-0,47
4	-0,52	-0,51	-0,53	-0,50	-0,44
5	-0,51	-0,50	-0,54	-0,47	-0,42
6	-0,49	-0,50	-0,51	-0,47	-0,36
7	-0,48	-0,46	-0,48	-0,44	-0,41
8	-0,45	-0,44	-0,46	-0,42	-0,34
9	-0,45	-0,42	-0,44	-0,36	-0,29
10	-0,38	-0,37	-0,37	-0,30	-0,17

Source : Douenne (2018).

Bureau, Henriët, Schubert (2019)

Effets redistributifs

- Etudier les impacts par niveau de vie de la réforme consistant :
 - En une augmentation de la taxe carbone de son niveau actuel (44,6 euros/tCO₂) au niveau qu'il était prévu d'atteindre en 2022 (86,2 euros/tCO₂)
 - Accompagnée du rattrapage de la fiscalité sur le gazole de 7,8 centimes par litre, correspondant à la somme des augmentations initialement prévues pour janvier 2019, 2020 et 2021.
 - Effets sur chauffage et carburants

Hétérogénéité « verticale »

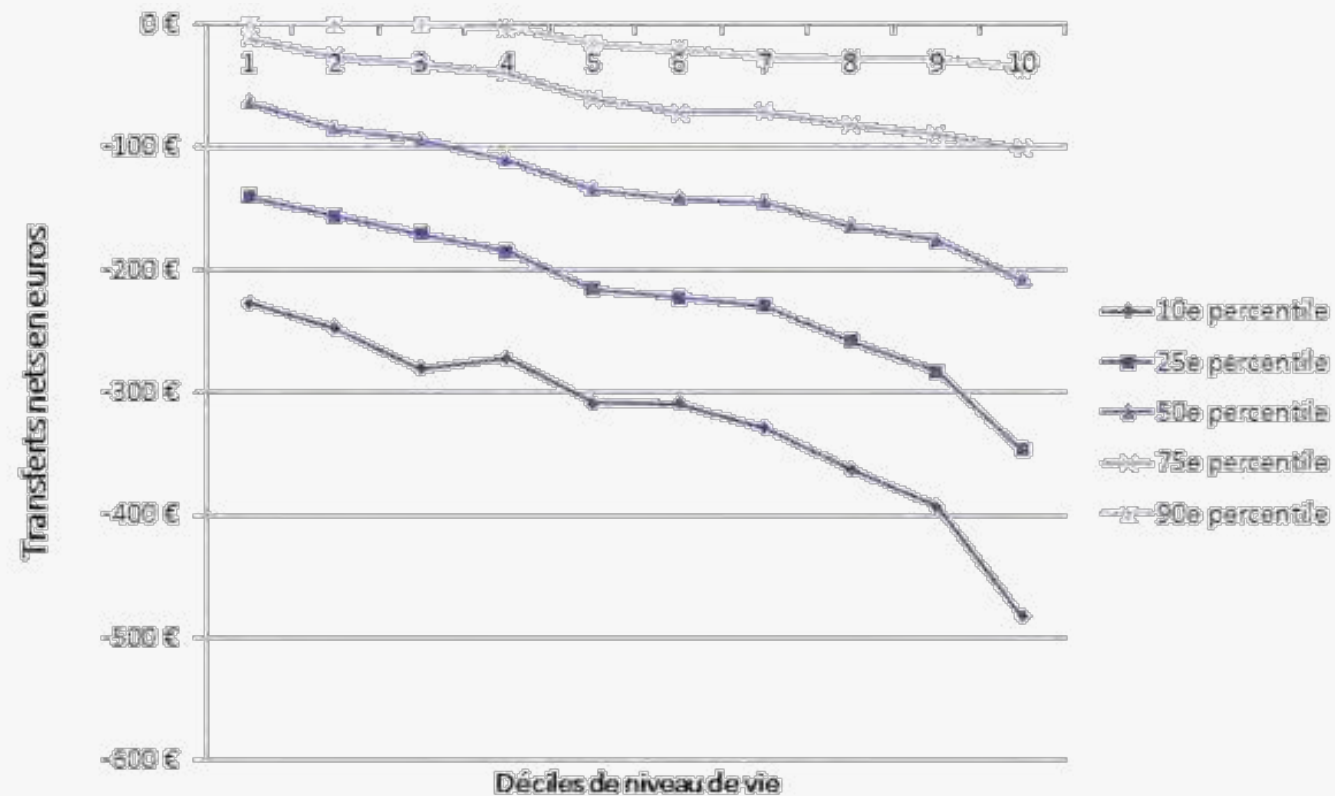


Bureau, Henriet, Schubert (2019)

Effets redistributifs - horizontaux

- Selon le lieu de vie et l'équipement
- Plus de 10 % des ménages du premier décile ne devraient pas être impactés par la réforme (car ils ne consomment pas de carburants et n'utilisent ni gaz ni fioul dans leur logement), pour 10 % d'entre eux les pertes excèderaient 220 euros par an et par unité de consommation, soit davantage que le ménage médian du dernier décile.
- De même, parmi le dernier décile de niveau de vie certains ménages ne devraient être que très peu impactés, tandis que près de 10 % des ménages devraient perdre au moins 500 euros par an et par unité de consommation

Hétérogénéité « horizontale »



Bureau, Henriet, Schubert (2019)

Que faire ?

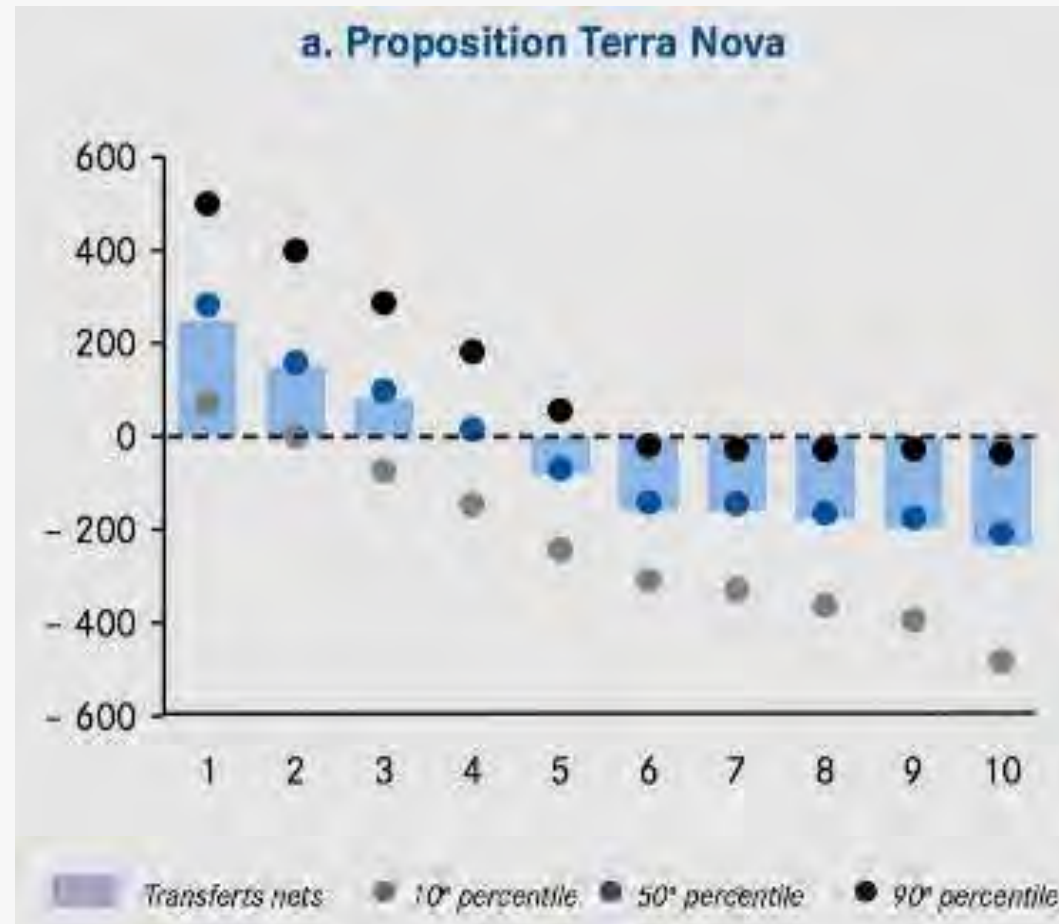
- Redistribuer les recettes en fonction des équipements ? Complexe et peu incitatif à changer les équipements + injuste si on garde les mêmes transferts après changement
- Subventionner directement les changements d'équipements ? Effets d'aubaine + pas de compensation de tous les perdants
- Redistribuer les recettes en fonction de la localisation ? corrélée aux équipements des ménages

Deux propositions

Proposition Terra Nova

- Consiste à reverser 500 euros aux ménages du premier décile de revenu, 400 euros au deuxième, 300 euros au troisième, etc. jusqu'au cinquième
- Points positifs :
 - N'épuise pas toutes les recettes (restent 2,3 milliards d'euros)
 - Progressivité de la taxe
- Point négatif :
 - Fiscalité énergétique pèserait encore lourd sur le budget des ménages du milieu de la distribution qui seraient tous perdants à partir du sixième décile

Proposition « Terra Nova »

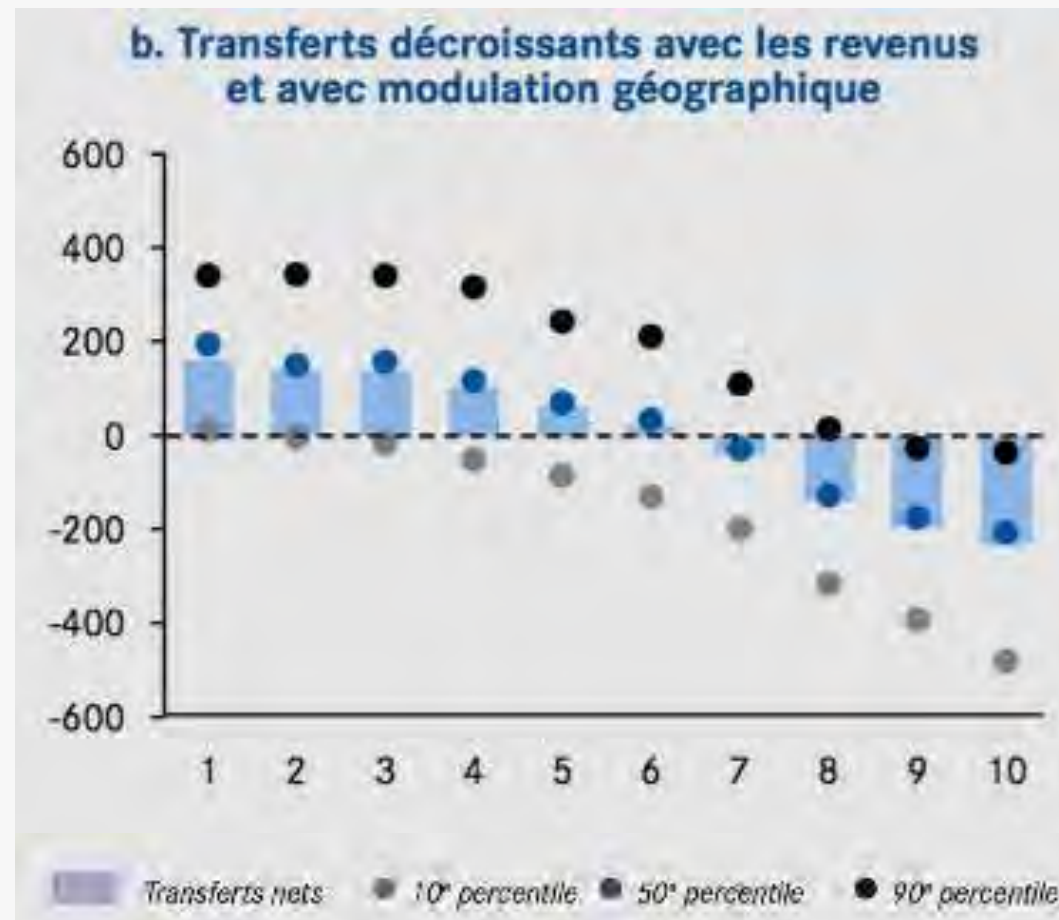


Deux propositions

Proposition alternative

- Redistribution avec des transferts décroissants selon le revenus (310 euros aux trois premiers déciles, 300 au 4^{ème}, 255 au 5^{ème}, 240 au 6^{ème}, 150 au 7^{ème} et 60 au 8^{ème}), *en introduisant de plus une différenciation sur critères géographiques des transferts.*
- Point positif :
 - Minimise les pertes pour les cinq premiers déciles en retournant l'intégralité du produit de la taxe sous forme de transferts aux ménages

Proposition alternative



Lisser l'impact de la taxe

S'ajuster à la volatilité des cours du pétrole : *taxe carbone flottante*

- Ecrêter les pics de prix TTC pour éviter d'accroître les difficultés des ménages
 1. Moduler le taux de la taxe perçu en cours d'année, pendant trois mois maximum. Possible en cas d'augmentation du prix du baril de plus de 10 % par rapport à la moyenne de l'année précédente.
 2. Mécanisme optionnel subventionné de couverture aux ménages les plus fragiles, du fait de leurs revenus et de leur localisation géographique. Par exemple, en l'échange du paiement d'une prime partiellement payée par l'Etat pour les ménages vulnérables, l'« assureur » prend en charge le prix au-delà d'un seuil « prix actuel + x % ».

INVESTISSEMENTS PUBLICS

Investir pour faire face au changement climatique

Investir

- 175 et 290 milliards d'euros d'investissements supplémentaires seraient nécessaires chaque année en Europe entre 2030 et 2050 pour parvenir à des émissions nettes égales à zéro en 2050 (Commission européenne, 2018)

Investir pour faire face au changement climatique

En France

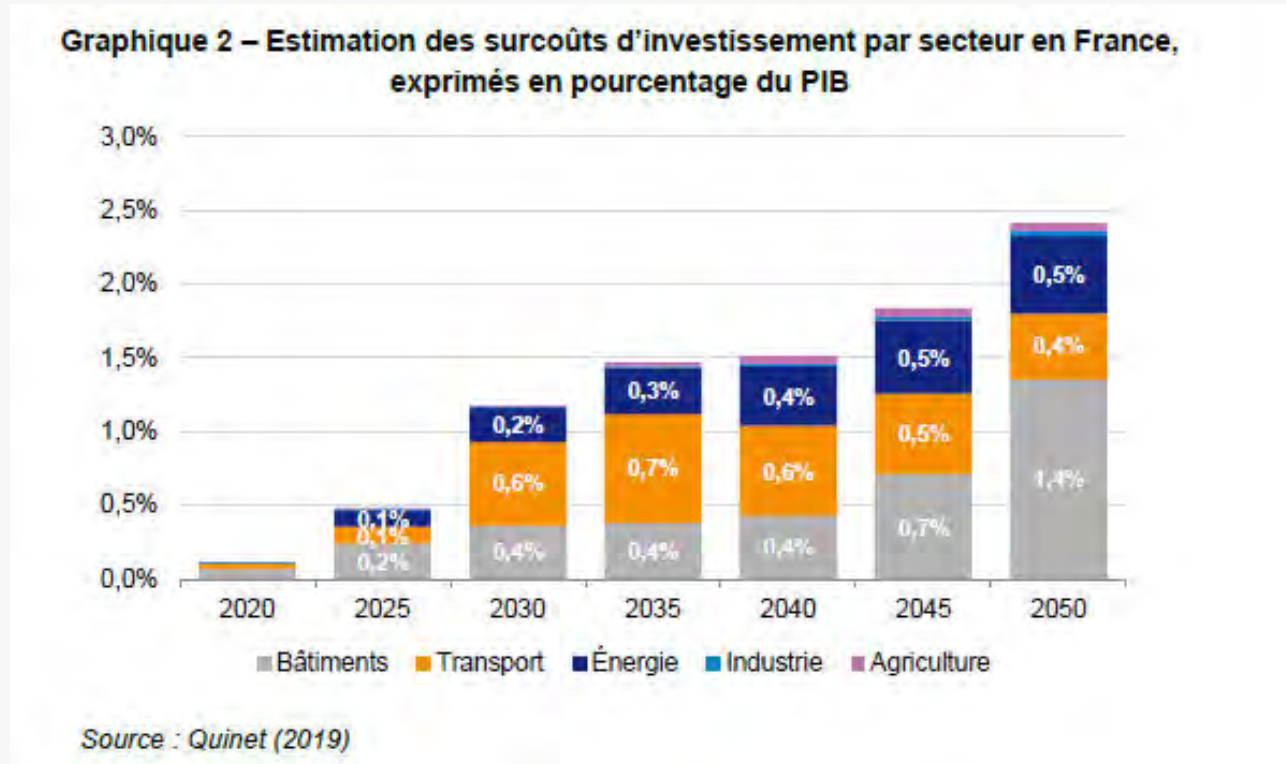


Figure : Estimation des surcoûts d’investissements par secteur en France pour atteindre la neutralité carbone en 2050

Investissements publics pour réorienter la consommation des ménages

Des mesures supplémentaires

- Incitations : aide à la rénovation thermique des bâtiments (Ma Prime Rénov)
- Investissements : transports en commun et vélos
- Redistribution : aide à la reconversion des travailleurs les plus touchés

Efficacité énergétique dans le logement

- En France, chaque logement génère en moyenne plus de 3 tonnes de CO2 par an → en partie à cause du chauffage. Nombreuses subventions publiques : crédit d'impôts pour la transition énergétique (CITE), éco-prêt à taux zéro, subventions directes
→ Ma Prime Rénov': 750 000 dossiers et 10 M€ de travaux projetés pour fin 2021 (contre un objectif de 500 000)
- Les subventions ont permis de réaliser des économies d'énergie à un coût de 4 à 12 centimes par kWh pour l'année 2015
- Néanmoins, coûts trop élevés actuellement: -7,8% de rentabilité (Fowlie, Greenstone et Wolfram, 2018) + Interdiction du fioul nécessaire

Rapport RTE 2021

6 Scénarios de mix de production d'électricité pour 2050

- **M0**: 100% Energies renouvelables en 2050
- **M1**: Répartition diffuse sur le territoire
- **M23**: Energies renouvelables grands parcs
- **N1**: Energies renouvelables + nouveau nucléaire 1
- **N2**: Energies renouvelables + nouveau nucléaire 2
- **N03**: Energies renouvelables + nouveau nucléaire 3

Rapport RTE 2021

M0:

- 100% Energies renouvelables en 2050

M1:

- Maintien parc nucléaire
- Développement énergies renouvelables porté par la filière photovoltaïque

M2:

- Maintien parc nucléaire
- Développement énergies renouvelables porté par l'éolien en mer et sur terre

Rapport RTE 2021

N1:

- Nouveaux réacteurs, une paire tous les 5ans à partir de 2035
- Développement des énergies renouvelables pour compenser déclassement des réacteurs de 2^{ème} génération

N2:

- Nouveaux réacteurs une paire tous les 3ans à partir de 2035 et montée en charge progressive
- Développement énergies renouvelables

N3:

- 50% nucléaire en 2050, 50% renouvelable
- Exploiter plus longtemps possible parc nucléaire existant
- Développer de manière volontariste le nouveau nucléaire

Rapport RTE 2021

La production d'électricité doit augmenter pour se substituer aux énergies fossiles

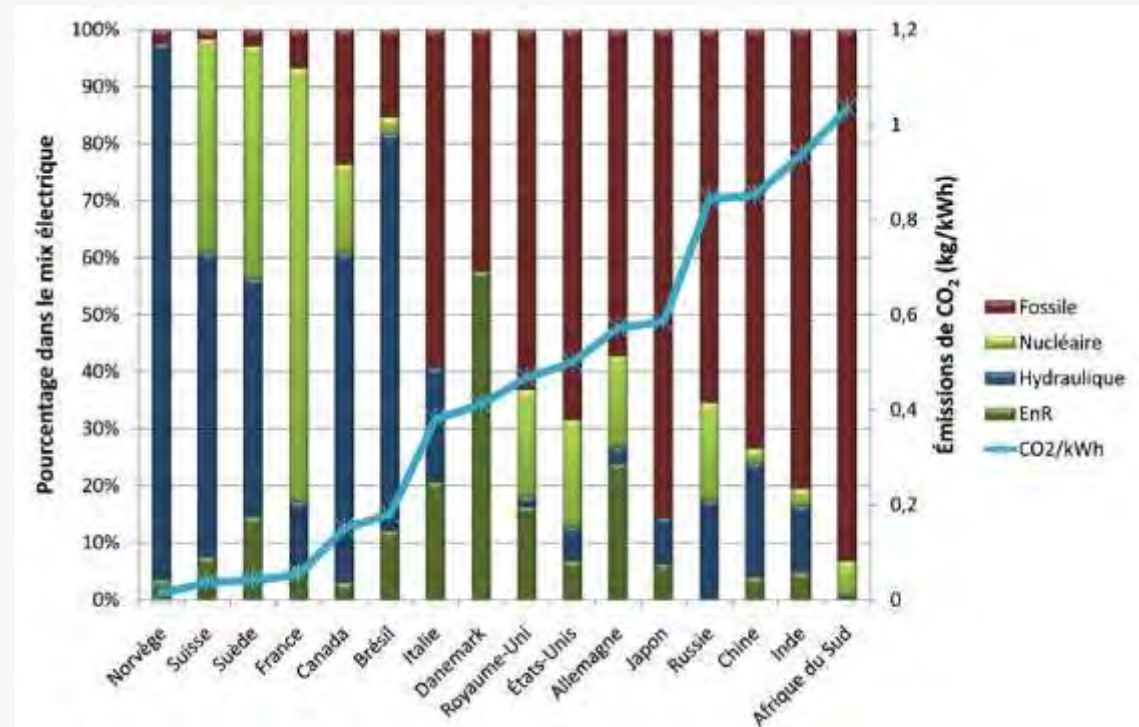
- Le nucléaire: un **atout majeur de la France** dans la lutte contre le changement climatique en produisant une électricité **très largement décarbonée** en grandes quantités
- L'utilisation de l'électricité est pour le moment marginale dans le secteur des transports (2%, contre 91% pour les énergies fossiles), minoritaire pour le chauffage des bâtiments (16%, contre 56% pour les énergies fossiles)

Rapport RTE 2021

Le nucléaire, un atout majeur pour la France

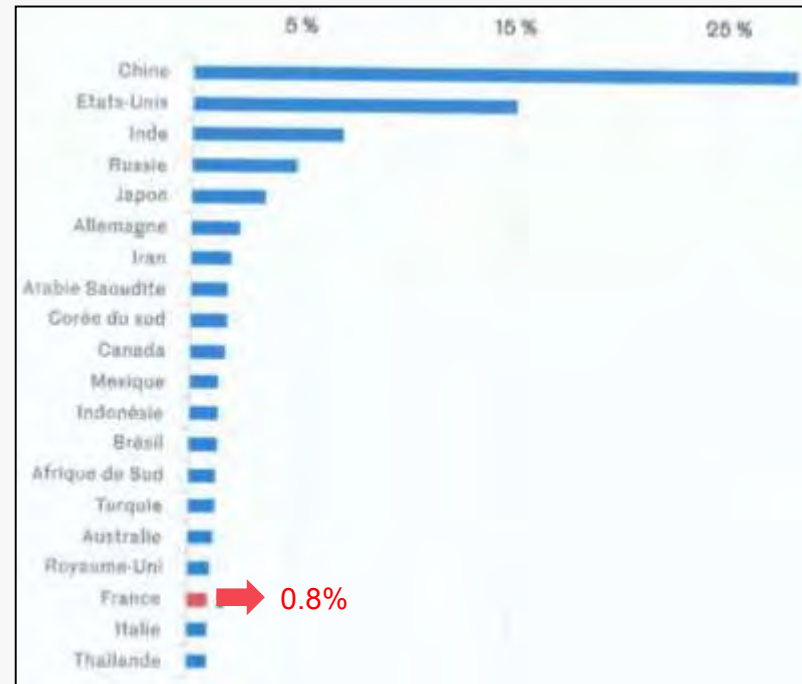
Technologie utilisée	Éolien	Solaire	Hydraulique	Nucléaire	Charbon	Gaz naturel	Fioul
Emission directe de CO2 + ACV (gCO2-éq/kWh)	12,5	55	6	6	1060	730	418

France: La production électrique est à >90 % décarbonée



Rapport RTE 2021

Le nucléaire, un atout majeur pour la France



Contribution en 2019 (+variation)

Chine 28% (+2.6%)

EU 15% (-1.7%)

Inde 7% (+1.8%)

Europe 9% (-1.7%)

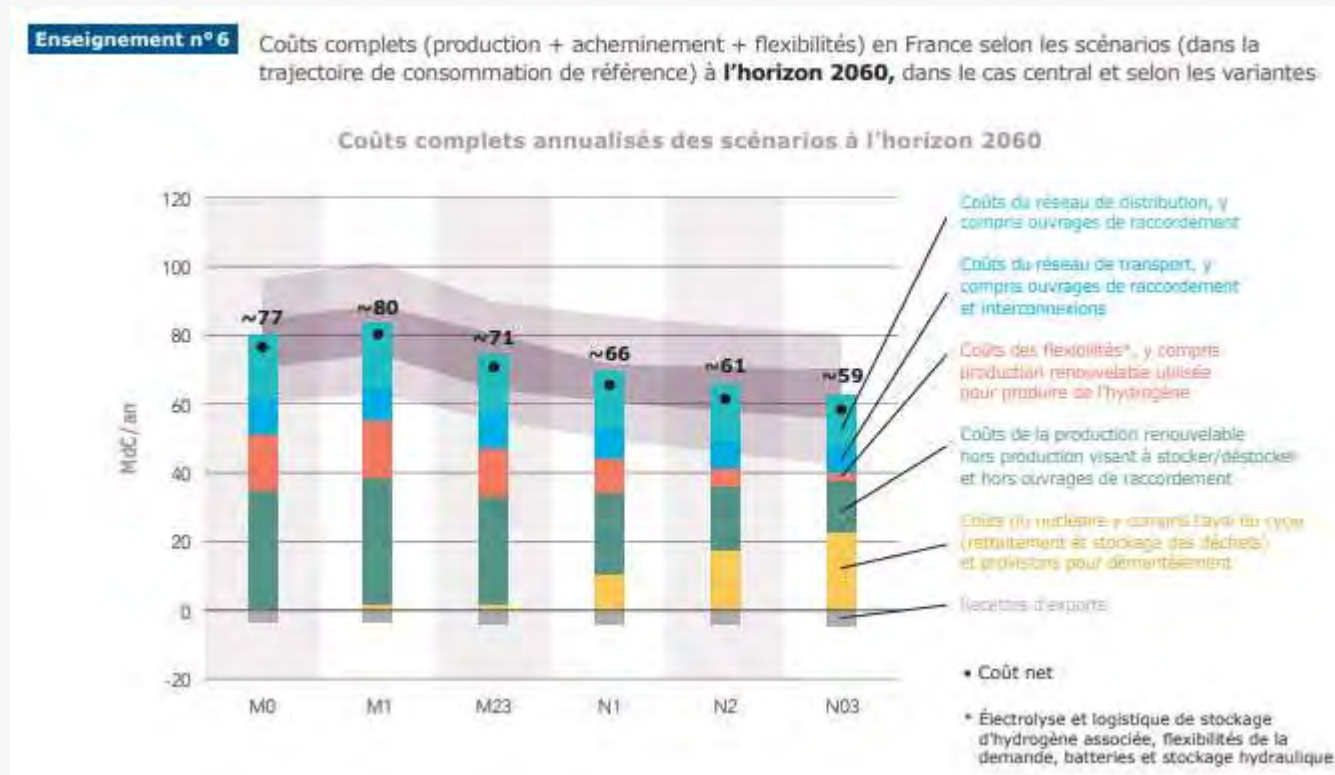
France 0.8% (-1.7%)

(-20% entre 2005 et 2019)

Figure : Contributions aux émissions de CO2 mondiales

Rapport RTE 2021

Le coût des différents scénarios



Rapport RTE 2021

Le bilan carbone des énergies renouvelables et du nucléaire est très bon

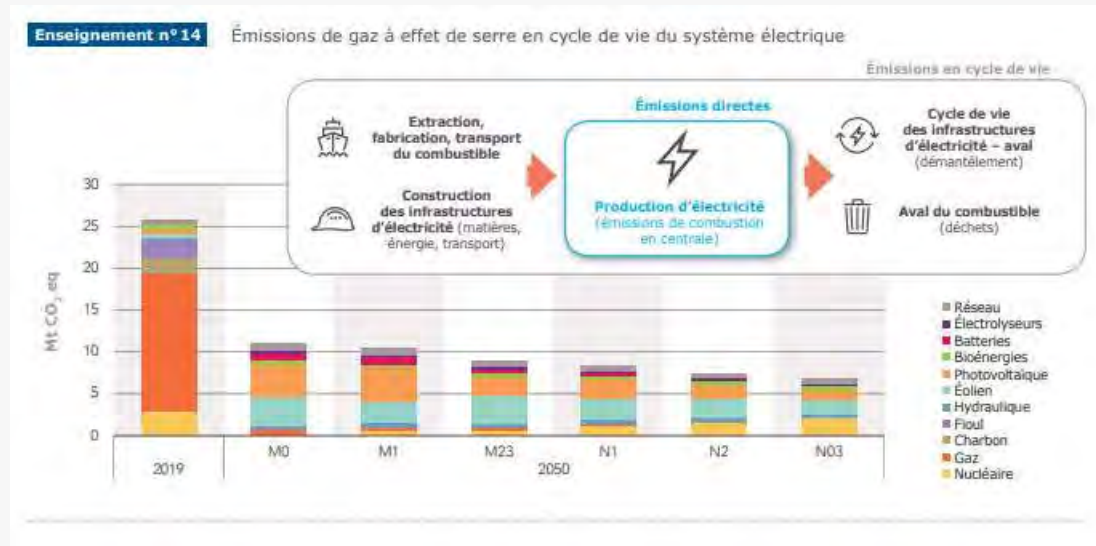


Figure : Détail du coût total de chaque scénario

Rapport RTE 2021

Un nécessaire développement des énergies renouvelables

Atteindre la neutralité carbone en 2050 est impossible sans un développement significatif des énergies renouvelables

- Une fermeture programmée de la majorité du parc nucléaire de seconde génération construit au début des années 80
- Les nouveaux générateurs (3^{ème} génération) dont la construction serait décidée aujourd'hui, entreraient en service **seulement à compter de 2035**
- Développement indispensable du photovoltaïque et de l'éolien pour respecter nos engagements climatiques d'ici 2050

Rapport RTE 2021

Un nécessaire développement des énergies renouvelables

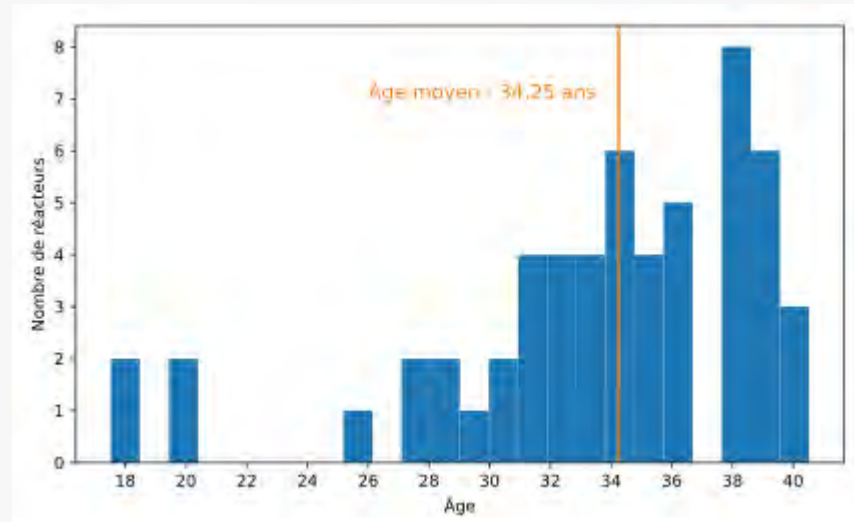


Figure : Age moyen des réacteurs en France, en 2021

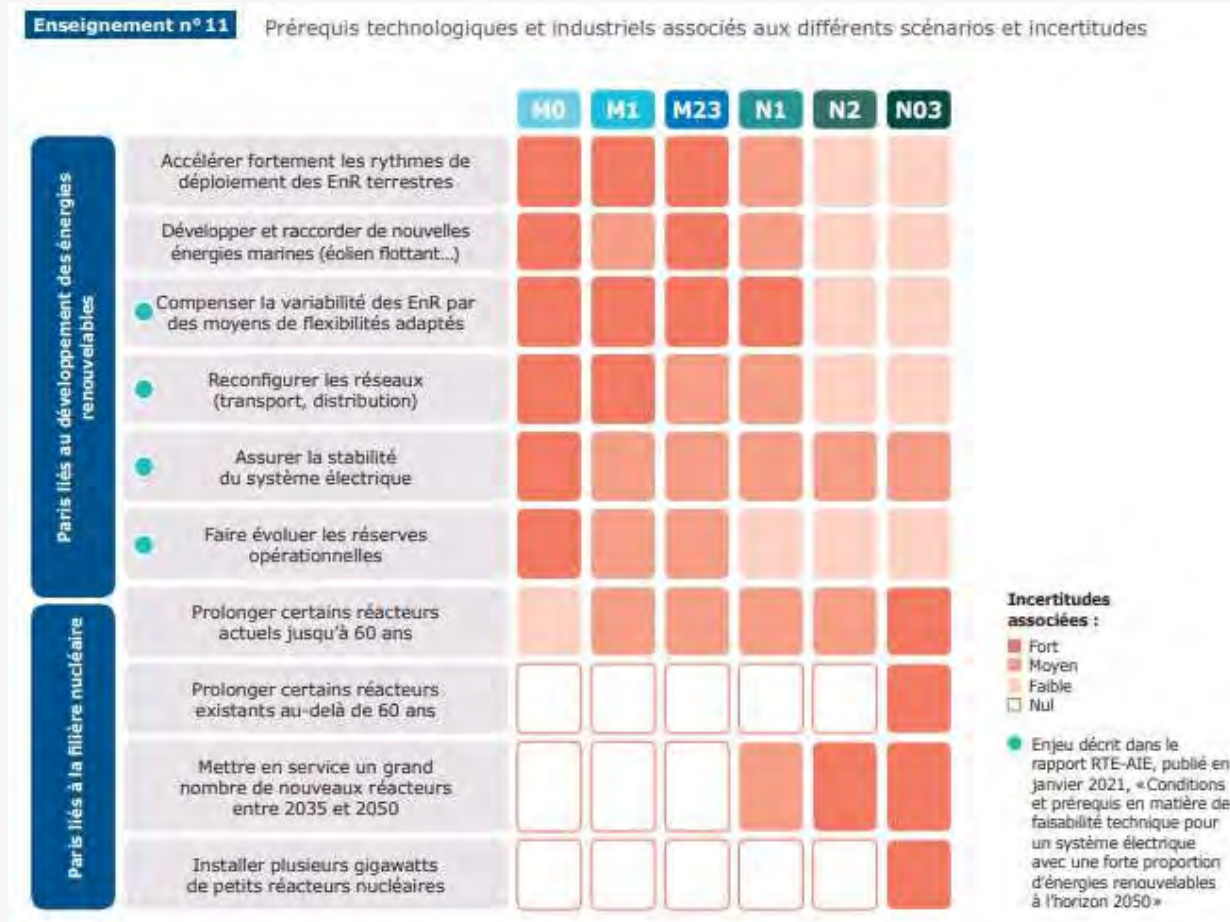
Rapport RTE 2021

Des paris technologiques lourds

Les scénarios à très hautes parts d'énergies renouvelables, ou celui nécessitant la prolongation des réacteurs nucléaires existants au-delà de 60 ans, impliquent des paris technologiques lourds pour être au rendez-vous de la neutralité carbone en 2050

- Un scénario conservant une capacité de production nucléaire importante associé à un développement conséquent des renouvelables est de nature à **limiter le risque de non-atteinte des objectifs climatiques**

Rapport RTE 2021



En résumé

- Il faut clarifier et homogénéiser la taxation du carbone en Europe
- Pour éviter la fuite du carbone, il faut renforcer le mécanisme d'ajustement aux frontières
- Les effets redistributifs de la taxe carbone doivent être pris en compte
- L'innovation verte technologique et financière doit être favorisée (projets ouverts, création de labels) pour aider à la transition écologique
- Le maintien du nucléaire a court et moyen terme est l'option la plus crédible en matière de transition énergétique
- Role de la finance verte?

Implications des acteurs

Innovations dans la finance verte

- Emission d'obligations vertes par les institutions privées et publiques avec labélisation stricte → encourage une prime verte (*Greenium*) actuellement à 0 qui devrait augmenter avec augmentation de la crédibilité du label
- Création d'un indice financier « CAC40 pour le climat » dont la composition est compatible avec les objectifs de la COP21 → devrait être créé par Euronext (CAC40) à partir des quarante plus grandes capitalisations nettes de la valeur actuelle du flux des émissions de GES de leurs actifs actuels → incite à modifier le portefeuille