

État des lieux de la modélisation des systèmes énergétiques

Aperçu des types de modèles énergétiques

Quelques mots pour décrire les modèles énergétiques

Technico-économique

Stochastique

Programmation linéaire

Input-Output

Ascendant

Dynamique récursive

Déterministe

Simulation

Programmation en
nombres entiers

Hybride

Vision parfaite du futur

Descendant

Comptabilité sociale

Optimisation

Agent économique

Théorie des jeux

Vision limitée du futur

Dynamique des systèmes

Analyse de monte Carlo

Input-Output

Macroéconomique

Optimum de pareto

Économétrie

Choix discrets

Prévision

Coût-bénéfice

Hybride

Projection

Équilibre général

Équilibre partiel

La modélisation mathématique

- Un modèle est une **représentation simplifiée (mais utile) de la réalité** en vue d'aider la prise de décisions face à des problèmes complexes.
- Il permet de **faire des expériences** qu'il serait impossible à faire en réalité, de mieux comprendre un problème et donc mieux appréhender le futur.
- La modélisation des systèmes énergétiques fait appel à **plusieurs disciplines**:
 - mathématiques appliquées, économie, comptabilité,
 - informatique,
 - sciences environnementales et sociales, etc.

La modélisation des systèmes énergétiques

- Début qui remonte aux années 1970, suite aux premiers **chocs pétroliers**.
- Intérêt pour étudier l'évolution des systèmes énergétiques et faire face aux bouleversements économiques qui coïncide avec **l'émergence du pouvoir informatique**.
- De nouveaux enjeux, dont les **changements climatiques**, ont fait en sorte que la modélisation des systèmes 3E « énergie – économie – environnement » est encore plus pertinente qu'il y a 40 ans.
- Malgré tout, **les modèles restent peu utilisés** et peu compris pour appuyer la prise de décisions stratégiques au sujet de problématiques complexes, dont la transition des systèmes énergétiques.

Classification simplifiée des modèles 3E

**Descendant
(Top-down)**

Hybride

**Ascendant
(Bottom-up)**



Moins de détails énergétiques
Économie globale
Macro-économique

Plus de détails énergétiques
Économie partielle
Technico-économique



Exemples:

- Modèles économétriques
- Modèles d'équilibre général calculable

Exemples:

- Modèles d'optimisation
- Modèles de simulation

Classification simplifiée des modèles 3E

Simulation

- Modèles exploratoires permettant d'évaluer l'impacts des changements sur les systèmes énergétiques
- Prévisions
- Solutions probables

Optimisation

- Modèles qui se concentrent sur des critères spécifiques pour favoriser le changement des systèmes énergétiques
- Projections (scénarios)
- Solutions idéales

Disponibilité des modèles au Canada

Modèle	Gouv du Canada	Gouv du Québec	Firmes privées	Université	Accès libre
Descendant					
Macro-économétrie	TIM				
Équilibre général calculable	EC-pro	MEGFQ	GEEM		
Ascendant					
Optimisation			NATEM/TIMES		
Simulation		MÉDÉE	CanESS		EPS
				LEAP	
Hybride	Energy 2020 E3MC		CIMS		
				MERGE	

Source: Adapté et complété de Layzell et Beaumier (2018)

Autres modèles et approches

- Les **modèles sectorielles** permettant l'analyse plus en profondeur d'un secteur en particulier (échelles spatiales et temporelles différentes):
 - Modèles de transport, d'électricité, de raffinage, etc.
- Les **modèles d'agents** permettant l'analyse des modes de consommation et autres habitudes comportementales à partir de données massives.
- Les **approches complémentaires**
 - Analyse du cycle de vie
 - Méthodes multicritères d'aide à la décision

Utilité des modèles énergétiques

- Estimer les **besoins en énergie** à long terme
- Bénéficier d'une **vision intégrée et consistante** des systèmes énergétiques et de leur évolution à long terme
- Évaluer les **transformations nécessaires** à l'atteinte d'objectifs énergétiques
- Évaluer les impacts de **l'innovation technologique**
- Évaluer les **impacts économiques et environnementaux** des politiques
 - Tarification du carbone
 - Électrification des transports
 - Moratoire sur l'exploitation des hydrocarbures
- Identifier les **secteurs de R&D** prioritaires
- Identifier les **politiques à mettre en place** prioritairement pour atteindre les objectifs

Meilleures pratiques – Royaume-Uni

- **Utilisation importante de la modélisation en appuie à la définition de politiques** énergétiques et climatiques
 - Climate Change Act 2008
 - Climate Change Committee (CCC), financé par le Département de l'énergie et des changements climatiques (DECC)
 - Objectif de 2050 et budgets "carbone"
- Ministère du Commerce, de l'Énergie et de la Stratégie industrielle
 - **Projections annuelles** sur l'énergie et les GES
 - **Plan de transition** vers une économie à faible teneur en carbone
- **Activités de modélisation réalisées principalement en milieu académique**
 - Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment (Imperial College, University of Cambridge)

Meilleures pratiques – Royaume-Uni

- Les **principaux modèles** utilisés pour établir et analyser l'impact des budgets « carbone ».
 - Le modèle énergétique du DECC, un modèle descendant destiné à soutenir diverses initiatives politiques, notamment les cibles officiels du bilan de carbone.
 - Un modèle d'équilibre général
 - Un modèle macroéconomique
 - Un modèle ascendant d'optimisation
- Un modèle utilisé pour la **sensibilisation du public** permettant de tester l'impact de diverses politiques ou choix technologiques
 - Un calculateur énergétique 2050

Meilleures pratiques – Royaume-Uni

- Les **modèles (25)** utilisés au University College London UCL)
 - 7 modèles des systèmes énergétiques (échelles globales et nationales; open-source)
 - 4 modèles sur le secteur des bâtiments et les réseaux intelligents
 - 2 modèles de transport aérien et maritime
 - 5 modèles d'électricité et infrastructures
 - 3 modèles économiques
 - 1 modèle environnemental
 - 1 modèle de comportement
 - 1 modèle de ressources pétrolières

EMF – Energy Modeling Forum

- Créé à Stanford en 1976 pour **rassembler des experts et des décideurs** afin de se pencher sur des problèmes liés à l'énergie
 - EMF2 – Charbon en transition
 - EMF10 – Marchés de l'électricité et planification
 - EMF21 – Mitigation des changements climatiques (multi-gaz)
 - EMF34 – Intégration des marchés nord-américains de l'énergie
- Mission visant à **améliorer l'utilisation des modèles** pour la prise de décisions en entreprises et au gouvernement
 - en exploitant les capacités collectives de plusieurs modèles,
 - en expliquant les forces et limites d'approches concurrentes pour un problème donné et
 - en fournissant des conseils pour l'orientation des futurs efforts de recherche.

EMF – Energy Modeling Forum

- Le but n'est **pas de créer un consensus** mais plutôt de mettre en évidence et expliquer les raisons de divergences.
- Les résultats sont intégrés dans les débats politiques grâce à la participation du personnel du gouvernement aux activités et au **témoignage du personnel de l'EMF au Congrès**.
- Participation de firmes privées et groupes de recherche.
- Financement du **Département américain de l'énergie**, de l'Agence américaine de protection de l'environnement et de la National Oceanic & Atmospheric Administration,
- Contribution des **membres affiliés** (25 000\$ / an).
 - Pétrolières, Utilités, Gouvernements, Instituts de recherches

Les principes limites

- **Accessibilité et transparence** des modèles
 - Modèles appartenant aux gouvernements ou à des firmes privées
 - Modèles en accès libre limités
 - Hypothèses peu documentées
 - Interfaces peu conviviales
 - Aspect « boîte noire »
- **Peu de données fiables**
 - La pertinence des résultats des modèles (extrants) dépend directement de la disponibilité et la qualité des données (intrants)
 - Temps énorme consacré à la recherche et la validation des données
- **Peu d'utilisateurs des modèles**
 - Intérêt récent au Québec et au Canada
- **Peu de modélisateurs**
 - Pas de formation spécifique
 - Peu d'employeurs

Nécessité d'une approche intégrée

- Développer une **culture** entourant la modélisation
- Importance des structures basées sur une approche **multi-modèle** et **multidisciplinaire**
 - Différents modèles répondent à différentes questions
 - Différents modèles couvrent diverses échelles spatiales et temporelles
- Volonté des modélisateurs et autres experts de travailler en **collaboration**
 - Exemple de EMF
- **Intégration politique-science**
 - Importance de bénéficier d'une structure en place
- Vision à **long terme**

Citation

“Remember that all models are wrong; the practical question is how wrong do they have to be to not be useful.”

George Box (1987)

Merci pour votre attention. Questions ?

Kathleen Vaillancourt
Olivier Bahn

kathleen@esmia.ca
olivier.bahn@hec.ca

Atelier sur la modélisation en énergie et environnement
HEC Montréal
Janvier 2019



Abbreviations

CIMS	<i>Canadian Integrated Modelling System</i>
EPPA	The Emissions Prediction and Policy Analysis Model (MIT)
GEM-E3	The General Equilibrium Model for Economy – Energy – Environment (European Commission)
MERGE	A Model for Evaluating the Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies (Stanford University)
MESSAGE	Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact (IIASA)
MARKAL	Market Allocation
EFOM	Energy Flow Optimization Model
TIMES	The Integrated MARKAL-EFOM System
NATEM	The North America TIMES Energy Model
LEAP	<i>Long-Range Energy Alternative Planning</i>
MAPLE-C	<i>Model for Analysis of Policies Linked to Energy-Canada</i>
TIM	<i>The Infometrica Model</i>

Références

- IET (2017). Pour une initiative permanente de modélisation des systèmes énergétiques canadiens, Institut de l'énergie Trottier (IET), Canada, <http://iet.polymtl.ca/publications/initiative-permanente-modelisation-systemes-energetiques-canadiens/>
- Layzell DB et Beaumier L. 2018. Pour de l'analyse et des avis experts indépendants en appui à l'élaboration des politiques climatiques canadiennes. Scénarios du CESAR volume 3, numéro 1: 1-52.