



## Modélisation des impacts macroéconomiques (croissance, emploi) de la transition énergétique dans un contexte de stagnation séculaire

Séminaire de la plateforme modélisation prospective  
Synthèse de la séance du 13/09/2016

### 1) La stagnation séculaire : mécanismes macro-économiques à l'œuvre

La faiblesse actuelle de la croissance mondiale accentuée par la crise de 2008 fait planer de plus en plus le spectre d'une stagnation séculaire, notamment sur les économies européennes<sup>1</sup>.

Selon Michel Aglietta, il s'agit d'une crise systémique qui laisse entrevoir la fin du régime de croissance sur lequel nos économies ont reposé au cours des dernières décennies. Du point de vue macroéconomique, cette situation est l'aboutissement d'une baisse tendancielle du taux d'intérêt naturel depuis les années 1970 qui illustre la dépréciation continue du taux de rendement marginal net du capital. Désormais négatif voire nul, il échoue cependant à embrayer de façon durable sur l'investissement productif en raison d'un '*business regime*' privilégiant la valeur de court terme et de la préférence des acteurs financiers pour des placements liquides ou de rente (immobilière,

foncière). Ce qui change par rapport aux 'trente glorieuses' est l'autonomie relative entre le 'cycle financier' et le 'cycle économique'.

La question se pose alors de savoir si la réorientation des économies vers un modèle productif non carboné serait un point d'ancrage pour répondre au risque de stagnation séculaire ?

Ce contexte macro-économique met au défi les modèles prospectifs d'intégrer ces nouvelles dimensions dans leur raisonnement et dans leur structure. Au cours de ce séminaire, les équipes du CIREC, de l'OFCE, de l'ADEME, de l'OCDE entourés d'experts ont confronté les apports à la fois méthodologiques et scientifiques ainsi que les faiblesses conceptuelles de leur modèle pour répondre à ces enjeux, tout en dessinant des perspectives de recherche pour le futur. Cette note de synthèse s'attache à retranscrire les principaux thèmes de discussions qui ont animé les échanges très riches cette séance.

### 2) La croissance dans les modèles d'équilibre général : au-delà de « l'approche à la Solow »

Les trois modèles d'équilibre général calculable (MEGC) présentés au cours du séminaire :

---

<sup>1</sup> Dès 2009, Krugman évoque le risque de « depression economics » (Krugman, 2009) suivi par plusieurs macro-économistes de renom qui emploient à leur tour le terme de « secular stagnation » (Summers, Summers, 2014 ; Lewis et al. 2014 ; Olivier Blanchard et al. 2015).



Three-ME (OFCE-ADEME)<sup>2</sup>, IMACLIM (CIRED)<sup>3</sup> et ENV-LINKAGE (OCDE)<sup>4</sup> ont comme trait commun de reprendre à leur compte le modèle canonique de croissance proposé par Solow<sup>5</sup>, qu'ils réinterprètent ou réfutent en fonction des approches à dominante keynésienne ou néoclassique choisies.

### *Entre sentier de croissance stabilisé et représentation des déséquilibres économiques*

Les trois modèles traduisent chacun à leur manière une vision particulière des dynamiques de croissance à court et long terme qui prend plus ou moins en compte les aspérités et autres rigidités de l'économie.

ENV-Linkage est un modèle néo-classique qui évalue des sentiers de croissance stable, dans la lignée du modèle de Solow, en faisant l'hypothèse que les acteurs économiques raisonnent dans un contexte d'accès complet aux informations et d'anticipations parfaites des évolutions économiques. Ainsi à court terme, les facteurs de production sont alloués de manière optimale, sous contrainte technique, un peu à l'image d'un planificateur bienveillant.

Toutefois, les enjeux de soutenabilité auxquels nos sociétés seront confrontées à long terme, à l'instar du changement climatique,

---

<sup>2</sup> Callonec et al. (2013)

<sup>3</sup> Waisman et al. (2012), Hamdi-Cherif et al. (2016) ([http://themasites.pbl.nl/models/advance/index.php/Model\\_Documentation\\_-\\_IMACLIM](http://themasites.pbl.nl/models/advance/index.php/Model_Documentation_-_IMACLIM))

<sup>4</sup> Chateau et al. (2014)

<sup>5</sup> Le modèle de Solow (1956, 1957) considère la croissance comme équilibrée à long-terme. Dans le modèle de Solow, l'augmentation de la population (facteur travail) et des investissements (facteur capital), sont à la base de la croissance. Toutefois, la plus grande part de la croissance n'est pas expliquée par ces deux facteurs, mais est due à un « facteur résiduel ». Il s'agit du progrès technique, dont on ne connaît pas vraiment l'origine.

### *Séminaire Plateforme modélisation prospective 13/09/2016*

s'accompagnent de tensions diverses (en particulier sur les ressources), à l'origine de déséquilibres économiques, qui se voient renforcées par la conjonction entre des effets d'inerties, des anticipations imparfaites et des comportements routiniers. Une économie fortement endettée et confrontée à un chômage structurel ainsi qu'à la volatilité des prix de l'énergie ne réagira dès lors pas de manière identique à une crise environnementale ou à la mise en œuvre de politiques climatiques, qu'une économie ayant emprunté un sentier croissance stabilisé.

Le modèle macroéconomique multisectoriel d'inspiration néo-keynésienne Three-ME et le modèle d'équilibre général hybride IMACLIM tiennent ainsi compte des rigidités potentielles des prix et des salaires (ceux-ci s'ajustent plus lentement à l'augmentation des prix et provoquent des équilibres de sous-emploi sur fonds de tensions inflationnistes).

IMACLIM se situe plus précisément à la croisée entre les approches néo-keynésiennes et néo-classiques en hybridant des dynamiques keynésiennes (plus précisément Kaleckiennes<sup>6</sup>) et un cadre de long terme plus 'néo-classique'. Le modèle calcule des sentiers de croissance non optimaux avec possibilité de chômage mais également de déséquilibre de la balance des échanges extérieurs. Les déséquilibres sont représentés comme des écarts entre une "croissance potentielle" (population active × productivité du travail)<sup>7</sup> et une croissance réelle

---

<sup>6</sup> Les décisions d'investissements sont prises en fonction d'un critère de maximisation du profit et d'anticipations imparfaites et de marchés incomplets.

<sup>7</sup> La croissance potentielle d'un pays selon le modèle de Solow est une estimation du taux de croissance du PIB (Produit intérieur brut) lorsque les facteurs de production (travail, capital) sont utilisés de manière optimale, en l'absence de tension sur le marché des biens et services et sur celui du travail. Elle est calculée à partir de la quantité de travail disponible



qui résulte des frictions engendrées par des comportements en information imparfaite et l'inertie des systèmes techniques. Un de intérêts du modèle est qu'il décrit de façon explicite les inerties dans les capacités de production, les infrastructures, les équipements des ménages, permettant ainsi de prendre en compte les difficultés dans les sentiers de transition dues aux frictions du court terme. Mais alors qu'à court terme, le modèle a un comportement keynésien qui est dû aux rigidités des prix et du marché, sur le long terme, il se stabilise autour d'un sentier de croissance à la Solow.

### *Endogénéiser le progrès technique comme vecteur clé de la croissance*

ENV-Linkage suit un schéma de croissance de nature 'Solowienne' avec un moteur de croissance incorporant une productivité des facteurs tirée par la dynamique d'investissement et les arbitrages consommation/épargne.

Solow attribue un grande part de la croissance au progrès technique qu'il considère comme un résidu exogène qui en fait dépend de facteurs liés à l'organisation sociale et au changement technique global qui sont exogènes par rapport aux paramètres économiques (prix relatifs, partage consommation/investissement).

Three-ME et IMACLIM fonctionnent sur une logique de progrès technique endogène. Elle s'appuie sur une modélisation hybride qui articule dynamiques macro-économiques et sectorielles capable de révéler les gisements d'efficacité énergétique en fonction des prix relatifs de l'énergie (plus ces derniers augmentent et plus l'efficacité énergétique est importante). Alors que dans Three-ME, les comportements sont contraints par des

---

(basée sur les projections démographiques) et la productivité du travail.

### *Séminaire Plateforme modélisation prospective 13/09/2016*

relations économétriques calibrées sur le passé, dans IMACLIM, les effets d'apprentissage autour d'une technologie donnée dépendent du cumul d'investissements (plus on investit dans une technologie et les coûts associés diminuent).

### **3) La transition énergétique comme nouveau moteur de croissance : des approches contrastées**

Par rapport aux enjeux de stagnation séculaire, l'intérêt des modèles avec déséquilibres comme Three-ME ou IMACLIM réside dans leur capacité à représenter des mécanismes où l'économie se rapproche de sa frontière de production ne réduisant le décalage entre croissance potentielle et effective.

Cela évite de traiter les investissements liés à la transition énergétique comme ayant un effet d'éviction sur des investissements plus rentables hors contrainte carbone et, par conséquent, un impact systématiquement négatif sur la croissance. Au contraire, les investissements publics en faveur de la transition bas carbone ont un effet multiplicateur sur l'emploi tout en suscitant des tensions inflationnistes. A long terme, ces dynamiques sont amorties par les effets régulateurs du système (dépréciation de la compétitivité et dégradation de la balance commerciale) et par l'ajustement lent des prix et des quantités (capital, emploi...) au travers d'équilibres de sous-emploi.

L'existence de ces déséquilibres souligne l'intérêt de prendre compte des mécanismes économiques de second rang, en particulier sur le court terme, comme dans IMACLIM. En étant articulés aux dynamiques d'endogénéisation du progrès technique, ils permettent également de représenter sur le moyen /long terme des gains venant d'un « déplacement » des frontières de production.



#### 4) Un point aveugle: la sous-représentation des mécanismes financiers

Les efforts conduits par les MEGC depuis les années 1990 pour mieux articuler dynamiques macro-économiques et sectorielles ou encore pour endogénéiser les déterminants de la croissance à court et long terme ne peuvent toutefois masquer les carences des MEGC pour traiter des enjeux relatifs à la stagnation séculaire. La sous-représentation des mécanismes financiers liés à la création monétaire, des processus d'intermédiation bancaire et d'endettement ou encore des contraintes de la mondialisation (flux de capitaux, échanges internationaux) est celle que peu problématique compte tenu de l'accélération de la financiarisation de l'économie au cours des trente dernières années.

Si le modèle Three-ME intègre effets de création monétaire destinés à financer des projets d'infrastructure dans le modèle IMACLIM, l'absence de secteur financier et de monnaie implique en particulier que des besoins de financement ne peuvent être pris en charge par émissions monétaires directes ou indirectes « sous forme de garantie publique ». Tout déficit de la balance des paiements se traduit par un accroissement de la dette réelle vis-à-vis du monde extérieur. Néanmoins, des travaux récents en collaboration avec l'AIE explorent des mécanismes destinés à diminuer le risque d'investissement dans les infrastructures bas carbone et à accélérer le progrès technique en redirigeant l'épargne vers les secteurs énergétiques et non énergétiques afin de révéler de réels potentiels de croissance verte à court et long terme.

Séminaire Plateforme modélisation prospective 13/09/2016

#### 5) Agenda pour des discussions futures

Ce deuxième séminaire de la plateforme de modélisation de la chaire MPDD ne visait pas, à partir des questions abordées, à développer des programmes futurs de recherche qui sont aux mains des dynamiques respectives des équipes. Il a permis néanmoins de faire émerger l'intérêt de progresser dans les capacités d'intercompréhension entre les modélisateurs de quelques éléments clés pour mieux être à même de les communiquer avec des non spécialistes :

- Le lien entre les dynamiques du taux d'intérêt et la façon dont les modèles endogénéisent le taux d'intérêt naturel ;
- La question de la représentation implicite ou explicite des flux financiers ;
- La question de la représentation des effets en retour de la transition énergétique sur la productivité générale des facteurs.

#### Références

**Callonnec, G., Landa, G., Malliet, F., Reynes, F., Yeddir-Tamsamanni, Y., 2013** full description of the Three-ME model: Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy, <https://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/documents/threeme/doc1.pdf>

**Chateau, J., Dellink, R. and E. Lanzi, 2014.** "An Overview of the OECD ENV-Linkages Model: Version 3", OECD Environment Working Papers, No. 65, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jz2qck2b2vd-en>.

**Hamdi-Cherif M., Waisman H-D, 2015.** Global carbon pricing and the "Common but differentiated responsibilities - The case of China, International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 1-19 DOI 10.1007/s10784-015-9289-2

**Kalecki, M., 1939,** Essays in the Theory of Economic Fluctuation, 1972 edition, London: Allen and Unwin



*Séminaire Plateforme modélisation prospective 13/09/2016*

**Solow, R., 1956**, “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94

**Solow, R., 1957**, “Technical Change and the Aggregate Production Function.”, *Review of Economics and*

*Statistics*, 39, 312-320

**Waisman, H., Guivarch, C., Grazi, F. and Hourcade, J.C., 2012**. The Imaclim-R model: infrastructures, technical inertia and the costs of low carbon futures under imperfect foresight Special Issue: On the Economics of Decarbonization in an Imperfect World, *Climatic Change*, 114, 101-120.