



Macroeconomic effects of low-carbon policies

Contribution of integrated energy-economy modeling

Rémy Doudard

doudard@smash.fr

Le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)

- **Joint research unit (UMR) :**

- 5 academic institutes : CNRS, ENPC, CIRAD, AgroParisTech, EHESS



- CNRS : partnership agreement with Société de Mathématiques Appliquées et de Sciences Humaines (SMASH)



- **Offices at the Jardin d'agronomie tropicale campus René Dumont, Nogent-sur-Marne (Cité du développement durable)**



50 years of environment-development research

- 1973 : foundation by Ignacy Sachs
- 2023 : CIRED's 50th anniversary (conference and book)



<https://www.centre-cired.fr/cired50/>

Concilier économie et écologie
Les textes fondateurs
du Centre international de recherche
sur l'environnement et le développement

Sous la direction d'Antonin Pottier
Préface de Franck Lecoq



Chair Prospective Modeling (MPDD) joint management

Chaire Modélisation Prospective
au service du Développement Durable



<https://www.modelisation-prospective.org/fr/>

energy transition

climate change

resource management

environmental policies

**understanding major
technological choices and
structuring economic policies**

Contents

1) Economic impacts of energy / low-carbon policies

1.1 Issues

1.2 Modeling for decision-making : background and model categories

1) IMACLIM models

2.1 Main characteristics

2.2 Examples of studies :

- Macroeconomic evaluation of the Stratégie Nationales Bas-Carbone (SNBC)
- [WIP] sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

3) Current research topics at CIRED

1 - Economic impacts of energy / low-carbon policies

1.1 Issues

1.2 Modeling for decision-making : background and model categories

1.1 Economic impacts of energy / low-carbon policies : recent examples



France Culture, 16 décembre 2022

Comment la transition écologique va toucher la croissance et les prix

Les Echos, 5 avril 2023

POLITIQUE - CLIMAT

La transition écologique demeure trop coûteuse pour les classes moyennes et les plus modestes

Le Monde, 19 octobre 2023

Energie, climat : qui va payer la transition ? avec Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz

France Inter, 22 mai 2023

1.1 Public reports : a recent focus on economic issues

Year	Author	Report	Conclusions
2010	DG Trésor	Macroeconomic issues of Grenelle de l'environnement	« favorable impact on GDP and employment in the short term »
2016	CGDD	Stratégie nationale bas carbone : a macroeconomic evaluation	« energy transition double dividend » « both ecological and economic benefits »
2020	MTES	SNBC2 – Rapport d'accompagnement	« double dividend, both economic and environmental » « Investments are not made at the expense of other investments in the economy »

Key message :
double benefit of the transition, both ecological and economic

CGDD : Commissariat Général au développement durable
MTES : Ministère de la Transition écologique et solidaire

2023	France Stratégie	The economic impact of climate action (Pisani – Mahfouz report)	« do in 10 years what we've struggled to do in 30 » « decarbonization will call for major additional investment » « between now and 2030, financing these investments is likely to entail economic and social costs. »
------	------------------	---	--

Key message :
far-reaching short-term consequences

1.1 1974 – French “energy independence” policy : similar questions



Jean-Marie Cavada

ORTF, 6 mars 1974



Pierre Messmer

«This [nuclear] program is going to be expensive, so who's going to foot the bill ? What will happen to consumer prices ? »



« EDF will pay these 15 billion euros through the capital increase granted by the French government, through its own cash flow and through the loans it will issue to the public. ».

« The unions and social partners are worried about prices, and particularly about defending workers' purchasing power. Won't this upset your current forecasts? »



« the measures we have taken have not had the effect of hindering employment but, on the contrary, of bolstering it, and you know that this is one of our major concerns »

1.1 Conclusions

Questions that are not new, but many topics to tackle:

- Understanding short-term effects (e.g. 5-year horizon)
(economic activity, prices, debt...)
- But what about the long term (e.g. 30+ years)?
(effect of structural change in the economy on employment, coherent energy-economy trajectory, etc.)



Mobilizing energy and economic expertise:
what decision-making tools could we use ?

1- Economic impacts of energy / low-carbon policies

1.1 Issues

1.2 Modeling for decision-making : background and model categories

1.2 In France : from economic “prevision” models to the emergence of energy-economy-environment “prospective” models

1969 : development of the sixth plan (1971 – 1975)

Un outil pour le plan : le modèle FIFI

par Michel AGUETTA et Raymond COURBIS

Dans le cadre de la préparation du VI^e Plan, animée par le Commissariat général du Plan, l'INSEE a mis au point un « modèle », conçu pour les projections à moyen terme, dont la complexité et la taille sont adaptées aux moyens de calcul électronique aujourd'hui disponibles. Le but poursuivi ici est de présenter ce modèle à un public plus large que le cercle des habitués initiés. Cette présentation, par le souci de la rendre aussi simple et claire que possible et par le débat qu'elle devrait susciter, joue d'ailleurs elle-même un rôle non négligeable dans l'amélioration, recherche de façon permanente, de cet important instrument.

Il n'est pas facile de maîtriser d'un coup l'ensemble des problèmes que pose la croissance de l'économie française d'ici 1975. C'est pourquoi le texte qui suit pourra paraître long et ardu. Peut-être conviendrait-il de conseiller au lecteur qui s'en effrayerait de consulter la seconde partie, qui montre les principes de l'utilisation du modèle et divers exemples d'application concrète, avant d'aborder la première partie, plus théorique, consacrée à la structure et aux caractéristiques essentielles du modèle.

Un modèle : pour quoi faire?

Délimiter de façon chiffrée les différentes évolutions possibles de l'économie et dévoiler les cohérences ou les incompatibilités entre les objectifs politiques et les contraintes, puis étudier la résolution des problèmes ainsi mis en évidence, voilà l'ambition des auteurs de toute projection économique. Celle-ci répondra d'autant mieux à son objet qu'elle tiendra mieux compte des interdépendances entre les évolutions qu'elle retrace. La méthode pour y parvenir consiste à élaborer un modèle d'ensemble, c'est-à-dire une représentation de l'activité économique qui soit schématisée, mais qui en couvre tous les aspects.

La réduction de la réalité repose d'abord sur l'instrument synthétique que fournit la comptabilité nationale. Mais celle-ci ne permet pas à elle seule l'analyse économique qu'exige la préparation d'un Plan. Pour projeter dans l'avenir les comptes nationaux, il est indispensable de recourir à des schémas issus de théories micro-économiques. Le modèle ou projection à moyen terme est l'union de ces deux types d'instruments.

A chaque essence d'hypothèse sur l'évolution de l'économie et de l'environnement, le modèle permet d'associer un ensemble cohérent de résultats. Il fournit ainsi une maquette de l'économie française en 1975, une représentation chiffrée dont la cohérence comptable est rigoureusement assurée. La qualité des prévisions est d'autant meilleure que le modèle englobe un champ plus large de l'activité et que les interdépendances y sont mieux tracées; leur utilité est d'autant plus grande qu'un plus grand nombre d'hypothèses, explorant

tant les incertitudes de l'avenir, et de politiques économiques alternatives peut être étudié.

Le modèle FIFI vise à satisfaire toutes ces exigences. Il comporte actuellement environ un millier d'équations, 2 300 données et 3 300 instructions de programmes. Il permet d'effectuer de façon simultanée l'ensemble des projections aussi bien en « volume » qu'en « valeur » et d'établir, outre une projection de référence, de nombreuses variantes.

Explorer les avenir économiques

De grands thèmes de la préparation du Plan, comme la politique d'aménagement du territoire et d'urbanisation ou la modernisation des administrations, n'ont certes pas de liens directs avec le modèle. Mais les apports de FIFI à l'ensemble des travaux de planification sont très importants.

Ses apports directs sont la rigueur apportée à l'examen des équilibres économiques généraux, l'étude de l'incidence sur la compétitivité des entreprises industrielles de la structure des coûts de production et la mesure de l'influence de certains moyens de politique économique (sur le public, fiscalité, politique financière, etc.).

Cette rigueur a une grande valeur pédagogique : les modèles permettent plus clairement que les projections détaillées de découvrir un certain nombre de problèmes inhérents aux économies en croissance dans un univers concurrentiel et de faciliter la mise au point des mesures susceptibles de les résoudre. Il est certes nécessaire de

1. Ce texte décrit l'opération « modèle globalisé ».

LE MODÈLE FIFI 45

Prevision :

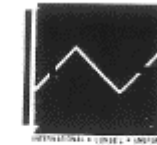
imposes the future
(what's going to happen?)

Short term dimension

1993: review of the first French energy-economy-environment foresight models



INSTITUT D'ÉCONOMIE ET DE POLITIQUE DE L'ÉNERGIE



INTERNATIONAL ENERGY CONGRESS

ETUDE SYNTHÉTIQUE COMPARATIVE
DES MODELES FRANCAIS
DE PROSPECTIVE
ENERGIE-ECONOMIE-ENVIRONNEMENT

Juillet 1993

Christiane DESTAIS

Etude réalisée pour l'ADEME et le PIRSEM

ICE

20, rue La Rochefoucauld 75009 Paris - France
tél. : 33 1 48 74 39 73 - fax : 33 1 42 81 39 58

IEPE

LABORATOIRE DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
classé à l'Université des Sciences Sociales de Grenoble et à l'Institut National Polytechnique de Grenoble
Adresse postale : IEP - BP 47 - 38043 Grenoble cedex 09 - France - Tél. (33) 75 42 45 34
Télécopie (33) 75 51 48 27 - Téléc. 397 204 - Courrier électronique : IEP@CEDEX3

Prospective :

Exploring contrasted
futures

Long term
dimension (2050)

Aglietta Michel, Courbis Raymond.
Un outil du Plan : le modèle Fifi. In: Economie et statistique,
N°1, Mai 1969. pp. 45-65.

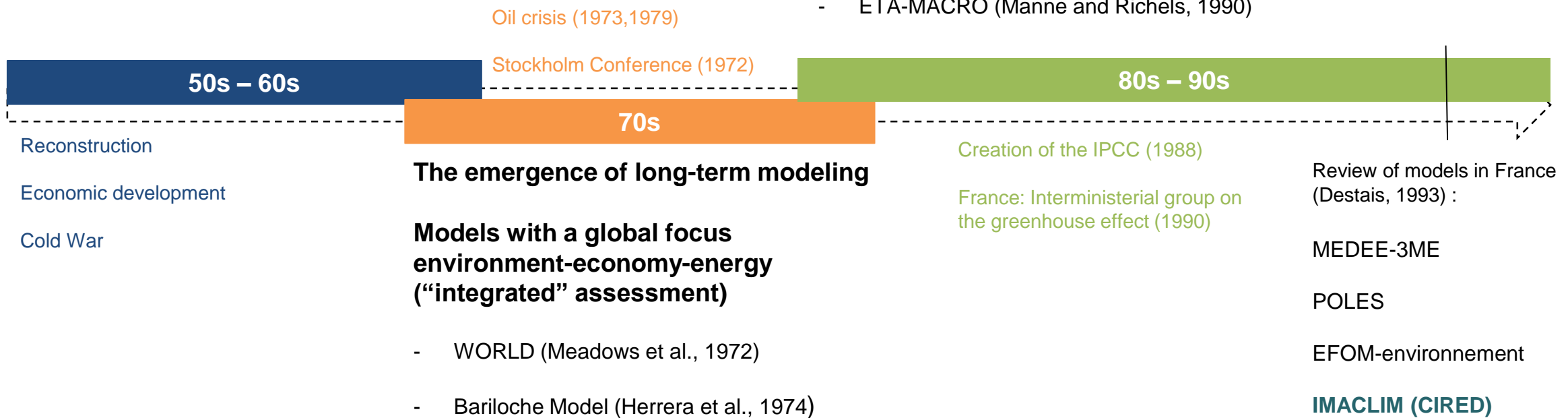
1.2 → part of an emerging global environmental and technical-economic outlook (Cassen, 2023)

Development of techno-economic for technical and economic planning

- RAND Corporation (1948)
- Modeling energy infrastructures (Boiteux, 1951)

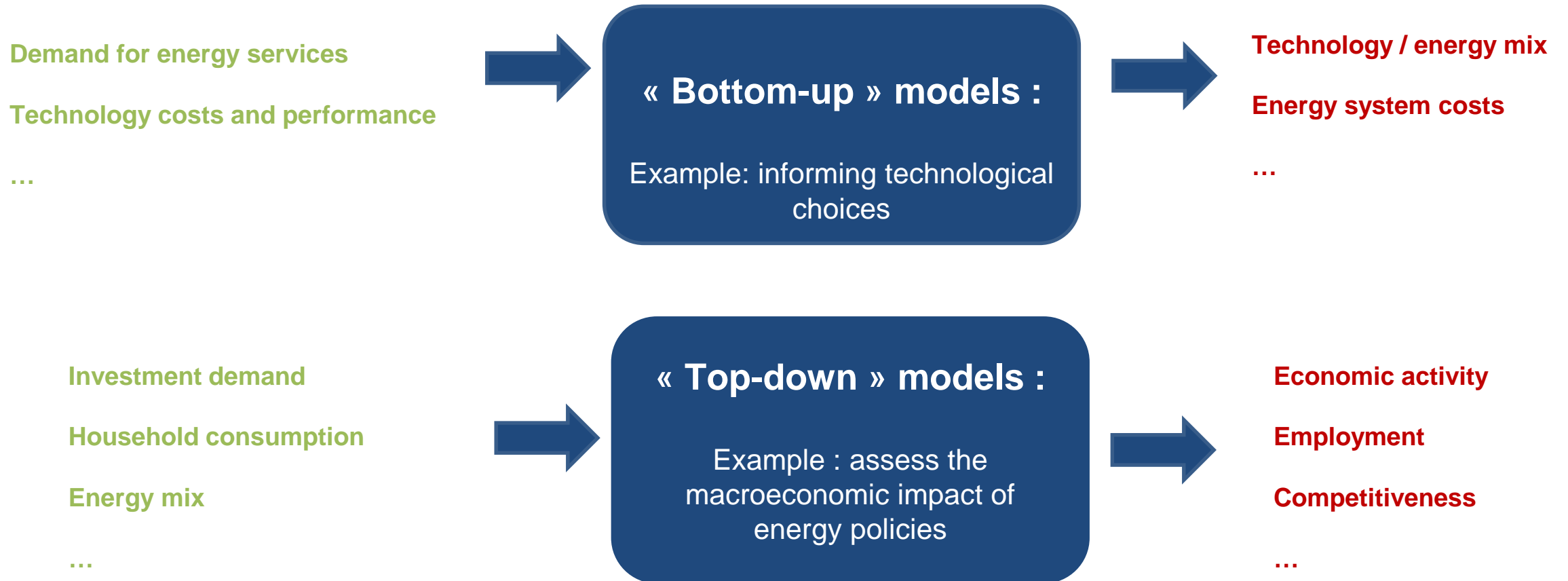
The integrated assessment paradigm extends to climate issues

- DICE (W. Nordhaus, 1992)
- ETA-MACRO (Manne and Richels, 1990)



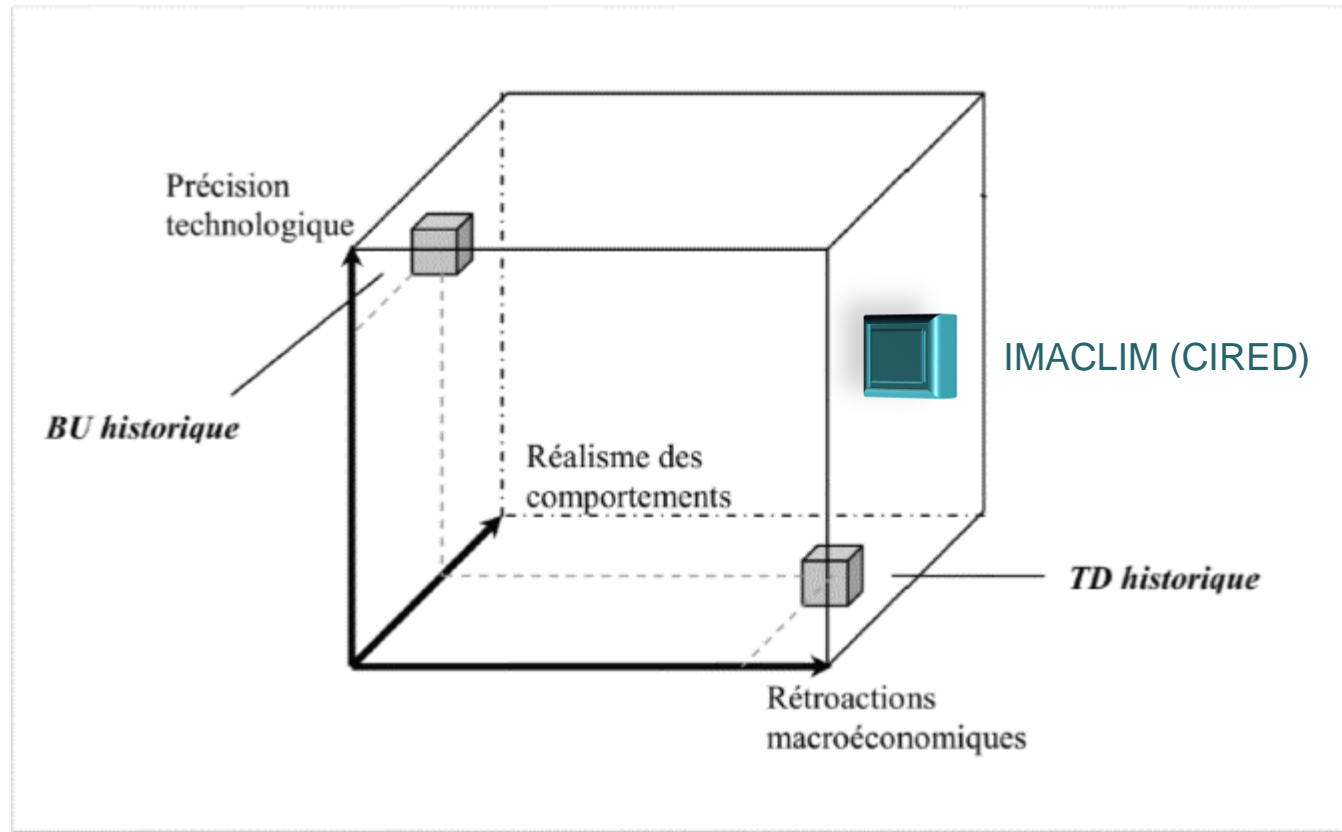
Heterogeneous features : how to read them

1.2 Energy-economy modeling: the two historical approaches



1.2 « Hybrid models » : examples of classification

(Hourcade et al. 2006)



1.2 Conclusions

How can top-down and bottom-up approaches be combined ?



Contribution : IMACLIM models

2- IMACLIM models

2.1 Main characteristics

- General equilibrium
- Energy-economy hybridization
- Comparative statics and recursive dynamics

2.2 Examples of studies :

- Macroeconomic evaluation of the Stratégie Nationales Bas-Carbone (SNBC)
- [WIP] sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

2.1 IMACLIM : examples of contributions

Studies for the French ministries

- 1991 : 2030 scenarios for the Commissariat Général au Plan
 - Hourcade, J.-C., Ben Chaabane, N., & Baron, R. (1991). *Politique énergétique et effet de serre : une esquisse des marges de manœuvre à 2030. Rapport pour l'Atelier "Prospective Energétique" du Commissariat général du plan.*
- 2020 : Macroeconomic impacts of Stratégie Nationale Bas Carbone 2
 - MTEs (2020). *Stratégie Nationale Bas-Carbone 2, rapport d'accompagnement*

Academic work

- 2013 : Carbon taxation and social progress : an application to the case of France
 - Combet (2013). *Fiscalité carbone et progrès social : application au cas français*
- 2022 : Global socio-economic and climate change mitigation scenarios through the lens of structural change
 - Lefevre et al. (2022). *Global socio-economic and climate change mitigation scenarios through the lens of structural change*

2.1 IMACLIM models (« Impact Assessment of CLIMate policies »)

Common features

Balance of economic resources
(« Computable general equilibrium »)

Economic sectors consistent with national accounts
(« Multisector »)

Explicit physical energy flows
(« Hybridization »)

Explicit technical systems
Dynamics

IMACLIM – R

World

France

IMACLIM – S

China

...

France

Brazil

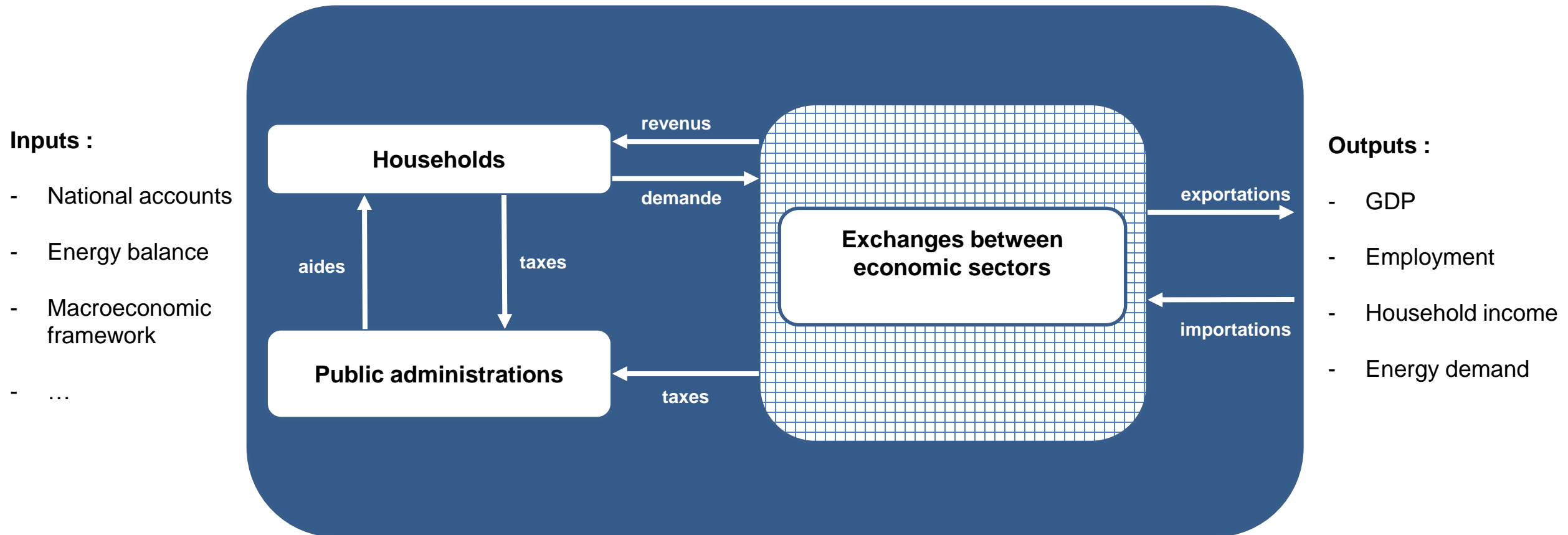
Algeria

...

Technical systems are not explicit

Static

2.1 General equilibrium



2.1 General equilibrium

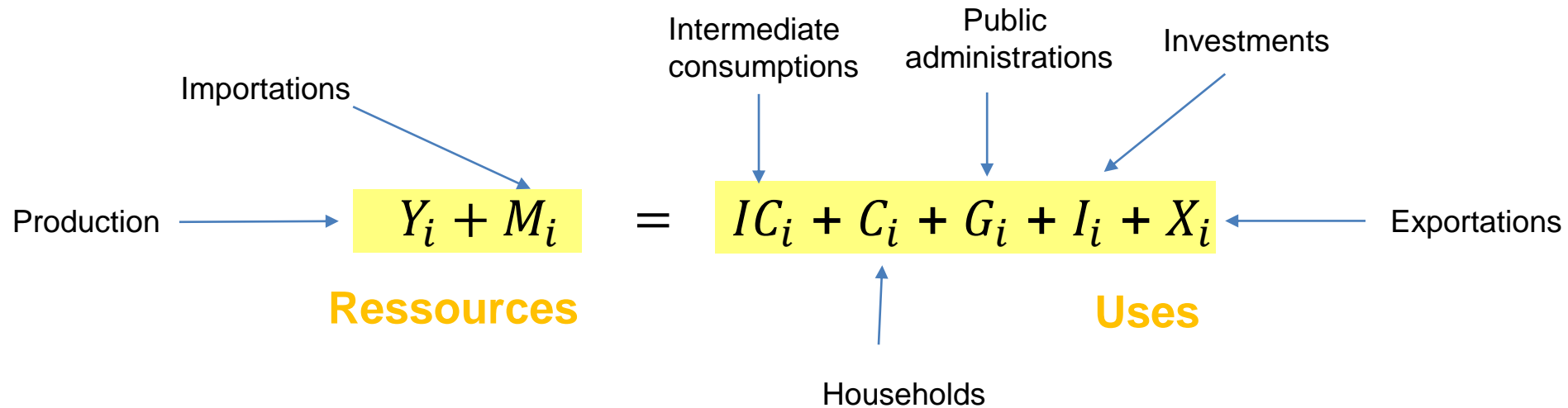
Summary of goods and services transactions

(Input-Output table : a tool for describing the interdependence between branches of the economy)

Intermediate consumption			Ménages (C)	Administrations publiques (G)	Investissements (I)	Exportations (X)	Emplois	
	Autres secteurs	Secteurs énergétiques						
Autres secteurs	2 242	32	1 525	703	635	700	5 836	
Secteurs énergétiques	91	44	94	-	-	26	255	
Travail (L)	772	9	Final demand					
Capital (K)	992	25						
Rentes (R)	5	-						
Importations (M)	751	87	International trade					
Taxes (T)	984	58						
Ressources	5 836	255						

2.1 General equilibrium

Consistency of “accounting balance” between uses and resources



NB : does not necessarily correspond to “economic equilibrium” (full employment...)

2.1 General equilibrium : system of simultaneous equations

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m) = 0 \\ f_2(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m) = 0 \\ \dots \\ f_n(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m) = 0 \end{array} \right.$$

$x_i, i \in [1, n]$: set of variables

$z_i, i \in [1, m]$: set of parameters

$f_i, i \in [1, n]$: set of functions

(some of which are non-linear)

2.1 General equilibrium : system of simultaneous equations

Example :

exportations

$$X_i = X_{i_0} (1 + \delta_{X_i})^t \left(\frac{p_{X_{i_0}} p_{M_i}}{p_{M_{i_0}} p_{X_i}} \right)^{\sigma_{X_{p_i}}}$$

X_{i_0} : exportations of sector i for the reference year

δ_{X_i} : export rate of sector i

$p_{X_{i_0}}$ et $p_{M_{i_0}}$: export and import prices of sector i for the reference year

p_{X_i} et p_{M_i} : export and import prices of sector i for the current year

$\sigma_{X_{p_i}}$: price-elasticity of export volume of sector i



Equation library variants

(modeller's choice)

<i>Exports_Val_2</i>	Exports fluctuate with effective GDP
...	...
<i>Exports_Val_X</i>	...

Le Treut G., *Description of the IMACLIM-Country model: A country-scale computable general equilibrium model to assess macroeconomic impacts of climate policies*, CIRED Working Papers, WP 2020-85

2- IMACLIM models

2.1 Main characteristics

- general multi-sector balance
- energy-economy hybridization
- comparative statics and recursive dynamics

2.2 Examples of studies :

- Macroeconomic evaluation of the Stratégie Nationales Bas-Carbone (SNBC)
- [WIP] sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

2.1 Energy-economy hybridization



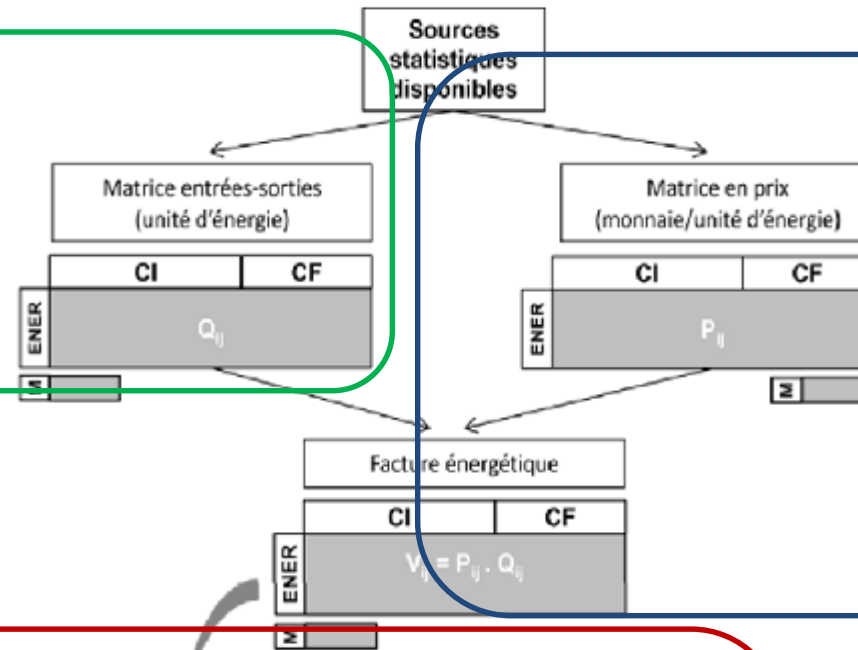
Lefèvre, J., Combet, E., Hourcade, J.-C. 2013. *Construction de matrices entrées-sorties en indicateurs physiques et en valeur monétaire pour les modèles d'équilibre général hybrides : application à l'économie brésilienne*. Working Paper N° 2013-02-09. Chaire Modélisation prospective.

Gaëlle Le Treut. *Methodological proposal for hybrid modelling : consequences for climate policy analysis in an open economy (France)*. Environmental studies. Université Paris-Est, 2017. English.

Julien Lefevre. Hybridization challenges in energy-economy integrated models and representation of the low carbon transition : An application to the Brazilian case. Economics and Finance. Université Paris Saclay (COMUE), 2016. English.

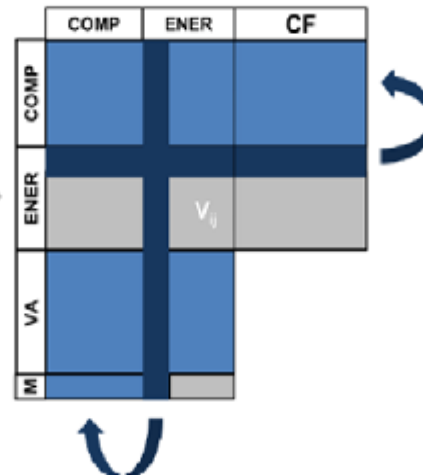
2.1 Energy-economy hybridization

1. Transposition of energy balance to input/output format



2. Compilation of price data and computation of energy bills

3. Integration of the energy bill into the input-output table



2.1 Energy-economy hybridization

1. Transformation of energy balance to input/output format

2010 - Million ton oil-equivalent, Mtoe

	Primary energy	Final energy	Non-valuable energies	Total	
R1	Production	1	121	13	135
R2	Imports	68	94	0	162
R3	Exports	-0	-33	0	-33
R4	Marine & Aviation bunkers	0	0	0	0
R5	Total Primary Energy Supply	69	182	13	265
R6	Transformations	-69	-17	-0	-86
R7	Energy industry own use	0	-10	0	-10
R8	Losses	0	-4	0	-4
R9	Total Final Consumption	0	151	13	164
R10	Iron and steel	0	4	0	4
R11	Non ferrous metals	0	1	0	1
R12	Non metallic minerals	0	4	0	4
R13	Construction	0	1	0	1
R14	Chemical and petrochemical	0	6	0	6
R15	Paper, pulp and print	0	2	1	2
R16	Mining and quarrying	0	0	0	0
R17	Transport equipment	0	1	0	1
R18	Other industries	0	9	1	11
R19	Transport	0	48	0	48
R20	Residential	0	36	8	45
R21	Agriculture and forestry	0	4	0	4
R22	Fishing	0	0	0	0
R23	Other sectors	0	27	3	30
R24	Non-energy uses	0	8	0	8



2010 - Million ton oil-equivalent, Mtoe

	Intermediate consumption			Final consumption			Total uses	Production	Import
	Composite	Primary energy	Final energy	Final demand	GFCF*	Export			
Primary energy	-	-	70.2	-	-	0.1	70.3	2.4	67.9
Final energy	86.6	0.04	18.9	60.0	-	32.8	198.5	109.1	89.4

* Gross fixed capital formation

Gaëlle Le Treut. Methodological proposal for hybrid modelling : consequences for climate policy analysis in an open economy (France). Environmental studies. Université Paris-Est, 2017. English.

2.1 Energy-economy hybridization

2. Compilation of price data and calculation of energy bills

2010 - Million ton oil-equivalent, Mtoe	Intermediate consumption			Final consumption			Total uses
	Composite	Primary energy	Final energy	Final demand	GFCF*	Export	
Primary energy	-	-	70.2	-	-	0.1	70.3
Final energy	86.6	0.04	18.9	60.0	-	32.8	198.5

Production	Import
2.4	67.9
109.1	89.4

Price table

* Gross fixed capital formation

2010 - Million of euros	Intermediate consumption			Final consumption			Total uses
	Composite	Primary energy	Final energy	Final demand	GFCF*	Export	
Primary energy	-	-	29 986.0	-	-	43.8	30 030
Final energy	59 386.9	18.9	4 224.3	72 288.6	-	16 612.1	152 531

Imports
29 535.0
28 305.8

* Gross fixed capital formation

2.1 Energy-economy hybridization

3. Integration of the energy bill into the input-output table

2010 - Million of euros	Intermediate consumption			Final consumption			Total uses
	Composite	Primary energy	Final energy	Final demand	GFCF*	Export	
Primary energy	-	-	29 986.0	-	-	43.8	30 030
Final energy	59 386.9	18.9	4 224.3	72 288.6	-	16 612.1	152 531

Imports	29 535.0	28 305.8
---------	----------	----------

* Gross fixed capital formation



	Millions of euros	Intermediate consumption			Final consumption			Total uses
		Composite	Primary energy	Final energy	Final demand	GFCF	Exports	
R1	Composite	1 688 256	434	10 454	1 540 684	376 721	443 497	4 040 047
R2	Primary energy	-	-	29 986	-	-	44	30 030
R3	Final energy	59 387	19	4 224	72 289	-	16 612	152 531
R4	Value added	1 715 843	-104	25 676				4 222 607
R5	Total production	3 443 486	348	70 340				
R6	Imports	454 823	29 535	28 306				
R7	Taxes	141 738	147	53 885				
R8	Total resources	4 040 047	30 030	152 531	4 222 607			
	Resources - Uses	0	0	0				
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	

2.1 Hybrid I/O table : example

Gas consumption for
« Chemical_pharma » production (ktep)

	Oil	Gas_h	Coal_	Elect	Steel	NonFe	Cemen	OthMi	Chemi	Paper	Auto_	LandT	Naval	AirTr	AgriF	Food_	Const	Manuf	Compo	C	G	I	X
Oil	46061	2197.8	175.8	406.1	927.9	587	262.8	567.6	2105.3	52.8	232.1	9918.2	4044.5	9779.5	2917.2	421.8	735.1	1407.9	8831.2	27324.9	0	0	20251.2
Gas_h	1542.4	3561.3	1	638.1	205	182.6	796.3	572.6	2736.2	777.6	356.3	62.5	11.1	12.2	174.6	2692.5	464.2	892.6	7590.3	11242.2	0	0	5319.5
Coal_	23.3	449.4	3859.9	1606.1	3916.8	0.4	165.8	137	379.5	17.7	17.3	0	0	0	2	283.8	104.7	29.6	238.5	38.1	0	0	33.2
Elect	305.7	1380.6	3.7	0	162	715	446.7	261.6	2260.6	603.7	597.4	834.3	0	0	658.9	2002.5	855.5	1778.3	13663.9	13477.1	0	0	6580.8
Steel	83.5	2	15.3	16.6	948.5	645.2	15.9	222.3	214.5	13.8	2112.5	7.7	5.4	0.4	11	9.2	4386	7322.4	1275.7	137.1	0	66.7	19223.6
NonFe	126.9	3.1	23.3	25.3	6352.5	980.5	11.5	349.9	326	20.9	3210.4	11.7	8.3	0.6	16.7	13.9	1733.2	9454.9	7737.5	235	0	114.5	12115.4
Cemen	4.1	2.6	0.2	21.2	32.9	7.3	908.2	480.2	77.9	14.1	118.7	13	1.5	0.3	33.2	30.5	2359.5	490.2	151.6	336.4	0	0	405.5
OthMi	27.8	17.8	1.3	145.3	225.6	50.4	374.8	2223.7	534.2	97.1	814.3	88.9	10.2	2.1	227.5	209.3	14924.1	2089.8	3577.4	2238.3	0	0	5315.4
Chemi	874.7	258.1	6	2102.1	95.8	472.5	38.8	356.7	18783.3	782.5	1378.9	38.8	60.4	18.5	5360.3	1062.8	2504.9	10982.7	11739.1	24124.7	19544.9	0	86436.5
Paper	39.5	2.7	0.2	21.6	3.4	16.9	24.7	226.8	1260.5	2951.6	182.1	31	48.2	1.8	145.8	1486.3	538	3175.2	10152.9	3423.5	0	0	8626.1
Auto_	29.3	2.1	0.3	17.2	6.4	31.5	4.1	37.6	47.1	12.3	36423.8	292.5	914	904.5	164.5	59.1	151.8	1445.1	15924.4	52880.2	123.4	28090.5	116318.8
LandT	173.5	6.5	0.9	53	7.6	37.5	10	92.2	278.7	43	88.3	17596.8	79.6	81.7	106.3	251.9	381.9	415.5	40749.5	28073.4	5233.7	0	2084
Naval	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	2852.5	0	0	0	0	0	249.4	464.5	0	0	25249.2
AirTr	41.9	1.9	0.2	15.3	3.2	15.8	2.9	26.8	91.3	9	57	37.8	51.9	1779.6	5.9	59.6	104.4	139.2	4052	9050.2	5.6	0	15352.4
AgriF	0	1.4	0	11.3	0	0	0	0	48.7	112.2	0	0	0	0	12337.3	30256.9	498.4	2784.4	2033.4	25698.1	0	1514.7	17737.5
Food_	54.3	3.4	0.5	27.9	12.3	60.8	4.4	40.8	1785.7	231	108.9	17.1	78.9	156.5	4774.7	21157.5	410.7	2601.4	26846.9	86390.1	160.7	0	29139
Const	809.6	356.9	7.8	1984.2	162	79.5	19.9	126.1	333.5	101.9	909.1	197.6	301.5	130.6	318.1	269.8	47312.4	2336.1	23995.2	12225	0	245759.3	0
Manuf	1152	214.2	42.8	1325.3	1738.6	3742.5	360.2	2205.1	5815.7	2312.2	29006	993.2	260.4	1127.5	2966.7	5528.3	31826.2	68465.8	57083.2	117894.9	2219.5	42416.9	111821.8
Compo	9270.2	676.3	80	7169.8	1128.8	12730.8	574.4	6979.2	25458.6	5118.8	36017.9	23534	13715.8	4785.4	7978	26339.1	78186.8	57081	962780.9	641557.1	602742.8	175430.6	210299.6
OthQ	Oil	Gas_h	Coal_	Elect	Steel	NonFe	Cemen	OthMi	Chemi	Paper	Auto_	LandT	Naval	AirTr	AgriF	Food_	Const	Manuf	Compo				
Y	55489.1	3793.8	3142.2	45527.2	18890.1	24214.1	4971.2	22947.8	91391.4	18740.4	146269.8	92958.6	28817.3	23564.5	78787.9	134451.1	337736	301508.3	2701612.4				
M	83718.4	36037.1	8160.9	1061	17845.2	18657.9	517.8	10247.6	95631.6	11618.2	107610.8	2886.9	0	7339.3	14246.5	39612.6	0	189020.7	208023.5				
Labour	10.6	11.4	0.4	94	40	38.3	5.3	101.7	95.1	60.1	123.7	171.9	6.6	19.6	243.3	532.3	3385.1	1339.7	19928.3				
Capital_consumption	638.9	694.6	14.1	5191.9	979.2	1063.9	379.5	936.6	4365.7	1323.7	8064.4	11316.4	3074	2938.4	15591.2	5689.2	12560.3	14880.6	313744.3				

Manufactured goods for « Chemical_pharma »
production : pseudo-quantity (value / price)

2- IMACLIM models

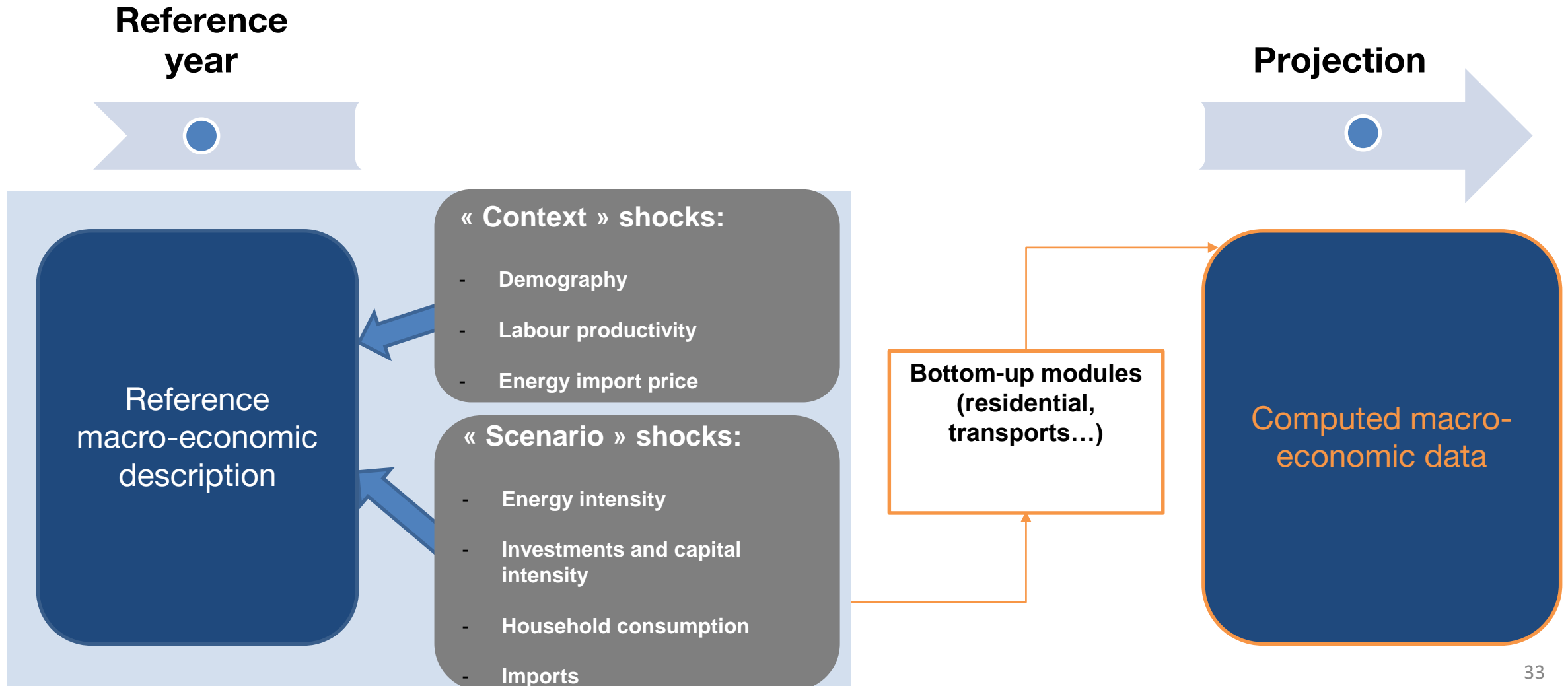
2.1 Main characteristics

- general multi-sector balance
- energy-economy hybridization
- comparative statics and recursive dynamics

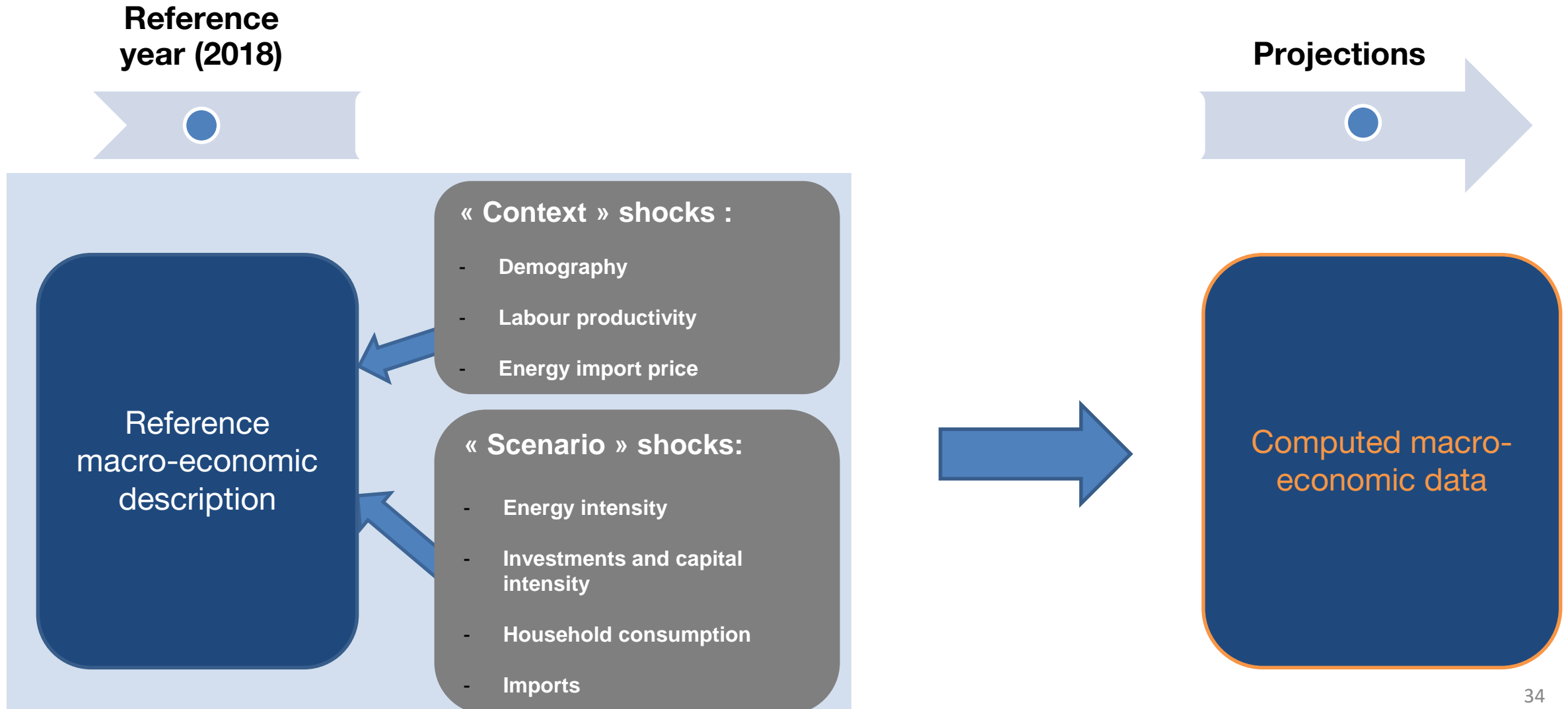
2.2 Examples of studies :

- Macroeconomic evaluation of the Stratégie Nationales Bas-Carbone (SNBC)
- [WIP] sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

2.1 Recursive dynamic framework (IMACLIM-R): technical-economic pathway by resolving a succession of static annual equilibriums



2.1 Comparative static framework (IMACLIM-S) : computes a single step distortion of the economy



2- IMACLIM models

2.1 Main characteristics

- general multi-sector balance
- energy-economy hybridization
- comparative statics and recursive dynamics

2.2 Examples of studies :

- Macroeconomic evaluation of the Stratégie Nationales Bas-Carbone (SNBC)
- [WIP] sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

2.2 Stratégie Nationale Bas-Carbone : defines a roadmap for carbon neutrality

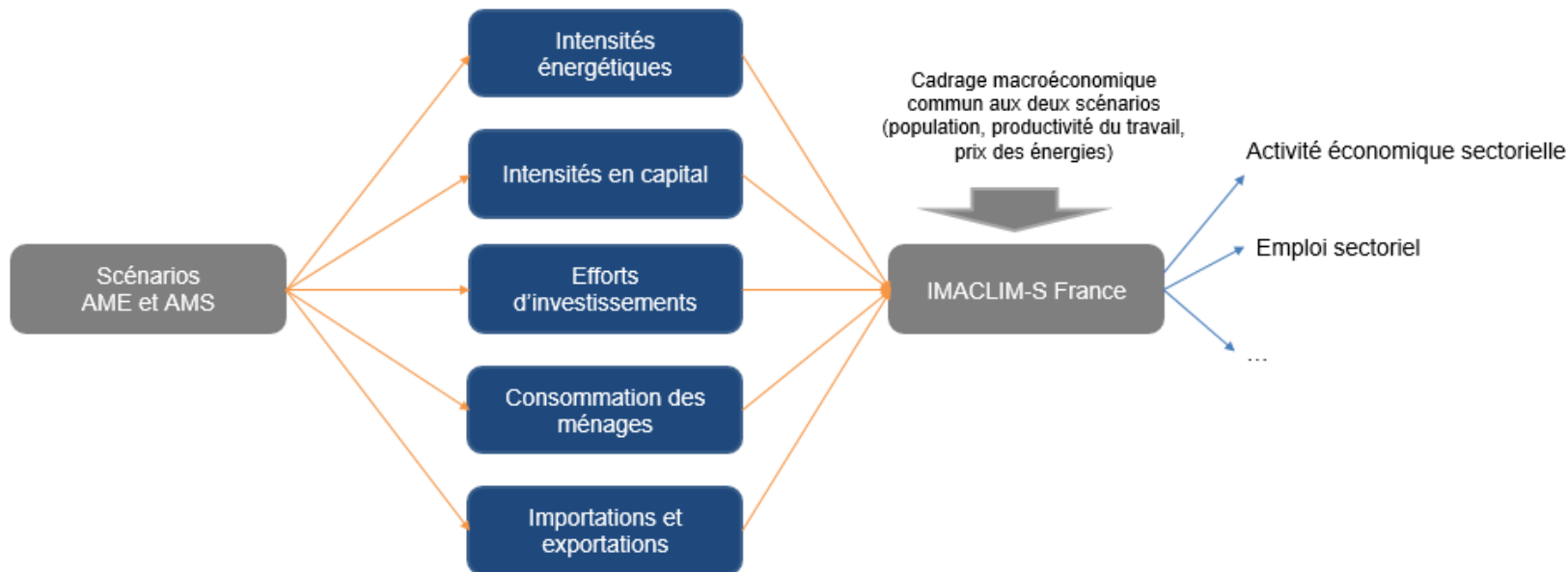
- Updated every 5 years:

Version	2050 objective
2015 : SNBC (2015)	Emissions / 4 (1990 reference)
2020 : SNBC2 (2020)	Carbon neutrality
Ongoing : SNBC3	Carbon neutrality

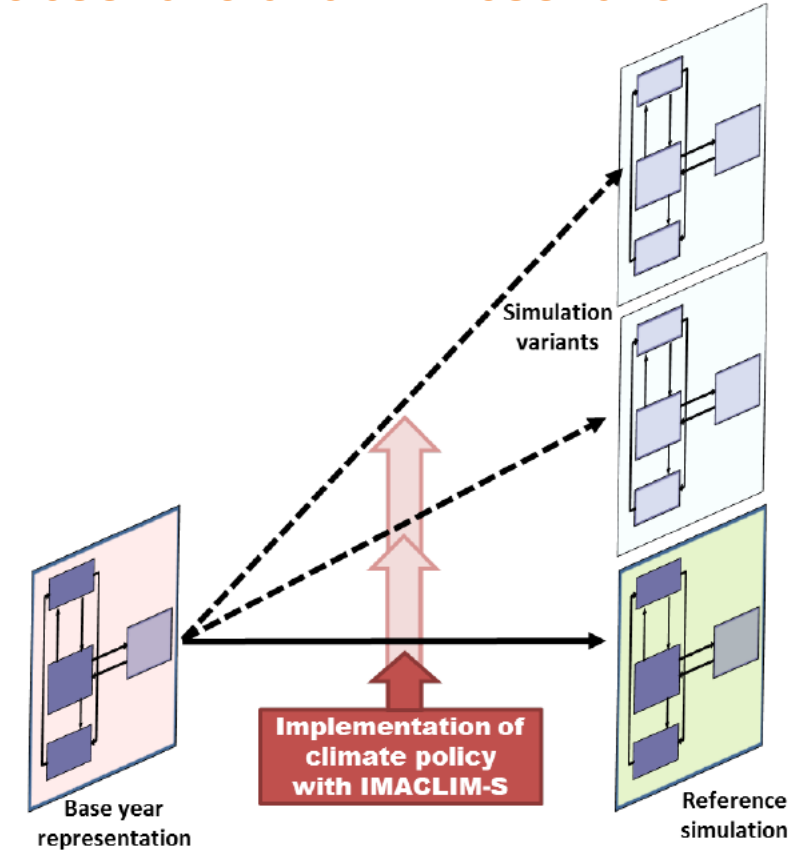
- 2 scenarios
 - « AME » : Incumbent decarbonation policies
 - « AMS » : Net zero scenario

2.2 Methodology

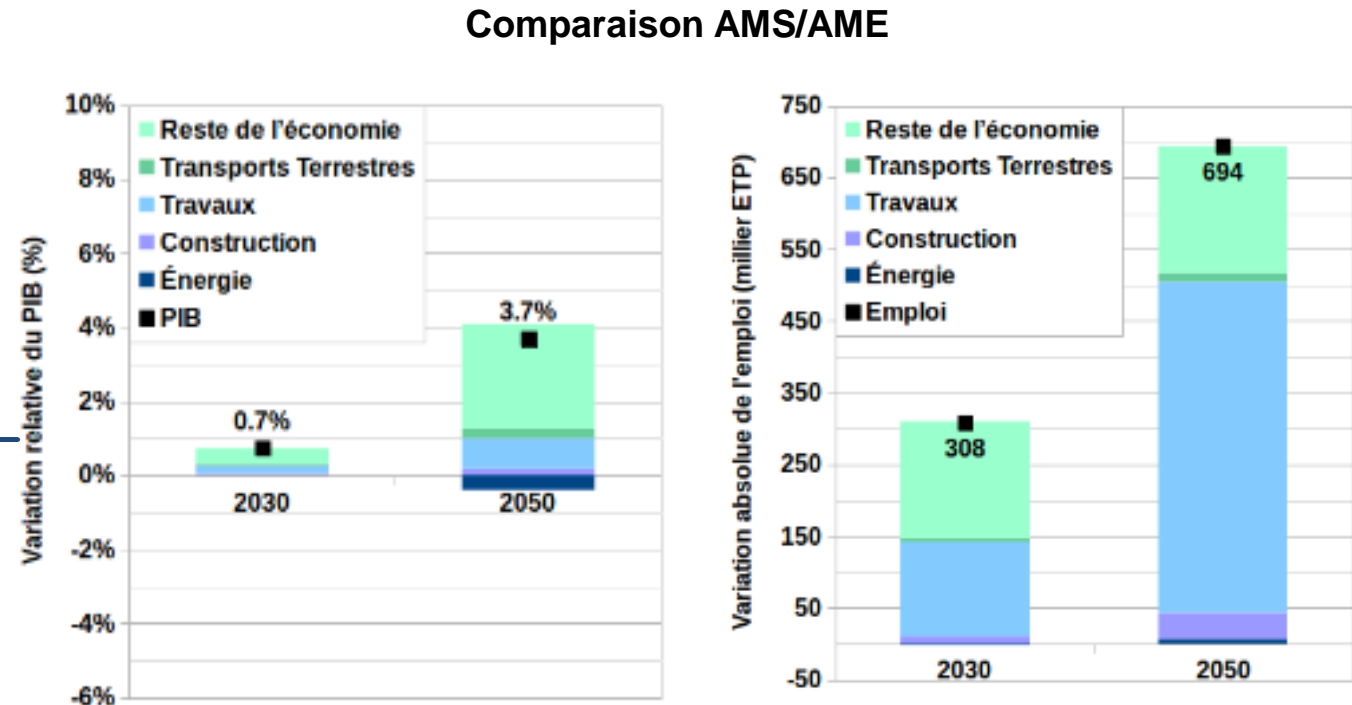
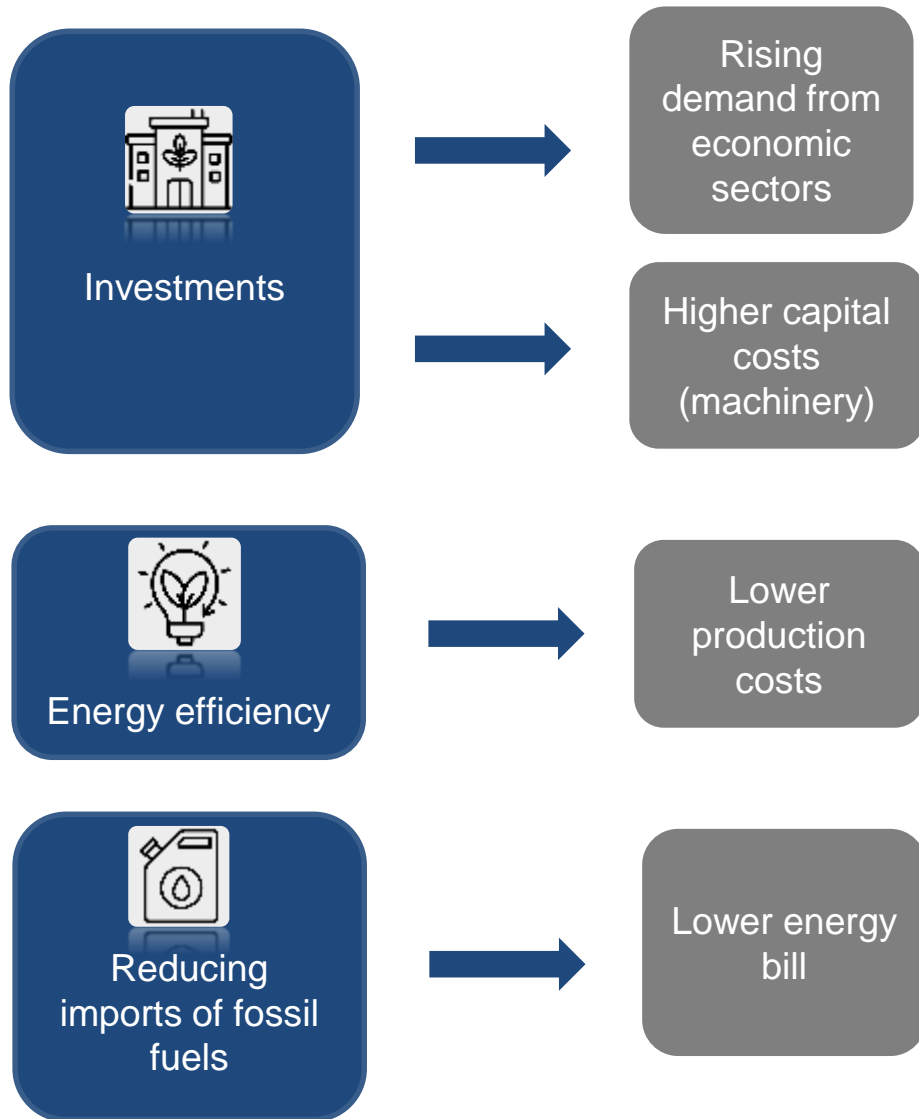
1. Modeling the combined effects of structural changes on the economy on aggregate and sectoral indicators



2. Results : comparison between AMS scenario and AME scenario



2.2 Examples of mechanisms and illustrative results (SNBC2)



Source : SNBC2, rapport d'accompagnement

2- IMACLIM models

2.1 Main characteristics

- general multi-sector balance
- energy-economy hybridization
- comparative statics and recursive dynamics

2.2 Examples of studies :

- Macroeconomic evaluation of the Stratégie Nationales Bas-Carbone (SNBC)
- [WIP] sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

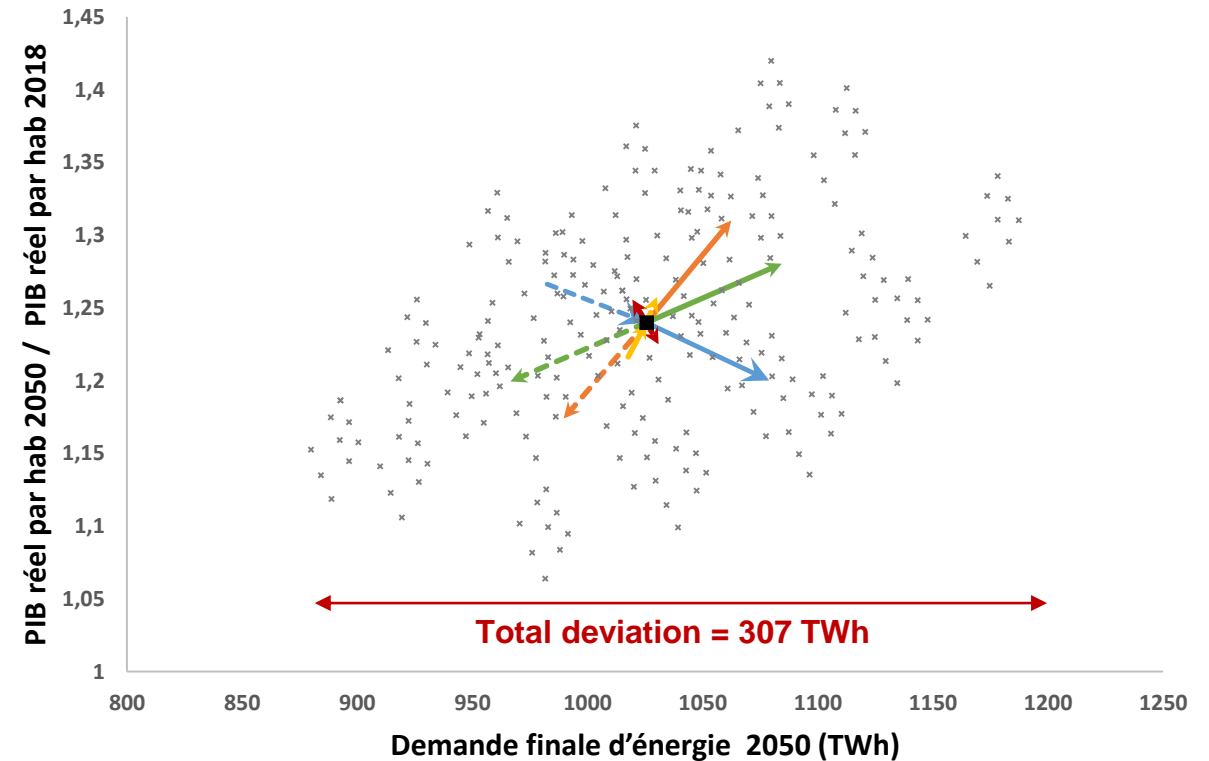
2.3 [WIP] Sensitivity of energy demand to uncertainties in the future macroeconomic context

2 high and low variants calibrated on the basis of existing historical values or prospective scenarios

Assessing the “risk of deviation” in final energy demand

Paramètre	Paramétrage ThreeME / référence	Variante "low"	Variante "high"	Source variantes
Productivité du travail (gain annuel)	1,1 %	0,9 %	1,3 %	Historique 1990-2021
Taux d'épargne	14 %	11 %	21 %	Historique 1988-2021
Population totale 2050	73 millions	70 millions	76 millions	INSEE scénarios 2013-2050
Prix des énergies fossiles importées (/ref)	Référence EU Commission	-40% / -81%	40% / 81%	« low » : IEA (2021), Net Zero by 2050
Exportations (/ref)		-30%	30%	incertitudes croissance mondiale scénarios SSP (Dellink et al., 2017)

$3 \times 5 = 243$ scenarios



3- Current research topics at CIRED (PhDs)

3 Current research topics at CIREN (PhDs)

Macroeconomic impacts of sufficiency

Gabriele Dabagghian « Macroeconomic analysis of post-growth scenario » <https://www.centre-cired.fr/gabriele-dabagghian/>

Kilian Rouge « Macroeconomic impacts of structural sufficiency » <https://www.centre-cired.fr/kilian-rouge/>

Dynamics and inertia of sectoral job reallocation

Nicolas Graves « Emploi et transition énergétique : quelles inerties et limites aux mouvements de main d'œuvre » <https://www.centre-cired.fr/nicolas-graves/>

Interactions with banks and other financial institutions

Angélique Sarre « The macroeconomic risks of the ecological transition » <https://www.centre-cired.fr/angelique-sarre/>

Elisa Ndiaye « Quantification of the impact of climate risks on credit risk » <https://theses.fr/s299620>

Macroeconomic effects of stranded assets

Thibault Briera « Stranded fossil fuel assets and macroeconomic consequences of the low-carbon transition » <https://www.centre-cired.fr/thibault-briera/>

Links between adaptation, mitigation and the indirect costs of climate damage

Samuel Juhel « Uncertainties and modeling the propagation of indirect climate change costs via supply chains », <https://theses.fr/s260328>

Thank you !